

Autor: Stuart Edwards, P.E. Cincinnati, Ohio, USA

Koatori: Ratko Vasiljević, dipl.ing.geol., Mirko Budiša, dipl.ing.kem.tehn.

ISTRAŽNI RADOVI U FUNKCIJI ZATVARANJA ODLAGALIŠTA “REŠETARI” U OPĆINI REŠETARI

Sažetak

Sva odlagališta otpada koja ne zadovoljavaju propisane kriterije za rad moraju se sanirati i zatvoriti. Jedno od takvih odlagališta je i odlagalište „Rešetari“ u općini Rešetari. Na ovom odlagalištu se do 1996. godine odlagao raznovrsan otpad iz kućanstava, industrije i s javnih površina Grada Nove Gradiške i općine Rešetari. Danas je ono zatvoreno i spada u neuređena i zapuštena odlagališta otpada koja ne zadovoljavaju propisane kriterije zatvorenog odlagališta. S obzirom da je radilo bez primjene tehničkih mjera zaštite okoliša i danas negativno utječe na sve sastavnice okoliša. Da bi se moglo kvalitetno pristupiti sanaciji odlagališta «Rešetari» bilo je potrebo provesti odgovarajuće istražne radove. Na temelju istražnih radova bilo je potrebno predložiti s aspekta zaštite okoliša i financijski najprihvatljivije rješenje sanacije. U radu su analizirani poduzeti istražni radovi, njihova interpretacija i primjena u odabiru tehničko-tehnološkog rješenja sanacije.

Ključne riječi: odlagalište, Rešetari, istražni radovi, sanacija, troškovi

EXPLORING WORKS IN FUNCTION OF WASTE DISPOSAL SITES "REŠETARI" IN THE MUNICIPALITY REŠETARI

Stuart Edwards¹, R. Vasiljević² and M. Budiša²

Abstract

All landfills that do not meet the criteria for the work must be repaired and sealed. One of these landfills is and landfill "Rešetari" in the municipality Rešetari. At this landfill is until 1996. the versatile waste from households, industry and from the public area of the city of Nova Gradiska and municipalities Rešetari was disposed . Today it is closed and belongs to the neglected and unregulated landfills that do not meet the criteria of the closed landfill. Given that was working without the use of technical measures to protect the environment, it also affects today all elements of the environment. To be able to access high-quality rehabilitation of the landfill, "Rešetari" there is a need to implement appropriate exploration works. Based on the exploration works it was necessary to propose in terms of environmental protection and the most acceptable solution to the financial rehabilitation. In this paper are analyzed undertaken exploring works, their interpretation and application in selected technical and technological solutions for the reconstruction.

Keywords: *Landfill, Rešetari, exploration works, reconstruction, costs*

1 Stuart Edwards, P.E. Cincinnati, Ohio, USA

2 ECOINA Ltd. Zagreb, Croatia

1. UVOD

Odlagalište «Rešetari» smješteno je oko 500,0 m jugozapadno od naselja Rešetari koje je ujedno središnje općinsko naselje. Od prvih kuća je udaljeno nešto više od 100 m. Uz samo odlagalište, njegov sjeveroistočni dio smještena je tvornica kože „Psunj“, dok na istočnoj strani na udaljenosti cca 300 m protiče potok „Rešetarica“, a cijelo područje je močvarnog tipa (slika 1). Sa zapadne strane na udaljenosti od cca 150 m nalazi se izgrađeni odnosno neizgrađeni dio građevinskog područja naselja Rešetari. Do odlagališta se dolazi izgrađenim makadamskim putem, koji u kišnim mjesecima predstavlja teško prohodni prometni pravac. S ovim zemljanim putem u dužini od cca 400 m, odlagalište je povezano s javnom prometnicom koja povezuje Požešku kotlinu i širi dio Slavonije sa državnom autocestom A3 [1, 2, 3].



Slika 1: prikaz lokacije odlagališta na karti 1:25000 i aerosnimku [1]

2. OSNOVNI PODACI O ODLAGALIŠTU “REŠETARI”

Odlagalište otpada “Rešetari” (Slika 2) je formirano na nekadašnjem glinokopu. Sa odlaganjem je, prema službenim podacima, započeto 1984. godine, kada je donesena je odluka da se otpad grada Nove Gradiške deponira na ovoj lokaciji. Radi nastalih razlika u razini terena, najvjerojatnije većeg broja depresija nastalih iskapanjem gline, lokacija je bila okarakterizirana kao nepogodna za rekultivaciju, pa je bila odabrana za odlaganje otpada. Geodetskom snimanjem, je utvrđeno da površina prekrivena otpadom iznosi 2,88 ha. Prilikom izračuna bilance odloženog otpada, izračunat je volumen koji iznosi 144000 m³ [2].

Zbog odlaganja raznih vrsta otpada kao što su otpadni mulj iz tvornice kože, metalni otpad, klaonički otpad, građevinski otpad, glomazni otpad i miješani komunalni otpad mještani su se bunili zbog neugodnih mirisa. Također česti su bili slučajevi zapaljenja otpada, namjernog i nenamjernog što je također pogoršavalo kvalitetu života okolnog stanovništva. Odlagalište nikad nije u potpunosti ograđeno, a na onom dijelu koji je bio ograđen ograda je ukradena [3]. U vrijeme intenzivnog korištenja postojala je čuvarska služba koja je kontrolirala ulaz ali nije sprječavala odlaganje i vrlo opasnog otpada kao što je mulj sa sadržajem šesterovalentnog kroma iz obližnje tvornice za štavljenje kože [2, 3].

Korištena depresija tehnički nije bila uređena za odlaganje gore navedenih otpadnih tvari na siguran način što znači da se nisu primjenjivale tehničke mjere zaštite u vidu prikupljanja i obrade procjednih voda i odlagališnog plina. Također nisu izgrađeni potrebni prateći infrastrukturni objekti koji bi bili u funkciji odlaganja otpada. Sve do izrade ove dokumentacije na odlagalištu nije rađen monitoring kojim bi se ocijenio njegov utjecaj na okoliš [2, 3].



Slika 2: Odlagalište „Rešetari“ Detalj [2, 3]

Povoljnu okolnost tek predstavlja činjenica da je odlaganje otpada obavljano na slabo propusnim glinovitim slojevima koje su donekle ublažili direktan utjecaj odloženog otpada i procjednih voda na podzemne vode. Oko odlagališta postoji dosta močvarnog područja u kojem su također zamjetne odložene količine otpada. Kao što je prethodno navedeno, danas se na odlagalištu povremeno odlaže glomaznog otpada i manje količine građevinskog otpada i to neposredno uz put kojim se dolazi do odlagališta [2, 3].

