

POVZETEK PROJEKTNE NALOGE

Epidemiologija na osnovi odpadnih vod (WBE) je inovativen pristop pridobivanja informacij o izpostavljenosti določene populacije zunanjim vplivom, ki temelji na preučevanju vsebnosti humanih metabolitov (biomarkerjev) v odpadni vodi (WW). Z WBE pridobimo dodatne informacije o uporabi različnih drog. V Sloveniji smo v okviru projekta določali izbrane biomarkerje prepovedanih in dovoljenih drog v vtokih čistilnih naprav (ČN) šestih slovenskih mestnih območij. Rezultate smo primerjali s podatki o njihovi prodaji, zasegu in uporabi. Ocenili smo stanje v družbi in rezultate primerjali z WBE podatki preostalih evropskih mest.

Identificirali smo tudi nove psihoaktivne snovi z namenom zgodnjega odkrivanja in zmanjševanje potencialne škode zaradi njihove uporabe ter trgovanje z njimi. Za zmanjšanje negotovosti WBE pristopa smo z metodo analize stabilnih izotopov lahkih elementov in enantiomerov prepoznali razlike med spojinami z enakimi kemijskimi formulami in različnimi izotopskimi/stereokemijskimi značilnostmi (starševska spojina/metabolit) ali različnimi sintezni/proizvodnimi potmi. Ta pristop je nov in bistveno pripomore k točnosti ocene uporabe drog z WBE pristopom.

Ker glavni vir preučevanih spojin v okolju predstavljajo odpadne vode, smo preučevali odstranitve le-teh z različnimi postopki čiščenja šestih slovenskih ČN, različne konfiguracije in velikosti. Pridobljeno znanje ni pomembno le za slovenske ČN, temveč omogoča primerjavo z globalnimi podatki za konvencionalne ČN in dopolnjuje poznavanje in spodbuja nadaljnje preučevanje alternativnih postopkov čiščenja odpadnih vod. Prav tako smo z uporabo aktivno-pasivnih vzorčevalnikov določili vsebnosti ostankov drog v površinskih vodah, kamor se iztekajo iztoki iz ČN, v katerih so ostanki drog prisotni v sledovih (<ng/L). To je prispevalo k ovrednotenju pojavljanja ostankov drog v okoljskih vodah, razvoj novih vzorčevalnikov pa bo prispevalo k večji zanesljivosti WBE ocen uporabe drog. Za določanje ekotoksičnosti izbranih biomarkerjev smo uporabili modeliranje s ECOSAR («Ecological Structure Activity Relationship») opremo ter *in vivo* poskuse na algah. S pridobljenimi informacijami smo zapolnili vrzeli o učinkih ostankov drog na vodne organizme, ocenili tveganje ter spodbudili raziskave, ki bi ocenile dolgotrajne učinke mešanic spojin na ravni okoljskih koncentracij. Nadalje smo ocenili ranljivost porečij, vpliv površinskih vod na podzemne vode ter časovno in prostorsko spremenljivost posameznih parametrov, ki vplivajo na redčenje. Kot primer smo simulirali interakcijo med površinsko in podzemno vodo z ustreznimi modeli v vodonosniku Ljubljanskega polja, kar je pripomoglo pri ovrednotenju ranljivosti podzemne vode na tem področju.

V okviru projekta smo pripravili: 17 člankov, objavljenih v znanstvenih revijah z visokim faktorjem vpliva, šest člankov revizijo čaka ali pa so v pripravi, delo pa smo predstavili na številnih predstavitev znanstveni sferi in širši javnosti.

PROJECT ABSTRACT

Wastewater-based epidemiology (WBE) is an innovative approach to estimating exposure to external substances in defined populations by analyzing human metabolic excretion products (biomarkers) in wastewater. For example, it can deliver complementary information concerning substance abuse. This project has contributed to determining biomarkers of illicit and licit drugs in influents from WWTP servicing six Slovenian municipalities. It also compared the results with the sale, seizure and consumption data and the findings to community health data and WBE data from other European cities. It has also identified new psychoactive, aiding in their early detection and reducing any potential harm. To minimize uncertainties in WBE, we applied stable isotope and enantiomer analysis to differentiate between compounds having the same chemical formula but different isotopic/stereochemical characteristics (parent compound/metabolite) and different synthesis/production routes. This approach is novel and has significantly increased drug estimation accuracy in WBE.

