



RIBIŠKA DRUŽINA DOLOMITI
Ul. Vladimirja Dolničarja 11
1356 DOBROVA

Ministrstvo za okolje in prostor
Direktorat za okolje
Dunajska c. 48
1000 Ljubljana

Dobrova, 17.3.2010

Zadeva: pripombe na Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave (NUV).

Spoštovani!

RD Dolomiti ima koncesijo za upravljanje Dolomitskega ribiškega okoliša, ki obsega tudi povodje Gradaščice in Male vode in Božne.

V prilogi NUV "PRILOGA IV-3: Vodna telesa površinskih voda na vodnem območju Donave - Stanje vodnih teles površinskih voda" je pod zap.št. 29 in šifro SI148VT3 ocenjeno ekološko in kemijsko stanje z oceno **dobro**.

S to oceno se člani RD Dolomiti **ne strinjamo**.

Leta 2001 je namreč Mestna občina Ljubljana (MOL) opravila toksikološko kartiranje površinskih vod MOL. Izvajalca meritev sta bila Univerza v Ljubljani ter Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo. Deli Gradaščice so bili v tej raziskavi označeni kot strupeni. Rezultate vam pošiljamo v prilogi 1.

V letih 2004 in 2005 so člani RD Dolomiti pripravili kataster onesnaževalcev na povodju Gradaščice. Kataster vsebuje GPS lokacije onesnaženj, fotografije in opis. Kataster onesnaženj, z vsebino katerega ste verjetno seznanjeni, vam ne moremo poslati zaradi obsežnosti datoteke /30 MB/.

Ob Gradaščici večina prebivalcev živi v individualnih hišah. Veliko hiš ni priključenih na čistilne naprave. Ob reki so polja, ki segajo do roba brežine. Polja so dobro pognojena. Prav tako je dobro pognojena tudi sama reka.

Na brežinah se nabirajo najrazličnejši odpadki. V glavnem so to gradbeni odpadki, gume, odsluženi avtomobili in nevarni odpadki (salonitne plošče) ter drugo.

Spodnji tok Gradaščice je reguliran, ujet v betonsko korito.

Po vsem naštetem se torej sprašujemo, kaj ocena **dobro** pomeni?

Lep pozdrav!

Tajnik RD Dolomiti
Franc Možina

Priloga 1 - Toksikološko kartiranje površinskih vod MOL (2001)

Sedež: 1356 Dobrova pri Lj., Vladimirja Dolničarja 11

**TOKSIKOLOŠKO KARTIRANJE POVRŠINSKIH VOD
MESTNE OBČINE LJUBLJANA**

Končno poročilo

Ljubljana, 17.10.2001

Naročnika

Mestna občina Ljubljana, Mestna uprava
Oddelek za kulturo in raziskovalno dejavnost
Čopova 14, Ljubljana

in

Mestna občina Ljubljana, Mestna uprava
Oddelek za gospodarske javne službe in promet
Trg mladinskih delovnih brigad 7, Ljubljana

Vsa pogodbeno sredstva

4.000.000,00 SIT

Izvajalec

Univerza v Ljubljani
Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
Večna pot 111, Ljubljana

nosilka raziskave: dr. Maja Rupnik

Sodelavca

dr. Maja Berden, dr. Alexis Zrimec
Inštitut Bion
Stegne 21, 1000 Ljubljana

vrsta avtorstva: soavtorja

Naslov projekta

Toksikološko kartiranje površinskih vod Mestne občine Ljubljana
Toxicological screening of surface waters in the City of Ljubljana

Predmetne oznake

ekotoksikologija, onesnaženje, varstvo okolja, presejalni testi, biološki testi, Microtox

Izveček

V pričujoči analizi smo izvedli toksikološko oziroma strupenostno kartiranje površinskih vod Mestne občine Ljubljana. Vzorčili in testirali smo večino površinskih vod, ki v času vzorčenja niso imele suhe struge. Vzorčenje je potekalo pretežno v bolj sušnem obdobju, ponovna vzorčenja bolj onesnaženih vodotokov pa smo izvajali v bolj deževnem obdobju. Analiza z Microtoxovim presejalnim testom daje zelo dober pregled nad stanjem strupenosti površinskih voda Mestne občine Ljubljana, ki je večinoma izredno slabo. Podane so smernice za nadaljnje delo in začetek sanacije.

Abstract

In the present research toxicological screening of surface waters in the City of Ljubljana was performed. Most of the Ljubljana surface waters were sampled and tested for toxicity. The waters were mainly sampled during the dry season. Some of the waters were sampled for the second time during the rainy season. The toxicological screening analysis proved to be very useful for the survey of surface waters' condition. The results of analysis with Microtox screening tests show that the toxicological condition of surface waters in the City of Ljubljana is very poor. Guidelines for further research and remediation are proposed.

Kazalo

Uvod	5
Vzorec in vzorčenje	5
Microtoxov presejalni toksikološki test s svetlečimi bakterijami	6
Postopek meritev zajetih vzorcev	6
Izračun inhibitornega učinka na luminiscentne bakterije:	7
Rezultati in komentar	8
Predlogi za nadaljevanje dela	9
Bibliografija	11

Priloge

Karta MOL z označenimi vodotoki ter oštevilčenjem posameznih zemljevidov

Tabela 1. Opisi vzorčnih mest

Tabela 2. Lokacije vzorčnih mest po sistemu GPS

Tabele rezultatov meritev strupenosti po posameznih vodotokih

Besnica
Bizoviški potok
Curnovec
Črnušnica
Dobrunjščica in Betežica
Dolgi potok
Galjevec
Gameljščica
Glinščica
Gostinca
Graben
Gradaščica
Gradolski potok
Iščica
Iška
Jarek ob Jurčkovi cesti in jarek ob trgovini E.Leclerc
Koseški bajer
Ljubljana
Mali graben
Pržanec
Rastučnik in bajer v njegovi bližini
Sava
Šivnik

Zemljevidi v merilu 1:14600 z vrisanimi vzorčnimi mesti in rezultati meritev

Izvleček iz poročila Toksikološke analize jarka Curnovec s pritoki (1999)

Izvleček iz poročila Toksikološke primerjave sedimentov jarka Curnovec (2000)

TOKSIKOLOŠKO KARTIRANJE POVRŠINSKIH VOD MESTNE OBČINE LJUBLJANA

UVOD

Po svetu je že dolgo znano, da fizikalno-kemijske analize voda ne zadostujejo za oceno onesnaženosti vod in sedimentov. Fizikalno-kemijske analize za ovrednotenje odpadnih vod namreč zajemajo točno določene parametre in meritve specifičnih snovi, značilnih za raziskovano industrijo, proizvodnjo, ali drugo dejavnost. Če se v okolju pojavi katerakoli druga snov, je s kemijskimi analizami ne bomo odkrili, čeprav je za okolje lahko zelo strupena. Iskanje vseh možnih snovi, ki bi bile v okolju lahko prisotne, pa bi pomenilo izredno finančno obremenitev in je takorekoč neizvedljivo. Problematično je tudi medsebojno delovanje snovi. Določene organske snovi ali kovine, ki so v okolju sicer prisotne v dovoljenih koncentracijah, so lahko v medsebojni kombinaciji izredno strupene, česar s kemijskimi analizami enostavno ne moremo ugotoviti.

Takšne težave nam pomagajo prebroditi ekotoksikološki oziroma strupenostni testi. Ekotoksikologija je veda o strupenostnih učinkih snovi na celotno biosfero ter o usodi snovi v okolju. Toksikološki testi so biološki testi po naravi in nam omogočajo ugotoviti, ali je določeno okolje strupeno za žive organizme. Šele ko ugotovimo strupenost, nadaljujemo s fizikalno-kemijskimi analizami in poiščemo snovi, ki so toksičnost zakrivile. Poleg tega, da nam tak celosten pristop prihrani veliko časa in denarja, je nujno potreben za določitev dejanskega stanja okolja.

Presejalni toksikološki testi so izredno uporabni, če nas zanima neko splošno stanje v okolju. Ker so hitri in cenovno izredno ugodni, so primerni za gosto in pogosto vzorčenje, se pravi za kartiranje strupenosti okolja, kot tudi časovno spremljanje strupenosti določenih območij.

