

## IZVJEŠTAJ

radne skupine za odlagalište otpada Piškornica o monitoringu površinskih i podzemnih voda

### UVOD

Prevladavajuća ekonomska i okolišna politika ima za posljedicu kontinuirani rast stvorenog i odloženog otpada. Aktualna produkcija otpada je na razinama od oko 0,5 – 1,0 kg/stanovniku/dan i predstavlja jedan od glavnih okolišnih problema. U tome prednjače razvijenija društva i društva s intenzivnim industrijskim porastom gdje je zbrinjavanje otpada primarni okolišni problem. Odlagališta otpada su područja negativnog antropogenog utjecaja na sve sastavnice okoliša i to utjecaja koji je po količini i dugotrajnosti emisije i potencijalnoj prijetnji za ekosustave među najintenzivnijima. To se prvenstveno odnosi na neuređena odlagališta gdje je negativna emisija u okoliš slobodna i nekontrolirana. Obzirom da su procesi stabilizacije dugotrajni i traju desetljećima i uređena, legalna, nadzirana odlagališta su stalna prijetnja i nakon zatvaranja. Odlagališta trebaju biti u cijelosti izolirana od okoliša a ne samo krajobrazno uređena da se ne primjećuju u prostoru.

### Utjecaj odlagališta otpada na okoliš

U utjecaju na okoliš treba **težiti nultoj razini emisije, ali tu stopu ni uz visoka ulaganja nije moguće postići**. Problem odlagališta otpada je potenciran činjenicom da i nakon zatvaranja odlagališta desetljećima dolazi do stvaranja vrlo zagađenih procjednih voda koje treba zbrinuti na odgovarajući način, što je tehnološki i financijski teret koji će snositi dolazeće generacije. Na organiziranom, uređenom i dobro upravljanom odlagalištu ova voda ne završava u okolišu. S aspekta procjedne vode takva uređenost podrazumijeva da:

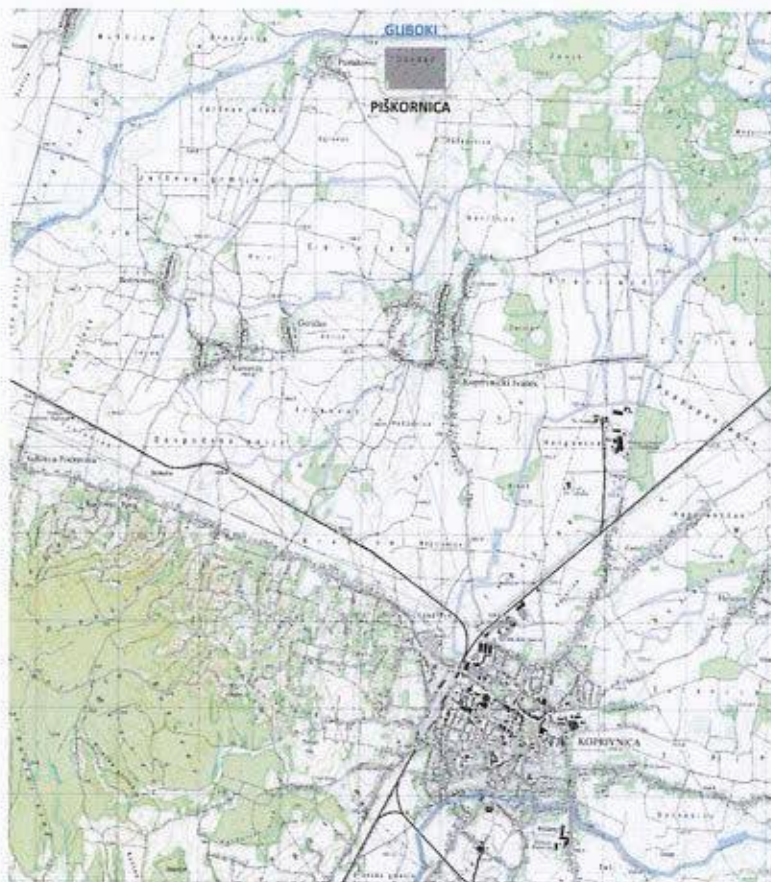
1. je brtveni, izolacijski, vodonepropusni sloj cjelovit i neoštećen,
2. su lagune koje sakupljaju procjednu vodu vodonepropusne,
3. ne dolazi do prelijevanja laguna u okoliš zbog velike količine procjedne ili procjedne+oborinske vode, a odlagalište Piškornica udovoljava navedenim uvjetima.