The removal of licit and illicit drug residues during wastewater treatment (WWT) was also evaluated, and the fate and effects of such compounds in the environment since WWTP effluents represent a significant source of these compounds. Accordingly, six Slovene WWT plants with

different configurations and sizes have been studied, and removal efficiencies evaluated. New knowledge is essential for Slovenian WWTPs, allowing comparison with globally available data for WWT technologies and facilitating their improvements. We also attempted to determine concentrations of these substances in receiving waters, where they are present in sub ng/L levels, by classic approach and using novel active-passive samplers. The outcomes of this task have contributed to evaluating their occurrence in environmental waters, and the development of new samplers will feed directly into performing more reliable WBE. To get an insight into the ecotoxicity of identified biomarkers, we applied the ECOSAR (Ecological Structure Activity Relationship) software and *in vivo* toxicity tests with algae. The obtained information has filled gaps in our understanding of selected drug effects, harms and risks towards aquatic organisms and stimulated research addressing chronic effects of mixtures of compounds at environmental levels. Finally, the project addressed the vulnerability of the water catchment by evaluating catchment-specific characteristics that influence surface-groundwater interactions and temporal-spatial parameters that affect their levels in aqueous environments. As a case study, the interactions between surface and groundwater in the Ljubljansko polje aquifer were modelled to assess groundwater vulnerability.

The project resulted in 17 papers in scientific journals with high impact factors, with six manuscripts under revision/preparation and numerous academic and public presentations.

POROČILO O URESNIČITVI PREDLOŽENEGA PROGRAMA DELA NA RAZISKOVALNEM PROJEKTU

Cilji raziskave:

1. Določiti izbrane biomarkerje prepovedanih in dovoljenih drog v vtokih različnih slovenskih ČN, oceniti normalizirane obremenitve z drogami in integrirati/primerjati podatke WBE s socio-epidemiološkimi študijami v Sloveniji in Evropi;

Razvoj metod za analizo ostankov novodobnih onesnažil v okolju, ki so služile kot osnova predloženi raziskavi, smo objavili v sedmih publikacijah [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Z razvojem analiznih metod za dovoljene in prepovedane droge (v nadaljevanju: droge) in njihovo aplikacijo na odpadne vode smo pridobili podatke o uporabi v splošni populaciji, ki smo jih primerjali z nacionalnimi kazalniki (Mednarodna raziskava HBSC, 2018 - Tvegana vedenja: tobak, alkohol, konoplja, druge prepovedane droge; Nacionalna raziskava o tobaku, alkoholu in drugih drogah, 2018). Izsledke smo strnili v štirih prispevkih v nacionalnih poročilih [8, 9, 10, 11] in članku v pripravi [12]. Povzeli smo obstoječo literaturo [2] ter metodo aplicirali na populacijah mladostnikov (izobraževalne institucije) [3, 4]. V sodelovanju z vodilnimi evropskimi WBE raziskovalci pa smo objavili raziskavo o časovnih in prostorskih trendih uporabe stimulativnih drog (kokain, amfetamin, metamfetamin in ekstazi – MDMA) ter jih primerjali s klasičnimi epidemiološkimi podatki [13].

