

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/190



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J7-4265	
Naslov projekta	Napredno čiščenje voda z ultrazvokom in kavitacijo	
Vodja projekta	3540	Boris Kompare
Tip projekta	J	Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8429	
Cenovni razred	B	
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014	
Nosilna raziskovalna organizacija	792	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 382 782	Institut "Jožef Stefan" Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	7	INTERDISCIPLINARNE RAZISKAVE
Družbeno-ekonomski cilj	02.	Okolje
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 2.07	Tehniške in tehnološke vede Okoljsko inženirstvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Predstavitev problema

Cilj biološkega čiščenja odpadnih voda je popolna mineralizacija, oz. pretvorba organskih spojin do ogljikovega dioksida in vode, vendar temu vedno ni tako. Nekatere spojine so namreč biološko nerazgradljive ali zelo slabo razgradljive, zato so za njihovo odstranitev

iz sistema ključnega pomena drugi, abiotski postopki čiščenja, kot so npr. membranska filtracija, UV razgradnja, napredni oksidacijski postopki (AOP, Advanced Oxidation Processes), potencialno možnost pa predstavlja tudi kavitacija.

Cilji raziskave

Raziskava je bila usmerjena v izboljšanje učinka delovanja čistilnih naprav s pomočjo kavitacije. S kavitacijo smo delovali na dveh nivojih: 1. S pomočjo izredno velikih tlakov in temperatur, ki spremljajo kavitacijo, smo dosegli razbitje težje biorazgradljivih majhnih organskih molekul na lažje biorazgradljive intermediate. 2. Z razbijanjem večjih delcev smo povečali njihovo aktivno površino, s tem pa pospešiti nadaljnji proces hidrolize in biorazgradnje. Kavitacijo smo sklopili s procesom konvencionalne biološke razgradnje z aktivnim blatom in dokazali večji celokupen učinek čiščenja.

Izvirnost rezultatov

V dosednji praksi pri čiščenju odpadnih vod na čistilnih napravah se kavitacija ne uporablja. Sicer obstajajo določeni laboratorijski poizkusi, vendar metode do sedaj še niso dostopne za širšo uporabo. Z opravljenimi raziskavami smo na teoretičnem nivoju pridobili ustrezne izkušnje in znanja ter pospešili prenos znanja in tehnologije na aplikativni nivo oz. v prakso (patent, polindustrijska kavitacijska naprava).

Metode dela, organiziranost in izvedljivost projekta

V prvi fazi smo preučevali ultrazvočno generirano kavitacijo, v drugi fazi pa hidrodinamično generirano kavitacijo. Karakterizirali smo obratovalne parametre, npr. volumski tok, tlak in temperaturo. Poleg tega smo proces čiščenja in razgradnje opazovali tudi na mikro nivoju s hidrofonom in z vizualizacijo. Sledila je sklopitev kavitacije z že obstoječo pilotno čistilno napravo z aktivnim blatom in pa uporaba v ribogojnici. Kot kriterij za oceno učinkovitosti kavitacije in oceno celokupnega delovanja pilotne čistilne naprave po sklopitvi s kavitacijo smo uporabili modelne težko biorazgradljive spojine iz vrst razširjenih zdravilnih učinkovin, kot so nesteroidne protivnetne učinkovine, pomirjevala, antilipidemiki in drugi. Njihovo eliminacijo med procesom kavitacije smo spremljali s pomočjo kemijske analize metode, ki je že vpeljana v Laboratoriju za organsko kemijsko analizo okolja IJS. Analizna metoda vključuje ekstrakcijo analitov (t.j. modelnih zdravilnih učinkovin) na trdnem nosilcu, temu pa sledita derivatizacija in analiza s plinsko kromatografijo sklopljeno z masno spektrometrično detekcijo. Kot merilo za biorazgradljivost večjih delcev smo uporabili parameter BPK-5 (biološka potreba po kisiku v 5-ih dneh), uspešnost kavitacije smo sledili tudi z opazovanjem distribucije števila in velikosti delcev pred in po kavitaciji.

ANG

Presentation of the problem

The goal of biological wastewater treatment is a stepwise oxidation of organic pollutants aiming to achieve complete mineralization. Yet, numerous wastewater constituents are persistent to biodegradation or they are only subjected to minor structural changes instead of complete transformation into carbon dioxide and water. Alternatively, they may be eliminated by applying advanced abiotic treatment processes such as membrane filtration, UV degradation, ozonation oxidation processes (AOP), and potentially, also cavitation.

The goals

The research aimed to upgrade the efficiency of wastewater treatment by integrating the cavitation. Using cavitation we worked in two groups: 1. We used extreme pressures and temperatures from cavitation collapses to disintegrate smaller organic molecules, which are otherwise harder to disintegrate by using conventional biological methods; 2. By disintegrating larger particles we enlarged the specific surface and thus increased the rate of hydrolysis and biodegradation of organic pollutants. Cavitation was combined with conventional biological treatment using activated sludge. By decreasing the amount of persistent organic pollutants in wastewater treatment plant effluent we demonstrated the improved efficiency of treatment.

Originality of the results

In present industrial practice of wastewater treatment cavitation is not present. Although some laboratory experiments exist, the methods have not been applicable to practical use. The intended research activities were therefore directed to acquire additional knowledge and experience on theoretical level and finally promote their transfer to applicative level, together with development of new technologies (patent application, semi-industrial cavitation installation).

Methodology and organization of the project

In phase one we studied ultrasonic cavitation, while in phase two we focused on hydrodynamic cavitation. Cavitation was characterized by operating parameters such as flow rates, pressures and temperatures. The processes of cleaning and disintegration was monitored also on a micro level with hydrophone and visualization. Cavitation was combined with the existing pilot wastewater treatment plant with activated sludge and with a fish-pond. The efficiency was evaluated based on removal of selected persistent organic pollutants such as pharmaceuticals (nonsteroidal anti-inflammatory drugs, sedatives, antidepressants, hypolipidemics, etc.). Their elimination was followed by chemical analytical method, which has already been developed by the Group for organic environmental chemistry at IJS. The analytical method involves a solid-phase extraction of analytes, their derivatization and analysis by gas chromatography hyphenated to mass spectrometry. As a measure for biodegradability we followed biological oxygen demand (BOD-5), whereas the cavitation efficiency was also assessed by distribution and particle size prior to and post-cavitation.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Pri obravnavi problematike čiščenja odpadnih vod se srečujemo z dejstvom, da so nekatere snovi oz. spojine težje razgradljive. To pomeni zahtevnejše čiščenje odpadne vode oz. potrebo po omejitvi vnosa takšnih snovi. Uspešna odstranitev nezaželenih snovi iz odpadne vode je povezana s stroški, ki obremenjujejo čistilno napravo in tudi širšo družbo. Naša prva raziskovalna hipoteza je bila, da bo uporaba ultrazvočne in hidrodinamske kavitacije težje razgradljive spojine v odpadnih vodah pretvorila v lažje razgradljive, ki se nato očistijo na biološki stopnji. Bistveno je, da z uporabo zgolj fizikalne tehnologije (kavitacija) dosežemo boljšo biorazgradljivost odpadnih voda brez dodajanja kemičnih snovi in dodatnega obremenjevanja okolja. Druga hipoteza je bila, da bosta tako ultrazvočna kot hidrodinamska kavitacija primerni tudi za pripravo pitnih voda (dezinfekcijo). V okviru projekta smo obe raziskovalni hipotezi potrdili.