3. PROJEKTNI ZADATAK

Kako bi se prikupili podaci potrebni za planiranje sanacijskih aktivnosti na lokaciji bilo je potrebno napraviti istražne radove, kako bi se dobili potrebni podaci [3]. Istražni radovi su uključivali:

- Pregled rezultata dosadašnjih istraživanja,
- geološku i hidrogeološku prospekciju terena,
- izradu piezometarskih bušotina,
- izrada sondažnih bušotina sa svrhom uzimanja uzoraka otpada i tla,
- kemijske analize na uzorcima podzemne vode,
- određivanje fizikalno kemijskih karakteristika tla i otpada testovima eluata i
- ispitivanje geomehaničkih i izolatorskih osobina podloge tijela odlagališta.

Ova istraživanja trebaju dati odgovor na pitanje o utjecaju odlagališta na okoliš i dati ulazne parametre za projektiranje sanacijskih radova.

4. PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Jedini dostupni rezultati dosadašnjih istraživanja su bili prikazani na osnovnoj geološkoj karti i opisani u pripadajućem tumaču. Geološka građa terena je bila polazište za daljnje istražne radove [4, 5].

4.1. Geološka građa terena

Šire područje lokacije je izgrađeno od naslaga kvartarne starosti koje se sastoje od: pleistocenskog proluvija (pr), aluvijalnih nanosa (a), jezersko-barskih sedimenata (j) te kvartarnih pijesaka, šljunaka i glina (Q₁). Sjeverno od lokacije se nalazi jugozapadna padina požeške gore koja je rasjedom odvojena od Savske depresije. Podnožje Požeške gore je udaljeno oko 1 km sjeverno od lokacije odlagališta i izgrađeno je od pliocenskih šljunaka, pijeska, lapora, gline i ugljena (Pl_{2,3}) (Slike 3.i 4.) [4].

Pliocen (Pl_{2,3})

Naslage srednjeg i gornjeg pliocena prepoznati su na području sjeverno od Save. U donjem dijelu ovog stupa prevladavaju gline koje su često onečišćene pijeskom. Nalaze se također i leće i proslojci pijeska i pojave ugljena. U pijescima je zapažena unakrsna slojevitost [4].

Pleistocen

Pijesci, gline, šljunci (Q₁) Diskordantno na naslagama srednjeg i gornjeg pliocena u području od Adžamovaca do Paklenice, nalaze se u međusobnoj nepravilnoj izmjeni glinoviti siltovi, "mramorirane ilovine", pijesci i rijetko šljunci. Fosilni ostaci u ovim stijenama nisu nađeni. Karakterističan profil kroz ove naslage napravljen je u kopanom bunaru nedaleko Okučana (T-4102): nakon 0,5 m rastresitog površinskog pokrivača slijedi 1m sitnozrnatog pijeska s

limonitnim kongrecijama. Od 1,50 -2,20 m nalaze se sitnozrnati pijesci s rijetkim valuticama šljunka, a u intervalu od 2,20 do 4,00 m registriran je siltozni pijesak, koji je u intervalu od 4,00 do 5,50 m i malo tinjčast. Slijedi sloj gline od 5,50 do 6,00 m, a od 6,00 do 7,50 m siltozni i malo tinjčasti pijesak. Završni interval od 7,50 do 9,00 m izgrađuje krupnozrnati pijesak s valuticama metamornih stijena, koje su dijelom i dobro zaobljene [4].

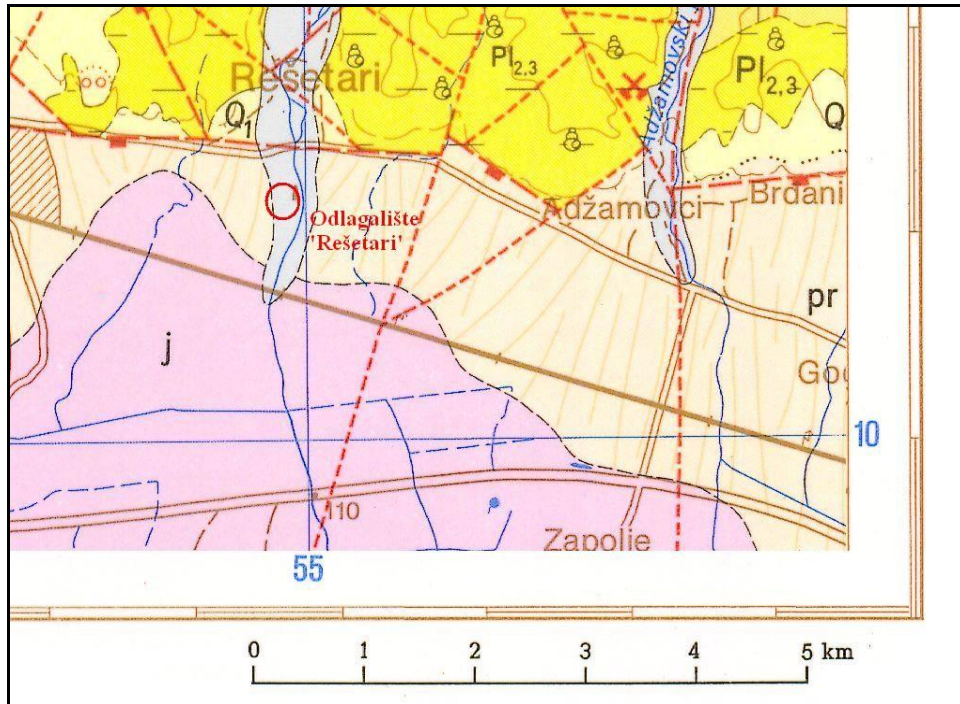
Proluvijalne naslage (Pr) su razvijene u području od Nove Gradiške do Okučana. Ovi sedimenti su nastali povremenim donosom krupnoklastičnog materijala s Psunja. Snaga bujičnog toka, koji je prenosio krupnoklastični materijal, postepeno je slabila i uslijed toga je došlo do njegove separacije. Na padinama je taložen krupnozrnati, slabo zaobljeni šljunak s lećama krupnozrnatog pijeska, a u nižim dijelovima sitniji šljunak i pijesak s bolje izraženim sortiranjem materijala i zaobljenošću valutica. Čestice sitnozrnatog pijeska, silta i gline bile su transportirane u bare i taložene zajedno s barskim sedimentima [4].

