UN environment programme

Edicija o zagađenju vazduha

Izgubljeni vazduh:

Uticaj požara na deponijama na zagađenje vazduha i zdravlje ljudi u Srbiji

- Radni dokument -

Izgubljeni vazduh:

Uticaj požara na deponijama na zagađenje vazduha i zdravlje ljudi u Srbiji

- Radni dokument -

Beograd, mart 2024.

Original English version: Wasted Air: Impact of Landfill Fires on Air Pollution and People's Health in Serbia - Working Paper. Air Pollution Series © 2024 United Nations Environment Programme. All rights reserved. ISBN: 978-92-807-4152-0.

While reasonable efforts have been made to ensure that the contents of this publication are factually correct and properly referenced, UNEP does not accept responsibility for the accuracy or completeness of the contents and shall not be liable for any loss or damage that may be occasioned directly or indirectly through the use of, or reliance on, the contents of this publication, including its translation into languages other than English. In case of inconsistencies, the English version will prevail.

The text was translated by Environment Engineering Group from Serbia.

Izgubljeni vazduh: Uticaj požara na deponijama na zagađenje vazduha i zdravlje ljudi u Srbiji

© 2024 Program Ujedinjenih nacija za zaštitu životne sredine

ISBN: 978-86-87145-18-4

Job number: ROE/2642/GA

URL: https://wedocs.unep.org/20.500.11822/45428

Ova publikacija može biti reprodukovana u celini ili delimično i u bilo kom obliku u svrhu obrazovanja ili neprofitnih usluga bez posebne dozvole nosioca autorskih prava, uz uslov da se navede izvor. Program Ujedinjenih nacija za zaštitu životne sredine bi cenio primanje kopije svake publikacije koja koristi ovu publikaciju kao izvor. Nijedna upotreba ove publikacije ne sme biti namenjena za preprodaju ili bilo koju drugu komercijalnu svrhu bez prethodne pisane dozvole Programa Ujedinjenih nacija za zaštitu životne sredine. Zahtevi za takvu dozvolu, uz izjavu o svrsi i obimu reprodukcije, treba da budu upućeni direktoru, Odeljenju za komunikacije, Programu Ujedinjenih nacija za zaštitu životne sredine na: unepcommunication-director@un.org.

Upotreba oznaka i prikazivanje materijala u ovoj publikaciji ne implicira izražavanje bilo kakvog mišljenja od strane Programa Ujedinjenih nacija za zaštitu životne sredine o pravnom statusu bilo koje zemlje, teritorije, grada ili područja njegovih vlasti, niti o utvrđivanju njegovih granica. Mišljenja, brojke i procene navedene u ovoj publikaciji su odgovornost autora i ne moraju nužno biti smatrane kao odražavanje stavova ili podrške Programa Ujedinjenih nacija za zaštitu životne sredine.

Predložen način citiranja: Program Ujedinjenih nacija za zaštitu životne sredine (2024). Izgubljeni vazduh: Uticaj požara na deponijama na zagađenje vazduha i zdravlje ljudi u Srbiji. Beograd, Srbija.

Dizajn, raspored i priprema: DK dizajn, Gornji Milanovac

Naslovna fotografija: Departman za inženjerstvo zaštite životne sredine i zaštite na radu, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.

Ova publikacija je rezultat tehničke procene koju je naručio Program Ujedinjenih nacija za zaštitu životne sredine (UNEP) Evropska kancelarija 2021. godine u okviru projekta 515.3 „Životna sredina, zdravlje i zagađenje“, koji je finansiran kao deo doprinosa Vlade Ujedinjenog Kraljevstva potprogramu za hemikalije, otpade i kvalitet vazduha. Procena je završena u februaru 2022. godine, a izbor podataka je ažuriran nakon procesa pregleda u oktobru 2022. godine.

ZAHVALNOSTI

Koordinacija

Pripremu ovog izveštaja koordinirali su Aleksandra Šiljić Tomić i Tomas Marques (UNEP – Evropska kancelarija) pod sveukupnim vođstvom Marije Christine Zucca (Jedinica za zagađenje i zdravlje, hemikalije i zdravstvo, Odeljenje za ekonomiju UNEP-a).

Autori

Sadržaj ovog izveštaja pripremili su sledeći autori, koji su doprineli svojim ekspertizama iz različitih tehničkih i političkih perspektiva: Jasminka Ranđelović, Valentina Mart, Igor Jezdimirović, Goran Vujić, Roland Weber, Dejan Ubavin, Branislava Matić Savićević, Svetlana Bošković, Dejan Lekić, Marijana Ćurčić, Maja Petrović. UNEP zahvaljuje na njihovim doprinosima.

Posebno se ceni uloga Igora Jezdimirovića u koordinaciji uloga stručnjaka i uređivanju nacrta izveštaja do njegove konačne verzije

Recenzenti

UNEP želi da izrazi svoju zahvalnost i priznanje sledećim recenzentima na njihovom dragocenom vremenu i posvećenosti:

• Prof. Aleksandar Jovović, doktor nauka, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Srbija

• Inž. Jan Stefan Bihalovic, doktor nauka, Glavna škola za vatrogasnu službu – Institut za inženjering bezbednosti, Varšava, Poljska

• Joanna Casey, doktor nauka, Fakultet Fort Luis, Durango, Kolorado, SAD

• Simon Griffiths, kandidat za doktorat, Fakultet za inženjering i životnu sredinu, Univerzitet Northumbria, Njukasl, Ujedinjeno Kraljevstvo

Njihovi dragoceni komentari i sugestije doprineli su kvalitetu ovog radnog dokumenta.

Značenje korišćenih izraza

Asfiksija – gušenje, glad za kiseonikom; prema medicinskoj definiciji, stanje je porećemene razmene gasova pre, za vreme, neposredno posle rođenja ili u kasnijem životu, nakon povreda i drugih poremećaja (Mišić, 2005).

Bioanalitički ekvivalent (BEQ) je jedinica mere u oblasti bioloških testova. Koristi se, na primer, u biološkom testu CALUX za testiranje dioksina i jedinjenja sličnih dioksinu (Baston, 2011).

Telo deponije čine: uređen prostor za odlaganje otpada sa sistemom zaštite deponijskog dna od procurivanja, sistemom za odvajanje i prečišćavanje procedne vode, sistemom za odplinjavanje gasa sa deponije i drugim tehničkim objektima za obezbeđenje rada ovih sistema i stabilnosti deponije (Uredba o odlaganju otpada na deponije, 2010).

Divlja (nelegalna) deponija je mesto, javna površina na kojoj se nalaze nekontrolisano odložene različite vrste otpada i koja ne ispunjava uslove utvrđene propisom kojim se uređuje odlaganje otpada na deponije (Zakon o upravljanju otpadom, 2023).

Vanredna situacija je stanje kada su rizici i pretnje ili posledice katastrofa, vanrednih događaja i drugih opasnosti po stanovništvo, životnu sredinu i materijalna dobra takvog obima i intenziteta da njihov nastanak ili posledice nije moguće sprečiti ili otkloniti redovnim delovanjem nadležnih organa i službi, zbog čega je za njihovo ublažavanje i otklanjanje neophodno upotrebiti posebne mere, snage i sredstva uz pojačan režim rada (Zakon o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama, 2018).

Faktor impakta naučnog časopisa je opis uticaja publikacije u akademskim i naučno-istraživačkim krugovima. To je prosečna citiranost članka u drugim istraživanjima u toku jedne godine. Faktor impakta se koristi da označi važnost ili rang časopisa. Što je viši faktor, to je uticajniji časopis (The Oxford Review Encyclopedia of Terms).

Opasan otpad predstavlja otpad koji svojim poreklom, hemijskim sastavom ili koncentracijom opasnih supstanci može prouzrokovati opasnost po životnu sredinu i ljudsko zdravlje i ima barem jednu od opasnih karakteristika utvrđenih posebnim propisima, uključujući ambalažu u kojoj je otpad bio ili se skladištio (Zakon o upravljanju otpadom, 2023).

Deponija je mesto za konačno sanitarno odlaganje otpada na površini ili ispod površine zemlje, uključujući:

- interna mesta za odlaganje (deponija gde proizvođač odlaže sopstveni otpad na mestu nastanka),
- stalna mesta (više od jedne godine) koja se koriste za privremeno skladištenje otpada, ali isključujući skladišta gde se otpad istovara radi pripreme za dalji transport do mesta za tretman, odnosno ponovno iskorišćenje ili odlaganje na drugim lokacijama i skladištenje otpada pre tretmana, odnosno ponovnog iskorišćenja najduže do tri godine ili skladištenje otpada pre odlaganja najduže do jedne godine (Zakon o upravljanju otpadom, 2023).

Komunalni otpad je odvojeno sakupljeni otpad iz domaćinstva, uključujući papir i karton, staklo, metal, plastiku, biootpad, drvo, tekstil, ambalažu, otpadnu električnu i elektronsku opremu, otpadne baterije i akumulatore, kabasti otpad i mešani komunalni otpad i/ili odvojeno sakupljeni otpad iz drugih izvora, ako je taj otpad, po prirodi i sastavu, sličan otpadu iz domaćinstva, ali ne uključuje otpad iz proizvodnje, poljoprivrede, šumarstva, ribarstva i akvakulture, otpadna vozila i građevinski otpad (Zakon o upravljanju otpadom, 2023).

Mreža institucija javnog zdravlja su svi zavodi za javno zdravlje koji su osnovani za teritoriju jednog upravnog okruga, autonomne pokrajine i Republike Srbije (Zakon o javnom zdravlju, 2016).

Neopasan otpad predstavlja otpad koji nema karakteristike opasnog otpada (Zakon o upravljanju otpadom, 2023).

PM su suspendovane čestice (engl. particulate matter). Najčešće su PM_{10} aerodinamičkog prečnika od 10 μm i manje i $PM_{2,5}$ aerodinamičkog prečnika od 2,5 μm i manje (Uredba o uslovima monitoringa i zahtevima kvaliteta vazduha, 2010).

Javno zdravlje je skup znanja, veština i aktivnosti usmerenih na unapređenje zdravlja, sprečavanje i suzbijanje bolesti, produženje i poboljšanje kvaliteta života putem organizovanih mera društva (Zakon o javnom zdravlju, 2016).

Javnozdravstveni nadzor je skup mera i aktivnosti koje se sprovode periodično, u kontinuitetu, u redovnim uslovima, kao i po nastanku vanredne situacije, od strane Ministarstva zdravlja i mreže zavoda/instituta za javno zdravlje, u cilju prevencije poremećaja javnog zdravlja a podrazumeva: rad sanitarne inspekcije Ministarstva zdravlja, epidemiološki nadzor u slučaju pojave epidemije, ali i postojanja opasnosti poreklom iz životne sredine. U ove aktivnosti spada i prikupljanje podataka o zdravstvenom stanju stanovništva na teritoriji za koju je utvrđeno postojanje rizika po javno zdravlje. Sve aktivnosti koje čine javnozdravstveni nadzor definisane su zakonskim i podzakonskim aktima čiji je predlagač Ministarstvo zdravlja.

Procena rizika (kao deo analize rizika) predstavlja postupak koji se sastoji od identifikacije opasnosti, opisa opasnosti, procene izloženosti stanovništva i opisa rizika po zdravlje stanovništva (Zakon o javnom zdravlju, 2016).

Sanitarna deponija predstavlja sanitarno-tehnički uređen prostor na kome se odlaže neopasan otpad koji, kao materijal, nastaje na javnim površinama, u domaćinstvima, u procesu proizvodnje, odnosno rada, u prometu ili upotrebi, a koji nema svojstva opasnih materija i ne može se prerađivati, odnosno racionalno koristiti kao industrijska sirovina ili energetsko gorivo (Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji, 2022).

Seveso postrojenje – postrojenje u kom se obavljaju aktivnosti u kojima je prisutna opasna materija u jednakim ili višim koncentracijama od dozvoljene, odnosno tehnička jedinica u okviru kompleksa u kojoj se opasne materije proizvode, koriste, skladište ili se njima rukuje (Zakon o zaštiti životne sredine, 2004).