V okviru projekta izvedene raziskave so v prvi fazi obsegale poskuse razgradljivosti težko biorazgradljivih voda s kombinacijo različnih naprednih postopkov oksidacije (AOP; O₃, UV, H₂O₂) in z uporabo ultrazvočne kavitacije. V tem delu raziskav smo tesno sodelovali z inštitutom PTS (Papiertechnische Stiftung; www.ptspaper.com) iz Minhna, Nemčija. V

nadaljevanju so bile raziskave usmerjene v razvoj novih hidrodinamskih kavitacijskih naprav in v poskuse razgradljivosti težko biorazgradljivih voda s poudarkom na zdravilnih učinkovinah, odstranjevanja toksičnih cianobakterij in bakterije legionele. Za izvedbo poskusov smo uporabili v letu 2011 izgrajeno laboratorijsko postajo in hidrociklon s hidrodinamsko kavitacijo ter tri inovativne hidrodinamske kavitacijske postaje (pulzno, kontinuirano strižno in rotacijsko) oblikovane in izgrajene v sodelovanju s Fakulteto za strojništvo. Za najbolj učinkovito in najbolj optimalno kavitacijsko napravo se je izkazal rotacijski generator hidrodinamske kavitacije, katerega delovanje, prednosti in doprinos so sledeče:

OPIS ROTACIJSKEGA GENERATORJA HIDRODINAMSKE KAVITACIJE

Rotacijski generator hidrodinamske kavitacije deluje na principu dveh nasproti rotirajočih diskov, posebne geometrije, kjer se zaradi strižnih sil med obema rotorjema pojavijo specifične fizikalne razmere, ki ustvarijo pogoje za nastanek kavitacije. Strižne sile med obema rotorjema nastanejo zaradi njune posebne geometrije. Tako prvi, kot drugi rotor imata izdelane posebne utore, ki tvorijo t.i. zobe, ki izraščajo v aksialni smeri. V osnovi generator kavitacije sestoji iz dveh elektromotorjev, ki poganjata rotorja in ohišje stroja, ki tvori t.i. kavitacijsko komoro. Vtok in iztok na kavitacijski komori je narejen v radialni smeri rotorjev. Rotor generatorja kavitacije predstavlja okrogli disk z radialnimi utori oz. t.i. zobmi. Čelna površina zob na rotorju je obdelana pod določenim kotom oz. ima specifično geometrijo. Med čelnima ploskvama dveh rotorjev se med nasproti ležečimi utori in zobmi oblikuje specifična reža, katere geometrija zaradi kinematike rotorja povzroča lokalno znižanje statičnega tlaka v sami reži. Posledično zaradi lokalno znižanega tlaka prihaja do kavitacije oz. do uparjanja vode pri približno konstantni temperaturi. Intenzivnost kavitacije je pri konstantnih hidrodinamskih pogojih stroja pogojena z obliko reže in kinematiko rotorja. Princip delovanja temelji na tem, da z rotacijo rotorja ustvarimo izmenično tlačno-nizkotlačno področje, kjer prihaja do uparjanja in kondenzacije tekočine. Povečevanje volumna, ki ga tvorita utora rotorja in statorja ima za posledico generiranje podtlaka in posledično kavitacijskega oblaka, ki preko rasti prehaja v kolaps, kar ima za posledico intenzivne tlačne oscilacije. V trenutku, ko se nasproti ležeča utora med rotorjema poravnata, se lokalno maksimalno poveča prosti volumen, kar posledično pomeni, da je dosežen maksimalen podtlak. V primeru, ko se poravnata nasproti ležeča utora in zob, se lokalno volumen med rotorjema zmanjša, kar ima za posledico višji statični tlak. Ob zadostnem podtlaku, ko vrednost tlaka pade pod uparjalni tlak tekočine, se tvori kavitacija.

PREDNOSTI IN DOPRINOS ROTACIJSKEGA GENERATORJA

Prednost takega stroja je v njegovi učinkovitosti, saj v primerjavi z ultrazvočnimi kavitacijskimi napravami za enak učinek porabi manj energije. Po potrebi je zelo enostavno tak stroj skalirati in prilagoditi za večje ali manjše pretoke, zagotoviti je le potrebno podobne kinematske razmere med rotorjema, kar se stori z velikostjo rotorjev, vrtilno frekvenco in geometrijo utorov. Z razvojem takega stroja je bilo pokazano, da se lahko na relativno preprost in energijsko učinkovit način zagotovi specifične kavitacijske pogoje, katere se lahko uporabi kot "orodje" za obdelavo različnih vrst tekočin, kot so npr. različne odpadne vode, pitna voda itd., saj se med tvorbo kavitacijskih struktur pojavljajo ekstremne razmere, ki nam lahko poškodujejo ali učijo različne mikroorganizme, ali povzročijo, da voda disociira na OH in H radikale.

POSKUSI ODSTRANJEVANJA TEŽJE RAZGRADLJIVIH ZDRAVILNIH UČINKOVIN

Eden izmed glavnih ciljev raziskave je bil uporaba kombiniranih postopkov čiščenja odpadnih vod, vključno s kavitacijo, za odstranjevanje težje razgradljivih zdravilnih učinkovin, kot je na primer diklofenak. To smo izvedli v dveh raziskavah, v okviru katere sta bili objavljeni dve strokovni publikaciji (glej dosežke projekta):

1. Prva raziskava ocenjuje učinkovitost dveh različnih bioloških postopkov, postopek s suspendiranim aktivnim blatom ter s pritrjeno biomaso (Kaldnes K1 ter Mutag BioChip™) pri odstranjevanju izbranih zdravilnih učinkovin z znano koncentracijo posameznih učinkovin (1 µg/L). Postopek s suspendiranim aktivnim blatom je pokazal

slabo in nekonsistentno odstranjevanje klofibrinske kisline (9 % ± 28 %), karbamazepina (21 % ± 25 %) in diklofenaka (48 % ± 19 %), medtem ko je bila odstranitev ibuprofena (86 %), naproksena (74 %) ter ketoprofena (78 %) višja in konsistentna z deviacijo nižjo od 10 %. Ti rezultati so v skladu z objavljeno literaturo ter potrjujejo slabo odstranjevanje klofibrinske kisline, karbamazepina in diklofenaka s konvencionalnim biološkim čiščenjem. S postopkom s suspendiranim aktivnim blatom smo v primeru ibuprofena dosegli višjo odstranitev kot s postopkom s pritrjeno biomaso, in sicer za oba tipa nosilcev (94 % ± 8 % za Kaldness K1 ter 94 % ± 4 % za Mutag BioChip™ nosilce), medtem ko je bila odstranitev ketoprofena in karbamazepina nižja s postopkom pritrjene biomase. Za klofibrinsko kislino ter naproksen ni bilo opažene razlike v odstranitvi med obema postopkoma. V primeru diklofenaka smo dosegli višjo odstranitev s postopkom s pritrjeno biomaso, in sicer 85 % ± 10 % z nosilci Mutag BioChip™ ter 74 % ± 22 % s Kaldnes K1 nosilci. Za povečano odstranitev izbranih zdravilnih učinkovin smo preučili hidrodinamsko kavitacijo z ali brez dodatkom vodikovega peroksida. Optimalni pogoji so vodili do njihove odstranitve v različnem obsegu (3-70 %), vendar so rezultati nakazali možnost povečane odstranitve izbranih spojin z optimizacijo kavitacijske naprave. Sekvenčno čiščenje odpadnih vod s pritrjeno biomaso, kavitacijo in UV je vodilo do uspešne odstranitve izbranih učinkovin (>90 %). Ti rezultati so pokazali, da je mogoče doseči visoko ter konsistentno odstranitev izbranih učinkovin s kombinacijo postopkov s pritrjeno biomaso in AOP, kar je zelo pomembno za razvoj novih strategij za čiščenje odpadnih vod.

