

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

PETAR HANC

UTJECAJ KAZETE KOJA SADRŽI AZBEST U ČVRSTOM STANJU NA KRŠKI  
VODONOSNIK

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

UTJECAJ KAZETE KOJA SADRŽI AZBEST U ČVRSTOM STANJU NA KRŠKI  
VODONOSNIK

KANDIDAT:

HANC PETAR

MENTOR:

Prof. dr. sc. RANKO BIONDIĆ

VARAŽDIN, 2018.



Sveučilište u Zagrebu  
Geotehnički fakultet



## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: PETAR HANC  
Matični broj: 2358 - 2013./2014.

### NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

UTJECAJ KAZETE KOJA SADRŽI AZBEST U ČVRSTOM STANJU  
NA KRŠKI VODONOSNIK

Rad treba sadržati: 1. Uvod  
2. Azbest  
3. Odlaganje otpada koji sadrži azbest  
4. Karakteristike krških vodonosnika  
5. Primjer odlagališta Sovića Laz  
6. Zaključak  
7. Popis literature  
8. Popis slika  
9. Popis tablica

Pristupnik je dužan predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 05.07.2018.

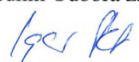
Rok predaje: 06.09.2018.

Mentor:

  
Prof.dr.sc. Ranko Biondić



Predsjednik Odbora za nastavu:

  
Izv.prof.dr.sc. Igor Petrović

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom  
Utjecaj kazete koja sadrži azbest u čvrstom stanju na krški vodonosnik

---

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom prof. dr. sc. Ranka Biondića.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 03.09.2018.

Petar Hanc

95863318347

*Hanc Petar*

**Naslov rada:**

**Utjecaj kazete koja sadrži azbest u čvrstom stanju na krški vodonosnik**

**Student:**

**Petar Hanc**

**Sažetak:**

Završni rad obrađuje tematiku potencijalnog utjecaja odlagališta azbesta na krške vodonosnike. Azbest se odlaže u čvrstom stanju u kazete izgrađene na odlagališnom polju.

U prvom dijelu rada prikazuju se karakteristike azbesta kao prirodnog materijala, vrste azbestnih minerala, korištenje azbesta zbog svojih dobrih svojstava ali i štetni utjecaj azbesta na zdravlje ljudi. U nastavku je prikazana zakonska regulativa koja se odnosi na odlaganje otpada koji sadrži azbest te zbrinjavanje takvog otpada od strane fizičkih ili pravnih osoba.

Drugi dio rada usredotočen je na krš i krške vodonosnike. Prikazane su osnovne karakteristike krških terena i krških vodonosnika. Dat je prikaz krških trasiranja kao najznačajnije metode određivanja karakteristika krških podzemnih tokova te jedan od osnovnih elemenata kod zaštite krških vodonosnika.

U zadnjem dijelu rada dat je primjer odlagališta azbestnog otpada na području grada Delnica-Sovića Laz. Opisana je lokacija i smještaj odlagališta otpada te je dat kratak prikaz provedenih hidrogeoloških istraživanja u svrhu sanacije odlagališta i izgradnju kazeta za odlaganje čvrstog azbesta.

**Ključne riječi:**

Azbest, kazete, krški vodonosnik, odlagalište Sovića Laz

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. AZBEST</b> .....	3
2.1. Općenito o azbestu.....	3
2.2. Korištenje azbesta.....	6
2.3. Štetni utjecaj azbesta.....	7
<b>3. ODLAGANJE OTPADA KOJI SADRŽI AZBEST</b> .....	8
<b>4. KARAKTERISTIKE KRŠKIH VODONOSNIKA</b> .....	12
4.1. Tipovi krških vodonosnika.....	14
4.2. Krške vodne pojave.....	15
4.3. Trasiranje krških podzemnih tokova.....	16
4.4. Zaštita krških vodonosnika.....	17
<b>5. PRIMJER ODLAGALIŠTA SOVIĆA LAZ</b> .....	20
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	26
<b>7. POPIS LITERATURE</b> .....	27
<b>8. POPIS SLIKA</b> .....	30
<b>9. POPIS TABLICA</b> .....	31

## 1.UVOD

Azbest spada u najopasnije minerale koji se u 20. stoljeću rabio u proizvodnji oko 5 000 proizvoda. Dokazom da je azbest štetan na zdravlje ljudi, danas je njegova upotreba zabranjena, ali postoji još mnogo proizvoda koji su u upotrebi. Iako su materijali izrađeni tako da u čvrstom stanju azbestna vlakna ne mogu dospjeti u zrak, iz tih materijala moguće je oslobođenje azbestne prašine u slučaju njihovog oštećenja. Sav otpad od azbesta koji se nalazi u krutom stanju potrebno je odlagati u kazete koja se nalazi na odlagališnom polju. Kazete su projektirane i izgrađene prema propisima i zakonima, a glavna funkcija im je onemogućiti širenje takvog otpada u okoliš (*HAOP, 2016*).

Sakupljači koji imaju ugovor sa Fondom za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost u vremenu od 2008. godine pa do 2015. godine sakupili su više od 48 000 tona azbestnog otpada od strane građana. Najveće količine prikupljenog otpada su u Zagrebačkoj i Primorsko-goranskoj županiji. Veći dio teritorija Primorsko-goranske županije nalazi se u krškom području (*HAOP, 2016*).

Zbrinjavanje azbestnog otpada na području krša i krških vodonosnika prvenstveno je osjetljivo jer se velik dio stanovništva opskrbljuje vodom iz krških vodonosnika, a građevinski otpad koji sadrži azbest u krutom stanju se može karakterizirati kao opasni otpad. Krška područja specifičnog su krajolika prvenstveno nastale od stijena vapnenca i dolomita. Takve stijene podložne su otapanju djelovanjem vode pa se stvaraju pukotine i podzemni kanali koji su pogodni za kretanje vode i stvaranje krških vodonosnika.

Gotovo polovica teritorija Republike Hrvatske izgrađena je od okršenih karbonatnih stijena. Na tom su području razvijeni krški vodonosnici koji predstavljaju strateške resurse pitke vode i najveći dio vodoopskrbe stanovništva u tom području ovisi o krškim vodonosnicima. Stoga ih je potrebno zaštititi i očuvati njihovu izuzetnu kakvoću. U svrhu zaštite podzemnih voda koja služi za vodoopskrbu stanovništva donesen je Pravilnik o uvjetima za

utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta (NN 66/11, 47/13) kojim su propisane zone sanitarne zaštite i mjere zaštite u njima.

U radu se obrađuje tematika zbrinjavanja građevinskog otpada koji sadrži azbest u krutom stanju te se procjenjuje potencijalni utjecaj odlagališta azbesta na krške vodonosnike i nizvodne vodoopskrbne izvore. Dat je primjer jednog od odlagališta azbesta u krutom stanju koje je planirano na području grada Delnica. Na predviđenoj lokaciji su provedena hidrogeološka istraživanja i procijenjen je potencijalni utjecaj na krške vodonosnike. U radu je dat kratak prikaz rezultata provedenih hidrogeoloških istraživanja i predloženih mjera zaštite krških vodonosnika.



