Zbrinjavanje komunalnog otpada u otkopanom dijelu ležišta ugljena Table kod Livna

Nanjara, Jakov

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:634924

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij rudarstva

ZBRINJAVANJE KOMUNALNOG OTPADA U OTKOPANOM DIJELU LEŽIŠTA UGLJENA TABLE KOD LIVNA

Diplomski rad

Jakov Nanjara
R111

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Diplomski rad

ZBRINJAVANJE KOMUNALNOG OTPADA U OTKOPANOM DIJELU LEŽIŠTA UGLJENA TABLE KOD LIVNA

JAKOV NANJARA

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine
Pierottijeva 6, 10002 Zagreb

Sažetak

Na lokalitetu „Table“ u Livanjskom polju dugi niz godina izvodi se eksploatacija ugljena. Kako Livno nema primjerene lokacije za odlaganje komunalnog otpada a otkopavanjem ugljena dolazimo do slabo propusnih slojeva gline, nastala je ideja da se površinski kop po završetku eksploatacije iskoristi za odlaganje otpada.
Zadatak ovog rada je analizirati prihvatljivost zadane lokacije kao lokacije za odlaganje otpada, uzimajući u obzir geološke, hidrogeološke i druge čimbenike, te izraditi model odlaganja otpada u krater kopa. Za izradu trodimenzionalnih modela koristio se program Power InRoads Vi8. Na temelju napravljenog modela odlagališta, te podataka o godišnjim količinama komunalnog otpada na području zahvaćenom sakupljanjem otpada procijenjen je vijek trajanja odlagališta.

Ključne riječi: Odlagalište otpada, površinski kop lignita, Pover InRoads Vi8, Livno.

Diplomski rad sadrži: 34 stranice, 6 tablica, 12 slika, 4 priloga i 8 referenci.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Dr. sc. Ivo Galić, docent RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Ivo Galić, docent RGNF
Dr. sc. Ivan Dragičević, redoviti profesor RGNF
Dr. sc. Ivan Sobota, docent RGNF

Datum obrane: 19.02.2016.

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology
and Petroleum Engineering

Master's Thesis

WASTE DISPOSAL IN EXAVATED PIT OF COAL DEPOSIT TABLE NEAR LIVNO

JAKOV NANJARA

Thesis completed in: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering
Institute of Mineralogy, Petrology and Mineral deposits,
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Abstract

At „Table“ deposit in „Livanjsko polje“ coal exavation has been conducted for many years. The soil that has been found underneath the exavated layers of coal is low permeability sandy clay. Since Livno has no sanitary landfill, the idea was reusing abandoned pit as a landfill of municipal solid waste.
The task of this thesis was to analyze if the location of the pit is suitable for landfill, considering its geological, hydrogeological and other carachteristics and to design a 3D model of the landfill. Power InRoads Vi8 software was used for all designs that were done. Lifetime of the designed landfill was estimated taking into account the volume of the 3D model and local data of waste production per year.

Key words: Landfill, surface coal pit, Pover InRoads Vi8, Livno.

Thesis contains: 34 pages, 6 tables, 12 figures, 4 enclosures i 8 references.

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Ivo Galić, Assistant Professor FMGPE

Reviewers:: PhD Ivo Galić, Assistant Professor FMGPE
PhD Ivan Dragičević, Full Professor FMGPE
PhD Ivan Sobota, Assistant Professor FMGPE

Date of defense: February 19, 2016.

SADRŽAJ

SADRŽAJ I

POPIS TABLICA III

POPIS SLIKA IV

POPIS PRILOGA V

1. UVOD 1

2. OPĆE GEOGRAFSKE ZNAČAJKE 2

2.1 Zemljopisni položaj 2

2.2 Klima 3

2.3 Hidrologija 4

3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE 5

3.1 Geomorfološke značajke područja 5

3.2 Tektonika 6

3.3 Hidrogeološke značajke 7

4. RAZMATRANJE OTKOPANOG PROSTORA KAO 8

ODLAGALIŠTA KOMUNALNOG OTPADA 8

4.1 Značajke lokacije 8

5. STANJE POVRŠINSKOG KOPA 10

5.1 Model terena 10

5.2 Kvaliteta tla 11

6. POSTOJEĆE STANJE PRIKUPLJANJA I ODLAGANJA OTPADA 13

6.1 Prikupljanje i transport 13

6.2 Količina otpada 14

7. PROGNOZA KOLIČINA OTPADA 15

7.1 Ukupne količine otpada do 2017. godine 15

8. PRORAČUN POTREBNOG PROSTORA 16

8.1 Prostor za prateće objekte 16

8.2 Prostor za odlaganje otpada – radna zona 17

8.3 Potreban prostor i vijek trajanja deponije na predviđenoj lokaciji 17

9. ODLAGANJE OTPADA 19

9.1 Priprema terena 19
9.2 Odvodnja površinskih voda 20
9.3 Temeljni brtveni sustav 20
9.4 Odvodnja i obrada filtrata 22
9.5 Evakuacija odlagališnog plina 24
9.6 Metodologija odlaganja 26
9.7 Zatvaranje i rekultivacija 28
10. IZRAČUN KAPACITETA ODLAGALIŠTA 31
11. ZAKLJUČAK 32
12. LITERATURA 33
PRILOZI

POPIS TABLICA

Tablica 2-1. Meteorološki podaci stanice Livno za 2007. Godinu (FHMZ) 3
Tablica 6-1. Vozni park JP „Komunalno“ d.o.o. iz Livna, koji se koristi za sakupljanje otpada (Fundurulja 2014) 13
Tablica 6-2. Ukupna količina otpada sakupljena na području općine livno 2009. godine (Fundurulja 2014) 14
Tablica 7-1. Ukupni otpad za razdoblje do 2017. godine 15
Tablica 8-1. Procjena potrbnog odlagališnog prostora 18
Tablica 10-1. Proračun volumena odlagališta metodom profila 31

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Položaj eksploatacijskog polja „Table“ (Google earth) 2
Slika 5-1. 3D model stanja površinskog kopa nako završene eksploatacije 11
Slika 5-1. Površinski kop 12
Slika 9-1. 3D model teren po završetku pripremnih terenskih radova 20
Slika 9-2. Temeljni brtveni sustav odlagališta M 1 : 20 (Carey 2000) 22
Slika 9-3. Crpljenje filtrata uzduž bočne strane odlagališta (Carey 2000) 23
Slika 9-4. Sastav odlagališnog plina po fazama (Veinović 2007) 25
Slika 9-5. Otplinjavanje pasivnim načinom (Carey 2000) 26
Slika 9-6. Rasprostiranje i zbijanje otpada u slojeve (Jahić 1980) 27
Slika 9-7. Prikaz odnosa slojeva otpada i slojeva prekrivnog materijala (Jahić 1980) 28
Slika 9-8. Pokrovni brtveni sustav slojeva (Carey 2000) 29
Slika 9-9. Model zatvorenog odlagališta 30

POPIS PRILOGA

PRILOG 1: Situacijska karta područja razmatranog za odlaganje otpada 1:2000

PRILOG 2: Završno stanje i shematski prikaz objekata na odlagalištu

PRILOG 3-1: Profili za računanje kapaciteta odlagališta (1-4)

PRILOG 3-2: Profili za računanje kapaciteta odlagališta (5-8)

1. UVOD

Na lokalitetu „Table“ pokraj Livna već dugi niz godina izvodi se eksploatacija lignita. Dio površinskog kopa na kojem je završena eksploatacija potrebno je sanirati. Kako podinu otkopanog ugljenog sloja čini slabo propustan sloj gline, rodila se ideja da se otkopani prostor iskoristi za izgradnju sanitarnog odlagališta otpada, za područje općine Livno.

U ovom radu bit će opisano stanje površinskog kopa, te geološke, hidrološke, topografske i druge značajke uže okolice promatrane lokacije. Na temelju tih značajki, a imajući u vidu zakonske propise o zahtjevima za lokaciju odlagališta, ocijenit će se je li lokacija prihvatljava za izgradnju odlagališta. Izradit će se 3D model terena koji je zahvaćen odlagalištem.

Zatim će se na temelju podataka o godišnjim količinama otpada, i procjene o količinama otpada u budućnosti napraviti proračun ukupne količine otpada do 2017. godine, odnosno godine u kojoj treba započeti s radom regionalni centar za gospodarenje otpadom. Odlagalište na lokaciji „Table“ bi trebalo poslužiti kao privremeno rješenje za zbrinjavanje komunalnog otpada općine Livno do izgradnje regionalnog centra. Na temelju dobivenih podataka napravit će se proračun potrebnog prostora za zbrinjavanje otpada koji će nastati u tom razdoblju.

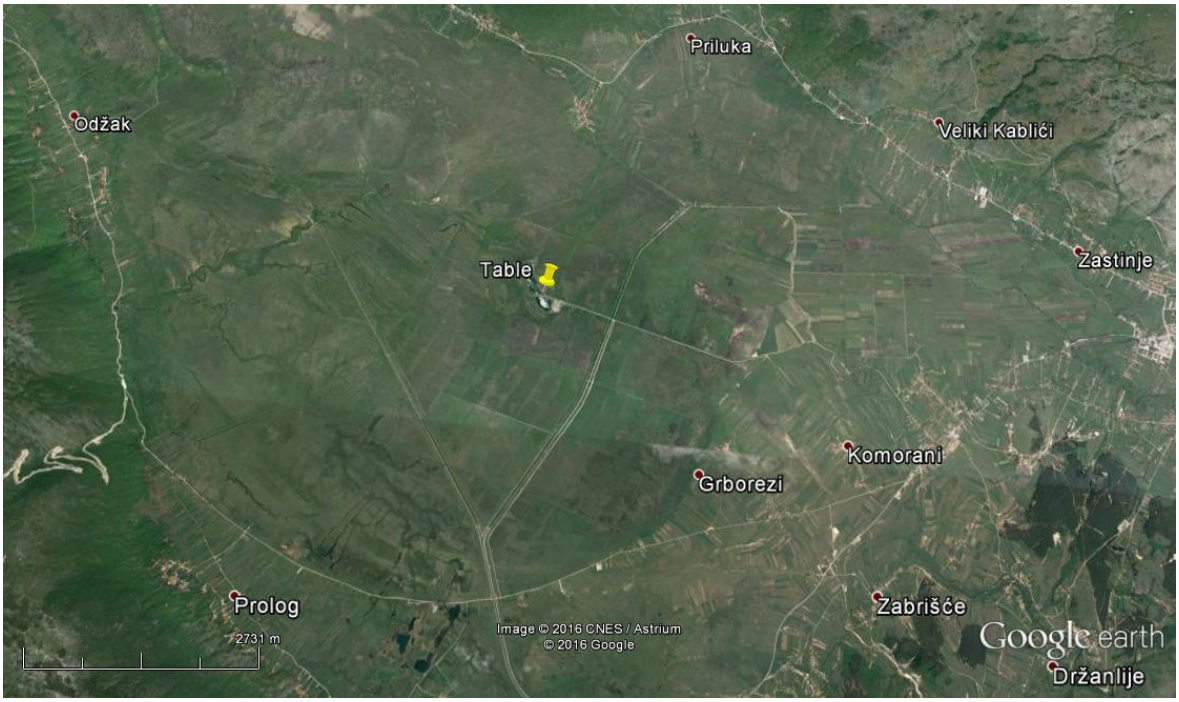
U radu će biti prikazan i 3D model terena nakon završetka pripremnih terenskih radova. Opisat će se i tehnologija odlaganja otpada, uz dnevno prekrivanje inertnim materijalom. Na kraju će se izraditi model zatvaranja odlagališta, te će se preko poprečnih profila izračunati volumen odlagališta. Imajući u vidu udio prekrivnog materijala, te debljinu temeljnog i pokrovnog brtvenog sustava, izračunat će se ukupna količina odloženog otpada, te procijeniti vijek trajanja odlagališta.