2. Druga raziskava preučuje hidrodinamsko kavitacijo kot metodo za čiščenje odpadnih vod. V sodelovanju s Fakulteto za strojništvo in Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani smo ovrednotili učinkovitost hidrodinamske kavitacije kot metode za odstranjevanje mikropolutantov, točneje ostankov zdravilnih učinkovin, iz odpadne vode. V okviru te raziskave smo preučevali klofibrinsko kislino, naproksen, ketoporfena, karbamazepin in diklofenak z uporabo kavitacijskega generatorja. Posebej smo preučevali učinek temperature, časa in dodatka H₂O₂. Optimizacija (50 °C; 15 min; 340 mg L⁻¹ H₂O₂) je vodila do 47–86 % odstranitve izbranih spojin iz deionizirane vode. V kompleksnejših matricah (odpadna voda), se je odstotek odstranitve izbranih spojin znižal, smo ga pa uspeli delno kompenzirati z višjim dodatkom H₂O₂ (3.4 g L⁻¹) in daljšim časom kavitacije (30 min). Hidrodinamsko kavitacijo smo uporabili v raziskavi tudi kot pre- ali post- biološko čiščenje. Rezultati so pokazali višjo odstranitev odpornih zdravilnih učinkovin kot sta diklofenak in karbamazepin, ko je bila kavitacija uporabljena za stopnjo biološkega čiščenja (i.e., 54 % in 67 % namesto 39 % in 56 %). Ta rezultat je pomemben dosežek, saj je diklofenak na prednostni listi Vodne direktive in je nujno izboljšati odstotek njegove odstranitve iz odpadnih vod.

POSKUSI ODSTRANJEVANJA TOKSIČNIH CIANOBAKTERIJ

Alge so najpomembnejša skupina organizmov, ki sodeluje pri kroženju snovi in energije v vodnih ekosistemih. Med alge v širšem smislu prištevamo tudi cianobakterije. Ob povišani koncentraciji hranil ter ustrezni temperaturi vode se lahko v stoječih in počasi tekočih vodnih telesih alge razvijajo v večjih količinah (vodni cvet). Prekomeren razvoj alg lahko povzroča težave tudi v ribogojnicah, hladilnih sistemih, cevovodih, bazenih itd. Nekatere vrste cianobakterij lahko proizvajajo strupene snovi-toksine, ki so nevarni za ljudi in živali. Preučevali smo učinkovitost hidrodinamske kavitacije za odstranjevanje dveh različnih vrst alg: a) zelene mikroalge *Chlorella vulgaris* in b) potencialno toksične cianobakterije *Microcystis aeruginosa*. Poskuse smo izvajali na kontinuirani strižni kavitacijski napravi pri standardnih pogojih. Na vseh vzorcih smo pred in po končani kavitaciji izmerili temperaturo, pH, elektroprevodnost, klorofil-a, absorbanco pri 684 nm za zelene alge in pri 440 nm za cianobakterije ter spekter valovnih dolžin od 400 do 700 nm. S testom inhibicije rasti smo spremljali koncentracijo celic v vseh vzorcih 7 dni po hidrodinamski kavitaciji. Rezultati so pokazali, da hidrodinamska kavitacija ni imela učinka na odstranjevanje zelene mikroalge *C. vulgaris*, medtem ko je test inhibicije pokazal postopno zmanjševanje koncentracije celic potencialno toksične cianobakterije *M. aeruginosa* v kavitiranih vzorcih.

POSKUSI ODSTRANJEVANJA BAKTERIJE LEGIONELLA PNEUMOPHILA

V raziskavi smo obravnavali učinkovitost različnih tipov kavitacije (akustična, agresivna hidrodinamska in superkavitacija) za odstranjevanje bakterije *Legionella pneumophila*. Pokazali smo, da bakterijo verjetno ne uničijo visoki tlačni valovi oziroma visoke temperature, ki nastanejo ob kolapsih kavitacijskih mehurčkov, pač pa trenutno znižanje tlaka ob prehodu bakterije iz kapljevine v parni mehur, ki ga je mogoče ustvariti v režimu superkavitacije. pokazali smo, da lahko s superkavitacijo v kratkem času uničimo do 99 % bakterij, pri čemer je poraba energije kar 30-krat manjša od porabe konvencionalnih metod (termični šoki). Rezultati sistematične študije pomembno prispevajo k razumevanju mehanizmov uničevanja bakterij in zato nudijo odlično izhodišče za nadaljno optimizacijo metodologije za odstranjevanje bakterije *Legionelle* s pomočjo kavitacije.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Uspešno smo zaključili meritve na prvi, pulzni kavitacijski postaji.

Na novo smo zasnovali in izdelali rotacijsko kavitacijsko, oz. strižno postajo.

Uspešno smo zaključili meritve na kontinuirano strižni kavitacijski napravi.

Uspešno smo zaključili meritve na rotacijski kavitacijski postaji.

Izpopolnili smo hidrociklon in za njegovo nadaljnje izpopolnjevanje dogradili popolnoma nov del hidravličnega preskuševališča z visokotlačno progo in vključno z vakuumskim vložkom.

Uspešno smo zaključili meritve na hidrociklonu.

Po naši oceni smo program dela na raziskovalnem projektu popolnoma realizirali prav tako smo realizirali vse zastavljene raziskovalne cilje.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Ni sprememb.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	26582055	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Odstranjevanje zdravilnih učinkovin iz odpadnih voda s pomočjo bioloških procesov, hidrodinamske kavitacije in UV čiščenja
		ANG	Removal of pharmaceuticals from wastewater by biological processes, hydrodynamic cavitation and UV treatment
			Študija ocenjuje učinkovitost dveh različnih bioloških postopkov, postopek s suspendiranim aktivnim blatom ter s pritrjeno biomaso. Za oceno delovanja smo uporabili pretočne reaktorje na laboratorijskem nivoju, katerim smo dodajali mešanico izbranih zdravilnih učinkovin z znano koncentracijo posameznih učinkovin (1 µg/L). Učinkovitost postopka s pritrjeno biomaso smo preučevali z dvema različnima nosilcema: Kaldnes K1 ter Mutag BioChip™. Postopek s suspendiranim aktivnim blatom je pokazal slabo in nekonsistentno odstranjevanje klofibrinske kisline (9 % ± 28 %), karbamazepina (21 % ± 25 %) in diklofenaka (48 % ± 19 %), medtem ko je bila odstranitev ibuprofena (86 %), naproksena (74 %) ter ketoprofena (78 %) višja in konsistentna z deviacijo nižjo od 10 %. Ti rezultati so v skladu z objavljeno literaturo ter potrjujejo slabo odstranjevanje klofibrinske kisline, karbamazepina in diklofenaka s konvencionalnim biološkim čiščenjem. S postopkom s suspendiranim aktivnim blatom smo v