Toksični ekvivalent je proizvod koncentracije pojedinačnog dioksin-sličnog jedinjenja u smeši i njegovog odgovarajućeg TCDD TEF faktora za to jedinjenje (US EPA, 2010a)

Nesanitarna deponija (smetlište) je mesto gde jedinice lokalne samouprave odlažu otpad u polukontrolisanim uslovima kojim upravlja javno komunalno preduzeće i koje ima određenu infrastrukturu (ogradu, kapiju, buldožer), a telo deponije nije izgrađeno u skladu sa propisom kojim se uređuje odlaganje otpada na deponije (nema vodonepropusni sloj, drenažni sistem za odvođenje otpadnih voda i dr.) (Zakon o upravljanju otpadom, 2023).

Osetljive društvene grupe su grupe stanovništva koje su izložene većem riziku u odnosu na ukupnu populaciju bilo sa aspekta posledica na njihovo zdravlje ili sa aspekta posledica na njihovu sposobnost da zadovolje osnovne potrebe i obezbede sredstva za život (Zakon o javnom zdravlju, 2016).

Tretman otpada obuhvata operacije ponovnog iskorišćenja ili odlaganja, uključujući prethodnu pripremu za ponovno iskorišćenje ili odlaganje (Zakon o upravljanju otpadom, 2023).

Upravljanje otpadom je sprovođenje propisanih mera za postupanje sa otpadom u okviru sakupljanja, transporta, skladištenja, tretmana, odnosno ponovnog iskorišćenja i odlaganja otpada, uključujući i nadzor nad tim aktivnostima i brigu o postrojenjima za upravljanje otpadom posle zatvaranja i aktivnosti koje preduzima trgovac i posrednik (Zakon o upravljanju otpadom, 2023).

Značenje korišćenih skraćenica

AP Vojvodina – Autonomna Pokrajina Vojvodina

B(a)P – benzo(a)piren

BFR – bromovani usporivači gorenja

BPA – bisfenol A

BTEX – benzen, toluen, etilbenzen, ksilen

CLRTAP – Konvencija o prekograničnom prenosu zagađujućih materija u vazduhu na velike udaljenosti

CRM – sertifikovani referentni materijali

EFSA – Evropska agencija za bezbednost hrane

EU – Evropska unija

GHG – gasovi sa efektom staklene bašte

HBB – heksabrombifenil

HBCD – heksabromciklododekan

HCB – heksahlorbenzen

HRGC/HRMS – gasna hromatografija visoke rezolucije u kombinaciji sa masenom spektrometrijom visoke rezolucije

IARC – Međunarodna agencija za istraživanje raka

GZJZ Beograd – Gradski zavod za javno zdravlje Beograd

FI – faktor impakta

GV – granična vrednost

MCCPs – srednjelančani hlorovani parafini

MEJ – mobilna ekotoksikološka jedinica

MUP – Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije

PAH – policiklični aromatični ugljovodonici

PBDE – polibromovani difenil etri

PCB – polihlorovani bifenili

dl-PCB - polihlorovani bifenili slični dioksinu

PCDD/PCDFs – polihlorovani dibenzo-p-dioksini i polihlorovani dibenzofurani (pojednostavljen naziv – dioksini i furani)

PCN – polihlorovani naftaleni

PCP – pentahlorfenol

JP – javno preduzeće

PeCB – pentahlorbenzen

PFAS – per- i polifluoroalkil supstance

PFHxS – perfluoroheksan sulfonska kiselina

PFOA – perfluorooktanska kiselina, perfluorooktanoat

PFOS – perfluoroktan sulfonska kiselina ili perfluoroktan-sulfonat

PM – suspendovane čestice

POPs – dugotrajne organske zagađujuće supstance

PT – program međulaboratorijskih poređenja ili program ispitivanja osposobljenosti

JKP – javno komunalno preduzeće

RS – Republika Srbija

SCCPs – kratkolančani hlorovani parafini

AZŽS – Agencija za zaštitu životne sredine Republike Srbije

SD – sanitarna deponija

TDI – tolerišući dnevni unos

TEF – faktor ekvivalentne toksičnosti

TEQ – ukupni toksični ekvivalent

UNECE – Ekonomska komisija Ujedinjenih nacija za Evropu

UNEP – Program Ujedinjenih nacija za životnu sredinu

UPOPS – nenamerno proizvedeni POPs

US EPA – Agencija za zaštitu životne sredine Sjedinjenih Američkih Država

VOC – isparljiva organska jedinjenja

VRS – Vlada Republike Srbije

SZO – Svetska zdravstvena organizacija

SADRŽAJ:

1. Uvod: Svrha, obuhvat i struktura radnog dokumenta 10

2. Uticaj upravljanja komunalnim otpadom na pojavu požara na deponijama 11

2.1. Upravljanje otpadom u Srbiji 11

2.1.1. Divlje i nesanitarne deponije 12

2.1.2. Sanitarne deponije 15

2.1.3. Morfološki sastav otpada 16

2.2. Uticaj deponovanja komunalnog otpada na zagađenje vazduha u redovnim uslovima i u uslovima akcidenta 17

2.2.1. Deponijski gas 17

2.2.2. Zagađenje vazduha kao posledica požara na deponijama 18

2.3. Prevencija nastanka zagađenja vazduha prilikom deponovanja otpada 21

2.4. Mere reagovanja u slučaju požara na deponijama 23

3. Monitoring kvaliteta vazduha u kontekstu uticaja odlaganja otpada i požara na deponijama 24

3.1. Stanje kvaliteta vazduha u RS u 2020. godini 24

3.2. Odlaganje otpada – izvor emisije zagađujućih materija koje utiču na kvalitet vazduha 25

3.3. Regulatorni aspekt 26

3.4. Pregled merenja u mrežama za monitoring vazduha blizu deponija u zemljama EU i Republici Srbiji i postojeće infrastrukture 28

3.5. Mobilne ekotoksikološke jedinice – sagledavanje trenutnog stanja u RS 30

3.6. Procena laboratorijskih kapaciteta za merenje PCDD/PCDFs 31

3.6.1. Određivanje PCDD/PCDFs i dl-PCB 31

3.6.2. Određivanje masene koncentracije PCDD/PCDFs i dl-PCB u ambijentalnom vazduhu 33

3.6.3. Određivanje masene koncentracije PCDD/PCDFs i dl-PCB u vazduhu iz stacionarnih izvora 33

4. Uticaj zagađenja vazduha od požara na deponijama na zdravlje ljudi u Srbiji 35

4.1. Javnozdravstveni aspekt izloženosti populacije nastanjene u blizini lokacija za odlaganje otpada (i bez požara) 35

4.1.1. Stanovništvo izloženo zagađenju usled nepropisnog upravljanja otpadom 35

4.1.2. Uticaj zagađenja vazduha na zdravlje stanovništva usled požara na deponiji 37

4.2. Sprovođenje mera u slučaju požara na deponijama sa ciljem zaštite zdravlja: Procena zdravstvenog rizika, upravljanje i komunikacija rizika, inicijalni pristup problemu 38

4.2.1. Nadzor nad stanjem životne sredine i javnozdravstveni nadzor 38
4.2.2. Pripremne mere za reagovanje javnozdravstvene struke 40
4.2.3. Uloga zdravstvene struke u komunikaciji rizika uz fokus na osetljive grupe i poruke u vezi sa izloženošću štetnim materijama 40
4.2.4. Kontaminacija hrane kao posledica požara na deponijama 41
4.3. Uspostavljanje sistema humanog biomonitoringa – biomarkeri ekspozicije i efekta 43
4.4. Metodologija za procenu rizika za zdravlje stanovništva u zoni uticaja od požara na osnovu modelovanja kroz emisije i transport zagađujućih materija, kao i na osnovu merenja koncentracije PM čestica 44
5. Zaključci i preporuke 46
5.1. Sažetak zaključaka 46
5.2. Preporuke za sprečavanje nastanka požara na deponijama 49
5.3. Preporuke za minimizaciju posledica požara na deponijama 49
5.4. Preporuke za unapređenje sistema monitoringa radi sagledavanja uticaja požara na deponijama na zagađenje vazduha u RS 50
5.5. Preporuke za smanjenje rizika po zdravlje stanovništva za vreme i posle požara 51
6. Literatura 53

1. Uvod: Svrha, obuhvat i struktura radnog dokumenta

Neadekvatno upravljanje komunalnim otpadom dovodi do ozbiljnih posledica po zdravlje ljudi i kvalitet života u Republici Srbiji.

Posledice gomilanja otpada na nesanitarnim deponijama, koje su primarni način odlaganja otpada u Srbiji, postaju sve očiglednije. Požari koji se javljaju na ovim deponijama postaju sve češći i veći, u skladu sa povećanjem količine otpada koji se tamo odlaže. Nažalost, otvaranje malog broja sanitarnih deponija i povećanje količine otpada koji se tamo odlaže nije rešio problem neprestanog nepravilnog odlaganja komunalnog otpada i višedecenijsko zanemarivanja ovog problema.

Ova studija ima za cilj identifikaciju ključnih izazova u upravljanju komunalnim otpadom i kvalitetom vazduha sa kojima se suočava Srbija. Dobijeni rezultati predstavljaju osnovu za podizanje svesti ključnih donosilaca odluka o važnosti ovog pitanja i njegovom uticaju na kvalitet života u Srbiji.

Na inicijativu Programa Ujedinjenih nacija za zaštitu životne sredine (UNEP), radni dokument su pripremili „Inženjeri zaštite životne sredine“ u saradnji sa organizacijom Alternativa za bezbednije hemikalije (ALHem) i uz podršku stručnjaka iz Srbije i inostranstva, kroz sagledavanje dostupnih podataka i analizu trenutnog stanja na osnovu koje su date preporuke za unapređenje. Sprovođenje datih preporuka dovešće do unapređenja sistema upravljanja otpadom i monitoringa kvaliteta vazduha, dok će nastavak dosadašnje prakse bez unapređenja dovesti do povećanog broja požara i sve većeg uticaja tih požara na pogoršanje kvaliteta vazduha i zdravlja ljudi. Radni dokument je pisan da bude razumljiv veoma širokoj publici, uključujući stručnjake kao i širu zajednicu donosilaca odluka i kreatora javnih politika. Dokument ipak često ulazi u detalje kako bi objasnio tehnički aspekt problema, hemijske procese koji dovode do požara i posledičnih ekoloških i zdravstvenih opasnosti, kao i normativne aspekte problema, okvir javnih politika ili probleme i praksu upravljanja koja bi mogla i koja bi trebalo da spreči ove opasne događaje. Nadamo da će na ovaj način širok spektar zainteresovanih strana bolje razumeti ovu veoma kompleksnu temu i uključiti se u rešavanje postojeće situacije.

Radni dokument se sastoji od sledećih jedinica, odnosno poglavlja: (2) Uticaj upravljanja otpadom na pojavu požara na deponijama, (3) Praćenje kvaliteta vazduha u ovom kontekstu i (4) Uticaj zagađenja vazduha iz požara na deponijama na ljudsko zdravlje i završava se poglavljem (5) Zaključci i preporuke. Zaključci i preporuke ukazuju na nedostatke u okviru upravljanja otpadom i njegovoj primeni i sadrže detaljnu listu preporuka za suočavanje sa identifikovanim izazovima kako bi se što više smanjio štetan uticaj požara na kvalitet vazduha i ljudsko zdravlje.

Zaključak studije jeste sa je ključ za sprečavanje negativnih posledica od zagađujućih materija koje se oslobađaju tokom požara na deponijama komunalnog otpada u prevenciji njihovog nastajanja, tj. u preduzimanju mera za sprečavanje nastanka požara, adekvatnom odgovoru kada se on desi, kao i unapređenju sistema monitoringa radi sagledavanja uticaja na životnu sredinu na kom se bazira i način uspostavljanja javnozdravstvenog nadzora.