Holocen

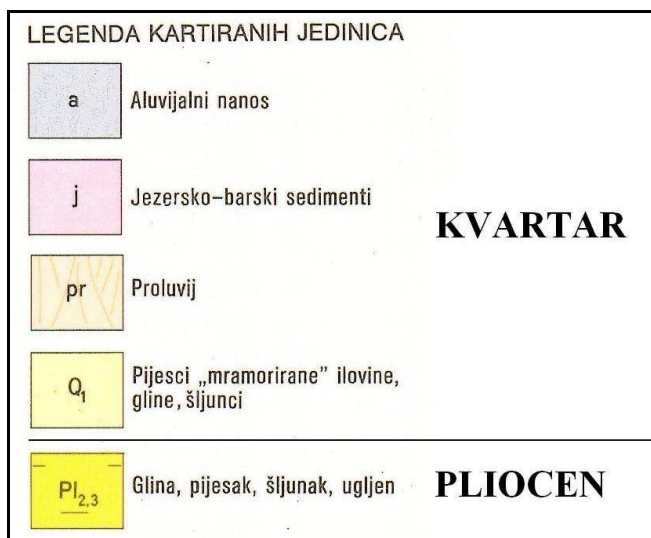
Jezerko - barski sedimenti (j) - Holocenske naslage razvijene su na vrlo velikim površinama u području Savske nizine. Na nekoliko lokaliteta je vidljivo da je i rijeka Sava usjekla svoje korito u ove naslage. Sastoje se pretežno od sitnozrnih pijesaka, pijesaka, zaglinjenih pijesaka i siltoznih glina. Samo mjestimično se nalaze pojave šljunka. Ipak, sitnozrni pijesci ujednačenog mineralnog sastava su dominantni litološki član ovih naslaga. Ovi sedimenti su male debljine, koja ne prelazi 3m [4].

Aluvijalni nanosi (a) – ovi nanosi su dobro otkriveni na mjestima gdje je Sava dublje urezala svoje korito. U sastavu aluvijalnog nanosa sjeverno od Save dominiraju šljunci koji u pojedinim dijelovima naslaga pokazuju slabo izraženu sortiranost. Sastoje se od zaobljenih ili

dijelom zaobljenih valutica metamornih i eruptivnih stijena, tj. stijena koje izgrađuju metamorni kompleks Psunja. Pijesci su različito granulirani, pomiješani sa šljunkom, a ponekad se nalaze i u formi leća. Mjestimično imaju izraženu kosu slojevitost [4].



Slika 3. Izvadak iz OGK SFRJ list Nova Gradiška [5]



Slika 4. Legenda kartiranih jedinica [5]

Odlagalište Rešetari se nalazi na aluvijalnom nanosu (a) rijeke Rešetarice koje prekrivaju proluvijalne naslage (pr). Tijekom istražnih radova, u bušotinama se očekuje pojava ovih pijesaka, šljunaka, prahova i glina.

5. PROVEDENI ISTRAŽNI RADOVI

5.1. Geološka i hidrogeološka prospekcija terena.

Svrha prospekcije je bila upoznavanje sa osnovnim karakteristikama lokacije i iskolčenje bušotina. Prospekcijom je bilo utvrđeno da je geološka građa lokacije tipična za ovo područje. Ispod paketa glinovitih naslaga nepoznate debljine, nalaze se vodonosni slojevi izgrađeni od šljunka i pijeska [1].

Prema razgovoru sa djelatnicima tvornice za preradu kože 'Psunj', usanovljeno je da su površinske naslage gline debljine oko šest metara. Izrada piezometarskih bušotina je bila određena na način da se prvi piezometar zacijevi u najplićem vodonosnom intervalu, drugi u dubljem, a treći uzorak bi bio uzet iz zdenca u tvornici kože, koji je izbušen do dubine od 50 metara. Za sondažne bušotine je odabrano sedam lokacija, sa svrhom ravnomjernog prekrivanja površine odlagališta [1].

5.2. Izrada piezometarskih bušotina

Piezometri su izbušeni sa svrhom uzimanja uzoraka podzemne vode. Prema programu terenskih istražnih radova na lokaciji odlagališta otpada Dubine piezometarskih bušotina iznose 10 i 15 m. Tijekom bušenja kontinuirano je odlagana jezgra u sanduke po dubinskom slijedu nabušenih naslaga. Po završetku bušenja svake pojedinačne bušotine izvršen je litološki opis jezgre, uzeti su reprezentativni uzorci tla za kemijske analize, te je izvršeno fotografiranje jezgre. Ugrađeni su piezometri od PVC cijevi Ø 110 mm. Cijev je uzdužno slotirana, širine otvora 3 mm, omotana PVC mrežicom i pocinčanom cijevi. Nakon ugradnje

piezometar je ispran čistom vodom. U nastavku su dani podaci o litološkom profilu piezometarskih bušotina i konstrukcija ugrađenih piezometara [1]:

Piezometar P-1:

| Naziv cijevi | Interval ugradnje (m) | Količina ugrađenih | |
|--------------|--------------------------|--------------------|------------|
| | | cijevi(m) | filtera(m) |
| Puna cijev | + 0,20 – 5,80 | 6,00 | - |
| Filter | - 5,80 - 8,80 | - | 3,00 |
| Taložnik | - 8,80 – 9,80 | 1,00 | - |
| | Ukupno | 7,00 | 3,00 |

Piezometar P-2:

| Naziv cijevi | Interval ugradnje (m) | Količina ugrađenih | |
|--------------|--------------------------|--------------------|------------|
| | | cijevi(m) | filtera(m) |
| Puna cijev | + 0,10 – 10,90 | 11,00 | - |
| Filter | - 10,90 - 13,90 | - | 3,00 |
| Taložnik | - 13,90 – 14,90 | 1,00 | - |
| | Ukupno | 12,00 | 3,00 |

Litološki profil piezometra P – 1

| | |
|--------------|---|
| 0,00 – 0,10 | humus, smeđe boje |
| 0,10 – 2,20 | anorganska glina, plastična, CH, smeđe boje |
| 2,20 – 4,20 | šljunak, sitno do krupnozrnati. Smeđe boje |
| 4,20 – 7,20 | anorganska glina, slabije plastična, žuto-smeđe boje |
| 7,20 – 9,80 | šljunak, sitno do srednjezrnati, sarži samce, u krovini zaglinjen, smeđe boje |
| 9,80 – 10,00 | glina, plastična (CH), smeđe boje |

