

Program čezmejnega sodelovanja Slovenija-Italija 2007-2013

Projekt GEP



NACIONALNI LABORATORIJ ZA
ZDRAVJE, OKOLJE IN HRANO



WP6

SMERNICE ZA SPREMLJANJE KAKOVOSTI KRAŠKIH VODNIH VIROV

Avtorici: Janja Kogovšek in Metka Petrič
Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU (PP1)

Projekt GEP sofinanciran v okviru Programa čezmejnega sodelovanja Slovenija-Italija 2007-2013 iz sredstev Evropskega sklada za regionalni razvoj in nacionalnih sredstev
Progetto GEP finanziato nell'ambito del Programma per la Cooperazione Transfrontaliera Italia-Slovenia 2007-2013, dal Fondo europeo di sviluppo regionale e dai fondi nazionali.



REPUBLIKA SLOVENIJA
SLUŽBA VLADE REPUBLIKE SLOVENIJE ZA RAZVOJ
IN EVROPSKO KOHEZIJSKO POLITIKO



Ministero dell'Economia
e delle Finanze



2007-2013
cooperazione territoriale europea
programma per la cooperazione
transfrontaliera
Italia-Slovenia
evropsko teritorialno sodelovanje
program Čezmejnega sodelovanja
Slovenija-Italija



Investiamo nel
vostro futuro!
Naložba v vašo
prihodnost!
www.ita-slo.eu

Progetto cofinanziato dal Fondo europeo di
sviluppo regionale
Projekt sofinancira Evropski sklad
za regionalni razvoj