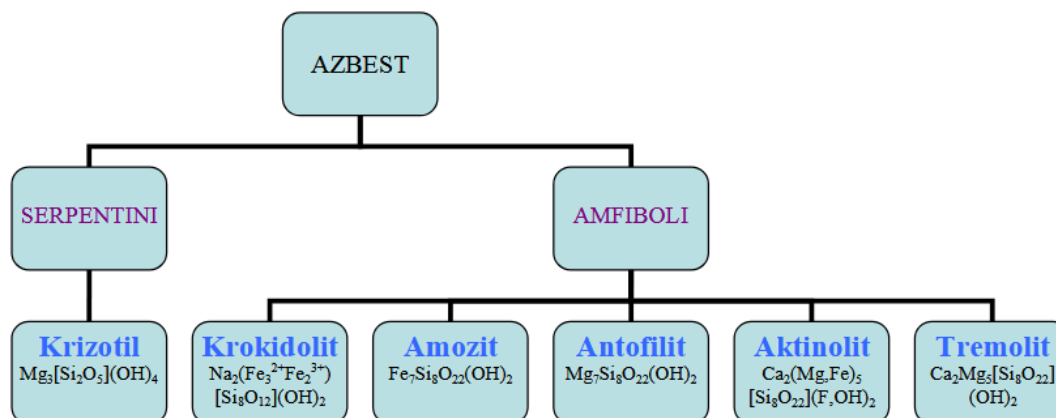
## 2. AZBEST

### 2.1. Općenito o azbestu

Azbest je prirodni, vlaknasti mineral iz skupine silikata (kalcijevih, magnezijevih i željeznih). Naziv azbest, potječe iz starogrčkog jezika asbestos što u prijevodu znači vječito, neuništivo. Mogu se podijeliti u dvije skupine: serpentinski azbest sa finim i tankim nitima te amfibolski azbest s debljim i krutim nitima. Najvažniji serpentinski azbest je krizotil, bazični magnezijev silikat formule  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ . Serpentinske stijene sadrže većinom od 5 do 10 % azbesta. Serpentinski azbest ima najveća nalazišta u Kanadi (Québec) i na Uralu. U BiH iskorištavala su se rudna ležišta kod Bosanskog Petrovog Sela gdje je ruda razmjerno siromašna azbestnim vlaknom (sa oko 3 %). Kod amfibolskog azbesta glavni predstavnici su amozit, antofilit i krocidolit. Ležišta amfibolskog azbesta nisu vezana za određenu vrstu stijena, a najveća nalazišta se nalaze u Južnoj Africi, Australiji i SAD-u (*LZMK, 2018*).

Na slici 1 navedeno je 6 vrsta azbesta. To su:

- krocidolit (plavi azbest)
- amozit (smeđi azbest)
- krizotil (bijeli azbest)
- antofilit
- aktinolit
- tremolit



Slika 1. Azbestni minerali (ŠPANOVIĆ, 2010)

**Krokidolit** ili poznatiji pod nazivom plavi azbest (slika 2) je najopasniji mineral azbesta. On je u odnosu na krizotil, koji se smatra najmanje opasnim azbestom, oko 100 puta opasniji jer su mu vlakna puno manja (oko 2,5-10 mikrometara) te lakše dospiju u ljudski organizam (WIKIPEDIA, *Australian Blue Asbestos*, 2018). Krokidolit se koristio u filtrima za cigarete, nekim ranim maskama za plin. Koristio se i kao građevinski materijal od azbestnog cementa. Najveća nalazišta krokidolita nalazila su se u Južnoj Africi, Boliviji i Australiji. Sredinom 20. stoljeća otkriveno je da je azbest štetan te dolazi do postepenog zatvaranja proizvodnje materijala od krokidolita (WIKIPEDIA, *Riebeckite*, 2018).



Slika 2. Krokidolit ili plavi azbest

(<https://www.dakotamatrix.com/mineralpedia/8123/riebeckite>)

**Amozit** ili smeđi azbest (slika 3) smatra se drugim najopasnijim mineralom azbesta odmah nakon krokidolita. Amozit se pod mikroskopskim povećalom vidi kao sivo bijelo staklasto vlakno. Najčešće se koristi kao usporivač požara u termoizolacijskim proizvodima, azbestnim izolacijskim pločama i stropnim pločicama (*WIKIPEDIA, Asbestos, 2018*).



Slika 3. Amozit ili smeđi azbest

([https://www.flickr.com/photos/asbestos\\_pix/14902549483/](https://www.flickr.com/photos/asbestos_pix/14902549483/))

**Krizotil** ili bijeli azbest (slika 4) je vrsta azbesta s kojom se najčešće susrećemo. Danas čini oko 95 % sveg azbesta u svijetu. Mek je i vlaknasti silikat sa prosječnom debljinom vlakana oko 2  $\mu$ m koji se nalazi u skupini serpentina. Ima najmanju štetnost od svih 6 vrsta azbesta. U Republici Hrvatskoj krizotil se najviše uvezao i koristio te se dugo raspravljalo o potpunoj zabrani korištenja te vrste azbesta. Velika nalazišta se nalaze u Africi, Australiji, Italiji, Kanadi, SAD-u i Rusiji (*WIKIPEDIJA, Krizotil, 2017*).



Slika 4. Krizotil ili bijeli azbest (*WIKIPEDIJA, Krizotil, 2017*)

## 2.2. Korištenje azbesta

U Republici Hrvatskoj je postojalo nekoliko nalazišta azbesta ali nije bilo isplativo njegovo iskorištavanje zbog drastično jeftinijeg uvoza iz inozemstva. Međutim, ima veoma mnogo siromašnih nalazišta na području cijele Hrvatske. Dakle, azbest je prisutan u našem prirodnom okolišu. Iz površinskih stijena moguće je širenje azbesta okolišem zbog djelovanja meteoroloških čimbenika te su zapravo ljudi oduvijek bili izloženi azbestnim vlaknima iz prirode, kako kod nas tako i u čitavom svijetu jer ne postoji kopneno mjesto bez azbestnih vlakana u zraku (*PLAVŠIĆ, 2009*).

Zbog svojih dobrih karakteristika, slabe toplinske, zvučne i električne provodljivosti, visoke otpornosti na temperaturne razlike, pronašao je veliku primjenu u tehnici i građevinarstvu. U antičko doba narodi su poznavali azbest i njegovu otpornost na visoke temperature te su ga koristili, kao npr. postolje za spaljivanje mrtvih tijela. Tijekom 19. stoljeća počinje korištenje azbesta u mnogobrojne svrhe spoznajom da se azbestni materijali dobro kalaju na ploče ili čak vlakna. Dodavao se mnogobrojnim proizvodima kako bi im se osigurala mehanička i kemijska svojstva, otpornost na vlagu i visoku temperaturu. Upotrebljavan je za izradu toplinske i električne izolacije, za izradu zaštitne vatrogasne obuće i odjeće. Ugrađivan je na mnogim mjestima u kućanstvo u raznim oblicima vanjskih zidova (beton, žbuka, boja), izolatora štednjacima, bojlerima i kotlovima centralnog grijanja, kao i pokrovne ravne ili valovite ploče (slika 5) na krovovima i drugdje. Većina proizvoda je i danas u upotrebi ali pod strogom kontrolom jer mu nema zamjenskog tehničkog materijala (*PLAVŠIĆ, 2009*).



Slika 5. Pokrovne salonit ploče (PLAVŠIĆ, 2009)

### 2.3. Štetni utjecaj azbesta

Azbest postaje opasan kad se raspadanjem materijala, vlakna azbesta šire zrakom kojeg udišemo. Čestice azbesta, odnosno prašina azbestnih igličastih vlakana koja se oslobađaju iz azbestnih proizvoda i šire zrakom, tijekom dužeg izlaganja i udisaja nakon određenog vremena izazivaju benigne bolesti pluća i pleure, kao što su azbestoza, bolest dišnih puteva i maligne bolesti pluća. Azbestna vlakna ulaze zrakom u plućne alveole, tijelo ne može razgraditi vlakna te dolazi do iritacije mekog tkiva. Nakon određenog vremena dolazi do zadebljanja i otvrdnuća plućnih vrećica (PMF, 2012).

Azbest u kućanstvu ili radnim prostorima ne predstavlja opasnost sve dok proizvodi od azbesta nisu oštećeni lomom ili raspadanjem jer se njegova vlakna ne nalaze u zraku. Većina azbestnog materijala izrađena je tako da se njegova vlakna ne mogu osloboditi u zrak ako nije došlo do raspadanja (PLAVŠIĆ, 2009). U trenutku većeg oštećenja azbestnog materijala potrebna je intervencija stručnjaka zbog sanacije ili uklanjanja azbesta.