V pričujoči analizi smo izvedli toksikološko oziroma strupenostno kartiranje površinskih vod Mestne občine Ljubljana. Vzorčili in testirali smo večino površinskih vod, ki v času vzorčenja niso imele suhe struge. Vzorčenje je potekalo pretežno v bolj sušnem obdobju, ko strupenost vod pride bolj do izraza, saj je koncentracija prisotnih strupenih snovi takrat večja. Močno deževje namreč strupene snovi v vodi zelo razredči, kar je seveda za okolje zelo ugodno, vendar pa strupene snovi kljub temu ostajajo v sedimentih, iz katerih se počasi spirajo in ponovno zastrupljajo vodo. Nekatere vode (Gradaščica, Glinščica, Pržanec, Gameljščica), ki so bile ob prvem vzorčenju pretežno strupene, smo za primerjavo ponovno vzorčili po obdobju deževnega vremena. V celoti smo analizirali okrog 800 vzorcev, pri čemer je bilo vzorčnih mest zaradi ponovitev vzorčenja manj. Razdalje med posameznimi vzorčnimi mesti smo določali sproti na terenu glede na stanje vodotoka in so bile med nekaj metri (Glinščica) in več kot kilometer (Sava).

Rezultati analiz so najbolje predstavljeni v obliki barvno kodiranih tabel za posamezne vodotoke in zemljevidov z vrisanimi in barvno kodiranimi meritvami vzorcev.

VZORCI IN VZORČENJE

Vzorce vode smo zajemali v površinskih vodah MOL. Vzorčili smo v skladu z mednarodnimi standardi ISO 5667-6 (Water Quality – Sampling – Guidance on sampling of rivers and streams), ISO 5667-16 (Water Quality – Sampling – Guidance on biotesting of samples) in ISO 11348 (Water quality – Determination of the inhibitory effect of water samples on the

light emission of *Vibrio fischeri*). V večjih vodotokih in bajerjih smo si pomagali s 5-metersko palico, tako da smo zajemali vzorce čimbolj na sredi struge oziroma čimdalj od brega, razen če nas je zanimalo stanje ob bregu. Kadar je bila globina vodotoka dovolj globoka, smo zajemali 1 meter pod gladino, drugače pa na polovični globini vode v strugi. Z mostov smo vzorce zajemali tik pred ali za mostom. Reke in potoke smo vzorčili po strugi navzdol, razen pri Ljubljani, ki smo jo vzorčili po posameznih odsekih: Ljubljansko barje – center Ljubljane, center Ljubljane – zapornica pri Zmajskem mostu, Gruberjev prekop, zapornica pri Zmajskem mostu – Fužine, Fužine – izliv v Savo.

Opisi vzorčnih mest in navedbe točk vzorčenja so podani v Tabeli 1 (vzorčno mesto \equiv VM). Vzorčna mesta so podana po vrsti, kot so bili vzorci zajeti. Vzorčna mesta, kjer smo vodo večkrat zajeli, niso ponovno opisana, ampak je podana samo številka prvega odvzema. Sezname vzorčnih mest po posameznih vodotokih in bajerjih so podani v rezultatih. Natančno lokacijo vsakega vzorčnega mesta smo določili s pomočjo GPS (Magellan 315), podane so v Tabeli 2.

MICROTOXOV PRESEJALNI TOKSIKOLOŠKI TEST S SVETLEČIMI BAKTERIJAMI

Tehnologija Microtoxovega testa, ki ga uporabljamo v Laboratoriju za biofotoniko Inštituta Bion, je osnovana na uporabi bioluminiscentnih bakterij *Vibrio fischeri* za meritev toksičnosti vzorcev. Kadar bakterije pravilno gojimo, oddajajo svetlobo kot stranski produkt celičnega dihanja. Celično dihanje je osnova celičnega metabolizma in spremljajočih življenjskih procesov. Ker je bakterijska bioluminiscenca direktno povezana s celičnim dihanjem, vsaka inhibicija celične aktivnosti (npr. zaradi toksičnosti okolja) preko zmanjšanega nivoja dihanja reducira tudi nivo luminescence. Bolj ko je vzorec strupen, manj svetlobe oddajajo bakterije v testni raztopini. Več kot 20 let izkušenj različnih laboratorijev po vsem svetu je pokazalo, da je bakterijska bioluminiscenca primerno merilo celičnega metabolizma in zato zanesljiv senzor za meritve prisotnosti strupenih kemikalij v vodnih vzorcih. Sev NRRL B-11177, ki ga uporabljamo, je bil izbran za akutne in kronične teste, ker je pokazal visoko občutljivost na široko območje kemikalij. Test s svetlečimi bakterijami *Vibrio fischeri* se lahko uporablja kot presejalni (screening) test ali kot standardiziran test na podlagi mednarodnih standardov ISO 11348 ali DIN 38412-34. Raziskave kažejo, da obstaja visoka korelacija rezultatov tega testa z rezultati testa z vodnimi bolhami (*Daphnia* sp.), ki je v Sloveniji zakonsko določen.

POSTOPEK MERITEV ZAJETIH VZORCEV

Vzorce vode smo zajemali v 20 ml plastenke. Plastenke smo napolnili do vrha, kakor zahteva ISO standard 11348 in jih nekaj ur kasneje (ko smo prišli s terena) shranili v zmrzovalnik na -20°C . Nekaj dni kasneje smo jih odmrznili za meritve strupenosti.

Strupenost vodnih vzorcev smo merili s sveže pripravljenimi bakterijami. Pri tem smo se ravnali po standardu ISO 11348-1: Water quality – Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of *Vibrio fischeri* (Luminescent bacteria test) – Part 1: Method using freshly prepared bacteria. Osnovne bakterije (sev NRRL B-1117, LOT # ACV019-2 exp.7/2000) smo dobili pri Ecotox LDS, Milano, Italija. Gojili smo jih na trdnem LB gojišču. Po standardiziranem postopku smo bakterije dva dni pred meritvami precepili v tekoče LB gojišče in jih pustili rasti na stresalniku (180 rpm) pri $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Po 21 ± 1 urah smo jih precepili v sveže tekoče LB gojišče in jih v enakih razmerah pustili rasti 20 ± 1 ur. Nato smo jih v 1,5 ml centrifugirkah centrifugirali 15 – 20 minut na 6000 g pri $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$, odlili supernatant in dolili 200 μL raztopine NaCl. Po ponovnem centrifugiranju v enakih razmerah smo spet odlili supernatant in dolili 60 μL raztopine NaCl in 80 μL zaščitnega medija, ki ga

določa standard. Bakterije so bile tako pripravljene na meritve strupenosti. Vsaki pripravi bakterij je sledila tudi standardizirana validacija z referenčnimi raztopinami $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $K_2Cr_2O_7$ in $C_6H_4OCl_2$.

Za meritve strupenosti smo po 200 μL bakterijske raztopine razdelili v kivete za luminometer Microtox Toxicity Analyzer Model 2055. V luminometru so bile bakterije na 15°C, kot zahteva standard. V kivete smo jih dodajali v intervalih po 30 s. Petnajst minut kasneje smo izmerili njihovo bioluminiscenco – spet na vsakih 30 s, v istem zaporedju. Takoj po meritvi smo v vsako epruvetko z bakterijami dodali po 800 μL vodnega vzorca, ohlajenega na 15°C. Kontrolo je predstavljala raztopina NaCl, katere 800 μL smo dodali 200 μL bakterij. Pol ure po dodatku vzorcev smo ponovno izmerili bioluminiscenco.

Bioluminiscenco smo merili z luminometrom Microtox Toxicity Analyzer Model 2055 ter fotopomnoževalko (VALVO XP 2202B) povezano z integratorjem (NTV, Ljubljana), ki omogoča meritve šibkejše emisije, in računalnikom, ki odčitava meritve (Biofotonika, Bion, Ljubljana).

Izmerjene podatke smo obdelali v MS Excelu, kjer smo izračunali odstotek upada bioluminiscence glede na kontrolo. Če se je emisija svetlobe iz bakterij po 30 minutah zmanjšala za vsaj 20% bolj kot kontrola, je to pomenilo, da je vzorec strupen. Če se je emisija znižala za 15 – 20% smo vzorec označili za rahlo strupen.

IZRAČUN INHIBITORNEGA UČINKA NA LUMINISCENTNE BAKTERIJE:

Najprej smo izračunali korekcijski faktor (f_{kt}) iz izmerjene bioluminiscence. Ta faktor popravi vrednosti bioluminiscence bakterij izmerjene pred dodatkom vzorca (I_0), da jih lahko uporabimo kot reference za določitev upada bioluminiscence zaradi dodatka vodnega vzorca.

$$f_{kt} = I_{kt} / I_0 \quad (t = 30 \text{ min}) \quad (\text{enačba 1})$$

f_{kt} je korekcijski faktor za kontaktni čas 30 min po dodatku vzorca bakterijam

I_{kt} je intenziteta bioluminiscence kontrolnega vzorca 30 min po dodatku kontrolnega vzorca (NaCl) bakterijam

I_0 je intenziteta bioluminiscence kontrolnega vzorca tik pred dodatkom kontrolnega vzorca (NaCl) bakterijam

Potem izračunamo popravljeno vrednost I_0 za testirane vzorce tik pred dodatkom vzorca - I_{Ct} :

$$I_{Ct} = I_0 * f_{kt} \quad (\text{enačba 2})$$

f_{kt} je povprečna vrednost f_{kt}

I_0 glej enačbo 1

Nazadnje izračunamo inhibitorni efekt testiranega vodnega vzorca:

$$H_t = \frac{I_{Ct} - I_{Tt}}{I_{Ct}} * 100 \quad (\text{enačba 3})$$

H_t je inhibitorni efekt testiranega vodnega vzorca 30 minut po dodatku vzorca bakterijam

I_{Tt} je intenziteta bioluminiscence testiranega vzorca 30 minut po dodatku vzorca bakterijam

Izračunane vrednosti so navedene v Tabelah rezultatov meritev strupenosti po posameznih vodotokih.