2. OPĆE GEOGRAFSKE ZNAČAJKE

2.1 Zemljopisni položaj

Eksploatacijsko polje „Table“ je dio velikog ležišta ugljena Prolog, koje se nalazi u središnjem dijelu Livanjskog polja, između sela Grboreza, Orguza, Prologa i Odžaka (slika 2-1.). Livanjsko polje je najveće krško polje u dinarskom kršu, pruža se u smjeru sjeverozapad-jugoistok. Njegova uzdužna os duga je 65 km, a prosječna širina 6 km. Polje je sa svih strana okruženo visokim planinama: Dinarom i Kamešnicom na jugu, Tušnicom na istoku, Cincarom i Golijom na sjeveru, te Šatorom i Staretinom na zapadu.

Područje ležišta Prolog, kao i veći dio Livanjskog polja, pripada općini Livno. Općina Livno je administrativni centar i kulturno središte Hercegbosanske županije. Livno graniči sa općinama Tomislavgrad, Bosansko Grahovo, Glamoč i Kupres. Lokalitet „Table“ nalazi se 9,5 km zapadno od grada Livna.



Slika 2-1. Položaj eksploatacijskog polja „Table“ (Google earth 2014)

2.2 Klima

Općina Livno nalazi se na prijelazu iz submediteranske klimatske zone u umjereno kontinentalnu. Obilježja ove klime jesu hladna i vlažna proljeća, suha i topla ljeta, umjereno tople i kišovite jeseni, te hladne i snježne zime. Utjecaj mediteranske klime znatno je umanjen planinskim masivima Dinare i Kamešnice, ali i relativno velikom nadmorskom visinom (≈700 m).

Temperatura zraka u livanjskom području indikator je umjereno kontinentalne klime. Prema podacima Federalnog hidrometeorološkog zavoda iz 2007. godine srednja godišnja trmperatura za Livno iznosi 10,4 °C , a godišnja amplituda 22,9 °C (tablica 2-1.). Za razliku od temperature zraka, količina padalina posljedica je utjecaja submediteranske klime. Prosječna godišnja količina padalina za 2007. godinu iznosi 1 090,7 mm. Tijekom godine izdvojena su dva razdoblja s povišenim vrijednostima padalina, dva maksimuma. Prvi je na proljeće, drugi na jesen. U tim razdobljima dolazi do plavljena Livanjskog polja. U zimskim mjesecima česta su pojava i snježne padaline.

Tablica 2-1. Meteorološki podaci stanice Livno za 2007. godinu (FHMZ 2013)

mjesec	**Temperatura zraka**			**Padaline**
	°C			**mm**
	Sred	**max**	**min**	
Siječanj	3,3	8,7	-1,4	110,4
Veljača	4,8	9,5	0,7	122,9
Ožujak	6,2	11,2	2,1	116,7
Travanj	11,6	20	3,1	7,1
Svibanj	15,2	21,5	8,3	215,8
Lipanj	19,1	26,5	11,5	56
Srpanj	21,5	30,6	11,9	46
Kolovoz	20,7	29,1	13	27
Rujan	12,4	20,5	6	104,1
Listopad	9	16	4,1	99,4
Studeni	2,2	7,8	-2,4	110,1
Prosinac	-1,4	4,3	-6,2	75,2
Godišnje	10,4	17,1	4,2	1 090,7

2.3 Hidrologija

Područje livanjskog polja općenito je vrlo bogato vodom. U okolici lokaliteta „Table“ pojavljuju se brojna stalna i povremena krška vrela, manje rijeke i potoci, ponori, umjetna jezera, te energetski i hidromelioracijski kanali.

Najznačajnija stalna krška vrela su vrelo Bistrice, vrelo Sturbe, i vrelo Žabljaka. Vrela Maneka i Jaruge u ljetnim mjesecima presuše. Spajanjem tokova Bistrice, Sturbe i Žabljaka nastaje rijeka Plovuća, čije se vode sustavom kanala, preko Lipskog jezera odvode u Buško jezero. Buško jezero, s površinom od 6 000 ha i zapremninom od 800 milijuna m^3, je najveća akumulacija u slivu Cetine i služi za opskrbu HE „Orlovac“. No sustav kanala koji u ovu akumulaciju dovodi vodu iz Livanjskog polja, osim hidroenergetske uloge, ima i ulogu zaštite centralnog dijela Livanjskog polja od poplava.

3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE

Geološka istraživanja ležišta lignita Prolog, na lokalitetu „Table“ , izvršila je tvrtka Kriptos d.o.o. za projektiranje, istraživanje i eksploataciju iz Milića. Geološke značajke lokaliteta Table prikazane su na temelju „Elaborata o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi ugljena na ležištu Table kod Livna“ (Filipović i Ivanović 2007).

3.1 Geomorfološke značajke područja

U geomorfološkom smislu područje Livanjskog polja posjeduje veliku raznolikost, uvjetovanu petrografskim sastavom naslaga razvijenim na tom terenu i tektonskim pokretima kojima su te naslage u prošlosti bile izvrgnute. Dva su osnovna geomorfološka tipa: krško polje i visoki planinski masivi.

Stijenska masa ima dosta različit litološki sastav što je uvjetovalo formiranje jako izraženog reljefa. Jako okršene planinske masive izgrađuju mezozojski vapnenci i dolomiti koji su okruženi tektonskim potolinama čija dna ispunjavaju mlađi limnički sedimenti tercijarne starosti.

U morfološkom pogledu, Livanjsko polje je tipično krško polje dinarskog pravca pružanja u dužini od 65 km i prosječnoj širini oko 6 km.. Obzirom da se radi o jednom tiptčnom akumulacijskom prostoru polje je gotovo idealno ravno.

Po svom orografskom smještaju, sa srednjom nadmorskom visinom 710 m, Livanjsko polje je najniže u odnosu na ostala krška polja Zapadne Bosne (Kupreško oko 1 200 m, Šujičko oko 1 000 m, Duvanjsko oko 900 m, Glamočko oko 900 m). Ovakav položaj polja uvjetuje tok voda iz viših u niža polja. Najvećim dijelom vode teku podzemno, a samo djelomično površinski. U široj okolini Livanjskog polja podzemne vode se kreću generalno u pravcu I-Z. Livanjski neogeni ugljenonosni bazen leži okomito na pravac kretanja podzemnih voda i predstavlja prirodnu vodonepropusnu barijeru dužine 65 km.

Obzirom da debljina neogenih naslaga iznosi oko 2 000 m, to najdublji horizonti barijere leže negdje na koti 1 300 m, što je sasvim dovoljo za zaustavljanje podzemnih voda i stvaranje velike podzemne akumulacije sjeveroistočno od Livanjskog polja. Iz tih razloga na kontaktu karbonatnih vodopropusnih slojeva i neogenih nepropusnih naslaga uz sjeveroistočni rub polja pojavljuju se brojna stalna i povremena vrela i estavele, te rijeke Sturba, Žabljak i Bistrica.

U morfografskom pogledu Livanjsko polje je udubljenje orubljeno visokim planinskim masivima planine Dinare i Kamešnice na jugozapadu, a Šatora, Staretine, Golije, Krug planine, Tušnice i Grabovačke planine na sjeveroistoku, uglavnom dinarskog pravca pružanja. Dinara i Kamešnica su morfološki i geološki jedna cjelina. Izgrađuju je jurske i kredne karbonatne naslage. Boranja i rasjedanja dobro su izražena. U tektonskom smislu predstavljaju horst-sinklinorij s blago nagnutim i izrasjedanim krilima.

Masive Staretine i Golije izgrađuju mezozojske karbonatne naslage, a u strukturnom pogledu tvore antiklinalu dinarskog pravca pružanja. Smještene su unutar zone "visokog krša", bezvodne su i s jako izraženim krškim fenomenima.

3.2 Tektonika

Neogenske naslage Livanjskog polja ispunjavaju 65 km dugu i oko 6 km široku tektonski predisponiranu depresiju, čije bokove izgrađuju mezozojske karbonatne naslage. Kontakti neogenskih naslaga i podloge su diskordantni. U bazenu su formirane dvije sinklinale – Čelebić i Prolog.

Sinklinala Prolog smještena je u jugoistočnom dijelu polja. Izgrađuju je donjopliocenske ugljenonosne naslage. Sinklinala je deformirana uzdužnim rasjedom, koji ovo inače cjelovito ležište dijeli na dva dijela; jugozapadno i sjeveroistočno. Jugozapadni dio ležišta zadržao je svoju prvobitnu pravilnost i samo je djelomično poremećen. Ugljeni slojevi su međusobno konkordantni u obliku sinklinale. Nagib slojeva je na velikom prostranstvu pravilan, a kreće se u granicama 4-10°. Sjeveroistočni dio ležišta je spušten u odnosu na jugozapadni.

Na širem području lokaliteta "Table" ugljenonosne naslage predstavljaju dio tektonski poremećenog sjeveroistočnog krila prološke sinklinale. Tijekom pređašnjih kompleksnih geoloških istražnih radova, te analizom prethodnih eksploatacijskih radova, utvrđeni su zanačajni tektonski poremećaji ugljenonosne serije. Utvrđen je razvoj nekoliko ugljenih slojeva, međusobno konkordantnih, generalnog nagiba do 17° prema jugozapadu. Cijeli prostor razlomljen je uzdužnim i poprečnim subvertikalnim rasjedima na manje blokove. Pojedini blokovi su uglavnom malog verikalog pomaka do maksimalno 40 metara, što je uglavnom manje izraženo.

3.3 Hidrogeološke značajke

U sjeveroistočnom rubnom dijelu ležišta na lokalitetu Table izvodi se eksploatacija slojeva ugljena površinskim radovima na ograničenom prostoru, u vrlo slabo propusnim glinovitim sedimentima. Na mikrolokalitetu petnaeste table ugljenonosne serije predstavljene su slojevima lignita različite debljine (od 0,6 m do 11,0 m), čiju krovinu i podinu tvore ugljevite gline, lapori i siltovi u nepravilnoj izmjeni. U glinama, laporima i siltovima postoji samo kapilarni ili subkapilarni porozitet, što skoro sasvim onemogućava kretanje podzemnih voda. Navedene stijene možemo smatrati vodonepropusnim i radi njihovog litološkog sastava ne može doći do koncentracije podzemnih voda i njihovog kretanja u ovom dijelu ležišta.

Posve druga situacija je s površinskim tekućim vodama. Tekućice često napuštaju svoja plitka korita i plave veće dijelove polja. Ovaj prirodni fenomen izražen je tijekom dva godišnja doba s maksimalnim padalinama (jesen, proljeće). Plavljenju su izloženi sjeverozapadni i južni dio ležišta do kote 707,50 m. Izgradnjom sustava kanala izvršeno je odvodnjavanje južnog dijela Livanjskog polja, pa se površinske vode tekućice odvode u Lipovo polje i dalje u akumulaciju Buško Blato.

4. RAZMATRANJE OTKOPANOG PROSTORA KAO ODLAGALIŠTA KOMUNALNOG OTPADA

Jedan od najbitnijih dijelova inicijalne faze planiranja odlagališta otpada je odabir lokacije za njegovu izgradnju. Da bi neka lokacija bila ocjenjena kao pogodna za odlaganje otpada, ona mora zadovoljiti niz ekoloških, društvenih i ekonomskih kriterija. Ovi kriteriji definirani su zakonskim propisima svake pojedine države.

Prema Direktivi EU o odlagalištima otpada (1999/31/EC) lokacija odlagališta otpada mora zadovoljiti kriterije koji se odnose na:

- udaljenost granice odlagališnog prostora od naseljenih područja, površinskih vodotokova, te ostalih poljoprivrednih ili urbanih područja;
- postojanje podzemnih voda, obalnih voda, te zona zaštite prirode na području odlagališta;
- geološke i hidrogeološke prilike na razmatranom području;
- rizike od poplava, slijeganja, klizišta, ili snježnih lavina na razmatranom području;
- zaštitu prirodnih i kulturnih vrijednosti na razmatranom području.

Neka lokacija može se koristiti za odlaganje otpada samo ukoliko zadovaljava gore navedene uvjete, ili ako se poduzmu određene korektivne mjere koje će rezultirati time da odlagalište ne predstavlja potencijalnu opasnost za okoliš.