### ODLAGALIŠTE PIŠKORNICA

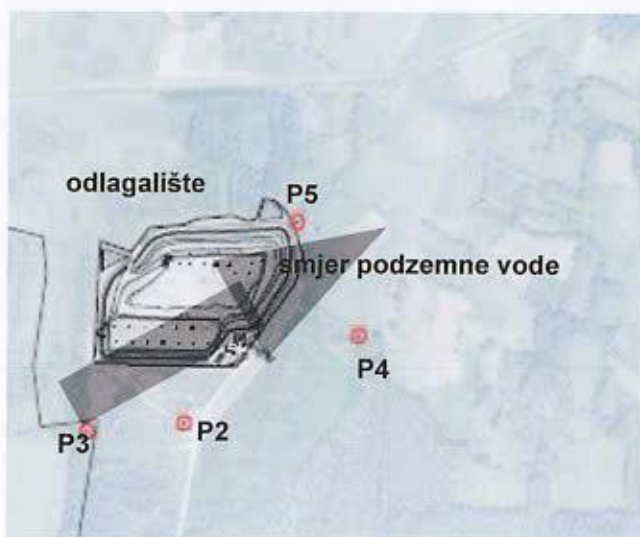
#### Položaj i hidrogeologija

Odlagalište otpada Piškornica se nalazi sjeverno od centra grada Koprivnice na području Općine Koprivnički Ivanec, okruženo je livadama osim s JJI strane gdje je smještena šuma. Sa sjeverne strane, stotinjak metara od odlagališta protječe vodotok Gliboki (Slika 1).

Hidrogeološkim ispitivanjima različitih namjena (vode, ugljikovodici, ostalo) područje koprivničke Podravine dobro je definirano i poznato. U području Cvetkovec-Subotica-Torčec-Imbriovec-Đelekovec-Cvetkovec, dakle u prostoru gdje je i smještena Piškornica, nalazi se depresija s reduktivnim uvjetima u podzemlju. Reduktivne uvjete karakterizira pojava slobodnog željeza i na tom su području utvrđene **prirodne vrijednosti 2,9 – 3,02 mg Fe/l**. Pretpostavka je da je lokacija odlagališta bila utvrđena i iz razloga što su hidrogeološke i pedološke karakteristike takve da je područje neprikladno za poljoprivrednu proizvodnju. **Razina podzemne vode je relativno visoka**, prosječno 1 – 3 m ispod površine terena. Tečenje podzemne vode ima regionalni trend zapad/jugozapad → istok/sjeveroistok (Slika 2), a brzina tečenja je procijenjena na 17 cm/dan.



Slika 1. Položaj odlagališta



Slika 2. Pretpostavljeni smjer toka podzemne vode i raspored kontrolnih pijezometara na odlagalištu



## Odlaganje otpada

Organizirano odlaganje otpada na lokaciji Piškornici datira od 1982. i na njega se odlaže komunalni i industrijski otpad. Kako bi se zbrinjavanje otpada provelo na prihvatljiviji način, 1991. godine izrađeno je idejno rješenje sanacije s nastavkom odlaganja po metodi sanitarnog deponija, jer je od početka korištenja lokacije otpad deponiran izravno na neizolirano tlo. Tijekom izvođenja ovih radova izgrađeno je 5 pijezometara radi kontinuiranog praćenja podzemnih voda na odlagalištu otpada. U ožujku 2001. godine prihvaćena je studija utjecaja na okoliš, kada je izrađeno i „Idejno rješenje odlagališta otpada I. Kategorije na lokaciji Piškornica – Koprivnica“ (IPZ Uniprojekt MCF, Zagreb). Tijekom 2004. godine izdane su lokacijska i građevinska dozvola za sanaciju i konačno uređenje odlagališta Piškornica.

Tada se na odlagalištu nalazilo se oko 320.000 m<sup>3</sup> deponiranog otpada, a udio preostalog biorazgradivog otpada u ukupnom komunalnom otpadu se procijenio na 20 % - 35 %. Sanacijom je ¼ postojećeg odloženog otpada prebačeno na novouređene, izolirane plohe, te je posljedično **u većoj mjeri spriječen daljnji štetni utjecaj na okoliš**. Po završenom čišćenju izgrađen je obodni nasip te je navezen početni sloj sabijene gline (1 m). Iznad ovog sloja gline postavlja se HDPE (polietilenska folija visoke gustoće) folija debljine 2,5 mm koja osigurava vodonepropusnost i zaštitu podzemnih voda. Na HDPE foliju polaže se geotekstil i drenažni šljunčani zasip za odvodnju procjednih voda. Iznad šljunčanog sloja ponovo se postavlja geotekstil nakon kojeg se odlaže otpad.