REZULTATI IN KOMENTAR

Rezultati meritev v tabelah in komentarji so podani za posamične vodotoke in bajerje. Vzorčna mesta so označena tudi na zemljevidih (vir zemljevidov: MOP – GURS, DTK 1:25000, povečana na 1:14600). Posamična vzorčna mesta (VM) so obarvana glede na izmerjeno strupenost vode na tistem mestu. Strupena voda (voda, ki je zmanjšala svetenje bakterij za več kot 20% v primerjavi s kontrolo) je obarvana rdeče. Rahlo strupena voda (voda, ki je zmanjšala svetenje bakterij za 15 – 20%) je obarvana rumeno. Nestrupena voda (voda, ki je zmanjšala svetenje bakterij za manj kot 15%) je obarvana zeleno. Poudariti je treba, da **nestrupena voda ni nujno tudi onesnažena**. Testi, ki smo jih izvajali, so akutni testi, za natančnejšo oceno stanja pa bi bili potrebni tudi kronični in genotoksični testi, kot tudi testi strupenosti sedimenta in pa mikrobiološke analize ter ekološka karakterizacija vodotokov.

Kljub temu nam pričujoča analiza daje zelo dober pregled nad stanjem površinskih voda Mestne občine Ljubljana. Pokazalo se je, da je stanje vodotokov MOL zelo slabo. To nam pričajo predvsem meritve v sušnem obdobju, ko pridejo strupene snovi bolj do izraza, ker so manj razredčene. V tem obdobju so bili pretežno strupeni praktično vsi večji vodotoki, ki tečejo skozi naseljena območja – Gradaščica, Glinščica, Mali graben, Pržanec, Gameljščica in Črnušnica. Nestrupena je bila samo Besnica, ki teče pretežno po nenaseljenem območju in se vanjo zlivajo gozdni potoki iz okolnih hribov. Po deževju so bili ponovno izmerjeni vodotoki (Gradaščica, Glinščica, Pržanec in Gameljščica) manj strupeni, hkrati pa so se pokazali nekateri strupeni iztoki, ki so bili pred dežjem suhi (npr. Pržanec je bil za tovarnami pri končni postaji mestnega avtobusa št. 7 strupen – VM 737).

Rezultati kažejo, da je največji onesnaževalec površinskih vod MOL kanalizacija. Ta je marsikje neurejena in teče iz stavb in naselij neposredno v vodotoke. Podobno so zelo strupeni iztoki iz razbremenilnikov ljubljanske kanalizacije. Gradaščica je za takšnim razbremenilnikom polna toaletnega papirja in podobnih gospodinjskih odpadkov. V onesnaženih vodotokih najdemo samo ribje mladice, ki poginejo, še preden uspejo odrasti. Tiste pa, ki so nekako zrasle nad 10 cm, so polne živih zagnojenih ran, pogosto pa jim manjkajo tudi deli tkiva. Katastrofalno razsežnost dobi onesnaženje zaradi kanalizacije, ko se srečamo z grozljivimi razmerami v Ljubljani po iztoku mestne kanalizacije za "čistilno napravo". Takrat postane Ljubljana mrtva ali strupena reka. Pri tem je treba vedeti, da tako velikim vodotokom, kot sta Ljubljana in Sava, onesnaženi pritoki s težavo povečajo strupenost do merljivih vrednosti. Res pa je, da od izliva mestne kanalizacije naprej ne

moremo več govoriti o vodotoku, temveč le o drekotoku, smrdljivi gosti rjavi masi, polni zmletega toaletnega papirja. Ta se ne razredči niti po izlivu v Savo, temveč teče po njenem desnem bregu še več kilometrov. V edino tolažbo je primerjava z meritvami Ljubljaniče v času manjšega iztoka iz čistilne naprave, ko se voda zaradi velikega pretoka razstrupi, vendar ostane reka brez življenja, o čemer pričajo mrtve ribe na izlivu Ljubljaniče v Savo.

Razmere v vodotokih niso stalne, ampak se iz dneva v dan, pa tudi skozi leto spreminjajo. Mestna kanalizacija naj bi bila različno obremenjena glede na dan v tednu, ko določene proizvodnje spuščajo vanjo svoje odpadne vode. Izpusti se menda pogosto dogajajo ob nedeljah, na dan v tednu, ko je potekalo tudi naše vzorčenje s čolnom. Podobno prihaja do razbremenitev kanalizacije le ob močnem deževju. Odpadne vode iz gospodinjstev so odvisne od trenutne dejavnosti in prisotnosti prebivalcev.

Zelo pomemben onesnaževalec, ki se ravno tako pojavlja periodično, so vrtovi in njive v času gnojenja in zastrupljanja škodljivcev. Pri tem vrtovi še bolj izstopajo zaradi pretiranih količin kemijskih snovi, ki se nato v visokih trenutnih koncentracijah spirajo v podtalnico in okolno vodo. Naše vzorčenje ni potekalo v času gnojenja, zato ta iz literature splošno znani pojav ni bil opazen. Opazen je bil v naših meritvah barjanskega jarka Curnovec leta 1999, ki so podane v Prilogi 1. Zelo zaskrbljujoča je ugotovitev, da ljudje zalivajo svoje zelenjavne vrtove s strupeno vodo bližnjih vodotokov (Pržanec, Gradaščica, Glinščica).

Pri analizi strupenosti velja poudariti vpliv regulacij in kanaliziranja strug v betonska korita na samočistilne sposobnosti vodotokov. Iz primerjave rezultatov povprečne dolžine vodotoka, po kateri pride do znižanja strupenosti pod merljivo raven pri reguliranih in nereguliranih vodotokih, vidimo, da se voda v betonskih strugah le težka očisti (Glinščica, Gradaščica), medtem ko se voda v naravnih strugah sorazmerno hitro samoočisti (Gameljščica, Mali Graben, Curnovec).

Na jarku Curnovec smo opravili že več analiz vode in sedimentov, ki jih prilagamo temu poročilu, saj so zelo zanimive za primerjavo stanja skozi več let, hkrati pa tudi kažejo na zanesljivost uporabljenega toksikološkega testa. Primerjava rezultatov je podana pri opisu razmer v jarku Curnovec.

PREDLOGI ZA NADALJEVANJE DELA

Pričujoča analiza omogoča nek splošen vpogled v stanje površinskih vod MOL. Vendar pa je to šele začetek. Z nadaljnimi analizami bi lahko natančneje locirali manjše onesnaževalce, spremljali periodiko onesnaževanja na kritičnih mestih in preverili spreminjanje strupenosti na ravni tedenske dinamike (npr. za ljubljansko kanalizacijo). Za natančnejši vpogled v razmere bi bila vsekakor potrebna še toksikološka analiza sedimentov, kjer pokažejo kumulativni učinki onesnaževanja. Dobro poznavanje razmer bi lahko vodilo v smiselne fizikalno-kemijske analize, predvsem pa bi omogočilo preudarno sanacijo onesnaženih vodotokov in nujno izgradnjo manjkajoče kanalizacije.

Toksikološka karta, ki je najpomembnejši rezultat raziskave, že predstavlja podlago za določitev prioritetenih vzorčnih mest za analizo obremenjenosti ljubljanskih vodotokov z biološko dostopnimi težkimi kovinami, ki jo sofinancira MOL. Služila bo tudi kot pomemben prispevek k republiškem projektu ekološke karakterizacije vod Slovenije, ki poteka v skladu z navodili evropske Direktive o vodah (Water Framework Directive, 2000/60/EC). Metodologija, razvita v okviru pričujočega projekta, bo uporabljena tudi pri projektu zaščite vodotokov s fitoremediacijskimi sistemi, ki ga sofinancira Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport, ter pri preverjanju učinkovitosti delovanja rastlinskih čistilnih naprav v okviru projekta Eureka.

