

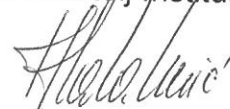
**GEOLOŠKA I HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA NA
PODRUČJU PREDLOŽENE LOKACIJE CENTRA ZA
GOSPODARENJE OTPADOM SPLITSKO-DALMATINSKE
ŽUPANIJE KOD LEĆEVICE**

DOPUNSKO IZVJEŠĆE

**REZULTATI TRASIRANJA JAME NA LOKACIJI
CENTRA**

Broj: 90/06

Ravnatelj Instituta:



Dr.sc. Josip Halamić, dipl.ing.geol.

Zagreb, kolovoz 2006.

PROJEKT:

**GEOLOŠKA I HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA NA
PODRUČJU PREDLOŽENE LOKACIJE CENTRA ZA
GOSPODARENJE OTPADOM SPLITSKO-DALMATINSKE
ŽUPANIJE KOD LEĆEVICE**

DOPUNSKO IZVJEŠĆE

REZULTATI TRASIRANJA JAME NA LOKACIJI CENTRA

NARUČITELJ:

**INSTITUT GRAĐEVINARSTVA HRVATSKE d.d.
Janka Rakuše 1, 10 000 Zagreb**

IZVRŠITELJ:

**HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT
Sachsova 2, 10000 Zagreb**

Voditelji projekta:

Dr.sc. Tvrтко Korbar, dipl.ing.geol.
Mladen Kuhta, dipl.ing.geol.

Autori dopunskog izvješća:

Mladen Kuhta, dipl.ing.geol.
Andrej Stroj, dipl.ing.geol.

Terenski radovi:

Mladen Kuhta, dipl.ing.geol.
Andrej Stroj, dipl.ing.geol.
Josip Kolarić, teh.
Stipe Določ, teh.

Laboratorijska obrada uzoraka:

Mr.sc. Tamara Marković, dipl.ing.geol.

Zagreb, kolovoz 2006.

SADRŽAJ:

1. Uvod	3
2. Opće napomene	3
3. Izvedba trasiranja	4
4. Opažачka mreža i dinamika uzorkovanja	6
5. Rezultati	8
6. Zaključak	10

PRILOZI:

Prilog 1: Tablični prikaz rezultata analiza na sadržaj uranina u vodi izvora Jadra.

1. Uvod

Predmetni radovi trasiranja podzemnih voda izvedeni su temeljem ugovora između Instituta građevinarstva Hrvatske (ugovor br. 2-2410-3-0053/06, radni nalog br. U0195/02 od 08.02.2006.) i Hrvatskoga geološkog instituta (ugovor br. 493/06), u svezi izvršenja dijela posla na projektu „Izvođenja prethodnih istražnih radova na lokaciji Lećevica-Biluš“ za račun krajnjeg korisnika, Splitsko-dalmatinske županije.

Rezultati sveobuhvatnih geoloških i hidrogeoloških istraživanja predani su naručitelju u lipnju 2006. godine. S obzirom na to da do tada nije završen planirani ciklus praćenja istjecanja trasera, a koji je prema programu istraživanja trebao trajati 90 dana od dana njegovog upuštanja u podzemlje, nalazi provedenog ispitivanja zasebno su elaborirani u ovom dopunskom izvješću. Ovim izvješćem u potpunosti su realizirani svi ugovoreni istražni radovi.

2. Opće napomene

Razmatrano područje tipičan je krški teren bez stalnih ili povremenih površinskih tokova, pa samim tim na njemu nema ponora, odnosno mjesta pogodnih za izvođenje trasiranja podzemnih voda. U takvoj sredini trasiranje je uvijek teško izvedivo, a rezultati su upitni. Jedna od mogućnosti je izvedba bušotina, po mogućnosti do podzemne vode, te u slučaju dobre upojnosti, utiskivanje trasera s dodatnom vodom za njegovo ispiranje i potiskivanje. Na lokaciji Centra to je učinjeno u bušotini B-2 ali su rezultati nažalost izostali. Mogući razlozi za takav ishod su mnogobrojni.

