

TALOŽNI PRAH - MJERENJE NULTOG STANJA NA PODRUČJU PLANIRANE DEPONIJE OTPADA

**Mario Zovko
IGH MOSTAR doo Mostar
Bišće polje bb, Mostar
Bosna i Hercegovina**

**Krešimir Šaravanja
IGH MOSTAR doo Mostar
Bišće polje bb, Mostar
Bosna i Hercegovina**

SAŽETAK

Ovaj rad se bavi analizom minimalno potrebnih mjerenja koje treba napraviti kako bi se na već predloženoj lokaciji deponije utvrdilo stvarno sadašnje stanje jednog segmenta zagađenja zraka - taložnog praha (sedimenta). Jako je važno odrediti stvarno stanje zagađenosti zraka, odnosno nulto stanje zraka prije bilo kakve gradnje. Jedino u tom slučaju je moguće pravilno vršiti monitoring zraka u kasnijem periodu rada deponije i izvršiti potrebna modeliranja na temelju podataka dobivenih mjerenjem.

Ključne riječi: *taložni prah, nulto stanje, deponija, Bergerhoff postupak, sedimentator, mjerenje*

1. UVOD

Izgradnja i rad deponije otpada izaziva veliki utjecaj na okoliš na užem i širem području njene izgradnje. Zbog potrebe utvrđivanja odgovarajuće minimalne udaljenosti deponije [4] od naseljenih mjesta, uz sve ostale utjecaje (utjecaj na tlo, vodu, floru i faunu) javlja se i problem pravilne procjene utjecaja na zagađenost zraka (taložnog praha) na užem i širem području oko deponije otpada nakon njene izgradnje i puštanja u pogon. U literaturi postoje neke preporuke glede ove udaljenosti ali u praksi je za svaki pojedinačni slučaj potrebno izvršiti mjerenja zagađenosti.

1.1. Ciljevi rada

Cilj ovog rada je ukazati na važnost i način pravilnog mjerenja nultog stanja zagađenosti zraka odnosno dijela zagađenja koje se odnosi na taložni prah na području planiranom za izgradnju deponije otpada. U radu je ukazano na iskustva i praksu EU zemalja koja ovom problemu pridaju veliki značaj. Detaljno je opisan je cijeli postupak (Bergerhoff) i metode uzimanja mjernih proba, njihovih analiza i uspoređivanje dobivenih podataka sa važećim graničnim vrijednostima u FBiH.

1.2. Kvaliteta zraka – zakonska osnova [7]

Definiranje kvaliteta zraka u Federaciji Bosne i Hercegovine vrši se na temelju Pravilnika o graničnim vrijednostima kvalitete zraka (SN FBiH broj 12/2005). Pravilnik određuje granične

vrijednosti kvalitete zraka (GV) i ciljane vrijednosti kvalitete zraka (CV) koji su indikatori planiranja kvalitete zraka u prostoru, pragovi upozorenja i pragovi/granice uzbune za pravovremeno djelovanje u slučaju kratkotrajnih pojava nedozvoljeno zagađenog zraka. Granične vrijednosti kvalitete zraka odnose se na otvoreni prostor pojedinog područja vodeći računa da prirodni sadržaji (ljudi, biljke i životinje) kao i izgrađena dobra ne budu ugroženi djelovanjem zagađujućih materija. Ove vrijednosti se dakle ne primjenjuju na zatvoreni prostor radnog mjesta na kojem radi radno sposobni (zdravi) dio stanovništva i gdje je izloženost zagađenom zraku znatno kraća a dozvoljene vrijednosti štetnih materija su znatno veće od graničnih vrijednosti kvalitete zraka (GV). Ukoliko su vrijednosti kvalitete zraka za danu zagađujuću materiju niže od vrijednosti graničnih vrijednosti kvalitete zraka – GV , odnosno od ciljanih vrijednosti kvalitete zraka (CV), postoji mogućnost unošenja novih zagađujućih materija u dati prostor. Pravilnikom je između ostalih zagađujućih materija reguliran i sadržaj taložnog praha u zraku. Granične vrijednosti kvaliteta zraka mogu imati različite vrijednosti u zavisnosti od vremena uzorkovanja, što je vrijeme uzorkovanja kraće viša je brojana vrijednost granične vrijednosti. Dužina uzorkovanja je standardizirana na 30 minuta, jedan sat, osam sati, 24 sata ili jedan mjesec (ovisno od vrste zagađujuće materije i korištene metode uzorkovanja). Općenito gledano za ocjenu vrijednosti kvalitete zraka područja koja se uspoređuje sa graničnim vrijednostima kvalitete zraka – GV – odnosno sa ciljanim vrijednostima kvalitete zraka – CV – potrebno je promatrati period od prvog siječnja do trideset i prvog prosinca tekuće godine. Za ocjenu trenda kvaliteta zraka minimalan period praćenja je pet godina. Izuzetno kod mjerenja na osnovu pritužbe građana period mjerenja može biti kraći. Granične vrijednosti kvalitete zraka – GV u cilju zaštite ljudi uslijed djelovanja taložnog praha (sedimentne prašine) su date u slijedećoj tablici.