Litološki profil piezometra P – 2

| | |
|-----------------|--|
| 0,00 – 0,10 m | humus, smeđe boje |
| 0,10 – 2,00 m | glina, prašinstva s finim pijeskom, u podini plastičnija, smeđe boje |
| 2,00 – 3,10 m | glina, plastična, tamnije smeđa boja |
| 3,10 – 4,30 m | anorganska glina, plastična, CH, smeđe boje |
| 4,30 – 6,30 m | glina, slabije plastična, inter. prašinstva, u podini pjeskovita, sivosmeđa boja |
| 6,30 – 8,80 m | šljunak, sitno do krupnozrnati, u podini zaglinjen, smeđe boje |
| 8,80 – 11,30 m | anorganska glina, plastična (CH), sivomeđe boje |
| 11,30 – 14,20 m | šljunak, sitno do krupnozrnati, sadrži samce, u podini i krovini zaglinjen, smeđe boje |
| 14,20 – 15,00 m | glina, tvrda, plastična, CH, smeđesive boje |

U bušotinama su utvrđeni debeli slojevi gline ispod tijela odlagališta. Dobiveni profili su upućivali na mogućnost dobre prirodne izolacije tla i podzemne vode odlagališta, što je trebalo utvrditi dodatnim radovima - bušenjem dodatnih bušotina na tijelu odlagališta, ispitivanjem uzoraka otpada i tla na eluat i ispitivanjem kakvoće podzemne vode u već izbušenim piezometrima.

5.3. Izrada sondažnih bušotina sa svrhom uzimanja uzoraka otpada i tla.

Sedam sondažnih bušotina je rađeno u svrhu određivanja klasifikacijskih postupaka, stišljivosti tla, vodopropusnosti, određivanja debljine otpada i karaktera podloge, maksimalna dubina bušenja je bila 15,0 m. Tijekom bušenja kontinuirano je odlagana jezgra u sanduke po dubinskom slijedu nabušenih naslaga. Po završetku bušenja svake pojedinačne bušotine izvršen je litološki opis jezgre, uzeti su reprezentativni uzorci tla za kemijske analize, te je

izvršeno fotografiranje jezgre. U nastavku su dani podaci o litološkom profilu sondažnih bušotina.

Litološki profil bušotine S – 1

| | |
|---------------|---|
| 0,00 – 2,80 m | otpad (šuta, plastika, tkanina, org. tvari...), crne boje |
| 2,80 – 3,50 m | glina, plastična, CH, tamnije smeđa boja |
| 3,50 – 5,00 m | anorganska glina, plastična, CH, smeđe boje |
| 5,00 – 6,00 m | anorganska glina, slabije plastična, sadrži vapnene konkreције, žuto-smeđe boje |

Litološki profil bušotine S – 2

| | |
|---------------|---|
| 0,00 – 2,50 m | otpad (šuta, plastika, tkanina, org. tvari...), crne boje |
| 2,50 – 3,30 m | glina, plastična, CH, tamnije smeđa boja |
| 3,30 – 5,10 m | anorganska glina, plastična, CH, smeđe boje |
| 5,10 – 8,30 m | anorganska glina, slabije plastična (CL), sadrži vapnene konkreције, inter. prašinasta, žuto-smeđe boje |
| 8,30 – 8,50 m | šljunak, sitno do srednjezrni, smeđe boje |

Litološki profil bušotine S – 3

| | |
|---------------|---|
| 0,00 – 2,20 m | otpad (šuta, plastika, tkanina, org. tvari...), crne boje |
| 2,20 – 2,70 m | glina, plastična, CH, tamnije smeđa boja |
| 2,70 – 4,00 m | anorganska glina, plastična, CH, smeđe boje |
| 4,00 – 8,10 m | anorganska glina, slabije plastična (CL), sadrži vapnene konkreције, inter. prašinasta, žuto-smeđe boje |
| 8,10 – 8,30 m | šljunak, sitno do srednjezrni, smeđe boje |

Litološki profil bušotine S – 4

| | |
|---------------|--|
| 0,00 – 3,50 m | otpad (šuta, plastika, tkanina, org. tvari...), crne boje |
| 3,50 – 4,80 m | glina, plastična, CH, sivkasto - smeđe boje |

4,80 – 7,00 m anorganska glina, slabije plastična (CL), sadrži vapnene konkecije, inter. prašinasta, žuto-smeđe boje

7,00 – 8,00 m šljunak, sitno do srednjezrnati, smeđe boje

Litološki profil bušotine S – 5

0,00 – 2,50 m otpad (šuta-prah, plastika, tkanina, org. tvari...), crne boje

2,50 – 4,40 m anorganska glina, plastična, CH, smeđe boje

4,40 – 7,40 m anorganska glina, slabije plastična (CL), prašinasta, inter. pjeskovita, (5,0 – 5,6 s proslojkom šljunka cca 10cm), u podini pjeskovita, žuto-smeđe boje

7,40 – 8,00 m šljunak, sitno do srednjezrnati, smeđe boje

Litološki profil bušotine S – 6

0,00 – 3,20 m otpad (šuta, plastika, tkanina, org. tvari...), crne boje

3,20 – 4,00 m glina, plastična, CH, tamnije smeđa boja

4,00 – 5,10 m anorganska glina, plastična, CH, smeđe boje

5,10 – 7,00 m anorganska glina, slabije plastična (CL), sadrži vapnene konkecije, inter. prašinasta, žuto-smeđe boje

7,00 – 7,40 m šljunak, sitno do srednjezrni, smeđe boje

Litološki profil bušotine S – 7

0,00 – 2,50 m otpad (šuta, plastika, tkanina, org. tvari...), crne boje

2,50 – 3,00 m glina, plastična, CH, tamnije smeđa boja

3,00 – 4,30 m anorganska glina, plastična, CH, smeđe boje

4,30 – 6,90 m anorganska glina, slabije plastična (CL), prašinasto-pjeskovita, na 5,1 – 5,2 m proslojak šljunka, u podini cca. 0,7 m glinovitija, žuto-smeđe boje

6,90 – 7,00 m šljunak, sitno do srednjezrnati, smeđe boje

Dobiveni profili sondažnih bušotina su potvrdili pretpostavke o postojanju slojeva gline ispod tijela odlagališta, međutim, još je bilo potrebno potvrditi izolatorska svojstva gline.