Studija dalje zaključuje da će nastavak dosadašnje prakse upravljanja otpadom u Srbiji i mala posvećenost ključnih aktera samom problemu izvesno dovesti do povećanja problema i sve učestalije

pojave požara na deponijama. Klimatske promene praćene povećanim brojem „tropskih“ dana i sušnih perioda dodatno će, u sinergiji sa velikom količinom organskog otpada na deponijama, uticati na povećanje učestalosti i intenziteta požara. Pandemija COVID-19 dodatno je povećala korišćenje jednokratnih pakovanja i sredstava za dezinfekciju, a samim tim i količine otpada od ambalaže sredstava za dezinfekciju i održavanje higijene. Ove vrste materijala mogu dodatno zakomplikovati odgovor na požare i njihove posledice po životnu sredinu. Štetnost zagađujućih materija koje nastaju tokom požara na deponijama i njihov ozbiljan uticaj na zdravlje predstavljaju ključni razlog da se ovaj problem reši. Nedostatak adekvatnog monitoringa specifičnih zagađujućih materija i sistema obaveštavanja stanovništva o preventivnim merama zaštite zdravlja omogućava da zagađujuće materije direktno ili indirektno, putem hrane, dospevaju u naše organizme i izazivaju oboljenja koja mogu imati i fatalan ishod. Ovakvo stanje zahteva hitno pokretanje aktivnosti koje će jasno definisati najrizičnije lokacije i neophodne preventivne mere, uspostavljanje adekvatnog sistema monitoringa zagađenja i sistema rane najave i obaveštavanja stanovništva.

Lečenje posledica zagađenja na ljudsko zdravlje je skupo. Zbog bioloških i društvenih faktora, zagađenje utiče na žene, muškarce i decu na različite načine, dovodeći do razvojnih nedostataka i bolesti u zavisnosti od nivoa izloženosti, što je ponekad povezano sa rodnim ulogama i/ili socioekonomskim statusom. Integrisani pristup upravljanju otpadom obezbeđuje da politike i strategije služe ne samo potrebama celokupnog društva, već i napretku prema ispunjenju ciljeva održivog razvoja na efikasan način i unutar kratkog vremenskog okvira koji nam preostaje.

Društvo u Srbiji mora da preuzme odgovornost i počne da upravlja otpadom u skladu sa principima cirkularne ekonomije i održivog razvoja. Jedino na taj način otpad koji je oko nas neće završiti u nama

2. Uticaj upravljanja komunalnim otpadom na pojavu požara na deponijama

2.1. Upravljanje otpadom u Srbiji

Sistem upravljanja komunalnim otpadom u Srbiji još uvek je u početnoj fazi razvoja kojom dominira deponovanje otpada na nesanitarne deponije i divlje deponije bez prethodne selekcije ili tretmana. Ovakav način upravljanja otpadom predstavlja značajan rizik po životnu sredinu i zdravlje ljudi, jer nesanitarne deponije i divlje deponije, nemaju sisteme za sprečavanje širenja zagađenja iz otpada u životnu sredinu a često su i mesta izbijanja požara. Prema podacima iz Programa upravljanja otpadom u Republici Srbiji za period 2022 – 2031. godine, tek manji deo prikupljenog otpada završava na sanitarnim deponijama.

Skroman napredak u sistemu upravljanja otpadom posebno je izražen u delu upravljanja komunalnim otpadom koji se, u najvećoj meri, generiše u domaćinstvima i za čije prikupljanje, transport, tretman i deponovanje su odgovorne jedinice lokalne samouprave. Zbog ovakvog stanja, najveći broj požara javlja se na divljim i nesanitarnim deponijama, gde se deponuje najveći deo generisanog komunalnog otpada bez ili uz minimalne mere kontrole i zaštite životne sredine. Vrlo često se, usled neefikasne kontrole privrednih subjekata, na ovim deponijama može naći i industrijski i opasan otpad koji predstavlja dodatnu opasnost po životnu sredinu i zdravlje ljudi. U komunalnom otpadu

se, po pravilu, nalazi i opasan otpad iz domaćinstva koji se zajedno sa njime meša i odlaže a prilikom pojave požara postaje izvor najopasnijih jedinjenja koja imaju direktno štetno dejstvo na zdravlje ljudi. Opasni komunalni otpad sastoji se od svih materija koje direktno ugrožavaju zdravlje ljudi i životinja i negativno utiču na stanje životne sredine poput baterija, ambalaže kućne hemije, pesticida, boja, ulja, sredstava za čišćenje, lepkova, fluorescentnih i živinih sijalica, akumulatora, sudova pod pritiskom, sprejeva, motornih ulja, ambalaže i filtera za motorna ulja, ostataka lekova i kozmetike, predmeta koji sadrže živu i raznih drugih predmeta koji sadrže opasne elemente i jedinjenja.

Usled složenosti problema sa kojim se u upravljanju otpadom Srbija suočava, ovaj radni dokument će biti usmeren pre svega na komunalni otpad i posledice koje nastaju usled pojave požara na nesanitarnim deponijama.

2.1.1. Divlje i nesanitarne deponije

Razlog nastanka divljih deponija je pre svega nedostatak adekvatne infrastrukture i sistema koji bi omogućio 100% pokrivenosti stanovništva uslugom prikupljanja i transporta komunalnog otpada, pa se divlje deponije najčešće javljaju u ruralnim i polururalnim oblastima, gde sistem prikupljanja i transporta komunalnog otpada nije uspostavljen ili je nedovoljno organizovan (Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji, 2022).

Prema podacima Agencije za zaštitu životne sredine, prosečan obuhvat sakupljanja komunalnog otpada u 2020. godini iznosio je 86,4%, što je rast od 0,2% u odnosu na 2019. godinu, ali je i dalje manje u odnosu na 2018. godinu kada je iznosio 87,2% (AZŽS, 2021a).

Ukupan broj evidentiranih divljih deponija, prema podacima Agencije za zaštitu životne sredine, iznosi 3.319 (AZŽS, 2021a), dok je, prema podacima Vlade Republike Srbije divljih deponija više od 3.500 (Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji, 2022).

Divlje deponije su „van kontrole opštinskih komunalnih preduzeća“, različitih su dimenzija i faktora rizika i procenjuje se da na njima završi oko 20% generisanog komunalnog otpada (Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji, 2022), ali usled nedostatka bilo kakve kontrole velika je verovatnoća da pored komunalnog otpada na ovim deponijama završavaju i druge vrste otpada.

Akcije čišćenja divljih deponija, koje iziskuju značajna sredstva, dale su skromne rezultate. Naime, od 905 lokacija divljih deponija za koje je tokom 2020. godine izvešteno da su očišćene, na 855 lokacija otpad je ponovo deponovan (AZŽS, 2021a). Ovo dodatno potvrđuje da bez sistemskog pristupa, potpune pokrivenosti uslugom sakupljanja komunalnog otpada i efikasnog inspekcijskog nadzora nije moguće sprečiti ponovno gomilanje otpada na istim ili drugim lokacijama niti stvaranje divljih deponija.

Proširenje obuhvata sakupljanja komunalnog otpada širom Srbije na neophodnih 100% planirano je da se ostvari tek 2031. godine (Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji, 2022), što jasno ukazuje da u predstojećem periodu možemo očekivati da se nastavi sa praksom gomilanja otpada na divljim deponijama. Veće količine otpada na divljim deponijama, uz druge faktore, dovode do povećanja rizika od pojave požara na njima a samim tim i povećanja negativnog uticaja na zdravlje i životnu sredinu.

Kako bi se ovo sprečilo, neophodno je što skorije uspostaviti sistem prikupljanja komunalnog otpada, koji bi obuhvatio 100% stanovništva, i sprečiti dalji nastanak divljih deponija. Pored toga, potrebno je jasno sagledati lokacije, količine i vrstu otpada koji je odložen na postojećim divljim deponijama, proceniti njihov stepen rizika po zdravlje i životnu sredinu i, na osnovu rezultata procene rizika, izvršiti prioritizaciju sanacije i rekultivaciju. Potrebno je dodatno unaprediti sistem inspekcijskog nadzora i osigurati da se otpad odlaže na za to predviđena mesta umesto na divlje deponije.

Većina lokalnih samouprava ima sopstvene nesanitarne deponije, za koje je Programom upravljanja otpadom za period 2022 - 2031. godine (Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji, 2022) predviđeno da se saniraju i zatvore. Ove nesanitarne deponije ne zadovoljavaju ni minimum tehničkih standarda, ne postoji kontrolisano odvođenje deponijskog gasa, niti se procedne vode sakupljaju i prečišćavaju, na njima ne postoji sistemski monitoring emisija, 70% njih nije predviđeno prostorno-planskim dokumentima i nemaju izrađenu studiju o proceni uticaja na životnu sredinu, niti imaju potrebne dozvole (Vasović D et al. 2023).

Podaci o dimenzijama i zapreminama tela deponije nisu pouzdani, usled nepostojanja tehničke dokumentacije. Zemljište na kojima se nalaze najčešće je u svojini Republike Srbije, a starost deponija varira od četiri do šezdeset godina. Prema izveštajima koji su dostavljeni Agenciji za zaštitu životne sredine od strane 144 lokalne samouprave, JKP otpad odlažu na 138 nesanitarnih deponija lociranih na teritoriji 114 lokalnih samouprava, od kojih su 22 neaktivne, a 116 se i dalje koriste.

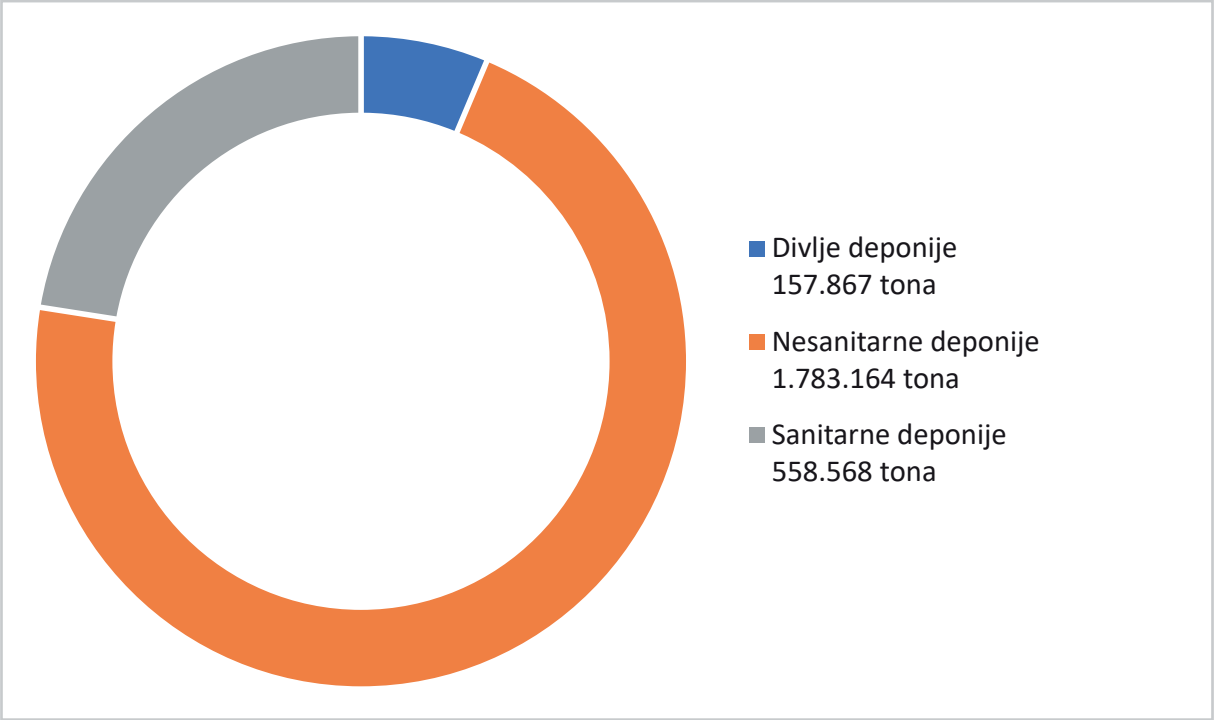
Od ukupnog broja nesanitarnih deponija, na njih 40 se otpad odlaže bez bilo kakve kontrole, na 56 se vrši razvrstavanje otpada, na 33 se otpad odlaže sloj po sloj a na devet je prijavljeno da se otpad odlaže po kasetama. Kod 123 nesanitarne deponije je prijavljeno da se odloženi otpad pokriva inertnim materijalom delimično ili u celini. U celini ili delimično, 23 nesanitarne deponije je u plavnom području. Na 59 nesanitarnih deponija ne vodi se nikakva evidencija o prijemu otpada. Za 92 nesanitarne deponije izrađeni su projekti sanacije, zatvaranja i rekultivacije, od čega se na 41 nesanitarnoj deponiji u celini ili delimično izvode radovi prema projektu, dok je za njih 53 potrebna izrada novog ili ažuriranog projekta sanacije (AZŽS, 2021a)

Tabela 1. Predviđeni period eksploatacije nesanitarnih deponija (AZŽS, 2021a)

Predviđeni period eksloatacije	Broj nesanitarnih deponija
do 3 godine	22
3–5 godina	20
više od 5 godina	47
hitno zatvaranje i sanacija	49
Ukupno	138

U 2020. godini, u Srbiji je generisano 2,95 miliona tona komunalnog otpada, od kojih je sakupljeno i odloženo 2,34 miliona tona. Na sanitarne deponije je odloženo 19% nastalog komunalnog otpada tj. 558.568 tona (AZŽS, 2021a).