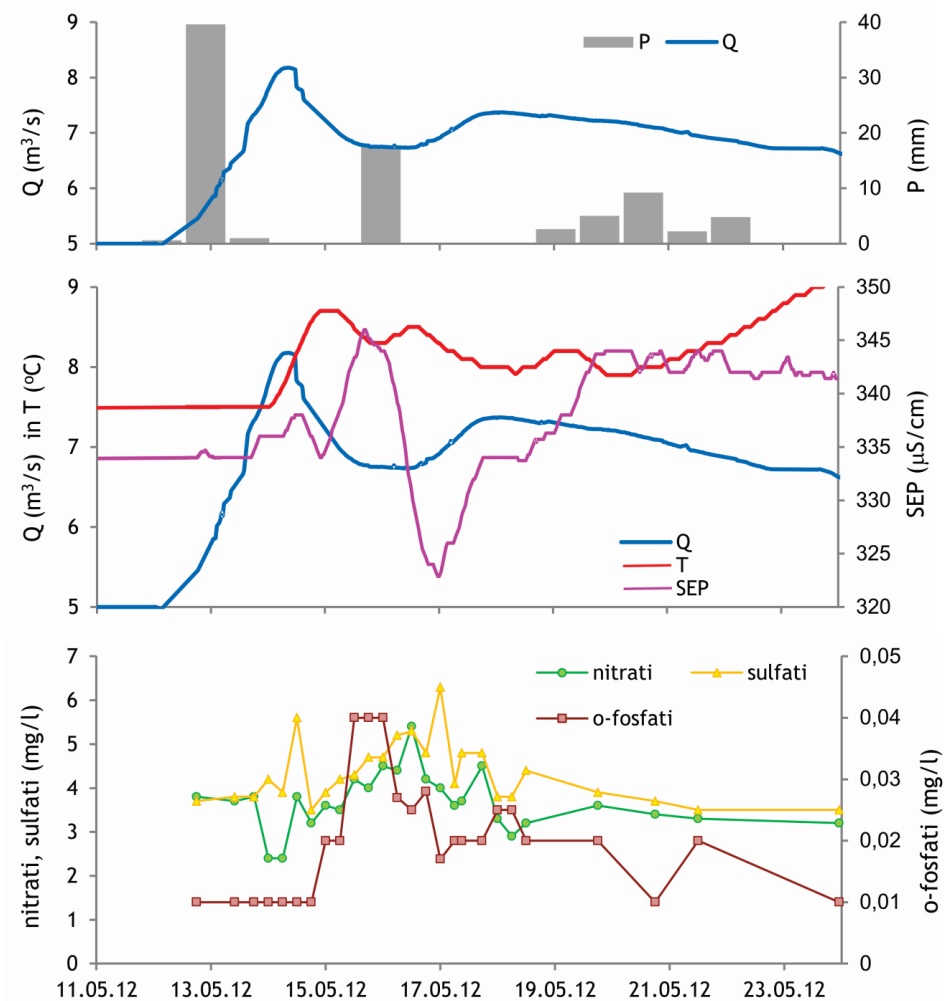
1. SPLOŠNE SMERNICE

Lastnosti kraških izvirov se ob različnih hidroloških razmerah različno hitro spreminjajo in temu moramo ustrezno prilagoditi tudi spremljanje njihove kakovosti. Če želimo zajeti celotni spekter kakovostnega stanja (od najnižje do najvišje vrednosti parametrov onesnaženja), moramo monitoring izvajati ob različnih vodostajih. Številne opravljene raziskave so pokazale, da slabo kakovostno stanje surove vode najbolj verjetno zaznamo z vzorčenjem v izbranem vodnem valu (ob naraščanju in nato upadanju pretoka) po daljšem sušnem obdobju. Ob dovolj intenzivnem padavinskem dogodku vzorčimo v času od začetnega nizkega pretoka, faze naraščanja in po doseženem vrhu upadanja pretoka do vrnitve v razmere nizkega vodostaja. Ker so spremembe v vodnem valu zelo hitre, je potrebno začeti z vzorčenjem v začetku padavinskega dogodka, potem pa v času spreminjanja pretoka nadaljevati v intervalu vsakih nekaj ur. Pomembno je, da odvezamo več vzorcev v vodnem valu od začetka naraščanja do sredine upadanja pretoka, saj so v tem obdobju običajno spremembe kakovosti vode največje. Monitoring kakovosti kraških vodnih virov mora biti torej vezan neposredno na dinamiko pretakanja vode (Slika 1).

Dosedanje raziskave so pokazale, da prenos onesnaženja sprožijo le dovolj izdatne padavine, ki se odražajo z ustrezno povečanim pretokom kraških izvirov. Pri načrtovanju vzorčenja moramo zato predhodno oceniti, kolikšne padavine in v kakšnih pogojih bodo zadostne. Zanesljivost ocene je odvisna od stopnje poznavanja delovanja opazovanega kraškega sistema in je dovolj visoka le v primeru, da so bile na tem območju že opravljene predhodne hidrogeološke raziskave.

Za načrtovanje monitoringa kakovosti surove vode je potrebno pridobiti podatke o pretokih ali vsaj nivojih vode v opazovanih vodnih virih. Zelo koristne so vzoredne zvezne meritve temperature in električne prevodnosti, saj nam začetek sprememb teh parametrov nakazuje tudi začetek dotoka novo infiltrirane padavinske vode, ki iztisne uskladiščeno onesnaženje iz slabše prepustnih con vodonosnika. Zbrani podatki so nam v pomoč pri interpretaciji rezultatov analiz. Meritve opisanih fizikalnih parametrov so lahko izvedljive, merilna oprema pa relativno poceni.

Mesta vzorčenja surove vode so na kraških območjih različna. Najbolj običajno in enostavno je spremljanje kakovosti v kraških izviroh. Pogosto pa nas zanima stanje podzemne kraške vode na mestih, ki so precej oddaljena od izvirov. Možnost koristnih in zgodnjih informacij ponujajo kraške jame z vodnim tokom, a se lahko pojavijo težave zaradi njihove težke dostopnosti, saj vzorčevalci večinoma niso usposobljeni za spuščanje v globoke kraške jame. Možna rešitev je sodelovanje z lokalnimi jamarji. V medzrnskih vodonosnikih so vrtine tisti objekti, ki omogočajo pridobitev podatkov o kakovosti podzemne vode na izbrani lokaciji. V krasu je uporabnost vrtin zelo omejena, saj so zaradi heterogene zgradbe krasa le redko reprezentativne za opis stanja kakovosti vode na širšem območju.



Slika 1: Primerjava meritev padavin (P), pretoka (Q), temperature (T) in specifične električne prevodnosti (SEP) z rezultati kemijskih analiz odvzetih vzorcev kaže na značilno spreminjanje parametrov ob različnih hidroloških pogojih.

