

Sanacija odlagališta otpada Beljavina

Možanić, Patrick

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:599214>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-21**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





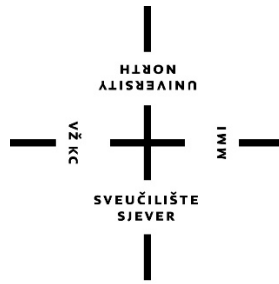
Sveučilište Sjever

Završni rad br. 205/GR/2014

Sanacija odlagališta otpada „Beljavina“

Patrick Možanić, 4329/601

Varaždin, listopad 2015. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za graditeljstvo

Završni rad br. 205/GR/2014

Sanacija odlagališta otpada „Beljavina“

Student

Patrick Možanić, 4329/601

Mentor

dr. sc. Lovorka Gotal Dmitrović, pred.

Varaždin, listopad 2015. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Patrick Možanić	MATIČNI BROJ	4329/601
DATUM	15.10.2014.		
KOLEGIJ	Gospodarenje otpadom		
NASLOV RADA	Sanacija odlagališta otpada Beljavina		
MENTOR	mr. sc. Lovorka Gotal Dmitrović	ZVANJE	predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. izv. prof. dr. sc. Božo Soldo		
	2. mr. sc. Lovorka Gotal Dmitrović, predavač		
	3. Nikola Hrnčić, predavač		

Zadatak završnog rada

BROJ 205/GR/2014

OPIS

U završnom radu prikazati procjenu potrebnog odlagališnog prostora prema predviđenim količinama otpada. Opisati pripremu i ispitivanje terena (istražni radovi, strukturni iskopi) te izradu ekološke zaštite (vodonepropusne podloge, zaštite površinskih voda, skupljanje procjednih voda, skupljanje odlagališnih plinova) za sanaciju postojećeg stanja te pripremu novih dijelova za odlaganje na radnu površinu.

Opisati ugradnju drenažnog sustava, uređenje posteljice, zdenaca za otplinjavanje i obodnih kanala. Također objasniti tehnologije rada uključujući način rasprostiranja, sabijanja i prekrivanja otpada (dnevno) te završno prekrivanje i zatvaranje odlagališta. Naglasak kod svakog dijela sanacije odlagališta staviti na potrebne mjere zaštite okoliša i prirode te monitoring.

ZADATAK URUČEN

04.11.2014.



POTPIS MENTORA

Patrick Možanić



**IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, PATRICK MOŽANIĆ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom SANACIJA ODLAGALIŠTA OTPADA „BEJAVIKA“ (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

PATRICK MOŽANIĆ *Patrick*
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, PATRICK MOŽANIĆ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom SANACIJA ODLAGALIŠTA OTPADA „BEJAVIKA“ (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

PATRICK MOŽANIĆ *Patrick*
(vlastoručni potpis)

Zahvala

Zahvaljujem se svojoj mentorici, dr.sc. Lovorki Gotal Dmitrović, pred., na nesebičnoj pomoći i posvećenom vremenu tokom pisanja ovog rada. Svojim korisnim sugestijama i stručnim mišljenjima uvelike je olakšala te pomogla nastanak ovog završnog rada.

Želim se zahvaliti i tvrtki Eko-monitoring d.o.o. iz Varaždina, koja mi je pružila potrebne materijale za izradu ovog rada, kao i neizmjereno iskustvo koje sam stekao tokom rada u istoj.

Također, zadnje, ali jednako veliko hvala mojim roditeljima i cijeloj obitelji, koji su mi omogućili studiranje, te svojom podrškom i razumjevanjem kada mi je bilo najpotrebnije, učinili da ga pamtim kao jedno prekrasno iskustvo.

Sažetak

Odlaganje otpada, iako najstarija tehnologija postupanja s otpadom, u modernoj civilizaciji također predstavlja neizbježan segment svakog sustava gospodarenja otpadom. Odlagalište komunalnog otpada je u suštini građevinski (geotehnički) objekt, a njegova realizacija danas zahtjeva interdisciplinarni pristup.

U radu je sažeto objašnjen princip rada i zatvaranja sanitarnog odlagališta komunalnog otpada, pri čemu je nešto više pažnje posvećeno aspektu zaštite okoliša. Prikazana je procjena potrebnog odlagališnog prostora, ukratko je obuhvaćena priprema i ispitivanje terena te sanacija postojećeg stanja i priprema novih dijelova odlagališta za prihvata otpada. Sažeto je prikazan tehnološki proces odlaganja otpada, kao vrlo bitan segment ispravnog rada sanitarnog odlagališta.

Razvojem geotehničkog inženjerstva te pojavom novih, prvenstveno geosintetskih materijala, uvelike je unaprijeđen postupak odlaganja otpada, uz istodobno povećanje sigurnosti odlagališta otpada. Detaljno su opisane karakteristike i postupci izvođenja brtvenih slojeva kao najvažnijih ekoloških barijera između odloženog otpada i okoliša. Sastavne dijelove tih slojeva čine i drenažni sustavi te sustavi za otplinjavanje, čiji je cilj kontrola i svođenje na minimum utjecaja sanitarnog odlagališta na okoliš.

Zatvaranjem odlagališta njegova aktivnost ne prestaje, stoga je s ciljem kontrole i svođenja na minimum negativnog utjecaja odlagališta na okoliš, obavezna uspostava programa redovitog praćenja stanja odlagališta i nakon njegovog konačnog zatvaranja.

Ključne riječi: odlagalište, otpad, geosintetici, odlaganje

Sadržaj

1. UVOD	1
2. PREGLED POSTOJEĆEG STANJA I PROCJENA ZAVRŠNOG STANJA ODLAGALIŠTA	3
2.1. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE UŽEG PODRUČJA LOKACIJE ODLAGALIŠTA.....	4
2.2. PROCJENA UKUPNOG KAPACITETA ODLAGALIŠTA NAKON PROVEDENE SANACIJE.....	5
3. OPIS TEHNOLOŠKOG PROCESA ODLAGANJA OTPADA NA ODLAGALIŠTU „BELJAVINA“	8
3.1. SANACIJA POSTOJEĆEG OTPADA I PRIPREMA ZA ODLAGANJE NOVOG OTPADA.....	9
3.2. ODLAGANJE OTPADA	10
3.3. DNEVNO PREKRIVANJE OTPADA	11
3.4. ZAVRŠNO PREKRIVANJE I ZATVARANJE ODLAGALIŠTA.....	12
4. TEMELJNI BRTVENI SUSTAV ODLAGALIŠTA „BELJAVINA“	14
4.1. GEOSINTETIČKI MATERIJALI U BRTVENIM SLOJEVIMA	15
4.2. PRIMJERI TEMELJNIH BRTVENIH SUSTAVA	17
4.3. TEHNIČKI UVJETI IZGRADNJE I KVALITETE TEMELJNOG BRTVENOG SUSTAVA	18
4.3.1. UREĐENJE TEMELJNOG TLA	18
4.3.2. GEOSINTETSKI GLINENI BRTVENI SLOJ.....	19
5. SUSTAV UPRAVLJANJA PROCJEDNIM VODAMA	20
6. ZAVRŠNI PREKRIVNI SLOJ I UPRAVLJANJE OBORINSKIM VODAMA	23
6.1. TIJEK RADOVA NA PREKRIVANJU ODLAGALIŠTA.....	26
6.2. TEHNIČKI UVJETI IZGRADNJE I KVALITETE ZAVRŠNOG PREKRIVNOG SUSTAVA	28
6.2.1. GLINENI BRTVENI SLOJ.....	29
6.2.2. PRIRODNI MATERIJALI DRENAŽNOG SLOJA.....	29
6.2.3. ZAŠTITA POKOSA HUMUSNIM MATERIJALOM I TRAVNATOM VEGETACIJOM.....	30
6.2.4. OZELENJIVANJE POVRŠINE ODLAGALIŠTA.....	30
6.3. UPRAVLJANJE OBORINSKIM VODAMA	32
7. SUSTAV OTPLINJAVANJA ODLAGALIŠTA	34

8. MONITORING STANJA OKOLIŠA	36
8.1. MONITORING STANJA VODE	36
8.2. MONITORING KAKVOĆE ZRAKA.....	36
8.3. MONITORING STANJA ODLAGALIŠTA	37
9. ZAKLJUČAK	38
10. LITERATURA	40
PRILOZI	41

POPIS SLIKA

- Slika 2.1.** Odlagalište komunalnog otpada „Beljavina“ (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)
- Slika 2.2.** Reciklažno dvorište na odlagalištu komunalnog otpada „Beljavina“ (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)
- Slika 3.3.1.** Prikaz dnevnog prekrivnog sloja (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)
- Slika 4.1.1.** Molekularna struktura polimera (Izvor: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Syndiotactic_polypropene.png, downloaded:07.07.2015.))
- Slika 4.1.2.** Geomembrana (Izvor: http://www.oczkawodne.co/files/oase_epdm.jpg downloaded:07.07.2015.)
- Slika 4.1.3.** Geotekstil (Izvor: <http://www.geotekstilkece.net/img/geotekstilkece.jpg>, downloaded:07.07.2015.)
- Slika 4.2.1.** Neke varijante temeljnog brtvenog sustava (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)
- Slika 5.1.** Shematski prikaz profilirane površine temeljnog brtvenog sustava (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)
- Slika 5.2.** Primjer sakupljanja procjedne vode (Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013..)
- Slika 6.1.** Pokrovni brtveni sustav (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)
- Slika 6.1.1.** Tijek radova na pokrivanju odlagališta (Izvor: <http://www.gt-trade.hr/aplik/images/aplik21.jpg>, downloaded: 10.08.2015.)
- Slika 6.1.2.** Postavljanje geotekstila(Izvor: <http://www.buic-bas.hr/materijali/7/geotekstili/>)
- Slika 6.1.3.** Postavljanje drenažnog sloja od šljunka(Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)
- Slika 6.1.4.** Polaganje gline (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)

Slika 6.1.5. Kompaktiranje gline (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)

Slika 6.2.4.1. Sadnja drveća na površini zatvorenog odlagališta (Izvor: Kvasnička P., Veinović Ž., 2007)

Slika 6.2.4.2. Primjer konačno ozelenjenog zatvorenog odlagališta (Izvor: <http://www.kronikevg.com/wp-content/uploads/2015/04/odlagaliste-otpada-mraclin-reciklazno-dvoriste-2.jpg>, downloaded: 10.08.2015.)

Slika 7.1. Shematski prikaz sonde za otplinjavanje odlagališta (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)

POPIS TABLICA

Tablica 2.2.1. Broj stanovnika u naseljima iz kojih se vrši odvoz komunalnog otpada (izvor: Jardas, B. 2013.)

Tablica 2.2.2. Procjena količine komunalnog otpada (Izvor; Jardas, B. 2013.)

Tablica 2.2.3. Procjena ukupnog kapaciteta za odlaganje komunalnog otpada

1. UVOD

Gospodarenje otpadom postalo je jedno od najvažnijih područja komunalnih djelatnosti. Među prioritetnim područjima koje Republika Hrvatska mora urediti radi usklađenja sa zakonskom Regulativom EU, je gospodarenje otpadom, kao važna kategorija u postizanju jednakosti gospodarskih subjekata. Županije i Općine/Gradovi moraju organizirati cjeloviti sustav gospodarenja otpadom sa što manje štetnih utjecaja na zdravlje i okoliš te prestati odlagati neobrađeni otpad.

Sanacija postojećih – nesaniranih odlagališta u Republici Hrvatskoj, nameće se kao obvezatna i žurna zadaća kojoj treba pristupiti s velikom ozbiljnošću, imajući na umu da smo svi podjednako odgovorni za nastanak komunalnog otpada te da ćemo u bliskoj budućnosti svi biti podjednako ugroženi. Do 2013. g. je sanirano oko 109 odlagališta, na što je utrošeno više od 1 627 350 000 HRK, a preostalo je više od 300 još nesaniranih (prema podacima Stanje u gospodarenju otpadom, AZO, 2013.). Prema prijedlogu Zakona o održivom gospodarenju otpadom planira se smanjiti odlaganje na odlagališta i to s 1 710 000 t/2013.g. na 800 000 t/2017.g. (prema podacima AZO, 2013.).

Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske (NN 130/05), u poglavlju 4.3. Sanacija odlagališta i „crnih točaka“ navodi se slijedeće:

„Sanacija odlagališta otpada treba se provoditi u skladu sa zahtjevima i direktivama EU-a. Stvarni troškovi i metode sanacije kao i moguće koristi utvrđuju se za svaku lokaciju na temelju propisane dokumentacije i procedure. Prioriteti i tehnologije sanacije usklađuju se i umrežuju sa cjelovitim sustavom gospodarenja otpadom čije okvire i smjernice utvrđuje ova Strategija, a etapnost realizacije planovi gospodarenja otpadom.“

Sanacija odlagališta sastavni je dio unapređivanja sustava gospodarenja otpadom u okviru kojega se:

- uspostavljaju kontrolirana i uređena odlagališta kao dio mreže postrojenja i građevina nužnih za funkcioniranje sustava gospodarenja otpadom,
- postupno zatvaraju druga odlagališta, uz prethodno saniranje njihova utjecaja na okoliš, ljudsko zdravlje i krajobraz,
- saniraju lokacije onečišćene otpadom („divlja“ odlagališta).

Za učinkovitost programa sanacije potrebno je provesti sljedeće aktivnosti:

- nastaviti započete interventne mjere i zahvate,
- sagraditi centre za gospodarenje otpadom,
- cjelovito sanirati službena i nenadzirana odlagališta,

- međusobno povezivati i usuglašavati aktivnosti iz prethodne tri točke,
- izraditi smjernice za gospodarenje s komunalnim otpadom i smjernice za odlaganje,
- izraditi smjernice za tipizirana rješenja za projekte sanacije i legalizacije zatečenih odlagališta uvažavajući geografske posebnosti i kriterije direktiva EU-a,
- izraditi smjernice za odabir lokacija, uključujući i prijedlog prostornih cjelina za centre za gospodarenje otpadom.

Problemi gospodarenja otpadom u Hrvatskoj vrlo su izraženi, a donedavno sporo rješavanje problematike svih vrsta otpada dovelo je do kritične situacije u najvećem broju jedinica lokalne samouprave. Stoga je i rješavanje problema gospodarenja otpadom, posebno komunalnim i opasnim, apsolutni prioritet. Neodgovarajuće gospodarenje otpadom ugrožava sastavnice okoliša, ljudsko zdravlje, ima nepovoljno djelovanje na krajobraz i aktivnosti u prostoru.

Sukladno zakonskim propisima i Strategiji gospodarenja otpadom Republike Hrvatske, Komunalac Vrbovec d.o.o. namjerava sanirati, a u trenutku otvaranja Regionalnog centra za gospodarenje otpadom Zagrebačke županije zatvoriti odlagalište otpada „Beljavina“. Odlagalište će biti zatvoreno te će zadnja etapa zatvaranja započeti najkasnije 2025.g.

2. PREGLED POSTOJEĆEG STANJA I PROCJENA ZAVRŠNOG STANJA ODLAGALIŠTA

Odlagalište je smještena južno od naselja Vrbovec, tj. južno od naselja Donji Vrbovec, istočno od naselja Novo Selo i jugozapadno od naselja Brčevac. Do samog ulaza na odlagalište vodi asfaltirana cesta. Udaljenost do središta grada Vrbovca je oko 3 km, a udaljenost do najbližeg naselja Novo Selo je oko 550 m. Na udaljenosti oko 50 m nalazi se korito potoka Luka.

Lokacija zahvata nalazi se na katastarskoj čestici (k.č.) 1484/1 katastarke općine (k.o.) Brčevac (k.č. 2475/1, k.o. Poljana) i iznosi 88,372,0 m².

Parcela na kojoj se nalazi odlagalište se prema odredbama PPU Grada Vrbovca svrstava u građevinsko područje, i to s pristupom na javnu prometnicu. Od infrastrukture na parceli se nalazi priključak na gradski vodovod, kanalizaciju, plin i električnu mrežu.

Odlagalište otpada „Beljavina“ ne udovoljava u potpunosti propisanim tehničko-tehnološkim uvjetima zaštite okoliša za nastavak odlaganja komunalnog otpada budući da nisu izvedeni obodni kanali za odvodnju procjednih voda, bazeni za sakupljanje procjednih voda, nije izvedeno otplinjavanje, nije izvedena cesta oko odlagališta prema projektu, piezometri nisu u funkciji, te nije u potpunosti izvedena hidrantska mreža.