U ovom poglavlju razmatrat će se korištenje prostora površinskog kopa ugljena na lokaciji „Table“ , na kojem je završena eksploatacija, kao odlagališnog prostora za odlaganje komunalnog otpada. Razmatrat će se geološke i hidrogeološke prilike terena, utjecaj na okoliš, te društveni utjecaj.

4.1 Značajke lokacije

Geološkim istraživanjima na lokalitetu „Table“ utvrđeno je da krovinu i podinu ugljenih slojeva koji se eksploatiraju čine ugljevite gline, lapori i siltovi (Filipović i Ivanović 2007). U ovim stijenama postoji samo kapilarni i subkapilarni porozitet i može ih se smatrati vodonepropusnima. Stoga, iako se radi o krškom polju, može se ustvrditi da je

temeljno tlo na ovoj lokaciji pogodnu za izgradnju odlagališta uz uvjet da temeljni brtveni sustav bude primjereno izveden, te da ispuni sve zahtjeve u cilju sprječavanja onečišćenja tla i podzemnih voda.

Nepropusni slojevi onemogućavaju kretanje i akumulaciju podzemnih voda na području razmatranom za odlaganje otpada. No kada je u pitanju površinska hidrološka mreža situacija je nešto složenija zbog brojnih vodenih tokova te odvodnih kanala u široj okolici lokacije. Ipak najbliži odvodni kanal udaljen je od lokacije za odlaganje ≈600 m, a tok rijeke Plovuće ≈700 m, što odgovara zakonom predviđenim okvirima.

Klimatske prilike su također važan čimbenik koji utječe na odlagalište otpada. Prilikom projektiranja sustava za odvodnju oborinskih voda sa tijela odlagališta, treba voditi računa o maksimalnim količinama padalina, i sukladno tim podacima izvršiti dimenzioniranje kanala za odvodnju oborinskih voda. Isto tako, potrebno je procijeniti postoji li realna opasnost od poplava. Livanjsko polje je općenito izloženo poplavama, i to za vrijeme razdoblja s povećanom količinom padalina, u proljeće i u jesen. No sustavom kanala izgrađenih za potrebe HE Orlovac, južni dio polja se odvodnjava, i na taj način štiti od poplava. Prema „Analizi poplava u krškim poljima Bosne i Hercegovine“ (Schwatrz 2013) područje lokaliteta „Table“ nalazi se izvan područja sa 100 godišnjom vjerojatnošću od poplava.

Društveni aspekt utjecaja odlagališta otpada, prije svega se odnosi na udaljenost odlagališnog prostora od naseljenih mjesta i prometnica. Najbliže naseljeno mjesto, selo Prisap, udaljeno je od lokaliteta „Table“ više od 2 km, a grad Livno više od 8 km. Također u bližoj okolici lokacije nema prometnica, što svrstava ovu lokaciju unutar okvira društvene prihvatljivosti.

Utjecaj odlagališta na okoliš predstavlja kompleksan problem, koji obuhvaća utjecaj na tlo, vode, ljudsko zdravlje i eko-sustav. Livanjsko polje, gledano u cjelini, je močvarno područje i nalazi se na popisu močvarnih područja Ramsarske konvencije koja se brine za očuvanje i održivo korištenje močvara. No kao što je već rečeno južni dio polja je isušen, te se na lokalitetu „Table“ izvodi eksploatacija lignita. Prema predloženoj karti zonacije ramsarskog područja „Livanjsko polje“ (Stumberger 2013) lokacija površinskog kopa nalazi se u zoni narušenog prirodnog krajolika, koji zahtjeva sanaciju. Sanacija otkopanog prostora, na način da se ono iskoristi za sanitarno odlagalište komunalnog otpada ekološki je prihvatljivo i ekonomski isplativo rješenje.

5. STANJE POVRŠINSKOG KOPA

Stanje površinskog kopa u trenutku završetka eksploatacije prikazano je u obliku 3D modela terena, koji je izrađen na temelju Situacijske karte rezervi ugljena ležišta Table.

5.1 Model terena

Za izradu trodimenzionalnog modela terena korišten je program Power InRoads V8i. Na situacijskoj karti rezervi ugljena, koja je poslužila kao polazni materijal za izradu 3D modela površinskog kopa i okolnog terena, teren je prikazan kotama. Na karti je prikazano i sanirano područje nekadašnje eksploatacije. Dio kopa na kojem je u trenutku izrade ove karte završena eksploatacija prikazan je položajno i visinski, dok ostatak karte prikazuje položaje istražnih bušotina i raskopa, te geološko-obračunske profile, koji služe za planiranje budućih radova. Na trodimenzionalnom modelu terena (slika 5-1.) prikazano je područje zahvaćeno rudarskim radovima, ukupne površine 8 944 m^2, te okolni teren. Maksimalna dubina kopa seže do 10 m ispod razine tereana, a okolni teren je pretežno ravan s prosječnom nadmorskom visinom od 707 m n.m.

Osim 3D modela terena, napravljena je i nova situacijska karta koja prikazuje uže područje oko površinskog kopa, koje se razmatra za odlaganje otpada (Prilog 1).

Slika 5-1. 3D model stanja površinskog kopa nakon završene eksploatacije

5.2 Kvaliteta tla

Podinu otkopanog sloja ugljena, odnosno bazu „jarka“ koji treba poslužiti kao odlagalište, kao što je već ranije rečeno čine pijeskovite gline (slika 5-2.), čija vodopropusnost iznosi 1 x 10^{-7} m/s. No iako se ovdje radi o vrlo slabo propusnom tlu, ono nije dostatno da kao takvo, bez ikakvih preinaka posluži kao temelj odlagalištu. Temeljni sustav brtvljenja odlagališta mora zadovoljiti veće kriterije nepropusnosti, o čemu će više biti rečeno kasnije.

Slika 5-2. Površinski kop

6. POSTOJEĆE STANJE PRIKUPLJANJA I ODLAGANJA OTPADA

Postojeće stanje prikupljanja otpada za općinu Livno prikazano je na temelju Idejnog projekta za izgradnju sanitarne deponije „Korićina“, koji je izradila tvrtka IPZ Uniprojekt TERRA iz Zagreba.

6.1 Prikupljanje i transport

JP „Komunalno“ d.o.o. iz Livna obavlja organizirano sakupljanje i transport komunalnog otpada na području općine Livno. Organizirano sakupljen otpad odlaže se na postojeće odlagalište „Korićina“. Sakupljanje i transport otpada provodi se specijaliziranim vozilima. Vozni park koji se koristi za sakupljanje otpada na području općine Livno čine 4 takva vozila (tablica 6-1.).

Tablica 6-1. Vozni park JP „Komunalno“ d.o.o. iz Livna, koji se koristi za sakupljanje otpada (Fundurulja 2014)

Registracijski broj vozila	Marka i tip vozila	Godina proizvodnje	Snaga motora [kW]	Masa praznog vozila [kg]	Stvarni volumen nadgradnje [m^3]
980-J-492	MAN	2001	301	14 370	22
969-M-204	IVECO	1998	243	16 090	20
432-M-769	MERC (FAP)	1987	96	7 800	9
969-M-218	MERC (FAP)	1987	125	7 125	5

Organizirani odvoz otpada iz domaćinstava i privrede prema dogovoru se provodi jednom ili više puta tjedno, tijekom 6 radnih dana.

6.2 Količina otpada

Dvije vrste otpada se sakupljaju i odlažu: komunalni i tehnološki otpad.
Komunalni otpad je otpad iz kućanstva, kao i drugi otpad koji po svojoj prirodi ili sastavu je sličan otpadu iz kućanstva. Osim kućnog otpada u komunalni otpad tako spada i komercijalni otpad, te otpad koji nastaje kao posljedica uređenja i održavanja javnih površina.

Količina komunalnog otpada koji je se odlaže procjenjena je na temelju podataka o volumenu vozila i broju dovoza na odlagalište. Na području općine Livno 2009. godine organizirano je sakupljeno i odloženo 3 681 t komunalnog otpada.

Tehnološki otpad je otpad koji nastaje u proizvodnom procesu u industriji, obrtu i drugim procesima. Na odlagališta komunalnog otpada odlaže se i neopasni tehnički otpad.

Količina neopasnog tehnološkog otpada ovisi o stupnju razvijenosti industrije. 2009. Na promatranom području nastalo je 408 t neopasnog tehnološkog otpada.
Ukupna količina otpada proizvedenog na području općine Livno 2009. Iznosila je 4089 t (tablica 6-2.).

Tablica 6-2. Ukupna količina otpada sakupljena na području općine Livno 2009. godine (Fundurulja 2014)

Komunalni otpad [t]	3 681
Neopasni tehnološki otpad [t]	408
Ukupno [t]	4 089

7. PROGNOZA KOLIČINA OTPADA

Federalnim planom definiran je regionalni pristup izgradnji odlagališta, te je predviđena izgradnja 16 regionalnih centara za gospodarenje otpadom regionalnog odlagališta. Za općine Livno, Glamoč i Bosansko Grahovo regionalno odlagalište biti će na Korićini, a izgradnja će biti gotova do 2017. godine. Za potrebe privremenog odlagališta na lokaciji „Table“ napravljena je prognoza količina komunalnog i neopasnog tehnološkog otpada na području općine Livno, za razdoblje od 2009. do 2017. godine.

7.1 Ukupne količine otpada do 2017. godine

Procjena godišnjih količina komunalnog i tehnološkog otpada do 2017. godine za područje općine Livno napravljena je na temelju podataka iz Idejnog projekta za izgradnju sanitarne deponije Korićina – Livno (tablica 7-1.).

Tablica 7-1. Ukupni otpad za razdoblje do 2017. godine

Godina	Komunalni otpad [t]	Tehmološki neopasni otpad [t]	Ukupni otpad [t]	Ukupni otpad umanjen za odvojeno sakupljanje [t]	Ukupni otpad kumulativno [t]
2009	3 681	408	4 089	4 087	4 087
2010	4 065	409	4 474	4 470	8 557
2011	4 496	409	4 905	4 895	13 452
2012	4 975	410	5 385	5 361	18 813
2013	5 507	414	5 921	5 871	24 684
2014	6 101	418	6 519	6 430	31 114
2015	6 766	422	7 188	7 044	38 158
2016	6 837	426	7 263	7 074	45 232
2017	6 911	431	7 342	7 104	52 335

8. PRORAČUN POTREBNOG PROSTORA

Svako odlagalište sastoji se od dvije zone, koje se razlikuju po svojoj funkciji. To su prijemno-otpremna zona i radna zona, odnosno prostor za odlaganje otpada.

Prijemno-otpremna zona, služi za prijem vozila s otpadcima, te njihovu otpremu kada odlaze sa odlagališta (Jahić 1980). Manji dio ukupne površine prijemno-otpremne zone otpada na prateće objekte, dok je ostatak namijenjen za interne prometnice.

U sklopu prijemno-otpremne zone treba osigurati prostor za slijedeće objekte:

- Vrata i ograda pogona
- Vaga
- Objekat za zaposlene (uredski prostor)
- Plato za pranje vozila
- Parkiralište
- Sabirni bazen za procjedne vode
- Reciklažno dvorište
- Garaža

8.1 Prostor za prateće objekte

Ulazna vrata ukupne su duljine 7 m, a sastoje se od dvokrilnih vrata za kolni ulaz duljine 6 m (3 m + 3 m), te vrata za pješake duljine 1 m.

Vaga služi za vaganje kamiona s otpadom koji se doprema na odlagalište. Tipična duljina vage je 18 m, a nosivost do 60 t. Upravljački uređaj vage smješten je unutar objekta za zaposlene.

Objekt za zaposlene sastoji se od uredskog prostora, garderobe i sanitarnog čvora. Objekt se sastoji od dva povezana montažna objekta kontenjerske konstrukcije, svaki dimenzija 3x9 m, ukupne površine 54 m^2.

Prije nego što napuste prostor odlagališta kamione treba očistiti. Plato za pranje vozila dimenzija je 10 m x 6 m.

Na prostoru prijemno-otpremne zone treba osigurati 5 parkirnih mjesta za zaposlenike.