Poseben problem predstavlja zdravstvena ogroženost vrtničkarjev, ki svoje vrtnine zalivajo z močno onesnaženo vodo iz ljubljanskih vodotokov. V vrtninah se namreč strupi akumulirajo, zato predlagamo toksikološko analizo pridelkov in prsti na posebej ogroženih območjih MOL. Prav tako je prisotnost vrtničkarjev obremenilna za bližnji vodotok zaradi prekomerne uporabe gnojil in kemičnih sredstev za zatiranje škodljivcev, zato predlagamo celovit pristop k problematiki vrtničkarstva v MOL.

Slovenija mora v procesu približevanja Evropski uniji v letu 2003 sprejeti evropsko Direktivo o vodah (Water Framework Directive, 2000/60/EC), ki prvič celostno rešuje problematiko vod in vodnih ekosistemov. Poudarek tako ne bo več na meritvah fizikalno-kemijskih parametrov in sanaciji onesnaževalcev, ampak na ugotavljanju ekološkega statusa vodotoka in izvajanju postopkov za njegovo izboljšanje do statusa, ki bi jo v neobremenjenih razmerah vodotok dosegal. Novi pristop je izredno učinkovit, kar kažejo več kot tridesetletne izkušnje ameriške Agencije za varstvo okolja (EPA) in pa sanacija evropskega veletoka Ren v zadnjih desetih letih. S toksikološkim kartiranjem smo pokazali na prednostna območja za sanacijo ter na podlagi mednarodnih standardov izdelali metodologijo za spremljanje pomembnega parametra učinkovitosti sanacije.

Kot neposredno posledico rezultatov projekta Toksikološkega kartiranja površinskih vod MOL **predlagamo naslednje konkretne raziskave in dejavnosti:**

- pospešitev gradnje ljubljanske čistilne naprave,
- redni presejalni monitoring površinskih vod MOL z metodologijo, izdelano v okviru tega projekta, in dokončno lokaliziranje vseh stalnih in občasnih virov onesnaženja ljubljanskih vodotokov,
- toksikološka analiza sedimentov in uporaba kroničnih in genotoksičnih testov za določitev celovite strupenosti vodotokov,
- natančno določitev strupenosti vodotokov na najbolj obremenjenih mestih z baterijo standardiziranih ekotoksikoloških testov,
- določitev biološko dostopne koncentracije kovin (raziskava že v teku) in drugih onesnaževal,
- uporabo fizikalno-kemijskih metod za določitev posameznih onesnaževal in v tem okviru izdelava načrta sanacije posameznih virov onesnaževanja,
- celovito rešitev zdravstveno-ekološke problematike vrtničkarstva,
- ekološko karakterizacijo površinskih vod MOL v skladu z evropsko Direktivo o vodah (2000/60/EC), ki bo podlaga za celostno in uspešno sanacijo vodotokov,
- vključitev nevladnih organizacij v projekte oživljanja ljubljanskih vod in njihovega približanja prebivalcem kot estetskega, družabnega in ekološkega dejavnika v razvoju in zunanji podobi mesta; uspešen in mednarodno odmeven projekt ureditve Kamniške Bistrice so pripravili na Inštitutu za celostni razvoj in okolje.

Šele sistematičen pristop z upoštevanjem ekonomskega vidika bo Ljubljano popeljal med evropske prestolnice in hkrati spet vključil vode v življenje mesta.

Bibliografija

- Arfsten, D.P. (1993): Microtox™ and Mutatox™: An integrated microbial assay system for the toxicological screening of environmental contaminants. Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Berden, M., Zrimec, A. (1999): Analiza barjanskih jarkov – toksikološka analiza jarka Curnovec s pritoki. Poročilo raziskovalnega projekta za Mestno občino Ljubljana.
- Dutka, B.J., Kwan, K.K., Rao, S.S. (1989): An ecotoxicological and microbiological study of the Yamaska river. Rivers Research Branch, National Water Research Institute, Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario.
- Folkerts, A.J. (1989): Toxiciteit van Rijnwater in 1988. Rijn Aktie Plan (RAP).
- Furlan, E.V., Paschoal, C.M.R.B., Sato, M.I.Z., Martins, M.T., Sanchez, P.S. (1990): Acute toxicity assessment by Microtox system in water and shellfish from North Coast of Sao Paulo State, Brazil. Proceedings Second Biennial Water Quality Symposium: Microbiological Aspects.
- ISO 5667-6 (Water Quality – Sampling – Guidance on sampling of rivers and streams)
- ISO 5667-16 (Water Quality – Sampling – Guidance on biotesting of samples)
- ISO 11348 (Water quality – Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of *Vibrio fischeri*)
- Kaiser, K.L.E., Lum, K.R., Palabrica, V.S. (1988): Review of field applications of the Microtox test in Great Lakes and St. Lawrence River waters. Water Pollution Research Journal Canada 23(2): 270. Presented in part at the 23rd Canadian Symposium on Water Pollution Research, Burlington, Feb.18, 1988.
- Kaiser, K.L.E., Ribo, J.M., Kwasniewska, K. (1988): A Microtox test survey of lake St. Claire water. Water Pollution Research Journal Canada 23(3): 356. Presented in part at the 23rd Canadian Symposium on Water Pollution Research, Burlington, Feb.18, 1988.
- Levi, Y., Grimaud, A., Dutang, M. (1989): Protection of surface water resources by real time automated toxicity tests. Presented at the 5th IAWPRC Workshop, Kyoto, Japan.
- Levi, Y., Henriot, C., Covtants, J.P., Lucas, M., Leger, G. (1989): Monitoring acute toxicity in rivers with the help of the Microtox test. Water Supply 7: 25.
- Roda, A., Pazzagli, M., Kricka, L.J., Stanley, P.E. (1998): Bioluminescence and chemiluminescence. Perspectives for the 21st century. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto. S.628. Part 12. Environmental: 2. Toxicity studies: 573.
- Rupnik, M., Berden, M., Zrimec, A. (2000): Toksikološko kartiranje površinskih vod Mestne občine Ljubljana. Fazno poročilo projekta za Mestno občino Ljubljana.
- Southern California coastal water research project (SCCWRP) (1987): Annual report, Wastewater toxicity tests: 74.
- Vasseur, P., Ferard, J.F., Rast, C., Larbaight, G. (1983): Luminescent marine bacteria in ecotoxicity screening tests of complex effluents, toxicity screening using Microtox. In B.J.Dutka and D.Lie (eds.), Toxicity Screening Procedures using Bacterial Systems. Toxicity Series, Vol. I, Marcel Dekker, Inc., New York.
- Zrimec, A., Berden, M. (2001): Analiza barjanskih jarkov – toksikološka primerjava

sedimentov jarka Curnovec pred in po sanaciji struge. Končno poročilo raziskovalnega projekta za Mestno občino Ljubljana.

Zschomler, M.S. (1991): Methods for assessing toxic chemicals in wetlands. Contaminant Information Bulletin by Pierre, S.D., State Office of U.S. Fish and Wildlife Service.

V Ljubljani, 17.10.2001

dr. Maja Berden
Inštitut Bion

dr. Alexis Zrimec
Inštitut Bion

prof. dr. Iztok Winkler
dekan

dr. Maja Rupnik
nosilka projekta

REZULTATI

BESNICA

Besnica smo vzorčili med precej sušnim obdobjem z veliko sonca. Zato je bila struga v zgornjem toku suha. Voda Besnice po celi dolžini ni bila strupena. K tem verjetno pripomore dejstvo, da se vanjo zlivajo potoki iz okolišnjih hribov, ki zaradi redke poseljenosti ne bi smeli biti in tudi niso bili preveč onesnaženi. Vprašljiv je bil samo iztok iz naselja pri šoli (VM 388P), ki je močno smrdel po kanalizaciji, vendar ni bil strupen.

ČRNUŠNICA

Črnušnica nastane z zlitjem več potokov v dolini Pod hribom, ki se nahaja pod vasjo Rašica. Na njeni poti do Črnuč se vanjo zлива mnogo gozdnih potokov. Vzorčili smo jo konec junija, ko je vsaj dva tedna prej prevladovalo sončno vreme. Od doline Pod hribom pa do bližine Črnuč teče Črnušnica ob travnikih in kasneje skozi gozd. Konec junija na tem predelu ni bila strupena, saj travniki takrat niso bili gnojeni (VM 248 – 353). Prav tako ni bila strupena pod vasjo Rašica, ki nima urejene kanalizacije, saj se zaradi sušnega obdobja odpadne vode niso spirale do doline Črnušnice (VM 346). Na prehodu v gozd je bila strupena na manjšem predelu, kjer so mesta za piknike (VM 354). Številni gozdni potoki niso opazno vplivali na njeno strupenost. Strupenost se je močno povečala takoj za mostom makadamske ceste iz Črnuč (Cesta v Pečale, VM 361), vendar se je voda na poti skozi gozd kmalu spet razstrupila. Od začetka Črnuč pa do izliva v Savo je struga Črnušnice uravnavana po kamniti strugi. Konec junija je bila Črnušnica strupena že pred mostom Dunajske ceste (VM 364). Močno strupen je bil tudi iztok izpod Slaščičarne Rašica (VM 365P), zato je bila Črnušnica strupena tudi za mostom. Mesec kasneje ja bila reka na tem predelu še vedno strupena. Strupenost se je nadaljevala skozi vse Črnuče in mimo tovarn skoraj do Šlandrove ulice (366, 423-426). Od tu naprej voda ni bila več strupena, saj tik ob njej ni bilo več naselja. Strupenost tik pred izlivom v Savo je bila posledica nizke struge, saj je bil vzorec na VM 430 zajet v majhni luži.