Odlagalište „Beljavina“ je ograđeno, s propisno istaknutom tablom s podacima o pravnoj osobi koja gospodari odlagalištem. Na ulazu u odlagalište izvedena je kolna vaga. Izgrađeno je reciklažno dvorište s 4 nenatkrivena odjeljka na asfaltiranoj podlozi za zaprimanje posebnih kategorija otpada koji se izdvojeno skupljaju i posebno zbrinjavaju putem ovlaštenih zbrinjavatelja (otpadni karton i papir, staklo, plastični i metalni otpad). Pokraj kolne vage izgrađena je poslovno - upravna zgrada i garaža za radne strojeve.



Slika 2.1. Odlagalište komunalnog otpada „Beljavina“ (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)



Slika 2.2. Reciklažno dvorište na odlagalištu komunalnog otpada „Beljavina“ (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)

Na odlagalište otpada „Beljavina“ otpad se počeo odlagati 1980. g. i od tada se kontinuirano odlaže do danas. Uglavnom se radi o komunalnom otpadu, no kako se dovezeni otpad ne kontrolira, postoji mogućnost da je na odlagalištu odložena i manja količina posebnog otpada. Odloženi otpad se ravna buldožerom.

Prema geodetskim snimkama terena te podacima dobivenim o godišnjim količinama odloženog otpada, pretpostavlja se da količina do sada odloženog otpada iznosi oko 120.000 m³, te da je površina koju zauzima postojeći otpad oko 2 ha. Područje na kojem se odlagao otpad potrebno je sanirati, a buduće odlaganje otpada mora biti provedeno na način propisan Zakonom o održivom gospodarenju otpadom (N.N 94/13) i Dodatakom I iz općih uvjeta za sve kategorije odlagališta; te prema Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (N.N. 117/07, 111/11, 17/13, 62/13).

Novi otpad će se odlagati na uređene plohe s prirodnim glinenim, nepropusnim brtvenim slojem, a nakon odlaganja novog otpada cijelo odlagalište će biti prekriveno slabo propusnim glinenim pokrovom. Prekrivanjem otpada minimizirati će se nepovoljni utjecaji odlagališta na zrak, tlo i podzemne vode.

Preostali volumen odlagališta za prihvat novog otpada iznosi oko 355 000 m³.

Tijelo odlagališta će nakon sanacije, gledano u tlocrtu, biti oblikovano u nepravilnom L obliku. Maksimalna duljina tijela odlagališta će u smjeru sjever-jug iznositi oko 265 m, a u smjeru istok-zapad oko 210 m. Maksimalna širina odlagališta iznositi će oko 160 m. Nakon završetka odlaganja površina na kojoj će biti odložen otpad iznositi će oko 4,6 ha.

2.1. Hidrogeološke karakteristike užeg područja lokacije odlagališta

Odlagalište otpada nalazi se na području koje je s obzirom na hidrogeološke karakteristike svrstano u "nepropusne naslage". One se sastoje od humusa i glinovitog praha sivosmeđe boje, koji je pomješan s organskom tvari, a debeo je 10-ak cm. Slijedi sloj, odnosno interval žućkastosivog glinovitog praha debljine 20-ak cm. Idući prema dubini nailazi se na interval debljine oko 70 cm, predstavljen prašinastim šarenim glinama. Dalje slijedi sloj, odnosno interval debljine oko 40 cm, predstavljen sivom do šarenom srednjeplastičnom glinom. On prelazi u sloj sive plastične gline, debeo 50 centimetara, pa sloj, odnosno interval, jako plastične šarene gline debeo oko 60 cm, i interval limonitnih konkcija debeo 5-10 cm. Konkcije su u promjeru do 1,5 cm. Konačno dolazi interval šarene srednjeplastične gline.

Ove naslage mogu se smatrati praktično nepropusnim i ne sadrže podzemnu vodu koja bi bila podložna gravitacijskom tečenju. Koeficijent vodopropusnosti, ovisno o dubini, kreće od $1,24 \times 10^{-10}$ do $8,67 \times 10^{-10}$ m/sec.

Odlagalište otpada „Beljavina“ se nalazi na području koje je s obzirom na hidrogeološke značajke svrstano u nepropusne naslage. Na osnovi izvršenih ispitivanja utvrđeno je da je tlo slijedećeg sastava:

- površinski humusni sloj debljine 0,3 m
- prašinasta glina srednje plastičnosti, koeficijenta propusnosti cca 1×10^{-7} cm/s

S obzirom na glinovito tlo slabe propusnosti, ove naslage se mogu smatrati praktički nepropusnim, dok su vodonosni slojevi dublji od 15,0 m ispod površine terena, stoga nema opasnosti od ugroženosti odlagališta visokim podzemnim vodama.

Uočene su neznatnije količine podzemne vode vezane na proslojak limonitnih konkrecija debljine do 10-cm, na dubini 2,50 do 2,60 m. Infiltracija oborinskih voda u podzemlje je zanemariva, na što ukazuje značajna moćvarnost cijelog područja.

Naslage koje izgrađuju gornja 3 m terena prema jedinstvenoj klasifikaciji za sitnozrno tlo klasificiraju se kao "anorganska glina srednjegplasticiteta, srednje stišljiva" (CI), odnosno "anorganska, pjeskovita do prašinasta glina malog plasticiteta" (CL). Sadrži 78,03-83,01 % čestica veličine praha, 5,43-10,53 % čestica veličine sitnozmog pijeska i 11,44% i 13,84% čestica veličine gline.

2.2. Procjena ukupnog kapaciteta odlagališta nakon provedene sanacije

Proračun količina miješanog komunalnog otpada bazira se na podacima dobivenima od odgovornih osoba iz Komunalca Vrbovec d.o.o. Tako je u 2012. g. na lokaciji „Beljavina“ odloženo 4.785,12 t komunalnog otpada. Za izračun količina komunalnog otpada za razdoblje od 2012. – 2025. godine pretpostavlja se slijedeće:

- specifična količina komunalnog otpada prema podacima o prikupljenom komunalnom otpadu i broju stanovnika iznosi 0,453 kg/st/d. Pretpostavlja se stopa rasta specifične količine komunalnog otpada neće rasti (zbog potrebe izdavajanja korisnih komponenti iz otpada – papir, platika, staklo, biootpad).
- obuhvatnost stanovništva organiziranim skupljanjem i odvozom 99%
- predviđeno je povećanje stanovništva do 2025. g. po prosječnoj godišnjoj stopi od 0,23%.

Ulazni podaci za procjenu količina otpada su slijedeći:

- Količina komunalnog otpada 2012. g.: 4.785,12 t
- Obuhvaćeni broj stanovnika u 2012. g.: 29.322 stanovnika (više od 95%) (Tablica 2.2.1.)

Tablica 2.2.1. Broj stanovnika u naseljima iz kojih se vrši odvoz komunalnog otpada (izvor: Jardas, B. 2013.)

Naziv općine/grada iz kojih se odvozi otpad	Ukupan broj stanovnika u naselju
VRBOVEC	14.802 (popis iz 2011.)
DUBRAVA	5.478
GRADEC	3.920
PRESEKA	1.670
RAKOVEC	1.350
FARKAŠEVAC	2.102
Ukupno:	29.322

Procjenjena količine miješanog komunalnog otpada za razdoblje od 2012. do 2025. g., po godinama odlaganja otpada, dana je u tablici 2.2.2.

Tablica 2.2.2. Procjena količine komunalnog otpada (Izvor; Jardas, B. 2013.)

Godina	Broj stanovnika	Količina otpada	Kumulativna količina
2012	29.322	4.785,12	4.785,12
2013	29.996	4.959,76	9.744,88
2014	30.686	5.073,83	14.818,71
2015	31.392	5.190,53	20.009,23
2016	32.114	5.309,91	25.319,14
2017	32.853	5.432,04	30.751,18
2018	33.608	5.556,98	36.308,16
2019	34.381	5.684,79	41.992,94
2020	35.172	5.815,54	47.808,48
2021	35.981	5.949,29	53.757,77
2022	36.809	6.086,13	59.843,90

2023	37.655	6.226,11	66.070,01
2024	38.521	6.369,31	72.439,31
2025	39.407	6.515,80	78.955,12

Tablica 2.2.3. Procjena ukupnog kapaciteta za odlaganje komunalnog otpada

Godina	Odložena količina otpada (t)	Kumulativna količina (t)	Volumen otpada (m ³)
2012	4.785,12	102.000,00	120.000
2013	4.959,76	106.959,76	129.920
2014	5.073,83	112.033,59	140.067
2015	5.190,53	117.224,11	150.448
2016	5.309,91	122.534,02	161.068
2017	5.432,04	127.966,06	171.932
2018	5.556,98	133.523,04	183.046
2019	5.684,79	139.207,82	194.416
2020	5.815,54	145.023,36	206.047
2021	5.949,29	150.972,65	217.945
2022	6.086,13	157.058,78	230.118
2023	6.226,11	163.284,89	242.570
2024	6.369,31	169.654,19	255.308
2025	6.515,80	176.170,00	268.340

Proračunati potrebni volumen odlagališta u stvarnosti će biti manji zbog razgradnje biorazgradivog dijela otpada i činjenice da će pod nasipnom težinom odloženog otpada doći će do slijeganja tijela odlagališta i smanjenja volumena odlagališta.

U proračun kapaciteta odlagališta nije uključen prekrivni materijal. Ukupni volumen otpada koji će biti odložen na odlagalištu do 2025. g. iznosi oko 268.500 m³.

3. OPIS TEHNOLOŠKOG PROCESA ODLAGANJA OTPADA NA ODLAGALIŠTU „BELJAVINA“

Koncepcija sanacije odlagališta komunalnog otpada „Beljavina“ zasniva se na sanaciji postojećeg odlagališta i osiguranju kapaciteta (prostora) odlagališta za buduće odlaganje otpada („in – situ“ sanacija). Postojeće stanje prilazano je na Prilogu 1.

Osnovne operacije podjeljene su u 6 faza, a one su:

- saniranje postojećeg (odloženog) otpada
- pripremanje terena i izrada uređenih ploha za odlaganje novog otpada (na prirodnom, brtvenom, slabo propusnom glinenom sloj se radi sustav za sakupljanje procjednih voda)
- istresanje otpada na radnu površinu, njegovo rasprostiranje u slojeve i sabijanje
- dnevno prekrivanje otpada inertnim materijalom
- gradnja sustava za odvodnju oborinskih voda
- gradnja sustava za otplinjavanje
- gradnja sustava za sakupljanje i obradu odlagališnog plina
- završno zatvaranje odlagališta i ozelenjavanje prostora
- nadzor (monitoring)

Faze radova predviđene planom sanacije, kao i glavnim građevinskim projektom, su:

0. FAZA (Prilog 2, Prilog 3): Formiranje starog otpada u oblik krnje piramide visine 8.85 m i nagiba 1:3. Prekrivanje starog otpada privremenim pokrovnim brtvenim sustavom. Po rubu dna starog otpada izvest će se drenaža koja će sakupljati procjedne vode i odvoditi ih u bazene.

1. FAZA (Prilog 3, Prilog 4): Uređenje dna plohe 1 i odlaganje otpada do visine 115 m n.m., odnosno 8.0 m visine. Između starog otpada i plohe 1 radi se međunasip, te se tako sprječava mješanje oborinske vode s procjednom vodom novog otpada. S obzirom na predviđenu količinu otpada, ova faza završava 2017. g.

2. FAZA (Prilog 4): Popunjavanje otpadom prostora između prekrivenog starog otpada i odloženog novog otpada u fazi 1, do visine 115 m n.m., odnosno 5 m od površine terena. Rade se propusti u izvedenom međunasipu u 1. fazi, kako bi procjedna voda koja se stvara u ovoj fazi bila odvedena već izvedenim drenažnim sustavom faze 1.

Na vrhu starog otpada radi se novi međunasip, pa se oborinske vode neće miješati s procjednom vodom novog otpada odloženog u 1. i 2. fazi. S obzirom na predviđenu količinu otpada ova faza će biti završena u 2018. godini.

3. FAZA (Prilog 5): Odlaganje otpada na površini iznad starog prekrivenog otpada i otpada odloženog u fazama 1 i 2, visina odlaganja otpada od 4.20 m do 6.56 m od odloženog otpada, odnosno do visine 121.55 m n.m. iznad odloženog otpada u fazama 1 i 2, te visine 123.54 m n.m. iznad starog odloženog otpada. Iznad privremenog pokrovnog brtvenog sustava kojim se prekriva stari otpad izradit će se drenažni sustav kojim će se prikupljati procjedna voda iz otpada odloženog u ovoj fazi i odvoditi u bazene za sakupljanje procjedne vode. S obzirom na predviđenu količinu otpada, ova faza će trajati do kraja 2023. g.

4 - 6. FAZA (Prilog 5): U ovim fazama urediti će se dno plohe 2 i popuniti ova ploha novim otpadom; a kada se otpadom popuni ploha 2 slijedi uređenje dna plohe 3 i popunjavanje plohe 3 novim otpadom; te isto tako i uređenje i popunjavanje plohe 4.

3.1. Sanacija postojećeg otpada i priprema za odlaganje novog otpada

S obzirom da je dno na kojem se nalazi već odložen otpad vrlo niske propusnosti, to tlo nije potrebno dodatno poboljšavati. Prema geotehničkim istražnim radovima, lokacija odlagališta „Beljavina“ se nalazi na glinovitom tlu koje ima koeficijent propusnosti od oko 10^{-7} cm/s, a dubina tog sloja iznosi najmanje 12 m od površine terena.

- **Postojeći otpad treba djelomično premjestiti i formirati u novi oblik, kako bi s otpadom koji će se odlagati u budućnosti oformio jedinstvenu cjelinu.**
- **Po rubovima dna starog (postojećeg) otpada treba izvesti drenažu koja će sakupljati procjedne vode i odvoditi ih u bazene za sakupljanje i recirkulaciju procjednih voda.**
- **Postojeći otpad treba prekriti privremenim pokrovnim brtvenim sustavom, kako bi se dobio vodonepropusni sloj i na prihvatljiv minimum svelo prodiranje oborinskih voda u stari otpad.**
- **Treba provesti otplinjavanje starog otpada izvedbom zdenaca za otplinjavanje i sloja za otplinjavanje od šljunka. Sloj šljunka ujedno ima i funkciju drenaže.**
- **Po rubovima plohe za odlaganje starog otpada treba izvesti nasipe kako je prikazano Prilogom 3.**

Istodobno sa sanacijom postojećeg stanja, pristupa se uređenju terena za odlaganje novog otpada.

- **Površine na kojima će se odlagati novi otpad treba očistiti od niskog i visokog raslinja.**
- **Nakon toga se pristupa iskopu ploha i izgradnji nasipa i kanala oko ploha, prema opisanim fazama.**
- **Nakon pripremanja površine temeljnog brtvenog sustava, postavlja se sustav za sakupljanje i odvodnju procjednih voda.**
- **Po površini odlagališta potrebno je predvidjeti mjesta za zdence za otplinjavanje kako bi se odmah započelo s gradnjom vertikalnih zdenaca.**

Ukopavanje ploha se vrši bagerom i buldozerom do dubine od najviše 2,0 m od površine terena.

3.2. Odlaganje otpada

Otpad se doprema na odlagalište vozilima za prijevoz otpada. Na ulazu u odlagalište otpad se zajedno s vozilom važe, te se nakon toga asfaltiranom prometnicom doprema do radnog polja gdje se vrši istovar. Tehnologija odlaganja otpada na odlagalištu „Beljavina“ se sastoji od slijedećih osnovnih operacija:

- saniranje postojećeg (odloženog) otpada
- pripremanje terena i izrada uređenih ploha za odlaganje novog otpada (na temeljnom brtvenom sustavu sa drenažnim slojem za skupljanje procjednih voda)
- istresanje otpada na radnu površinu, njegovo rasprostiranje u slojeve i sabijanje
- dnevno prekrivanje otpada inertnim materijalom
- gradnja sustava za odvodnju oborinskih voda
- gradnja sustava za otplinjavanje
- završno zatvaranje odlagališta i ozelenjavanje prostora
- nadzor (monitoring)

Otpad se doprema na odlagalište vozilima za prijevoz otpada (smečar, autopodizač ili sl.). Na ulazu u odlagalište otpad se zajedno s vozilom važe, te se nakon toga asfaltiranom cestom i/ili privremenom gradilišnom prometnicom doprema do radnog polja gdje se istovaruje.

