

UZORKOVANJE, SNIMANJE I PRORAČUN ZAPREMINE ODLOŽENIH MATERIJALA NA ODLAGALIŠTU INDUSTRIJSKOG OTPADA „RAČA“

SAMPLING, RECORDING AND CALCULATION OF THE VOLUME OF DISPOSED MATERIALS AT THE „RAČA“ INDUSTRIAL WASTE LANDFILL

mr. sc. Halim Prcanović, mr. sc. Mirnes Duraković, mr. sc. Sanela Beganović
Univerzitet u Zenici, MI „Kemal Kapetanović“

Doc. dr. Vehid Birdahić, Doc. dr. Muvedet Šišić
Mašinski fakultet, Zenica

REZIME

U radu je prikazana metodologija proračuna zapremine odloženog otpadnog materijala (troske) na odlagalištu industrijskog otpada „Rača“, primjenom softvera 3D Survay. Nakon realizacije postupka uzorkovanja koji je proveden na različitim mikrolokacijama deponije, izvršeno je snimanje cjelokupne površine odlagališta industrijskog otpada korištenjem drona Wingtron, koji koristi sistem fotogrametrije za snimanje terena iz zraka te formiranje 3D modela deponije sa informacijama o geolokaciji. Ukupna snimljena zapremina i količina odloženog otpadnog materijala proračunata je korištenjem softvera 3D Survay, koji generiše 3D karte terena. Za zapremine materijala, nakon definisanja digitalnog modela površine iz ponuđenih opcija, ukupna zapremina posmatranih pojedinačnih gomila tijela deponije izračunata na ovaj način iznosi 3.500.000 m³. Na osnovu realiziranih aktivnosti i istraživanju na iskopu materijala i izvodenju slojevitih bušotina provedenih u ranijem periodu, procjenjuje se da je ukupna zapremina odloženog materijala na ovoj deponiji veća od 10.000.000 m³, što uzrokuje onečišćenje tla i gubitak dragocjenih obradivih zemljišnih površina, te vrijednih sastojaka troske.

Ključne riječi: deponija, otpadni materijal, proračun, 3D Survay.

ABSTRACT

The paper presents the methodology for calculating the volume of disposed waste material (slag) at the "Rača" industrial waste landfill, using the 3D Survay software. After the implementation of the sampling procedure, which was carried out at different microlocations of the landfill, the entire surface of the industrial waste disposal site was recorded using the Wingtron drone, which uses a photogrammetry system to capture the terrain from the air and create a 3D model of the landfill with geolocation information. The total recorded volume and amount of disposed waste material was calculated using the 3D Survay software that generates 3D terrain maps. For material volumes, after defining the digital model of the surface from the offered options, the total volume of observed individual piles of the landfill body calculated in this way amounts to 3,500,000 m³. On the basis of the realized activities and research on the excavation of material and the execution of stratified wells carried out in the earlier period, it is estimated that the total volume of disposed material at this landfill is greater than 10,000,000 m³, which causes soil pollution and the loss of precious arable land areas and valuable ingredients costs.

Key words: landfill, waste material, calculation, 3D Survay.

1. UVOD

Porastom ekološke svijesti, povećanjem broja odlagališta kao i visokih cijena odlaganja otpada, upotreba industrijskih nusproizvoda ili otpada, postala je atraktivna alternativna odlaganju. Na deponiju industrijskog otpada „Rača“ intenzivno je odlagan industrijski otpad iz proizvodnih pogona „Željezare Zenica“, a kasnije i „ArcelorMittal“ u Zenici. U odnosu na raniji period, danas se odlažu manje količine industrijskog otpada na deponiji. Rješavanje problema uzrokovanih nekontrolisanim gomilanjem industrijskog otpada nameće potrebu sveobuhvatne analize količina, sadržaja i stanja odloženih materijala te ocjenu relanih mogućnosti ponovne upotrebe odloženih materijala i/ili prenamjene prostora odlagališta „Rača“. Osnovne vrste industrijskog otpada koje su odlagane na industrijsku deponiju „Rača“ i koje treba tretirati u procesu sanacije ove deponije su :