Značajan procenat sekundarnih sirovina iz otpada prikupljaju i šalju na reciklažu neformalni sakupljači otpada. Različite analize međunarodnih organizacija i razvojnih agencija, kao što su Svetska banka, GIZ i agencije Ujedinjenih nacija, prepoznaju pitanje neformalnih sakupljača kao važan deo transformacije sistema upravljanja otpadom u zemljama u razvoju. Srbija, međutim, nije zemlja u razvoju i to je važan faktor (GIZ, 2018). Postoji značajna zajednica sakupljača sekundarnih sirovina, uglavnom Roma, koja obuhvata muškarce, žene i decu. „Oko 8000 porodica u Srbiji bavi se skupljanjem sekundarnih sirovina, a četvrtina uposlenih su maloletna lica. Očekivana životna dob sakupljača od oko 46 godina je znatno niža u odnosu na druge pripadnike romske populacije" (Ćurčić, D. et al., 2016). Status Roma u Srbiji je pitanje o kome se dosta zna: Romi žive u ekstremnom siromaštvu i izloženi su društvenoj marginalizaciji. Sakupljanje sekundarnih sirovina je često njihova jedina prilika za neformalno zaposlenje.



Slika 1. Količine odloženog komunalnog otpada (AZŽS, 2021a)

Od ukupno 2.947.496 tona generisanog otpada u 2020. godini u Srbiji samo je 558.568 tona odlagano na sanitarne deponije, dok je 1.783.164 tona odloženo na nesanitarne deponije i 157.867 tona na divlje deponije.

Iako postoji trend sve većeg odlaganja otpada na sanitarne deponije, najveći deo komunalnog otpada i dalje završava na nesanitarnim deponijama.

Procenjuje se da se na nesanitarnim deponijama nalazi više od 80 miliona kubnih metara otpada (FTN, 2009; AZŽS, 2021a).

Planirano je da nesanitarne deponije budu zatvorene tek 2034. godine (Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji, 2022), što znači da do tada treba očekivati da veliki deo komunalnog otpada, koji se generiše u proseku 1,15 kg/dnevno po stanovniku (AZŽS, 2021a), završi upravo na njima.

Sve navedeno dovodi do zaključka da nesanitarne deponije predstavljaju prvi prioritet, kada je reč o sprečavanju nastajanja zagađenja od deponovanja otpada, jer se na njima nalaze najveće količine otpada. Često se nalaze u blizini velikih naselja i vodotokova a nemaju ni minimalne tehničke uslove koji sprečavaju slobodno prodiranje nastalog zagađenja u životnu sredinu, te samim tim i njegov uticaj na zdravlje ljudi.

Kako bi se na najbolji način smanjio njihov negativan uticaj potrebno je uraditi detaljnu procenu njihovog rizika po zdravlje ljudi i procenu rizika od pojave požara, na osnovu kojih bi se sprovele preventivne mere, smanjila mogućnost nastanka požara, usvojile jasne procedure u slučaju njihovog nastanka i zaštitilo zdravlje stanovništva. Potrebno je uložiti i dodatne napore u motivisanje lokalnih samouprava za uspostavljanje regionalnih sistema upravljanja otpadom i poštovanje propisa u ovoj oblasti, uz adekvatno sprovođenje inspekcijskog nadzora od strane nadležnih institucija.

Praksa upravljanja otpadom u Srbiji sastoji se od samo dve radnje – sakupljanja i odlaganja bez prethodne selekcije. Neadekvatno odlaganje otpada vodi ka zagađenju vode, vazduha i zemljišta. Značajan problem predstavlja kontaminacija vazduha u blizini divljih i nesanitarnih deponija usled vetra, nekontrolisanog sagorevanja otpada i isparenja organskog porekla (Petrovic M et al. 2018). Pored opasnog otpada iz domaćinstava, na njima završava i otpad koji u sebi sadrži dugotrajne organske zagađujuće supstance (POPs). POPs su grupa jedinjenja otporna na fotolitičku, hemijsku i biološku degradaciju, što im omogućava da dugo ostanu u životnoj sredini. Zbog toga divlje i nesanitarne deponije u Srbiji mogu biti opasne za medijume životne sredine u svojoj blizini (Đogo M 2017, Petrovic M et al. 2018), pogotovo tokom trajanja požara.

2.1.2. Sanitarne deponije

Izgradnjom sanitarnih deponija poslednjih godina situacija sa deponovanjem otpada se popravlja jer se otpad odlaže na način koji nije opasan po životnu sredinu. U Republici Srbiji je dosad izgrađeno 12 sanitarnih deponija.

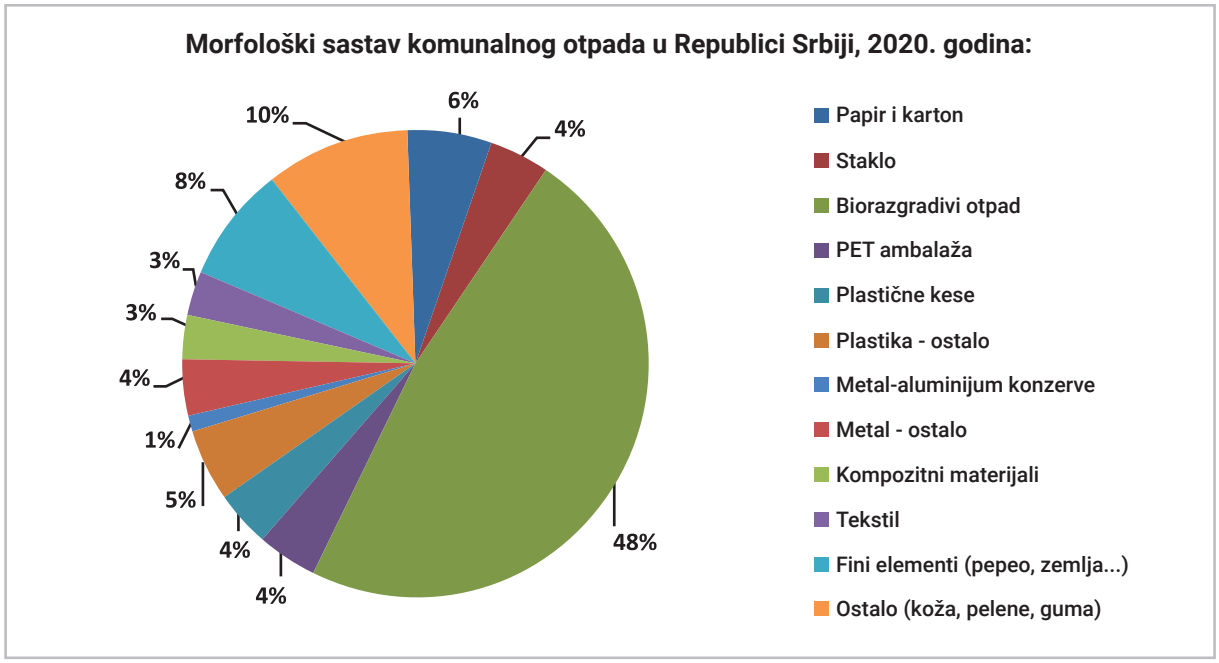
Iako se trenutno svega „19% nastalog komunalnog otpada odloži na sanitarne deponije“ (AZŽS, 2021a), od ključnog značaja za njihovo funkcionisanje u roku za koji su izgrađene jeste uspostavljanje sistema selekcije i tretmana otpada kako bi se sprečilo odlaganje otpada koji i dalje ima upotrebnu vrednost, odnosno koji se može iskoristiti za reciklažu, kompostiranje ili insineraciju.

Uzimajući u obzir da je tokom 2020. godine svega 455.457 t (15,45%) komunalnog otpada reciklirano a preko 2.340.000 t komunalnog otpada odloženo od strane JKP na sve vrste deponija (Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji, 2022), jasno se može videti da će, ukoliko se ne počne sa poštovanjem hijerarhije upravljanja otpadom i ne uvede efikasan sistem selekcije i tretmana otpada pre deponovanja, životni vek sanitarnih deponija biti daleko kraći. Na sve ovo treba dodati da se očekuje i konstantan porast produkcije otpada po glavi stanovnika i prebacivanje tokova deponovanja otpada sa divljih i nesanitarnih deponija na sanitarne deponije.

Kako bi se sanitarne deponije na najbolji način koristile potrebno je obezbediti da se samo onaj deo otpada koji nije moguće dalje iskoristiti ili je ostatak nakon procesa tretmana otpada, deponuje na njima. Ovo zahteva da se uvede sistem selekcije otpada koji će omogućiti da se najveći deo otpada reciklira ili ponovo iskoristi pre samog deponovanja. Posebnu pažnju treba posvetiti sprečavanju mešanja opasnog otpada sa komunalnim otpadom.

2.1.3. Morfološki sastav otpada

U 2020. godini, u morfološkom sastavu otpada dominirao je biorazgradivi otpad sa udelom od 48,4% (AZŽS, 2021a). Ovakvo stanje, u sinergiji sa načinom deponovanja na divljim i nesanitarnim deponijama, pogoduje nekontrolisanoj produkciji deponijskog gasa, kao i rizicima koji proizilaze iz nepoznate količine zapaljive materije i nesprovođenja adekvatnih mera upravljanja deponijom.



Slika 2. Morfološki sastav komunalnog otpada u 2020. godini (AZŽS, 2021a)

Iako se u Programu upravljanja otpadom navodi da su „podaci o količinama, vrstama i sastavu otpada polazna osnova u procesu planiranja upravljanja otpadom" i da „proces planiranja mora biti zasnovan na pouzdanoj bazi podataka o postojećim količinama otpada, izvorima i vrstama, kao i postojećem načinu upravljanja" (Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji, 2022), činjenica je da se svi strateški dokumenti u ovoj oblasti oslanjaju pre svega na procene usled nedostatka redovnog merenja i izveštavanja, kao i višegodišnjeg neadekvatnog primenjivanja Zakona o upravljanju otpadom i podzakonskih akata.