2. Izvesti stabilno izotopsko analizo za identifikacijo vira/proizvodnje drog;

Za razlikovanje med uporabljenimi in odvrženimi drogami (amfetamin in morfin) v odpadni vodi smo razvili analizno metodo, ki temelji na ekstrakciji tekoče-tekoče oz. ekstrakciji na trdno fazo z uporabo diskov, čiščenju (SPE), derivatizaciji ter merjenju izotopske sestave lahkih elementov z GC-IRMS. Metodo smo aplicirali na neprečiščeno odpadno vodo, pridobljene $\delta^{13}\text{C}$ primerjali z vrednostmi iz študij človeškega urina. Podatki predstavljajo prve podatke o razmerjih stabilnih izotopov ogljika drog v odpadni vodi v svetovnem merilu in bodo doprinesli k izboljššanju ocene uporabe drog z WBE. Rezultati raziskave so v obdelavi in bodo objavljeni v znanstvenem članku [14]. V isti namen smo razvili in aplicirali metodo za profiliranje enatiomerov amfetaminov v odpadni vodi z uporabo derivatizacije s kiralnim reagentom ter GC-MS, ki omogoča ločbo glede na izvor droge (uporabljen ali odvržen drog) [5].

3. Identificirati nove trende v uporabi NPS;

Identifikacijo novih psihoaktivnih snovi smo preučevali v okviru evropske študije, ki je vključevala 22 mest in 14 držav in prikazala kvalitativne in kvantitativne prostorsko-časovne trende uporabe drog [15].

Identifikacijo NPS smo izvedli tudi v odpadnih vodah slovenskih izobraževalnih institucij (osnovne in srednje šole ter visokošolske izobraževalne ustanove). Analiza vzorcev je potekala v sodelovanju s španskim inštitutom Institut Universitari de Plaguicides i Aigües (IUPA), Univeritat Jaume I. Vzorce odpadnih vod smo pripravili s SPE ter analizirali («suspect screening») z LC-MS/MS (ionska mobilnost). Identificirali smo predvsem NPS s stimulativnim učinkom, rezultati pa predstavljajo v svetovnem merilu prvo primerjalno WBE analizo o pojavnosti NPS v izobraževalnih institucijah z različnimi stopnjami izobraževanja. Obdelava podatkov in priprava članka je v teku [16].

V sodelovanju s Clinical and Health Sciences z University of South Australia v Avstraliji smo pripravili vzorce vtokov štirih slovenskih čistilnih naprav (Ljubljana, Maribor, Kranj in Novo mesto) vzorčenih med božično novolenimi prazniki 2021/22 za tarčno in netarčno analizo NPS v večjih svetovnih mestih. Rezultati so pokazali prisotnost mitraginina, eutilona, 2F-deskloroketamina in 3-MMC, publikacija pa je v pripravi [17]. Poleg zgoraj omenjenih raziskav smo v okviru te točke objavili štirih publikacije [18, 19, 20, 21], ki vključujejo metode za identifikacijo novih prioritarnih onesnažil in so služile kot osnova za identifikacijo NPS.

4. Oceniti učinkovitost odstranjevanja ostankov drog z različnimi postopki čiščenja OV;

Preučevali smo prisotnost 17 ostankov drog v vtokih in iztokih šestih čistilnih naprav v treh letnih časih. Po pričakovanjih so bile koncentracije izbranih spojin višje v vtokih. Na splošno rezultati prikazujejo visoko odstranitev ostankov nikotina, THC-COOH, kokaina in amfetamina (>90%) in slabšo odstranitev metadona in njegovega presnovnega produkta (<30%). Opazili smo primerljivo odstranitev izbranih spojin v čistilnih napravah z odpadnim blatom in membranskimi bioreaktorji, medtem ko so bile nekatere spojine slabše odstranljive z MBBR. V objavi zaključujemo, da so opažene variacije odvisne tako od spojine, kot od tehnologije čiščenja, brez enotnega vzorca uspešnosti odstranjevanja [22]. Preučevanje smo tudi odstranitve novodobnih onesnažil z alternativnimi postopki čiščenja [1, 18, 19, 23, 24].