CURNOVEC

Jarek Curnovec teče skozi Ljubljansko barje mimo Kmetijske zadruge Ljubljana, več naselij črne gradnje, vrtov in Deponije Barje, zato je zelo obremenjen. Izredno slabo stanje smo izmerili že leta 1999 in 2000, ko smo vzorčili vodo in sedimente. Meritve prejšnjih let so podane v Prilogi 1 in 2.

Jarek Curnovec smo vzorčili sredi septembra, ko se je že začelo pozno-poletno deževje. Okoli Kmetijske zadruge Ljubljana je bila struga še suha. Voda je bila na površju šele sredi poti proti naselju Na Blateh, kjer je bila že rahlo strupena (VM 690). Do naselja Na Blateh se je voda razstrupila, saj teče po nenaseljenem območju skozi gozd (VM 691). Takoj za naseljem je bila voda zelo temna, praktično črna, in je zelo smrdela (VM 692). Po pričakovanjih je bila tudi zelo strupena. Strupena je bila še do mostu makadamske ceste Na Blateh ((VM 694). Delno se je razstrupila šele do začetka Deponije Barje, kjer je bila le še rahlo strupena (VM 695). Pod mostom ceste v Deponijo barje voda ni bila strupena, pač pa je bila strupena tik za Deponijo (VM 697). Do vrtnarskega naselja se je voda počasi spet razstrupila (VM 699). Tu se je očitno pokazala periodika onesnaževanja, saj še ni bil čas gnojenja, za razliko od prejšnjih raziskav (Priloga 1) konec oktobra 1999, ko se je zemljo že pripravljalo na zimo.

Pred mostom Poti na Rakovo jelšo se je v Curnovec izlival strupen pritok, ki je zastrupil tudi Curnovec. Voda je bila na tem mestu sivo obarvana in je smrdela (VM 701). Voda pred izlivom v Ljubljano ni bila več strupena (VM 703), saj od mostu naprej teče po nenaseljenem območju oziroma so hiše naselja precej daleč od struge. Kljub temu je bila voda Curnovca tik pred izlivom v Ljubljano konec junija rahlo strupena (VM 315).

Rezultati kažejo, da se stanje jarka Curnovec od leta oktobra 1999 ni posebno spremenilo. Rezultati meritev vodnih vzorcev so bili tudi takrat zelo podobni kot letos. Razlika je bila v tem, da je bila takrat struga polna že v Vnanjih gorica in je tekla tudi mimo Kmetijske zadruge Ljubljana. Voda je bila strupena že v Vnanjih gorica in se je očistila šele na območju gozda pred naseljem Na Blateh (za VM 690). Tik pred naseljem Na Blateh (VM 691) je bila spet strupena in strupenost se je nadaljevala skozi celo naselje (do VM 694). Curnovec je bil strupen tudi ob Deponiji Barje in ob vrtičkarskem naselju (VM 695 – 700). Očistil se je šele pred izlivom v Ljubljano, za mostom Poti v Rakovo jelšo (za VM 702). Po močnem deževju je bilo stanje malo boljše, vendar je bil Curnovec še vedno pretežno strupen. Podrobnejši rezultati teh meritev so podani v Prilogi 1.

Vzorčenje sedimentov v jarku Curnovec decembra 1999 je pokazalo, da so tudi sedimenti v jarku močno strupeni. Stanje se je po sanaciji jarka leta 2000 na področju pred in za Deponijo Barje močno izboljšalo. Sedimenti so ostali strupeni le ob Deponiji Barje in ob vrtičkarskem naselju (med VM 698 in 700). Podrobnejši rezultati teh meritev so podani v Prilogi 2.

GAMELJŠČICA

Gameljščica je pri obeh vzorčenjih vstopala v Mestno občino Ljubljana že strupena (VM 274, 729). Vanjo se še pred ribogojnico zlivajo potoki, ki tečejo skozi naseljena področja. Vse kaže, da je k strupenosti prispevala tudi ribogojnica sama (VM 718P). Do Gamelj ob Gameljščici praktično ni hiš. Na tem področju se je voda uspela razstrupiti, vendar pa je bila konec junija spet strupena že takoj po pritoku Gračenice (VM 278). Strupenost se je nadaljevala skoraj vse do Spodnjih Gamelj, kjer se reka usmeri ven iz naselja in teče skozi travnike. Iztoki iz Ribogojnice Sava (VM 293, 294) niso bili strupeni, prav tako ne ribniki Ribiškega društva Sava-Straža (VM 339, 340). Kljub temu se je strupenost za njima rahlo povečala in je takšna ostala vse do izlita v Savo (VM 341-343), na katero to ni opazno vplivalo.

Pred vzorčenjem konec junija je prevladovalo sončno vreme z izredno malo dežja. Pred septembrskim vzorčenjem pa je bilo precej bolj deževno. Gameljščica tokrat praktično ni bila strupena. Rahlo povečana strupenost je bila le tik pred vstopom v MOL, kjer smo izmerili tudi strupen iztok iz ribogojnice (VM 718P). Kljub temu, da Gameljščica pri mostu v tovarno Rašico (VM 722) ni bila strupena, smo ob mostu opazovali pogin ribe tik, ki se je znašla tik pod desnim iztokom za mostom. Iztok iz cevi se je v Gameljščici očitno dovolj razredčil, da voda ni bila strupena (VM 722). Ribogojnica Sava je v času prvega vzorčenja prenehavala z delovanjem in ob tem vzorčenju ni več delovala – iztoki so bili suhi.

Po pričevanju domačinov je bila Gameljščica včasih zelo čista voda, ki so jo lahko uporabljali in v njej lovili ribe.

GLINŠČICA

Pred prvim vzorčenjem, ki je potekalo konec maja, je bilo več kot en mesec izredno malo

dežja in veliko sonca. Struga Glinščice je bila suha do naselja, kjer se vanjo izteka potok iz smeri kamnoloma (VM 185P). Pred izlivom tega potoka so bile v strugi pretežno luže, kjer je bil zajet vzorec št. 184. Po pritoku nestrupenega potoka (VM 185P) se je strupenost precej zmanjšala. Voda je bila strupena skozi ves Podutik in se je razstrupila šele pri mostu makadamske ceste čez avtocesto (VM 200), kljub temu, da predhodno teče čez večje nenaseljeno področje. Verjetno so bili takrat okolni travniki pognojeni. Od mostu naprej Glinščica ni bila več strupena do Biološkega središča (VM 208). Vzorčenje Pržanca 14.6.2001, kjer smo izmerili tudi Glinščico okoli izliva Pržanca (VM 272, 273), je pokazalo, da je bila Glinščica takrat na tem predelu stupena. To, kot tudi druga ponovljena vzorčenja, očitno kaže na časovno spreminjanje strupenosti. Za cesto med Za opekarno in Večno potjo je Glinščica regulirana v betonski strugi. Izpod okolnih travnikov so vanjo napeljane majhne cevi, skozi katere se ob gnojenju najverjetneje izliva tudi gnojnica. Konec maja je bila Glinščica strupena tik pred Biološkim središčem (VM 208). Strupenost je bila manjša po nekaj deset metrih (VM 209). Voda ni bila več strupena pri mostu v Biotehniško fakulteto (VM 212). Pred prvimi hišami tik ob Glinščici je bila voda spet strupena (VM 213). Od tu naprej je bila Glinščica pretežno strupena, predvsem zaradi iztokov strupene vode vanjo, vse do železniškega mostu (VM 234). Od železniškega mostu (VM 235) do nekaj 10 metrov za Tržaško cesto Glinščica ni bila več strupena.

Vzorčenje en teden prej, ko smo vzorčili Gradaščico in smo zajeli tudi Glinščico pred izlivom vanjo (VM 079, 080), je pokazalo, da je bila Glinščica takrat strupena.