Zagađujuća materija	Period uzorkovanja	Prosječna godišnja vrijednost (mg/m ² /dan)	Visoka vrijednost (mg/m ² /dan)
Taložni prah - ukupno	Jedan mjesec	200,00	350,00*
Pb u taložnom prahu	Jedan mjesec	0,1	----
Cd u taložnom prahu	Jedan mjesec	0,002	----
Zn u taložnom prahu	Jedan mjesec	0,4	----
Tl u taložnom prahu	Jedan mjesec	0,002	----

* - odnosi se na mjesec u godini sa najvišim vrijednostima depozicije/taloga

Tablica 1: Granične vrijednosti za taložni prah [7]

1.3. Širenje i taloženje prašine [4,5,6]

Na jednoj deponiji otpada do širenja i taloženja prašine dolazi uslijed slijedećih razloga :

1. nastajanje vrtloga prašine uslijed kretanja vozila
2. istovar materijala i unutarnji transport tog materijala na samom prostoru deponije

3. podizanje prašine uslijed vjetra

Na emisiju prašine djeluju slijedeće veličine [4] :

1. veličina zrna
2. oblik površine
3. stabilnost okolne atmosfere
4. brzina vjetra
5. sadržaj vlage u materijalu

Svi navedene veličine su bitne i one se razlikuju od mjesta do mjesta. Osim toga bitna je i mikrolokacija planirane deponije odnosno meteorološke i klimatološke osobine podneblja. Te podatke, ukoliko nisu dostupni, također treba mjeriti za vrijeme mjerenja taložnog praha pri ispitivanju nultog stanja za područje planirane deponije otpada [4].

2. METODOLOGIJA

U principu se kao minimalni period mjerenja nultog stanja taložnog praha zraka u blizini jedne planirane deponije odnosno izrada svih različitih mjerenja i analiza, ne može uzimati period manji od jedne godine. U tom periodu dolazi do promjene svih godišnjih doba, moguće je pratiti ponašanja vjetra, padalina itd. Ova mjerenja treba vršiti kontinuirano u periodu od godinu dana (prema Bergerhoff-u) i izvršiti kemijske analize taložnog praha. Osim toga jako je važno pravilno postaviti „raster“ odnosno prostorni raspored mjernih mjesta.

Svi podaci dobiveni mjerenjem služe za određivanje stvarnog stanja odnosno pravilno utvrđivanje potrebnih mjera zaštite kao i mjera monitoringa pomoću kojih će se pratiti i višegodišnji rad deponije otpada. Kasnijom analizom klimatskih i svih ostalih prostornih faktora moći će se napraviti odgovarajući matematički modeli ponašanja zračnih masa koje prenose zagađenja sa prostora planirane deponije otpada. Nekad je moguće da jako banalna stvar kao što je na primjer orijentiranje deponije (sjever – jug ili istok zapad) [4,5,6] ima jako veliki utjecaj na lokalnu mikroklimu odnosno poremeti postojeća strujanja zraka na taj način da se emisija već postojećih zagađivača preusmjeri i predstavlja dodatni problem pri kasnijem radu deponije otpada. To je bitan razlog da se prije gradnje i konačne odluke o pozicioniranju deponije ide na prostorno modeliranje i ispituju mogući utjecaji rada ne samo buduće deponije otpada kao izvora budući emisija nego i kao prostornog faktora koji predstavlja prepreku u prostoru. [4,5]