Posebnu pažnju treba posvetiti i činjenici da se decenijama sistem upravljanja otpadom u Srbiji zasnivao na sakupljanju i odlaganju bez odgovarajuće kontrole tokova otpada koji je deponovan, kao i da upravljanje industrijskim otpadom nije bilo sistemski rešeno, usled čega je dolazilo do mešanja dela opasnog i neopasnog industrijskog otpada sa komunalnim otpadom koji je završavao na divljim i nesanitarnim deponijama. Iako je stanje sa medicinskim otpadom donekle unapređeno, jedan njegov deo, kao i farmaceutski otpad iz domaćinstava, završava u komunalnom otpadu.

Iz svega ovoga se može zaključiti da na nesanitarnim deponijama imamo velike količine komunalnog otpada koji se decenijama nagomilavao i nastaviće da se nagomilava. U deponovanom otpadu se, pored komunalnog otpada, nalazi i opasan otpad iz domaćinstva a postoje lokacije na kojima je

on, verovatno, izmešan sa opasnim i neopasnim industrijskim otpadom. Veliki procenat organskog otpada, koji se odlaže, i način deponovanja dovode do stvaranja deponijskog gasa, što sve predstavlja ozbiljan rizik za pojavu požara i eksplozija na deponijama i širenje zagađujućih materija putem vazduha, ali i svih ostalih medijuma životne sredine.

Kako bi se uspostavio adekvatan sistem upravljanja otpadom, prevashodno je potrebno obezbediti pouzdane podatke o količinama i vrstama otpada koji se prikuplja, tretira i deponuje. Na osnovu pouzdanih podataka, potrebno je izvršiti izgradnju sistema koji će omogućiti smanjenje nastanka otpada, njegov pravilan tretman i reciklažu. Posebnu pažnju treba posvetiti smanjenju deponovanja biorazgradivog otpada, kao osnovnog uzroka nastanka deponijskog gasa

2.2. Uticaj deponovanja komunalnog otpada na zagađenje vazduha u redovnim uslovima i u uslovima akcidenta

Prema Petroviću (Petrović M et al. 2018) „neadekvatno deponovanje otpada dovodi do kontaminacije svih medijuma životne sredine (vode, vazduha, zemljišta i biote)“. Voda, koja perkolira kroz masu deponovanog otpada, rastvara različite materije koje horizontalnom i vertikalnom migracijom dospevaju i do podzemnih voda. Dodatni problem predstavlja kontaminacija ambijentalnog vazduha i zemljišta u okolini deponija, usled raznošenja otpada „vetrom, nekontrolisanog paljenja otpada i isparavanja komponenti organskog porekla“.

Kompleksnim fizičkim procesima, hemijskim i biohemijskim reakcijama u telu deponije generišu se brojne toksične i opasne organske i neorganske materije i smeše nepoznatog sastava, sa mogućnošću daljih složenih interakcija. Eksterni uslovi, kao što su temperatura, vlažnost, pritisak, brzina vetra i ruže vetrova, utiču na tok i brzinu hemijskih i biohemijskih reakcija i, posledično, generisanja različitih toksičnih supstanci. U zavisnosti od vrste otpada koji se odlaže, u medijumima životne sredine, u neposrednoj okolini deponija, sa velikom izvesnošću registruju se i identifikuju opasne supstance iz grupe organskih polutanata. Kontinualna emisija POPs u životnu sredinu često je povezivana sa industrijskim otpadom, dok je danas poznato da su značajne količine hlorovanih, bromovanih i fluorovanih POPs, kao deo predmeta opšte upotrebe, godinama nekontrolisano odlagane na deponije komunalnog otpada (Chrysikou et al., 2008; Weber R et al., 2011; Lou Z et al., 2016).

2.2.1. Deponijski gas

Osnovni preduslov za pojavu požara i eksplozija na deponijama jeste stvaranje deponijskog gasa. Deponijski gas nastaje u svim deponijama na kojima se odlaže biorazgradivi otpad i predstavlja nusproizvod anaerobne biološke razgradnje biorazgradivog dela komunalnog otpada.

Deponijski gas se primarno sastoji od metana (CH_4) i ugljen-dioksida (CO_2), ali može da sadrži i mnoge druge primese u manjim količinama, uključujući: azot, kiseonik, sulfide, disulfide, merkaptane, lako isparljiva organska jedinjenja (VOC), amonijak, vodonik, ugljen-monoksid, vodenu paru i mnoge

druge organske gasove. U okviru prethodnih istraživanja, u telu i okolnoj sredini deponija, pored deponijskih gasova, identifikovani su i katjoni toksičnih teških metala, kadmijuma, olova, žive, bakra, gvožđa i drugih metala i semimetala, kao i anjonskih vrsta NO^{2-}, NO^{3-}, PO_4^{2-}, SO_4^{2-} i drugih (Christensen et al., 1994; Chu et al., 1994; Kjeldsen i Christophersen, 2001; Kjeldesn et al., 2010; Stanisavljević et al., 2012; Vujić et al., 2010). Rizik po zdravlje može nastati kada deponijske vode kroz podzemne vode dođu do nadzemnih voda (Przydatek G 2019; Khalil C et al. 2018; Mishra H et al. 2018; Naveen BP et al. 2017). Postoje dokumentovani slučajevi spontanih eksplozija deponijskog gasa i požara koji su uzrokovali gubitak života i povrede ljudi, kao i oštećenje imovine.

Povećana koncentracija ugljen-monoksida (CO) u deponijskom gasu je koristan indikator postojanja požara i zagađenja vazduha.

Mnoga jedinjenja, koja se nalaze u primesama deponijskog gasa, poznata su kao činioci smoga ili kao reaktanti u procesu formiranja smoga. Stoga, deponijski gas doprinosi lokalnom zagađenju vazduha.

Pored metana, u deponijskom gasu najviše je zastupljen ugljen-dioksid. Oba gasa su dobro poznati gasovi sa efektom staklene bašte (GHG). Međutim, zbog većeg kapaciteta apsorpcije infracrvenih zraka, metan ima mnogo veći potencijal kao GHG u odnosu na CO_2 i to 25 do 28 puta (IPCC, 2014), pa čak i više od toga (na masenoj osnovi). Zbog doprinosa CH_4, deponijski gas koji se ne sakuplja i ne spaljuje (odbegli gas) smatra se potencijalnim i značajnim činiocem koji doprinosi globalnim klimatskim promenama i globalnom zagrevanju.

2.2.2. Zagađenje vazduha kao posledica požara na deponijama

Većina nesanitarnih deponija ne poseduje sistem za kontrolisano odvođenje deponijskog gasa, što može dovesti do požara ili eksplozija na deponiji. Prema podacima Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srbije – Sektora za vanredne situacije (MUP, 2022), broj registrovanih požara na deponijama je u konstantnom porastu.

Tabela 2. Broj požara na deponijama u Srbiji (MUP, 2022)

Godina	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.
Broj požara	584	1.296	950	1.244	1.205	1.715

Tokom 2021. godine, u 1.715 požara na deponijama zahvaćena je površina od 42.220,376 ara (MUP, 2022).

Divlje i nesanitarne deponije predstavljaju mesta sa povećanim rizikom od nastanka površinskih i dubinskih požara usled pojave deponijskog gasa i samih svojstava otpada koji je odložen. Značajan deo deponovanog otpada, tokom požara ima ulogu goriva sa srednjom ili visokom energetskom vrednošću (npr. plastika) tako da što je količina deponovanog otpada veća, veća je količina deponijskog gasa koji se u njoj nalazi, a time i rizik od pojave požara.

Pojavi požara posebno pogoduju toplije vreme i visoke temperature, koji se javljaju tokom letnjih meseci tokom kojih je intenzitet sunčevog zračenja veći a količina padavina manja. Usled klimatskih

promena može se očekivati povećanje sušnih perioda, broja „tropskih“ dana i povećanje temperature, što će dodatno pogodovati pojavi požara na divljim i nesanitarnim deponijama u Srbiji.

Nepostojanje sistema za upravljanje deponijskim gasom i odsustvo adekvatnih prekrivnih slojeva, u kombinaciji sa klimatskim promenama i sporim unapređenjem sistema upravljanja otpadom u Srbiji, dovešće do povećanja broja požara na deponijama, kao i do povećanja površine koju će zahvatiti.

Međutim, požari u kojima metan iz deponijskog gasa igra važnu ulogu nastaju indirektno. U uslovima visoke spoljašnje temperature vazduha, telo deponije se teže hladi, odnosno oslobađa višak toplote nastale unutar slojeva otpada tokom biološke i hemijske razgradnje organske materije. Ipak, ovo povećanje temperature obično nije dovoljno značajno da bi došlo do spontanog zapaljenja deponijskog gasa. Dominantni razlozi za početnu pojavu plamena na deponijama uključuju odlaganje zapaljivih (neizgorelih) materijala poput plastike i žara ili komada neizgorelog drveta, prisustvo otvorenog plamena, namerno spaljivanje otpada ili prisustvo zapaljivih vrsta otpada u deponovanom materijalu.

Još jedan sve veći uzrok pojave požara na deponijama i drugim objektima za upravljanje otpadom su litijumske baterije čije količine u otpadu su u porastu (US EPA, 2021a).

U zavisnosti od preovlađujućih uslova degradacije organske materije (dubina otpada, udeo organske materije, prodor kiseonika, vlažnost i drugo), menja se količina i sastav deponijskog gasa. Teorijski se uslovi za uspostavljanje požara na deponijama mogu pojaviti u bilo koje doba godine, dok je mnogo veća verovatnoća u letnjem periodu kada usled visokih temperatura vazduha, većeg broja sati intenzivnog sunčevog zračenja i odsustva padavina dolazi do smanjenja sadržaja vlage pre svega u gornjim slojevima deponovanog otpada. Upravo takva situacija pogoduje nastanku inicijalnog plamena koji zatim može zapaliti deponijski gas i na taj način se proširiti deponijom.

Kako nesanitarne deponije ne poseduju sisteme za upravljanje deponijskim gasom, a što podrazumeva kontrolu količina, sastava, kretanja, ispuštanja iz tela deponije i potencijalnog iskorišćenja, nakon pojave plamena, stvaraju se uslovi za širenje nekontrolisanog požara.

Telo deponije se može posmatrati kao rezervoar različitih količina i sastava deponijskog gasa koji je pod pritiskom usled permanentnog nastanka novih količina gasa. U nekontrolisanim uslovima gas može da ističe kroz površinu tela deponije na bilo kom mestu različitim intenzitetom. Upravo iz tog razloga suzbijanje i gašenje požara na deponijama je složen i dugotrajan postupak. Neretko se dešava da se gašenje plamena na deponijama odvija i više nedelja.