Procjedne vode odvode se drenažnim sustavom iz tijela odlagališta u taložni bazen za procjedne vode volumena 60 m^3, odnosno povšine 6 m x 10 m i dubine 1 m.

Reciklažno dvorište ima za svrhu razvrstavanje i privremeno skladištenje posebnih vrsta otpada. Površina potrebna za reciklažno dvorište je 1 000 m^2.

Garaža služi za smještaj mehanizacije i opreme. Površina garaže je 6 m x 9 m.

Oko tijela odlagališta treba planirati i prostor za obodni kanal za sakupljanje oborinskih voda, servisnu cestu širine 3 m, zeleni pojas te žičanu ogradu visine 2 m.

8.2 Prostor za odlaganje otpada – radna zona

Smještaj i veličina odlagališta uvjetovani su stanjem na terenu, odnosno položajem i veličinom otkopanog prostora koje je potrebno sanirati, ali i smještajem rasjeda koji je onemogućavajući faktor za odlaganje otpada. Kada se to uzme u obzir, tijelo odlagališta biti će smješteno na prostoru ukupne površine cca 10 000 m^2.

8.3 Potreban prostor i vijek trajanja deponije na predviđenoj lokaciji

Pri procjeni volumena odloženog otpada uzeta je pretpostavka da se otpad na odlagalištu zbija na početnu specifičnu gustoću od 700 kg/m^3. Utjecaj slijeganja korigiran je koeficijentom koji iznosi na kraju promatranog razdoblja.

Za procjenu volumena ukupnog potrebnog prostora uzet je u obzir i prekrivni materijal u iznosu od 10 % volumena otpada.

Kada se sve uzme u obzir, procjenjuje se da će od 2009. do kraja 2017. godine ukupna količina otpada sakupljena na području općine Livno biti 75 838 m^3 , za što će biti potrebno ukupno 77 526 m^3 odlagališnog prostora (tablica 8-1.).

Tablica 8-1. Procjena potrbnog odlagališnog prostora

Godina	Masa godišnje [t]	Volumen kumulativno [m^3]	Masa godišnje uz reciklažu [t]	Volumen kumulativno uz reciklažu [m^3]	Volumen kumulativno uz reciklažu i slijeganje [m^3]	Volumen kumulativno uz reciklažu, slijeganje i prekrivni materijal [m^3]
2009	4 089	5 841	4 087	5 839	5 829	6 412
2010	4 474	12 233	4 470	12 224	12 015	13 217
2011	4 905	19 240	4 895	19 217	18 710	20 581
2012	5 385	26 934	5 361	26 875	25 981	28 579
2013	5 921	35 392	5 871	35 263	33 892	37 281
2014	6 519	44 705	6 430	44 449	42 509	46 760
2015	7 188	54 973	7 044	54 512	51 869	57 055
2016	7 263	65 349	7 074	64 617	61 189	67 308
2017	7 342	75 838	7 104	74 765	70 478	77 526

9. ODLAGANJE OTPADA

U ovom poglavlju opisat će se proces odlaganja otpada, od pripreme terena i podloge za odlaganje, same tehnologije odlaganja, odvodnje odlagališnog filtrata i odlagališnih plinova, pa sve do zatvaranja odlagališta. Opisat će se izgradnja temeljnog i pokrovnog zaštitnog sustava slojeva, te materijali koji se u njih ugrađuju i uvjeti koje ti materijali trebaju zadovoljiti.

9.1 Priprema terena

Ovisno o tobografskim, geološkim i drugim uvjetima lokacije, određenu pažnju treba posvetiti pripremi podloge za odlaganje otpada (Jahić 1980). Pri tom se misli da treba predvidjeti planiranje terena u odgovarajućim uzdužnim i poprečnim nagibima, vodeći računa o odvodnjavanju lokacije, te stabilnosti budućeg odlagališta.

Krater kopa nepravilnog je oblika, s različitim iznosima nagiba završnih kosina koji se kreću i do 1:1. Nagib kosine dijela tijela odlagališta koji se nalazi ispod površine zemlje trebao bi biti 1:2. Stoga je potrebno obaviti odgovarajuće radove, u fazi pripreme terena, kako bi se omogućilo da buduće odlagalište ispunjava sve geotehničke uvjete. Osim završnih kosina treba odrediti i nagib temeljnog tla, uzimajući u obzir planirani smjer odvodnje filtrata. Također treba izgraditi nasip visine 1 m oko prostora za odlaganje, kojim će se osigurati stabilnost budućeg odlagališta. Stanje terena nakon završetka pripremnih radova prikazano je 3D modelom (slika 9-1.).

Slika 9-1. 3D model teren po završetku pripremnih terenskih radova

9.2 Odvodnja površinskih voda

Jedan od najvažnijih zadataka pri projektiranju odlagališta je reguliranje površinskog otjecanja, odnosno odvodnja oborinskih voda. Za odvodnju oborinskih voda, projektira se mreža kanala po obodu zone odlaganja. Kanali se dimenzioniraju na temelju količine otjecajne vode nekog slivnog područja, u ovom slučaju površine odlagališta.

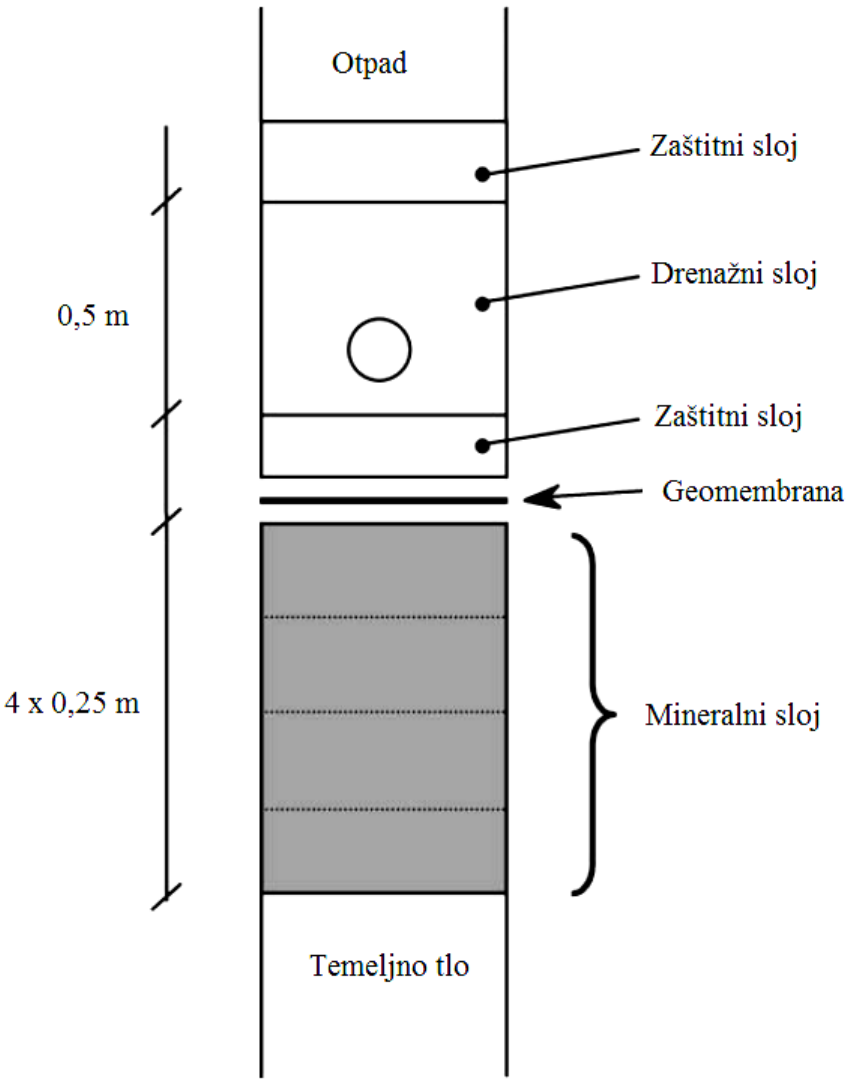
9.3 Temeljni brtveni sustav

Direktiva Europske unije o odlagalištima otpada (1999/31/EC) kaže da baza odlagališta i bočne strane moraju biti sačinjene od mineralnog sloja koji zadovoljava kombinaciju uvjeta vodopropusnosti i debljine, u svrhu zaštite tla, te podzemnih i površinskih voda. Za odlagališta neopasnog biorazradivog otpada vodopropusnost mora biti manja ili jednaka 1,0 x 10^{-9} m/s, a debljina minimalno 1 m. Ako prirodna geološka barijera ne zadovoljava navedene uvjete potrebno je izgraditi umjetnu barijeru.

Na lokaciji kopa Table prirodna geološka barijera, iako se radi o sloju gline koji je

podina otkopanog ugljenog sloja, ne zadovoljava ove stroge uvjete. Stoga je potrebno ugraditi složeni brtveni sustav koji se sastoji od tri komponente (slika 9-2.). Donja komponenta je mineralni sloj, kojeg čini 1 m zbijene gline hidrauličke propusnosti od najviše 1,0 x 10^{-9} m/s. Glina se zbija u slojeve debljine 0,25 m. Iznad sloja gline postavlja se fleksibilna geomembrana. Gornji dio sustava čini drenažni sloj, sačinjen od materijala minimalne vodopropusnosti od 1,0 x 10^{-9} m/s i debljine 0,5 m. U cilju zaštite geomembrane od oštećenja, između nje i drenažnog sloja postavlja se zaštitni sloj.

Ukoliko se na lokaciji nalazi materijal niske vodopropusnosti, uobičajeno je u praksi gornje slojeve tog materijala iskopati te obraditi do te mjere da zadovoljava specifikacije za ugradnju u mineralni brtveni sloj. Na lokaciji „Table“ uglavnom nalazimo pijeskovite gline koje po svojim karakteristikama ne zadovoljavaju zahtjeve materijala za ugradnju u mineralni brtveni sloj. Stoga tu glinu najprije treba očistiti od pijeska i drugih neglinenih materijala i tek onda ugrađivati u brtveni sustav odlagališta.



Slika 9-2. Temeljni brtveni sustav odlagališta M 1 : 20 (Carey 2000)

9.4 Odvodnja i obrada filtrata

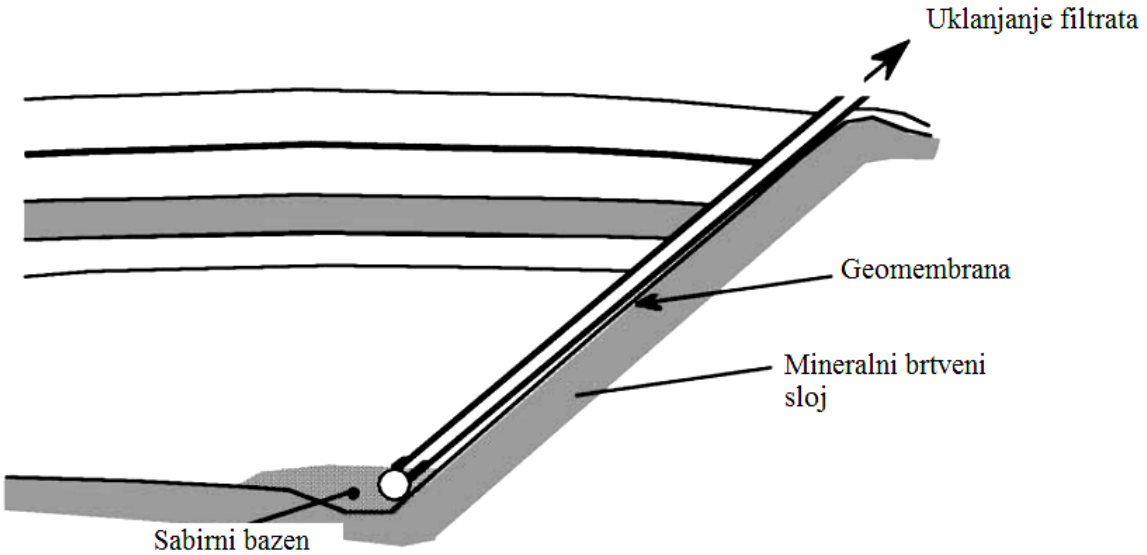
Filtrat je onečišćena tekućina koja se procijedila kroz slojeve odloženog otpada i pri tome primila u sebe velike količine otopljenih i suspendiranih tvari, koje potječu iz otpada ili su nastale kao proizvod njegove razgradnje. Filtrat je općenito jedan od najvećih problema, glede zaštite ljudskog zdravlja i okoliša pri odlaganju otpada (Milanović 1992). Stoga odvodnja filtrata iz tijela odlagališta predstavlja zadatak kojem je potrebno posvetiti posebnu pažnju.