3. BERGERHOFF - MJERNA METODA ZA MJERENJE TALOŽNOG PRAHA [1,2]

Kontrola kvalitete zraka je važna mjera u okviru djelotvorne zaštite okoliša. Pri ocjeni kvalitete zraka najbitnije je odrediti količinu stranih krutih i plinovitih sastojaka u zraku. Ocjena krutih sastojaka u zraku odnosno prašinstih zagađenja zraka vrši se po podatku o koncentraciji (masa po jedinici zapremine) ili masi sedimentirane prašine po jedinici površine i vremena (taložni prah). Ovakva vrsta mjerenja se dokazala kao jako važna i ovo mjerenje taložnog praha osobito je primjenu našlo pri mjerenju zagađenja za veće prostore obuhvata na primjer za područje izgradnje deponije otpada [5]. Postupak koji se koristi za ovu vrstu mjerenja u stručnoj literaturi se zove „Bergerhoff-ov postupak“.

3.1. Bergerhoff sedimentator – mjerenja taložnog praha

Za mjerenje taložne prašine koristi se postupak prema VDI smjernici 2119, list 2. [1,2] Cilj određivanja količine prašine je izmjeriti za točno određeno vrijeme koliko će se nataložiti čvrstog i tečnog taloga (sa izuzetkom vode) iz atmosfere– depozicija. Mjerenje prašine se vrši takozvanim „Bergerhoff postupkom“. Pri tome se koristi jedna staklena ili plastična posuda (sedimentator) zapremine $1 - 2 \text{ dm}^3$ u koju se sipa oko $0,25 \text{ dm}^3$ tečnosti od 10 % rastvora izo-propilnog alkohola da bi se spriječilo zagađenje rastvora insektima i eventualno smrzavanje. Posuda se postavi sa otvorom prema gore na nosač visine 1,5 metar od površine zemlje, vodeći računa da u blizini postavljanja nema prirodnih a niti vještačkih prepreka koje bi onemogućile ili utjecale na transport i taloženje sedimenta. U tu posudu se taloži padajuća prašina iz zraka kao i kišnica. Vrijeme ekspozicije iznosi 28 ± 2 dana. Nakon toga se nakupljeni sadržaj premjesti u vatrostalnu posudu i u sušnici ukloni sva vlaga. Ostatak odnosno nataložena prašina se precizno izvaga. Rezultat se, drugačije nego kod mjerenja koncentracije, odnosi na period od 28 dana i površinu od četvornog metra. U nastavku je detaljno prikazan ovaj postupak mjerenja.

Vrsta uređaja	BERGERHOFF - sedimentator
Kratki opis mjerenja	Atmosferski taložni prah skuplja se u posude i količina mu se određuje gravimetrijski
Probna posuda	Staklena posuda sa zaštitom od ptica pomoću dodatka u obliku lijevka
Analitička vaga	Točnost : $\pm 0,1 \text{ mg}$.
Sušnica	Laboratorijska
Vrijeme ekspozicije	U pravilu 28 ± 2 dana
Prema normi	VDI 2119/2
Donja granica osjetljivosti postupka	$1,5 \text{ mg / po uređaju}$ $5-8 \text{ mg/m}^2\text{d}$
Točnost određivanja	$10 \text{ mg/m}^2\text{d}$
Standardno odstupanje	za područje od $6 - 530 \text{ mg/m}^2 / \text{danu}$
- Za malo opterećenje	$14 \text{ mg/m}^2\text{d}$
- Za srednje opterećenje	$23 \text{ mg/m}^2\text{d}$
- Za visoko opterećenje	$33 \text{ mg/m}^2\text{d}$

Tablica 2: – Bergerhoff – opis postupka mjerenja [1,2]