Druga mogućnost je ulijevanje trasera u prirodne krške jame. Idealna situacija je kada u njoj postoji prirodan vodeni tok, makar i vrlo male izdašnosti. Na terenima poput ispitivanog, gdje dubina do vode iznosi više stotina metara, to je rijedak slučaj. To je potvrdio i pregled dubokih jama u kojima unatoč dubinama od 210 i 178 m, nikakvo tečenje nije konstatirano. Dakle trasiranje je trebalo izvesti iz suhog speleološkog objekta. Opravdanost izvođenja takvog ispitivanja je u samom mehanizmu nastanka tih pojava. Dobro je poznato da speleološki objekti nastaju kao posljedica cirkulacije vode u podzemlju, gdje ona otapa matičnu stijenu i proširuje inicijalne pukotine, što ponekad u konačnici dovodi do stvaranja podzemnih kanala i prostora vrlo velikih dimenzija. Premda različitim intenzitetom, taj se proces odvija duž cijelog toka vode, dakle od njenog ulaska (infiltracije) u podzemlje, kroz nesaturiranu zonu pa dalje kroz vodonosnik sve do mjesta istjecanja. Zbog toga se speleološki objekti mogu smatrati sastavnim dijelom privilegiranih putova tečenja

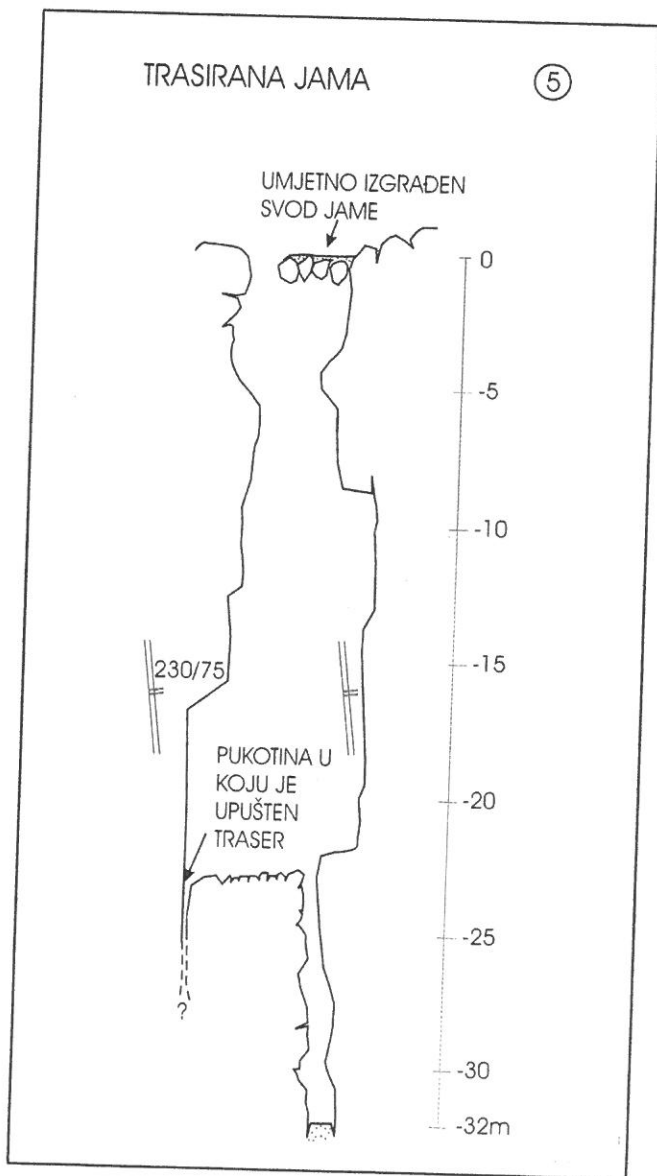
podzemnih voda, za razliku od bušotina koje mogu biti izvedene u kompaktnijem i slabije propusnom stijenskom bloku.

Ipak, speleološki objekti bez vodenog toka imaju i svojih nedostataka. Kao i prednosti, i oni proizlaze iz same geneze. Tijekom razvoja speleološki objekti mogu proći nekoliko faza, od one intenzivnog stvaranja i proširivanja kanala do njihovog zarušavanja, ispunjavanja raznim sedimentima, zatvaranja kanala intenzivnim taloženjem kalcitnih nakupina (siga) itd.. Sve te faze mogu se višestruko ponoviti. U takvoj situaciji, bez obzira na dubinu i prostranost istraženog dijela objekta, nije moguće sa sigurnošću tvrditi da će i nastavak tečenja, kroz nama nepoznate dijelove, brzo voditi do podzemne vode. Začepljenost pregledu nedostupnih kanala u nastavku glinom ili istaloženim kalcitom imat će za posljedicu vrlo dugo zadržavanje trasera i relativno malih količina utisnute vode. Njegovo sporo procjeđivanje iz te "klopke", a može ih biti i više, imat će za posljedicu postupno pritjecanje malih količina trasera u vodonosnik. U takvim okolnostima razrjeđenje će biti preveliko, pa će rezultat cijelog zahvata izostati. Jedina garancija da do toga neće doći jest postojanje koncentriranog toka u objektu. Kako je već spomenuto, na istraživanom području takvog objekta nažalost nema.