Tablica 1. Masa odloženog otpada na odlagalištu Piškornica

godina	odloženi otpad t/godinu	odloženi otpad t/ukupno
- 2005.		320.000
2005	25.032	345.032
2006	22.950	367.982
2007	24.532	392.514
2008	23.404	415.918
2009	18.750	434.668
2010	11.237	445.905
2011	9.177	455.082
2012	6.868	461.950
2013	8.081	470.031
2014	8.042	478.073
2015	25.919	503.992
2016	98.254	602.246
2017	77.762	680.008
- 2021.	319.992	1.000.000

PSO upravlja odlagalištem od 25.09. do 18.12.2015. godine te opet od 25.05.2016. godine do danas (u ovom međurazdoblju je ponovno službeni upravitelj bio Komunalac).

Sadašnji način odlaganja otpada se planira provoditi do izgradnje RCGO-a, a to je planirano kroz 4 – 5 godina. Nakon toga se do tada odloženo otpad zatvara i sav novoprikupljeni i obrađeni se odlaže na novu deponiju. Za period do pune aktivnosti RCGO-a planirano je oko 300.000 m<sup>3</sup> volumena (450.000 t). Planirani radni vijek RCGO-a je 30 godina.

## MONITORING POVRŠINSKIH I PODZEMNIH VODA

Prvi kontrolni pijezometri su izgrađeni 1991. godine, do kad je otpad već odlagan oko 10 godina. Od tada postoji redovni monitoring stanja podzemne vode na određene pokazatelje, sukladno aktualnoj zakonskoj regulativi.

Monitoring se provodio kontinuirano ili povremeno na slijedećim točkama:

- 1. podzemne vode na kontrolnim pijezometrima** – od prvotnih 5 jedan je uskoro oštećen tako da su za nadzor ostala 4, povremeno su uzorkovani tijekom prvih desetak godina nakon čega slijedi kontinuirani nadzor,
- 2. površinske vode vodotoka Gliboki** – uzvodno (most kod Pustakovca) i nizvodno (most kod Đelekovca) od odlagališta, kontinuirano od 2008. godine s prekidom tijekom 2014. i 2015. godine,
- 3. površinske, oborinske vode** koje se ispuštaju u vodotok Gliboki – po jedan uzorak 2014. i 2016. te dva uzorka 2017. godine,
- 4. procjedna voda iz laguna** – laguna 1 i laguna 2 (K1a i K1b) kontinuirano od 2008. godine.

### Nepovoljni preduvjeti procjene utjecaja odlagališta na površinske i podzemne vode

Nepovoljni čimbenici ocjene poredani po relevantnosti su:

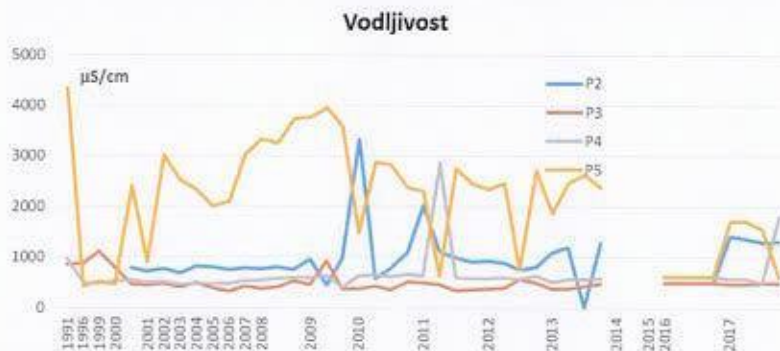
- 1. nepoznavanje nultog stanja** - ono se tako pretpostavlja, interpolira iz općih saznanja o podzemnoj vodi šireg područja, koja su dobivena istraživanjima u druge svrhe kao i iz međusporjedbe postojećih pijezometara,
- 2. nesanirana količina otpada procijenjena na 100.000 m<sup>3</sup>** koja se nalazi jugozapadno od postojeće deponije i utjecaj koje se ne može razlučiti od potencijalnog utjecaja saniranog deponija koji je u uporabi,
- 3. ne postoji kroz cijelo promatrano vrijeme kontinuitet pojedinih (grupa) parametara** - kroz različite periode promatrani su različiti parametri (ili grupe parametara), što je odraz opće (zakoni, pravilnici) i operativne (okolišne dozvole) regulative,
- 4. izvedba kontrolnih pijezometara** - oni su uski (5 cm) što otežava pravilno uzorkovanje na način da se prije uzimanja uzorka izbací višestruki volumen pijezometra i zbog toga je upitna relevantnost uzorkovanja a time i rezultata analiza prije 2000. godine jer se ne može sa sigurnošću reći da je poštivan ovaj uvjet, a to se posebno odnosi na tumačenje sadržaja željeza i cinka iz tog perioda jer su sami pijezometri građeni od pocinčanih cijevi,
- 5. dubina zacjevljenja** – pijezometri zacjevljuju tek gornji sloj (10 – 12 m) aluvijalnog nanosa odnosno manje od 20 % od ukupno procijenjene dubine (50 - 70 m),
- 6. raspored pijezometara** – on je takav da su oni svi pod određenim utjecajem odlagališta, odnosno ne postoji kontrolni pijezometar koji bi bio dovoljno daleko uzvodno kako bi se znale karakteristike vode koje dolaze pod utjecaj odlagališta. Od 4 pijezometra njih 2 (P2, P3) su pod djelomičnim, perifernim utjecajem procjedne vode jer su smješteni bočno uz odloženi otpad. P4 je smješten nizvodno ali ne izravno te je eventualno pod perifernim utjecajem fronte onečišćenja podzemne vode. U odnosu na odlagalište P5 je nizvodno, vrlo blizu i



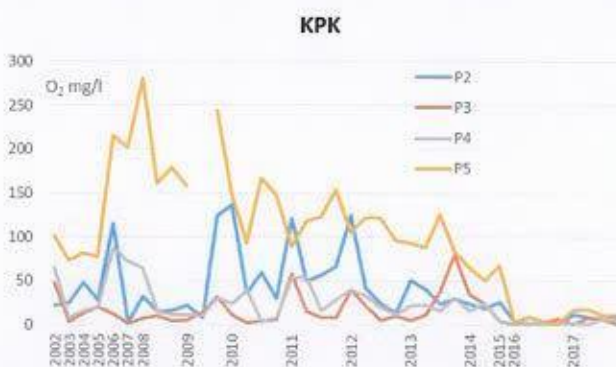
izravno na glavnoj liniji smjera podzemne vode, te je on i prikladan za procjenu utjecaja odlagališta na vodonosnik.

### Pregled rezultata monitoringa podzemne vode

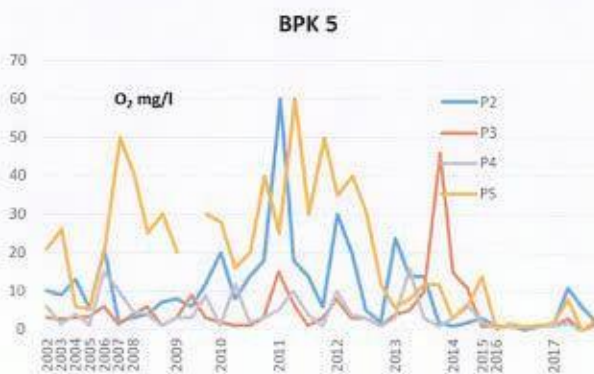
Od općih, nespecifičnih pokazatelja (indikatora onečišćenja) koji su mjereni cijelo vrijeme monitoringa podesni za analizu su: vodljivost (Slika 3), kemijska (KPK) i biološka potrošnja kisika (BPK<sub>5</sub>) (Slike 4 i 5).