- ... Visokopećna troska sa sadržajem metalne supstance (berne),
- ... Čeličanska troska sa sadržajem metalne supstance (berne),
- ... Vatrostalni materijali,
- ... Troska i pepeo od loženja ugljeva,
- ... Livački pijesak,
- ... Drugi otpadni materijali iz tehnološkog procesa metalurškog kompleksa. [1]

Nekontrolisanom eksploatacijom ovog odlagališta već su uočena određena oštećenja infrastrukturnih objekata u zoni nožice odlagališta, što upozorava na mogućnost formiranja klizišta širih razmjera koje bi uzrokovalo nesagledive posljedice. U posljednjih 30-ak godina u svijetu je značajno porasla primjena industrijskih nusproizvoda i/ili otpada u cestogradnji, posebno u području primjene otpadnih materijala nastalih u cestograđevnoj industriji kao što su oštećeni asfaltni slojevi, lomljeni beton, ugljeni leteći pepeo, visokopećna troska i čeličanska troska. [1,2] Korištenje otpadnih materijala u cestogradnji i zamjena prirodnih neobnovljivih mineralnih izvora kao i sve druge opcije ponovne upotrebe, doprinosi zaštiti izvora ovih materijala i izbjegavanju visokih troškova povezanih sa eksploatacijom i transportom. Industrijski otpadni materijali imaju vrlo široku primjenu u građevini, cestogradnji, poljoprivredi i dr.

2. OPIS LOKACIJE I UZORKOVANJE ODLAGALIŠTA INDUSTRIJSKOG OTPADA „RAČA“

Deponija industrijskog otpada „Rača“ je smještena u BiH, entitetu Federacija BiH, u Zeničko-Dobojskom kantonu, na sjevero-zapadnoj strani Grada Zenica, između naselja Tetovo, Gradišće i Banlozi. Prilaz deponiji je omogućen magistralnom cestom M-17 kroz srednju Bosnu i regionalnim putem R-445 kroz Grad Zenicu. Na Slici 1. je data pozicija makrolokacije odlagališta „Rača“



Slika 1. Makrolokacija odlagališta „Rača“ [3]

2.1. Postupak uzorkovanja











Za realizaciju postupka uzorkovanja u prvoj fazi izvršena je provjera svih dostupnih informacija o odloženim otpadnim industrijskim materijalima koje je potrebno uzorkovati, kako bi se

utvrdilo koji broj, sa koje dubine, te koje vrste uzoraka je potrebno uzeti. Na temelju rapoloživih informacija utvrđen je Plan uzorkovanja sa svim neophodnim relevantnim podacima. Postupak uzorkovanja odloženih otpadnih materijala sadržava više koraka kojima je definisano sljedeće:

- ... tehnika prikupljanja-izdvajanja uzoraka,
- ... referentni raspored mjesta uzorkovanja po površini i po dubini,
- ... veličina uzoraka,
- ... referentni broj uzoraka.

S ciljem detaljne i efikasne realizacije kompletne faze uzorkovanja, planom uzorkovanja je utvrđen referentni broja uzoraka i mikrolokacija (10 uzoraka-mikrolokacija), karakteristike uzoraka (promjer zrna i boja) kao i fotografije rasutih materijala sa mikrolokacija, te opći podaci koji se odnose na geografsku širinu i dužinu kao i nadmorska visina svake mikrolokacije, kako je prikazano u Tabeli 1.