Otpad se odlaže u etažama od cca. 2,5 m visine, nakon čega se prekriva inertnim materijalom.

Predviđeno je odlaganje otpada u 6 etaža visine po 2,5 m otpada. Po ispunjavanju prve etaže, koja je ukopana u tlo (dubina ukopavanja iznosi najviše 2,0 m), ispunjava se slijedeća koja naliježe na prethodnu i tako sve do završne šeste etaže.

Nakon popunjavanja odlagališta do predviđene visine (cca. 15,0 m iznad postojeće kote terena), otpad se prekriva završnim prekrivnim sustavom, te se ozelenjava.

3.3. Dnevno prekrivanje otpada

Dnevno prekrivanje je od jako velike važnosti, jer ne sprječava samo prodor oborinske vode u tijelo odlagališta, već smanjuje intenzitet neugodnih mirisa, poboljšava mogućnost pristupa, poboljšava izgled, smanjuje raznošenje komada otpada vjetrom, smanjuje mogućnost prijenosa zaraznih bolesti (ptice, kukci, štakori), smanjuje mogućnost izbijanja vatre. Pored dnevnog pokrovnog sloja u tijelo odlagališta možemo ugraditi i tzv. prijelazni pokrovni sloj koji prekriva onaj dio odlagališta koji neko duže vrijeme neće biti nadograđen slojevima otpada ili prekriven konačnim pokrovnim zaštitnim sustavom slojeva.

Sa mjesta istresanja otpada iz vozila, buldožerom i/ili kompaktorom se otpaci rasprostiru u slojevima preko radnog polja. Slojevi ne bi smjeli biti debljine veće od 50 cm, kako bi se postiglo bolje sabijanje.

Dnevno prekrivanje otpada je neophodno. Ono se na kraju radnog dana obavlja glinom ili nekim drugim inertnim materijalom, kao što je građevinski otpad. Glina za dnevno prekrivanje se dobije sa mjesta iskopa novih ploha. **Debljina inertnog materijala za dnevno prekrivanje iznosi min. 10 cm.**

Kao dnevni prekrivni sloj mogu se koristiti i LDPE folija koja se može biti višekratno upotrijebljena, a jednostavnija je za postavljanje.



Slika 3.3.1. Prikaz dnevnog prekrivnog sloja (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)

3.4. Završno prekrivanje i zatvaranje odlagališta

Kako bi se spriječio prodor oborina u tijelo odlagališta i smanjilo nastajanje procjednih voda, na otpad se postavlja pokrovni brtveni sustav. Ovisno o dijelu odlagališta koje se pokriva, postavlja se privremeni odnosno trajni pokrovni brtveni sustav. Privremeni pokrovni brtveni sustav se postavlja na dijelovima odlagališta na kojima će se kasnije nastaviti s odlaganjem otpada.

Slojevi privremenog pokrovnog brtvenog sustava su (odozgo prema dolje):

- sloj zemlje (25 cm)
- HDPE folija (1 mm)
- geomreža
- troslojni geosintetički sustav za prikupljanje odlagališnog plina
- izravnavajući sloj zemlje (25 cm)

Izravnavajući sloj zemlje se postavlja u debljini od 25 cm, od homogenog je materijala kao što su glinovito-prašinski materijali ili građevinski otpadni materijali koji se nakon izravnavanja nabijaju.

Masa geokompozita u troslojnom geosintetičkom sustavu za prikupljanje odlagališnog plina je min 660 g/m²; i debljina je min 6 mm. Vlačna čvrstoća geokompozita je min 18/19 kN/m.

Vlačna čvrstoća geomreže koja se postavlja iznad HDPE folije je min 100 kN/m a masa je min 450 g/m². Na navedenu geomrežu se postavlja obostrano glatka HDPE folija.

Na dijelu odlagališta gdje se ne planira daljnje odlaganje otpada u slijedećim fazama otpad se zatvara trajnim pokrovnim brtvenim sustavom koji se sastoji od (odozgo prema dolje):

- zatravljena površina
- rekultivirajući sloj zemlje (1,01 m)
- geomreža
- dvoslojni geosintetički sustav za odvodnjavanje oborinskih voda (geodren)
- bentonitni tepih
- troslojni geosintetički sustav za prikupljanje odlagališnog plina
- izravnavajući sloj zemlje (25 cm)

Izravnavajući sloj zemlje se postavlja u debljini od 25 cm, od homogenog je materijala kao što su glinovito-prašinski materijali ili građevinski otpadni materijali koji se nakon izravnavanja nabijaju.

Rekultivirajući sloj zemlje debljine je 1 m i sastoji se od zemljanog materijala debljine 80 cm i sloja humusa u debljini od 20 cm. Ovaj sloj obogaćen je gnojivima i pripremljen je za sijanje trave i niskog raslinja.

Ukupno je, uz fazu saniranja već odloženog otpada, predviđeno nekoliko faza za odlaganje novog otpada. Plan sanacije započinje sa nultom fazom a to je saniranje postojećeg stanja, i istovremeno s tom fazom započinju radovi na 1. fazi odlaganja novog otpada.

Odlaganjem otpada po fazama radovi se odvijaju samo na dijelu odlagališta, i samo dio buduće površine odlagališta se puni otpadom. Kada otpad određene faze dostigne projektiranu visinu, prelazi se na slijedeću fazu. Otpad završene faze se prekriva, te se tako smanjuju količine procjednih voda koje se stvaraju na tom dijelu odlagališta, a površina tog dijela odlagališta se ozeleni.

4. TEMELJNI BRTVENI SUSTAV ODLAGALIŠTA „BELJAVINA“

Najvažniji element sigurnosti odlagališta predstavlja brtveni sustav. Brtveni sustavi su dijelovi odlagališta kojima se sprečava:

- prodiranje oborinskih i drugih voda u tijelo odlagališta
- emisija odlagališnog plina u atmosferu
- širenje odlagališnog filtrata (eluata) iz odlagališta u tlo i podzemnu vodu

Osim brtvenih slojeva, važni dijelovi svakog uređenog odlagališta su i drenažni sustav za odvodnju procjedne tekućine te sustav za otplinjavanje.

Brtvljenje odlagališta predstavlja stvaranje nepropusne prepreke između odloženog materijala i okoliša. Sustav brtvljenja nužno je prilagoditi stvarnim uvjetima i potrebama neposredne lokacije, odnosno, vrsti odloženog otpada.

Bez obzira na sam naziv “brtveni”, takvi sustavi se ne sastoje samo od nepropusnih slojeva, već sadrže i propusne. Propusni slojevi rasterećuju nepropusne slojeve (smanjuju hidrauličke gradijente), u temeljnom brtvenom sustavu, tako što omogućuju sakupljanje i odvodnju eluata izvan tijela odlagališta.

Propusni slojevi omogućuju odvodnju procjedne vode od padalina u prekrivnom brtvenom sustavu, i efikasno sakupljanje i odvođenje odlagališnog plina iz odlagališta. Pri izgradnji brtvenih sustava najčešće se koristi kombinacija prirodnih i umjetnih materijala (zemljani materijali + geosintetici). Bitno je da korišteni materijali tj. njihova svojstva prije svega zadovoljavaju u pogledu zahtjevanih tehničkih karakteristika.

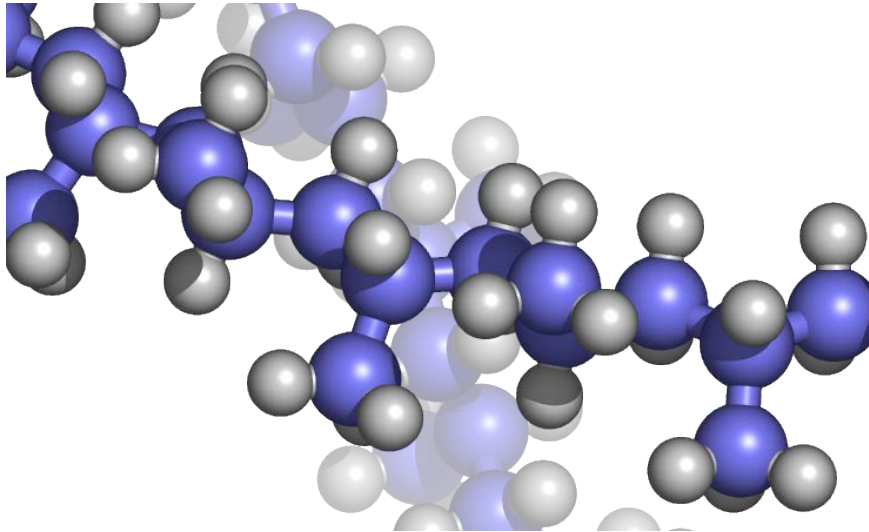
Kod temeljnog brtvenog sustava postoji niz varijanti u pogledu sastava i izvedbe, a u praksi se kao najpovoljnija pokazala kombinacija prirodnih i umjetnih materijala za izgradnju nepropusnih brtvenih slojeva.

4.1. Geosintetički materijali u brtvenim slojevima

Osnovne sirovine za proizvodnju geosintetika su raznovrsni polimerni materijali. Polimeri se sastoje od molekula velike molekularne mase, makromolekula, sastavljenih od mnogobrojnih malih jedinica istog oblika (monomera) povezanih kovalentnim vezama (slika 4.1.1.). Povezivanje monomera u makromolekule vrši se procesom polimerizacije, a na taj način dobivena sirovina ima oblik praha ili zrnaca.

Glavne vrste polimernih materijala od kojih se proizvode geosintetici su:

- poliamid (PA)
- poliester (PES)
- polietilen (PE)
- polipropilen (PP)

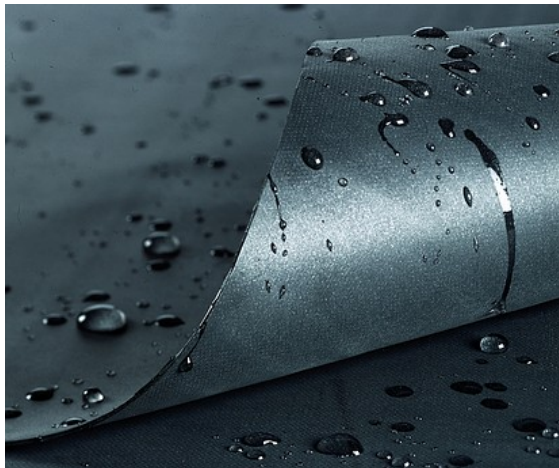


Slika 4.1.1. Molekularna struktura polimera (Izvor:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Syndiotactic_polypropene.png,
downloaded:07.07.2015.)

Geosintetici koji se najčešće koriste u izgradnji temeljnih i pokrovnih brtvenih slojeva su geomembrane, različiti tipovi geotekstila te po potrebi geomreže i geokompoziti.

Geomembrane su savitljive i nepropusne folije koje predstavljaju barijere protjecanju fluida (slika 4.1.2.). U slučaju pokrovnog brtvljenja one zaustavljaju procjeđivanje vode do tijela odlagališta te isparavanje plinova iz odlagališta u okoliš. Za brtvljenje najčešće se upotrebljavaju polietilenske geomembrane visoke gustoće (PEHD gustoće 940 – 960 kg/m³) debljine između 1,5 i 3,0 mm. Za geomembrane u pokrovnom brtvenom sustavu vrlo je važna njihova otpornost na mehaničke utjecaje korijenja vegetacije završnog pokrovnog sloja.



Slika 4.1.2. Geomembrana (Izvor: http://www.oczkawodne.co/files/oase_epdm.jpg
downloaded:07.07.2015.)

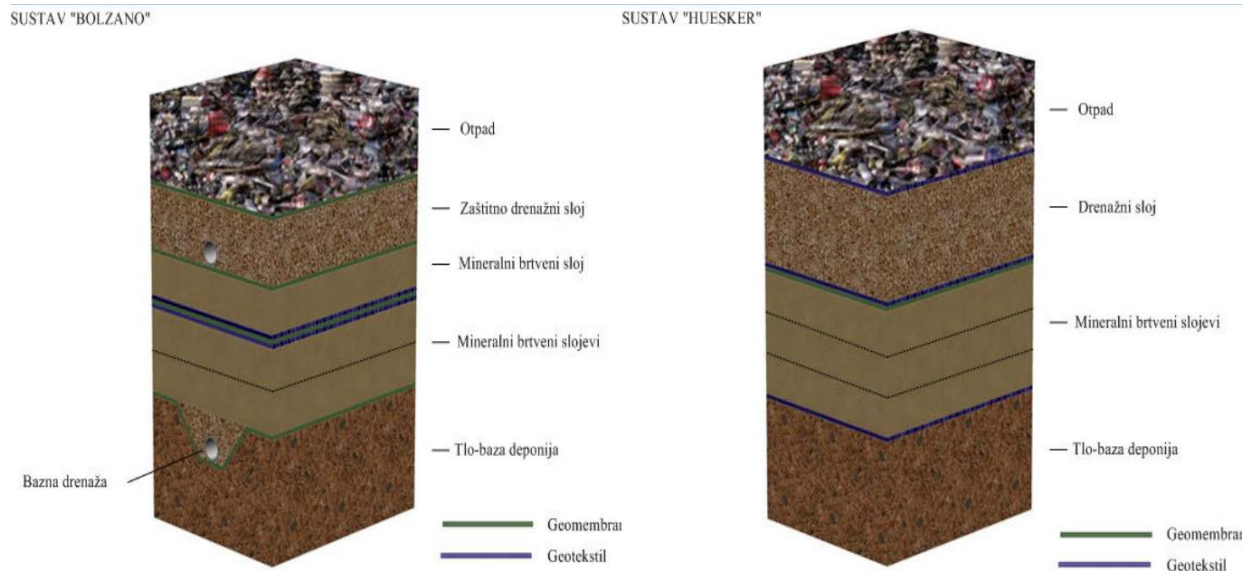
Geotekstil je definiran kao propusni materijal proizveden od sintetičkih vlakana koji ima više funkcija u odlagalištu otpada: razdvajanje slojeva, ojačanje ili filtriranje. U funkciji dreniranja ne dolazi kao samostalni element, već se pojavljuje kao filtarska zaštita mineralnog drenažnog sloja. Često se geotekstil koristi i kao zaštita geomembrane kako bi se spriječilo njeno mehaničko oštećenje. Prema načinu proizvodnje može biti tkani ili netkani (slika 4.1.3.).



Slika 4.1.3. Geotekstil (Izvor: <http://www.geotekstilkece.net/img/geotekstilkece.jpg>, *downloaded:07.07.2015.*)

4.2. Primjeri temeljnih brtvenih sustava

Kako bi mogli udovoljiti svim navedenim zahtjevima, brtveni sustavi se sastoje od niza slojeva različitih funkcija, odnosno, od slojeva sastavljenih od bitno različitih materijala, ali koji zajedno funkcioniraju kao jedinstveni i funkcionalni sustav (slika 4.2.1.).



Slika 4.2.1. Neke varijante temeljnog brtvenog sustava (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)

Glavne funkcije pojedinih slojeva su:

- geomembrana - onemogućuje propuštanje eluata i odlagališnog plina
- zaštitni sloj - pjeskoviti ili šljunkoviti materijal koji rasprostire koncentrirane sile koje mogu nastati utjecajem oštrobridnog zrnatog materijala drenažnog sloja
- drenažni sloj - lomljeni kamen ili šljunak, prikuplja eluat iz tijela odlagališta i otprema ga u sustav drenažnih cijevi te spriječava zadržavanje eluata u brtvenom sustavu
- filtarski sloj - krupnozrnati i sitnozrnati materijali, sprečava zamuljivanje drenažnog sloja
- slojevi geotekstila - štite geomembranu od oštećenja, razdvajaju slojeve različitog sastava i namjene te osiguravaju filtarsku stabilnost drenažnih slojeva

U slučaju odlagališta otpada „Beljavina“, nakon izvršenog uređenja temeljnog tla pristupa se izradi temeljnog brtvenog sustava koji se sastoji od slijedećih slojeva (odozgo prema dolje)(Prilog 6, Prilog 8):

- **geomreža**
- **drenažni sloj**

- zaštitni sloj
- HDPE folija
- bentonitni tepih
- uređeno temeljno tlo

Uređeno temeljno tlo mora biti izravnavano i zbijeno, a gornja površina sloja mora biti glatka i ravna. Ukoliko glina s lokacije ne zadovoljava ili nema dovoljno potrebne količine, potrebno je izvršiti zamjenu ovog sloja materijalom odgovarajućih karakteristika.