3. Izvedba trasiranja

Nakon pregleda 17 speleoloških objekata odlučeno je da se trasiranje izvede iz Jama br. 5 (skica; slika 1). Ova jama odabrana je zbog značajnih dimenzija istraženog dijela (dakle i u nastavku se mogu očekivati kanali većih dimenzija), izrazite razlomljenosti stijene uz jasno vidljive proširene pukotine, činjenice da je formirana u dobro propusnim naslagama i na koncu ali ne najmanje važno, nalazi se na samoj lokaciji Centra na koti 456 m n.m.. Kao mjesto upuštanja trasera u samoj jami odabrana je proširena tektonska pukotina (15-20 cm) uz istočni bok dvorane na dubini od 23 m (fot. 1). Kanal koji se na suprotnoj strani spušta još 9 m niže nije odabran zbog znatne količine gline na njegovo dnu.

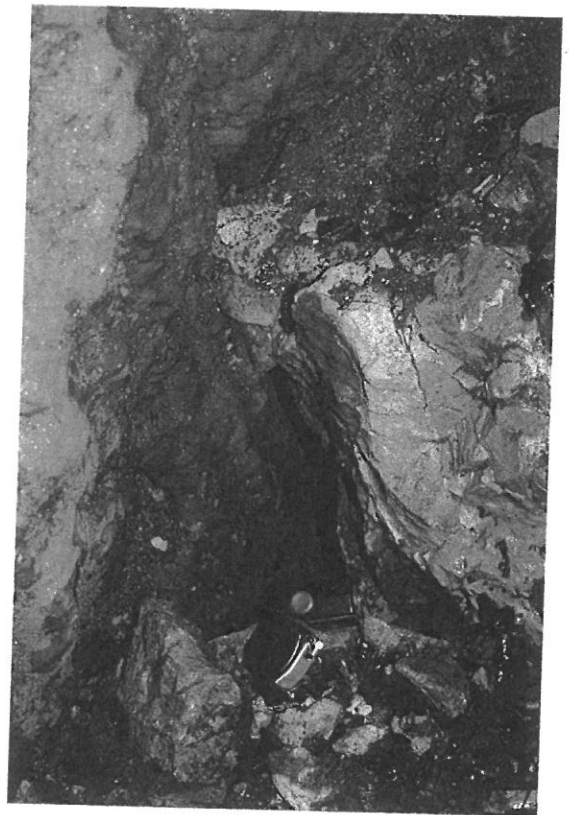
Trasiranje je izvedeno 16.5.2006. godine sa 60 kg Na-floresceina (uranin) visoke koncentracija, otopljenog u 300 L vode s dodatkom 30 kg NaOH za bolju topljivost boje (fot. 3). Prije ulijevanja trasera u odabranu pukotinu spušten je cjevovod od vatrogasnih crijeva (fot. 2) i utisnuto 20 m³ vode dopremljene auto-cisternom. Sva voda trenutno je nestajala u pukotini. Nakon provjere upojnosti, u 12:30 upuštena je boja. Potom je uslijedilo njeno ispiranje i potiskivanje pomoću ukupno 80 m³ vode. Zbog udaljenosti lokacije od hidranta u Lećevici, te vremena potrebnog da se napuni, a potom i isprazni cisterna od 10 m³, ovaj postupak trajao je 12 sati (do 00:30, 17.6.). Cijeli postupak-pripreme i trasiranja izveden je uz nadzor mr.sc. Zdravka Brajkovića iz Hrvatskih voda u Splitu, te u prisutnosti predstavnika nekoliko ekoloških udruga.



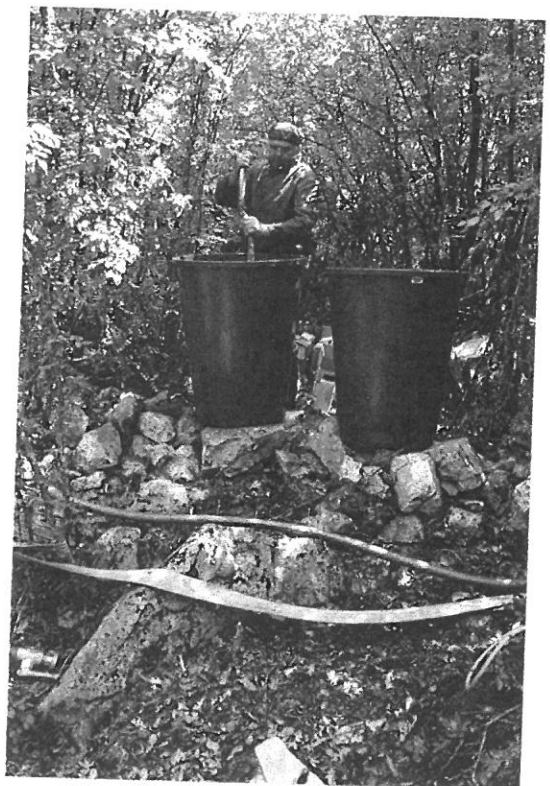
Slika 1: Skica trasirane jame na lokaciji Centra