U svrhu odvodnje filtrata projektiraju se drenažni horizontalni sustavi. Svrha drenažnog sustava je uklanjanje filtrata iz odlagališta. Drenažni sustav sastoji se od 5

komponenti (Carey 2000):

- Drenažni sloj, koji može biti sačinjen od prirodnog granuliranog materijala (šljunak, pijesak) ili sintetičkog materijala (geotekstil).
- Perforirane cijevi, koje su smještene unutar drenažnog sloja, a cilj im je sakupiti nastali filtrat i transportirati ga do sabirnog prostora
- Zaštitni filtarski sloj, koji sprječava začepljenje drenažnog sloja sitnim materijalima, a postavlja se iznad drenažnog sloja
- Kontrolne točke za monitoring filtrata
- Sabirni prostor iz kojeg se filtrat odvodi putem crpki

Minimalni nagib drenažnog sustava treba biti 2 % u smjeru sabirne točke. Filtrat sakupljen u sabirnom bazenu vadi se iz odlagališta pomoću crpke (slika 9-3.).



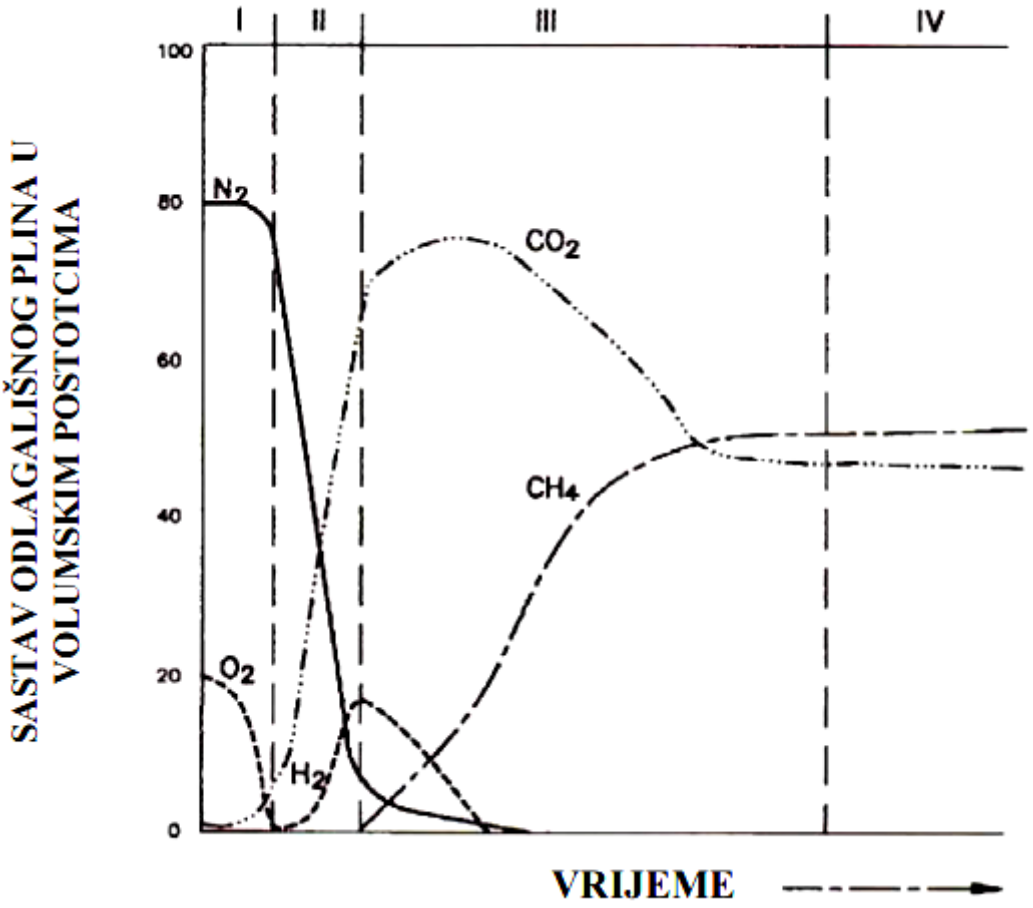
Slika 9-3. Crpljenje filtrata uzduž bočne strane odlagališta (Carey 2000)

Tako sakupljeni filtrat ne smije se ispuštati u okoliš prije nego što se postigne obrada do te mjere da zadovoljava zakonom propisane granične vrijednosti. Obrada se izvodi na lokaciji odlagališta. Prije postupka obrade filtrata potrebno je provesti grubo odvajanje nečistoća i sedimentaciju, što se odvija u taložnom bazenu. Sama obrada izvodi se nekim od poznatih bioloških i fizikalno-kemijskih postupaka.

9.5 Evakuacija odlagališnog plina

Na svakom odlagalištu komunalnog otpada, odnosno otpada koji sadrži biorazgradive tvari, nastaje odlagališni plin. Količine i sastav odlagališnog plina ovise o tome u kojoj fazi razgradnje se otpad nalazi. Odmah po odlaganju otpada započinju kemijski i biološki procesi, koji razgrađuju organske komponente otpada. Proces razgradnje odvija se u 4 faze (Milanović 1992):

1. Aerobna faza razgradnje je početna faza koja traje relativno kratko (mjesec dana). U toj fazi aktivne su bakterije koje troše kisik, a trajanje joj ovisi o sadržaju kisika. Kada se iskoristi sav preostali sadržan kisik u tijelu odlagališta, završava aerobna faza razgradnje
2. Anaerobna nemetanogena faza okvirno traje nekoliko mjeseci. Aktivne su bakterije koje egzistiraju bez ili s malo kisika. Stvaraju se organske kiseline i alkoholi, te se mijenja pH vrijednost. To je faza stvaranja otopina, hidroliza i fermentacija
3. Nestabilna anaerobna metanogena faza traje nekoliko godina. U ovoj fazi počinju djelovati bakterije koje stvaraju metan. Kemijska struktura otpada se stabilizira. Stvaraju se acetati i vodik.
4. Stabilna anaerobna metanogena faza traje dugi niz godina i nakon zatvaranja odlagališta. Metanogene bakterije su aktivne. Intenzitet procesa smanjuje se prema eksponencionalnoj funkciji u ovisnosti o vremenu (slika 9-4.)

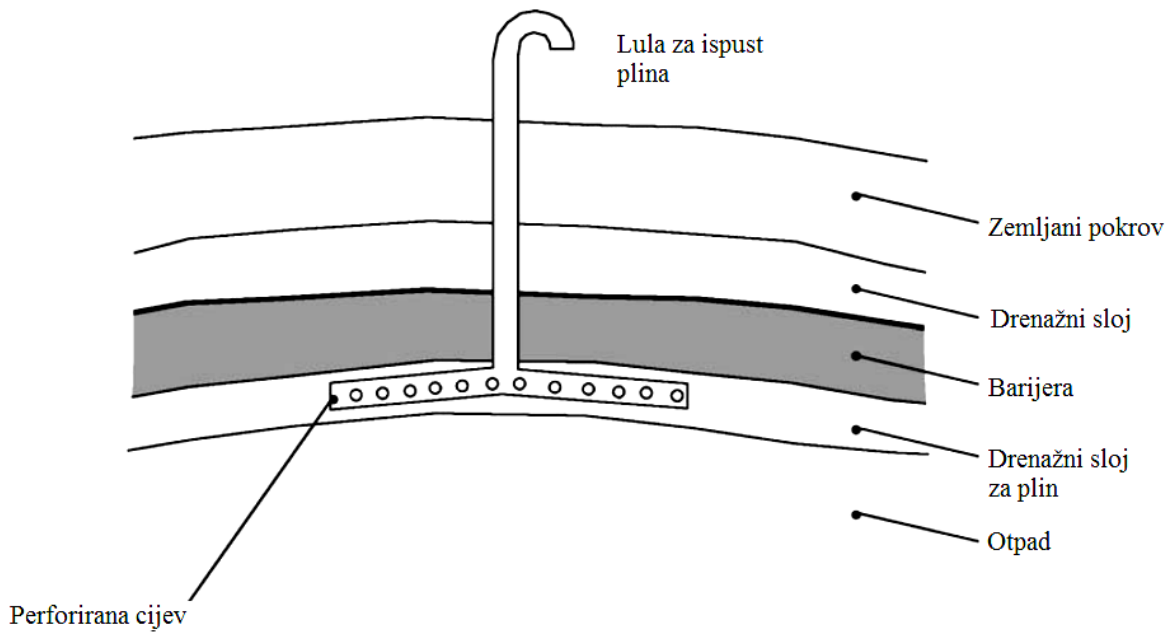


Slika 9-4. Sastav odlagališnog plina po fazama (Veinović i Kvasnička 2007)

Svrhu zaštite okoliša od nekontrolirane emisije štetnog odlagališnog plina, na odlagalištu treba implementirati sustav upravljanja odlagališnim plinom, koji podrazumjeva sakupljanje, predobradu (odvajanje kondenzata, čišćenje, povećanje energetske vrijednosti), te zbrinjavanje sa ili bez energetskog iskorištenja.

Nekontrolirana emisija plina postiže se fizičkim barijerama (temeljnim i završnim brtvenim sustavom slojeva), a sustav za njegovo sakupljanje sastoji se od plinskih drenažnih bunara, drenažnih cijevi i plinovoda.

Otplinjavanje će se izvesti pasivnim načinom (slika 9-5.). Ova metoda podrazumijeva iskorištenje vlastitog tlaka plina u tijelu odlagališta, te nema dodatne potrošnje energije za otplinjavanje (Milanović 1992).



Slika 9-5. Otplinjavanje pasivnim načinom (Carey 2000)

9.6 Metodologija odlaganja

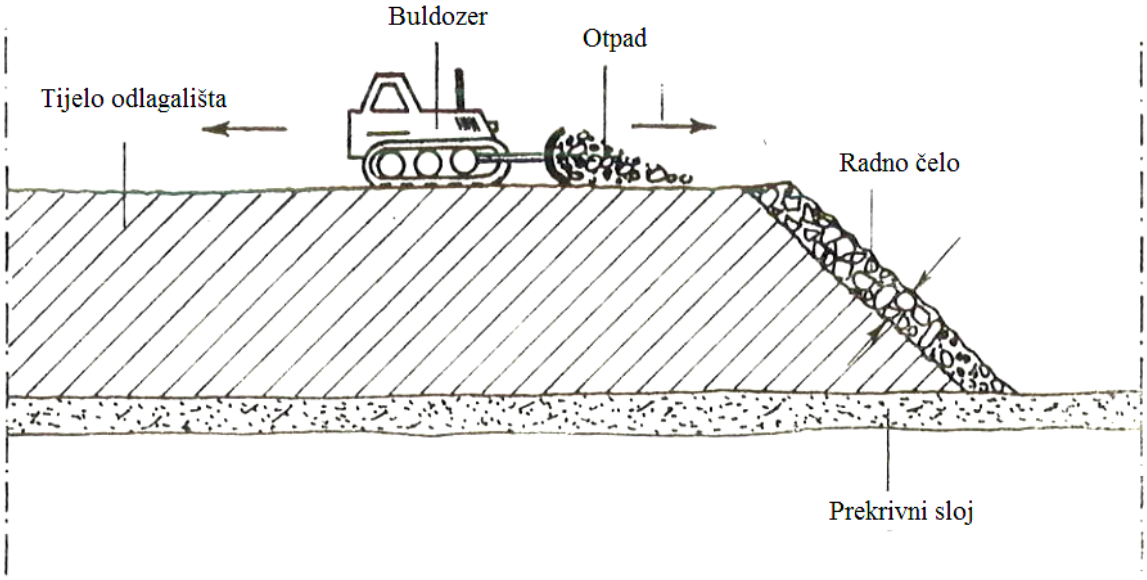
Tehnologija sanitarnog odlaganja otpada obuhvaća slijedeće operacije izgradnje tijela odlagališta (Veinović i Kvasnička 2005):

- odlaganje otpadaka (na prethodno uređenu površinu) istresanjem iz kamiona;
- rasprostiranje otpadaka u slojeve i zbijanje tih slojeva;
- dnevno prekrivanje otpadaka

Odlaganje otpada izvodi se na dva načina: površinski i metodom jarka. Na odlagalištu se istovremeno primjenjuju oba načina, što znači da odlaganje započinje metodom jarka, a kada se jarak zapuni nastavlja se površinskom metodom. Otpad se na odlagalište dovozi kamionima te se istresa na prethodno uređenu površinu. Na samom tijelu odlagališta potrebno je izgraditi privremenu pristupnu cestu za kamione kojima se dovozi otpad širine 4 m. Ova cesta je privremenog značaja i mijenjat će se kako bude napredovalo odlaganje.