Zbog svog štetnog utjecaja na ljudsko zdravlje, mnogobrojne države su zabranile korištenje azbesta. Republika Hrvatska je 01. siječnja 2006. godine donijela Zakon o zabrani proizvodnje, prometu, upotrebe azbesta i proizvoda koji sadrže azbest (PLAVŠIĆ, 2009).

### 3. ODLAGANJE OTPADA KOJI SADRŽI AZBEST

Odlagalište otpada je složena geotehnička građevina, a osnovna namjena je sigurno i ekološki prihvatljivo zbrinjavanje otpada. Dijelimo ih na odlagališta otpada za opasni, neopasni i inertan otpad. Azbest spada u skupinu opasnog otpada jer struganjem, bušenjem, razbijanjem, lomljenjem ili bilo kakvim drugim obrađivanjem šteti po ljudsko zdravlje i kao takav obraća pažnju na njegovu adekvatno zbrinjavanje.

Azbest je materijal prirodnog podrijetla i kemijski inertan materijal pa je izbor današnje tehnologije za postupanje s njim dosta malen, ali i u stadiju novih tehnoloških istraživanja (*BRAČUN et al., 2010*). Donijeti su zakoni i propisi kojima se daju upute o postupanju otpadom koji sadrži azbest, a to su: Odluka vlade RH o postupanju Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost za provedbu mjera radi unaprjeđenja sustava gospodarenja otpadom koji sadrži azbest (NN 58/11) , Naputak o postupanju s otpadom koji sadrži azbest (NN 89/08), Pravilnik o gospodarenju otpadom (NN 117/17), Pravilnik o načinu i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 114/15), Pravilnik o gospodarenju građevnim otpadom i otpadom koji sadrži azbest (NN 69/16).

Otpad koji sadrži azbest u krutom stanju odlaže se na posebno izgrađene kazete na točno predviđenim ploham, što je propisano u članku 20. stavak 2. Pravilnika o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest (*NN 69/16*). Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (*NN 114/15*) propisuje da se otpad koji sadrži azbest smije odlagati na odlagalištu otpada za neopasan otpad te nije potrebna prethodna analiza eluata i organskih parametara onečišćenja ako su u skladu sa sljedećim uvjetima (*NN 89/08*):

- otpad ne smije sadržavati druge opasne tvari osim čvrsto vezanog azbesta

- odlagati se može samo građevinski otpad koji sadrži čvrsto vezani azbest i ostali čvrsto vezani azbestni otpad
- otpad se može odlagati samo u posebnim odlagališnim poljima, odvojeno od ostalog otpada na odlagalištu
- područje s odloženim otpadom koji sadrži azbest mora se dnevno prekrivati na način da se spriječi tijekom prekrivanja oslobađanje azbestnih vlakana u okoliš
- otpad koji nije pakiran mora se prije odlaganja prskati vodom koja se mora skupljati sustavom odvodnje procjednih voda odlagališta u skladu s Pravilnikom o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada
- površinsko brtvljenje tijela odlagališnog polja s otpadom koji sadrži azbest mora sprječavati oslobađanje azbestnih vlakana u okoliš potrebnim brtvljenjem s ugrađenim sustavom površinske odvodnje oborinskih voda
- na odlagališnom polju s otpadom koji sadrži azbest ne smiju se izvoditi nikakve aktivnosti koje mogu uzrokovati oslobađanje azbestnih vlakana u okoliš
- nakon zatvaranja odlagališta s odlagališnim poljem s otpadom koji sadrži azbest, mora biti spriječena svaka daljnja upotreba površina odlagališta

Svaka fizička ili pravna osoba koja posjeduje azbestni otpad, obavještava ovlaštenu osobu (skupljača) za sakupljanje građevinskog otpada koji sadrži azbest. Ovlaštene osobe u vremenu od 10 dana od kad je poziv nastao dužne su preuzeti pripremljeni otpad koji sadrži azbest. Osoba na adekvatan način priprema azbestni otpad za odvoz skupljaču. Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost na svojim internetskim stranicama sadrži popis od 13 skupljača azbestnog otpada. Azbestni otpad se pakira u propisanu ambalažu, prevozi se i predaje obližnjem komunalnom društvu koja ima sve potrebne uvjete za odlaganje takvog otpada, a popis takvim komunalnih društava nalazi se na internetskim stranicama Fonda za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost.

Skupljač prilikom preuzimanja azbestnog otpada upakirava otpad u odgovarajuću ambalažu kako ne bi došlo do oslobodjenja azbestnih vlakana, a koriste se big bag vreće, strech folije, polietilenske vreće minimalne debljine 0,4 mm.

Ispunjava se odgovarajući Prateći list za opasni otpad – Obrazac PL-O prema Pravilniku o gospodarenju otpadom (NN 117/17). Kod fizičke osobe koja sadrži azbest ispunjava se i Potvrda o preuzimanju građevinskog otpada koji sadrži azbest od strane fizičkih osoba (kućanstva) – Obrazac AZ1/08 (slika 6). Prateći list se kasnije ovjerava kod odlagatelja građevnog otpada koji sadrži azbest sukladno uputama o postupanju s građevinskim otpadom koji sadrži azbest radi odlaganja na posebno priređene plohe (kazete) za odlaganje građevinskog otpada koji sadrži azbest (*FZOEU, 2013*).

Transportno vozilo mora biti prilagođeno prijevozu po ADR-u (međunarodni sporazum o cestovnom prijevozu opasnih materijala) klase 9 i dostavljanje azbestnog otpada vrši se do najbližeg odlagališta neopasnog otpada u okviru županije koja ima kazetu za odlaganje azbestnog otpada u čvrstom stanju. Ako područna županija u kojoj je sakupljen otpad nema izgrađenu kazetu za odlaganje azbestnog otpada, potrebno je takav otpad zbrinuti u drugoj županiji uz prethodnu suglasnost komunalnog društva koja upravlja tim odlagalištem (*FZOEU, 2013*).

Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost prijašnjih je godina financijski pomagao zbrinjavanju azbestnog otpada financirajući ovlaštene skupljače za preuzimanje te vrste otpada dok danas više ne financiraju. Međutim, omogućuje se fizičkim osobama zbrinjavanje azbestnog otpada u iznosu od 200 kg svakih 6 mjeseci u komunalnim društvima na 17 odlagališta u Republici Hrvatskoj gdje postoje kazete za zbrinjavanje azbestnog otpada u čvrstom stanju. Jedinice lokalne samouprave u cijelosti snose troškove gospodarenja građevnim otpadom koji sadrži azbest, a nastao je u kućanstvu (*FZOEU, 2018*). Kod pravnih osoba troškove skupljanja, prijevoza i odlaganja otpada koji sadrži azbest ne snosi Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost već su pravne osobe same dužne snositi troškove. U slučaju zbrinjavanja otpada koji sadrži azbest u čvrstom stanju na temelju inspekcije



zaštite okoliša sve troškove podnosi fizička ili pravna osoba gdje se vršio inspekcijski nadzor (FZOEU, 2013).