Opis	SLO	<p>primeru ibuprofena dosegli višjo odstranitev kot s postopkom s pritrjeno biomaso, in sicer za oba tipa nosilcev ($94 \% \pm 8 \%$ za Kaldness K1 ter $94 \% \pm 4 \%$ za Mutag BioChipTM nosilce), medtem ko je bila odstranitev ketoprofena in karbamazepina nižja s postopkom pritrjene biomase. Za klofibrinsko kislino ter naproksen ni bilo opažene razlike v odstranitvi med obema postopkoma. V primeru diklofenaka smo dosegli višjo odstranitev s postopkom s pritrjeno biomaso, in sicer $85 \% \pm 10 \%$ z nosilci Mutag BioChipTM ter $74 \% \pm 22 \%$ s Kaldnes K1 nosilci. Za povečano odstranitev izbranih zdravilnih učinkovin smo preučili hidrodinamsko kavitacijo z ali brez dodatkom vodikovega peroksida . Optimalni pogoji so vodili do njihove odstranitve v različnem obsegu (3-70 %), vendar so rezultati nakazali možnost povečane odstranitve izbranih spojin z optimizacijo kavitacijske naprave. Sekvenčno čiščenje odpadnih vod s pritrjeno biomaso, kavitacijo in UV je vodilo do uspešne odstranitve izbranih učinkovin (>90 %). Ti rezultati so pokazali, da je mogoče doseči visoko ter konsistentno odstranitev izbranih učinkovin s kombinacijo postopkov s pritrjeno biomaso in AOP, kar je zelo pomembno za razvoj novih strategij za čiščenje odpadnih vod.</p>	
	ANG	<p>Study evaluated suspended activated sludge (SAS) and attached-growth biomass processes using lab-scale flow-through bioreactors with the addition of a mixture containing $1 \mu\text{g/L}$ of each of the compound of interest. Furthermore, the attached-growth biomass process was evaluated for two types of carriers, Kaldnes K1 and for the first time Mutag BioChipTM carriers. The SAS process showed poor and inconsistent removal of clofibrin acid CLA ($9 \% \pm 28 \%$), carbamazepine CBZ ($21 \% \pm 25 \%$) and diclofenac DF ($48 \% \pm 19 \%$), while ibuprofen IB, naproxen NP and ketoprofen KP yielded 86%, 74% and 78% removal, respectively, with a measured deviation of $<10 \%$. The results agree with published data confirming the recalcitrant nature of CLA, CBZ and DF to classical SAS treatment. In comparison to SAS, attached-growth biomass process, for both types of carriers, resulted in higher removal efficiencies for IB ($94 \% \pm 8 \%$ for Kaldness K1 and $94 \% \pm 4 \%$ for Mutag BioChipTM carriers), while KP and CBZ were removed to a lesser degree. In the case of CLA and NP no difference in removal efficiencies between SAS and attached-growth biomass process were observed. Better results were obtained for DF using Mutag BioChipTM carriers ($85 \% \pm 10 \%$) compared to reactors containing the Kaldnes K1 carriers ($74 \% \pm 22 \%$) and SAS ($48 \% \pm 19 \%$). To enhance the removal of pharmaceuticals hydrodynamic cavitation with hydrogen peroxide was evaluated. Optimal parameters resulted in removal efficiencies between 3 - 70 % and showed the potential to be augmented with different cavitation configuration. Coupling the attached-growth biomass biological treatment, hydrodynamic cavitation/hydrogen peroxide process and UV treatment resulted in removal efficiencies of $> 90 \%$. Importantly, this study proves that it is possible to remove pharmaceutical residues both consistently and to a higher degree using combination biofilm process and AOP, which has significant implications for future WWT strategies.</p>	
	Objavljeno v	Butterworth-Heinemann;Elsevier Science; Ultrasonics Sonochemistry; 2013; Vol. 20, no. 4; str. 1104-1112; Impact Factor: 3.816;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.411; A': 1; WoS: AA, DY; Avtorji / Authors: Zupanc Mojca, Kosjek Tina, Petkovšek Martin, Dular Matevž, Kompare Boris, Širok Brane, Blažeka Željko, Heath Ester	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	13049115	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Rotacijski generator hidrodinamske kavitacije za čiščenje vode
		ANG	Rotation generator of hydrodynamic cavitation for water treatment

	Opis	SLO	Zaradi pomanjkanja sladkovodnih virov je, ravnanje z odpadno vodo globalni problem, kar se kaže tudi v hitri rasti novih tehnologij za čiščenje odpadnih vod. V študiji je predstavljen nov rotacijski generator hidrodinamično kavitacije, za odstranjevanje zdravilnih učinkovin iz vode. Študija je pokazala, da ja za učinkovito odstranitev potrebna kombinacija kavitacije z dodajanjem vodikovega peroksida. Preučili smo različne obratovalne točke, oblike rotorjev, tlak v komori, temperatura medije, količina in čas izpostavljanja kavitaciji, ter na ta način optimirali proces. Za različne zdravilne učinkovine (ibuprofen, ketoprofen, karbamazepin in diklofenak) smo dosegli preko 80% učinkovitos razgradnje. Eksperimentalni rezultati kažejo, da ima hidrodinamična kavitacija dober potencial za učinkovito odstranjevanje zdravil, ter da velja nadaljevati z raziskavami in preučiti ustrezno zasnovo za komercialno uporabo.
		ANG	Nowadays, due to lack of freshwater resources a sufficient wastewater management is an environmental concern. This global issue is resulting in the rapid growth of technologies for wastewater treatment. In this study a novel rotation generator of hydrodynamic cavitation is presented, which is used as a tool for pharmaceuticals removal in water. On presented machine analysis of hydrodynamics is made, where the extent and aggressiveness of cavitation is evaluated. The study has shown, that for a sufficient treatment, hydrodynamic cavitation with combination of hydrogen peroxide is needed. The removal of four pharmaceuticals (ibuprofen, ketoprofen, carbamazepine and diclofenac) was considered, where the over 80% effect was achieved. Various operating parameters such as the rotors geometry of the cavitation generator, pressure in the treatment chamber, temperature of the liquid, amount of hydrogen peroxide and time of exposure to the cavitation was investigated. The experimental results show that hydrodynamic cavitation has a good potential for efficient removal of pharmaceuticals what suggests to continue with research in this field and to consider an appropriate design for a commercial use.
	Objavljeno v	Elsevier; Separation and purification technology; 2013; Vol. 118; str. 415-423; Impact Factor: 3.065; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.798; A': 1; WoS: II; Avtorji / Authors: Petkovšek Martin, Zupanc Mojca, Dular Matevž, Kosjek Tina, Heath Ester, Kompare Boris, Širok Brane	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	12534555	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv geometrije na stabilnost kavitirajočega toka
		ANG	Scale effect on unsteady cloud cavitation
	Opis	SLO	Do sedaj še ni bilo izvedenega eksperimenta, kjer bi se preučeval učinek vpliva dimenzije kavitirajočega toka na dinamiko same kavitacije. Ideja za izvedbo eksperimenta se je pojavila zaradi nejasnih rezultatov pri 10-krat pomanjšani Venturi zožitvi, ki se je uporabljala za meritve z ultra hitro X-ray vizualizacijo (Coutier-Delgosha s sod. 2009). Kavitacija v originalni izvedbi Venturi zožitve (Stutz in Reboud v Exp. Fluids 23:191-198, 1997, Exp. Fluids 29:545-552 2000) se je vedno pojavljala v nestabilni obliki, medtem, ko se pri pomanjšani zožitvi vedno pojavi v kvazi stabilni obliki, čeprav je nekaj nestabilnosti še vedno prisotnih. Da bi ta pojav podrobneje raziskali, je bil izveden eksperiment v šestih geometrijsko podobnih Venturi zožitvah, kjer se je pomanjševalo/povečevalo širino ali višino zožitve ali oboje. Različne geometrije so povzročile različne tipe nestabilnosti kavitirajočega toka. Rezultati dokazujejo, da ima majhna geometrija zelo pomemben vpliv na obnašanje kavitacije, še posebej višina zožitve močno vpliva na dinamiko