Cel teden pred vzorčenjem 6.9.2001 je pretežno deževalo. Glinščica je bila ta dan precej manj strupena, kot pri vzorčenju konec maja v sušnem obdobju. Rahlo strupena je bila šele pri mostu za pešce v Rožni dolini (VM 623) zaradi strupenega pritoka za mostom (VM 624P), ki smo jo zajeli dva dni prej. Voda se je razstrupila že do naslednje točke. Izmerili smo še dva strupena iztoka, ki pa nista opazno vplivala na samo Glinščico. Vzorca Glinščice pred izlivom v Gradaščico dan prej pa so bili strupeni. Zajeta sta bila v ponedeljek. Okoliški prebivalci, ki večinoma s to vodo zalivajo svoje vrtnine, so nam povedali, da ob ponedeljkih praznijo v Glinščico bazene iz Živalskega vrta, in da takrat voda zelo smrdi.

GRADAŠČICA

Gradaščico smo pri prvem vzorčenju začeli meriti že pri Dobrovi. Pred majskim vzorčenjem je bilo vsaj en mesec izredno malo dežja in veliko sonca. Zato je bil vodotok izredno nizek. Od VM 018 teče Gradaščica po redko naseljenem območju vse do Vrhovcev. Vanjo se vmes izlije Horjulka (VM 022), ki ni bila strupena. Kmalu za avtocesto se Gradaščica razcepi na Mali graben in Gradaščico (VM 026), ki od tu naprej teče po regulirani betonski strugi do izliva v Ljubljano. Prva strupena voda se je izlila v Gradaščico pri Gostilni Pečarič na Vrhovcih (VM 029), vendar ni opazno vplivala na strupenost Gradaščice. Od Gostilne Pečarič naprej je Gradaščica obdana z gostim naseljem hiš, ki se nahajajo tik ob bregu. Tamkajšnji prebivalci so nam povedali, da je Gradaščica že dolgo močno onesnažena, večkrat neznosno smrdi in po njej priplavajo najrazličnejši odpadki. Naslednja strupena pritoka, za Vrhovci (VM 043) in pred mostom Viške ceste (VM 048), prav tako nista opazno vplivala na strupenost Gradaščice. Gradaščica je bila rahlo strupena pri mostu za pešce na Viški cesti (VM 052). Naslednji strupen pritok pred mostom Ceste Dolomitskega odreda (VM 056) ni opazno vplival na strupenost Gradaščice. Strupenost Gradaščice se je začela pri samopostrežni trgovini Mercator (Bonifacij, VM 066) in se je bolj ali manj neprekinjeno nadaljevala do mosta Kopališke ulice (VM 100), kjer je večina rib, ki je dosegla dolžino preko 10 cm, imela odprte in globoke rane po celem telesu. Ta pojav smo srečevali po celi

Gradaščici in po nekaterih podobnih vodotokih, a tu je bil najbolj očiten. Do ponovne strupenosti (VM 106) je prišlo pri razbremenilnem kanalu za kanalizacijo pri Riharjevi ulici (VM 105). Od naslednje točke (VM 107) naprej Gradaščica ni bila več strupena, kljub temu da je bila struga prav do Ljubljance polna toaletnega papirja in pripadajočih toaletnih odpadkov.

Od Vrhovcev do centra Ljubljane je ob reki veliko zelenjavnih vrtov, ki jih zalivajo z vodo iz Gradaščice, čeprav se vanjo izliva kanalizacija tako iz posameznih hiš, kot občasno ljubljanska kanalizacija.

Septembrsko vzorčenje je potekalo po nekajdnevnem močnem deževju. Iztoka pri Gostilni Pečarič (VM 029P) in za Vrhovci (VM 043P) sta bila tokrat suha. Ob Gradaščici in tudi ob drugih rekah je vidno veliko iztokov, iz katerih se odpadna voda izliva samo občasno in je ob redkem vzorčenju težko ujeti primeren trenutek, ko cev ni suha. Iztok pred mostom Viške ceste (VM 544P) in iztok pred mostom Ceste Dolomitskega odreda (VM 552P) sta bila spet strupena. Rahlo strupen je bil tudi iztok pred Gasilskim domom (VM 547P), ki je bil prejšnjič suh.

LJUBLJANICA

Ljubljanico smo vzorčili po odsekih. Del od Podpeči (VM 295) do centra Ljubljane (VM 338) in od Fužin (VM 467) do izliva v Savo (VM 503) smo vzorčili iz čolna, tako da smo lahko zajemali tudi sredino struge 1 meter globoko.

Pri začetnih vzorcih (VM 001 – 006) smo se ravnali po točkah, ki jih spremlja Agencija za okolje RS (prej Hidrometeorološki zavod RS). Vzorci na VM 117 – 119 so bili zajeti pri vzorčenju Gradaščice. Vzorci od VM 295 naprej so vzorci od meje MOL na Barju, pa do izliva v Savo.

Sredi maja je bila Ljubljanica rahlo strupena na zajemnem mestu pod Gostilno Livada (VM 001), kjer je tudi zajemno mesto Agencije za okolje RS.

Pred vzorčenjem Ljubljance in njenih pritokov od vasi Lipe do centra Ljubljane konec junija je vsaj 14 dni prevladovalo sončno vreme. Padavin je bilo izjemno malo. Ljubljanica na predelu Ljubljanskega barja pretežno ni bila strupena kljub gostemu prometu motornih čolnov. Rahlo strupenost smo izmerili šele za pritokom Zidarjevega grabna (VM 307) in levega pritoka pred pritokom Farjevca (VM 309P). Ljubljanica je bila na sredi struge na 1 metru globine močno strupena za pritokom ob Volarjevem štradonu (VM 313). Rahlo strupena sta bila Curnovec (VM 315P) in Prošca (VM 320P) tik pred izlivom v Ljubljanico, vendar to na strupenost reke ni imelo opaznega vpliva. Strupen je bil pritok stare struge Curnovca (VM 322P), ki teče čez naselje Rakova jelša in se vanj zliva kanalizacija okolnih hiš. Močno strupena sta bila naslednja iztoka kanalizacije iz naselja Rakova jelša (VM 325P in 328P), saj nista bila razredčena z vodo iz potoka, tako kot iztoki v staro strugo Curnovca. Strupen je bil tudi Galjevec tik pred izlivom v Ljubljanico (VM 334P).

Naslednji sklop vzorčenja je bil center Ljubljane. Pred vzorčenjem v začetku avgusta je prevladovalo sončno vreme vsaj en mesec. Ljubljanica je bila strupena blizu levega brega pri stopnicah Na bregu (VM 449). Strupena je bila še blizu desnega brega pred Tromostovjem (VM 439). Do zapornice pri Zmajskem mostu (VM 442-444) Ljubljanica ni bila več strupena.

Konec avgusta smo vzorčili še preostali del Ljubljance, potem ko je prevladovalo sončno

vreme in izredno malo padavin že od sredine julija. Od Zmajskega mostu do Papirnice Vevče (VM 473), vključno z Gruberjevim prekopom, Ljubljanica ni bila strupena.

Od Fužin do izliva v Savo smo Ljubljanico in njene pritoke ponovno zajemali iz čolna. Okoli Papirnice Vevče (VM 475) je bila Ljubljanica strupena. Kljub temu, da je bil prvi iztok iz Papirnice Vevče (VM 474P) le rahlo strupen, pa je zaradi njega pobeljeno in sluzasto vse vodno rastlinje še nekaj časa navzdol po Ljubljanici. Malo za jezom pri Papirnici Vevče je prihajal strupen iztok tudi iz levega brega (VM 479P). Naslednji strupen iztok je bil iz bazenov Kopališča Vevče (VM 482P), od koder izteka klorirana voda. Voda v bazenih sicer za ljudi ni strupena, njen nekontroliran izpust v Ljubljanico pa je strupen za združbo mikroorganizmov v rečnem ekosistemu. Zadnja dva strupena iztoka na strupenost Ljubljanice nista vplivala. Strupeni iztoki le težko vplivajo na splošno strupenost tako velikega volumna vode v naravni strugi, saj se hitro razredčijo. Zato so bile razmere za iztokom ljubljanske kanalizacije iz Centralne čistilne naprave (VM 495) še toliko bolj pretresljive. Od izliva kanalizacije naprej je bila Ljubljanica popolnoma mrtva reka. Struga je bila namesto vode polna tekočih fekalij in zmletih (ali celo nezmletih) pripadajočih odpadkov. Voda je bila motna, rjava in "gostejša" zaradi zmletega toaletnega papirja. Ponovna vožnja s čolnom tam vsekakor odpade. Fekalna reka se ni razredčila niti po izlivu v Savo, ampak je še nekaj kilometrov tekla po desnem bregu z nezmanjšano strupenostjo (VM 503). To je bilo zelo očitno tudi vizuelno, saj se je po desnem bregu valila motna rjava vodna gmota. Sava na levem bregu ni bila strupena (VM 502). V Ljubljanici na tem odseku ni bilo živih bitij, čeprav so ribje mladice prisotne tudi v strupenih vodah (samo da tam nikoli ne odrastejo).