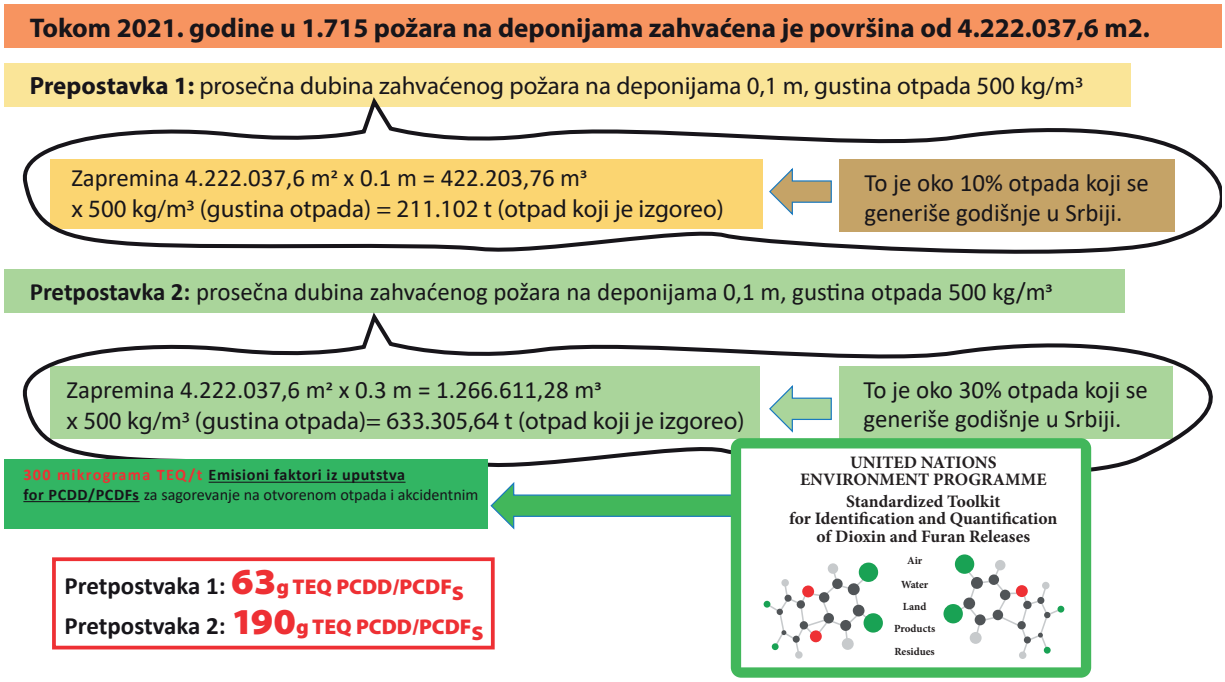
U zavisnosti od izvora požara, **zagađujuće materije** koje se oslobađaju tokom požara se sastoje od suspendovanih čestica (koje mogu da sadrže adsorbovane metale i organske zagađujuće materije, npr. PAH) i kompleksne smeše gasova koji se prenose vazduhom (Purser et al., 2016; Vejkfild, 2010; Griffiths SD et al, 2018), uključujući:

- sredstva koje izazivaju gušenje **(asfiksijanti)**, kao što je ugljen monoksid (CO), cijanovodonik (HCN) i ugljen-dioksid (CO_2)
- **iritativne supstance** uključujući sumpor dioksid (SO_2), okside azota (NOx), fosfor pentoksid (P_2O_5), hlorovodonik (HCl), fluorovodonik (HF), bromovodonik (HBr), akrolein i formaldehid, i
- **niz složenih organskih jedinjenja**, kao što su policiklični aromatični ugljovodonici (PAH), PCDD/PCDFs
- **PM** se takođe proizvodi, a oni mogu sadržati **adsorbovane metale** i organske zagađivače.

Poseban naglasak je stavljen na POPs, zbog njihovih svojstava, odnosno dugotrajnog uticaja koji imaju na zdravlje ljudi i životnu sredinu, kao i kroz lanac ishrane. U Dodatnim materijalima (EEG, 2023)[1] dat je detaljniji pregled ovih supstanci na osnovu objavljenih recenziranih međunarodnih naučnih publikacija.

U skladu sa Stokholmskom konvencijom o dugotrajnim organskim zagađujućim supstancama (POPs), od država koje su ratifikovale ovaj dokument zahteva se da preduzmu „mere za smanjenje ukupnog ispuštanja iz antropogenih izvora“ POP „a u cilju njihovog trajnog smanjenja i, gde je to moguće, konačnog eliminisanja“. Otvoreno sagorevanje otpada jedan je od izvora nenamerne emisije POPs. Republika Srbija je ratifikovala Stokholmsku konvenciju i, kao članica, ima obavezu da pripremi nacionalni plan implementacije (NIP) za primenu, kao i akcioni plan za karakterizaciju i rešavanje nenamernog oslobađanja POPs. Prema Konvenciji, akcioni planovi, između ostalog, „uključuju procene trenutnih i projektovanih ispuštanja koje su izvedene kroz razvoj i održavanje inventara izvora i procene ispuštanja“ (UNEP, 2013), dok se istovremeno bave ljudskom dimenzijom kroz usvajanje rodno odgovornih politika o opasnim hemikalijama i otpadu. Srbija je usvojila početni NIP i poseban akcioni plan za POPs 2010. godine, međutim, Vlada Srbije nije usvojila ažurirane planove, iako je obezbeđena finansijska podrška za izradu tih ažuriranih planova.

Na osnovu raspoloživih podataka o zahvaćenim površinama pri požarima na deponijama/smetlištima 2021. godine, procenjeno je da je emisija bila između 63 i 190 grama TEQ PCDD/PCDF (Slika 3). Kako informacija o zapremini otpada koji je zahvaćen požarima nije dostupna zapremina je izračunata uzimajući okvirno prosečne dubine otpada koji je zahvaćen požarima na deponijama/smetlištima. Prosečna dubina otpada zahvaćenog požarima, koja se može naći u literaturi, kreće se od 0,3 m do 1,2 m.[2]



Slika 3. Procena emisija nenamerno proizvedenih POPs za 2021; sažeto prikazan način proračuna emisija

[1] Dostupno na: https://www.activity4sustainability.org/wp-content/uploads/2024/03/Supplementary-resources-FINAL.pdf

[2] Više informacija je dostupno na www.wasteadvantagemag.com/landfill-fires

Prilikom procene korišćena je nešto niža dubina otpada zahvaćenog požarima 0,1–0,3 m i prosečna gustina otpada od 500 kg/m3. Uzeta je u obzir prosečna dubina zahvaćenog otpada od 0,1 m, jer su upoređeni dobijeni podaci iz proračuna zapremine spaljenog otpada i količine otpada nastalog u jednoj godini u Srbiji. U tom slučaju je 2021. godine izgorelo 211.102 t otpada, što predstavlja 10% otpada koji se godišnje generiše u Srbiji. U drugoj pretpostavci prosečna dubina spaljenog otpada je procenjena na 0,3 m i, koristeći istu gustinu otpada, dobija se količina izgorelog otpada od 630.000 t, što predstavlja 30% otpada koji se godišnje generiše u Srbiji. Prilikom procene isključena je mogućnost da se koristi prosečna dubina od 1,2 m, jer ta kalkulacija pokazuje da se sagoreva 2,5 miliona tona otpada, što je količina otpada koji se godišnje generiše u Srbiji. U kalkulacijama je korišćen faktor emisije iz "Toolkit-a za otvoreno sagorevanje otpada i slučajne požare" – klasa 1 "Požari na deponijama otpada" (zbijeni, vlažni, sa visokim sadržajem organskog ugljenika), koji iznosi 300 mikrograma TEQ/t.

Da bi se došlo do potrebnih preciznijih podataka za masu sagorelog otpada, pored informacije o površini obuhvaćenoj požarom, potrebno bi bilo da raspolažemo i podacima o zahvaćenoj dubini i gustini otpada.

Sektor za vanredne situacije Ministarstva unutrašnjih poslova za svaki požar na deponijama evidentira lokaciju, broj angažovanih vatrogasaca spasilaca, broj vozila i ostale bitne podatke vezane za konkretan vanredni događaj (MUP, 2022). Podaci se nalaze u narativnom formatu, pa njihovo sumiranje nije moguće izvršiti automatski.

Gašenje požara na deponijama zahteva angažovanje pripadnika vatrogasno-spasilačkih jedinica, vatrogasnih vozila i ostalih resursa na duže vreme, uz značajne troškove koji pri tome nastaju. Pored toga, tokom požara na deponijama umanjuje se i mobilnost vatrogasno-spasilačkih jedinica i njihova spremnost za reagovanje na nekim drugim vanrednim događajima (požari na stambenim objektima, spasavanje građana u saobraćajnim udesima, hemijskim akcidentima i dr.) (MUP, 2022). Uprkos angažovanju pripadnika vatrogasno-spasilačkih jedinica, veće požare nije moguće ugasiti bez dodatnog uključivanja lokalne zajednice koja mora da obezbedi dodatnu mehanizaciju i inertan materijal, a to su ključni resursi za suzbijanje i gašenje požara na deponijama. Ukoliko se ovi resursi ne obezbed postoji opasnost od daljeg širenja požara, njegovog sporijeg gašenja, a samim tim i produkcije veće količine zagađujućih materija

2.3. Prevencija nastanka zagađenja vazduha prilikom deponovanja otpada

Ključnu ulogu u prevenciji nastanka zagađenja vazduha prilikom deponovanja otpada ima uspostavljanje pravilnog sistema upravljanje otpadom tj. njegovog adekvatnog sortiranje, tretmana i deponovanja. Najznačajnije i najopasnije zagađenje vazduha od deponovanog otpada nastaje usled požara koji, osim zagađenja koje direktno ugrožava zaposlene i lokalno stanovništvo, najčešće uzrokuje i značajnu štetu na infrastrukturi i visoke troškove gašenja.

Rizik od požara se povećava sa rastom količine deponovanog otpada i sa odsustvom primene adekvatnih mera upravljanja deponijom koje možemo kategorisati kao preventivne i mere u slučaju akcidenta.

Nesanitarne deponije mogu predstavljati velike zalihe zapaljivog materijala sa veoma visokom energetskom vrednošću. Ovi materijali mogu izazvati površinske i dubinske požare. Da bi se razumeli razlozi nastanka požara na deponijama, neophodno je uzeti u obzir ceo **požarni trougao**: koji je izvor goriva, koliko je kiseonika dostupno i gde se nalazi izvor paljenja.

Sagledavajući stanje upravljanja otpadom u Srbiji i porast broja požara koji se javljaju na deponijama, možemo očekivati da će se takav trend nastaviti. Usled toga, od ključnog je značaja sprovođenje preventivnih mera za sprečavanje nastanka požara i jasno definisanje mera za reagovanje u slučaju nastanka požara, a sve sa ciljem smanjenja rizika po bezbednost i zdravlje ljudi i zagađenja životne sredine.

Za uspešnu prevenciju nastanka požara od izuzetnog je značaja da se obezbedi da se sav komunalni otpad prikuplja od strane ovlašćenih operatera i deponuje na za to predviđena mesta, čime će se sprečiti nastanak divljih deponija. Postojeće divlje deponije potrebno je sanirati i na taj način sprečiti pojavu požara na njima. Međutim, zatvaranje divljih deponija dovešće do povećanja količina komunalnog otpada koji se deponuje na nesanitarne i sanitarne deponije. Kako bi sistem upravljanja otpadom bio svrsishodan neophodno je obezbediti da se zna tačno ko je odgovaran za koji deo sistema. U slučaju otpada na divljim deponijama i divljih deponija uopšte, one predstavljaju „sivu“ zonu bez titulara i produkt su decenijskog zanemarivanja i neadekvatnog razvoja sistema upravljanja otpadom. Takav sistem bi morao da sadrži i mere socijalne inkluzije neformalnih sakupljača i njihovu tranziciju ka formalnijim ulogama u novom sistemu, kao i da zaštiti decu od ovakvih vrsta poslova.

Sanitarne deponije, u skladu sa svojim dozvolama i načinom rada, treba da imaju identifikovane mere za prevenciju nastanka zagađenja i požara, ali je i kod njih potrebno stalno unapređivanje znanja i mera kako bi se sprečili neželjeni događaji, jer se u praksi pokazalo da je proces pravilnog upravljanja često teži nego sâm proces uspostavljanja i izgradnje sanitarne deponije.

Nesanitarne deponije će do njihovog potpunog zatvaranja morati da prime još velike količine otpada, ali usmeravanje otpada sa divljih deponija na njih stvoriće konačan i ograničen broj deponija o kojima je potrebno voditi računa.

Bez obzira da li je reč o sanitarnim ili nesanitarnim deponijama, najefikasnija preventivna mera za nastanak zagađenja vazduha i sprečavanje nastanka požara jeste smanjenje količine komunalnog otpada koja će se deponovati na njima, sa posebnim akcentom na smanjenje količina biorazgradivog otpada i otpada koji u sebi sadrži supstance koje tokom degradacije i u slučaju požara postaju materije kancerogenog, teratogenog i mutagenog svojstva.