5. Oceniti aplikativnost novih in situ pasivnih vzorčevalnikov (PV) z namenom odprave pomankljivosti konvencionalnega vzorčenja – trenutno in časovno povprečno vzorčenje - v WBE in pripadajočih površinskih vodah (PV);

V sodelovanju s tujimi partnerji (Univerza v Antwerpnu) smo preučevali aplikativnost aktivno-pasivnih vzorčevalnikov v sladki in morski vodi [25]. Rezultati so pokazali, da so merjene vrednosti onesnažil primerljive z vrednostmi pridobljenimi s konvencionalnimi pasivnimi vzorčevalniki in predstavljajo dobro alternativo za določanje širokega spektra onesnažil, vključno z drogami, v okoljskih vzorcih. V laboratorijskem poskusu pa smo testirali aplikativnost vzorčevalnikov (različni sorbenti in gel) za 11 psihoaktivnih spojin v odpadni in pitni vodi. Rezultati so pokazali različno afiniteto spojin do različnih sorbentov, ocenjena pa je bila tudi ustreznost sorbentov glede na matriks. Rezultati o kinetiki sorbcije v kompleksnem matriksu (odpadna voda) so v obdelavi in bodo objavljeni v znanstveni publikaciji [26].

6. Oceniti toksičnost ostankov prepovedanih in dovoljenih drog;

Učinke ostankov drog na vodne organizme smo ocenili z uporabo *in silico* (ECOSAR) in *in vivo* (test inhibicije rasti alg *Chlamydomonas reinhardtii*) postopkov [22]. Preučevali smo prisotnost 17 ostankov drog v petih slovenskih rekah (trije letni časi), v katere se izliva iztok čistilnih naprav ter ocenili vpliv drog na vodne organizme (ECOSAR). Nikotin, metadon, EDDP, morfin in MDMA imajo pri koncentracijah določenih v rekah lahko akutne učinke na vodne organizme. Pri najvišjih izmerjenih koncentracijah pa nikotin in EDDP kažeta tudi možnost kroničnih učinkov, nobena izmed tarčnih spojin pa ni pokazala pomembnih bioloških učinkov na rast zelenih alg.

7. Oceniti ranljivost vodnih zajetij;

Razvili smo model za razumevanje interakcij med dvema glavnima viroma podzemne vode na Ljubljanskem polju – rečne vode iz Save in padavin. Pri tem smo uporabili programsko opremo FEFLOW in MIKE 11 ter WaSiM. Rezultate modela smo objavili v Waters [27], članek pa je bil izbran za naslovno stran revije [28]. Model smo poskusili nadgraditi v transportni model, v katerem bi uporabili okoljska sledila kot transportno sredstvo ali kot ciljni podatek pri kalibraciji. Zaradi pomanjkanja kvalitetnih podatkov za definicijo začetnih in robnih pogojev (vzorčenje le v določenem

obdobju) za modeliranje onesnažil, kot so ostanki drog, nismo uspeli vzpostaviti transportnega modela. Nadalje smo v okviru magistrske naloge v sodelovanju z Ludwig-Maximilians-Universität München (Nemčija) z DRASTIC modelom ocenili ranljivost na območju povodja Ljubljanskega polja pri različnih klimatskih pogojih [29]. Ranljivost, izražena z indeksom potencialne ranljivosti, se je izkazala kot »zelo visoka«, se z različnimi klimatskimi scenariji ne spreminja. Izvedena je bila tudi raziskovalna naloga [30], ki temelji na modelnih izračunih vnosov izbranih onesnažil iz šestih slovenskih čistilnih naprav obravnavanih v okviru projekta in ocenjena občutljivosti površinskih voda na vnos v luči lokalnih hidroloških razmer in sezonske dinamike spreminjanja le-teh.

8. Razširiti rezultate relevantnim partnerjem, znanstveni sferi in javnosti.

Diseminacija projektne skupine je izjemna in je več kot presešla načrtovano. Vključuje tako strokovne predstavitve (znanstvene publikacije, udeležbo na znanstvenih in strokovnih srečanjih) kot predstavitve za javnost (novinarski prispevki v nacionalnih javnih občilih kot so časopisi in RTV ter prispevki v okviru Znanosti na cesti). Za podrobnosti glej točko 4.