5.4. Kemijske analize na uzorcima podzemne vode

Fizikalno-kemijsko-bakteriološka ispitivanja kakvoće pozemne vode. Uzorkovanje podzemne vode iz piezometara je provedeno pumpom niskog kapaciteta (1,6 l/s). Rezultati analiza prikazani u tablici 1 pokazuju da su svi fizikalno-kemijski parametri u dozvoljenim granicama, dok su prekoračenja MDK zabilježena kod većine bakterioloških parametara, pa su tako u sva tri uzorka koliformne bakterije i broj kolonija, 37°C/48h iznad MDK. *Escherichia coli* registrirana je u piezometrima P-2 i KŽ, dok su *Entrekoki* prisutni samo u uzorku P-2. Rezultati kemijskih analiza su interpretirani prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 182/04) i Uredbi o opasnim tvarima u vodama (NN 78/98).

Propusni šljunci se javljaju ispod glinovitih naslaga, na različitim su dubinama i ograničenog prostornog rasprostiranja. Iz rezultata kemijskih analiza, daju niske vrijednosti za amonijak, koji je najčešći parametar koji indicira procjeđivanje eluata u podzemlje. Preliminarni rezultati pokazuju da nije došlo do procjeđivanja eluata iz odloženog otpada, odnosno da glineni slojevi dobro izoliraju tijelo odlagališta od podzemne vode, međutim prava ocijena se donosi donijeti tek nakon dužeg razdoblja ispitivanjima jer se promatraju trendovi kretanja pojedinih parametara.

| Naziv analize | Metoda | Mjerna jedinica | MDK* | Rezultat | | |
|--|---------------------------|----------------------|-----------|----------|-------|-------|
| | | | | P - 1 | P - 2 | KŽ |
| Podzemna voda | | | | | | |
| Organoleptička i fizikalno-kemijska svojstva | | | | | | |
| Koncentracija H ⁺ iona | HRN ISO 10523:1998* | pH jedinica | 6,5-9,5 | 7,04 | 7,96 | 7,44 |
| Temperatura vode | | °C | 25 | 17,7 | 17,8 | 19 |
| Elektrovodljivost | HRN ISO 7888:2001* | μS/cm | ≤2.500 | 925 | 602 | 1.340 |
| Ukupni suhi ostatak (105°C) | ISO 3696:1987 | mg/l | <1.000 | 644 | 630 | 895 |
| Fluorid | HRN EN ISO 10304-1:1998* | μg/l F ⁻ | ≤1.500 | 136 | 137 | 139 |
| Nitriti | HRN EN ISO 10304-1:1998* | mg/l NO ₂ | ≤0,1 | 0,04 | 0,03 | <0,01 |
| Amonij | HRN EN ISO 14911:2001* | mg/l N | ≤0,5 | <0,02 | <0,02 | <0,02 |
| Aresn | HRN EN ISO 11696:1998* | μg/l As | ≤10 | 4,23 | 3,03 | 0,55 |
| Živa | HRN EN 1483:1997 | μg/l Hg | ≤1,0 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Krom IV | HRN ISO 11083:1994 | μg/l | ≤100 | <30 | <30 | <30 |
| Krom ukupni | HEN EN ISO 11885:1998 | μg/l Cr | ≤50 | | | |
| Bakar | HEN EN ISO 11885:1998 | μg/l Cu | ≤2.000 | 7,9 | <5 | 23,2 |
| Cink | HEN EN ISO 11885:1998 | μg/l Zn | ≤3.000 | 51,2 | 5,8 | 347 |
| Nikal | HEN EN ISO 11885:1998 | μg/l Ni | ≤20 | <5 | <5 | <5 |
| Olovo | HEN EN ISO 11885:1998 | μg/l Pb | ≤10 | <5 | <5 | 6 |
| Kadmij | HEN EN ISO 11885:1998 | μg/l Cd | ≤5,0 | <1 | <1 | <1 |
| Fenol | HRN EN ISO 6439:1998 | μg/l | 1,0 | <0,68 | <0,68 | <0,68 |
| Cijanidi | HRN EN ISO 60703/1:1994 | μg/l | ≤50 | <1 | <1 | <1 |
| Koliformne bakterije | ISO 9038-1:2000 MF | n/100 ml | 0 | 59 | 594 | 28 |
| Escherichia coli (E. Coli) | ISO 9038-1:2000 MF | n/100 ml | 0 | 0 | 328 | 16 |
| Enterokoki | HRN EN ISO 7899-2:2000 MF | n/100 ml | 0 | 0 | 142 | 0 |
| Pseudomonas aeruginosa | HRN EN 12780:2005 | n/100 ml | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Broj kolonija, 37°C/48h | HRN EN 6222:2000 | n/1 ml | ≤20/l ml | 6.820 | 6.940 | 71 |
| Broj kolonija, 22°C/72h | HRN EN 6222:2000 | n/1 ml | ≤100/l ml | 7.230 | 7.580 | 213 |
| Ukupni organski ugljik (TOC) | ISO 8245:1999* | mg/l C | ≤200*** | 1,65 | 2,57 | 1,34 |
| Adsorptivni organski halogeni, AOX | DIN 38409-H14 | mg/l | ≤1,5*** | 0,08 | <0,05 | <0,05 |

* Akreditirane metode

** Maksimalno dozvoljene koncentracije prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 182/04)

*** Maksimalno dozvoljene koncentracije prema Pravilniku o uvjetima za postupanje s otpadom (NN 123/97)

Tablica 1: Rezultati kemijskih analiza uzoraka podzemne vode [1]

5.5. Fizikalno kemijske karakteristike tla i otpada, testovi eluata.

Fizikalno-kemijsko-bakteriološka ispitivanja otpada i tla su bila napravljena kako bi se utvrdila kakvoća eluata. Prilikom posjeta lokaciji odlagališta otpada u mjestu Rešetari uzeto je 9 uzoraka tla na pravilnim dubinskim razmacima. Intervali uzimanja uzoraka su unaprijed određeni s obzirom na dimenzije ovog odlagališta, te se prilikom uzimanja uzoraka tla nastojalo izdvojiti sitnozrnatu frakciju unutar određenog intervala kako bi rezultati bili što reprezentativniji. Rezultati kemijskih analiza eluata su interpretirani prema tada važećem Pravilniku o uvjetima za postupanje otpadom (NN 123/97).