			povratnega toka, ki je vzrok za nestabilnosti. Rezultati eksperimentov namigujejo, da kavitacija z geometrijskim zmanjšanjem zožitve postaja stabilnejša, zaradi nezmožnosti tvorjenja povratnega toka.
		ANG	No experiment was conducted, yet, to investigate the scale effects on the dynamics of developed cavitating flow with periodical cloud shedding. The present study was motivated by the unclear results obtained from the experiments in a Venturi-type section that was scaled down 10 times for the purpose of measurements by ultra-fast X-ray imaging (Coutier-Delgosha et al. 2009). Cavitation in the original size scale section (Stutz and Reboud in Exp Fluids 23:191-198, 1997, Exp Fluids 29:545-552 2000) always displays unsteady cloud separation. However, when the geometry was scaled down, the cavitation became quasi steady although some oscillations still existed. To investigate this phenomenon more in detail, experiments were conducted in six geometrically similar Venturi test sections where either width or height or both were scaled. Various types of instabilities are obtained, from simple oscillations of the sheet cavity length to large vapor cloud shedding when the size of the test section is increased. It confirms that small scale has a significant influence on cavitation. Especially the height of the test section plays a major role in the dynamics of the re-entrant jet that drives the periodical shedding observed at large scale. Results suggest that the sheet cavity becomes stable when the section is scaled down to a certain point because re-entrant jet cannot fully develop.
	Objavljeno v		Springer; Experiments in fluids; 2012; Vol. 53, iss. 5; str. 1233-1250; Impact Factor: 1.572; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.171; A': 1; WoS: IU, PU; Avtorji / Authors: Dular Matevž, Khelifa Ilyass, Fuzier Sylvie, Adama Maiga M., Coutier-Delgosha Olivier
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	27217959	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Hidrodinamska kavitacija s strižnimi silami kot orodje za odstranitev farmacevtskih mikroonesnažil v komunalni odpadni vodi
		ANG	Shear-induced hydrodynamic cavitation as a tool for pharmaceutical micropollutants removal from urban wastewater
	Opis	SLO	Članek preučuje hidrodinamsko kavitacijo kot metodo za čiščenje odpadnih vod. V sodelovanju s Fakulteto za strojništvo in Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani smo ovrednotili učinkovitost hidrodinamske kavitacije kot metode za odstranjevanje mikropolutantov, točneje ostankov zdravilnih učinkovin, iz odpadne vode. Posebej smo preučevali učinek temperature, časa in dodatka H ₂ O ₂ . Optimizacija (50 °C; 15 min; 340 mg L ⁻¹ H ₂ O ₂) je vodila do 47–86 % odstranitve izbranih spojin iz deionizirane vode. V kompleksnejših matricah (odpadna voda), se je odstotek odstranitve izbranih spojin znižal, smo ga pa uspeli delno kompenzirati z višjim dodatkom H ₂ O ₂ (3.4 g L ⁻¹) in daljšim časom kavitacije (30 min). Hidrodinamsko kavitacijo smo uporabili v raziskavi tudi kot pre- ali post- biološko čiščenje. Rezultati so pokazali višjo odstranitev odpornih zdravilnih učinkovin kot sta diklofenak in karbamazepin, ko je bila kavitacija uporabljena za stopnjo biološkega čiščenja (i.e., 54 % in 67 % namesto 39 % in 56 %). Ta rezultat je pomemben dosežek, saj je diklofenak na prednostni listi Vodne direktive in je nujno izboljšati odstotek njegove odstranitve iz odpadnih vod.
			Paper evaluates hydrodynamic cavitation as a method for wastewater treatment. In collaboration with Faculty of Mechanical Engineering and Faculty for Civil and Geodetic Engineering, University of Ljubljana we evaluated the efficiency of hydrodynamic cavitation for removing micropollutants, e.g. pharmaceutical residues, from wastewaters. In this study, the removal of clofibric acid, ibuprofen, naproxen, ketoprofen,

			<p>carbamazepine and diclofenac residues from wastewater, using a novel shear-induced cavitation generator has been systematically studied. The effects of temperature, cavitation time and H₂O₂ dose on removal efficiency were investigated. Optimisation (50 °C; 15 min; 340 mg L⁻¹ of added H₂O₂) resulted in removal efficiencies of 47–86% in spiked deionised water samples. Treatment of actual wastewater effluents revealed that although matrix composition reduces removal efficiency, this effect can be compensated for by increasing H₂O₂ dose (3.4 g L⁻¹) and prolonging cavitation time (30 min). Hydrodynamic cavitation has also been investigated as either a pre- or a post-treatment step to biological treatment. The results revealed a higher overall removal efficiency of recalcitrant diclofenac and carbamazepine, when hydrodynamic cavitation was used prior to as compared to post biological treatment i.e., 54% and 67% as compared to 39% and 56%, respectively. This is an important finding since diclofenac is considered as a priority substance to be included in the EU Water Framework Directive.</p>
	Objavljeno v		<p>Butterworth-Heinemann; Elsevier Science; Ultrasonics Sonochemistry; 2014; Vol. 21, issue 3; str. 1213-1221; Impact Factor: 3.816; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.411; A¹: 1; WoS: AA, DY; Avtorji / Authors: Zupanc Mojca, Kosjek Tina, Petkovšek Martin, Dular Matevž, Kompore Boris, Širok Brane, Stražar Marjeta, Heath Ester</p>
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	4625003	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Učinkovitost rastlinske čistilne naprave in ultrazvoka za ponovno uporabo vode v zaprtem krožnem sistemu ciprinidne ribogojnice
		ANG	The efficiency of constructed wetland and ultrasound for water reuse in a closed-loop small-scale cyprinid fish farm
	Opis	SLO	<p>Ocenili smo učinkovitost čiščenja in pridelavo rib v manjši ciprinidni ribogojnici z zaprtim krožnim sistemom, ki je sestavljena iz 0,2 m³ eksperimentalnega bazena za ribe (bazen A) z začetno obremenitvijo 1 kg/m³ krapov in iz čistilnega sistema (ČS) z navpično rastlinsko čistilno napravo (RČN) in ultrazvočno napravo (UZ). Bazeni A s povprečnim pretokom vode 60 l/h smo primerjali s kontrolnim bazenom (bazen B) z enakimi dimenzijami in obremenitvijo, vendar brez ČS. Poskus je bil razdeljen v tri zaporedne serije, kjer smo uporabili različne kombinacije polnil v RČN in UZ. Izvedli smo tudi predhodni poskus za oceno učinkovitosti UZ pri preprečevanju rasti alg. Rezultati so pokazali, da je sistem, ki je imel RČN napolnjeno s peskom, učinkoviteje odstranjeval kemijsko potrebo po kisiku, amonijev dušik, skupni fosfor in ortofosfat, medtem ko je sistem, ki je imel RČN napolnjeno z ekspandirano glino, bolj uspešno odstranjeval biokemijsko potrebo po kisiku, nitratni in nitritni dušik. Pri odstranjevanju skupnih neraztopljenih snoveh ni bilo razlike med obema sistemoma. Specifična stopnja rasti in povečanje telesne teže rib sta bili v bazenu A višji kot v bazenu B. V tretji seriji so bile vrednosti zgoraj naštetih parametrov v bazenu A višje kot v prvih dveh serijah zaradi kopičenja hranil v bazenu A. Z UZ smo uspeli zmanjšati biomaso alg v prosti vodi za 63%.</p>
			<p>Treatment performance and fish production were evaluated in a small-scale cyprinid fish farm with a closed-loop system consisting of a 0.2 m³ experimental fish tank (Tank A) with initial carp load of 1 kg/m³ and of a treatment train (TT) with a vertical constructed wetland (CW) and an ultrasonic unit (US). Tank A with average water circulation of 60 L/h was compared with a control tank (Tank B) of the same dimensions and fish load but with no TT. The experiment was divided into three sequential trials using different combinations of CW media and US. A preliminary trial was performed for evaluation of US efficiency in algae control. The</p>