<b>POTVRDA</b>			
<b>O PREUZIMANJU GRAĐEVINSKOG OTPADA KOJI SADRŽI AZBEST</b>			
<b>OD STRANE FIZIČKIH OSOBA (kućanstava)</b>			
<b>Naziv i adresa tvrtke SKUPLJAČA</b>			
<b>Osoba za kontakt</b>		<b>Broj telefona osobe za kontakt</b>	
Ime i prezime osobe koja je <b>PREUZELA</b> <b>građevinski otpad koji sadrži azbest</b>			
Ime i prezime osobe koja je <b>PREDALA</b> <b>građevinski otpad koji sadrži azbest</b>			
Adresa osobe koja je predala građevinski otpada koji sadrži azbest			
<b>R.br.</b>	<b>NAZIV OTPADA</b>	<b>Količina/komada</b>	
<b>Potpis posjednika otpada koji sadrži azbest</b>			<b>Datum</b>

Potpis djelatnika koji je preuzeo  
građevinski otpad koji sadrži azbest

---

Slika 6. Potvrda o preuzimanju građevinskog otpada koji sadrži azbest od strane fizičkih osoba (FZOEU, 2013)

## 4. KARAKTERISTIKE KRŠKIH VODONOSNIKA

Krš je tip reljefa specifičnoga krajolika i morfološkog oblika koji je razvijen u karbonatnim stijenama. Razvijen je na tlu sastavljenom od topivih stijena, najčešće kalcijevog karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ) ili magnezijevog karbonata ( $\text{MgCO}_3$ ). Postoje tri glavna sastojka karbonatnih stijena: Aragonit, kalcit i dolomit. Aragonit je relativno čist kalcijev karbonat koji sadrži manje od 2 mol. %  $\text{MgCO}_3$  te u tragovima Sr, Ba, Pb i K. Razmjeno se brzo otapa ili transformira u stabilni kalcit i uglavnom je nestabilan na površini terena. Kalcit u odnosu na aragonit je podložniji ionskoj izmjeni. Često dolazi do izmjene Mg i Ca gdje sadržaj Mg može dosegnuti do 20 mol. %  $\text{MgCO}_3$ . Aragonit nastaje u uvjetima više temperature i visokog pH. Dolomit ne nastaje u biokemijskim procesima niti taloženjem iz morske vode, nego je mineral sekundarnog podrijetla nastao potiskivanjem  $\text{CaCO}_3$  u vapnenačkim muljevima ili očvrslim vapnencima (*BIONDIĆ, B. & BIONDIĆ, R., 2014*)

Danas postoji velik broj klasifikacija karbonatnih stijena. Na temelju relativnog odnosa karbonatnog i ne karbonatnoga sadržaja postavljaju se opće klasifikacije, a za određene specifične klasifikacije vrše se vrlo detaljna ispitivanja litološkog sastava. Stijene koje sadrže više od 50 % karbonatnih minerala nazivamo ih vapnencima (*BIONDIĆ, B. & BIONDIĆ, R., 2014*).

Okršene karbonatne stijene izgrađuju oko četvrtinu svih kontinenata pa stoga možemo zaključiti koliku važnost krški vodonosnici danas imaju na razvoj stanovništva. 35 % europskog kontinenta preplavljeno je karbonatnim stijenama od čega je najveći dio intenzivno okršen. U nekim zemljama krške forme se nalaze u pokrivenim karbonatnim vodonosnicima. Okršene karbonatne stijene uglavnom izgrađuju planinske lance, bogate oborinama pa je mediteranski dio Europe, Azije i Afrike ovisan o resursima podzemne vode iz krških vodonosnika. Krška područja u Hrvatskoj uglavnom su izgrađena od karbonatnih stijena i zauzimaju gotovo 50 % teritorija (slika 7). Najveći dio krških terena pripada megastrukturnoj jedinici Dinarida koja se prostire od južne Slovenije pa sve preko Hrvatske i Bosne i Hercegovine do Crne Gore. Granica sa panonskom

hrvatskom je Karlovačka depresija. U području panonskog bazena postoje okršeni karbonatne stijene, a vrijedni su vodonosnici kao Ivančica u Hrvatskome zagorju te pojave na Samoborskom gorju, Kalniku, Papuku i drugdje (BIONDIĆ, B. & BIONDIĆ, R., 2014).



Slika 7. Skica krških terena u Hrvatskoj (<https://speleo-klub-samobor.hr/edukacija/speleologija/>)

Voda kemijskim procesima otapanja karbonatnih stijena stvara morfološke oblike. Izraženiji morfološki oblici javljaju se u stijenama gdje prevladava vapnenac jer je podložniji procesu otapanja u odnosu na dolomit. Razlikujemo površinske i podzemne morfološke oblike. Značajniji površinski oblici su škrape, vrtače, ponikve, doline i krška polja, a jame i špilje spadaju u podzemne morfološke oblike (BIONDIĆ, B. & BIONDIĆ, R., 2014).

## 4.1. Tipovi krških vodonosnika

Pukotinski sustavi su osnovno obilježje karbonatnih krških terena. Ponekad su prošireni do dimenzija kanala i velikih špiljskih prostora uzrokovani radom disolucijskih voda. Krški procesi mijenjaju pukotinske sustave karbonatnih stijena i stvaraju specifična obilježja (*BIONDIĆ, B. & BIONDIĆ, R., 2014*):

- nedostatak stalnih površinskih tokova uz nastajanje ponora, krških polja i drugih karakterističnih krških forma
- pojave kaverna i podzemnih kanala
- stalni i povremeni veliki krški izvori
- nastajanje specifičnog okoliša

Osnovni tipovi krša i krških vodonosnika su (*BIONDIĆ, B. & BIONDIĆ, R., 2014*):

- geosinklinalni tip krša i krških vodonosnika
- epikontinentalni tip krša i krških vodonosnika

**Epikontinentalni tip** krša razvijen je u rubnim dijelovima epikontinentalnog pojasa na relativno stabilnim tektonskim prostorima. Često se javlja izmjena vodopropusnih karbonatnih i vodonepropusnih klastičnih stijena. Primjeri epikontinentalnih stijena su Pariški bazen, krš Bliskoga istoka, Libije, Kine.

**Geosinklinalni tip** krša nastao je na rubovima kontinentalnih ploča. Područje je često zahvaćeno litološkim promjenama te višestrukim orogenetskim pokretima. Geološka strukturna forma Dinarida nastala je alpskom orogenezom nakon taloženja fliša krajem eocena i početkom oligocena. Razlikujemo dva tipa unutar geosinklinalnog krša. Prvi čine razlomljeni geosinklinalni pojasevi sa pojavljivanjem vodonepropusnih i vodopropusnih stijena te razvojem karakterističnih krških polja. Osnovne

značajke drugog tipa je velika masa veoma razlomljenih stijena, prostrana krška polja s izviranjem i poniranjem vode, pojava vrulje i raznih krških formi koje upućuju na razvoj dubokih krških vodonosnika. Područje koje obuhvaća geosinklinalni tip krša odnosi se na Alpe, Dinaride, Pirineje, Karpate i drugdje

Na području Dinarskog krša u Republici Hrvatskoj razvijen je geosinklinalni tip krša i krških vodonosnika koji se odlikuje dubokim krškim vodonosnicima, općim nedostatkom stalnih površinskih tokova uz postojanje ponora, krških polja i ostalih specifičnih krških formi, čestim pojavama kaverni i podzemnih kanala, postojanjem velikih krških izvora, velikim brzinama podzemnih tokova, nepostojanjem ili vrlo tankim pokrovnim naslagama što ga čini izuzetno ranjivim i osjetljivim na sva potencijalna onečišćenja.

## 4.2. Krške vodne pojave

Vodne pojave koje se javljaju na području krških terena dio su hidrološkog ciklusa i direktno su povezane s podzemnim vodonosnicima formiranim u okršenim karbonatnim stijenama. Geološka građa Dinarida omogućuje formiranje krških vodonosnika koji stvaraju razne vodne pojave na površinskom djelu terena. Današnji površinski i podzemni tokovi u Dinaridima nastali su u vrijeme najmlađeg geološkog razdoblja kvartara. Karakterističnije krške vodne pojave su izvori, vrulje, estavele, rijeke, jezera, ponori i ponorne zone (*BIONDIĆ, B. & BIONDIĆ, R., 2014*).

**Izvori** su mjesta istjecanja podzemne vode na površinu terena. Na kontaktu karbonatne stijenske mase i vodonepropusne stijene dolazi do istjecanja podzemne vode (*GJETVAJ, 2006*). Zbog geološke građe i pukotinskog rasporeda te utjecaja nepravilnog rasporeda oborina javljaju se veliki odnosi minimalnog i maksimalnog istjecanja količine vode iz izvora.