Tabela 1. Karakteristike lokacija uzorkovanja materijala sa odlagališta industrijskog otpada Rača

R.b.	Oznaka lokacije/ Datum uzorkovanja	Izgled/ fotografija mikrolokacije	Opći podaci (strane svijeta, geografska širina-N i dužina-E, nadmorska visina-nv)	Karakteristike zrna (promjer zrna i boja)	Napomena (godina odlaganja materijala)
1.	Lokacija 1 07.01.2022.		Sjeveroistok (NE) N 44°14'35" E 17°52'40", 417 nv	3-20 mm, tamna	Odloženo 2011.g.
2.	Lokacija 2 07.01.2022.		Sjeveroistok (NE) N 45°23'30" E 17°48'45", 423 nv	3-20 mm, crna – tamno-smeđa	Odloženo 2011.g.
3.	Lokacija 3 07.01.2022.		Jugoistok (SE) N 44°13'62" E 17°52'47", 391 nv	0-5 mm, svijetlo –žuta	Odloženo 2014.g.
4.	Lokacija 4 07.01.2022.		Sjeverozapad (NW) N 44°13'56" E 17°52'18", 463 nv	0-5 mm, zlatno- žuta, svijetlo- smeđa	Odloženo 2019.g.
5.	Lokacija 5 07.01.2022.		Sjeverozapad (NW) N 44°13'53" E 17°52'26", 453 nv	0-5 mm, tamno- smeđa	Odloženo 2015.g.
6.	Lokacija 6 07.01.2022.		Središte deponije N 44°13'52" E 17°52'28", 455 nv	0-1 mm, tamno- siva	Odloženo 2020.g.
7.	Lokacija 7 07.01.2022.		Sjever(N) N 44°13'55" E 17°52'28", 443 nv	0-10 mm, svijetlo-žuta	Odloženo 2022.g.
8.	Lokacija 8 07.01.2022.		Sjever(N) N 44°14'06" E 17°52'31", 428 nv	Mulj sa toplane, 0-0,5 mm, svijetlo-siva	Odloženo 2022.g.
9.	Lokacija 9 07.01.2022.		Sjever(N) N 44°14'05" E 17°52'31", 439 nv	Čeličanska troska, 5-40 mm, siva	Odloženo 2008.g.
10.	Lokacija 10 07.01.2022.		Zapad (W) N 44°13'48" E 17°52'18", 460 nv	Visoka peć 5-40 mm, tamno-žuta	Odloženo 2019.g.

Za realizaciju cjelokupnog postupka uzorkovanja ispoštovane su sljedeće relevantne nacionalne smjernice u FBiH, te smjernice ISO i norme EU-a: Standard ISO/IEC 17025:2017 -Opći zahtjevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i kalibraciju, EN 14899 Karakterizacija

otpada-Uzorkovanje otpadnih materijala-Okvir za pripremu i primjenu plana uzorkovanja, CEN/TR 15310 Karakterizacija otpada-Uzorkovanje otpadnih materijala.

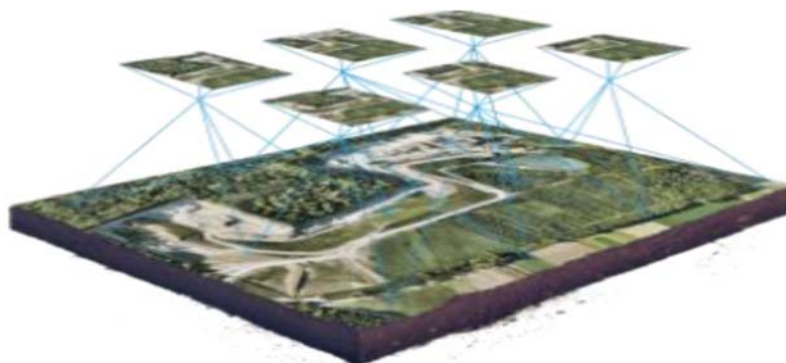
3. SNIMANJE ODLAGALIŠTA INDUSTRIJSKOG OTPADA „RAČA“

U cilju određivanja količine deponovanog materijala (troske) na odlagalištu tehnološkog otpada izvršeno je snimanje cjelokupne površine deponije pomoću Wingtron drona za snimanje terena iz zraka te formiranje 3D modela deponije, koji je prikazan na Slici 2.