Vse kaže, da močnejše izlivanje kanalizacije poteka periodično, saj med vzorčenjem Ljubljanice tik pred izlivom v Savo v sredo, 16.5.2001 ni bilo merljive strupenosti. Vzorčenje s čolnom je potekalo v nedeljo, 26.8.2001 popoldan, torej konec poletnih počitnic, ko se je večina ljudi vrnila domov. Menda tudi nekatere tovarne in proizvodnje najraje spuščajo svoje odpadne vode v kanalizacijo in v reke ob nedeljah. Kakorkoli že, razmere so na tem odseku MOL še posebej zaskrbljujoče in dobesedno nepredstavljive.

MALI GRABEN

Vzorčenje Malega grabna je potekalo konec maja in je sledilo več kot enomesečnemu obdobju sončnega vremena z izredno malo dežja. Mali graben se začne, ko se Gradaščica za zahodno obvoznico razdeli na dva vodotoka (VM 120). Mali graben teče naprej po naravni strugi.

Rahla strupenost se je pojavila že malo po razcepu Gradaščice, kjer so bili na desnem bregu pašniki (VM 122). Pred Cesto Dolomitskega odreda se v Mali graben izliva iztok iz smeri kmetije, kateri pripadajo tudi pašniki, ki je bil v času vzorčenja strupen (VM 125). Zaradi široke struge in hitrega toka se je iztok razredčil in ni vplival na strupenost Malega grabna (VM 126). Od tu naprej je naseljenost okoli Malega grabna redka, prevladujejo travniki in gozd. Rahla strupenost je bila izmerjena šele po rahlo strupenem iztoku iz cevi na desnem bregu za mostom Tržaške ceste (VM 134, 135). Od tu naprej je poseljenost okoli struge precej gosta in izpod hiš je opaznih več cevi, ki pa so bile v času vzorčenja suhe. Strupenost vode je bila izmerjena spet pred mostom južne ljubljanske obvoznice (VM 142) in se je nadaljevala mimo obrtne cone na desnem bregu vse do naselja na levem bregu (VM 142–144). Rahla strupenost se je vzdolž naselja še občasno pojavljala do mostu Ceste v Mestni log (VM 146, 148). Od tu naprej Mali graben ni bil strupen do mostu Mokrške ulice, kljub vmesnem strupenem iztoku iz desnega brega (VM 156). Na mestu iztoka se je več mimoidočih

prebivalcev pritožilo zaradi smradu in umazanije, ki prihaja iz naselja hiš na desnem bregu Malega grabna. Rahla strupenost je bila izmerjena ob gradbišču za teniški igrišči (VM 163). Voda je bila strupena tudi za mostom Mokrske ulice (VM 168, 169), kjer so ravno gradili kanalizacijo vse do Barjanske ceste (VM 174). Od Barjanske ceste do izliva v Ljubljano Mali graben ni bil več strupen.

PRŽANEC

Pržanec smo vzorčili dvakrat. Pred prvim vzorčenjem sredi junija je zadnji mesec prevladovalo sonce, dežja pa je bilo bolj malo. Vzorčiti smo začeli pred prvimi hišami, saj Pržanec nekaj časa teče po nenaseljenem območju skozi gozd. Že na drugi zajemni točki (VM 242), ki se nahaja ob betonski konstrukciji cevi, od katerih se ena izliva v Pržanec, je bila voda strupena. Od te točke naprej je tudi struga poglobljena. Voda, zajeta na naslednjih vzorčnih mestih, ni bila strupena, razen na mestu, kjer je zastajala (VM 246). Na levem bregu je prisotnih več cevi, ki so bile v času vzorčenja suhe. Tik za tovarno je tudi umazana mlaka, iz katere se širi neprijeten vonj in se ob deževju verjetno spira v Pržanec in bližnji potoček (VM 249P). Strupena je bila šele voda, zajeta v Zapužah (VM 257). Tamkajšnji prebivalci so se zelo pritoževali nad razmerami zadnja leta. Po njihovem pričevanju je bil Pržanec še do lani na tem mestu poln rib in potočnih rakov, potem pa je po večji suši začela pritekati voda polna pene, začel se je nabirati mulj in razširjal se je smrad. Od takrat rib in rakov tu praktično ni več. Od tu se je strupenost vode nadaljevala do severne ljubljanske obvoznice (VM 264). Od končne postaje mestnih avtobusov (VM 259) je Pržanec obdan z vrtičkarskim naseljem, ki se razredči šele za severno ljubljansko obvoznico. Ljudje na tem območju (VM 260-263) zalivajo vrtnine z vodo iz Pržanca. Za severno ljubljansko obvoznico teče Pržanec pretežno mimo travnikov. Iz naselja na levem bregu vanj priteka iztok, ki je bil strupen (VM 265P), vendar ni vplival na strupenost Pržanca. Pržanec je bil rahlo strupen še pri Koseškem bajerju (VM 269) in pred izlivom v Glinščico (VM 271). Glinščica je bila po izlivu Pržanca vanjo strupena (VM 273 G).

Drugo vzorčenje smo začeli nekoliko nižje kot prvo, saj smo prvi vzorec zajeli šele za tovarniškim kompleksom pri končni postaji mestnega avtobusa številka 7. Nekaj dni pred tem vzorčenjem je bilo močno deževje, zato so bili tudi rezultati drugačni. Voda, zajeta za tovarniškim kompleksom, je bila tokrat strupena (VM 737). Preostali vzorci, zajeti od te točke do izliva v Glinščico (VM 769), niso bili strupeni. To je bilo presenetljivo predvsem v okolici vrtov (VM 742-747), kjer je bila voda pogosto prekrita s peno in se je širil smrad. Kaže, da je deževje vodo dovolj razredčilo, da ni bila strupena. Ljudje so kljub smradu in peni z vodo iz Pržanca zalivali vrtove.

SAVA

Vzorčna mesta na Savi so redkejša kot pri drugih vodotokih, ker zaradi velike količine vode nismo pričakovali, da bi kateri od pritokov vplival na njeno strupenost. Pritoki se namreč zaradi velike količine vode v Savi takoj močno razredčijo. Iz rezultatov je razvidno, da razen močno onesnažene Ljubljane noben pritok ni vplival na strupenost Save.

Na VM 007 – 013 smo vzorčili sredi maja. Ravnali smo se po zajemnih točkah Agencije za okolje. Ob tem smo vzorčili tudi potoček Stokalca, ki je bil strupen pred Šmartinsko cesto v Šentjakobu (VM 009 S), pred izlivom v Savo pa ni bil več strupen (VM 011P). Sava na teh vzorčnih mestih ni bila strupena.

Vzorci na VM 343P, 344 in 345 so bili zajeti med vzorčenjem Gameljščice (VM 343P) konec junija. Čeprav je bila Gameljščica pred izlivom v Savo rahlo strupena (VM 343P), to ni vplivalo na strupenost Save po izlivu (VM 345).

Vzorci na VM 430P in 431 so bili zajeti med vzorčenjem Črnušnice (VM 430P) na začetku avgusta. Čeprav je bila Črnušnica pred izlivom v Savo strupena (VM 430P), to ni vplivalo na strupenost Save ob izlivu Črnušnice (VM 431).

Vzorčenje Save je potekalo na začetku avgusta. Vzorci Save, zajeti vzdolž celotne struge v MOL (VM 451-466), niso bili strupeni.

Vzorca na VM 502 in 503 sta bila zajeta med vzorčenjem Ljubljanice konec avgusta. Sava je bila zajeta po izlivu Ljubljanice, ki se zliva v Savo z desne strani. Vzorec, zajet blizu levega brega, ni bil strupen (VM 502), medtem ko je bil vzorec, zajet blizu desnega brega, strupen (VM 503). Zaradi močne obarvanosti Ljubljanice, ki se je obdržala od izlitja ljubljanske kanalizacije v Zalogu, je bilo jasno razvidno, da ob desnem bregu teče strupena voda iz Ljubljanice, ki se le počasi zmaša z vodo iz Save.

POTOKI IN BAJERJI

KOSEŠKI BAJER

Koseški bajer je priljubljena sprehajalna točka mesta Ljubljana. Prav tako je priljubljena ribolovna točka. Vzorčili smo ga sredi septembra, ko je bilo nekaj dni prej močno deževje. Na žalost so meritve pokazale, da je bil bajer kljub deževju na vseh vzorčnih mestih strupen. Strupenost je na omejenem področju (VM 759) zmanjšal nestrupen iztok (758P), drugi izmerjeni nestrupen pritok (VM 756P) pa ni imel na bajer v smislu strupenosti nobenega učinka.