Fot. 2: Upuštanje trasera i vode za ispiranja kroz vatrogasno crijevo



Fot. 1: Pukotina u koju je upušten traser



Fot. 3: Priprema trasera neposredno ispred ulaza u jamu

4. Opažačka mreža i dinamika uzorkovanja

Mjesta opažanja odabrana su na temelju analize rezultata dosadašnjih hidrogeoloških istraživanja i usuglašena s kolegom Brajkovićem iz Hrvatskih voda. Opažani izvori, njihova udaljenost od trasirane jame, te visinska razlika i pripadni hidraulički gradijent prikazani su u tablici 1. Kote izvora i kota ulaza u jamu očitane su s topografske karte M 1:25 000.

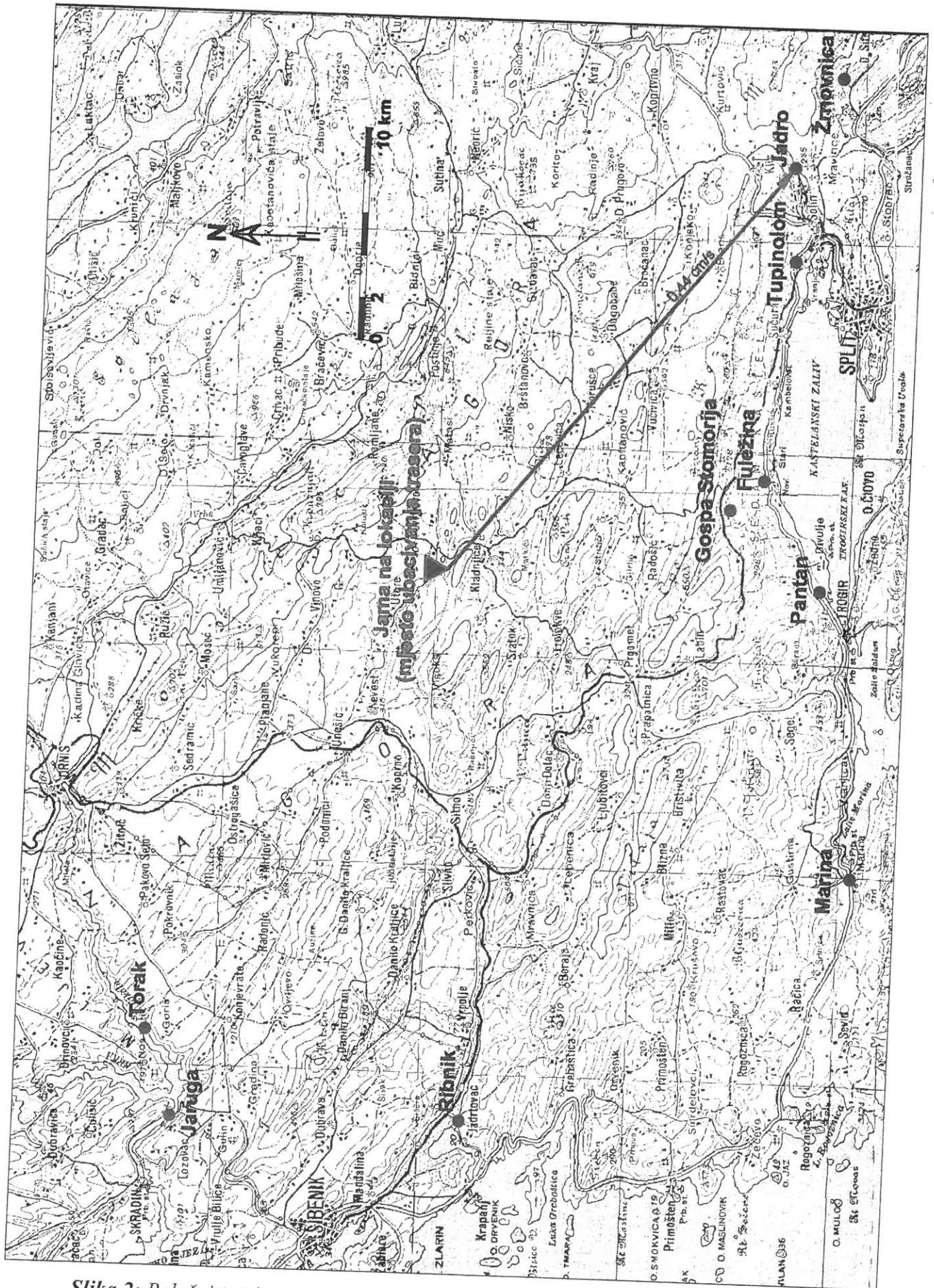
Tablica 1: Pregled opažanih izvora:

Naziv izvora	Udaljenost (km)	Z (m n.m.)	ΔH (m)	H. G. 1* (%)	H. G. 2** (%)
Žrnovnica	29,8	85	371	1,24	0,20
Jadro	25,15	45	411	1,63	0,40
Tupinolom	22,03	95	361	1,64	0,23
Fuležina	15,73	15	441	2,80	0,83
Pantan	17,9	4	452	2,53	0,79
Marina	24,37	0	456	1,87	0,60
Ribnik	26,21	3	453	1,73	0,55
Jaruga I i II	29,1	8	448	1,54	0,47
Torak	26,7	49	407	1,52	0,36
Gospa Stomorija	13,83	96	360	2,60	0,36

* Hidraulički gradijent izračunat na osnovi visinske razlike (ΔH) između ulaza u jamu (456 m n.m.) i izvora

** Hidraulički gradijent izračunat na osnovi podatka o razini podzemne vode izmjerene u bušotini B-2 u sušnom razdoblju (146 m n.m., ECOINA - 16.08.2004.).

Prije ubacivanja trasera na svim izvorima uzeti su nulti uzorci, a redovito opažanje svakih 12 sati počelo je 16.5.06. u 20:00. Zbog prestanka rada crpilišta na teško pristupačnom izvoru Torak na njemu su za registriranje eventualne pojave trasera korištene doze s aktivnim ugljenom, koje su mijenjane svakih 7 dana. Takvim načinom opažanja nije moguće odrediti točno vrijeme nailaska i koncentraciju trasera ali se može pouzdano konstatirati njegova pojava unutar promatranog intervala (7 dana). Nakon napisa u novinama o pojavi boje na čitavom nizu izvora, u opažačku mrežu je 8.6.06. uključen i izvor kod crkvice Gospe Stomorije iznad Kaštela. Ovdje odmah treba reći da navodna pojava trasera (Pantan, Jadro, Krka itd.) o kojoj su pisale novine nije potvrđena u našim uzorcima. Nakon 55 dana na svim je izvorima prorijeđen režim uzorkovanja pa su oni u narednih 35 dana prikupljani jednom dnevno (oko 8:00). Opažanje je trajalo do 14.8.06., dakle punih 90 dana.



Slika 2: Položaj trasirane jame i opažanih izvora, te utvrđena podzemna vodna veza.

Položaj opažanih izvora u odnosu na mjesto ubacivanja boje prikazan je na slici 2. Na svim mjestima opažanja uzorci su čuvani u zatvorenim kutijama radi sprečavanja pada koncentracije trasera uslijed izlaganja svjetlu, a svakih desetak dana transportirani su u Zagreb na analizu.

Analize prisutnosti uranina izvedene su u laboratoriju Hrvatskog geološkog instituta, na luminiscence spektrometru „Perkin Elmer LS 55“, pomoću kojeg je moguće pouzdano odrediti koncentracije trasera iznad 0,0001 mg/L. Ukupno je obrađeno 1413 uzoraka vode, te 13 doza s aktivnim ugljenom. Analize je izvela mr.sc. Tamara Marković, dipl.ing.geol.