Slika 3. Vodljivost u vodi pijezometara na odlagalištu Piškornica



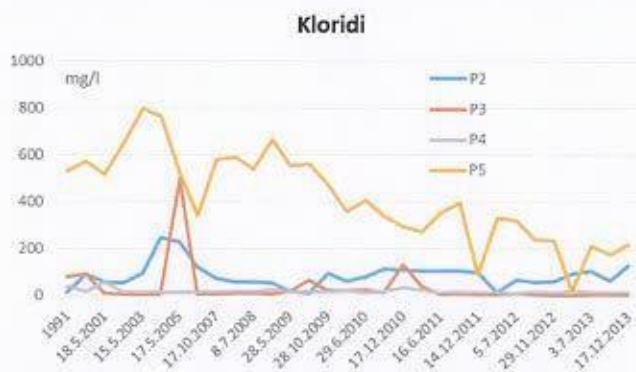
Slika 4. KPK u vodi pijezometara na odlagalištu Piškornica



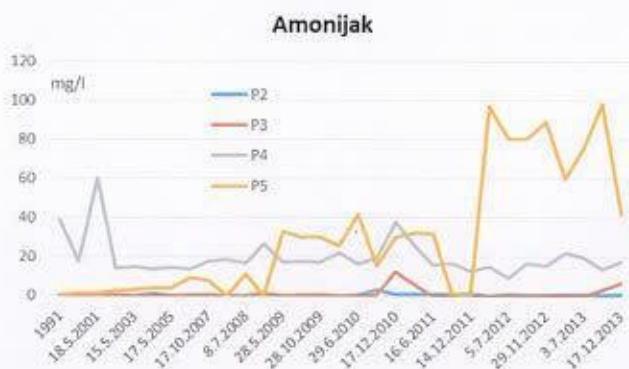
Slika 5. BPK<sub>5</sub> u vodi pijezometara na odlagalištu Piškornica

Važno je napomenuti da je hidrokemizam vodonosnika takav da su zbog vrlo reduktivnih uvjeta prirodno povećane vrijednosti ovih pokazatelja. Uz to ograničenje ipak je vjerojatan utjecaj odloženog otpada na pijezometar P5, jer je on izravno nizvodno u široj zoni odlagališta. Nije moguće odrediti koji udio pokazatelja je „prirodan“ a koji posljedica utjecaja otpada.

Kloridi (Slika 6) i amonijak (Slika 7) su ioni koji su inače u procjedinim vodama prisutni u velikim koncentracijama. Analizirani su od početaka monitoringa do zaključno s 2013. godinom.



Slika 6. Kloridi u vodi pijezometara na odlagalištu Piškornica



Slika 7. Amonijak u vodi pijezometara na odlagalištu Piškornica

Željezo i sporadično mangan su određivani kroz cijelo vrijeme monitoringa a drugi **teški metali** kontinuirano od 2014. godine. Željezo i mangan su u visokim koncentracijama prirodno prisutni u podzemnoj vodi promatranog područja te je nepouzdana procjenjivati utjecaj odlagališta njihovim povećanim sadržajem u podzemnoj vodi. Većina **ostalih metala** (olovo, bakar, nikal, cink, krom, kadmij, živa, arsen, selen, barij) je prisutna u **nižim koncentracijama ili u tragovima sa sporadičnim, povećanim koncentracijama** u određenom trenutku monitoringa, kao na primjer:

1. **olovo** u pijezometru P4 u listopadu/2016 u koncentraciji 36  $\mu\text{g/l}$  i pijezometru P5 u studenom/2016 u koncentraciji 20  $\mu\text{g/l}$ , te lipnju/2017 u koncentracijama 3,58 – 7,44  $\mu\text{g/l}$  (svi pijezometri), dok su ostale vrijednosti pretežno ispod praga detekcije,

2. **živa**, rujana/17 u koncentracijama 1,7 – 1,9  $\mu\text{g/l}$  u svim pijezometrima, dok su ostale vrijednosti pretežno ispod praga detekcije,



3. prosječna koncentracija **arsena** je ispod 10  $\mu\text{g/l}$  /l sa povremenim koncentracijama 15 – 20  $\mu\text{g/l}$  (svi pijezometri tijekom 2016. godine).

Od ostalih tvari koje su određivane u podzemnoj vodi svakako su važni **spojevi isključivo antropogenog porijekla**, dakle pojava kojih nedvojbeno ukazuje na antropogeno onečišćenje podzemne vode. Koriste se u poljoprivredi (pesticidi) i industriji (industrijske kemikalije). To su:

1. **aromatski ugljikovodici** (BTEX – benzen, toluen, etilbenzen, ksilen) - detektirani jednom u srpnju/2015., u svim pijezometrima osim u P5, (3,1 – 12,6  $\mu\text{g/l}$ ),

2. **fenoli** (određivani kao ukupni fenoli) - prisutni u koncentracijama do desetak  $\mu\text{g/l}$ ,

3. **halogenirani organski spojevi** (AOX -određivani kao ukupni halogeni) - prosječna vrijednost je 50 -100  $\mu\text{g/l}$  a sporadične vrijednosti od nula do nekoliko stotina  $\mu\text{g/l}$ .