Na nesanitarnim deponijama potrebno je:

1) uvesti redovno i pravilno prekrivanje tela deponije slojem inertnog materijala uz formiranje uslova za stabilnost deponije;
2) ograničiti veličinu aktivne radne zone;
3) ograničiti pristup telu deponije i sprečiti pristup neovlašćenim licima;
4) uspostaviti efikasan sistem monitoringa, ekstrakcije, tretmana i iskorišćenja deponijskog gasa;
5) obezbediti praćenje temperature tela deponije i vizuelne kontrole pojave dima i
6) vršiti kontinuiranu obuku zaposlenih i angažovanih lica o merama bezbednosti i zdravlja na radu i merama protivpožarne zaštite.

2.4. Mere reagovanja u slučaju požara na deponijama

Pojava požara na divljim i nesanitarnim deponijama u Srbiji je u porastu, a ključnu ulogu u njihovom gašenju imaju Sektor za vanredne situacije Ministarstva unutrašnjih poslova i jedinica lokalne samouprave na čijoj se teritoriji nalazi deponija zahvaćena požarom. Na deponijama se javljaju dve vrste požara: a) požar koji se pojavljuje na telu deponije ili neposrednoj okolini i b) požar koji se pojavljuje na drugim objektima na lokaciji i ne uključuje deponovani otpad (ISWA, 2019).

Na divljim i nesanitarnim deponijama se, pre svega, javljaju požari „a)“ tipa, tj. požari na telu deponije ili u neposrednoj okolini.

Imajući u vidu da deo deponovanog otpada čine zapaljive materije, kao i prisustvo potencijalno velikih količina zapaljivog deponijskog gasa, od posebne je važnosti, u slučaju pojave plamena na telu deponije, brzo reagovati i preduzeti odgovarajuće mere za redukciju i eliminaciju požara. Veoma je važno da se požar brzo uoči i tačno locira. Lociranje požara bi od samog početka trebalo da bude u vezi sa mobilizacijom protivpožarnih resursa i obaveštavanjem vatrogasno-spasilačke jedinice.

U toku požara potrebno je preduzeti sledeće korake:

a) isključiti sistem za sakupljanje i upravljanje deponijskim gasom (ukoliko takav sistem postoji na deponiji);

b) obezbediti snabdevanje vodom i obezbediti dovoljnu količinu inertnog materijala;

c) omogućiti snabdevanje električnom energijom i

d) omogućiti dobru komunikaciju i podršku u radu vatrogasno-spasilačkim jedinicama.

Pristup gašenju požara na deponiji zavisi od tipa požara. Odabir pristupa najviše zavisi od intenziteta i smera vetra, lokacije zapaljivih materijala i mogućnosti da se mobilizuju osoblje i oprema protivpožarne službe, kao i od potencijalnog uticaja na lokalne zajednice.

Treba naglasiti da uključivanje širokog kruga zainteresovanih strana u lokalnoj zajednici, zatim izgradnja kapaciteta i obrazovanje žena, muškaraca, kao i neformalnih sakupljača, mogu pomoći da se poboljša komunikacija između pružalaca usluga i institucija zaduženih za reagovanje u vanrednim situacijama. Kontinuirano učešće svih strana doprinosi boljem monitoringu i prevenciji požara na deponijama, pogotovo za žitelje i zaposlene u njihovoj blizini

3. Monitoring kvaliteta vazduha u kontekstu uticaja odlaganja otpada i požara na deponijama

3.1. Stanje kvaliteta vazduha u RS u 2020. godini

Zvanična ocena Godišnjeg izveštaja o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji u 2020. godini Agencije za zaštitu životne sredine, koja je doneta na osnovu merenja iz državne mreže[3], jeste da je vazduh prekomerno zagađen (odnosno da je treće kategorije, gde su prekoračene granične vrednosti za jednu ili više zagađujućih materija) u sledećim aglomeracijama i gradovima:

- u Beogradu, Nišu, Smederevu, Pančevu, Užicu, Kosjeriću, Valjevu, Kraljevu i Novom Pazaru usled prekoračenja graničnih vrednosti suspendovanih čestica PM_{10} i $PM_{2.5}$;
- u Kragujevcu, Zaječaru, Popovcu i Zrenjaninu zbog prekoračenja granične vrednosti suspendovanih čestica PM_{10};
- u Subotici zbog prekoračenja granične vrednosti suspendovanih čestica $PM_{2.5}$;
- u aglomeraciji Bor usled prekoračenja granične vrednosti SO_2.

To znači da je oko tri miliona građana RS i zvanično udisalo prekomerno zagađen vazduh u 2020. godini, iako monitoring čestičnog zagađenja sa $PM_{2.5}$ i PM_{10} pokriva tek oko polovine stanovnika Srbije. U ostalim urbanim sredinama vazduh je zvanično ocenjen kao čist, uključujući i sredine u kojima ne postoji kontinuiran monitoring čestičnog zagađenja, te su podaci o monitoringu nepotpuni.

Sadržaj benzo(a)pirena (B(a)P) u suspendovanim česticama PM_{10}, kao najznačajnijeg predstavnika policikličnih aromatičnih ugljovodonika (PAH), u 2020. godini određivao se u okviru državne mreže, kao i u okviru lokalnih mreža za kvalitet vazduha. Rezultati merenja benzo(a)pirena tokom 2020. godine pokazali su da je prekoračena ciljna vrednost (1 ng/m^3) u Valjevu 4 ng/m^3, Užicu 3 ng/m^3, Somboru i Novom Sadu – Kaću po 2 ng/m^3 (AZŽS, 2021b).

Novi podaci o kvalitetu vazduha Evropske agencije za životnu sredinu u 2021. godini navode da se daleko najveća koncentracija PM čestica i karcinogena B(a)P uočava u zemljama Zapadnog Balkana, tj. u Republici Srbiji, Bosni i Hercegovini i Severnoj Makedoniji (EEA, 2021). Nema, međutim, dovoljno podataka razvrstanih po polu i godinama starosti koji bi konkretnije pokazali kako ovo zagađenje utiče na zdravlje ljudi. Integrisan koncept, kao što je npr. „Jedno zdravlje“ (eng. One Health), može biti jedan od pristupa za bolje povezivanje i ukrštanje postojećih podataka u budućem periodu.

Što se tiče sadržaja teških metala u suspendovanim česticama PM_{10}, tokom 2020. godine sadržaj arsena (As) i kadmijuma (Cd) u suspendovanim česticama PM_{10} u Boru je značajno prekoračio godišnje ciljne vrednosti. U Boru je srednja godišnja vrednost arsena na mernim mestima Bor-Gradski park, Bor „Jugopetrol“ i Bor-Krivelj iznosila 77 ng/m^3, 277 ng/m^3 i 8 ng/m^3 respektivno, a kadmijuma 12 ng/m3, 37 ng/m^3 i 5 ng/m^3. Ovi rezultati su u poređenju sa godišnjom vrednošću od 6 ng/m^3 za arsen i 5 ng/m^3 za kadmijum pokazali da je ona na svim mernim mestima prekoračena, osim

[3] Samo 12 od 29 gradova sa više od 50.000 stanovnika imaju državne stanice za automatski monitoring koje mere koncentracije PM čestica. Oko 1,35 miliona građana, koji žive u preostalih 17 gradova, nemaju informacije o koncentracijama PM u realnom vremenu (NEA, 2021). Za neke od ovih gradova se koncentracije zagađujućih čestica objavljuju u godišnjem izveštaju o kvalitetu vazduha koji se obično publikuje u drugom delu godine za prethodnu kalendarsku godinu.

kadmijuma na stanici Bor-Krivelj. Granična vrednost za olovo od 500 ng/m^3 i ciljna vrednost nikla od 20 ng/m^3 nisu prekoračene ni na jednoj stanici (AZŽS, 2021b).

Godišnja analiza automatskih merenja koncentracija benzena urađena je na osnovu podataka dostavljenih sa stanica u Beogradu, Novom Sadu i Pančevu iz državne i lokalnih mreža za monitoring kvaliteta vazduha. Rezultati merenja benzena tokom 2020. godine pokazuju da nije bilo prekoračenja godišnje granične vrednosti od 5 µg/m^3.

Ključna poruka iz Izveštaja o stanju životne sredine u RS za 2020. godinu jeste da se više od četiri petine ukupnog broja prekoračenja graničnih vrednosti polutanata odnosi na koncentracije suspendovanih čestica PM_{10}, tako da kvalitet vazduha na području Republike Srbije dominantno određuju koncentracije suspendovanih čestica PM_{10}, kao i prethodnih godina.

Problemi se javljaju i zbog primene različitih indeksa kvaliteta vazduha, koji za razliku od kriterijuma za ocenjivanje kvaliteta vazduha, nije obuhvaćen postojećom zakonskom regulativom. Agencija za zaštitu životne sredine RS i Gradski zavod za javno zdravlje Beograd na svom portalu Beoeko[4] koriste CAQI indeks kvaliteta vazduha (eng. *Common Air Quality Index*), koji koristi samo srednje časovne vrednosti koncentracija za šest zagađujućih materija za kategorizaciju kvaliteta vazduha u pet kategorija: Odličan, Dobar, Prihvatljiv, Zagađen i Jako zagađen. Ne postoji veza između granica opsega ovih kategorija i zakonski definisanih graničnih vrednosti za određene supstance.

U Dodatnim materijalima (EEG, 2023)[5] uz kratak prikaz dato je poređenje indeksa kvaliteta vazduha Evropske agencije za životnu sredinu (https://airindex.eea.europa.eu/AQI/index.html#), i Agencije za zaštitu životne sredine RS (http://www.sepa.gov.rs/) i dr.

3.2. Odlaganje otpada – izvor emisije zagađujućih materija koje utiču na kvalitet vazduha

Kao što je i naglašeno u prethodnom poglavlju, jedan od važnih faktora koji utiče na kvalitet vazduha jeste način upravljanja komunalnim otpadom.

Na osnovu Priloga VI, član 26 tačka 4 Uredbe o odlaganju otpada na deponije (Uredba o odlaganju otpada na deponije, 2010), u okviru monitoringa emisije gasova na biotrnovima potrebno je vršiti merenje emisije sledećih gasova: CH_4, CO_2 i O_2 i to jednom mesečno u toku eksploatacije deponije, a po prestanku rada deponije, prvih deset godina na svakih šest meseci, a zatim svake dve godine do odumiranja deponije. Merenja ostalih deponijskih gasova (H_2S, H_2 i drugih) vrše se po potrebi, u zavisnosti od sastava odloženog otpada, a u skladu sa dozvolom. Na osnovu informacija dobijenih od Agencije za zaštitu životne sredine, došli smo do saznanja da se podaci o monitoringu emisije gasova na deponijama dostavljaju Agenciji za zaštitu životne sredine RS samo za neke od sanitarnih deponija, što je inače obaveza po čl. 27 Uredbe. Podaci o monitoringu emisije gasova su nam dostavljeni za sedam od jedanaest sanitarnih deponija i to za sanitarne deponije u Lapovu, Jagodini, Leskovcu, Vranju, Kikindi i Sremskoj Mitrovici, dok su za sanitarnu deponiju u Gornjem Milanovcu dostavljeni samo podaci o monitoringu procednih i površinskih voda i to za 2007, odnosno 2008. godinu.

[4] http://www.beoeko.com/

[5] Dostupno na: https://www.activity4sustainability.org/wp-content/uploads/2024/03/Supplementary-resources-FINAL.pdf

Podaci o monitoringu emisije gasova nam nisu dostavljeni ni za jednu nesanitarnu deponiju. Takođe, uvidom u rezultate merenja emisije iz dostavljenih izveštaja došli smo do zaključka da je u okviru svih realizovanih merenja praćena i koncentracija ugljen-monoksida zajedno sa ostalim gasovima. To je od velikog značaja za prepoznavanje nastanka požara, s obzirom da se ugljen-monoksid smatra najosetljivijim indikatorom i koncentracija veća od 0,1% vol. se smatra pouzdanim indikatorom podzemnih požara (Milošević, L., 2016).