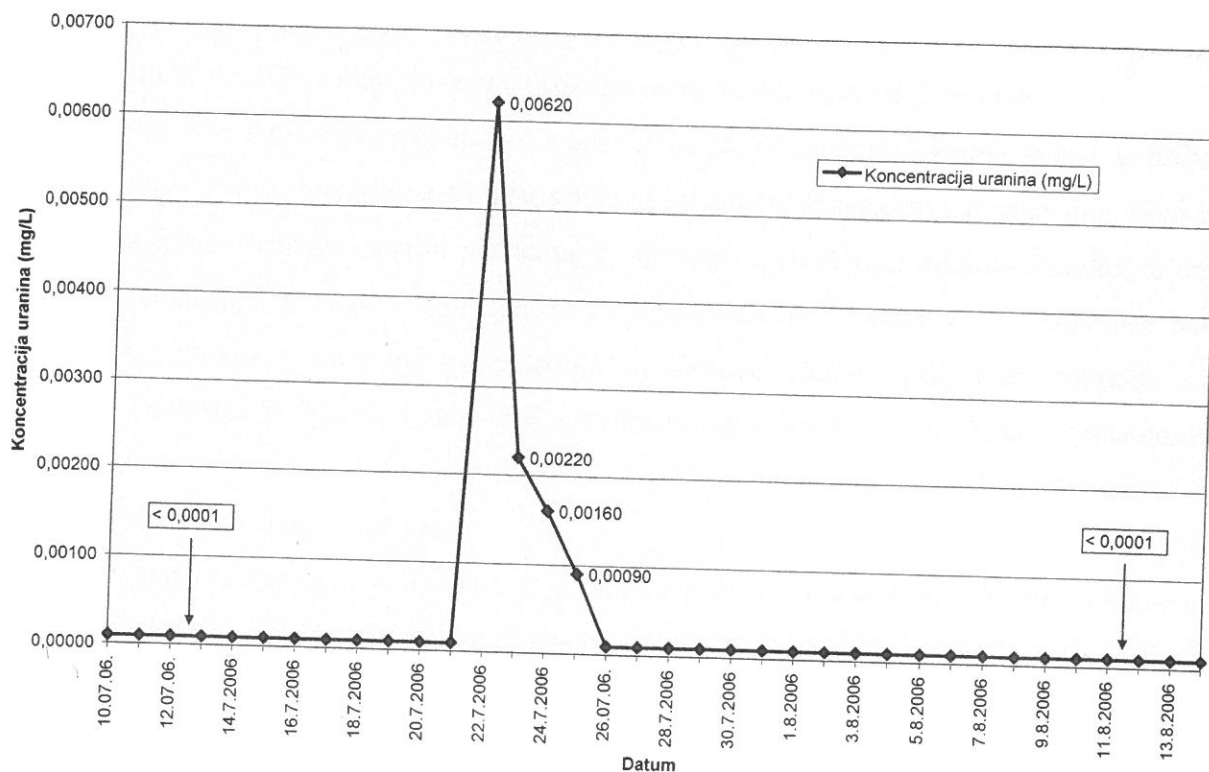
5. Rezultati

U promatranom razdoblju opažanja (16.05. do 14.08.06.) pojava trasera registrirana je jedino na izvoru Jadro. Prva pojava boje i to ujedno s najvećom koncentracijom od 0,0062 mg/L, konstatirana je na uzorku uzetom u 8 sati 22.07.06. Istjecanje boje ukupno je trajalo četiri dana. Krivulja istjecanja boje prikazana je na slici 3, a rezultati svih izvedenih analiza prikazani su tabelarno u prilogu 1. Budući da na ostalim izvorima boja nije registrirana, a prirodna florescencija vode je redovito bila ispod donje granice detekcije, odnosno manja od 0,0001 mg/L, tablice tih rezultata nisu priložene.

S obzirom na to da je izvor Jadra od mjesta ubacivanja boje udaljen oko 25,15 km, te da je od trenutka ubacivanja trasera do njegove prve registracije proteklo približno 66 dana i 20 sati, proizlazi da je prividna brzina toka podzemne vode iznosila 0,44 cm/s. Budući se smatra da su prosječne prividne brzine tečenja u našem kršu oko 4 cm/s, evidentno je da dobivena brzina spada u kategoriju sporijih. Zanimljiva je sličnost dobivene brzine onima određenim pri trasiranju ponora Čulina mlinica na području Kljaka kod Petrovog polja. Tada su prividne brzine toka prema Torku bile 0,77 cm/s, a prema izvorištu Jaruga 0,71 cm/s. *Slično?*

Na brzinu tečenja velik utjecaj imaju hidrološki uvjeti u kojima je trasiranje izvedeno. U tom smislu može se konstatirati da su u vrijeme ubacivanja trasera vladali prosječni hidrološki uvjeti, a da su prema kraju razdoblja opažanja postupno prevladavali uvjeti niskih voda. Sukladno uvriježenom mišljenju, pri visokim vodnim stanjima može se očekivati i nešto veća prividna brzina podzemnog toka prema izvoru Jadra od ovom prilikom utvrđene.

S obzirom na zabilježene koncentracije trasera, distribuciju i ukupno trajanje njegovog istjecanja, konstatirana podzemna vodna veza između područja planirane izgradnje Centra i izvora Jadra može se smatrati pouzdano potvrđenom.



Slika 3: Dijagram istjecanja trasera (uranin) na izvoru Jadra za razdoblje od 10.7. do 14.8.2006. godine. Radi preglednosti prikaza izostavljen je prvi dio intervala opažanja (16.5. do 9.7.) u kojem nije bilo pojave trasera.

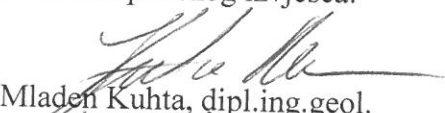
6. Zaključak

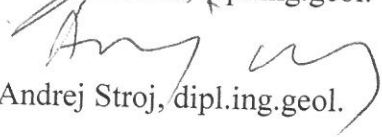
Trasiranjem Jame 5 na lokaciji predviđenoj za izgradnju Centra za gospodarenje otpadom Splitsko dalmatinske županije kod Lećevice konstatirana je podzemna vodna veza predmetne lokacije s izvorom Jadra. Traser se pojavio u izvoru nakon 66 dana i 20 sati, što s obzirom na zračnu udaljenost od 25,15 km pokazuje nisku prividnu brzinu toka od 0,44 cm/s.