Slijedeći sloj je sloj bentonitnog tepiha maksimalnog koeficijenta vodonepropusnosti od 10^{-9} m/s, čvrstoće na zatezanje: 8,5 kN/m i mase po jedinici površine cijelog proizvoda min 3.300 g/m^2 .

Na navedeni bentonitni tepih postavlja se HDPE folija - obostrano glatka, nazivne debljine min 2 mm i gustoće min 0.940 g/cm^3 , vlačne čvrstoće na granici popuštanja: min 15 N/mm i izduženja kod granice popuštanja min 9%.

Iznad geomembrane postavlja se zaštitni sloj (geotekstil ili drugi zaštitni materijal) čija masa po jedinici površine iznosi min 1200 g/m^2 i debljina pri 2 kPa je min 4,5 mm. Otpornost na CBR proboj je min 1500 N, a vlačna čvrstoća poprečno je min 12 kN/m.

Na zaštitni sloj postavlja se drenažni sloj u debljini od 50,0 cm. Drenažni sloj se izvodi od kamene frakcije 8-32 dobivene drobljenjem i separiranjem viška materijala iz iskopa.

Iznad drenažnog sloja postavlja se geomreža čvrstoće na zatezanje CMD min 100 kN/m.

4.3. Tehnički uvjeti izgradnje i kvalitete temeljnog brtvenog sustava

4.3.1. Uređenje temeljnog tla

Pojam uređenja temeljnog tla podrazumijeva osposobljavanje sraslog tla da bez štetnih posljedica preuzme opterećenje građevina i svih njihovih elemenata. Dubina do koje se uređuje temeljno tlo je 30 cm, ovisno o vrsti tla. U određenim slučajevima koji ovise o osobitostima tla, ta debljina može biti i veća. Tu spada i uređenje ulegnuća, depresija i jama nastalih vađenjem panjeva i korijenja. Uređenje temeljnog tla odnosi se na:

- tlo ispod odlagališnog obodnog nasipa;
- tlo ispod temeljnog brtvenog sustava novih ploha

Kod koherentnih tala temeljno se tlo uređuje tek pošto je uklonjen sav humus prema projektu. Tlo s kojeg je skinut humus treba prije svega dovesti u stanje vlažnosti koje omogućuje

optimalni utrošak energije zbijanja. To se postiže vlaženjem ili rahljenjem i sušenjem tla. Tek kada materijal postigne optimalnu vlažnost pristupa se zbijanju.

Za vrijeme građenja mora biti osigurana odvodnja temeljnog tla. Prije zbijanja površinu tla treba izravnati. Zbijanje temeljnog tla obavlja se prema odabranoj tehnologiji, odgovarajućim sredstvima za zbijanje, ovisno o vrsti tla.

4.3.2. Geosintetski glineni brtveni sloj

Geosintetski glineni brtveni sloj, ili jednostavnije, bentonitni tepih, je geokompozitni materijal sastavljen od bentonitnog praha koji je smješten između dva sloja geotekstila. Bentonitni prah sadrži više od 70% montmorilonitne gline, što mu daje osnovnu karakteristiku - bubrenje u vlažnoj sredini. Predstavlja ekvivalentnu zamjenu za klasične glinene brtvene sustave. Primjenom ovih umjetnih materijala u ekološkim radovima osigurava se funkcionalnost brtvenog sloja u geotehničkim, ali i ekološkim i hidrotehničkim konstrukcijama te se doprinosi uštedi u korištenju prirodnih brtvenih slojeva.

5. SUSTAV UPRAVLJANJA PROCJEDNIM VODAMA

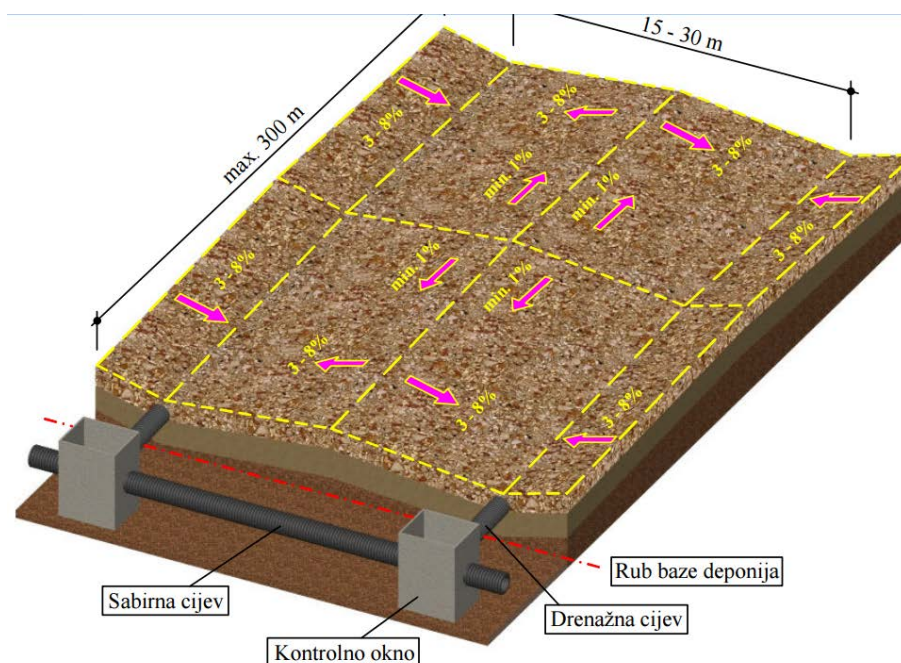
Sustav za upravljanje procjednim vodama sastoji se od tri glavne komponente:

- sustav za sakupljanje procjedne vode unutar radne plohe
- sustav za odvodnju procjedne vode kojim se ona odvodi iz radne plohe do bazena za sakupljanje te vode
- bazeni u kojima se sakuplja procjedna voda i recirkulira na tijelo odlagališta, ili se odvodi na uređaj za pročišćavanje

Primijenjen je gravitacijski sustav (slika 5.1.). Sama površina temeljnog brtvenog sustava izvodi se profilirana tj. u odgovarajućim poprečnim i uzdužnim nagibima, čime je omogućeno gravitacijsko tečenje eluata kroz sustav drenažnih cijevi prema rubovima odlagališta.

Drenažne cijevi se pritom polažu po najnižim pravcima isprofilirane površine, a procjedne vode sakupljene u drenažne cijevi otječu gravitacijski iz radnih ploha van tijela odlagališta - do šahtova koji se nalaze uz vanjsku nožicu obodnog nasipa (Prilog 6). U tim šahtovima je osiguran pristup radi inspekcije i održavanja.

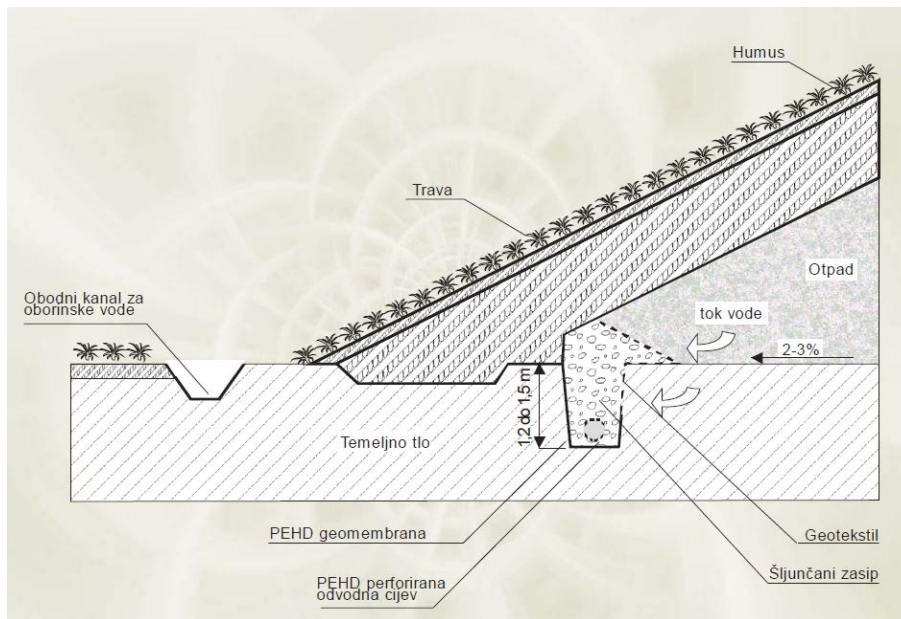
Procjedne vode protječu dalje gravitacijski od šahtova do bazena za sakupljanje procjedne vode. Dio sakupljene procjedne vode će se recirkulirati natrag u tijelo odlagališta, pomoću kanala za recirkulaciju, koji će biti izvedeni ispod prekrivnog sloja starog i novog otpada. Višak vode odvoziti će se na kanalizacijski sustav grada Vrbovca.



Slika 5.1. Shematski prikaz profilirane površine temeljnog brtvenog sustava (Izvor: Gotal
Dmitrović, L. i sur., 2013.)

Moguće je utjecati na smanjenje količina procjednih voda i to kroz nekoliko načina:

- držati prekrivenima sve dijelove odlagališta na kojima se trenutno ne odlaže otpad
- za dnevno odlaganje koristiti što manje površine i prekrivati ih nakon završetka rada
- provoditi kontroliranu recirkulaciju voda u tijelo zatvorenog dijela odlagališta radi održavanja bioloških procesa.



Slika 5.2. Primjer sakupljanja procjedne vode (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)

Procjedne vode, koje se formiraju prolaskom kroz tijelo odlagališta, u kontaktu sa otpadom, onečište se različitim organskim i anorganskim tvarima, te kao takve mogu znatno onečistiti sve recipijente do kojih dopiru. Kako bi se, dakle, spriječilo onečišćavanje podzemnih i površinskih voda, procjedne vode iz odlagališta prikupljati će se u dva zatvorena betonska spremnika.

Predviđa se izgradnja spremnika (bazena) na zapadnom dijelu odlagališta, južno od ulaznog platoa, te jednog spremnika na istočnoj strani odlagališta (SPREMNIK 1, Prilog 6).

Uz spremnike će se izvesti crpne stanice u koje će se smjestiti crpno postrojenje za recirkulaciju procjednih voda natrag na odlagalište, i to količina koje su nužne u procesu razgradnje i stabilizacije otpada.

Sustav za sakupljanje procjedne vode iz tijela odlagališta sakuplja i odvodi procjedne vode u periodu aktivnog funkcioniranja odlagališta i nakon njegovog zatvaranja. On se smješta direktno iznad zaštitnog geotekstila koji štiti glineni brtveni sustav (slika 5.2.).

Nagibi dna ploha trebaju se projektirati sa padovima prema perforiranim drenažnim cijevima, koje se postavljaju u najnižim dijelovima ploha, kako bi sakupile svu procjednu vodu. Drenažne cijevi se polažu s uzdužnim padom i one odvođe vodu iz tijela odlagališta u šahtove, koji su postavljeni s vanjske strane nožice obodnog nasipa.

Sustav za sakupljanje procjedne vode sadrži:

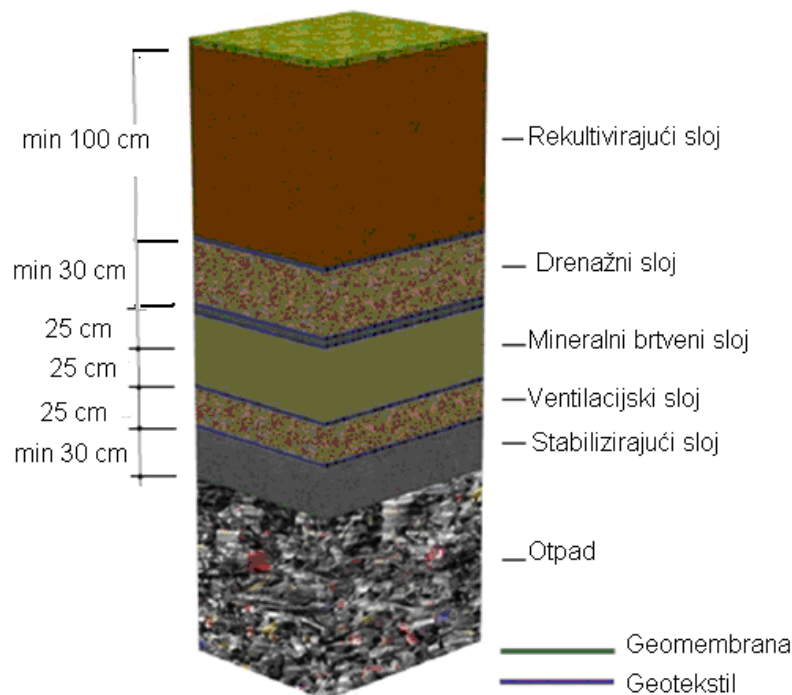
- **granulirani drenažni sloj debljine 0,3 m, min. $k = 1 \times 10^{-1}$ cm/s**
- **drenažne cijevi za sakupljanje procjedne vode, smještene su uzduž središnjeg dijela dna svake plohe, napravljene su od polietilena visoke gustoće (HDPE) s promjerom od 200 mm**
- **pune cijevi koje prolaze ispod obodnog nasipa, napravljene su od polietilena visoke gustoće (HDPE) s promjerom od 200 mm**
- **tipski šahtovi promjera 1,50 m, s dvostrukim stijenkama, izrađeni su od polietilena visoke gustoće te su međusobno spojeni HDPE cijevima, cijevi su promjera 200 mm**

6. ZAVRŠNI PREKRIVNI SLOJ I UPRAVLJANJE OBORINSKIM VODAMA

Završni pokrov je trajni zaštitni sloj koji se stavlja preko ispunjenih dijelova odlagališta kada oni dostignu konačnu visinu. Završni pokrov ima 3 glavne funkcije:

- da se spriječi direktan kontakt sa otpadom;
- da se ograniči dugoročna infiltracija oborina u tijelo odlagališta i na taj način se minimalizira nastajanje procjednih voda
- da se može kontrolirati stvaranje odlagališnog plina koji sadrži metan, i njegova emisija u atmosferu.

Izgradnjom završnog pokrovnog brtvenog sustava omogućuje se, dakle, stvaranje nepropusne prepreke između odloženog materijala i okoliša, pri čemu su geosintetici neizostavni dio brtvljenja. Na slici 6.1. prikazan je presjek tipičnog pokrovnog brtvenog sustava, a funkcija njegovih sastavnih slojeva opisana je u nastavku.



Slika 6.1. Pokrovni brtveni sustav (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)

Uloga sastavnih slojeva:

- tijelo odlagališta - prenosi opterećenje pokrovnih slojeva uz minimalna diferencijalna slijeganja, potrebna je odgovarajuća tehnologija odlaganja otpada i eventualno dinamičko zbijanje materijala.
- stabilizirajući sloj (pjeskoviti ili šljunkoviti materijal) - rasprostire koncentrirana opterećenja prilikom zbijanja tijela odlagališta, sprječava miješanje materijala pokrovnog brtvljenja i materijala tijela odlagališta, olakšava migracije odlagališnog plina.
- ventilacijski sloj (lomljeni kamen ili šljunak) - prihvaća plinove koji nastaju razgradnjom otpada, odvodi plinove u sustav za otplinjavanje, osigurava filtarsku stabilnost mineralnih brtvenih slojeva.
- mineralni brtveni slojevi (glina) - sprječavaju procjeđivanje oborinske vode u tijelo odlagališta, sprječavaju nekontroliranu emisiju odlagališnog plina u atmosferu, smanjuju utjecaj slijeganja na naprezanja u geomembrani.
- geomembrana - sprječava procjeđivanje oborinske vode u tijelo odlagališta, sprječava nekontroliranu emisiju odlagališnog plina u atmosferu.
- drenažni sloj (lomljeni kamen ili šljunak) - odvodi procjednu oborinsku i svaku drugu vodu, smanjuje hidrostatički tlak na brtvene slojeve, povećava stabilnost pokosa na područjima gdje je odlagalište u nagibu.
- rekultivirajući sloj (krupnozrnati i sitnozrnati materijali) - štiti mineralne brtvene slojeve od smrzavice, štiti geomembranu od oštećenja korištenjem vegetacije, zadržava vodu za potrebe vegetacije.
- slojevi geotekstila - štite geomembranu od oštećenja, razdvajaju slojeve različitog sastava i namjene, osiguravaju filtarsku stabilnost drenažnih slojeva.