Strupena voda iz Koseškega bajerja (VM 753) se izliva v potok, ki priteka iz naselja (VM 762) in je bil tudi sam strupen. Strupena voda potoka teče ob PST (VM 764), nato pa se izlije v Pržanec (glej Pržanec – drugo vzorčenje, VM 766).

GALJEVEC

Galjevec pride na površino iz cevi izpod Peruzzijeve ulice, kjer je prisoten močan vonj po kanalizaciji (VM 704). Do Ljubljanice teče po betonski strugi, vanj pa se iz obeh bregov na gosto izlivajo iztoki iz cevi. Vmes je ob VM 706 črpališče odpadnih vod VO-KA. Vzorec na VM 334 je bil zajet med vzorčenjem Ljubljanice konec junija, ko je vsaj 14 dni pred vzorčenjem prevladovalo sončno vreme in je bilo izjemno malo padavin. Takrat je bil Galjevec tik pred izlivom v Ljubljanico strupen. Vzorec je bil zajet s čolna. Zaradi težke dostopnosti po kopnem na tej točki nismo ponovno zajemali. Ostali vzorci so bili zajeti sredi septembra, ko je bilo že več padavin. Galjevec tokrat ni bil strupen.

JAREK OB JURČKOVI CESTI

Jarek se začne ob Peruzzijevi ulici (VM 714), kjer voda pride na površje iz kanala pod cesto in teče po jarku do izliva v Ljubljanico. Jarek teče tik ob Jurčkovi cesti in ga iz obeh strani obdaja gosto naselje. Vmes večkrat ponikne v cevi in spet pride na površje. Vzorec na VM

331 je bil zajet med vzorčenjem Ljubljaničice konec junija, ko je vsaj 14 dni pred vzorčenjem prevladovalo sončno vreme in je bilo izjemno malo padavin. Takrat je bila voda v jarku tik pred izlivom v Ljubljaničico rahlo strupena. Ostali vzorci so bili zajeti sredi septembra, ko je bilo že več padavin. Voda v jarku na poti proti Ljubljaničici je postajala vedno bolj motna in temno obarvana. Pri Ižanski cesti (VM 711) je bila na pogled že čisto črna. Kljub temu smo izmerili le rahlo strupenost.

JAREK OB TRGOVINI E.LECLERC

Jarek smo vzorčili sredi septembra, ko je bilo nekaj več več padavin kot čez poletje. Vodo iz jarka, ki teče po regulirani kamniti strugi in se izliva v Prošco, smo zajemali blizu trgovine E.Leclerc. Vzorec zajet ob Jurčkovi cesti ni bil strupen (VM 715). Vzorec zajet konec ceste v smeri proti Dolenjski cesti pa je bil rahlo strupen (VM 716).

IŠČICA

Iščico smo začeli vzorčiti pri Joškovem štradonu (VM 403), od koder teče do mostu Ižanske ceste po nenaseljenem območju. Vzorčili smo konec julija, ko je najmanj dva tedna prevladovalo sončno vreme z občasnimi vročinskimi nevihtami. Iščica ni bila strupena po nenaseljenem območju, pri mostu Ižanske ceste, kjer so hiše tik ob strugi pa je bila močno strupena (VM 412). Vzorec na VM 317 je bil zajet mesec prej med vzorčenjem Ljubljaničice, ko je vsaj 14 dni pred vzorčenjem prevladovalo sončno vreme in je bilo izjemno malo padavin. Takrat Iščica tik pred izlivom v Ljubljaničico ni bila strupena (VM 317). Vzorec je bil zajet s čolna. Zaradi težke dostopnosti po kopnem na tej točki nismo ponovno zajemali.

IŠKA

Iška priteče v MOL po Ljubljanskem barju. Kljub temu, da od Tomišlja teče po nenaseljenem območju, pa so njeni bregovi priljubljeno divje odlagališče odpadkov še precej daleč od Tomišlja. Blizu Črne vasi, kjer se začne naselje, odpadkov v času vzorčenja ni bilo. Vzorčili smo konec julija, ko je najmanj dva tedna prevladovalo sončno vreme z občasnimi vročinskimi nevihtami. Na levem bregu Iške je makadamska cesta. Ob njej so hiše, ob katerih je izkopen kanal vzporedno s cesto. Vzorce smo zajemali tako v kanalu kot v Iški, se pravi na obeh straneh makadamske ceste. Kanal se izliva v Iško ob glavni cesti Črna vas – Podpeč. Vzorci iz kanala so zato poleg številke označeni s "P". Voda ob kanalu ni bila strupena, čeprav so bile izpod nekaterih hiš vidne cevi. Strupena je bila šele pod dovozom do kolibe za hišami (VM 420P). Strupenost se je do izliva v Iško že precej zmanjšala (VM 422P). Iška ni bila strupena.

Vzorec na VM 302 je bil zajet mesec prej med vzorčenjem Ljubljaničice, ko je vsaj 14 dni pred vzorčenjem prevladovalo sončno vreme in je bilo izjemno malo padavin. Takrat Iška tik pred izlivom v Ljubljaničico ni bila strupena. Vzorec je bil zajet s čolna. Zaradi težke dostopnosti po kopnem na tej točki nismo ponovno zajemali.

DOLGI POTOK

Dolgi potok priteče iz Golovca v Gmajno ter teče v kanalu ob hišah in cesti. Pri hiši Ob potoku 9 ponikne v cev (VM 664) in pride na površje šele za Litijško cesto. Vzorčili smo na začetku septembra, ko se je že začelo poznopoletno deževje. Dolgi potok na vseh vzorčnih

mestih ni bil strupen. Ob zajemanju Ljubljanice konec avgusta je bila njegova struga pred izlivom v Ljubljano suha.

GRABEN

Graben teče iz Golovca skozi Spodnjo Hrušico proti Fužinam. Vzorčili smo ga na začetku septembra, ko se je že začelo pozno-poletno deževje. V naselju je bil Graben strupen, pod mostom Litijske ceste pa voda ni bila več strupena. Pred izlivom v Ljubljano je bila struga prazna.

BIZOVIŠKI POTOK

Bizoviški potok teče skozi Bizovik po regulirani kamniti strugi. Začetni vzorci so bili zajeti še pred naseljem, ko je Bizoviški potok teče še po gozdnih tleh. Vzorčili smo na začetku septembra, ko se je že začelo pozno-poletno deževje. Bizoviški potok, kot tudi njegov pritok izpod vzhodne ljubljanske obvoznice, nista bila strupena.

RASTUČNIK

Rastučnik smo zajeli ob Cesti II. grupe odredov, naprej pa je bila struga suha. Vzorčili smo ga na začetku septembra, ko se je že začelo pozno-poletno deževje. Rastučnik na zajetem mestu ni bil strupen.

BAJER V BLIŽINI RASTUČNIKA

Bajer je bil močno zaraščen. Vzorčili smo ga na začetku septembra, ko se je že začelo pozno-poletno deževje. Zajeli smo blizu brega. Voda je bila tam strupena.

DOBRUNJŠČICA IN BETEŽICA

Dobrunjščica teče iz smeri Sadinje vasi skozi Sostro, kjer se združi z Betežico. Vzorčili smo na začetku septembra, ko se je že začelo pozno-poletno deževje. Dobrunjščica in njen pritok Podmolniški graben (VM 679P) nista bila strupena. Betežica tik pred zlitjem z Dobrunjščico je bila rahlo strupena (VM 681 B)

ŠIVNIK

Šivnik priteče iz okolnih hribov in teče do Ljubljanice po nenaseljenem območju. Vzorčili smo ga na začetku septembra, ko se je že začelo pozno-poletno deževje. Šivnik na zajemnem mestu ni bil strupen.

GRADOLSKI POTOK

Gradolski potok priteče iz okolnih hribov v naselje Boškaj. Vzorčili smo ga na začetku septembra, ko se je že začelo pozno-poletno deževje. Zajeli smo ob glavni cesti, kjer je struga Gradolskega potoka urejena v kamnitih bregovih in dnu. Gradolski potok je bil na tem mestu rahlo strupen.

GOSTINCA

Gostinca teče po nenaseljenem območju, večinoma gozdu. Blizu izliva v Savo teče mimo manjšega števila hiš. Vzorčili smo jo na začetku septembra, ko se je že začelo pozno-poletno deževje. Rahlo je bila strupena le ob glavni cesti ob železnici. Vzorec na VM 459 je bil zajet med vzorčenjem Save začetek avgusta, ko je prevladovalo sončno vreme z občasnimi vročinskimi nevihtami. Zajet je bil na istem mestu kot 688, vendar takrat voda ni bila strupena.