Suha tvar u otpadu (tablica 2) varira po intervalima od 69% do 75%, od kojih se daljnjih 16,87% do čak 46,63% gubi žarenjem. Svi kemijski parametri su unutar zakonom propisanih maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK). Suha tvar u tlu (tablica 3) varira po intervalima od 64% do 83%, od čega se 64 do 83% gubi žarenjem. Svi kemijski parametri su unutar zakonom propisanim MDK [1].

Iz rezultata analiza eluata otpada je vidljivo da je u otpadu prisutan povećani sadržaj gorive tvari, a prisutne su i povišene vrijednosti organskog ugljika. Podloga odloženog otpada su glinovito prahovite naslage, koje zadržavaju procijednu vodu u odloženom otpadu. Iz tog razloga otpad zadrži povećanu količinu vlage koja varira između 25 i 30%. U takvom okolišu je smanjena mogućnost pojave nekontroliranih požara na odlagalištu, međutim mikrobiološka aktivnost je vrlo intenzivna i stvara velike količine otpadnih plinova, (metan i sl.).

| Analiza na: | Mjerna jedinica | | | |
|------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| | | uzorak 0,5 | uzorak 1,5 | uzorak 2 |
| Rezultati ispitivanja otpada | | | | |
| Izgled (opis) otpada | | papir, tlo | papir, tlo | papir, tlo |
| Miris | | primjetan | primjetan | primjetan |
| Suha tvar (105°C) | % | 74,6 | 69,01 | 74,47 |
| Gubitak žarenjem | % od suhe tvari | 16,87 | 18,74 | 46,63 |
| Rezultati ispitivanja eluata | | | | |
| pH vrijednost | | 8,37 | 8,16 | 8,17 |
| Vodljivost | µS/cm | 1.208 | 1.460 | 1.162 |
| Fenoli | mg/l | <0,008 | <0,008 | <0,008 |
| Cijanidi (lako oslobodivi) | mg/l | <0,02 | <0,02 | <0,02 |
| Nitriti, N | mg/l | 0,69 | 4,12 | <0,05 |
| Fluoridi | mg/l | 0,209 | 0,325 | 0,229 |
| Kromati, Cr+ | mg/l | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Adsorptivni halogeni, AOX | organski mg/l | 0,06 | 0,07 | 0,06 |
| Amonij, N | mg/l | 47,66 | 49,67 | 0,16 |
| Udio topivih tvari u vodi | % tež. | 0,063 | 0,047 | 0,086 |
| Priprema eluata | | 107,2g/880g | 115,9g/880g | 107,4g/880g |
| Metali i metaloidi | | | | |
| Bakar | mg/l | 0,105 | 0,063 | 0,042 |
| Cink | mg/l | 0,135 | 0,074 | 0,061 |
| Nikal | mg/l | <0,05 | 0,063 | <0,05 |
| Olovo | mg/l | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Kadmij | mg/l | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Arsen | mg/l | 0,0132 | 0,00239 | 0,00334 |
| Živa | mg/l | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Organski ugljik | | | | |
| Ukupni organski ugljik (TOC) | mg/l C | 36,9 | 19 | 17,4 |

Tablica 2: Rezultati fizikalno kemijskih analiza uzoraka otpada i eluata [1]

| Analiza na: | Mjerna jedinica | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | uzorak 1 | uzorak 2,5 | uzorak 3,5 | uzorak 4,5 | uzorak 5,8 | uzorak 6,2 |
| Rezultati ispitivanja tla | | | | | | | |
| Izgled (opis otpada) | | smeđe tlo | smeđe tlo | smeđe tlo | smeđe tlo | smeđe tlo | smeđe tlo |
| Miris | | | | | | | |
| Suha tvar (105°C) | % | 82,88 | 78,83 | 64,86 | 78,18 | 79,56 | 79,3 |
| Gubitak žarenjem | % od suhe tvari | 7,7 | 4,46 | 21,91 | 1,58 | 9,37 | 4,54 |
| Rezultati ispitivanja eluata | | | | | | | |
| pH vrijednost | | 8,05 | 8,21 | 8,02 | 7,98 | 7,94 | 8,05 |
| Vodljivost | µS/cm | 257,3 | 491 | 1.460 | 274 | 181,7 | 139,4 |
| Fenoli | mg/l | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 |
| Cijanidi (lako oslobodivi) | mg/l | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 |
| Nitriti, N | mg/l | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Fluoridi | mg/l | 0,281 | 0,416 | 0,0967 | 0,585 | 0,177 | 0,238 |
| Kromati, Cr+ | mg/l | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Adsorptivni organski halogeni, AOX | mg/l | <0,05 | <0,05 | 0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Amonij, N | mg/l | <0,021 | 13,42 | 2,06 | 0,97 | <0,08 | <0,08 |
| Udio topivih tvari u vodi | % tež. | 0,021 | 0,543 | 0,015 | 0,136 | 0,016 | 0,015 |
| Priprema eluata | | 96,5/880g | 101,5g/880g | 123,3g/880g | 102,3g/880g | 100,6g/880g | 100,9g/880g |
| Metali i metaloidi | | | | | | | |
| Bakar | mg/l | <0,02 | 0,065 | 0,046 | 0,098 | <0,02 | <0,02 |
| Cink | mg/l | 0,097 | 0,72 | 0,388 | 0,994 | 0,023 | 0,056 |
| Nikal | mg/l | <0,05 | <0,05 | 0,083 | 0,075 | <0,05 | <0,05 |
| Olovo | mg/l | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Kadmij | mg/l | 0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Arsen | mg/l | 0,00222 | 0,0084 | <0,001 | 0,0224 | <0,001 | <0,001 |
| Živa | mg/l | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Organski ugljik | | | | | | | |
| Ukupni organski ugljik (TOC) | mg/l C | 8,31 | 4,32 | 14 | 12,8 | 1,28 | 1,85 |

Tablica 3: Rezultati fizikalno kemijskih analiza uzoraka tla i eluata [1]

5.6. Ispitivanje izolatorskih osobina podloge tijela odlagališta

Težište ispitivanja izolatorskih osobina podloge tijela odlagališta je bilo na određivanju vrijednosti koeficijenta hidrauličke provodljivosti kako bi se odredila sposobnost spriječavanja procjeđivanja vode iz odlagališta u dublje vodonosne horizonte. Prostor na kojem se nalazi odlagalište otpada izgrađen je od kvartarnih naslaga koje su predstavljene glinama, prašinstim glinama, prahovito, pjeskovito, šljunkovitim naslaga. Šljunkoviti vodonosnici na ovom području su promjenjive debljine i smješteni su na različitim dubinama, od nekoliko do nekoliko desetaka metara.