Otpad se nakon istresanja sustavno izravnava u slojeve debljine 0,2 m do 0,3 m i zbija buldozerom (Jahić 1980). Na svaki zbijeni sloj doprema se idući sloj, koji se

rasprostire i zbija na isti način, sve dok se ne postigne ukupna visina etaže od 2 m (slika 9-6.). Zbijanjem otpada treba postići gustoću u iznosu 700 kg/m^3.

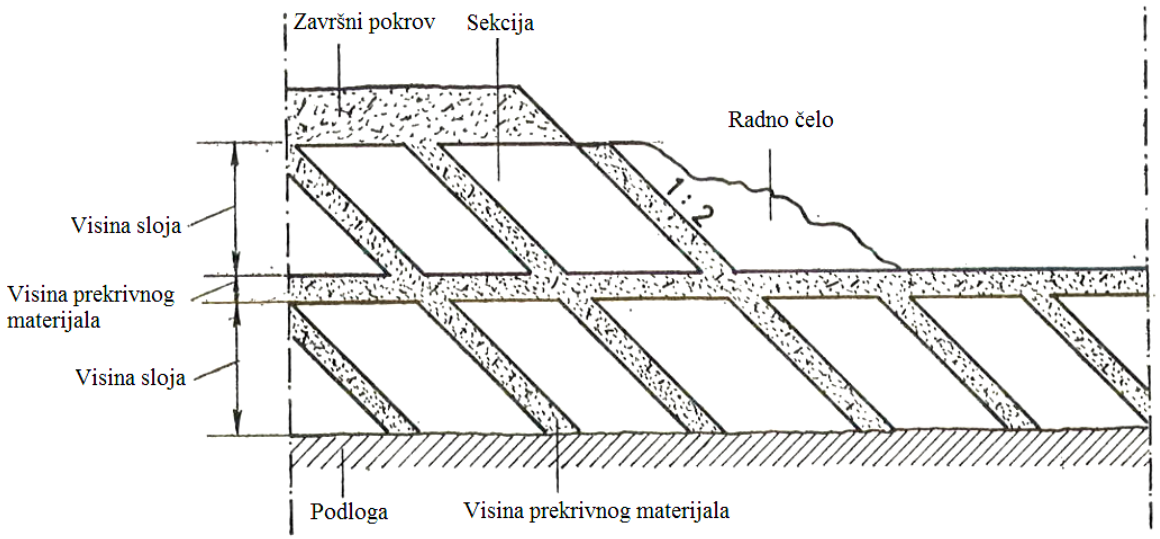


Slika 9-6. Rasprostiranje i zbijanje otpada u slojeve (Jahić 1980)

Na kraju radnog dana slojevi otpada prekrivaju se dnevnim prekrivnim slojem debljine 20 cm. Materijal za dnevno prekrivanje može biti bilo koji inertni materijal. Sloj prekrivnog materijala treba biti dobro izravnat i nabijen, da bi se spriječilo zadržavanje vode. Uloga prekrivnog materijala je sprječavanje:

- prodora oborinske vode u tijelo odlagališta, čime se smanjuje i količina nastalog filtrata
- emisije neugodnih mirisa
- dolaska insekata i ptica i drugih životinja na odlagalište
- mogućnosti od požara
- raznošenje otpadaka uslijed utjecaja vjetra

Zbijeni otpad, prekrivren slojem inertnog materijala, čini sekciju (slika 9-7.). Na taj način odlagalište čini skup sekcija koje u horizontalnom redu čine sloj.



Slika 9-7. Prikaz odnosa slojeva otpada i slojeva prekrivnog materijala (Jahić 1980)

9.7 Zatvaranje i rekultivacija

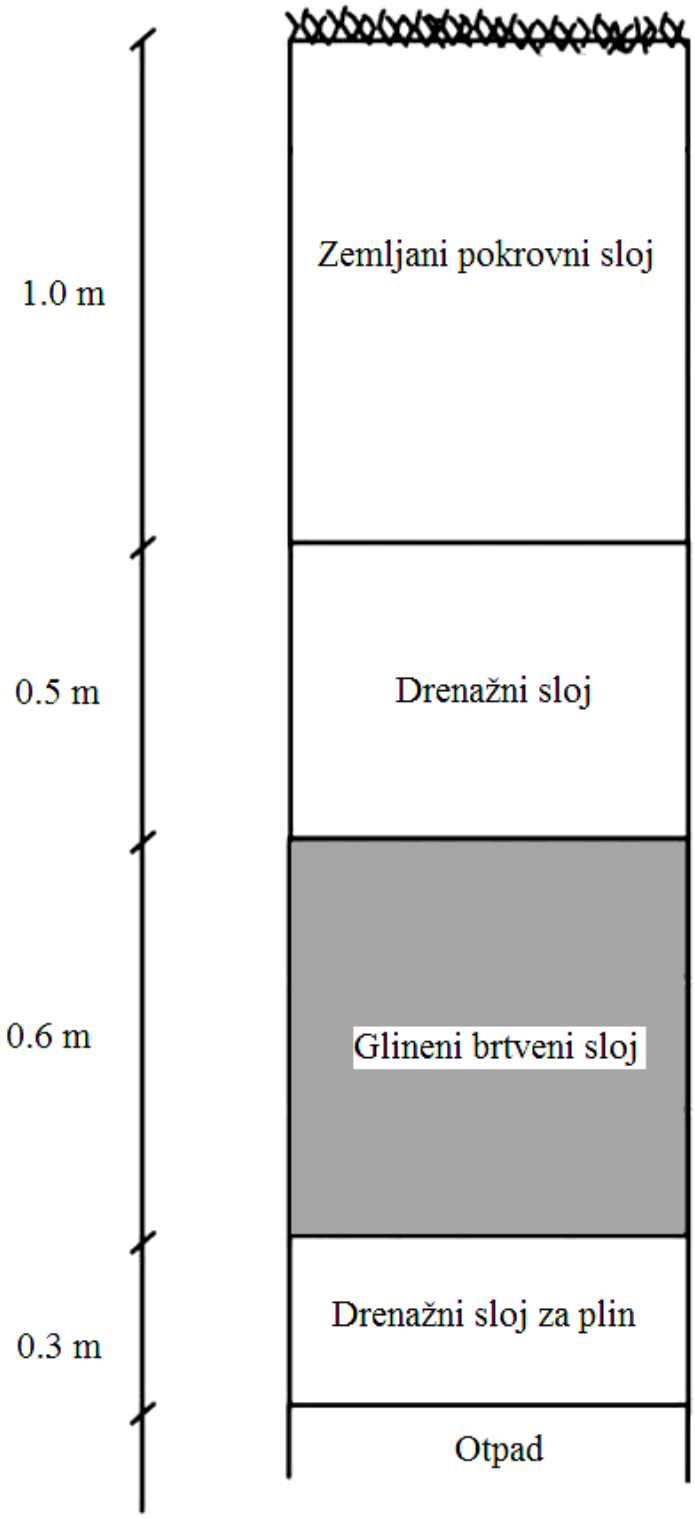
Nakon što je popunjen predviđeni kapacitet odlagališta, ono se zatvara. Zatvaranje se izvodi izradom pokrovnog zaštitnog sustava. Ciljevi zaštitnog pokrovnog sustava su:

- Sprječavanje infiltracije oborinske vode u tijelo odlagališta
- Sprječavanje emisije odlagališnog plina u atmosferu
- Postavljanje fizičke barijere između otpada i biljnog i životinjskog svijeta

Zaštitni pokrovni sustav sastoji se od nekoliko slojeva, uključujući drenažni sloj za plin, brtveni sloj (glina), drenažni sloj, te zemljani sloj na koji se zasađuje vegetacija (slika 9-8.).

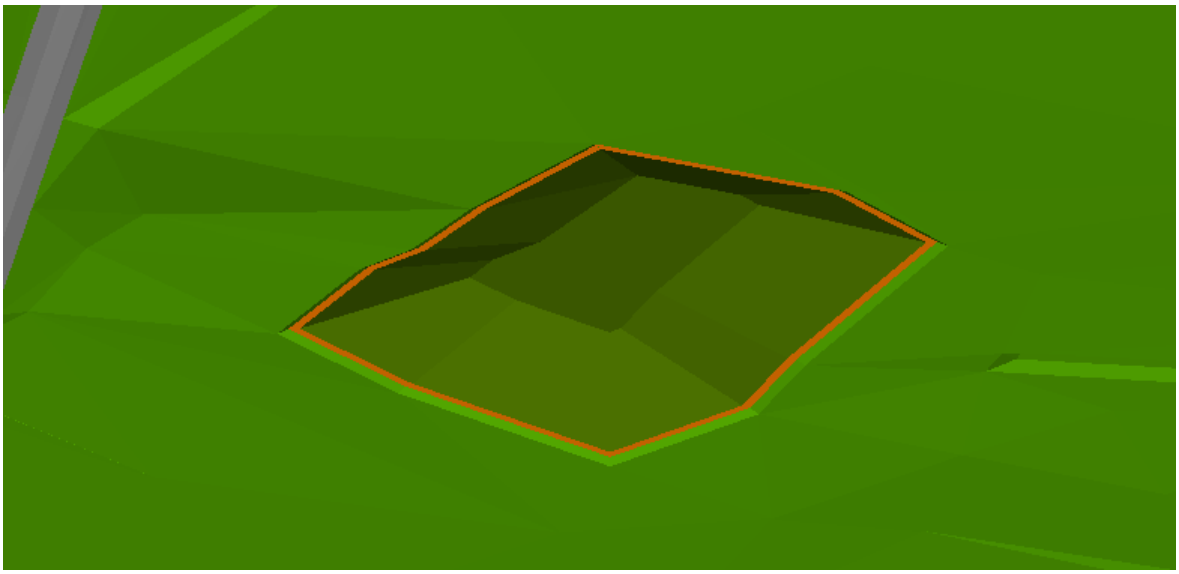
Materijal koji se ugrađuje u drenažni sloj za plin, sličan je po svojim značajkama materijalu koji se ugrađuje u drenažni sloj za filtrat u temeljnom brtvenom sustavu. Radi se o granuliranom materijalu, najčešće šljunku ili pijesku. Debljina drenažnog sloja za plin je 0,3 m, a vodopropusnost materijala ugrađenog u ovaj sloj treba biti veća od 1 x 10^{-4} m/s. Glineni brtveni sloj ugrađuje se na debljinu od 0,6 m, a maksimalan iznos koeficijenta vodopropusnosi za ovaj sloj iznosi 1 x 10^{-9} m/s. Drenažni sloj za oborinske vode ugrađuje se na debljinu od 0,5 m, s iznosom koeficijenta vodopropusnosti od 1 x 10^{-4} m/s.

Završni zemljani sloj na koji se zasađuje vegetacija postavlja u debljini od 1 m.