3.2. Postupak mjerenja

Postupak počiva na činjenici da se uslijed sile teže i turbulentne difuzije sedimentni udio u zraku (prah, grublja prašina) nakon određenog vremena nataloži u za tu svrhu postavljene posude. Skupljeni prah se osuši kako bi se uklonila vlaga i vrši se njegovo vaganje. Za skupljanje uzoraka služi posuda od stakla ili plastike zapremine od 1,5 litara sa otvorom od 9 cm. Ukoliko je planirano dalje kemijsko ispitivanje nataložene prašine (udio teških metala i slično), potrebno je u konkretnom slučaju provjeriti međusobne utjecaje materijala korištene posude i ispitivanog materijala. Posude se stavljaju na nosač koji na gornjem dijelu ima žičanu zaštitu u obliku lijevka (zaštita od ptica). Na dnu žice postoji donja ploča. Otvor posude za skupljanje mora imati vertikalnu udaljenost od tla u iznosu od 150 ± 10 cm. Posebna pažnja mora biti posvećena tome da je otvor posude strogo horizontalan. Iduće slike prikazuju opisani uređaj.



Slika 1. i 2. Izgled sedimentatora po Bergerhoff –u [6]

Za dalji rad na analizi potrebna je imati slijedeću opremu i uređaje [1] :

1. Transportna kutija za mjerne posude
2. Porculanska laboratorijska posuda
3. Stakleni štapići sa gumenim četkicama
4. Sito od nehrđajućeg čelika , otvora 1,1 mm
5. Eksikator sa silikagelom
6. Laboratorijska sušnica
7. Precizna laboratorijska vaga , preciznosti $\pm 0,1$ mg

3.2.1. Postavljanje mjernog mjesta

Prema mogućnostima terena treba izbjegavati moguće zapreke koje mogu utjecati na kretanje zraka (kao što su drveće i zgrade) odnosno ti objekti moraju biti deset puta više udaljeni od sedimentatora za visinu za koju nadvisuju mjerno mjesto. U gradovima, naseljima i šumama ovaj zahtjev jedva da se može ispuniti. Kod mjerenja mjerno mjesto se može postaviti na livadama, u vrtovima i

proširenjima ali ne na krovovima, direktno pored drveća, u blizini gradilišta ili na odnosno uz neasfaltirane ceste odnosno staze. [1,3]

3.2.2.Gustoća rasporeda mjernih mjesta

Najmanja gustoća rasporeda mjernih mjesta je jedno mjerno mjesto na 4 km² . Poželjna je mjerna mreža sa „rasterom“ od 1 km. U gradskom području i ostalim opterećenim područjima ovaj raster treba biti manji odnosno mreža mjernih mjesta gušća. Ukoliko je za ocjenu ukupne situacije potrebno manje mjernih mjesta, tada treba na svako mjesto staviti tri sedimentatora, kako bi se osigurao precizniji rezultat po mjernom mjestu. Podaci iz prakse pokazuju da se pri izgradnji deponije otpada obično preporučuje raster stranice od oko 500 metara. [3,5,6]

3.2.3.Ekspozicija

Prije izlaganja sedimentatore skupa sa poklopcima treba dobro oprati sredstvima za čišćenje i isprati destiliranom ili deioniziranom vodom. Nije dozvoljeno koristiti abrazivna sredstva za čišćenje. Nakon pranja sedimentatore pažljivo zatvoriti i transportirati samo u zatvorenom stanju. Tek na mjernom mjestu skinuti poklopac i posudu staviti u zaštitnu žičanu korpu.

U principu se sedimentator može postaviti suh ili mu se može dodati neka tečnost. U zimskim mjesecima mogu se dodati organske kemikalije za smanjenje točke smrzavanja, kao što su metilglikol ili izopropanol. Za sprječavanje nastajanja algi dovoljno je dodati nekoliko centimetara bakrene žice (ukoliko se ne vrši dalje kemijsko istraživanje sedimenta).

Vrijeme izlaganja (ekspozicije) iznosi 30 ± 2 dana.

3.2.4.Transport i čuvanje proba

Nakon završetka ekspozicije posude se zatvore i takve transportiraju. Posude sa sedimentiranom prašinom nije dozvoljeno čuvati dulje od 14 dana i to dobro brtvljene, u tamnom i hladnom prostoru. Time se utiče na sprječavanje stvaranja algi, gljivica i drugih mikroorganizama.