Uspješno izvedenim trasiranjem pokazano je da se predmetna lokacija nalazi u priljevnom području ovog izvora, premda na to nisu upućivali rezultati dosadašnjih istraživanja. Ovo je prvi egzaktni podatak o smjeru i brzini podzemnog otjecanja iz središnjih dijelova Zagore, te on bitno utječe na tumačenje hidrogeoloških odnosa na tom području. S obzirom na dobivene rezultate potrebno je izvršiti reinterpetacije položaja razvodnice između priljevnih područja Jadra i Žrnovnice na istoku, te Pantana i zahvaćenih izvora Jaruga i Torak u dolini Krke u zapadnom dijelu Zagore. Sukladno tomu potrebno je prilagoditi i zaštitne zone spomenutih izvorišta, no to prelazi okvire ovdje elaboriranog istraživanja.

Prema ovdje dobivenim podacima, te u skladu s Pravilnikom o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta (NN-55/02), razmatrana lokacija trebala bi se nalaziti unutar IV zone zaštite izvora Jadra i Žrnovnice.

Autori dopunskog izvješća:


Mladen Kuhta, dipl.ing.geol.


Andrej Stroj, dipl.ing.geol.

PRILOG br. 1

Tablični prikaz rezultata analiza na sadržaj uranina u vodi izvora Jadra

HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT
Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
Zagreb, Sachsova 2

LOKACIJA UBACIVANJA BOJE:
JAMA 5 na lokaciji Centra

**REZULTATI ANALIZA Na-FLUORESCENA ODREĐENI
LUMINOSCENCE SPECTROMETROM "PERKIN-ELMER"**

LOKACIJA UZIMANJA UZORKA:

JADRO

VRIJEME UZIMANJA UZORKA			KONCENTRACIJA Na-FLUORESCENA U VODI (mg/l)
Br.	Datum	Sat	
1	16.05.06.	8	<0,0001
2		20	<0,0001
3	17.05.06.	8	<0,0001
4		20	<0,0001
5	18.05.06.	8	<0,0001
6		20	<0,0001
7	19.05.06.	8	<0,0001
8		20	<0,0001
9	20.05.06.	8	<0,0001
10		20	<0,0001
11	21.05.06.	8	<0,0001
12		20	<0,0001
13	22.05.06.	8	<0,0001
14		20	<0,0001
15	23.05.06.	8	<0,0001
16		20	<0,0001
17	24.05.06.	8	<0,0001
18		20	<0,0001
19	25.05.06.	8	<0,0001
20		20	<0,0001
21	26.05.06.	8	<0,0001
22		20	<0,0001
23	27.05.06.	8	<0,0001
24		20	<0,0001
25	28.05.06.	8	<0,0001
26		20	<0,0001
27	29.05.06.	8	<0,0001
28		20	<0,0001
29	30.05.06.	8	<0,0001
30		20	<0,0001
31	31.05.06.	8	<0,0001
32		20	<0,0001
33	01.06.06.	8	<0,0001
34		20	<0,0001
35	02.06.06.	8	<0,0001
36		20	<0,0001
37	03.06.06.	8	<0,0001
38		20	<0,0001
39	04.06.06.	8	<0,0001
40		20	<0,0001
41	05.06.06.	8	<0,0001
42		20	<0,0001

ANALIZU IZVRŠILA: mr.sc. Tamara Marković, dip.ing.geol.

HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUTZavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
Zagreb, Sachsova 2**LOKACIJA UBACIVANJA BOJE:**

JAMA 5 na lokaciji Centra

**REZULTATI ANALIZA Na-FLUORESCEINA ODREĐENI
LUMINOSCENTE SPECTROMETROM "PERKIN-ELMER"****LOKACIJA UZIMANJA UZORKA:****JADRO**