Opći izgled i konfiguracija završnog pokrova prikazani su u Prilogu 7. Svaka od komponenti treba se ugraditi sukladno tehničkim specifikacijama, nacrtima i programu kontrole kvalitete. Nagib završnog pokrova na svim mjestima prati nagib odloženog otpada.

Pokosi su projektirani u nagibu 1:3. Kada se dostigne visina od 122.8 m n.m, nagib pokrovnog sustava se smanjuje i ima vrijednost od 5 %. Maksimalna projektirana visina odlagališta iznosi cca. 125,0 m n.m.

Materijali pokrova na vrhu odlagališta i na bočnim stranicama, od najgornjeg dijela pokrova prema dolje, su slijedeći:

- **zatravljen površina**
- **rekultivirajući sloj zemlje (1,01 m)**

- geomreža
- dvoslojni geosintetički sustav za odvodnjavanje oborinskih voda (geodren)
- bentonitni tepih
- troslojni geosintetički sustav za prikupljanje odlagališnog plina
- izravnavajući sloj zemlje (25 cm)

Konfiguracija ploha je odabrana tako da se optimalno iskoristi raspoloživi prostor na odlagalištu, a istovremeno da se napravi stabilna konstrukcija koja se može lagano izgraditi i održavati. To uključuje projektiranje pokosa završnog pokrova s nagibom od 3,0 horizontalno naprema 1,0 vertikalno (3H:1V).

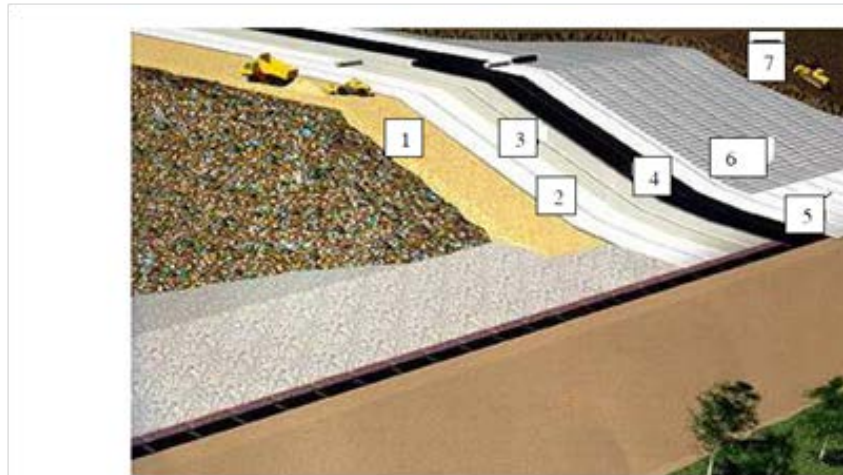
Površina završnog pokrova treba biti zasadena vegetacijom koja služi kao dugoročna zaštita protiv erozije. Izravnavajući sloj zemlje se postavlja u debljini od 25 cm, od homogenog je materijala kao što su glinovito-prašinski materijali ili građevinski otpadni materijali koji se nakon izravnavanja nabijaju.

Masa geokompozita u troslojnom geosintetičkom sustavu za prikupljanje odlagališnog plina je min 660 g/m^2 i debljine je min 6 mm. Vlačna čvrstoća geokompozita MD/CMD je min 18/19 kN/m. Sloj bentonitnog tepiha ima koeficijent vodonepropusnosti max 10^{-9} m/s , mase po jedinici površine cijelog proizvoda minimalno 3.300 g/m^2 i maksimalne uzdužne/poprečne čvrstoće na zatezanje 8,5 kN/m. Masa geokompozita koji je dvoslojni geosintetički sustav za odvodnjavanje oborinskih voda (geodren) je min 640 g/m^2 a debljina min 8 mm.

Vlačna čvrstoća geomreže koja se postavlja iznad dvoslojnog geosintetičkog sustava za odvodnjavanje oborinskih voda je min 100 kN/m a masa je min 450 g/m^2 .

6.1. Tijek radova na prekrivanju odlagališta

Tijek radova na pokrivanju odlagališta shematski je prikazan na slici 6.1.1.



1 - sloj za poravnanje ili stabilizirajući sloj; 2 - drenaža; 3 - glineni brtveni sloj (postavljanje prirodne gline ili geosintetičkog glinenog materijala); 4 - geomembrana; 5 - drenaža; 6 - geomreža; 7 - gornji sloj zemlje

Slika 6.1.1. Tijek radova na pokrivanju odlagališta (Izvor: <http://www.gt-trade.hr/aplik/images/aplik21.jpg>, downloaded: 10.08.2015.)

U nastavku je opisan tijek radova prema brojevima kako su prikazani na slici 6.1.1:

(1) Radovi započinju postavljanjem stabilizirajućeg sloja od pjeskovitog ili šljunkovitog materijala na otpad kako bi se spriječilo miješanje otpada sa materijalom pokrovnog sloja.

(2), (5) Drenažni sloj koji se postavlja može činiti šljunak, posebna vrsta geotekstila ili šljunak u kombinaciji s geotekstilom, ovisno o propisu. Kada se koristi mineralni drenažni sloj za odvodnju oborinskih voda, onda se često postavlja mehanički savijen, netkani geotekstil umjesto zaštitnog sloja od pijeska ili šljunka.

Kako bi se izbjegle značajne deformacije geomembrane u procesu postavljanja i kako bi se osigurala dugotrajna zaštita, preporučljivo je koristiti netkani geotekstil koji ima gustoću mase veću od 800 g/m^2 . U sustavu pokrivanja odlagališta, sustav za odvodnjavanje (drenažu) geotekstilom može efikasno prenijeti i usmjeriti oborinske vode ka kolektoru ili točki za odvodnjavanje.

Ispravan sustav za odvodnjavanje smanjuje na minimum stajaće vode na elementu za brtvljenje čime se povećava efikasnost sloja i povećava stabilnost sustava za pokrivanje odlagališta. Sustav za odvodnjavanje sa geotekstilom sastoji se od 3 posebna sloja izrađena od slijedećih dijelova:

- filterski netkani geotekstil – štiti drenažni sloj od blokiranja (zagušivanja vodom),
- sloj za drenažu (odvodnjavanje) prenosi vodu do kolektora (npr. šljunak),
- netkani sloj za filtriranje i zaštitu – služi kao sloj za filtriranje ili kao odvajački sloj prema mineralnim dijelovima ili kao zaštita geomembrane.

Spajanjem ova tri sloja u jedan osigurava se jednoliki prijenos sile smicanja unutar sustava drenaže (odvodnje). Geotekstil se može također koristiti za ventiliranje plinova i za zaštitu slojeva (osobito za zaštitu geomembrane) u sustavu pokrivanja odlagališta.



Slika 6.1.2. Postavljanje geotekstila (Izvor: <http://www.buic-bas.hr/materijali/7/geotekstili/>)



Slika 6.1.3. Postavljanje drenažnog sloja od šljunka (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)

(3) Nakon drenaže slijedi polaganje prirodne gline u minimalno dva sloja po oko 25 cm debljine ili geosintetičkog glinenog sloja. Tipični prekrivač od kompaktnog sloja prirodne gline težak je za ugradnju i skup.

Glineni brtveni sloj mora biti kompaktan, potrebno je najmanje 5 prolaska opreme za kompaktiranje svakog radnog sloja. Zadnji sloj treba glatko uvaljati s odgovarajućim glatkim čeličnim valjcima da bi se dobila glatka površina bez izbočenja i udubina.

Geosintetički glineni materijali koriste se u predjelima gdje lokalno zemljište nije prikladno za gradnju prirodnih hidrauličkih barijera. Geosintetički glineni materijal, kad je postavljen, se brzo vlaži postojećom vlagom u zemlji i na taj način predstavlja slabo propusnu barijeru.

Brza i laka ugradnja geosintetičkog pokrivača donosi uštedu (smanjujući cijenu i vrijeme ugradnje) u usporedbi sa skupom i dugotrajnom izradom kompaktnog glinenog pokrivača. Budući da su geosintetički glineni materijali kod pokrivanja odlagališta iglama izbušeni po čitavoj svojoj površini, onda su oni sposobni da prenose sile smicanja na pokosima u više smjerova. Time zadržavaju svoje sposobnosti brtvljenja pod velikim izduženjima i pod različitim uvjetima izvedbe slojeva sustava pokrivanja odlagališta.



Slika 6.1.4. Polaganje gline (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)



Slika 6.1.5. Kompaktiranje gline (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)

(4) Slijedi postavljanje folije, odnosno, geomembrane na glineni sloj. Fizički zahtjevi i kemijska otpornost geomembrana za izgradnju prekrivki odlagališta su usporedivi sa onima koji su potrebni u postavi baze odlagališta.

Geomembrane pokrovnog sustava su uspješno provjerene na otpornost prema mnogim kemijskim utjecajima iz okoline i prikladne su za izgradnju sustava za brtvljenje u oblasti pokrivanja odlagališta. Strukturirane ili teksturirane (npr.hrapave) geomembrane se koriste za povećavanje prijenosa sile smicanja između susjednih komponenti pod povoljnijim uvjetima za osiguranje dugotrajne stabilnosti. Često se na glineni sloj stavlja najprije geotekstil kao zaštita geomembrane.

(6) Na geomembranu se po potrebi postavlja geomreža koja ima funkciju ojačanja pokrovnog brtvenog sustava. Ona može podnijeti veliko opterećenje pri instalaciji ili izdržati velike sile kada je prisutno malo deformiranje mreže. Na velikim strminama ili dugim kosinama odlagališta geomreže se mogu koristiti za povećanje stabilnosti slojeva pokrovnog brtvljenja.

(7) Na kraju slijedi gornji sloj zemlje na koji se sadi trava ili drveće (vegetacijski sloj).

6.2. Tehnički uvjeti izgradnje i kvalitete završnog prekrivnog sustava

Kvaliteta gornjeg brtvenog sloja ovisi o pravilnom odabiru materijala za brtvljenje te načinu njihove ugradnje. Pravilnom i što kvalitetnijom izvedbom pokrovnog sloja na odlagalištu, stvaramo nepropusnu barijeru štetnim plinovima koji dolaze iz samog tijela odlagališta.

Na isti način, kvalitetno izveden sustav pokrivanja, sprječava procjeđivanje vode koja dolazi iz samog okoliša ili atmosfere (oborine). Voda koja dospije u tijelo odlagališta postaje zagađena i puno ju je teže ukloniti nego sa površine. Zaustavljanjem infiltracije vode s površine u tijelo odlagališta, uvelike smanjujemo rizik od zagađenja podzemnih voda.

6.2.1. Glineni brtveni sloj

Glina, odnosno glinovit materijal, najčešće se upotrebljava za izvedbu brtvenog sloja. Razlozi tome su višestruki:

- glina je prirodni materijal, vrlo slabo propusna,
- njezina su geotehnička svojstva dobro poznata i dokumentirana,
- njena su mehanička i fizikalna svojstva stalna ili predvidljivo promjenljiva u vremenu,
- rješenja s glinom često su jeftinija od drugih,
- glina dobro podnosi lokalna oštećenja (npr. diferencijalna slijeganja).

Složeni pokrovni brtveni sustavi izvode se polaganjem geomembrane (najčešće debljine 2 - 3 mm, vrlo male propusnosti) na glineni sloj, tako da se dvostrukom zaštitom osigurava nepropusnost brtvenog sustava.

6.2.2. Prirodni materijali drenažnog sloja

Drenažni slojevi su dijelovi sustava koji služe za odvodnju procjedne vode, tj. oborina koje se infiltriraju s površine odlagališta. Na taj način rasterećuju se brtveni slojevi i smanjena je mogućnost procurivanja procjedne tekućine kroz brtveni sloj u tijelo odlagališta. Osim infiltrirane vode, drenažni slojevi omogućuju efikasno skupljanje odlagališnog plina i po potrebi njegovu evakuaciju.

Debljina materijala dokazuje se pomoću visinskih provjera početne i konačne površine sloja za otplinjavanje, a prihvatljiva vertikalna tolerancija je 50 mm. Materijal se ugrađuje tako da se ne stvaraju valovi i nabori na geosintetici. Granulometrijska analiza provodi se najmanje na svakih 1000 m³.

Pri izboru materijala za završni pokrov i odabiru njihovih debljina treba voditi računa o sljedećem:

- općenito prihvaćenim inženjerskim procedurama kod projektiranja odlagališta;
- ulaznim podacima dobivenim iz istražnih radova provedenih na lokaciji odlagališta „Beljavina“;
- materijalima dostupnim u okolici gradilišta; i
- hrvatskim propisima za projektiranje pokrova za odlagališta komunalnog otpada.

Pokrovni sloj od gline je kontinuirani sloj debljine 1,0 metara koji se stavlja na vrh i na bočne strane odlagališta. Glina se kompaktira na licu mjesta, a maksimalna propusnost je 1×10^{-7} cm/s.

Prekrivni glineni sloj je ujedno i sloj za zaštitu do smrzavanja. Sloj za zaštitu od smrzavanja treba zaštititi donje slojeve od oštećenja koja bi nastala smrzavanjem, kao i od prodiranja korijenja u donje slojeve.

Za ovaj sloj se može koristiti glina s lokacije odlagališta Beljavina, samo treba paziti da nema korijenja drveća ili drugih većih komada.

Drenažni sloj čini granulirani materijala propusnosti min. $k = 1 \times 10^{-1}$ cm/s, debljine 30 cm. On služi za drenažu, odnosno odvodnju oborinske vode koja će se infiltrirati kroz gornji zaštitni glineni sloj.

Sloj za otplinjavanje ima zadatak sakupiti plin koji će se pasivno odzračivati u neposrednoj budućnosti kada neće biti dovoljno plina da bi se pustio u rad aktivni sustav za sakupljanje i obradu plina.

6.2.3. Zaštita pokosa humusnim materijalom i travnatom vegetacijom

Humusnim materijalom i travnatom vegetacijom zaštićuju se površine koje su izložene eroziji zbog malih količina površinskih voda. Nestabilni pokosi na kojima su se pojavila plitka površinska klizanja, saniraju se na odgovarajući način prije polaganja zaštite.

Zbog što boljeg prilagođavanja toka površinskih voda niz kosinu, odnosno s kosine na teren, potrebno je zaobliti gornji rub pokosa. Ispod trave stavlja se podloga od aktivnog humusnog materijala koji ne sadrži dodatke kao što su pijesak, šljunak, kamen, korijenje, granje i sl., a nanosi se u jednom sloju, ne tanjem od 10 cm.

Naneseni humus se lagano zbija lakim nabijačem, lopatom i sl., a na uređenu podlogu od humusa sije se trava koja se odabire obzirom na vrstu tla i vlažnost koja se očekuje. Nakon konačnog zatvaranja odlagališta otpada potrebno je riješiti pitanje ozelenjenja površine te njegove kasnije namijene.

6.2.4. Ozelenjivanje površine odlagališta

Vegetacija na završnom pokrovu je bitni element koji sprječava eroziju. Dobro zasađena vegetacija poboljšava i evapotranspiraciju vlage iz tla završnog pokrova. Na odlagalištu „Beljavina“ predviđeno je zatravnjivanje tijela odlagališta, a nakon sijanja trave treba voditi

računa o njenom stalnom održavanju. Konačno se predviđa sadnja drveća i grmlja, a vrste sadnica trebaju odgovarati vrstama koje nalazimo u ovom podneblju.

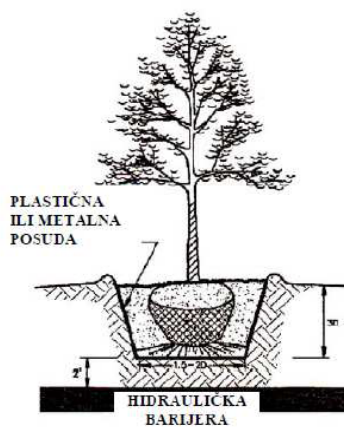
Ozelenjavanje je velik problem, jer prilikom slijeganja, npr., može doći do pucanja pokrovnih slojeva i prodiranja plina koji će, vrlo vjerojatno, loše utjecati na biljke. Za ozelenjavanje uporebljavamo travu (najčešće), nisko grmlje pa čak i drveće - kanadska topola (slika 6.2.4.1.). Sadnja drveća moguća je samo u slučajevima zaista debelog rekultivirajućeg sloja i dobro izvedenog pokrovnog sustava koji neće dopustiti korijenju da proдре u donje slojeve i ošteti ih.