REFERENCE

- [1] ŠKUFGA, D. et al., *Chemosphere*. 271 (2021) 129786 [COBISS.SI-ID 48987395]
- [2] VEROVŠEK, T. et al., *Trends in environmental analytical chemistry*. 28 (2020b) e00105 [COBISS.SI-ID 31196419]
- [3] VEROVŠEK, T. et al., *Data in brief*. 39 (2021c) 107614 [COBISS.SI-ID 86403331]
- [4] VEROVŠEK, T. et al., *Science of the total environment*. 799 (2021d) 150013 [COBISS.SI-ID 78501891]
- [5] VEROVŠEK, T. et al., *Science of the total environment*. 835 (2022a) 155594 [COBISS.SI-ID 106116355]
- [6] VEROVŠEK, T. et al., *Trends in environmental analytical chemistry*. 34 (2022b) e00164 [COBISS.SI-ID 106253315]
- [7] KOVAČIČ, A. et al., *Food chemistry*. 331 (2020) 127326 [COBISS.SI-ID 20369923]
- [8] VEROVŠEK, T. et al., *Report on the drug situation 2019 of the Republic of Slovenia* (2019) 65-68 [COBISS.SI-ID 33219623]
- [9] VEROVŠEK, T. et al., *Report on the drug situation 2020 of the Republic of Slovenia* (2020a) 64-69 [COBISS.SI-ID 63278851]
- [10] VEROVŠEK, T., HEATH, E. *Report on the drug situation 2021 of the Republic of Slovenia* (2021a) 57-58 [COBISS.SI-ID 96458755]
- [11] VEROVŠEK, T. et al., *Report on the drug situation 2021 of the Republic of Slovenia* (2021b) 65-71 [COBISS.SI-ID 96458499]
- [12] BLAZNIK, U. et al., *Estimation of drug consumption patterns in Slovenia: complementing national surveys with the WBE*. Publication in preparation, to be sent to *Addiction* in Aug, 2022.
- [13] GONZÁLEZ-MARIÑO, I. et al., *Addiction*. 115 (2020) 109-120 [COBISS.SI-ID 32799015]
- [14] VEROVŠEK, T. et al., *Potential of stable isotope ratio mass spectrometry for application in wastewater-based epidemiology*. Publication in preparation, to be sent to *Science of the total environment* in Aug, 2022d
- [15] CASTIGLIONI, S. et al., *Water research*. 195 (2021) 1-9 [COBISS.SI-ID 53944835]
- [16] VEROVŠEK, T. et al., *Suspect screening of new psychoactive substances in wastewater from educational institutions*. Publication in preparation, to be sent to *Addiction* in Aug, 2022e
- [17] BADE, R. et al., *Global evaluation of NPS use during Christmas and New Year festivities in 2021/22*. Publication in preparation, to be sent to *Addiction* in Sept, 2022
- [18] KOVAČIČ, A. et al., *Journal of hazardous materials*. 404 (2021) 124079 [COBISS.SI-ID 29781507]
- [19] KOVAČIČ, A. et al., *Science of the Total Environment*. 837 (2022) 155707 [COBISS.SI-ID 106290691]
- [20] MARTEK, B. et al., *Drug Testing and Analysis*. 11 (2019) 617–625 [COBISS.SI-ID 1538139587]
- [21] PESEK, M. et al., *Journal of chemical information and modelling*. 61 (2021) 756–763 [COBISS.SI-ID 49245187]