**Vrulje** ili pomorski izvori su vodne pojave gdje slatka voda izvire iz podzemlja na morskome dnu. Vrulje su bile izvori slatke vode na kopnu ali konačnim porastom razine mora dolaze ispod morske površine te se

hidrostatičkim tlakom vode u krškom sustavu omogućuje izviranje vode iz morskoga dna (*WIKIPEDIJA, Vrujla, 2014*).

**Estavele** su vodne pojave kod kojih dolazi do izviranja i poniranja vode u vodonosnik ili krško polje. Ovisne su o vremenskim uvjetima i o razini podzemne vode u kršu. U sušnom periodu godine ponašaju se kao ponori, a u razdoblju visokih voda djeluju kao izvori (*GJETVAJ, 2006*).

### 4.3. Trasiranje krških podzemnih tokova

Za određivanje smjerova i brzina podzemnih tokova pri određenim hidrološkim uvjetima koristi se metoda trasiranja. Ta vrsta metode istraživanja krških vodonosnika ujedno je i najefikasnija. Trasiranje se najčešće provodi umjetnim traserima (tablica 1), različitim kemikalijama koja se detektiraju na različitim izvorima. Isto tako koriste se prirodni traseri kao traseri u obliku četica, izotopi i fizička svojstva vode. Najpoznatiji i najviše korišteni umjetni traser u svijetu i Hrvatskoj je Na-fluorescein ili uranin. Bitne značajke koje moraju imati umjetni traseri je ta da nisu opasni i ne štete po ljudsko zdravlje, ne smiju mijenjati okus i miris podzemne vode, ne nastaju štetni produkti i lako se detektiraju (*BIONDIĆ, B. & BIONDIĆ, R., 2014*).

*Tablica 1. Umjetni traseri podzemnih tokova (prema KÄSS, 1998)*

Fluorescentni traseri	Soli	Čestice
uranin (Na-fluorescein)	natrijeve	obojene spore
Eozin	kalijeve	mikrosfere
sulfurodamin	litijeve	specifične bakterije
amidrodamin	stroncijeve	bakteriofagi
rodamin	bromid	
pyranin	jodid	
naftionat		
tinopal		

Trasiranju treba pristupiti ozbiljno i pažljivo se pripremiti. Ovisno o karakteristikama krških vodonosnika, udaljenosti mjesta izvora gdje se očekuje pojavljivanje trasera i mjestu trasiranja, potrebnoj količini vode za injektiranje i analitičkoj metodi identifikacije trasera ubačenog u vodu, određuje se potrebna količina trasera. Unaprjeđenjem metoda trasiranja, različiti istraživači su dobili empirijske formule za izračun potrebne količine trasera.

Tijekom trasiranja određuje se mjesto i vrijeme rasporeda opažanja trasera. Odmah nakon ubacivanja trasera potrebno je uzorkovanje vode. Uzimanje uzoraka provodi se svakih 6 sati kod regionalnog trasiranja, a može potrajati duže od mjesec dana. Dobiveni uzorci odnose se na laboratorijsku analizu gdje se luminiscencijskim spektrometrom određuju koncentracije trasera. Krajnji rezultat trasiranja je interpretacija dobivenih podataka (*BIONDIĆ, B. & BIONDIĆ, R., 2014*).

#### **4.4. Zaštita krških vodonosnika**

Republika Hrvatska je polovicom svojeg teritorija prekrivena kršem pa je zaštita vode u kršu od velikog interesa zbog vodoopskrbe područja Jadrana i otoka. Krški vodonosnici su vrlo ranjivi sustavi posebice zbog svojih brzih podzemnih tokova te slabog samo pročišćavanja vode. Zbog sve veće urbanizacije i razvoja industrije onečišćenja vode su sve veća, a najveća onečišćenja se javljaju od otpadnih voda, prometa, komunalnog i industrijskog otpada i drugih. Poseban problem onečišćenja podzemne vode je teška uočljivost, a ponekad nakon određenog vremena uočava se onečišćenje na mjestima eksploatacije vode (*BIONDIĆ, B. & BIONDIĆ, R., 2014*).

Prvi pravilnik o zaštiti voda za piće donesen je u vrijeme bivše države koji se odnosio prvenstveno na međuzrnske vodonosnike te je samo u jednom članku spomenuta zaštita krških vodonosnika. Taj se zakon u Republici Hrvatskoj primjenjivao sve do 2002. godine kada je donesen Pravilnik o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta (NN 55/02). Ovim se

pravilnikom prvi puta obuhvaća zaštita vode za piće na području Dinarskog krša. U pravilniku se propisuju zone sanitarne zaštite te mjere zaštite za različite zone i stupanj zaštite Vodoopskrbnih rezervata.

Godine 2011. donesen je novi Pravilnik o uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta (NN 66/11), a tijekom 2013. godine i izmjene i dopune tog pravilnika (NN 47/13). Ovim pravilnikom nije generalno mijenjan sustav određivanja zona sanitarne zaštite i mjere zaštite za krške vodonosnike, ali je povećana mogućnost aktivnog odnosa prema zaštiti kroz različita tehnička rješenja za svaki pojedini objekt (BIONDIĆ, B. & BIONDIĆ, R., 2014).

Zone sanitarne zaštite krških vodonosnika su:

I. zona sanitarne zaštite ili zona strogog režima zaštite i nadzora

II. zona sanitarne zaštite ili zona strogog ograničenja i nadzora

III. zona sanitarne zaštite ili zona ograničenja i nadzora

IV. zona sanitarne zaštite ili zona ograničenja

Vodoopskrbni rezervat

**I. zona sanitarne zaštite ili zona strogog režima zaštite i nadzora** odnosi se na izvor vodonosnika, kaptazu, crpnu stanicu, uređaje za kondicioniranje vode te građevine za čuvanje mjesta umjetnog napajanja vodonosnika bez obzira na udaljenost od zahvata. Prva se zona može podijeliti na I.A. i I.B. zonu s time da se I.A. zona mora ograditi. U I. zoni zabranjuje se bilo kakva aktivnost osim aktivnosti vezanih uz zahvaćanje, preradu i odvoz vode u vodoopskrbni sustav (NN 66/11, 47/13).

**II. zona sanitarne zaštite ili zona strogog ograničenja i nadzora** obuhvaća glavne drenažne smjerove u neposrednom izvorištu sliva s mogućim dotocima u trajanju od 24 sata i područje gdje su prividne brzine podzemnih tokova veće od 3 cm/s u uvjetima velikih voda. Na taj način, ponori i ponorne



zone u III. i IV. zoni mogu ući u područje II. zone sanitarne zaštite (*NN 66/11, 47/13*). Zabranjena je gradnja prometnice te urbanih i industrijskih sadržaja, puštanje otpadnih komunalnih i pročišćenih voda te odlaganje otpada. Dopuštena je ekološka proizvodnja poljoprivrednih proizvoda ali bez primjene stajskog gnoja .