3.2.5.Priprema porculanske laboratorijske posude

Pažljivo oprane porculanske laboratorijske posude držati 1 sat u sušnici pri temperaturi od 105 °C , nakon toga ohladiti u eksikatoru preko silikata ili kalcijum klorida. Poslije toga izvagati na preciznoj analitičkoj vagi sa točnošću ± 0,1 mg.

3.3.Obrada proba – određivanje taložnog praha

Uz pomoć destilirane vode i staklenog štapića sa gumenom četkicom izliti kompletan sadržaj taložnog praha iz sedimentatora preko sita u pripremljenu laboratorijsku posudu. U slučaju da postoje neke grube nečistoće (lišće,insekti) podići ih pincetom, isprati sa njih nataloženu prašinu a ove grube nečistoće (lišće,insekte) odstraniti. Nakon toga posudu u sušnici osušiti na 105 °C do dobivanja konstantne mase. Ohladiti u eksikatoru preko silikagela ili kalcijum klorida i izvagati.

Količina taložne prašine X u gramima po metru kvadratnom i danu izračunava se iz izvagane mase G (u gramima) taložne prašine , pripadajuće površine F (m²) i vremena ekspozicije T (dani) prema formuli [2]:

$$X = G / (F \cdot T) \quad (1)$$

3.4. Opis postupka ispitivanja teških metala u taložnom prahu

Na ovim je mjernim mjestima osim depozicije ukupne prašine potrebno vršiti i analizu sastava prašine na teške metale i to one koji su navedeni u Pravilniku o graničnim vrijednostima zagađenja zraka 12/05. Ukoliko se nakon Bergerhoff-ovog postupka vrši analiza teških metala u skupljenoj prašini, postupak treba vršiti pažljivo kako ne bi došlo do kontaminacije mjerne probe već pri sušenju probe. Posudu treba isprati sa 10 ml koncentrirane dušične kiseline (65 % Suprapur). Osobito paziti da se spere prašina na stjenkama posude. Nakon toga sadržaj presuti u vatrostalnu posudu sa poklopcem i držati je u sušnici na temperaturi od 160 – 180 °C dok sadržaj ne bude potpuno suh. Nakon hlađenja prelići 1 % otopinu dušične kiseline po prašini osobito pazeći da se otopi i ostaci koje se nalaze na stjenkama posude. Ova suspenzija se ulije u posudu definirane zapremine i može se nakon što se istalože nečistoće ispitati na atomskom spektrometru. Za određivanje teških metala primijeniti postupak plamene apsorpcije gdje se odabrana proba atomizira uslijed djelovanja plamena sastavljenog od mješavine zraka i acetilena. [1,2,6]

Kao orijentacioni primjer mogu poslužiti podaci iz prakse [5,6] o izvršenim dodatnim mjerenjima taložnog praha prije izgradnje tamošnje deponije otpada.

Za određivanje količine i sadržaja sedimentirane prašine na promatranom području u periodu od godinu dana korišteno je 20 Bergerhoff sedimentatora prema [1]. Osim količine taložnog praha rađena su i slijedeća kemijska ispitivanja :

Redni broj	Mjerni uzorak prašine dobiven iz sedimentatora po Bergerhoff-u analiziran je na sadržaj slijedećih primjesa :	Redni broj	Mjerni uzorak prašine dobiven iz sedimentatora po Bergerhoff-u analiziran je na sadržaj slijedećih primjesa :
1.	nitriti NO_2^-	7.	kalcijum Ca
2.	sulfati SO_4^{2-} ,	8.	cink Zn
3.	kloridi Cl^- ,	9.	nikl Ni
4.	natrijum Na	10.	olovo Pb
5.	kalijum K	11.	kadmijum Cd
6.	magnezijum Mg		

Tablica 3: Izvršena mjerenja na deponiji Hagen, [5,6]

Vidljivo je kako su se vršila detaljnija istraživanja nego ih propisuje naš Pravilnik. O tome da li vršiti detaljnija istraživanja od propisanih odluka za svaki konkretan slučaj donosi Federalno ministarstvo okoliša i turizma. Jedan od razloga za dodatna ispitivanja mogli bi na primjer biti preporuka izrađivača Studije utjecaja na okoliš zbog posebno osjetljivog tla, postojanja nesaniranih odlagališta nepoznatog sastava u neposrednoj blizini, poljoprivrednog zemljišta, zahtjeva lokalnog stanovništva, itd.