Slika 2. Wingtron dron za snimanje terena

Za formiranje 3D modela terena Wingtron dron koristi sistem fotogrametrije. Tokom snimanja terena (tlo i njegove karakteristike, zgrade i dr.) fotografiše se RGB kamerom više puta iz različitih uglova, a svaka slika je označena koordinatama. Na osnovu ovih slika, softver za fotogrametriju kreira 2D i 3D karte sa informacijama o geolokaciji (Slika 3).



Slika 3. Princip fotogrametrije

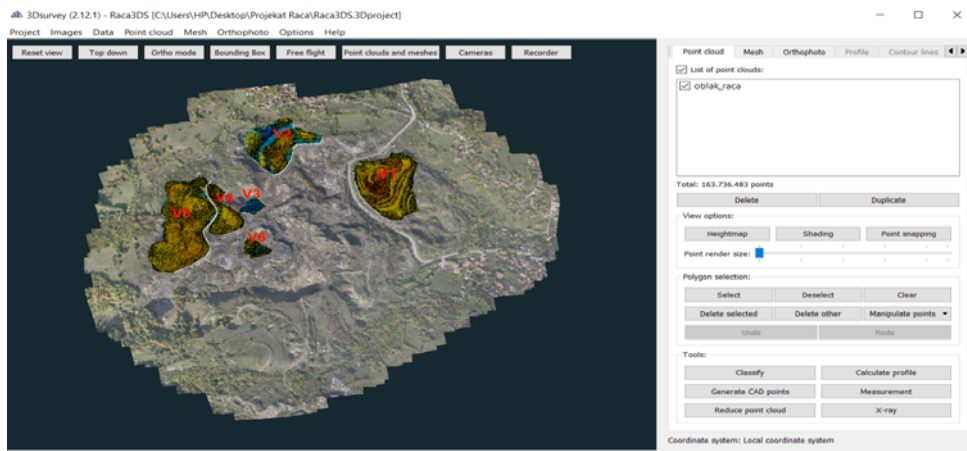
Korištenjem softvera za fotogrametriju mogu se napraviti 3D modeli terena na osnovu georeferenciranih 2D slika. Pored detaljnih fotografija iz zraka, isti podaci prikupljeni dronom u jednom letu daju kompletnu 2D i 3D mapu lokacije sa GPS tačkama. U tom smislu izvršeno je snimanje cjelokupne površine odlagališta tehnološkog otpada Rača čime se dobije oblak georeferenciranih tačaka. Na osnovu ovog 3D modela i snimljenih fotografija programski paket generiše realni 3D model u kome je svaka od tačaka georeferencirana u 3 dimenzije, kao što je to prikazano na Slici 4.



Slika 4. Generisani 3D realni model odlagališta Rača [3]

4. PRORAČUN ZAPREME TIJELA ODLAGALIŠTA „RAČA“ PRIMJENOM SOFTVERA 3D SURVAY

Ukupna zapremina odloženog otpadnog materijala proračunata je korištenjem softvera 3D Survay koji generiše 3D model terena. Na 3D modelu označene su gomile troske na kojima su uzeti uzorci za analizu u cilju određivanja zapremine odložene troske. Na Slici 5. prikazana su mjesta uzimanja uzoraka i pomenute gomile čija zapremina je izračunata.



Slika 5. Izračunavanje zapremine odabranih gomila troske na odlagalištu Rača[3]