Temeljem navedenih primjera ispitivanja podzemne vode iz pijezometara i uzimajući u obzir prethodno navedene ograničavajuće uvjete može se zaključiti:

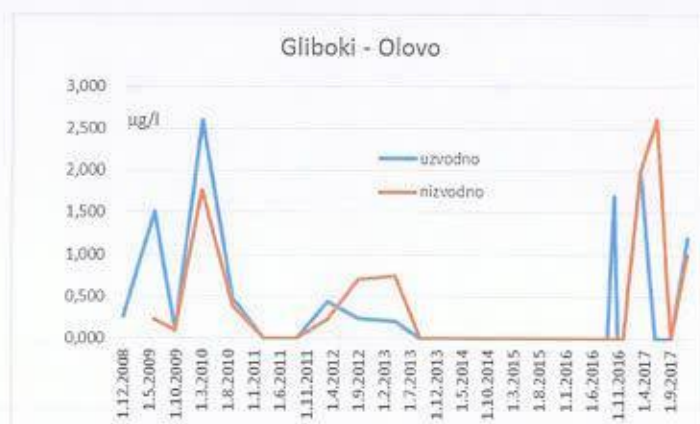
1. u zadnjem periodu monitoringa (nakon 2016.) dolazi do smanjenja nekih mjerenih pokazatelja (KPK, BPK<sub>5</sub>),

2. u odnosu na pijezometre P3 i P4 u području pijezometra P5 a potom i P2 mjere se kontinuirano ili povremeno veće vrijednosti općih indikatorskih pokazatelja (vodljivost, KPK, BPK<sub>5</sub>, amonijak, kloridi),

3. **teški metali (prirodni+antropogeni utjecaj) i organski polutanti (antropogeni utjecaj) su prisutni u podzemnoj vodi prostorno (po pijezometrima) i vremenski (trendovi) sporadično i nekonkluzivno.**

#### Pregled rezultata monitoringa površinske vode - vodotok Gliboki

Potok Gliboki je u kontinuiranom nadzoru od 2008. s prekidom tijekom 2014. i 2015. Eventualni utjecaj odlagališta na vodotok bi se trebao ispoljiti iz usporedbe uzvodnih i nizvodnih karakteristika vode potoka. Oprez u tumačenju rezultata je važan zbog činjenica da je to poljoprivredno područje te postoji mogućnost utjecaja poljoprivrednih aktivnosti između uspoređivanih točaka. Idealan scenario usporedbe bi bio kad bi se mogle definirati tvari koje ne potječu od poljoprivrede i koje su dokazane u podzemnoj vodi odlagališta, dakle koje neprijeporno dolaze iz odlagališta otpada. S obzirom na razmatranja monitoringa podzemne vode kao potencijalni markeri mogu poslužiti specifični metali ili organski ksenobiotici antropogenog porijekla (Slike 8, 9, 10 i 11).