4. ZAKLJUČCI

Izgradnja jedne deponije otpada je složen i dugotrajan posao. Jedan od problema prije donošenja konačne odluke o gradnji je precizno utvrđivanje postojećeg stanja zagađenosti zraka na široj lokaciji uslijed već postojećih zagađivača (promet, kamenolomi, industrija). Među važnije potrebne podatke spada i koncentracija taložnog praha. Podaci dobiveni mjerenjima trebaju poslužiti kao ulazni podaci za kasnija numerička modeliranja budućeg zagađenja zraka tog područja nakon eventualne izgradnje planirane deponije otpada odnosno kao usporediva (referentna) veličina za kasnija mjerenja pri radu deponije.

Prema iskustvima iz svakodnevne prakse u našoj zemlji te analizom strane literature [1,2,34,5,6] smatramo da je potrebno donijeti odgovarajuće smjernice kojima bi bilo moguće standardizirati dobivanje ovih jako važnih podataka. Naravno da je i sada prema Pravilniku o graničnim vrijednostima zagađenja zraka broj 12/05 moguće izvršiti navedena ispitivanja. To je uostalom i zakonska obveza ali u praksi se upravo tu javlja problem. Zbog raznih razloga: nedovoljnog znanja, nedovoljnog broja ljudi u nadležnim službama, itd., negdje se ispitivanja vrše, negdje ne. Nedostaje cjelovit pristup promatranoj problematici, nedostaje neki dokument, bila to tehnička smjernica, bio to BAT ali nešto bitno za sustavan i standardiziran pristup ovom problemu.

Namjera ovog rada je početi razmišljati i djelovati u tom smjeru i izraditi odgovarajući dokument „smjernice“ za definiranje nultog stanja zagađenosti zraka na području planirane deponije otpada (taložnog praha u ovom slučaju) i zahtijevati od svih izrađivača okolišne dokumentacije obvezno postupanje prema tom dokumentu u svom radu. Ti se zahtjevi mogu i proširiti jer ovi podaci mogu postati osnova za izradu modela rasprostiranja zagađenja u slučaju izgradnje deponije otpada. To bi bilo na pragu sličnih postupaka u zemljama EU. [4] Naravno da se ova istraživanja u konačnici ne trebaju ograničiti samo za planiranje područje deponija otpada nego i za mnoge druge velike objekte koji moraju dobiti Okolišnu dozvolu. Ali bitno je napraviti početak. Zašto ne početi sa deponijama otpada? Ovakvim pristupom bi se u velikoj mjeri olakšao posao i investitorima i projektantima i izrađivačima odgovarajućih okolišnih dokumenata (Studija utjecaja na okoliš) a bilo bi moguće i efikasnije i jednostavnije predstaviti rezultate zainteresiranoj javnosti na primjer na javnim raspravama.

Literatura

[1] VDI –Richtlinie VDI 2119, Blatt 2: Messung partikelförmiger Niederschläge ; Bestimmung des partikelförmigen Niederschlages mit dem Bergerhoff-Gerät , September 1996

[2] Richtlinie 4 , Staubniederschlagsmessung nach dem Bergerhoff-Verfahren, Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, Wien, Austrija, 1976

[3] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft 1986, SR Njemačka

[4] Abfallwirtschaft Handbuch für Praxis und Lehre , 3. Neubearbeitete Auflage, B.Bilitewski, G.Härdtle, K.Marek, Springer Verlag, 2000.

[5] Reststoffdeponie Hagen , Uni Essen, E.Romberg, N.Hölscher , 1995.

[6] Messung der Staub und Schwermetalldeposition, Bericht, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz, Austrija

[7] Pravilnik o graničnim vrijednostima kvaliteta zraka , Službene novine Federacije BiH , broj : 12/05