	ANG	results showed that the system with CW filled with sand performed better for chemical oxygen demand, ammonium nitrogen, total phosphorous and orthophosphate, while the system with CW filled with expanded clay performed better for biochemical oxygen demand, nitrate-nitrogen and nitrite-nitrogen. There were no differences in total suspended solids between both systems. Specific growth rates and the fish body weight increase in Tank A were higher than in Tank B. In the third trial, the values of the above listed parameters in Tank A were higher than in the first two trials due to an accumulation of nutrients in Tank A. US reduced algae biomass in free water by 63%.
Objavljeno v		Parlar Scientific Publications; Fresenius environmental bulletin; 2013; Vol. 22, no. 10; str. 2828-2835; Impact Factor: 0.527; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.143; WoS: JA; Avtorji / Authors: Krivograd-Klemenčič Aleksandra, Griessler Bulc Tjaša
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	13148699 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Rotacijski generator hidrodinamske kavitacije za čiščenje vode ANG Rotational generator of hydrodynamic cavitation for water treatment
	Opis	SLO Patent zajema izvirno obliko generatorja kavitacije, s katerim čistimo vodo. Gre predvsem za čiščenje odpadnih voda s preveliko vsebnostjo farmacevtikov, bakterij, alg... Rezultati eksperimentalnih študij kažejo na učinkovitost naprave, kar odpira možnost za komercialno uporabo in je tudi razlog za vložitev patentne prijave. ANG Patent includes a design of cavitation generator used for water treatment specifically pharmaceuticals, bacteria and algae removal. Experimental assessment of the machine shows a highly efficient removal of unwanted substances. This implies to the possibility of a commercial application, what is also a reason behind a patent application.
	Šifra	F.32 Mednarodni patent
	Objavljeno v	Deutsches Patent- und Markenamt; 2013; 14, 5 f., [2] f. pril.; Avtorji / Authors: Širok Brane, Dular Matevž, Petkovšek Martin
	Tipologija	2.23 Patentna prijava
2.	COBISS ID	267929602640249 Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO Urejanje mednarodnih SCI revij: Ecological Modelling (Elsevier) in Environmental Science and Pollution Research (Springer) ANG Editorial work for the international SCI journals: Ecological Modelling (Elsevier) and Environmental Science and Pollution Research (Springer)
	Opis	SLO Boris Kompore je od leta 1994 član uredniškega nadzornega odbora SCI revije Ecological Modelling, zadolžen za strokovno področje okoljskega inženirstva. IF(2013) = 2.326; GU - ecology ; 61/141 ; četrtnina: 2 ; x=2.632 ; IFmin: 1.963 ; IFmax: 3.248 Ester Heath je od leta 2012 članica uredniškega odbora SCI revije Environmental Science and Pollution Research. IF(2013) = 2.757; JA - environmental sciences ; 55/216 ; četrtnina: 2 ; x=2.143 ; IFmin: 1.671 ; IFmax: 2.757 Boris Kompore is Member of the Editorial Advisory Board of SCI

		journal Ecological Modelling since 1994, in charge for his field of expertise in ecological engineering. IF (2013)=2.326; GU - ecology ; 61/141 ; četrtina: 2 ; x=2.632 ; IFmin: 1.963 ; IFmax: 3.248
	ANG	Ester Heath is Member of the Editorial Board of SCI journal Environmental Science and Pollution Research since 2012. IF(2013) = 2.757; JA - environmental sciences ; 55/216 ; četrtina: 2 ; x=2.143 ; IFmin: 1.671 ; IFmax: 2.757
Šifra	C.07 Drugo uredništvo	
Objavljeno v	Ecological modelling. Kompore, Boris (član uredniškega sveta 1994). [Print ed.]. Amsterdam: Elsevier Scientific Publ. Co., 1975. ISSN 03043800. Environmental science and pollution research international. Heath, Ester (urednik 2012-). [Print ed.]. Heidelberg; Berlin: Springer, 1994-. ISSN 0944-1344. http://www.springerlink.com/content/0944-1344/ . COBISS.SI-ID 2640249	
Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo	
3.	COBISS ID	4572779 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Zmanjševanje porabe sveže vode v industriji z visoko porabo vode s ponovno uporabo (recikliranjem) odpadnih voda, očiščenih z naprednimi oksidacijskimi postopki (AOP)
	ANG	Reducing fresh water consumption in high water volume consuming industries by recycling AOP-treated effluents
Opis	SLO	Aleksandra Krivograd Klemenčič je vodila dve letni AOP4Water projekt financiran iz programa Era Net Cornet, katerega cilj je bilo testiranje različnih naprednih oksidacijskih postopkov (AOPs) s ciljem, da bi omogočili stroškovno upravičeno ponovno uporabo AOP očiščenih odpadnih voda iz tekstilne, papirne in prehranske industrije ter komunalne odpadne vode v proizvodnem proces u tekstilne in papirne industrije. Glavni ključ do ponovne uporabe leži v povečanju učinkovitosti AOP čiščenja, ki zagotavlja potrebno kakovost vode in zmanjšuje operativne stroške.
	ANG	Aleksandra Krivograd Klemenčič was leading two year AOP4Water project financed from the Era net Cornet programe with the aim to test different combinations of advance oxidation processes (AOPs) to enable cost-efficient reuse of AOP-treated effluents from textile, paper and food industries and municipal wastewater in production processes of textile and paper industries. Among different AOPs also hydrodynamic cavitation was tested. The key to wastewater reuse lies in increasing the efficiency of AOP treatment that ensures the required water quality and decreasing operational costs.
Šifra	D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov	
Objavljeno v	Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo; Zdravstvena fakulteta; 2013; 42 str.; Avtorji / Authors: Krivograd-Klemenčič Aleksandra, Kompore Boris, Drev Darko, Jarni Klara, Griessler Bulc Tjaša, Holobar Andrej, Babič Renato	
Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
4.	COBISS ID	4483947 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Inovativne tehnologije za ponovno uporabo (recikliranje) vode v ribogojstvu
	ANG	Innovative technologies for water reuse (recycling) in fish farms
		T.G. Bulc je vodila tri letni projekt financiran iz programa Eureka E!5007 FISH-CWUS (2009-2012), katerega cilj je bil razvoj nove tehnologije čiščenja vode za potrebe ribogojnic s kombinacijo dveh tehnoloških enot: vertikalne rastlinske čistilne naprave in ultrazvoka. Novo razvita tehnologija