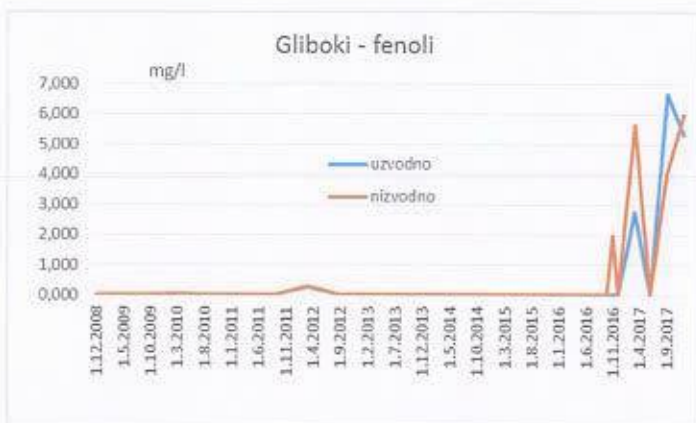


Slika 8. Olovo u vodotoku Gliboki uzvodno i nizvodno od odlagališta otpada

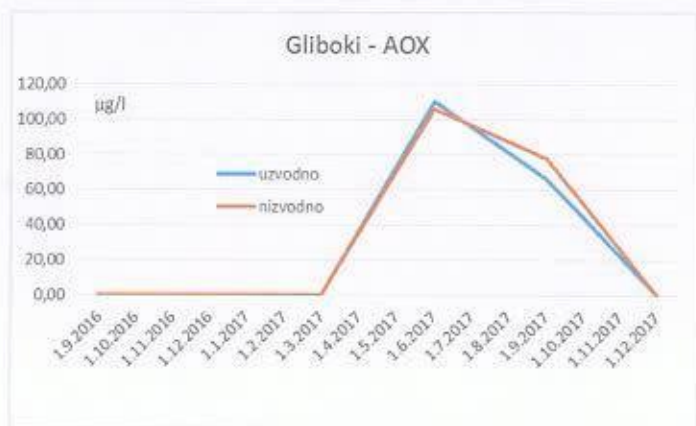
Iz prikaza je vidljivo da je trend sadržaja metala sličan uzvodno i nizvodno, odnosno **ne može se zaključiti da postoji utjecaju odlagališta između tih dviju točaka.**



Slika 9. Živa u vodotoku Gliboki uzvodno i nizvodno od odlagališta otpada



Slika 10. Fenoli u vodotoku Gliboki uzvodno i nizvodno od odlagališta otpada



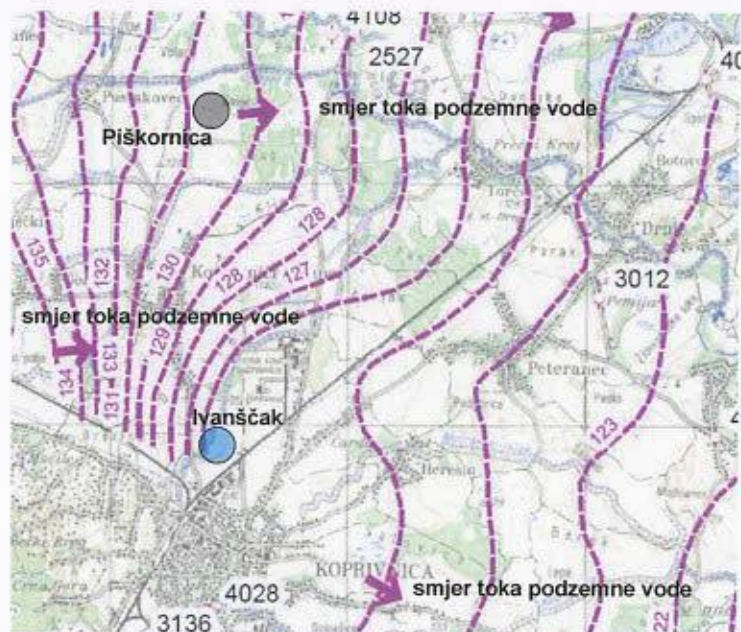
Slika 11. Halogenirani ugljikovodici u vodotoku Gliboki uzvodno i nizvodno od odlagališta otpada

Trendovi promatranih parametara pokazuju ujednačenost uzvodno i nizvodno, tako da iz podataka monitoringa utjecaj odlagališta na vodotok Gliboki nije vidljiv.



### Utjecaj na izvorište Ivanščak

Južno od položaja odlagališta smješteno je vodocrpilište Ivanščak, s kojeg se opskrbljuje područje koprivničke Podravine. Kako je smjer toka podzemne vode u području odlagališta otpada okomit na tu liniju (Slika 12), **smatra se da podzemna voda koja prihranjuje crpilište nije ugrožena procjedinim vodama odlagališta otpada**. Takva procjena je mjerodavna za sadašnje dozvoljene crpne količine od 290 l/s, dok relevantni matematički modeli pokazuju da bi značajno povećanje crpnih količina (> 400 l/s) imalo za posljedicu promjenu potencijala i „skretanje“ toka podzemne vode prema vodocrpilištu. S obzirom na navedene hidrološke uvjete **odlagalište nije unutar zona sanitarne zaštite**, ali bez obzira na takvo stanje u suradnji s Hrvatskim vodama Koprivničke vode su u izvođenju radova na izgradnji 3 nova kontrolna pijezometra u svrhu kontrole priljevne vode.