- [22] VEROVŠEK, T. et al., Removal of residues of psychoactive substances during wastewater treatment, their occurrence in receiving river waters and environmental risk assessment. Publication in preparation, to be sent to Science of the total environment in July, 2022c
- [23] PROSENC, F. et al., Journal of hazardous materials. 418 (2021) 126284 [COBISS.SI-ID 66314499]
- [24] ŠKUFCA, D. et al., Science of the total environment. 804 (2022) 1–9 [COBISS.SI-ID 74097923]
- [25] AMATO et al., Field application of a novel active-passive sampling technique for the simultaneous measurement of a wide range of contaminants in water. Chemosphere 279 (2021) 130598
- [26] ANIES et al., Applicability of novel active passive samplers with different sorbents and gels for determination of psihoactive compounds in potable and wastewater. Publication in preparation, to be sent to Chemosphere in Aug, 2022.
- [27] VRZEL, J. et al., Water. 11 (2019a) 1753 [COBISS.SI-ID 32586791]
- [28] VRZEL, J. et al., Water. 11 (2019b) 1 [COBISS.SI-ID 25024259]
- [29] BOGNER, P. Master degree, München (2019) [COBISS.SI-ID 32137255]
- [30] CROO, V. Master degree, Tours (2020) [COBISS.SI-ID 51504643]

OCENA STOPNJE URESNIČITVE PROGRAMA DELA NA RAZISKOVALNEM PROJEKTU IN ZASTAVLJENIH CILJEV

Cilji raziskave:

1. Določiti izbrane biomarkerje prepovedanih in dovoljenih drog v vtokih različnih slovenskih ČN, oceniti normalizirane obremenitve z drogami in integrirati/primerjati podatke WBE s socio-epidemiološkimi študijami v Sloveniji in Evropi;

Preučili, dopolnili in primerjali smo nacionalne kazalnike uživanja prepovedanih in dovoljenih drog (v nadaljevanju: drog) z ocenami uporabe drog pridobljene z analizo odpadnih vodah. Izsledki so strnjeni v štirih prispevkih v nacionalnih poročilih [8, 9, 10, 11] in članku v pripravi [12]. Razvoj analiznih metod za analizo ostankov novodobnih onesnažil smo objavili v šestih publikacijah [1, 3, 4, 5, 6, 7]. Objavili smo tudi pregledni članek [2] in raziskavo o uporabi drog v slovenskih izobraževalnih institucijah [3, 4]. V sodelovanju z vodilnimi evropskimi WBE raziskovalci pa smo objavili časovno-prostorske trende uporabe stimulativnih drog [13].

Skupno smo v okviru tega cilja objavili 4 prispevke v nacionalnih poročilih in 12 člankov v mednarodnih revijah z visokim faktorjem vpliva, en članek pa je v pripravi. S tem smo izpolnili in presegli vse zastavljene cilje.

2. Izvesti stabilno izotopsko analizo za identifikacijo vira/proizvodnje drog;

Za identifikacijo vira izbranih drog (razlikovanje med uporabljenimi in odvrženimi drogami) smo razvili metodo na osnovi stabilnih izotopov, objava rezultatov je v pripravi [14]. Razvili smo tudi metodo na osnovi profiliranja enantiomerov amfetaminov in pridobili podatke o njihovem viru (odvržene ali uporabljene droge) in značilnostih amfetaminov na slovenskem ilegalnem trgu [5].

Izsledki tega dela raziskave so zbrani v eni publikaciji v pripravi in eni objavljeni publikaciji.

3. Identificirati nove trende v uporabi NPS;

Identifikacijo novih psihoaktivnih snovi (NPS) smo preučevali:

- v okviru evropske študije [15],
- v odpadnih vodah izbranih slovenskih izobraževalnih institucij (objava rezultatov je v pripravi [16]),
- v globalni raziskavi trendov uporabe NPS med božično-novoletnimi prazniki (objava rezultatov je v pripravi [17]),

Identifikacijo novih prioritetnih onesnažil z uporabo netarčne analize pa smo strnili tudi v štirih publikacijah, ki so služile kot osnova za identifikacijo NPS [18, 19, 20, 21].

Skupno smo v okviru tega cilja objavili 5 publikacij, dve pa sta v pripravi.

4. Oceniti učinkovitost odstranjevanja ostankov drog z različnimi postopki čiščenja OV;

Učinkovitost odstranjevanja ostankov drog smo zbrali v obsežni publikaciji [22], ki smo jo poslali v objavo v STOTEN (Julij, 2022), preučevanje odstranitve novodobnih onesnažil z alternativnimi postopki čiščenja pa smo objavili v petih publikacijah [1, 18, 19, 23, 24].