Kanadska topola je najprikladnije drvo koje se sadi na završnom pokrovu odlagališta jer uspijeva na pjeskovitom i glinovitom tlu.

Biljke koje sadimo kao završni pokrov na odlagalištu treba birati pažljivo i pri tome paziti na:

- klimatske uvjete,
- okolnu floru,
- izloženost nepovoljnim uvjetima na lokaciji (vezano uz prirodu odlagališta i odloženi materijal) itd.

Na slici 6.2.4.1. prikazan je jedan od pravilnog način sadnje drveća na površinu zatvorenog odlagališta otpada:



Slika 6.2.4.1. Sadnja drveća na površini zatvorenog odlagališta (Izvor: Kvasnička P., Veinović Ž.,2007)

Rekultivirajući sloj zemlje debljine je 1,00 m i sastoji se od zemljanog materijala "C" kategorije debljine 80 cm i sloja humusa u debljini od 20 cm. Ovaj sloj obogaćen je gnojivima i pripremljen je za sisanje trave i niskog raslinja.

Za rekultivirajući sloj se može koristiti materijal s lokacije odlagališta Beljavina, samo treba paziti da nema korijenja drveća ili drugih većih komada.

Kao opcija uporabe lokacije odlagališta nakon njegova zatvaranja postavlja se i mogućnost izgradnje objekata iznad tijela odlagališta. Budući da otpad ima geomehanička svojstva znatno

drugačija od svojstava materijala tla, potrebno je provesti ispitivanja kako bi saznali iznose slijeganja nakon opterećenja površine izgrađenim objektom. Moguća je izgradnja onih građevina koje su lagane i jednostavne, te relativno neosjetljive na veće pomake i slijeganja (hale, skladišta, odnosno - igrališta, sportski tereni s pratećim objektima i sl.).



Slika 6.2.4.2. Primjer konačno ozelenjenog zatvorenog odlagališta (Izvor:

<http://www.kronikevg.com/wp-content/uploads/2015/04/odlagaliste-otpada-mraclin-reciklazno-dvoriste-2.jpg>, downloaded: 10.08.2015.)

6.3. Upravljanje oborinskim vodama

Oborinske vode s odlagališta pokrovnih brtvenih sustava, s nekorištenih ploha odlagališta te oborinske vode s ostalih slobodnih površina na kojima nema mogućnosti doticaja oborina s otpadom, prikupljaju se sustavom obodnih kanala oko cijelog odlagališta (Prilog 6, Prilog 10) i odvođe u prihvatne spremnike za čiste oborinske vode. Kasnije te vode možemo iskoristiti u protupožarne svrhe, za pranje prometnica ili se ispuštaju u prijemnik (npr. rijeke, jezera...).

Potrebno je provoditi kontrolu sastava i količine prikupljenih oborinskih voda. Obodni kanali trebaju ostati u funkciji i nakon zatvaranja odlagališta pa ih i u tom razdoblju treba čistiti i održavati. Važno je napomenuti da oborinske vode nisu otpadne vode.

Oborinska voda koja se ipak infiltrira u pokrovne slojeve, skuplja se u drenažnom sloju pokrovnog sustava i odvođa u sustav za odvodnju. Sustav za upravljanje oborinskim vodama treba izvesti tako da se oborinska voda odvođa kroz otvoreni, obodni kanal izveden oko tijela

odlagališta (smješten između obodnog nasipa i ceste) do potoka Luka, koji teče istočno od parcele, oko 50 m od tijela odlagališta.

Dužina obodnog kanala za odvodnju oborinskih voda iznosi oko 914 m. Obodni kanal treba biti trapeznog oblika, dubine 1,0 m i širine dna 0,5 te nagiba stranica 1:1,5.

7. SUSTAV OTPLINJAVANJA ODLAGALIŠTA

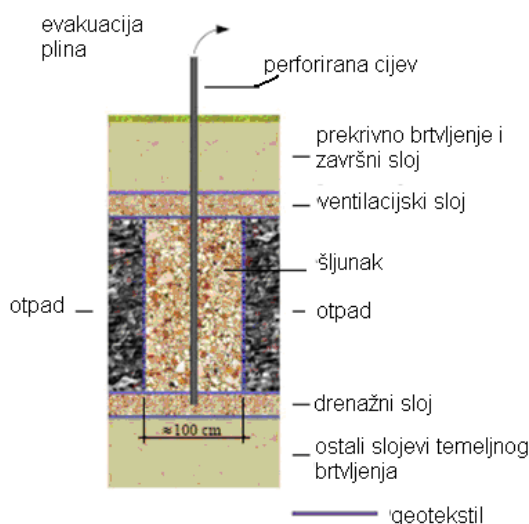
Odvodnja plinova iz tijela odlagališta povezana je sa dnevnim prekrivanjem otpada i formiranjem etaža. Etaže se međusobno odvajaju, tzv. međuetaznim slojevima koji u fazi odlaganja privremeno prekrivaju otpad, a zatim trajno djeluju kao unutarnja drenaža i provodnik odlagališnog plina. Radi osiguranja filtarske stabilnosti, potrebno je ispod i iznad unutarnjeg drenažnog sloja ugraditi geotekstil.

Količina razvijenog odlagališnog plina ovisi o sastavu odloženog otpada. Plinovi koji se stvaraju prilikom razgradnje organskih tvari na odlagalištima mogu posredno ili neposredno utjecati na okoliš.

U najvećoj količini prisutni su metan i ugljični dioksid, dok su u manjoj količini prisutni sumporovodik i dušik te drugi. Kako bi se omogućilo trajno djelovanje šljunčanog tijela sonde, potrebno ga je slojem geotekstila odvojiti od okolnog otpada. Sustav za otplinjavanje sastoji se od niza vertikalnih ili vertikalnih i horizontalnih dijelova (propusni slojevi tla, cijevi) koji zahvaćaju plin u otpadu i iznad otpada te ga kontrolirano odvede na površinu odlagališta. (Prilog 7, Prilog 9)

Za lokaciju odlagališta otpada „Beljavina“ predviđa se ugradnja ukupno 56 sondi za otplinjavanje i to:

- **28 sondi za otplinjavanje na starom dijelu odlagališta**
- **28 sondi za otplinjavanje na novom dijelu odlagališta predviđenom za novi otpad**



Slika 7.1. Shematski prikaz sonde za otplinjavanje odlagališta (Izvor: Gotal Dmitrović, L. i sur., 2013.)

Sustav za skupljanje odlagališnih plinova mora biti tehnički izveden tako da omogućuje mjerenje sastava i količine odlagališnih plinova na ispustu.

Na odlagalištu otpada I. kategorije (odlagalište komunalnog otpada) mora se mjeriti u odlagališnom plinu masena koncentracija metana (CH₄), ugljikovog (IV) oksida (CO₂), sumporovodika (H₂S), vodika (H₂) i kisika (O₂), svaka tri mjeseca.

Ako rezultati mjerenja sastava i količine onečišćujućih tvari u odlagališnom plinu na odlagalištu otpada pokazuju prekoračenje propisanih vrijednosti emisija za te tvari, odlagališni plin se prije ispuštanja u zrak mora obraditi jednim od prihvaćenih načina obrade (spaljivanje, prikupljanje i obrada itd.)

8. MONITORING STANJA OKOLIŠA

U tijeku rada i sanacije odlagališta, te 30 godina nakon zatvaranja potrebno je praćenje stanja okoliša (monitoring).

8.1. Monitoring stanja vode

- Površinske vode recipijenta moraju biti kontrolirane na 2 mjesta i to uzvodno i nizvodno od odlagališta 1 x/g.
- Pratiti fizikalno kemijske, bakteriološke i biološke karakteristike potoka Luka.
- Prije početka sanacije potrebno je utvrditi postojeće stanje.
- Prije ispusta moraju se kontrolirati oborinske vode.
- Oko odlagališta ugraditi 3 opažачke bušotine (1 „uzvodno“, a 2 „nizvodno“ od odlagališta) iz kojih se ispituje kakvoća podzemne vode, 1 x/g.,
- Pratiti dinamiku nastajanja procjedne vode 1 x/mj..
- Svaka 3 mjeseca u uzorcima procjednim vodama odlagališta pratiti sljedeće parametre: pH vrijednost, kemijska potrošnja kisika (KPK), biokemijska potrošnja kisika (BPK), ukupni organski ugljik (TOC), vodljivost, isparni ostatak, organski halogeni spojevi koji se daju ekstrahirati (AOX), arsen, olovo, kadmij, krom, bakar, nikal, cink, živa, fenoli, fluroidni amonij, cijanid i nitriti.

8.2. Monitoring kakvoće zraka

- Praćenje meteoroloških parametara
- Pratiti sljedeće meteorološke parametre: volumen i intenzitet oborina (mjesečni prosjek i dnevni maksimum u mjesecu), temperaturu (minimalno i maksimalno u 14 h za svaki dan) te smjer i jačinu prevladavajućeg vjetrova
- Podatke upisivati 1 x/d., a pribavljati ih u najbližoj meteorološkoj stanici
- Praćenje kakvoće zraka i kontrolira emisije plinova nastalih u tijeku odlagališta (CH₄, O₂, H₂S, O₂, H₂S)

8.3. Monitoring stanja odlagališta

- Geodetsko snimanje slijeganja tijela odlagališta obavljati 1 x/g.
- Poslije svakih većih oborina kontrolirati obodni kanal i stanje plohe odlagališta
- Na uočljivom mjestu na odlagalištu istaknuti plan mjera za slučaj akcidenta

9. ZAKLJUČAK

Nastanak i zbrinjavanje otpada jedan je od ključnih problema moderne civilizacije. Modernizacija i napredak društva za posljedicu ima svakodnevno povećanje kupovne moći, a samim time i povećanje količina otpada.

Problem otpada u 21. st. postao je jedan od temeljnih prioriteta u smislu zagađenja okoliša. Srećom, posljednjih nekoliko desetljeća došlo je do porasta opće svijesti o okolišu i o potrebi zaštite okoliša, a samim time i pitanja gospodarenja otpadom. Članice Europske unije još su 1994. godine prihvatile direktive o izgradnji trajnih odlagališta otpada.

Otpad koji se odlaže je vrlo aktivna mješavina različitih tvari. Procesom razgradnje organskog dijela nastaju odlagališni plinovi, a pri dodiru otpada s vodom nastaju procjedne vode. Odlagalište stoga mora imati, osim optimalno odabrane lokacije, adekvatno izvedeno brtvljenje s donje i gornje strane, riješen prihvat i pročišćavanje procjednih voda te sustav prikupljanja odlagališnih plinova s mogućnošću uporabe plinova.

Zbog sve većih tehničko – tehnoloških zahtjeva izvedbe sanitarnih odlagališta s ciljem njihovog minimalnog utjecaja na okoliš, posebnu pažnju kod projektiranja treba posvetiti izvedbi brtvenih slojeva, koji imaju primarnu ulogu ekološke barijere između odloženog otpada i okoliša. Za pravilan izbor odgovarajućih brtvenih sustava, neophodno je utvrditi mehaničke, kemijske, biološke i ostale utjecaje kojima će brtveni sustav biti izložen tokom rada odlagališta; te nakon njegovog zatvaranja.

Poseban napredak u pogledu trajne zaštite omogućuje ispravna primjena geosintetika u temeljnim i pokrovnim brtvenim sustavima. Geosintetici su materijali koji omogućuju dugotrajnu zaštitu, sprječavaju prodiranje oborinske vode u tijelo odlagališta i nekontrolirano istjecanje procjedne vode u okolno tlo te podzemne vode. Pored toga, osiguravaju stabilizaciju i filtarsku ulogu pojedinih slojeva brtvenih sustava, te sprječavaju nekontrolirane emisije štetnih odlagališnih plinova u zrak.

Koncepcija sanacije odlagališta komunalnog otpada „Beljavina“ zasniva se na sanaciji postojećeg odlagališta i osiguranju kapaciteta (prostora) odlagališta za buduće odlaganje otpada („in – situ“ sanacija). Osnovne operacije podijeljene su u faze, a sastoje se od sanacije postojećeg otpada, pripreme terena i izrade uređenih ploha za odlaganje novog otpada, istresanja otpada na radnu površinu, njegovog rasprostiranja u slojeve, sabijanje te dnevno prekrivanje otpada inertnim materijalom.

Osim navedenog, predviđena je gradnja sustava za odvodnju oborinskih voda, gradnja sustava za otplinjavanje, sakupljanje i obradu odlagališnog plina te zatvaranje odlagališta i

ozelenjavanje prostora, uz obavezne mjere nadzora (monitoringa) zatvorenog sanitarnog odlagališta.

Nakon provedene sanacije postojećeg odlagališta te izvršenog uređenja temeljnog tla, pristupa se izradi temeljnog brtvenog sustava koji se sastoji od geomreže, drenažnog sloja, zaštitnog sloja, HDPE folije i bentonitnog tepiha (GCL sloja) položenog na uređeno temeljno tlo.

Sustav za upravljanje procjednim vodama je gravitacijskog tipa, a glavne komponente predstavlja sustav za sakupljanje procjedne vode unutar radne plohe, sustav za odvodnju procjedne vode kojim se ona odvodi iz radne plohe do sabirnih bazena; iz kojih se prikupljena procjedna voda recirkulira na tijelo odlagališta ili se odvodi na uređaj za pročišćavanje.

Završni pokrovni sustav je trajni zaštitni sloj koji se stavlja preko ispunjenih dijelova odlagališta kada oni dostignu konačnu visinu. Glavne funkcije završnog pokrovnog sustava su spriječavanje direktnog kontakta okoliša sa otpadom, ograničenje dugoročne infiltracije oborina u tijelo odlagališta, kontrolirano otplinjavanje otpada, prikupljanje odlagališnog plina i spriječavanje nekontroliranih emisija u atmosferu.

Kod odlagališta otpada „Beljavina“, ugrađeni materijali u završni pokrovni sustav su izravnavajući sloj zemlje, troslojni geosintetički sustav za prikupljanje odlagališnih plinova, bentonitni tepih (GCL sloj), dvoslojni geosintetički sustav za prikupljanje odlagališnog plina (geodren), geomreža te rekultivirajući sloj zemlje. Konačnim zatvaranjem odlagališta, treba provesti sustavnu biološku rekultivaciju kako bi se odlagalište konačno uklopilo u krajobraz.

Sveukupno gledajući, napretkom društva uvelike su postroženi uvjeti odlaganja otpada kao neizbježnog postupka svakog sustava gospodarenja otpadom. Interdisciplinarnim pristupom obuhvaćen je niz različitih struka, što omogućuje izvedbu modernih sanitarnih odlagališta kao složenih geotehničkih objekata, namijenjenih za dugotrajno odlaganje otpada; zadovoljavajući pritom stroge uvjete nadzora i zaštite okoliša.