Zapremina označenih gomila i vrsta odloženog materijala sa Slike 5. po ovom proračunu je: V_1 -335.666 m³ (VP troska+ Konvertorska troska), V_2 -73.996 m³ (Konvertorska troska), V_3 -11.899 m³ (Mulj), V_4 -41.678 m³ (VP troska), V_5 -344.416 m³ (VP troska), V_6 -3.286 m³ (Konvertorska troska), na osnovu koji ukupna zapremina iznosi 810.941 m³. Za proračun količina materijala, nakon definisanja digitalnog modela površine iz ponuđenih opcija izabrani su parametri: a) DSM→Izračunaj novo i postavi parametar veličine ćelije mreže na 0,2 metra, b) Način popunjavanja rupa na „Samo unutarnje“, i c) Veličinu ćelije za izgladivanje na „2 ćelije“. Ovi parametri daju glatku i detaljnu površinu. Za izračunavanje zapremine odbranog materijala potrebno je selektirati oblast lijevim klikom miša nakon čega se selektiranje završava desnim klikom miša, te bira opcija „Izračunaj zapreminu“.[3] Dostupni su i različiti stilovi prikaza kao što je prikazano na Slici 6.



Slika 6. Označavanje odloženog materijala čija je zapremina određena [3]

Korištenjem funkcije Flatten moguće je vidjeti donju površinu izračunavanja. Bazna površina je određena na osnovu konturnih tačaka. Ukupna zapremina posmatranih pojedinačnih gomila tijela deponije izračunata na ovaj način iznosi 3.500.000 m³. [3] Međutim kako softver donju površinu gomile uzima na osnovu označene konture, dubina odlagališta nije uzeta u obzir. Na osnovu iskopa materijala i bušotina provedenih u ranijem periodu procjenjuje se da je ukupna zapremina odloženog materijala na deponiji veća od 10.000.000 m³. [2,4]

5. ZAKLJUČAK

Prema prikazanoj metodologiji i provedenim aktivnostima na uzorkovanju, snimanju i proračunu zapremine odloženih otpadnih materijala u ovom radu, može se zaključiti sljedeće:

1. Provedenim postupkom uzorkovanja, snimanja i 3D realnog prikaza deponovanog materijala utvrđen je mikrolokacijski raspored i zapremina gomila i različitih vrsta odloženih sljedećih otpadnih materijala: V₁-335.666 m³ (VP troska+Konvertorska troska), V₂-73.996 m³ (K troska), V₃-11.899 m³ (Mulj), V₄-41.678 m³ (VP troska), V₅-344.416 m³ (VP troska), V₆-3.286 m³ (K troska), te je ukupna zapremina 810.941 m³.
2. Ukupna proračunata zapremina deponovanog materijala primjenom softvera 3D Survey iznosi 3.500.000 m³.
3. Procjenjena zapremina odloženog otpadnog materijala na deponiji „Rača“, na osnovu istraživanja i različitih aktivnosti iz ranijeg perioda, je veća od 10.000.000 m³.
4. Proračunate značajne različite količine deponovanog materijala-troske, mogu se upotrijebiti korisno u građevinarstvu, saobraćaju, poljoprivredi itd.
5. Nakon upotrebe i svrsishodnog korištenja otpadnih materijala, preostali nekoristan dio materijala na tom prostoru potrebno je zaravnati, kultivisati, uraditi nove projekte i tu lokaciju iskoristiti za ozelenjavanje i izgradnja solarnih panela u cilju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije, izgradnju sportskih igrališta i terena, izgradnju rekreacionog centra s biciklističkim stazama i eko turističkog naselja i sl.

6. LITERATURA

- [1] Sredojević J., Krajišnik M: Ekološko - ekonomski efekti sanacije deponije industrijskog otpada „Rača“, Zenica, 2011.
- [2] Kantonalni ekološki akcioni plan Zeničko-dobojskog kantona za period 2017-2025, Univerzitet u Zenici, Ministarstvo za prostorno uređenje, promet i komunikacije i zaštitu okoline Zeničko-dobojskog kantona, Zenica, 2016.
- [3] Projektni tim Univerziteta u Zenici, Studija o ispitivanju sastava i mogućnostima reciklaže odloženih otpadnih materijala na odlagalištu industrijskog otpada Rača, Univerzitet u Zenici, Zenica, 2022.
- [4] Plan upravljanja otpadom za pogone i postrojenja ArcelorMittal Zenica d.o.o., Zenica, 2022.