Skupno smo v okviru tega cilja objavili 5 člankov v revijah z visokim faktorjem vpliva, en članek pa je v postopku recenzije.

5. Oceniti aplikativnost novih *in situ* pasivnih vzorčevalnikov (PV) z namenom odprave pomankjivosti konvencionalnega vzorčenja – trenutno in časovno povprečno vzorčenje - v WBE in pripadajočih površinskih vodah (PV);

Novi PV so se pokazali kot uporabna alternativa pasivnega vzorčenja za določanje širokega spektra onesnažil (vključno z ostanki drog) v okoljskih vzorcih [25]. Rezultati kinetike sorbcije v kompleksnem matriksu (odpadna voda) so v obdelavi in bodo strnjeni v znanstveni publikaciji [26].

Zastavljene cilje te točke smo v celoti izpolnili in so prikazani v eni objavljeni publikaciji in eni objavi v pripravi.

6. Oceniti toksičnost ostankov prepovedanih in dovoljenih drog;

Ekotoksični učinki (*in silico* in *in vivo* postopki) ter ocena tveganja so zbrani v publikaciji [22], ki je v postopku recenzije. V omenjeni publikaciji smo zajeli vse načrtovane aktivnosti.

V okviru tega cilja imamo eno znanstveno publikacijo v postopku recenzije.

7. Oceniti ranljivost vodnih zajetij;

Razvili smo model za razumevanje interakcij med dvema glavnima viroma podzemne vode na Ljubljanskem polju [27], članek pa je bil izbran tudi za naslovno stran revije [28]. V okviru magistrskih nalog smo z modelom ocenili:

- ranljivost povodja Ljubljanskega polja pri različnih klimatskih pogojih [29],
- občutljivosti površinskih voda na vnos onesnažil iz šestih čistilnih naprav obravnavanih [30].

Cilj naloge je zajet v eni znanstveni publikaciji in dveh magistrskih nalogah in dosežen.

8. Razširiti rezultate relevantnim partnerjem, znanstveni sferi in javnosti.

Dejavnost projektnih partnerjev na področju diseminacije rezultatov tako znanstveni (predstavitve na konferencah, publikacije) kot širši javnosti (novinarski prispevki v pisnih, radijskih in TV prispevkih, predavanja za projektne sofinancerje, končne uporabnike in širšo javnost) so zaradi atraktivnosti problematike ter uspešnosti projektne skupine večkrat presegle zastavljene cilje. Skupno smo objavili v okviru naloge strnili rezultate v 17 člankih (COBISS.SI-ID: [53944835](#), [32799015](#), [20369923](#), [29781507](#), [106290691](#), [1538139587](#), [49245187](#), [66314499](#), [48987395](#), [74097923](#), [31196419](#), [86403331](#), [78501891](#), [106116355](#), [106253315](#), [32586791](#), [25024259](#)) ter 6 člankih v postopku recenzije oz. priprave, 4 prispevkov v nacionalnih poročilih (COBISS.SI-ID: [33219623](#), [63278851](#), [96458755](#), [96458499](#)), 10 konferenčnih predstavitev (vabljen predavanja, predavanja in posterji; COBISS.SI-ID: [32315431](#), [32270631](#), [14974211](#), [82432771](#), [54698755](#), [103069699](#), [106666755](#), [101158403](#), [115147523](#), [115043075](#)), 16 intervjujih (COBISS.SI-ID: [65139971](#), [65128195](#), [65273091](#), [32231975](#), [32908583](#), [1117478750](#), [65132035](#), [65129731](#), [65139459](#), [109632259](#), [65130755](#), [91638019](#), [80740355](#), [65133571](#), [92435971](#), [79939331](#)) in 4 predavanjih za širšo javnost (COBISS.SI-ID: [32340007](#), [32224295](#), [79171075](#), [82184963](#)).