Hidrogeološke karakteristike na temelju kojih je donesena ocjena o mogućem zagađenju podzemlja određene su temeljem laboratorijskih ispitivanja i litološke determinacije jezgre.

Razina podzemne vode u vrijeme izvođenja radova za P - 1 je bila na -3,80m, a za P - 2 na -3,65m od površine postojećeg terena.

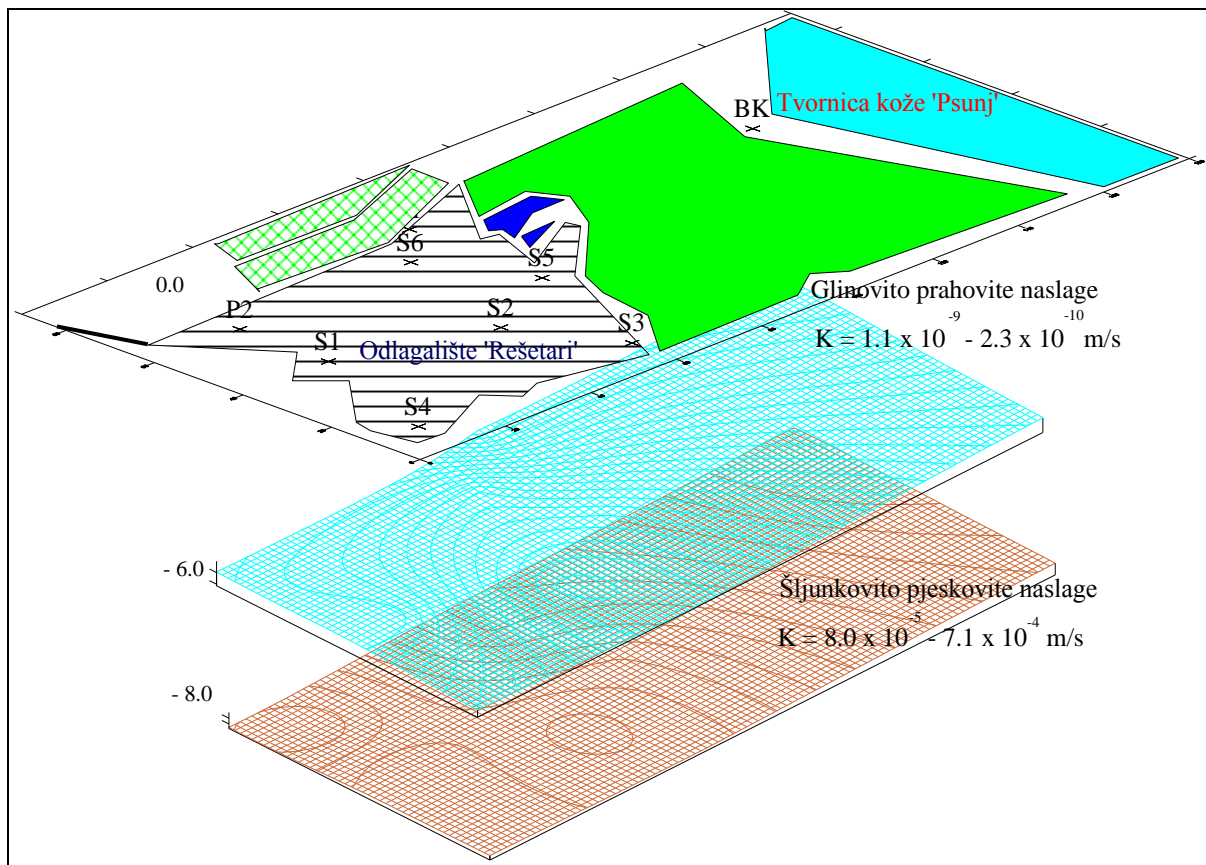
Koeficijenti propusnosti tla određeni su na neporemećenim uzorcima u edometru i iz granulometrijskih analiza upotrebom empirijskog izraza Zamarina. Iz toga slijedi da su vrijednosti koeficijent propusnosti

- iz edometra: $k = 1,1 \times 10^{-7} - 2,3 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$ glinoviti pokrivač
- iz granulometrije: $k = 1,5 - 2,5 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ glinoviti pokrivač
- iz granulometrije. $k = 8,0 \times 10^{-3} - 7,1 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ šljunci

Prema dobivenim vrijednostima može se zaključiti da je istraživani prostor u krovinskom dijelu izgrađen od slabopropusnih glinovitim naslaga debljine 6-7 m, koeficijenta propusnosti reda veličine $10^{-7} - 10^{-8} \text{ cm/s}$, što ovisi o lokaciji uzorkovanja i metodi određivanja. Rezultati ispitivanja su potvrdili pretpostavke o dobrim izolatorskim svojstvima gline koja se nalazi u podlozi tijela odlagališta.

Prema Dodatku 1 Pravilnika o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 117/07), prosječna vodonepropusnost tla na području temeljnog tla i bočnih strana tijela odlagališta mora biti manja od 1×10^{-9} m/s u debljini tla od najmanje jednog metra za odlagališta neopasnog otpada [1].

Ranije je prikazano da je dobiveni raspon vrijednosti koeficijenta vodopropusnosti glinovitog pokrivača između $1,1 \times 10^{-7} - 2,3 \times 10^{-8}$ cm/s, odnosno $1,1 \times 10^{-9} - 2,3 \times 10^{-10}$ m/s. Ovo je puno niži koeficijent vodopropusnosti od onog traženog citiranim Pravilnikom. Ukoliko se uzme u obzir da debljina površinskih naslaga iznosi minimalno 2 m (P-1) a na lokaciji odlagališta je prosječne debljine od 3 do 4 metra, vidljivo je da krovina vodonosnika u potpunosti vrši funkciju temeljnog brtvenog sloja (Slika 5.).



Slika 5. Blok dijagram podzemlja na lokaciji odlagališta "Rešetari" [1, 3]

6. ODABIR TEHNOLOGIJE SANACIJE NA TEMELJU ISTRAŽNIH RADOVA

Razlog za zatvaranje odlagališta su zauzetost kapaciteta odnosno razine emisija u okoliš (emisije onečišćujućih tvari u zrak te emisije onečišćujućih tvari u podzemne vode putem procjednih voda) koje se osim zatvaranjem odlagališta i sanacijom ne mogu na drugačiji način kontrolirati. Pod sanacijom odlagališta se podrazumijeva sustav mjera poduzetih radi smanjenja štetnog utjecaja odlagališta na ljudsko zdravlje i okoliš. Sanacija se može ostvariti na različite načine, odnosno različitim metodama, koje se razvrstavaju u tzv. “ex-situ” (izvan mjesta) metode i “in-situ” (na mjestu).