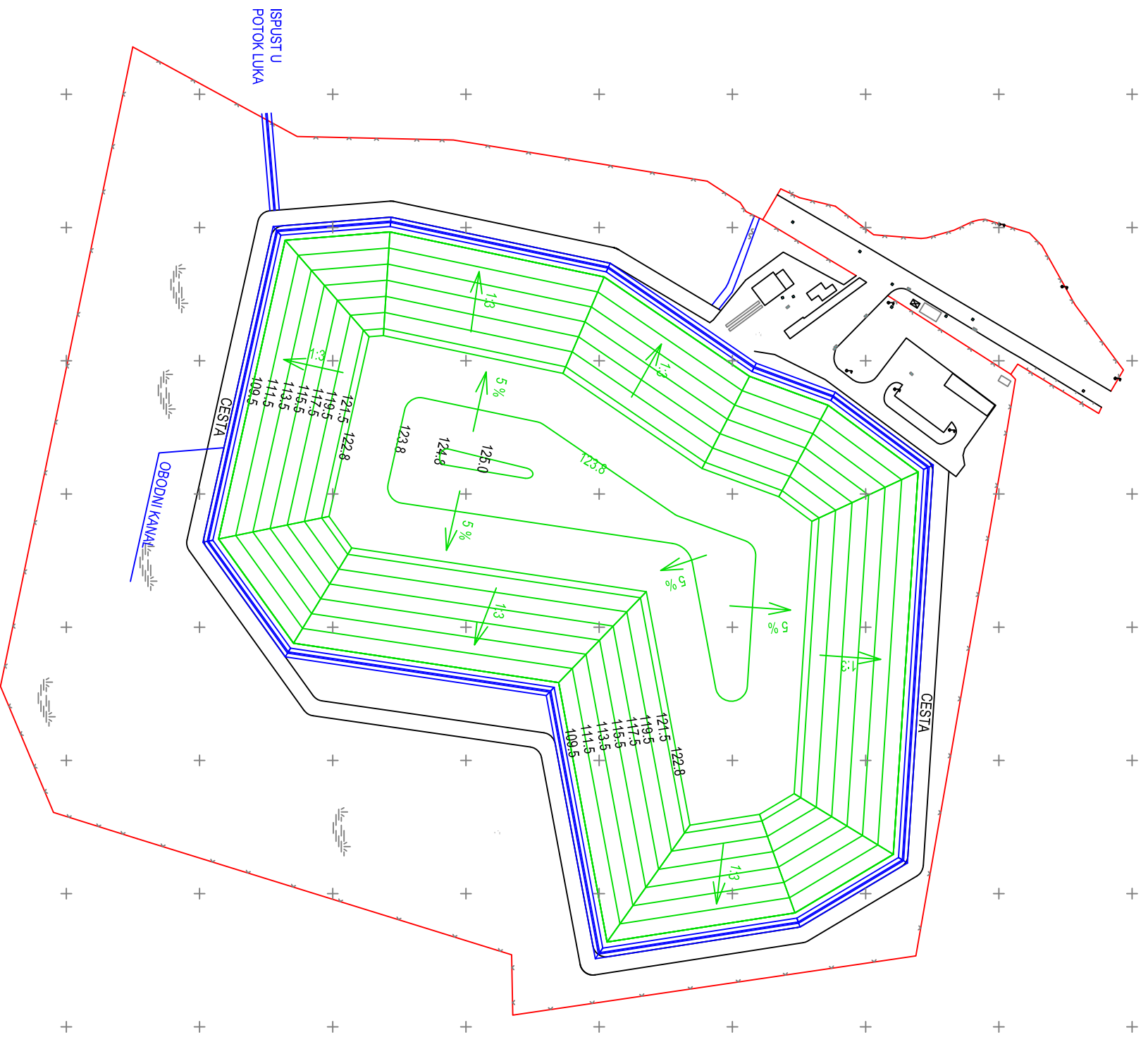
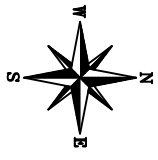
10. LITERATURA

- [1] Gotal Dmitrović, L., Tepeš, P., Milković, M., Kemija za graditeljstvo, Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, 2012
- [2] Kalambura, S., Krička, T., Kalambura, D.: Gospodarenje otpadom, Veleučilište Velika Gorica, Velika Gorica, 2011.
- [3] Roje-Bonacci, T.: Mehanika Tla (treće izdanje), Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split, 2007.
- [4] Odlagalište komunalnog otpada Beljavine, Glavni građevinski projekt, Knjiga 1 – Tehnološko – građevinski projekt, B. Jardas i sur., Institut IGH, Rijeka, 2013.
- [5] Gotal Dmitrović, L. i suradnici: Okvirni plan sanacije odlagališta komunalnog otpada na lokaciji „Beljavina“, Eko-monitoring d.o.o., Varaždin, 2013.
- [6] Tchobanoglous, G., Kreith, F.: Handbook of Solid Waste Managment (second edition), McGraw-Hill, 2002.
- [7] Veinović, Ž., Kvasnička, P.: Površinska odlagališta otpada (interna skripta), Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko geološko naftni fakultet, Zagreb, 2007.
- [8] Benac, Č.: Zaštita okoliša (skripta), Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Rijeka, 2013.
- [9] Strategija gospodarenja otpadom (Narodne novine, br. 130/05)
- [10] Zakon o održivom gospodarenju otpadom (Narodne novine, br 94/13)
- [11] Pravilnik o gospodarenju otpadom (Narodne novine, br. 23/14, 51/14)
- [12] Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (Narodne novine, br. 117/07, 111/11, 17/13, 62/13).
- [13] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Syndiotactic_polypropene.png
- [14] http://www.oczkawodne.co/files/oase_epdm.jpg
- [15] <http://www.geotekstilkece.net/img/geotekstilkece.jpg>
- [16] <http://www.gt-trade.hr/aplik/images/aplik21.jpg>
- [17] <http://www.kronikevg.com/wp-content/uploads/2015/04/odlagaliste-otpada-mraclin-reciklazno-dvoriste-2.jpg>

PRILOZI

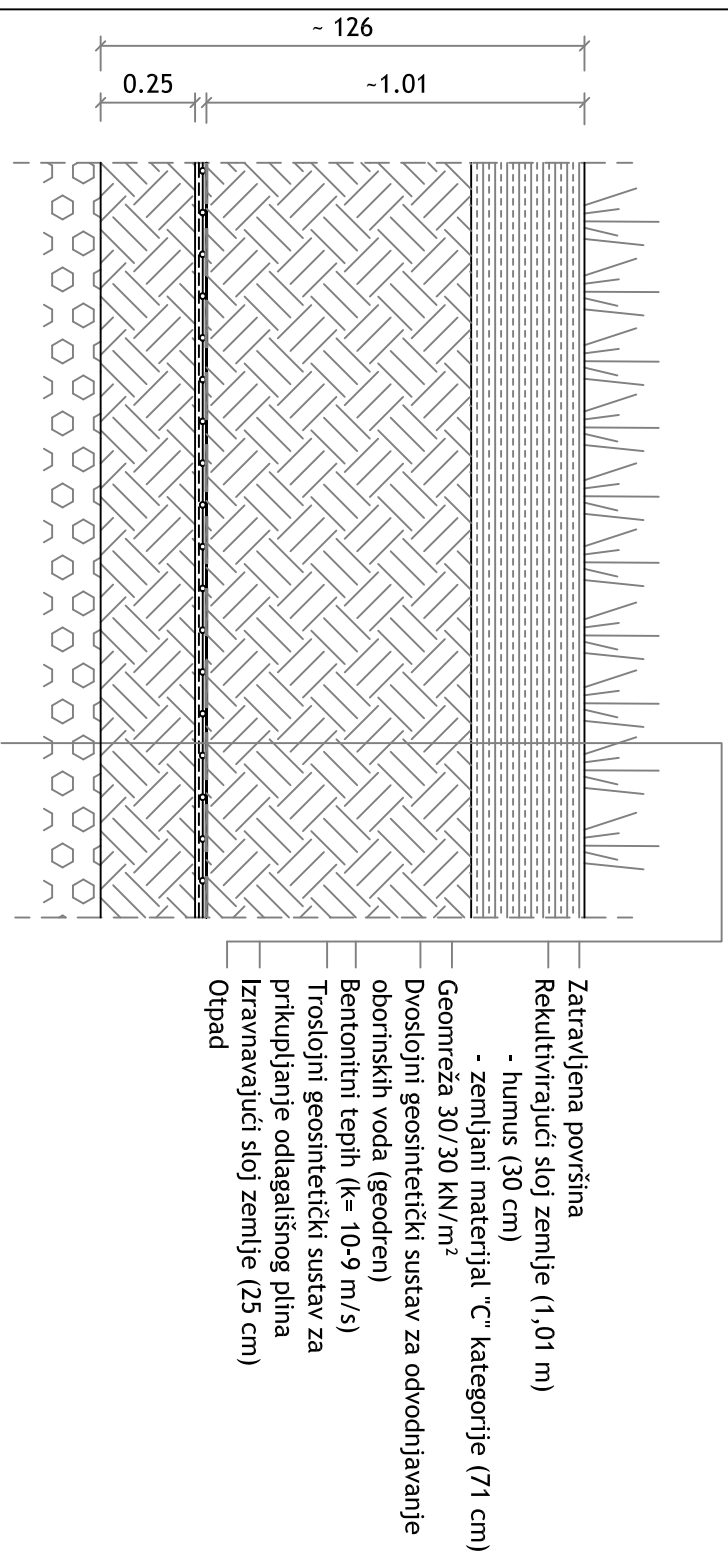
PRILOG 1	Situacija – postojeće stanje*	M 1:2 000
PRILOG 2	Oblikovanje postojećeg otpada*	M 1:1 000
PRILOG 3	Površine za odlaganje postojećeg i novog otpada*	M 1:2 000
PRILOG 4	Situacija – faze odlaganja 0,1,2*	M 1:2 000
PRILOG 5	Situacija – faze odlaganja 3,4,5,6*	M 1:2 000
PRILOG 6	Situacija – sustav odvodnje*	M 1:2 000
PRILOG 7	Situacija – sustav otplinjavanja*	M 1:2 000
PRILOG 8	Detalj – presjek brtvenih slojeva*	M 1:20
PRILOG 9	Detalj – presjek dijelova sustava za otplinjavanje*	M 1:50
PRILOG 10	Situacija – zatvoreno odlagalište*	M 1:2 000

**Napomena: prilozi su u cijelosti preuzeti iz „Gotal Dmitrović, L. i suradnici: Okvirni plan sanacije odlagališta komunalnog otpada na lokaciji „Beljavina“, Eko-monitoring d.o.o., Varaždin, 2013.“*

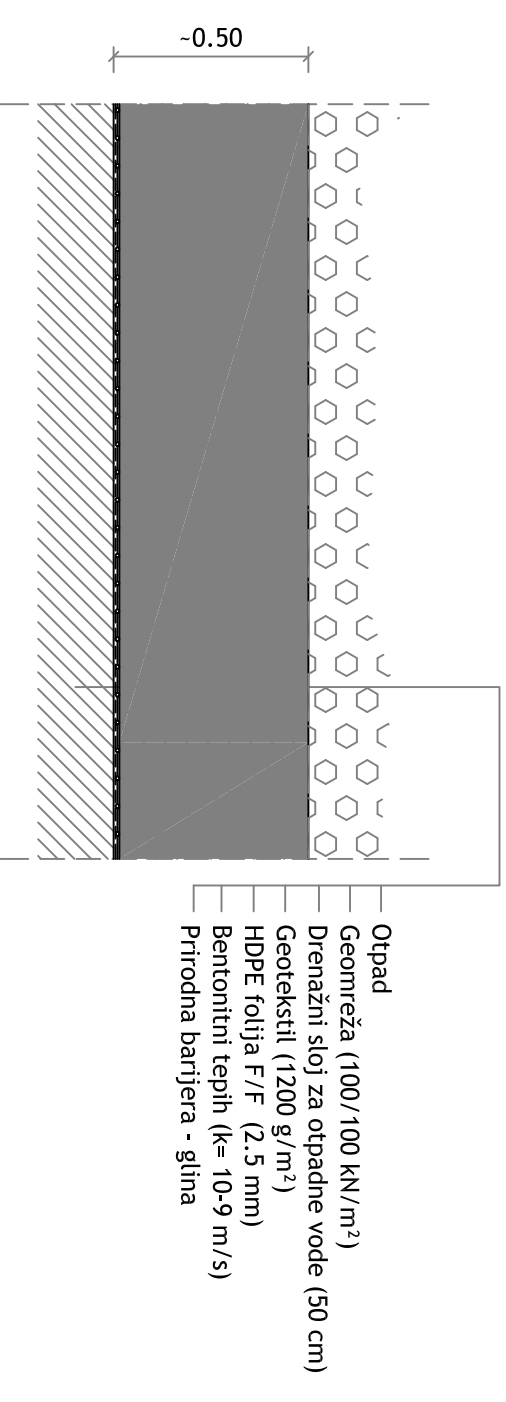


Ovlaštenik: Eko-monting d.o.o. Varaždin	Nositelj zahvata: KOMUNALAC VRBOVEC d.o.o		
Voditeljica: mr.sc. Lovorka Gatal Drihtović, dipl.inž.kem.tehn.	Prilog: Otvorni plan sanacije i zatvaranja komunalnog odgađišta otpada „BELLAJUNA“		
Surašnik: Patrik Mežanec, rač.inž.	Prilog: Situacija - Zatvoreno odgađište		
Broj teh.drn: 8/1192-64/7-01-12-EZO	Mjerna: 1:2.000	Datum: Srpni 2013	Prilog: 10