Opis	SLO	v največji možni meri izkorišča ekonomske in ekološke prednosti posameznih enot za doseg specifične kvalitete vode brez uporabe kemikalij. Recirkulacijski sistemi čiščenja vode v ribogojništvu brez dodajanja kemikalij pomenijo nove rešitve tudi za druge sisteme čiščenja vode, kjer je uporaba kemikalij nezadovoljiva rešitev (bazeni, pridobivanje pitne vode iz površinskih voda, namakalni sistemi...).	
	ANG	T.G. Bulc was leading Eureka E!5007 project with acronym FISH-CWUS (2009-2012) with the aim to develop new innovative technology for fish farm wastewater treatment. In the frame of the project presented new process control instrument to integrate and optimize two physical water treatment technology units: vertical constructed wetland and ultrasound was developed. The resulting integrated technology combines the economic and ecological advantages of all the individual units to achieve targeted application in specific water qualities without the use of chemicals. Recirculation aquaculture systems without chemicals are new solutions also for other sensitive water treatment systems where chemicals are an unsatisfying solution like groundwater recharge, remediation of natural lakes, irrigation etc.	
Šifra	D.06 Zaključno poročilo o tujem/mednarodnem projektu		
Objavljeno v	Zdravstvena fakulteta; 2012; 40 str.; Avtorji / Authors: Griessler Bulc Tjaša, Šajn-Slak Alenka, Krivograd-Klemenčič Aleksandra, Godič Torkar Karmen, Oder Martina, Jarni Klara, Brand Lisa		
Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav		
5.	COBISS ID	263335680	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Zbornik referatov	
	ANG	Conference proceedings	
Opis	SLO	Simpozij z mednarodno udeležbo Vodni dnevi 2012, Portorož, 16.-18. oktober 2012, ROŠ, Milenko (ur.), Ljubljana: Slovensko društvo za zaščito voda, 2012. 174 str., ilustr. ISBN 978-961-6631-06-8. B. Kompare je član uredniškega in programskega odbora. Na vsakoletnem srečanju obdelujemo tematike zaščite voda, pripravo pitnih voda, odvajnje in čiščenje odpadnih voda, prenos tehnologij iz znanosti v prakso, itd.	
	ANG	International symposia Water days 2012, Portorož, Slovenia, 16.18. October 2012, Roš, Milenko (Ed.), Ljubljana: Slovenian Water Protection association, 2012. 174 pages, illustr. ISBN 978-961-6631-06-8. B. Kompare is member of programme and editorial board. On the yearly meetings subjects on water protection, drinking water treatment, waste water collection and treatment, technology transfer from science into practice are discussed, etc.	
Šifra	C.07 Drugo uredništvo		
Objavljeno v	Slovensko društvo za zaščito voda; 2012; 174 str.; Avtorji / Authors: Roš Milenko, Kompare Boris, Panjan Jože		
Tipologija	2.30 Zbornik strokovnih ali nerecenziranih znanstvenih prispevkov na konferenci		

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine^Z

1) B. Kompare: več intervjujev (v dnevnem časopisu in RTV) o poplavah, suši, vodovodnih in kanalizacijskih sistemih

2) Uspešno smo pridobili dva EU FP7 projekta s pričetkom izvajanja v 2014: 7OP DRONIC in 7OP MARS. Pri prijavi smo upoštevali naše izkušnje in znanje pridobljene v okviru tega projekta

3) Rektorjeva nagrada za najinovacijo Univerze v Ljubljani 2014. Dosežno drugo mesto in 2.000 EUR je prejel projekt Rotacijski generator hidrodinamske kavitacije. "Z uporabo hidrodinamske kavitacije odstranjujemo zdravilne učinkovine iz odpadnih voda in uničujemo legionelo v pitni vodi." Člani podjetniške skupine: prof.dr. Brane Širok, dr. Matevž Dular, Martin Petkovšek, dr. Mojca Zupanc. <http://www.unilj.si/aktualno/novice/2014032700070615/>

4) Izvirni znanstveni članki, ki niso navedeni pod znanstvenimi dosežki, kot npr.: KRIVOGRAD KLEMENČIČ A., GRIESSLER BULC T. The use of vertical constructed wetland and ultrasound in aquaponic systems. Environ. Sci. Pollut. Res. 2015, 22: 1420-1430

KOTNIK K., KOSJEK T., KRAJNC U., HEATH E. Trace analysis of benzophenone-derived compounds in surface waters and sediments using solid-phase extraction and microwave-assisted extraction followed by gas chromatography-mass spectrometry. Anal. Bioanal. Chem. 2014, 406: 3179-3190

WANG J., PETKOVŠEK M., LIU H., ŠIROK B., DULAR M. Combined numerical and experimental investigation of the cavitation erosion process. Journal of fluids engineering, 2015, 137: 1-9

PETKOVŠEK M., MLAKAR M., LEVSTEK M., STRAŽAR M., ŠIROK B., DULAR M. A novel rotation generator of hydrodynamic cavitation for waste-activated sludge disintegration. Ultrasonics Sonochemistry, 2015

BILUŠ I., BOMBEEK G., HOČEVAR M., ŠIROK B., CENCIČ T., PETKOVŠEK M. The experimental analysis of cavitating structure fluctuations and pressure pulsations in the cavitation station. Strojniški vestnik, 2014, 60: 147-157

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Rezultati predlaganega projekta izkazujejo po našem mnenju visoko stopnjo znanstvene relevantnosti, saj smo v projektu odgovorili na številna še odprta vprašanja, ki smo jih identificirali v pregledu stanja tehnike. Zaradi interdisciplinarnosti je projekt doprinesel napredek v vseh tangiranih raziskovalnih področjih, t.j.:

(1) v strojništvu, oz. mehaniki fluidov, v poglobljenih znanjih o ultrazvočni in hidrodinamski kavitaciji in razvojem novih tehnologij in naprav, ki omogočajo tako kavitacijo.

(2) v ekološkem inženirstvu smo z uporabo kavitacije: (a) odprli nove poti za zmanjšanje porabe dragih in/ali okolju in ljudem nevarnih kemikalij, (b) razvili postopke in naprave za pospešen razkroj biološko sicer težko razgradljivih snovi (čistilne naprave, bioplinarne), (c) razvili postopke in naprave za čiščenje vode za različne namene, npr. v ribogojstvu, za namakanje, za kopalne vode, itd.