Slika 9-8. Pokrovni brtveni sustav slojeva (Carey 2000)

U programu Power InRoads izrađen je trodimenzionalni model odlagališta nakon zatvaranja (slika 9-9.). Zaštitni pokrovni sustav izveden je u nagibu 1:3. Time se osigurava da oborinska voda lakše otječe s površine, što smanjuje opasnost od erozije i osigurava dugoročnu stabilnost odlagalištu.



Slika 9-9. Model zatvorenog odlagališta

10. IZRAČUN KAPACITETA ODLAGALIŠTA

Kapacitet odlagališta izračunat je metodom profila. Iz profila se očita površina poprečnog presjeka (P), a volumen između dva susjedna profila računa se po formuli:

$$V = \frac{(P_1 + P_2)}{2} d \text{, m}^3 \qquad (1)$$

gdje je d udaljenost između profila. Položaj profila prikazan je na situacijskoj karti odlagališta (prilog 2). Ukupni kapacitet odlagališta izračunat na ovaj način iznosi 66 810,80 m^3 (tablica 10-1.). Volumni udio prekrivnog materijala je 10 % volumena otpada, što znači da od ukupnog kapaciteta odlagališta 60 737,09 m^3 odlazi na otpad, a 6 073,71 m^3 na prekrivni materija. Prema izračunu potrebnog prostora za odlagalište koji je napravljen u osmom poglavlju do kraja 2016. će godine nastati 64 617 m^3 otpada. Kada se uzme u obzir utjecaj slijeganja, te udio prekrivnog materijala dolazi se do podatka da će za zbrinjavanje tog otpada biti potrebno 67 308 m^3 odlagališnog prostora. Stoga se može zaključiti da će odlagalište ovog kapaciteta trajati do kraja 2016. godine.

Tablica 10-1. Proračun volumena odlagališta metodom paralelnih profila

Presjek	Površina [m^2]	Prosjek [m^2]	Udaljenost [m]	Volumen [m^3]
1-1'	0,00			
		35,00	20,00	699,90
2-2'	69,99			
		468,99	20,00	9 379,80
3-3'	867,99			
		880,64	20,00	17 612,80
4-4'	893,29			
		802,69	20,00	16 053,80
5-5'	712,09			
		614,31	20,00	12 286,20
6-6'	516,53			
		398,59	20,00	7 971,80
7-7'	280,65			
		140,33	20,00	2 806,50
8-8'	0,00			
			Ukupno:	66 810,80

11. ZAKLJUČAK

Lokacija odlagališta otpada mora zadovoljiti stroge zakonske kriterije zaštite okoliša. Na lokalitetu „Table“ u sklopu elaborata o rezervama provedena su geološka ispitivanja, koja su utvrdila da podinu slojeva ugljena čine nepropusna, odnosno vrlo slabo propusna tla, kao što su pijeskovite gline, lapori i siltovi. Nepropusni slojevi koji se nalaze ispod lokacije kopa, onemogućuju kretanje i akumulaciju podzemnih voda. Stoga ne postoji ozbiljnija opasnost od ugrožavanja podzemnih voda. Na širem području lokacije postoji mreža melioracijskih kanala koja služi i za obranu od poplava, pa tako na lokaciji „Table“ nema veće opasnosti od poplava, za razliku od sjevernih područja livanjskog polja. Analizirajući kriterije udaljenosti lokacije odlagališta od prometnica, površinskih vodotokova i naselja utvrđeno je da je lokacija površinskog kopa „Table“ prihvatljiva za izgradnju sanitarnog odlagališta otpada.

Model terena napravljen je na temelju situacijske karte rezervi ugljena. Za izradu 3D modela terena i odlagališta korišten je program Power InRoads Vi8. Osim 3D modela u ovom programu je izrađena i karta odlagališta, te obračunski profili za računanje kapaciteta odlagališta. Kapacitet odlagališta je 66 810,80 m^3. Na temelju podataka o godišnjim količinama otpada procijenjeno je da će odlagalište trajati do kraja 2016. godine. Kako do 2017. godine treba započeti s radom regionalni centar za gospodarenje otpadom, ovo odlagalište treba poslužiti kao privremeno rješenje zbrinjavanja komunalnog otpada općine Livno, do izgradnje regionalnog odlagališta.

12. LITERATURA

FHMZ, 2013. Meteorološki godišnjak 2007. Sarajevo: FHMZ

FILIPOVIĆ Z., IVANOVIĆ I., 2007. Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi u gljena na ležištu „Table“ kod Livna. Milići: Kriptos d.o.o.

SCHWARTZ U., 2013. Flooding analysis of Karst Poljes in Bosnia & Herzegovina. Beč: Fluvius.

STUMBERGER B., 2013. Livanjsko Polje – najveće krško polje na svijetu kao zaboravljeno poplavno područje. Livno: Prva međunarodna radionica “Krška polja Bosne i Hercegovine – močvare od državnog i međunarodnog značaja”.

FUNDURULJA D., 2014. Idejni projekt za izgradnju sanitarne deponije „Korićina“ – Livno. Zagreb: IPZ Uniprojet TERRA.

JAHIĆ M., 1980. Deponije i zaštita voda. Sarajevo: Geoiženjering.

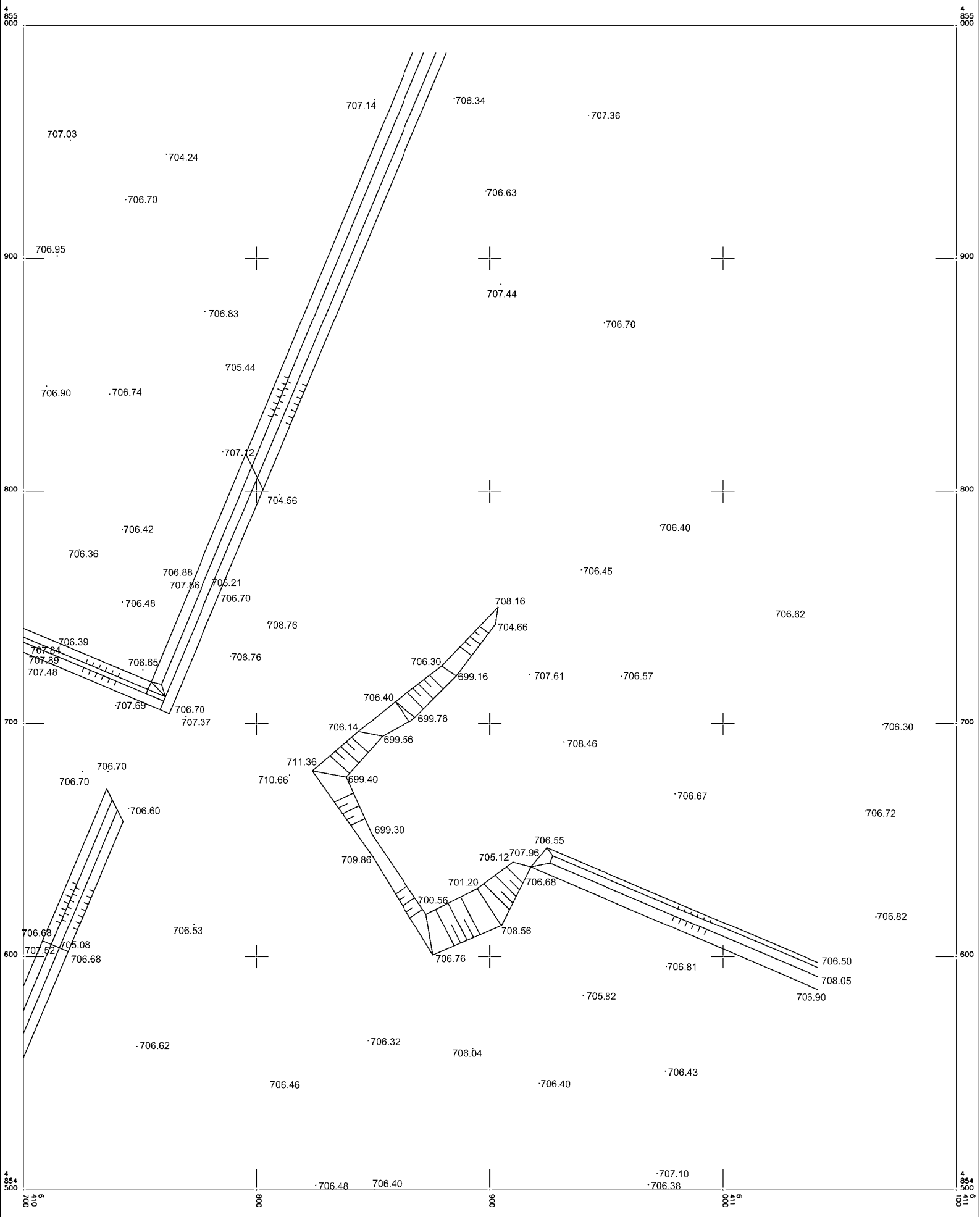
CAREY P., 2000. Landfill manuals: Landfill site design. Wexford: EPA.

MILANOVIĆ Z., 1992. Deponij: Trajno odlaganje otpada. Zagreb: ZGO – Zagreb.

VEINOVIĆ Ž., KVASNIČKA P., 2007. Površinska odlagališta otpada – interna skripta. Zagreb: RGN fakultet.

PRILOG 1: SITUACIJSKA KARTA područja razmatranog za odlaganje otpada

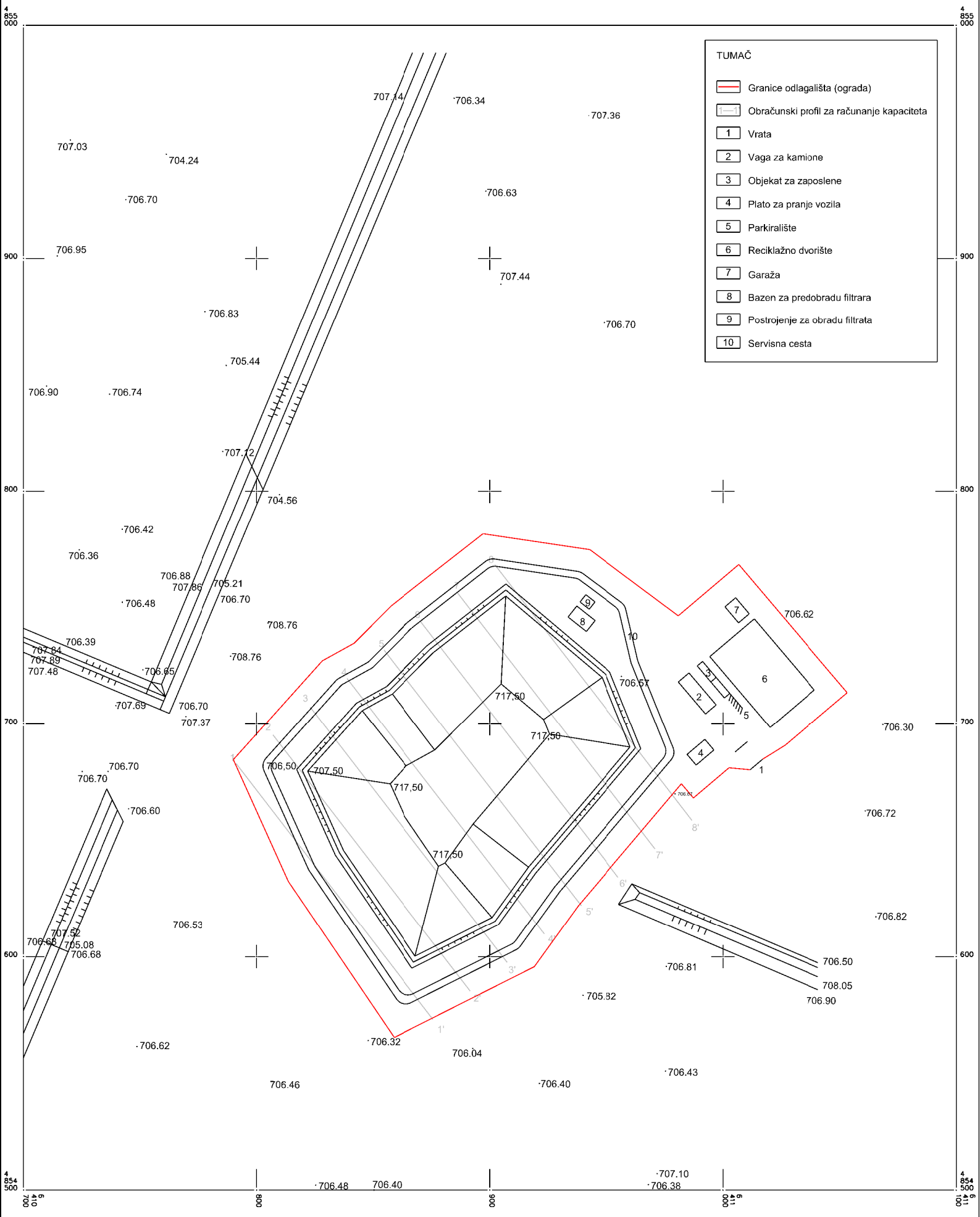
M 1 : 2 000



[Academic use only]