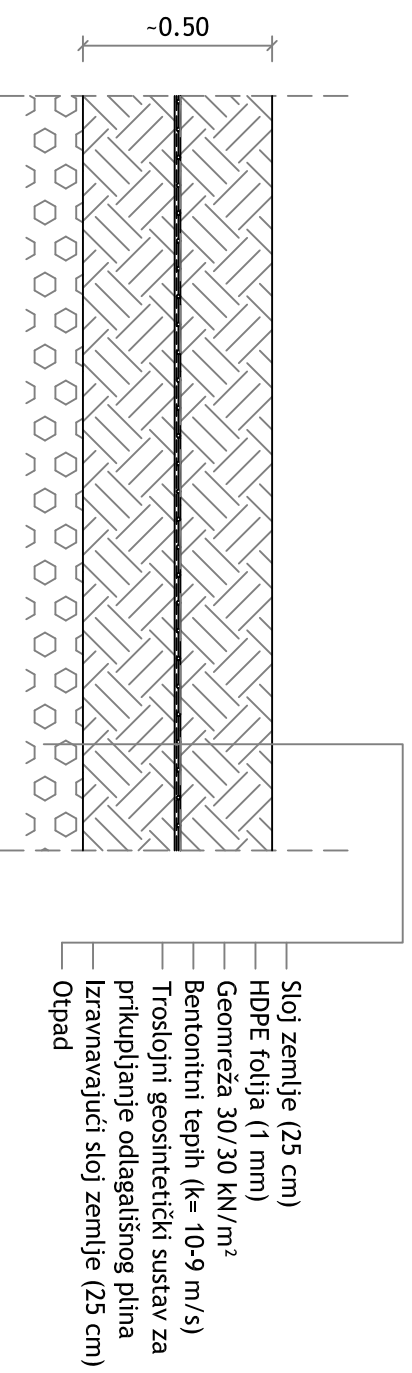
TRAJJNI POKROVNI BRTVENI SUSTAV



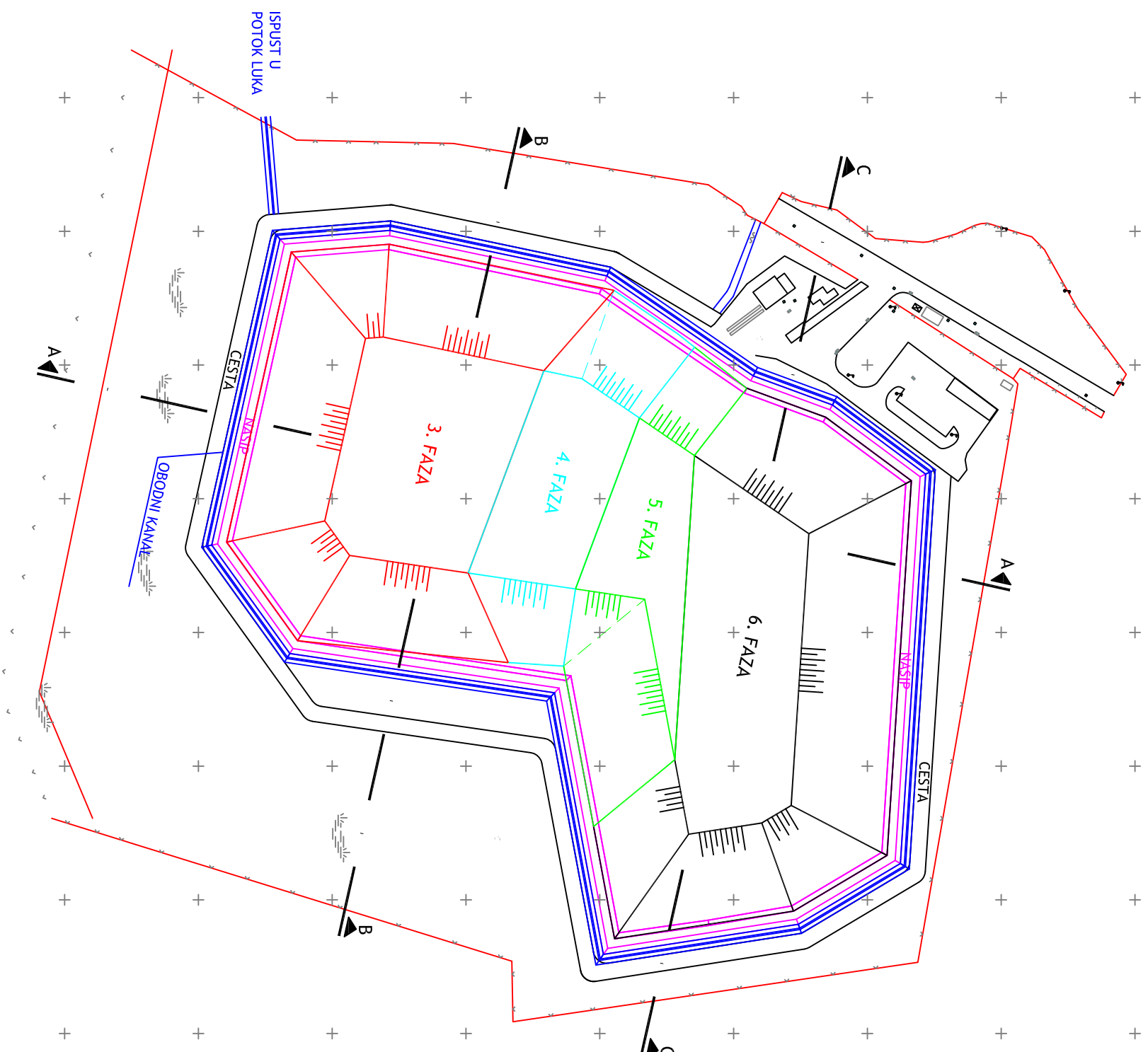
TEMELJNI BRTVENI SUSTAV



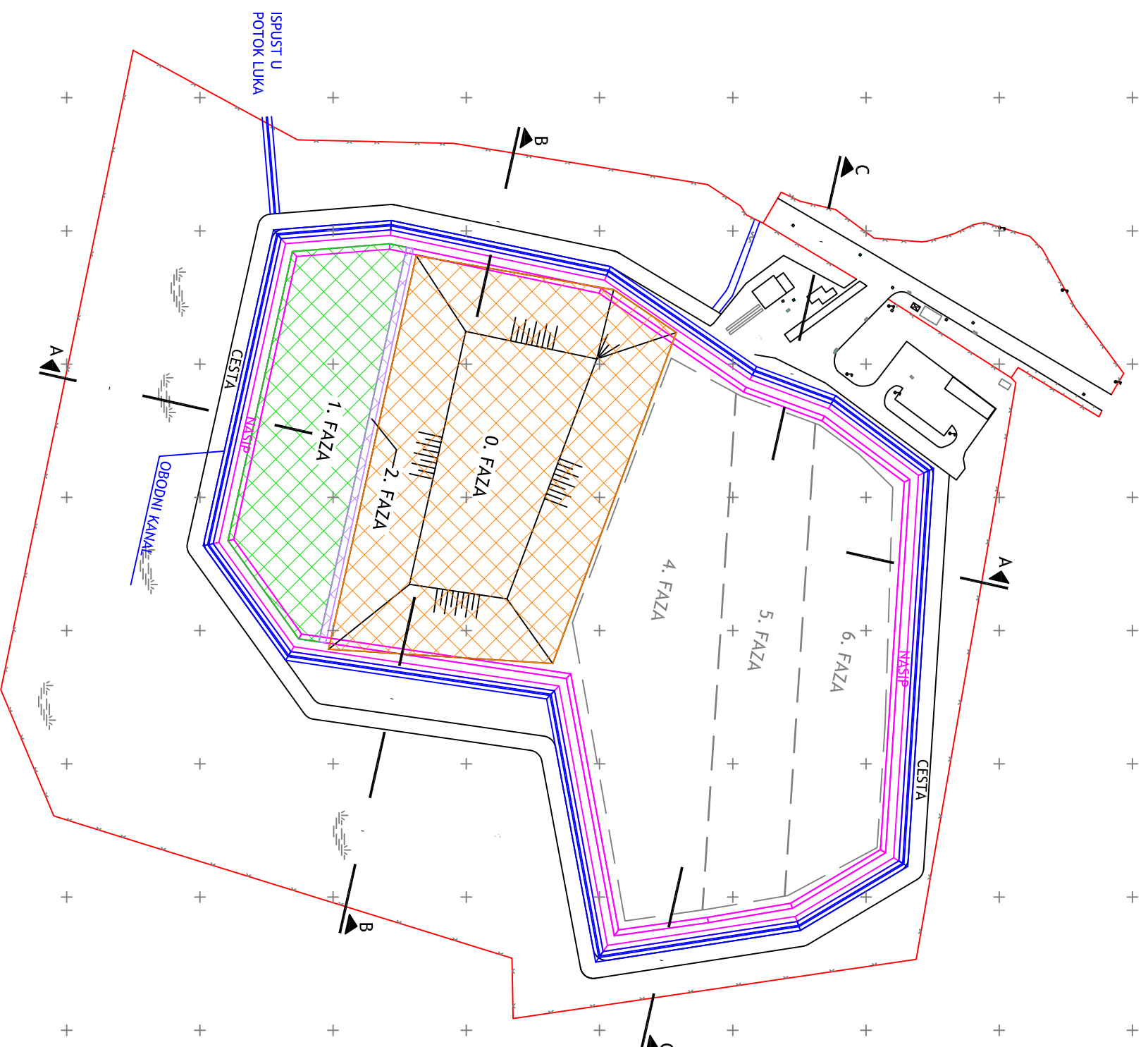
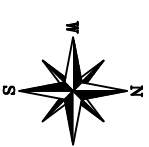
PRIVREMENI POKROVNI BRTVENI SUSTAV



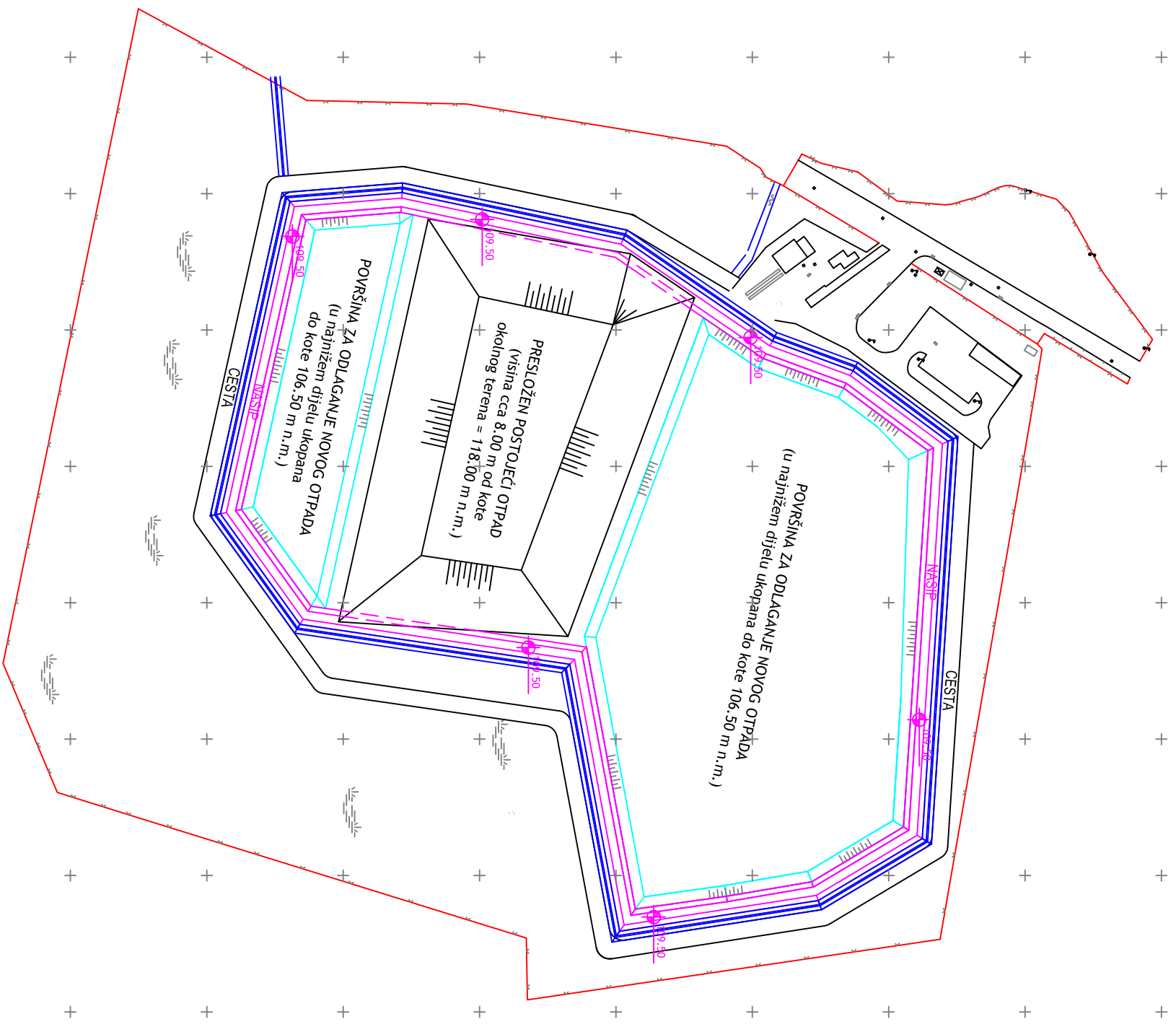
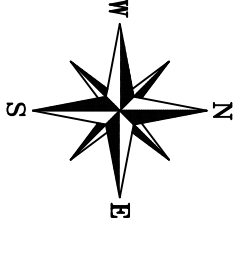
Ovlaštenik: Eko-monitoring d.o.o. Varaždin	Nositelj zahvata: KOMUNALAC VRBOVEC d.o.o.
Voditeljica: mr. sc. Lovorka Gotal Dmitrović, dipl. ing. kem. tehn.	Okvirni plan sanacije i zatvaranja komunalnog odlagališta otpada "Beljavina"
Suradnik: Patrick Možanić, rač. teh.	Prilog: Detalj - presjek brtvenih slojeva
Broj teh. dn.: 8/1192-647-01-12-EZO	Mjertilo: 1:20
	Datum: Srijanj 2013
	Prilog: 8








Objekt: Eko-monitoring d.o.o. Varaždin	Nositelj zahvata: KOMUNALAC VRBOVEC d.o.o		
Voditeljica: m.r.sc. Lovorka Gotal Dmitrović, dipl.ing. kem. tehn.	Opis: plan sanacije i zatvaranja komunalnog odgođišta otpada „BELJAVINA“		
Suračnik: Patrik Mezanik, rač. tehn.	Prilog: Situacija - Faze odlaganja 3,4,5,6		
Broj teh.drn: 8/1192-647-01-12-EZO	Mjerilo: 1:2.000	Datum: Srpanj 2013	Prilog: 5

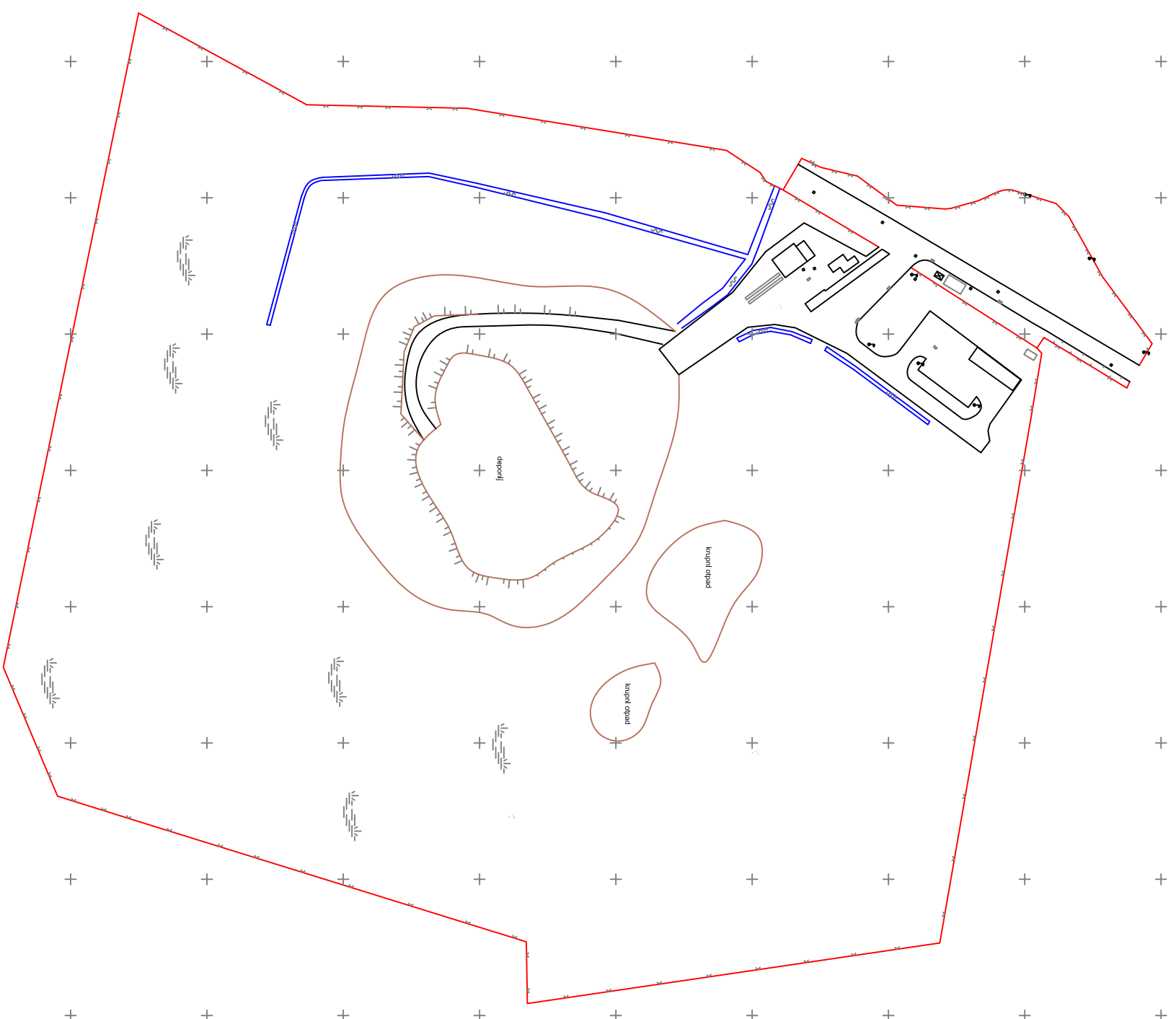


Objekt: Eko-monitoring d.o.o. Varaždin	Nositelj zahvata: KOMUNALAC VRBOVEC d.o.o		
Voditeljica: m.sc. Lovorka Gotal Drlitović, dipl.ing.kem.techn.	Prilog: Otvorni plan sanacije i zatvaranje komunalnog odgađališta otpada „BELLA/VINA“		
Suračnik: Patrik Mežanić, rač.teh.	Situacija - Faze odlaganja 0,1,2		
Broj teh.drn: 8/1192-647-01-12-EZO	Mjerna: 1:2 000	Datum: Kolovoz 2013	Prilog: 4



-  SUSTAV ODVODNJE OBORINSKE VODE
-  MEDUNASIP
-  NASIP
-  GRANICA
-  CESTA

Objekt: Eko-monitoring d.o.o. Varaždin	Nositelj zahvata: KOMUNALAC VRBOVEC d.o.o		
Voditeljica: mr.sc. Lovorka Gotal Dmitrović, dipl.ing.kem.tehn.	Opis: Okvirni plan sanacije i zatvaranja komunalnog odgajališta otpada „BELJAVINA“		
Suradnik: Patrik Mežančić, rač.teh.	Prilog: Površine za odlaganje postojećeg i novog otpada		
Broj teh.drn.: 8/1192-647-01-12-EZO	Mjerna: 1:2 000	Datum: Srpanj 2013	Prilog: 3



Ovlaštenik: Eko-monting d.o.o. Varaždin	Nositelj zahvata: KOMUNALAC VRBOVEC d.o.o		
Voditeljica: m.sc. Lovorka Gotal Dimitrović, dipl.ing.kem.techn.	Opis: Otvorni plan sanacije i zatvaranja komunalnog odgođišta otpada „BELAVINA“		
Suračnik: Patrik Mežanić, rač.teh.	Prilog: Situacija - postojeća stanje		
Broj teh.drn.: 8/1192-64/7-01-12-EZO	Mjerna: 1:2 000	Datum: Srpni 2013	Prilog: 1