VRIJEME UZIMANJA UZORKA			KONCENTRACIJA Na-FLUORESCEINA U VODI (mg/l)
Br.	Datum	Sat	
43	06.06.06.	8	<0,0001
44		20	<0,0001
45	07.06.06.	8	<0,0001
46		20	<0,0001
47	08.06.06.	8	<0,0001
48		20	<0,0001
49	09.06.06.	8	<0,0001
50		20	<0,0001
51	10.06.06.	8	<0,0001
52		20	<0,0001
53	11.06.06.	8	<0,0001
54		20	<0,0001
55	12.06.06.	8	<0,0001
56		20	<0,0001
57	13.06.06.	8	<0,0001
58		20	<0,0001
59	14.06.06.	8	<0,0001
60		20	<0,0001
61	15.06.06.	8	<0,0001
62		20	<0,0001
63	16.06.06.	8	<0,0001
64		20	<0,0001
65	17.06.06.	8	<0,0001
66		20	<0,0001
67	18.06.06.	8	<0,0001
68		20	<0,0001
69	19.06.06.	8	<0,0001
70		20	<0,0001
71	20.06.06.	8	<0,0001
72		20	<0,0001
73	21.06.06.	8	<0,0001
74		20	<0,0001
75	22.06.06.	8	<0,0001
76		20	<0,0001
77	23.06.06.	8	<0,0001
78		20	<0,0001
79	24.06.06.	8	<0,0001
80		20	<0,0001
81	25.06.06.	8	<0,0001
82		20	<0,0001
83	26.06.06.	8	<0,0001
84		20	<0,0001

ANALIZU IZVRŠILA: mr.sc. Tamara Marković, dip.ing.geol.

HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT
Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
Zagreb, Sachsova 2

LOKACIJA UBACIVANJA BOJE:
JAMA 5 na lokaciji Centra

**REZULTATI ANALIZA Na-FLUORESCEINA ODREĐENI
LUMINOSCENCE SPECTROMETROM "PERKIN-ELMER"**

LOKACIJA UZIMANJA UZORKA:

JADRO

VRIJEME UZIMANJA UZORKA			KONCENTRACIJA Na-FLUORESCEINA U VODI (mg/l)
Br.	Datum	Sat	
85	27.06.06.	8	<0,0001
86		20	<0,0001
87	28.06.06.	8	<0,0001
88		20	<0,0001
89	29.06.06.	8	<0,0001
90		20	<0,0001
91	30.06.06.	8	<0,0001
92		20	<0,0001
93	01.07.06.	8	<0,0001
94		20	<0,0001
95	02.07.06.	8	<0,0001
96		20	<0,0001
97	03.07.06.	8	<0,0001
98		20	<0,0001
99	04.07.06.	8	<0,0001
100		20	<0,0001
101	05.07.06.	8	<0,0001
102		20	<0,0001
103	06.07.06.	8	<0,0001
104		20	<0,0001
105	07.07.06.	8	<0,0001
106		20	<0,0001
107	08.07.06.	8	<0,0001
108		20	<0,0001
109	09.07.06.	8	<0,0001
110	10.07.06.	8	<0,0001
111	11.07.06.	8	<0,0001
112	12.07.06.	8	<0,0001
113	13.7.2006	8	<0,0001
114	14.7.2006	8	<0,0001
115	15.7.2006	8	<0,0001
116	16.7.2006	8	<0,0001
117	17.7.2006	8	<0,0001
118	18.7.2006	8	<0,0001
119	19.7.2006	8	<0,0001
120	20.7.2006	8	<0,0001
121	21.7.2006	8	<0,0001
122	22.7.2006	8	0,0062
123	23.7.2006	8	0,0022
124	24.7.2006	8	0,0016
125	25.7.2006	8	0,0009
126	26.07.06.	8	<0,0001

ANALIZU IZVRŠILA: mr.sc. Tamara Marković, dip.ing.geol.

HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT
Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
Zagreb, Sachsova 2

LOKACIJA UBACIVANJA BOJE:
JAMA 5 na lokaciji Centra

**REZULTATI ANALIZA Na-FLUORESCEINA ODREĐENI
LUMINOSCEENCE SPECTROMETROM "PERKIN-ELMER"**

LOKACIJA UZIMANJA UZORKA:

JADRO

VRIJEME UZIMANJA UZORKA			KONCENTRACIJA Na-FLUORESCEINA U VODI (mg/l)
Br.	Datum	Sat	
127	27.7.2006	8	<0,0001
128	28.7.2006	8	<0,0001
129	29.7.2006	8	<0,0001
130	30.7.2006	8	<0,0001
131	31.7.2006	8	<0,0001
132	1.8.2006	8	<0,0001
133	2.8.2006	8	<0,0001
134	3.8.2006	8	<0,0001
135	4.8.2006	8	<0,0001
136	5.8.2006	8	<0,0001
137	6.8.2006	8	<0,0001
138	7.8.2006	8	<0,0001
139	8.8.2006	8	<0,0001
140	9.8.2006	8	<0,0001
141	10.8.2006	8	<0,0001
142	11.8.2006	8	<0,0001
143	12.8.2006	8	<0,0001
144	13.8.2006	8	<0,0001
145	14.8.2006	8	<0,0001

ANALIZU IZVRŠILA: mr.sc. Tamara Marković, dip.ing.geol.