Slika 12. Smjer toka podzemne vode u području odlagališta Piškornice i izvorišta Ivanščak

### ZAKLJUČAK

Za konačni zaključak o utjecaju odlagališta na površinske i podzemne vode potrebno je uzeti u obzir:

1. vrstu i količinu odloženog otpada na lokaciji – odlagan je komunalni i industrijski otpad,
2. način i dinamiku odlaganja – nakon sanacije provedene 2005. veći dio odlagališta je izoliran od utjecaja na podzemne vode, a preostali nesanirani dio (preko 100.000 m<sup>3</sup>) prvoodloženog otpada još treba sanirati,
3. ograničenja u smislu reprezentativnosti mjernih točaka (pijezometri),
4. ograničenja u smislu mjerenih parametara (vrsta i kontinuitet).

Uzimajući u obzir sve navedeno nije moguće dati izmjerenu brojčanu vrijednost neke skale ili jednoznačni kvalitativni atribut o utjecaju odlagališta otpada Piškornica na površinske i podzemne vode. **Ekološki otisak na lokaciji postoji** i on se očituje u **povećanim vrijednostima prirodnih/antropogenih (amonij, kemijska i biološka potrošnja kisika) i isključivo antropogenih (organski ksenobiotici) pokazatelja**, koji su izravna posljedica odloženog otpada. Svakako je sanacija pridonijela postojećem stanju koje ima **naznake oporavka okoliša**, ali to su dugotrajni procesi koji se ne mogu adekvatno vrednovati na ovoj razini kvalitete monitoringa.



## PREPORUKE

1. **Sanirati stari, otpad odlagan do 2005.** godine smješten JZ od postojećeg tijela odlagališta koji se od početka nalazi u izravnom kontaktu sa tlom pa i podzemnim vodama i čija se količina sondiranjem procjenjuje na više od 100.000 m<sup>3</sup>, a čine ga miješani komunalni i industrijski otpad te industrijski muljevi.

2. S obzirom na navedeno svakako je potrebno **izgraditi adekvatnu pijezometarsku motriteljsku mrežu** u svrhu monitoringa utjecaja odlagališta na podzemnu vodu. Uz nju je potrebno i definirati hidrogeološku situaciju mikrolokacije, što je zapravo i preduvjet rasporeda pijezometara, te horizontalnog (prostorni raspored pijezometara) i vertikalnog (dubina zacjevljenja, položaj filtra) rasporeda uzorkovanja podzemne vode.

3. Uz preduvjet nepropusnosti izolirajućeg sloja mogući prodor procjedne vode u okoliš, a time i u podzemlje, predstavlja slučaj prelijevanja laguna. U kontekstu recentnih klimatskih promjena (oborinski ekstremi) potrebno je **razmotriti dostatnost sadašnjih kapaciteta laguna, tehnoloških rješenja i operativnih postupaka (kapacitet recirkulacije)** da se takvi incidenti spriječe.

4. Veliku prijetnju okolišu predstavljaju i odlagališni požari. To se posebno odnosi na požarno gorenje raznih vrsta umjetnih materijala i tvari (plastika, ostaci industrijskih i agrokemikalija) koje sadrže organoklorne tvari izgaranjem kojih nastaju opasni spojevi (dioksini). Zato je neophodno **implementirati protupožarne mjere visoke sigurnosne razine**, od tehnoloških rješenja do pouzdanih vatrogasnih intervencija (intenzivirati realizaciju prihvaćenog projektnog rješenja aktivnog otplinjavanja s ugrađenom bakljom i plinskim motorom).

### Izvori podataka i literatura:

1. Analitički izvještaji iz arhive GKP Komunalac d.o.o. i Piškornica d.o.o.,
2. Urumović K., Hlevnjak B., Gold H. (1997): Vodoopskrbni sustav Koprivnice, Vodozaštitna područja crpilišta Ivanščak, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb,
2. Brkić Ž., Marković T., Larva O. (2014): Hidrogeološka studija u svrhu definiranja eksploatacijskih zaliha podzemne vode na području Koprivnica – Đurđevac, Hrvatski geološki institut Zagreb,

### Članovi Radne skupine:

dr.sc. Damir Ruk, dipl.ing., Koprivničke vode d.o.o.



dr.sc. Jasna Nemčić-Jurec, dipl.ing., Zavod za javno zdravstvo Koprivničko-križevačke županije



Igor Horvat, dipl.san.ing., Koprivničke vode d.o.o.



Nikola Martinaga, mag.ing., Piškornica - Sanacijsko odlagalište d.o.o.



Mladen Gres, mag.ing., Piškornica - Sanacijsko odlagalište d.o.o.



U Koprivnici, 8.03.2018.