(3) v javnem zdravstvu so rezultati raziskav vodili do novih tehnologij in naprav za dezinfekcijo pitnih in odpadnih voda ter tako zmanjšali porabo kemikalij

(4) v kemijski analitiki so rezultati projekta doprinesli k razvoju novih analiznih metod, ki podpirajo določevanje razgradnih produktov, ki bodo nastajali v naših procesih, kar bo vodilo do postavitve hipotez o možnih razgradnih poteh opazovanih prioritarnih onesnažil (priority pollutants, PP)

Prav tako smo prepričani, da v današnjem svetu, kjer je znanost vedno bolj prepletena, inter- in multi-disciplinarna, bodo rezultati naših raziskav našli pot tudi v druge veje znanosti in stroke.

ANG

Results of the project show in our view, a high level of scientific relevance, since the project answered the many open issues that were identified in the state-of-the-art review. Due to the project interdisciplinarity the progress was made in all targeted research areas, namely:

(1) In mechanical engineering, or. fluid mechanics, in-depth knowledge of ultrasonic and hydrodynamic cavitation and in the development of new technologies and facilities that allow such cavitation.

(2) In ecological engineering the use of cavitation: (a) opened up new ways to reduce consumption of expensive and/or for the environment and people hazardous chemicals; (b) develop processes and devices for accelerated decomposition of biologically difficult degradable substances (treatment plants, biogas plants); (c) develop procedures and devices for the sanitation of water for different purposes, e.g. in aquaculture, irrigation, bathing waters, etc.

(3) In public health the results of proposed research led to new technologies and devices for disinfection of drinking and wastewaters thus reducing the need of chemicals.

(4) In the chemical analytics the results of the project contributed to the development of new analytical methods that support the identification of degradation products to be generated in our process, which will lead to a hypothesis about the possible degradation pathways of the observed priority pollutants (PP).

We are also convinced that in today's world where science has become increasingly intertwined, inter-and multi-disciplinary, the results of our research will find their way into other branches of science and profession.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Pričakujemo, da bo uporaba kavitacije zmanjšala uporabo dragih kemikalij, ki jih je sicer potrebno dodajati v procesu čiščenja in po drugi strani pomenijo določeno tveganje za okolje. Kavitacija kot fizikalni postopek v očiščeno vodo ne dodaja nobenih kemikalij, niti ne vpliva na okolje po izpustu očiščene vode. V današnjem času, ko se vedno več pozornosti polaga na mikroonesnažila, kot so ostanki zdravilnih učinkovin in kemijskih povzročiteljev hormonskih motenj, pričakujemo, da bo razviti postopek čiščenja odpadnih voda s pomočjo kavitacije občutno znižal njihovo prisotnost v očiščeni vodi. Predvidevamo, da bomo kavitacijo lahko uporabili tudi za dezinfekcijo tako odpadne kot pitne vode.

ANG

We expect that use of cavitation will reduce presently necessary use of expensive chemical reagents for enhanced treatment process, which on the other hand also pose additional concerns when deposited into the environment. Cavitation as physical phenomena does not introduce any new chemicals to water and also does not affect the environment after water release into the environment. Finally, as nowadays great attention is put upon micropollutants such as endocrine disrupting compounds, it is expected that developed process of wastewater treatment with aid of cavitation will considerably reduce their presence in treated water. We expect that cavitation could be also used for disinfection of waste- and drinking water.

10. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj	
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanju naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

--

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer		
1.	Naziv		
	Naslov		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR

Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
Komentar		
Ocena		

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

Hidrodinamska kavitacija kot metoda za čiščenje odpadnih vod – Odsek za znanosti o okolju V sodelovanju s Fakulteto za strojništvo in Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani smo ovrednotili učinkovitost hidrodinamske kavitacije kot metode za odstranjevanje mikropolutantov iz odpadne vode. Rezultati so opisani v dveh člankih; oba sta objavljena v reviji Ultrasonics Sonochemistry. Dosežek je opisan v obliki diapozitiva kot priloga temu poročilu.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Rektorjeva nagrada za naj inovacijo Univerze v Ljubljani 2014. Dosežno drugo mesto in 2.000 EUR je prejel projekt Rotacijski generator hidrodinamske kavitacije. "Z uporabo hidrodinamske kavitacije odstranjujemo zdravilne učinkovine iz odpadnih voda in uničujemo legionelo v pitni vodi." Člani podjetniške skupine: prof.dr. Brane Širok, dr. Matevž Dular, Martin Petkovšek, dr. Mojca Zupanc. <http://www.unilj.si/aktualno/novice/2014032700070615/>

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
gradbeništvo in geodezijo

Boris Kompare

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

10.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/190

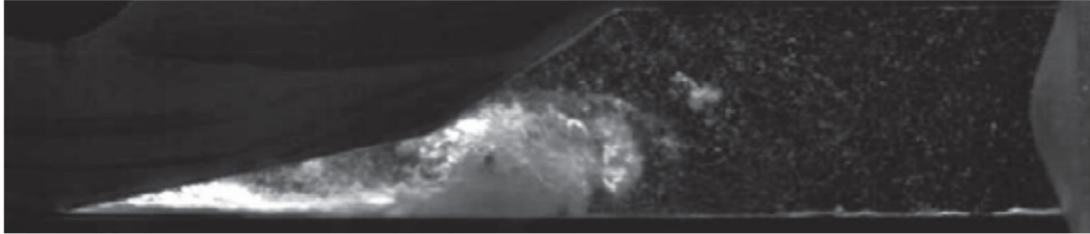
- ¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)
- ² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)
- ³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)
- ⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)
- ⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)
- ⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.
- Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.
- Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)
- ⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)
- ⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)
- ⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)
- ¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)
- ¹¹ Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)
- ¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2015 v1.00a
B4-E0-A1-FD-2B-DE-5F-7F-92-5E-FA-6C-23-BC-18-F2-34-5C-41-A7

Priloga 1

Hidrodinamska kavitacija kot metoda za čiščenje odpadnih vod

Inštitut Jožef Štefan Odsek za znanosti o okolju je v sodelovanju s Fakulteto za strojništvo in Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani ovrednotil učinkovitost hidrodinamske kavitacije kot metode za odstranjevanje mikropolutantov iz odpadne vode.



Vir:

ZUPANC, Mojca, KOSJEK, Tina, PETKOVŠEK, Martin, DULAR, Matevž, KOMPARE, Boris, ŠIROK, Brane, STRAŽAR, Marjeta, HEATH, Ester. Shear-induced hydrodynamic cavitation as a tool for pharmaceutical micropollutants removal from urban wastewater. *Ultrasonics Sonochemistry*, ISSN 1350-4177. [Print ed.], 2014, vol. 21, issue 3, str. 1213-1221, doi: 10.1016/j.ultsonch.2013.10.025. [COBISS.SI-ID 27217959]

ZUPANC, Mojca, KOSJEK, Tina, PETKOVŠEK, Martin, DULAR, Matevž, KOMPARE, Boris, ŠIROK, Brane, BLAŽEKA, Željko, HEATH, Ester. Removal of pharmaceuticals from wastewater by biological processes, hydrodynamic cavitation and UV treatment. *Ultrasonics Sonochemistry*, ISSN 1350-4177. [Print ed.], 2013, vol. 20, no. 4, str. 1104-1112, doi: 10.1016/j.ultsonch.2012.12.003. [COBISS.SI-ID 26582055]