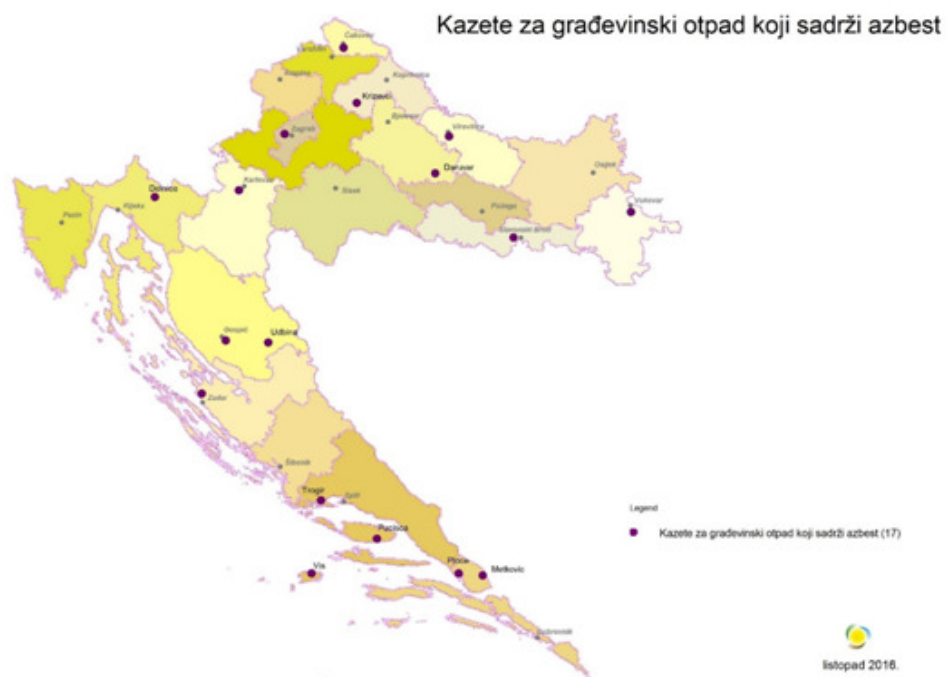
**III. zona sanitarne zaštite ili zona ograničenja i nadzora** odnosi se na dijelove sliva od granice II. zone pa do granice do kojih je moguće tečenje podzemne vode u razdoblju između 1 do 10 dana u razdoblju velikih voda, gdje se prividne brzine podzemnih tokova kreću od 1-3 cm/s. U odnosu na II. zonu mjere zaštite su blaže. Međutim, zabranjeno je odlaganje otpada, eksploatacija sirovina osim geotermalne i mineralne vode, gradnje cjevovoda bez propisane zaštite voda te izgradnju benzinske crpke bez spremnika s dvostrukom stjenkom (*NN 66/11, 47/13*).

**IV. zona sanitarne zaštite ili zona ograničenja** obuhvaća područje sliva izvan granica III. zone s mogućim dotocima podzemne vode u rasponu od 10-50 dana u uvjetima velikih voda. Odnosi se na sliv izvorišta izvan III. zone gdje su prividne brzine podzemnog toka manje od 1 cm/s. Zabranjuje se ispuštanje otpadnih nepročišćenih voda u podzemlje, gradnju objekta za odlaganje opasnog otpada, gradnju benzinskih crpki bez zaštitnih spremnika naftnih derivata, gradnju prometnica bez adekvatne odvodnje oborinskih voda i sl. (*NN 66/11, 47/13*).

**Vodoposkrbni rezervat** obuhvaća brdsko planinska područja, bogate oborinama gdje se nalaze zone prikupljanja i zadržavanja vode u slivovima krša. Mjere koje se provode radi zaštite odnose se na mjere zaštite iz II., III. i IV. zone sanitarne zaštite (*NN 66/11, 47/13; BIONDIĆ, B. & BIONDIĆ, R., 2014*).

## 5. PRIMJER ODLAGALIŠTA SOVIĆA LAZ

Na području Republike Hrvatske predviđena je izgradnja 17 kazeta za odlaganje građevinskog otpada koji sadrži azbest u krutom stanju (slika 8). Od toga se 9 nalazi na području Dinarskog krša.



Slika 8. Položaj kazeta za odlaganje građevinskog otpada koji sadrži azbest  
([http://www.fzoeu.hr/hr/gospodarenje\\_otpadom/posebne\\_kategorije\\_otpada/otpad\\_koji\\_sadrzi\\_azbest/](http://www.fzoeu.hr/hr/gospodarenje_otpadom/posebne_kategorije_otpada/otpad_koji_sadrzi_azbest/))

Jedna od predviđenih kazeta za odlaganje građevinskog otpada koji sadrži azbest je na području grada Delnica, na postojećoj lokaciji odlagališta komunalnog otpada Sovića Laz. Odlagalište je u upotrebi od 1966. godine, a otpad se odlaže u duboke vrtače šumskog područja (slika 9).



Slika 9. Odlagalište otpada Sovića Laz (*BIONDIĆ, R. et al., 2016*)

Odlagalište komunalnog otpada Sovića Laz nalazi se u krškom području sa brzim tokovima podzemne vode i prostranim slivovima. Nalazi se u Crnomorskom slivu, u slivu Velike i Male Belice. Ti veliki krški izvori nisu zahvaćeni za javnu vodoopskrbu, ali su zaštićeni kao strateške rezerve za moguću buduću javnu vodoopskrbu. Lokacija je u blizini razvodnice sliva sa slivom izvora Kupice koji je najveći krški izvor na području Gorskog kotara zahvaćen za javnu vodoopskrbu grada Delnica (*BIONDIĆ, R. et al., 2016*).

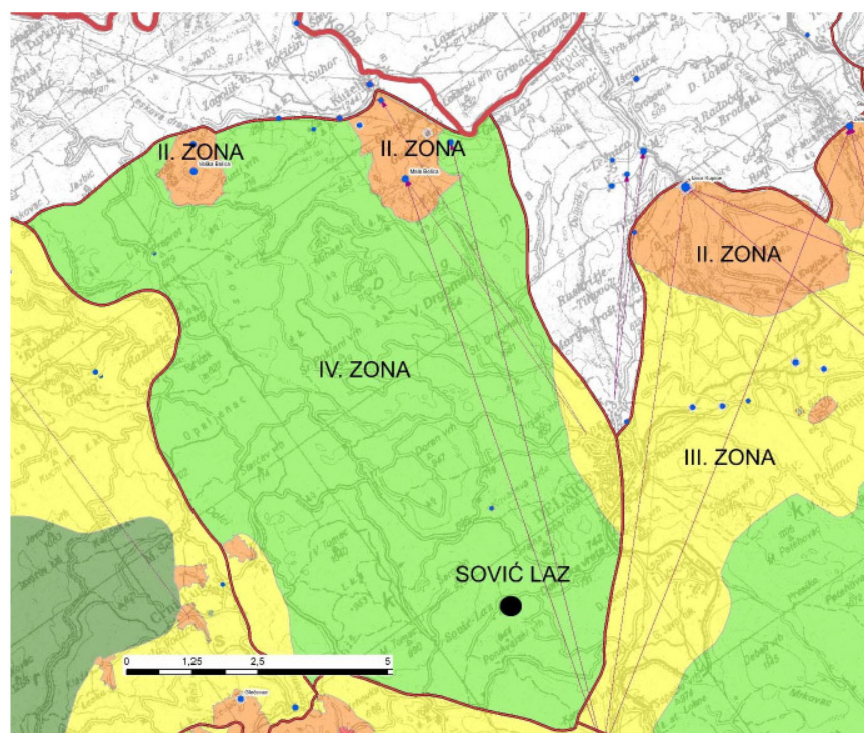
Izvorišta Velika Belica i Mala Belica nalaze se u unutrašnjosti sliva rijeke Kupe. Od ušća rijeke Kupe, izvorišta Velika Belica udaljeno je 10 km, a izvorište Mala Belica oko 1 km. Velika količina oborina i niska retencijska sposobnost krša omogućuju velika amplitudna istjecanja te povlačenje zone izviranja duž korita vodotoka. Izvorišta su tipom vrlo slična, a zajedno izvorišta u vrijeme malih voda imaju kapacitet oko 300 l/s.

Izvorište Kupice djelomično je kaptirano za vodoopskrbu grada Delnica te područja Mrkopolja s oko 60 l/s. Hidrološka mjerenja na području izvorišta

Kupice ukazuju na stalno izvorište. Iz mjerenja u razdoblju od 1986.-1994. godine zabilježen je srednji godišnji protok od 5,07 m<sup>3</sup>/s, a maksimalno izmjereni 65,6 m<sup>3</sup>/s.