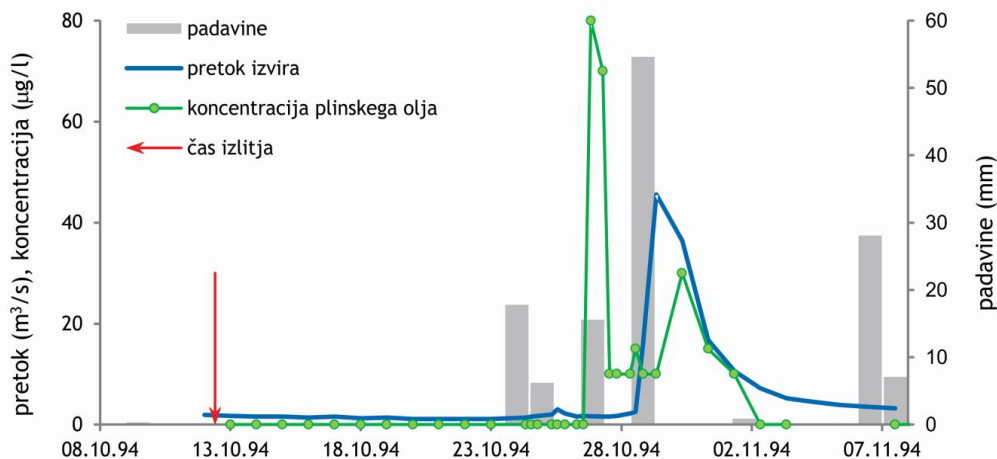
2. SPREMLJANJE KAKOVOSTI KRAŠKIH VODNIH VIROV OB IZREDNIH DOGODKIH

Opisane splošne smernice veljajo tudi za spremljanje kakovosti kraških vodnih virov ob izrednih dogodkih. Potrebno pa jih je ustrezno prilagoditi dejstvu, da gre v tem primeru za časovno in prostorsko točno določen pojav onesnaženja z običajno poznano sestavo.

Kam in na kakšen način se bo onesnaženje širilo, je odvisno predvsem od hidrogeoloških značilnosti območja. Smeri ter značilnosti pretakanja vode in prenosa snovi je možno oceniti na osnovi opravljenih predhodnih hidrogeoloških raziskav. Osnovni podatki so dostopni v ustrezni literaturi, sodelovanje hidrogeologov pa lahko bistveno izboljša zanesljivost napovedi verjetnosti ter lokacije in časa pojava onesnaženja v opazovanih vodnih virih. Zelo koristno je tudi pridobljeno znanje ob spremljanju izrednih dogodkov v preteklosti, saj omogoča bolj učinkovito ukrepanje.

Poleg značilnosti kraškega vodonosnika imajo odločilen vpliv na prenos onesnaženja hidrološki pogoji. V sušnih razmerah je ob izlitju tekočine sicer možen hiter prenos po najbolj prepustnih kraških kanalih, a prevladuje začasno uskladiščenje v slabo prepustnem delu vadozne cone. Če pa je vnos snovi razpršen in manj intenziven, prihaja v takih razmerah le do uskladiščenja. Šele dovolj intenzivne padavine v času po izrednem dogodku (lahko tudi šele čez več mesecev) iztisnejo to

onesnaženje skozi izvire (slika 2). Kadar pa je vadozna cona zaradi predhodnih in trenutnih padavin dobro namočena z vodo, je prenos večjega dela onesnaženja proti kraškim vodnim virom hiter in zvezen.



Slika 2: Po izlitju 16 m³ plinskega olja v prometni nesreči 12. oktobra je potekalo vzorčenje 1-krat dnevno, po prvem dežju 24. oktobra pa v krajšem časovnem intervalu (3-krat dnevno). Po zmanjšanju koncentracije plinskega olja 29. oktobra je bil interval spet daljši. V bolj izrazitem vodnem valu, ki je sledil, so se koncentracije povečale. Žal je v tem obdobju vzorčenje še naprej potekalo v daljšem intervalu in je bilo spremljanje pojava onesnaženja premalo natančno. V celotnem vodnem valu bi bilo potrebno nadaljevati z vzorčenjem v krajšem intervalu. V obdobju opazovanja je skozi izvir izteklo le 0,5 % razlite količine.

2.1 Pridobivanje podatkov ob izrednem dogodku

Za oceno ogroženosti vodnih virov je potrebno najprej pridobiti osnovne podatke o izrednem dogodku in hidroloških razmerah:

- **lokacija izrednega dogodka:** natančna lokacija in način vnosa v kraško podzemlje (razpršeno s kraškega površja ali v vodni tok);
- **tip in količina onesnaženja;**
- **hidrološke razmere:** podatki o pretokih ali nivojih vode v opazovanih izviroh (podatki upravljavca ali objave na spletni strani ARSO) in spremljanje vremenske napovedi.

Na osnovi obstoječega znanja o značilnostih območja izrednega dogodka je potrebno:

- opredeliti ogrožene vodne vire in izdelati **seznam mest vzorčenja;**
- organizirati merjenje ali pridobiti podatke (iz že obstoječe mreže merilnih postaj) o **padavinah** na območju izrednega dogodka in **pretokih ali nivojih vode** na točkah odvzema vzorcev;
- izdelati **načrt vzorčenja.**

2.2 Izdelava načrta vzorčenja

Izdelava načrta vzorčenja je zelo pomembna za učinkovit nadzor spreminjanja kakovosti vodnega vira po izrednem dogodku. V nadaljevanju je navedenih nekaj osnovnih smernic za pripravo tega načrta. Ker pa so kraški vodonosniki heterogeni sistemi z izjemno kompleksnim delovanjem, ki se hitro odzivajo na spremembe v hidroloških razmerah, je za zagotavljanje večje zanesljivosti in učinkovitosti spremljanja kakovosti vodnih virov zelo koristno sodelovanje strokovnjaka s področja kraške hidrogeologije.