“Ex-situ” metode se svode na iskopavanje ukupnih količina otpada te zbrinjavanje (spaljivanje i/ili odlaganje) na nekom drugom mjestu. Nakon iskopa cjelokupnog otpada teren se sanira. Za ovakav način sanacije potrebno je prije svega imati na raspolaganju spalionicu otpada i/ili novo odlagalište.

“Ex-situ” metode su u pravilu vrlo skupe zbog složenog postupka iskopavanja te troškova prijevoza otpada do novog postrojenja za obradu i/ili odlaganje. Iskustva o nekim cijenama ex – situ sanacija su preuzeta iz nekoliko studija. Povoljnija varijanta sanacije odlagališta u Murskom Središću iznosi 312 kn/m³ [6], sanacija odlagališta ‘Bare’ u D. Lapcu bi iznosila 11,25 milijuna kuna za 10.400 m³ (1082 kn/m³) [7]. Uz navedeno, tijekom ex – situ sanacije povećan je rizik nepovoljnih utjecaja na okoliš.

S obzirom da su istražnim radovima utvrđena dobra izolacijska svojstva podloge odlagališta, predloženo je korištenje In – situ – osiguranja, koja bi zadovoljila sve zahtjeve sigurnosti a sigurno bi bila i puno jeftinija varijanta.

“In-situ-osiguranje” odlagališta podrazumijeva primjenu mjera zaštite okoliša kojima se prostor odlagališta “izolira” od okolnog terena te se tako sprječavaju utjecaji na okoliš. Pri

tome su moguće tehnike “izolacije” bez iskopavanja otpada i uz njegovo iskopavanje i odlaganje na uređenu površinu na istoj lokaciji.

Tehnike izolacije, bez iskopavanja, su posuđene iz drugih inženjerskih područja, gdje su se već potvrdile (hidrogeologija, geotehnika, tehnika temeljenja, itd.), a mogu se predočiti kao četiri povezane mjere:

Najprikladnija varijanta sanacije postojećeg odlagališnog prostora proizašla je iz rezultata ranije opisanih istražnih radova. Tehnologija rada na sanaciji odlagališta otpada na lokaciji "Rešetari" nije uvjetovana daljnjim radom odlagališta odnosno prihvatom otpada te je stoga na temelju svih provedenih analiza predviđeno da se odabrano tehničko-tehnološke rješenje generalno sastoji od sljedećih aktivnosti:

- Pripremni radovi na površini odlagališta (deratizacije i dezinfekcije, zdvajanje glomaznog i opasnog otpada, formiranja odlagališnog prostora) itd.;
- Te ugradnjom završnog brtvenog sustava s drenažom oborinskih voda i otplinjavanjem odlagališnog prostora te uređenjem protupožarnog pojasa oko odlagališta.

Ukupna cijena odabrane metode sanacije je procijenjena na 12,6 milijuna kuna za 115.200 m³ otpada (109,38 kn/ m³).

7. NETKO TO MORA PLATITI (UMJESTO ZAKLJUČKA)

U radu su opisani istražni radovi koji su rezultirali odabirom povoljnije tehnologije sanacije. Iako se prema geološkoj karti moglo zaključiti da na tom području postoje heterogene naslage, šljunci, pijesci, prahovi i gline saturirani podzemnom vodom. Međutim glavni problem sa podacima iznesenim na geološkoj karti je sitno mjerilo (1 : 100.000) za ta istraživanja. Istražnim radovima je utvrđeno da se na lokaciji odlagališta, odnosno ispod tijela odlagališta nalaze debele naslage gline koje mogu predstavljati donji brtveni sloj odlagališta. Naime do sada su u većini slučajeva odabirane ex – situ tehnologije sanacije odlagališta, koje su se pokazale skupima. Procijenjena cijena in – situ sanacije odlagališta otpada 'Rešetari' iznosi 12,6 milijuna kuna za 115.200 m³ otpada (109,38 kn/m³).

Cijene ex – situ sanacija nekih odlagališta su puno veće. Npr cijena sanacije odlagališta otpada u Murskom Središću iznosi 312 kn/m³ otpada (2,85 puta skuplje po jedinici volumena otpada od sanacije odlagališta 'Rešetari'). Sanacija odlagališta 'Bare' u D. Lapcu 11,25 milijuna kuna za 10.400 m³ (1082 kn/m³ otpada ili 9,89 puta skuplje po jedinici volumena otpada od sanacije odlagališta 'Rešetari').

Izabrano tehnološko rješenje sanacije je puno povoljnije, ali to moramo prvenstveno zahvaliti istražnim radovima koji su podcijenjeni i zbog toga se na njima jako štedi, a predstavljaju relativno mali trošak koji u kasnijim fazama projekta može ostvariti velike uštede.

Literatura

1. Izvješće o provedenim istražnim radovima na odlagalištu "Rešetari" u Općini Rešetari, Ecoina d.o.o. Zagreb, veljača 2008.
2. Idejno rješenje - Sanacija i zatvaranje odlagališta otpada "Rešetari " u Općini Rešetari, Ecoina d.o.o. Zagreb, ožujak 2008.

3. Studija o utjecaju na okoliš sanacije i zatvaranja odlagališta "Rešetari" u Općini Rešetari, Ecoina d.o.o. Zagreb, travanj 2009.
4. Korolija B., Jamičić D., Marković S., Basch O., Galović I., Šikić K., Brkić M., Grimani I., Matičec D. (1988.): Tumač uz OGK SFRJ, List Nova Gradiška, Geološki zavod, Zagreb, OOUR za geologiju;
5. Korolija B., Jamičić D., Marković S., Basch O., Galović I., Šikić K., Brkić M., Grimani I., Matičec D. (1988.): Osnovna Geološka Karta Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije, List Nova Gradiška, Geološki zavod, Zagreb, OOUR za geologiju;
6. Studija o utjecaju na okoliš sanacije i zatvaranja odlagališta "Cestica" u Murskom Središću, Ecoina d.o.o. Zagreb, travanj 2007.
7. Studija o utjecaju na okoliš sanacije i zatvaranja odlagališta "Bare" u Donjem Lapcu, Ecoina d.o.o. Zagreb, travanj 2007.