PRILOG 2: Završno stanje odlagališta i shematski prikaz objekata na odlagalištu

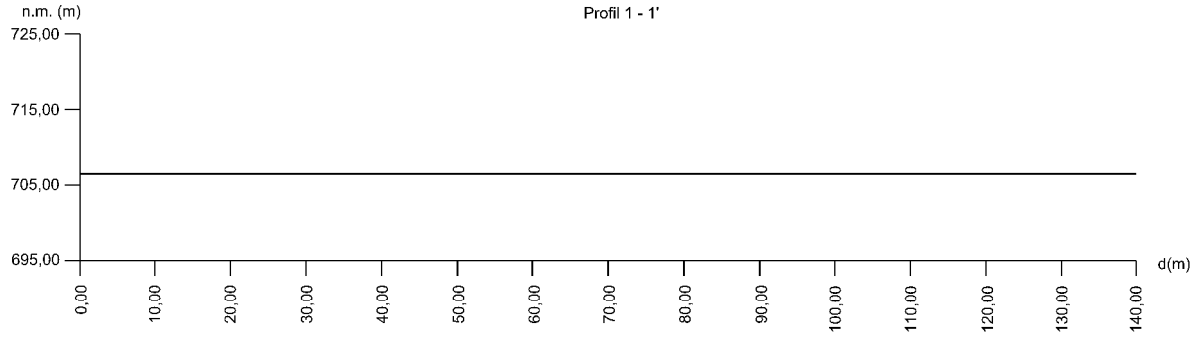
M 1 : 2 000

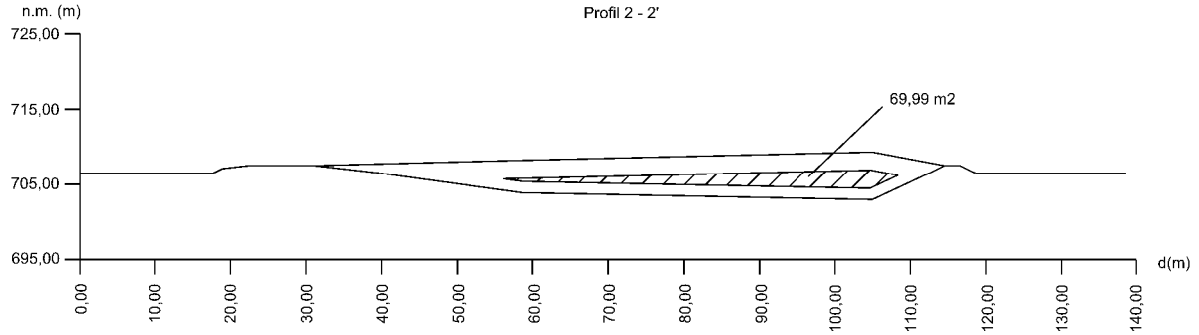


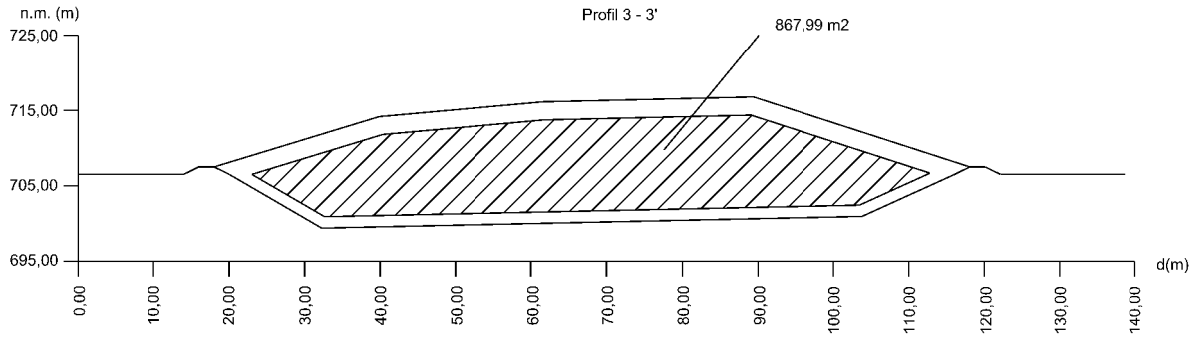
[Academic use only]

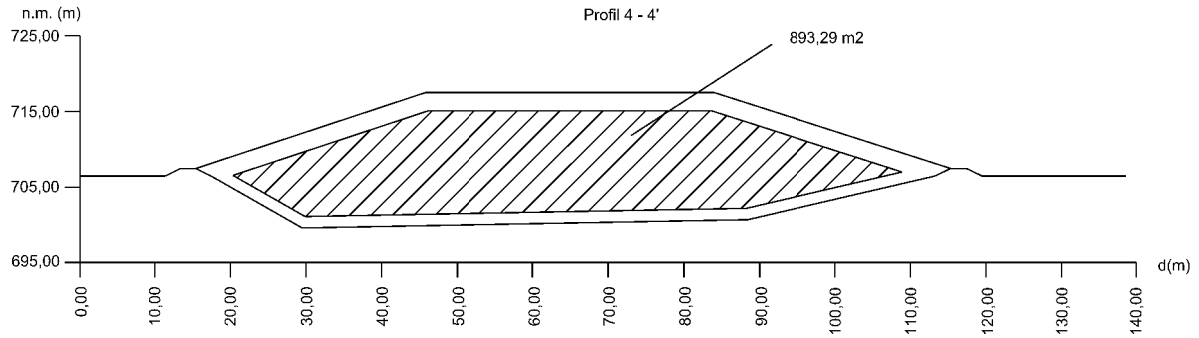
PRILOG 3-1: Profili za računanje kapaciteta odlagališta (1-4)

M 1 : 1 000





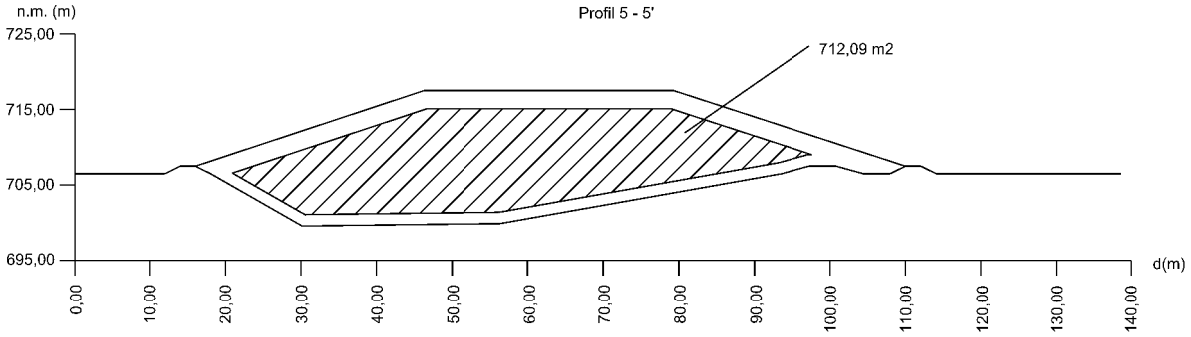


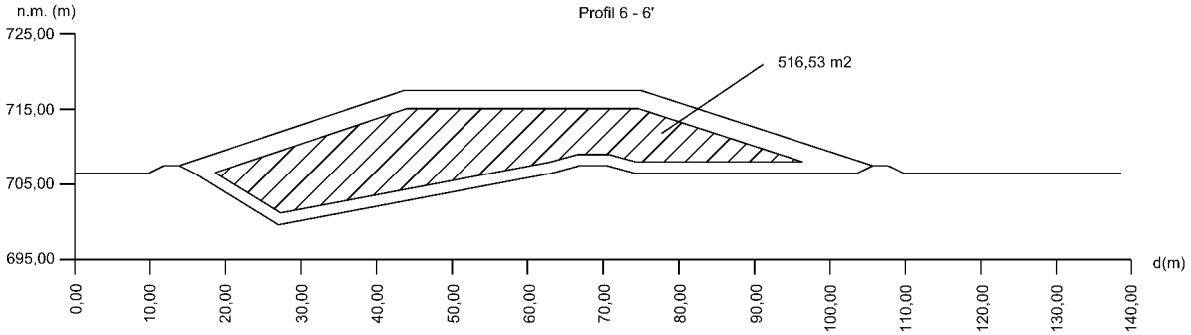


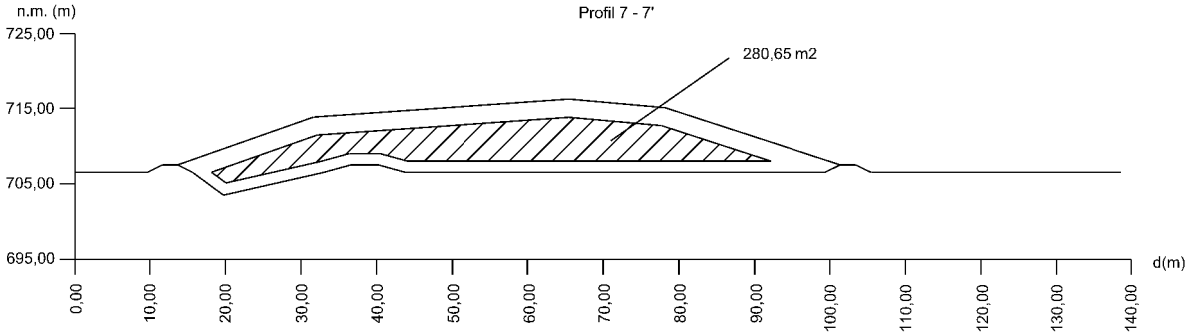
[Academic use only]

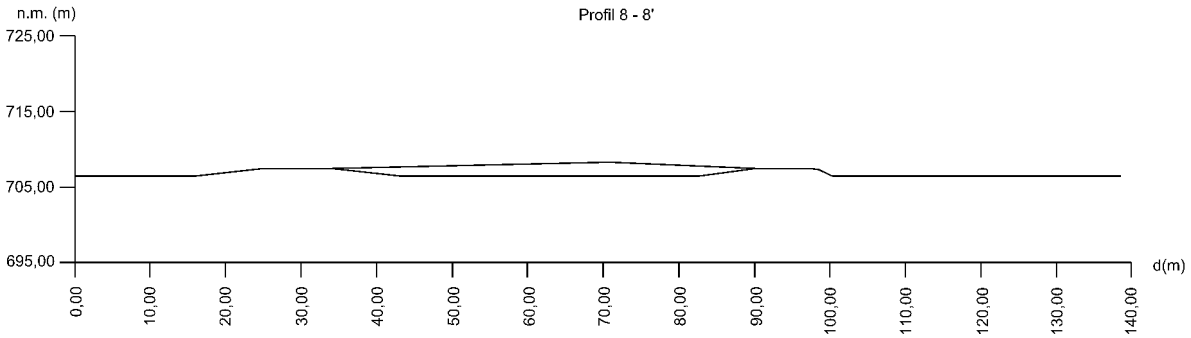
PRILOG 3-2: Profili za računanje kapaciteta odlagališta (5-8)

M 1 : 1 000









[Academic use only]