Pri izdelavi načrta odvzema vzorcev surove vode je potrebno upoštevati način vnosa onesnaženja v kraški vodonosnik in padavinske razmere:

- **Vnos onesnaženja v vodni tok** (pretakanje je hitrejše): čim prej izvedemo prvo vzorčenje (za oceno stanja pred izrednim dogodkom). Nato vzorčimo v daljšem časovnem intervalu (npr. 1-krat dnevno) in sproti analiziramo vzorce. Ko zaznamo spremembe, najverjetneje pa po prvih padavinah ob naraščanju pretoka, vzorčimo v krajšem intervalu (npr. 3-krat dnevno). Ko se vzpostavijo razmere nizkega vodostaja, lahko interval odvzema podaljšamo (1-krat dnevno). Ob pojavu naslednjih padavin je možen nadaljnji prenos onesnaženja, a so koncentracije običajno dosti manjše.
- **Onesnaženje na kraškem površju** (pretakanje in prenos onesnaženja sta vezana na padavine): čim prej izvedemo prvo vzorčenje in nato nadaljujemo v daljšem časovnem intervalu (vsake 2 do 3 dni). Po padavinah (dovolj intenzivnih, da se oblikuje vodni val) začnemo z vzorčenjem v krajšem časovnem intervalu (2 do 3-krat dnevno). Ko se spet ustalijo razmere nizkega vodostaja, lahko interval odvzema podaljšamo. Ob pojavu naslednjega vodnega vala ga spet skrajšamo, saj po vsakih dovolj izdatnih padavinah prihaja do pomembnega prenosa onesnaženja še dalj časa.

Načrtovanje nadaljnjega vzorčenja je odvisno od **rezultatov sprotnih analiz** odvzetih vzorcev surove vode. Če zaznamo onesnaženje, je interval vzorčenja kratek in ga spet podaljšamo šele takrat, ko vrednosti parametrov onesnaženja upadajo. V primeru razlitja na površju je prenos onesnaženja bolj dolgotrajen kot v primeru izlitja v vodni tok. Lahko traja več mesecev, tudi več let. Pojavlja se po vsakih nadaljnjih padavinah, ob vmesnih nizkih vodostajih pa izostane.

2.3 Obdelava rezultatov meritev in analiz

Sprotna obdelava rezultatov meritev in analiz nam omogoča bolj učinkovito načrtovanje nadaljnjega monitoringa. Na osnovi podatkov o količini iztekle vode v obdobju opazovanja (pretok) in koncentracij parametra onesnaženja lahko izračunamo, kolikšen delež onesnaženja, ki se je sprostil ob izrednem dogodku, je iztekel skozi opazovani vodni vir. Ta podatek nam omogoča oceno verjetnosti pojavljanja onesnaženja v naslednjih vodnih valovih in načrtovanje trajanja spremljanja kakovosti vodnega vira po izrednem dogodku.

Kdaj je smiselno končati z vzorčenjem v kraškem vodnem viru, v katerem onesnaženje ni bilo zaznано, je odvisno od hidrogeoloških značilnosti območja in hidroloških razmer.

LITERATURA

1. Drew, D., Hötzl, H. (ur.), 1999: Karst Hydrogeology and Human Activities.- A.A. Balkema, 322 pp, Rotterdam, Brookfield.
2. Knez, M., Petrič, M., Slabe, T. (ur.), 2011: Krasoslovje v razvojnih izzivih na krasu I - Voda. Založba ZRC, 167 pp, Ljubljana.
3. Kogovšek, J., Pipan, T., 2008a: Kemijsko-fizikalne in biološke metode za ocenjevanje kakovosti kraških vodnih virov. V: Luthar, O. et al. (ur.), Kras [trajnostni razvoj kraške pokrajine]. Založba ZRC, str. 69-71, Ljubljana.
4. Kogovšek, J., Pipan, T., 2008b: Monitoring fizikalnih, kemijskih in bioloških parametrov v izbranih kraških izviroh, rekah in jami. V: Luthar, O. et al. (ur.), Kras [trajnostni razvoj kraške pokrajine]. Založba ZRC, str. 72-76, Ljubljana.
5. Kogovšek, J., Petrič, M., 2008c: Onesnaženje z avtocest in odlagališč odpadkov. V: Luthar, O. et al. (ur.), Kras [trajnostni razvoj kraške pokrajine].- Založba ZRC, str. 77-81, Ljubljana.