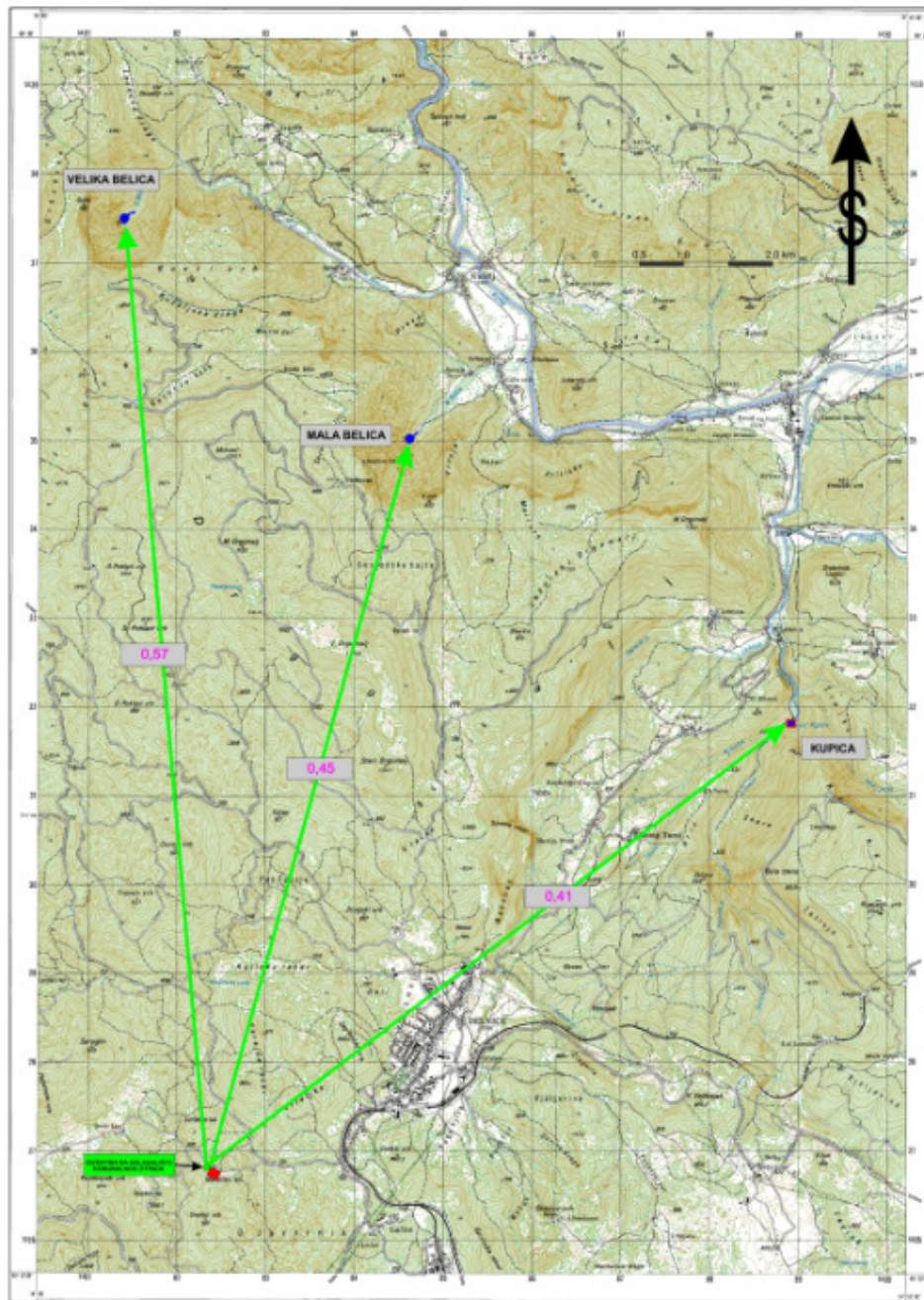
Odlagalište otpada Sovića Laz je smješteno u IV. zoni sanitarne zaštite krških vodonosnika (slika 10) u kojoj se kao mjera zaštite zabranjuje gradnja objekta za oporabu, obradu i odlaganje opasnog otpada.

Na postojećoj lokaciji odlagališta otpada predviđena je izgradnja kazete za odlaganje građevinskog otpada koji sadrži azbest i čvrsto vezani azbestni otpad. Za dobivanje vodopravnih uvjeta i dozvola provedena su hidrogeološka istraživanja koja su obuhvaćala izradu detaljne hidrogeološke karte, bušotine u neposrednoj blizini predviđene kazete za odlaganje azbesta i trasiranje podzemnih tokova iz bušotine s praćenjem pojave trasera na izvorima Velika Belica, Mala Belica i izvor Kupice (*BIONDIĆ, R. et al., 2016*).



Slika 10. Zone sanitarne zaštite izvorišta na području Gorkoga kotara i položaj odlagališta Sovića Laz (*BIONDIĆ, R. et al., 2016*)

Izvedbom trasiranja podzemnih tokova na području odlagališta (slika 11) ustanovljeno je da se prividne brzine podzemnih tokova od odlagališta pa do korespondentnih izvora kreću u rasponu od 0,41 do 0,57 cm/s, a transport trasera traje više od 10 dana (tablica 2). Na temelju tih podataka lokacija odgovara smještaju u IV. zonu sanitarne zaštite (BIONDIĆ, R. et al., 2016).



Slika 11. Karta podataka i rezultata trasiranja na lokaciji odlagališta Sovića Laz (KAPELJ, J. & KAPELJ, S., 2016).

Tablica 2. Rezultati trasiranja podzemnih tokova na području odlagališta

RED. BR.	NAZIV IZVORA	OPAŽANJE Br. uzoraka	DATUM POJAVE vrijeme	UDALJENOST (cm)	VRIJEME (s)	PRIVIDNA BRZINA TOKA (cm/s)
1	KUPICA	UZORKOVANJE 71	27.04.2016. 07h 00m	825000	1974600	0,41
2	VELIKA BELICA	UZORKOVANJE 67	26.04.2016. 6h 00m	1075000	1884600	0,57
3	MALA BELICA	UZORKOVANJE 67	26.04.2016. 6h 30m	850000	1886400	0,45

Iz rezultata provedenih hidrogeoloških istraživanja utvrđeno je da se podzemne vode iz područja odlagališta Sovića Laz dreniraju prema sva tri opažana izvora, od kojih je jedino izvor Kupice zahvaćen za javnu vodoopskrbu djela Gorskog kotara i samog grada Delnice. Stoga treba obratiti pažnju kod donošenja odluke o načinu sanacije odlagališta., izgradnje reciklažnog dvorišta te pretovarne stanice, a naročito za izgradnju i korištenje kazete za azbestni otpad (BIONDIĆ, R. et al., 2016).

Iz 3. poglavlja ovog rada gdje je obrazložen način odlaganja otpada koji sadrži azbest vidljivo je da se azbestni otpad smije odlagati na odlagalište neopasnog otpada bez prethodne analize eluata i organskih parametara onečišćenja ako su zadovoljeni zahtjevi navedeni u Naputku o postupanju s otpadom koji sadrži azbest (NN 89/08).

Odlagalište otpada Sovića Laz nije spojeno na sustav odvodnje i uređaj za pročišćavanje otpadnih voda grada Delnica. Kao mjera zaštite okoliša i podzemnih voda preporuča se izgradnja vlastitog uređaja sa drugim stupnjem pročišćavanja oborinskih i procjednih voda na lokaciji odlagališta te pročišćenu otpadnu vodu puštati u krško podzemlje pomoću upojne građevine. Nakon zatvaranja aktivnosti odlaganja otpada koji sadrži azbest potrebno je spriječiti bilo kakvu daljnju aktivnost na odlagalištu azbestnog otpada (BIONDIĆ, R. et al., 2016).

Azbest je štetan po zdravlje ljudi ako se azbestna vlakna prijenose putem zraka te dolazi do njegovog udisaja. Azbest je neotopiv u vodi pa nema štetnog utjecaja na krške vodonosnike te se ne može procjeđivati u podzemne vode (*PLAVŠIĆ, 2009*). Ako se otpad koji sadrži azbest u čvrstom stanju odlaže prema zakonima i propisima taj otpad postaje inertan i nema nikakvog štetnog utjecaja na okoliš te život i zdravlje ljudi.

## 6. ZAKLJUČAK

Krška područja specifičnog su krajolika, bogata su vodonosnicima okarakteriziranim brzim podzemnim tokovima. Polovica teritorija Republike Hrvatske izgrađena je od krša te krški vodonosnici imaju velik utjecaj na razvoj stanovništva u Republici Hrvatskoj jer omogućuju dobivanje pitke vode prijeko potrebne za život na tom području. Stoga je neophodna zaštita krških vodonosnika od onečišćenja i nekontroliranog odlaganja otpada koji bi mogli imati negativan učinak na kakvoću podzemnih voda.

Azbestni otpad koji se nalazi u čvrstom stanju odlaže se u kazete koja su izgrađena u svrhu sprječavanja zagađenja i širenja azbestnih vlakana u okoliš. Azbest spada u skupinu opasnog otpada zbog njegovog štetnog utjecaja na zdravlje ljudi prilikom udisaja azbestnih vlakana. Međutim, minerali azbesta nisu topivi u vodi te stoga njegovim odlaganjem ne dolazi do procjeđivanja azbestnih minerala u krške vodonosnike i njegovog štetnog djelovanja na zdravlje ljudi.



## 7. POPIS LITERATURE

BIONDIĆ, B. & BIONDIĆ, R. (2014): *Hidrogeologija Dinarskog krša u Hrvatskoj*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet

BIONDIĆ, R., BIONDIĆ, B. & KAPELJ, J. (2016): *Hidrogeološka istraživanja za potrebe izgradnje i sanacije dijela odlagališta komunalnog otpada Sović Laz-Kazeta za građevinski otpad koji sadrži azbest u čvrstom stanju*. Zagreb: GEO INFO i GEO-RUDUS

BRAČUN, L., DUGALIĆ, M., ŠTRBAC, S., EMLING, M., TRBOJEVIĆ, V., ŠMITRAN, Ž., IVAŠKOVIĆ, R., KAŠTELAN, M. & BRIŠKI, G. (2010): *Zbrinjavanje građevinskog otpada i građevnog otpada koji sadrži azbest u Primorsko-Goranskoj županiji*. Rijeka: Ductor d.d.

FZOEU-Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost (2013): *Upute o postupanju s građevinskim otpadom koji sadrži azbest radi odlaganja na posebno priređene plohe (kazete) za odlaganje građevinskog otpada koji sadrži azbest*. [Online]. Dostupno na: [http://www.smz.hr/images/stories/okolis/upute\\_azbest.pdf](http://www.smz.hr/images/stories/okolis/upute_azbest.pdf) [12.07.2018.]

FZOEU-Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost (2018): *Otpad koji sadrži azbest*. Dostupno na: [http://www.fzoeu.hr/hr/gospodarenje\\_otpadom/posebne\\_kategorije\\_otpada/otpad\\_koji\\_sadrzi\\_azbest/](http://www.fzoeu.hr/hr/gospodarenje_otpadom/posebne_kategorije_otpada/otpad_koji_sadrzi_azbest/)

GJETVAJ, G. (2006): *Hidraulika 1. Hidraulika podzemnih voda u kršu*. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. [Online]. Dostupno na: [https://www.grad.unizg.hr/download/repository/PREDAVANJA\\_1/PREDAVANJE\\_A/h06-osnove\\_hidraulike\\_krsa.pdf](https://www.grad.unizg.hr/download/repository/PREDAVANJA_1/PREDAVANJE_A/h06-osnove_hidraulike_krsa.pdf) [20.07.2018.]

HAOP-Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (2016): *Pregled podataka o građevnom otpadu koji sadrži azbest za razdoblje od 2008. do 2015.* [Online] Dostupno na: [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021\\_otpad/lzvjescast/ost](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/lzvjescast/ost)

[alo/OTP\\_Pregled%20podataka%20o%20gra%C4%91evnom%20otpadu%20koji%20sadr%C5%BEi%20azbest\\_2008.-2015..pdf](#) [03.08.2018.]

KAPELJ, J. & KAPELJ, S. (2016): *Hidrogeološka istraživanja za potrebe izgradnje i sanacije dijela odlagališta komunalnog otpada Sović-Laz-Kazeta za opasni komunalni otpad grada Delinica*. Zagreb: GEO-RUDUS d.o.o.

KÄSS, W. (1998): *Tracingtechniqueingeohydrology*.- Rotterdam, Bookfield, Balkema, 581 p.

LZMK-Leksikografski zavod Miroslav Krleža (2018): *Hrvatska enciklopedija. Azbest*. [Online]. Dostupno na: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=4902> [05.07.2018.]

Narodne novine 47/13 (2013): *Pravilnik o izmjenama Pravilnika o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta*.

Narodne novine 55/02 (2012): *Pravilnik o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta*.

Narodne novine 58/11 (2011): *Odluka o postupanju Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost za provedbu mjera radi unaprjeđenja sustava gospodarenja otpadom koji sadrži azbest*.

Narodne novine 66/11 (2011): *Pravilnik o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta*.

Narodne novine 69/16 (2016): *Pravilnik o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest*.

Narodne novine 89/08 (2008): *Naputak o postupanju s otpadom koji sadrži azbest*.

Narodne novine 114/15 (2015): *Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpad*.

Narodne novine 117/17 (2017): *Pravilnik o gospodarenju otpadom*.

PLAVŠIĆ, F. (2009): *Azbest je svuda oko nas*. Hrvatski zavod za toksikologiju, Zagreb

PMF-Prirodoslovno-matematički fakultet (2012): *AZBEST-„tihan ubojica“*. [Online]. Dostupno na: [https://www.pmf.unizg.hr/download/repository/A\\_Z\\_B\\_E\\_S\\_T\\_-\\_clanak.pdf](https://www.pmf.unizg.hr/download/repository/A_Z_B_E_S_T_-_clanak.pdf) [06.07.2018.]

ŠPANOVIĆ, A. (2010): *Ekološki, javnozdrastveni i tehnički aspekt upotrebe azbesta u građevinarstvu*. SeminarSKI rad.

WIKIPEDIA. (28.02.2018.) *Australian Blue Asbestos*. [Online]. Dostupno na: [https://en.wikipedia.org/wiki/Australian\\_Blue\\_Asbestos](https://en.wikipedia.org/wiki/Australian_Blue_Asbestos) [05.07.2018.]

WIKIPEDIA. (18.04.2018.) *Riebeckite*. [Online]. Dostupno na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Riebeckite> [05.07.2018.]

WIKIPEDIA. (07.05.2018.) *Asbestos*. [Online]. Dostupno na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Asbestos> [05.07.2018.]

WIKIPEDIJA. (01.02.2017.) *Krizotil*. [Online]. Dostupno na: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Krizotil> [05.07.2018.]

WIKIPEDIJA. (03.02.2014.) *Vrulja*. [Online]. Dostupno na: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Vrulja> [20.07.2018.]

## 8. POPIS SLIKA

Slika 1. Azbestni minerali

Slika 2. Krokidolit ili plavi azbest

Slika 3. Amozit ili smeđi azbest

Slika 4. Krizotil ili bijeli azbest

Slika 5. Pokrovne salonit ploče

Slika 6. Potvrda o preuzimanju građevinskog otpada koji sadrži azbest od strane fizičkih osoba

Slika 7. Skica krških terena u Hrvatskoj

Slika 8. Položaj kazeta za odlaganje građevinskog otpada koji sadrži azbest

Slika 9. Odlagalište otpada Sovića Laz

Slika 10. Zone sanitarne zaštite izvorišta na području Gorskoga kotara i položaj odlagališta Sovića Laz

Slika 11. Karta podataka i rezultata trasiranja na lokaciji odlagališta Sovića Laz

## 9. POPIS TABLICA

Tablica 1. Umjetni traseri podzemnih tokova (prema KÄSS, 1998)

Tablica 2. Rezultati trasiranja podzemnih tokova na području odlagališta