Na lokacijama na kojima je otpad odlagan više decenija, na deponijama na kojima ne postoje savremeni sistemi za odvođenje deponijskih gasova, može doći do samozapaljenja deponijskih gasova, odnosno do emisija zagađujućih materija u različite medije životne sredine, o čemu je bilo reči u prethodnom poglavlju. Do požara može doći i usled neadekvatnog tretmana otpada od strane neovlašćenih lica a sa ciljem prikupljanja sekundarnih sirovina, kao što je, recimo, spaljivanje kablova radi uklanjanja izolacije i oslobađanja bakarnih žica. Požari mogu nastati ne samo na deponijama, već i prilikom transportovanja otpada, zatim na mestima upravljanja otpadom, kao što su transfer stanice i reciklažni centri, naročito pri reciklaži guma, plastike i električnog i elektronskog otpada (Griffiths, S. D. et al., 2018) sa ključnim i sve većim uticajem litijumskih baterija (US EPA, 2021a).

Većina relevantnih strateških i planskih dokumenata u Republici Srbiji, na nacionalnom i lokalnom nivou, koja se odnose na zaštitu vazduha i upravljanje otpadom, ne prepoznaje uopšte (npr. Program upravljanja otpadom u RS za period 2022–2031. godine) ili ne u dovoljnoj meri (Jezdimirović I., 2022) uticaj odlaganja otpada na kvalitet vazduha. Slično je i sa politikama na lokalnom nivou, sa izuzetkom Beograda gde postoji Plan kvaliteta vazduha u aglomeraciji Beograd (Grad Beograd, 2021), u kojem je jasno prepoznat problem emisije zagađujućih materija kako u smislu stalnih emisija deponijskih gasova (pre svih metana), tako i u smislu mogućih akcidenata, tj. požara (dat je primer velikog požara na deponiji Vinča u toku 2017. godine). S tim u vezi, postavljen je jasan cilj, predložena mera i aktivnosti koje za rezultat očekuju smanjenje emisija iz oblasti odlaganja komunalnog otpada. Međutim, ostaje neizvesno da li će ovaj primer imati uticaj na buduće procedure za deponije kojima upravljaju druge lokalne samouprave

3.3. Regulatorni aspekt

Prema poslednjem izveštaju Evropske komisije o napretku Republike Srbije za 2020. godinu za Poglavlje 27 – životna sredina i klimatske promene (EC, 2021), jasno je da je RS samo delimično ispunila preuzete obaveze u oblasti životne sredine i klimatskih promena. U oblasti kvaliteta vazduha, u Izveštaju se navodi da je RS postigla „dobar nivo usklađenosti sa pravnim tekovinama EU“. Međutim, jasno se naglašava da RS mora da ubrza sprovođenje zakona u ovoj oblasti, kao i izradu i sprovođenje planova kvaliteta vazduha. Konstatuje se da je poboljšana mreža za praćenje kvaliteta vazduha, da se povećava broj mernih stanica, da su dostupni podaci u realnom vremenu, ali da postoji potreba da se praćenje kvaliteta vazduha znatno unapredi. Konkretno, automatske stanice u pojedinim gradovima moraju biti opremljene PM analizatorima koji trenutno nedostaju (Šabac, Vranje, Kruševac itd.), dok neki drugi veliki gradovi sa više od 50.000 stanovnika moraju biti uključeni u mrežu automatskog praćenja kvaliteta vazduha uspostavljanjem novih automatskih stanica (Subotica, Leskovac, Jagodina itd.).

U okviru ovog radnog dokumenta bilo je potrebno uraditi analizu propisa u RS koji se odnose na monitoring zagađujućih materija u medijumima životne sredine, pre svega u vazduhu, i napraviti poređenje sa EU regulativom kako bi se procenio stepen usklađenosti. Lista relevantnih propisa u RS i EU i GAP analiza predstavljeni su u Dodatnim materijalima (EEG, 2023)[6].

[6] Dostupno na: https://www.activity4sustainability.org/wp-content/uploads/2024/03/Supplementary-resources-FINAL.pdf

GAP analizom se zaključuje da su sve zagađujuće materije koje su propisane EU regulativom za praćenje u okviru redovnog monitoringa ambijentalnog vazduha transponovane u domaće propise.

Sa druge strane, pravna regulativa Evropske unije ne prepoznaje akcidente na deponijama i smetlištima. Štaviše, Direktiva 2012/18/EU Evropskog parlamenta i Saveta o kontroli opasnosti od velikih nesreća koje uključuju opasne supstance, koja menja i naknadno stavlja van snage Direktivu Saveta 96/82/EC, u članu 2 stav 2 tačka (h) eksplicitno isključuje deponije otpada uključujući podzemna skladišta otpada kao objekte u fokusu ove direktive.

Ostali propisi EU koji se na direktan ili posredan način bave kvalitetom vazduha, kao što su Direktiva 2008/50/EU Evropskog parlamenta i Saveta o kvalitetu ambijentalnog vazduha i čistijem vazduhu za Evropu, Direktiva 2004/107/EU Evropskog parlamenta i Saveta koja se odnosi na arsen, kadmijum, živu, nikl i policiklične aromatične ugljovodonike u ambijentalnom vazduhu, te Direktiva Komisije (EU) 2015/1480 o izmenama i dopunama nekoliko aneksa, direktive 2004/107/EC i 2008/50/EC Evropskog parlamenta i Saveta kojima se utvrđuju pravila koja se odnose na referentne metode, validaciju podataka i lokaciju tačaka uzorkovanja za procenu kvaliteta ambijentalnog vazduha ni na koji način ne pominju niti uređuju oblast vanrednog monitoringa u akcidentnim situacijama vezanim za otpad, pa ni u slučaju požara. Pored toga, Evropski parlament je pozvao na uvođenje rodne ravnopravnosti u sve svoje politike vezane za životnu sredinu i klimatske promene. Rezolucija Evropskog parlamenta od 11. septembra 2012. poziva na kompilaciju podataka razvrstanih po godinama starosti i polu u strategijama, programima, projektima i budžetiranju za sektore životne sredine i klime, kao i na uspostavljanje mehanizama za uključivanje rodne perspektive u politike životne sredine na nacionalnom, regionalnom i međunarodnom nivou. U rezoluciji od 9. juna 2015. godine Evropski parlament je takođe pozvao na prikupljanje rodno specifičnih podataka u sprovođenju procene uticaja politika zaštite životne sredine, klime i energije na žene.

Potrebno je napomenuti da je Evropska komisija već najavila reviziju EU direktive o kvalitetu ambijentalnog vazduha nakon objave novih smernica SZO (od septembra 2021). Nove smernice SZO preporučuju niže vrednosti pre svega za čestice $PM_{2.5}$ koje predstavljaju najveće zdravstveno opterećenje, za koje se sada preporučuje nova godišnja koncentracija od 5 μg/m^3, a za NO2 SZO preporučuje novu godišnju koncentraciju od 10 μg/m^3 .

EU trenutno revidira svoje standarde kvaliteta vazduha kroz Evropski zeleni dogovor i Akcioni plan EU o nultom zagađenju koji uključuju obavezu da se sadašnji standardi kvaliteta vazduha EU bliže usklade sa smernicama SZO (EC, 2022).

Dodatnim materijali (EEG, 2023)[7] sadrže uporednu tabelu sa prikazom graničnih vrednosti (GV) propisanih Uredbom o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha (Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha, 2010), standardima EU i preporukama SZO iz septembra 2021. godine.

Treba primetiti da u propisima Evropske unije i propisima RS ne postoje propisane maksimalne jednočasovne niti kratkoročne granične koncentracije za PM_{10} i $PM_{2.5}$ (za $PM_{2.5}$ ne postoje propisane ni 24-časovne), čak ni u akcidentnim situacijama kao što su požari.

Pored propisa koji uređuju kvalitet vazduha, u kojima su propisane granične vrednosti za određene zagađujuće materije opasne po zdravlje ljudi o kojima se izveštava, odnosno upozorava javnost, treba imati u vidu i da Zakon o zaštiti životne sredine, kao i Arhuska konvencija, propisuje obavezu obaveštavanja javnosti. Član 78 stav 1 Zakona o zaštiti životne sredine glasi: „Državni organi, organi autonomne pokrajine, organi jedinice lokalne samouprave i ovlašćene i druge organizacije dužni su da redovno, blagovremeno, potpuno i objektivno, obaveštavaju javnost o stanju životne sredine, odnosno o pojavama koje se prate u okviru monitoringa nivoa zagađujuće materije i emisije, kao i

[7] Dostupno na: https://www.activity4sustainability.org/wp-content/uploads/2024/03/Supplementary-resources-FINAL.pdf

merama upozorenja ili razvoju zagađenja koja mogu predstavljati opasnost za život i zdravlje ljudi, u skladu sa ovim zakonom i drugim propisima“ (Zakon o zaštiti životne sredine, 2004).

U Zakonu o potvrđivanju konvencije o dostupnosti informacija, učešću javnosti u donošenju odluka i pravu na pravnu zaštitu u pitanjima životne sredine (ovaj propis je poznat i po kraćem nazivu kao Arhuska konvencija), konkretno u članu 5, navodi se, između ostalog, da će svaka strana obezbediti „u slučaju neposredne opasnosti po zdravlje ljudi ili životnu sredinu, bilo da je ona uzrokovana ljudskom delatnošću ili prirodnim uzrocima, da sve informacije koje bi mogle omogućiti javnosti da preduzme mere za sprečavanje ili ublažavanje štete koja proizilazi iz te pretnje, a koje poseduju organi javne vlasti, budu odmah i bez odlaganja dostavljene pripadnicima javnosti koji mogu biti ugroženi“ (Zakon o potvrđivanju Konvencije o dostupnosti informacija, učešću javnosti u donošenju odluka i pravu na pravnu zaštitu u pitanjima životne sredine, 2009).

3.4. Pregled merenja u mrežama za monitoring vazduha blizu deponija u zemljama EU i Republici Srbiji i postojeće infrastrukture

Prema dostupnim podacima, u zemljama EU, u okviru državnih ili lokalnih mreža, nema kontinuiranog fiksnog merenja ambijentalnog vazduha u blizini sanitarnih i/ili nesanitarnih deponija. Praćenje kvaliteta se odvija na bazi naučnih istraživanja, u kontekstu oslobađanja zagađujućih materija iz samog tela deponije u svakodnevnom operativnom radu, odnosno u akcidentnim situacijama kada se vrši vanredni monitoring, te se analiziraju podaci dostupni i iz „stacionarnog“ monitoringa[8].

U kontekstu izbora lokacija za vršenje automatskog ili „manuelnog“ fiksnog monitoringa kvaliteta vazduha, Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha (Uredba o uslovima monitoringa i zahtevima kvaliteta vazduha, 2010) prepoznaje četiri vrste stanica: urbane, prigradske, ruralne i osnovne ruralne. Cilj ove podele je ravnomerno praćenje kvaliteta vazduha u kontekstu zaštite ljudskog zdravlja, odnosno vegetacije i prirodnih ekosistema. Sanitarne i nesanitarne deponije i uticaj emisija zagađujućih materija na vazduh sa ovakvih lokaliteta se u ovoj uredbi ne pominju.

Osim u Beogradu, u Republici Srbiji ne postoji „namenski“ monitoring kvaliteta vazduha u blizini deponija. Prema Godišnjem izveštaju o rezultatima merenja kvaliteta vazduha na teritoriji Beograda u lokalnoj mreži mernih stanica/mesta za 2021. godinu, u delu pod nazivom „Indikativna merenja nivoa zagađujućih materija u cilju uspostavljanja fiksnih merenja“ pominju se tri merna mesta (od kojih je jedno sa automatskim merenjima) koja imaju zadatak da prate eventualne emisije zagađujućih materija sa nesanitarne deponije u Vinči.

Agencija za zaštitu životne sredine RS upravlja drugom najbližom automatskom stanicom. Ona je postavljena u okviru Agencije na Zelenom brdu, na oko 5,2 km udaljenosti (vazdušnom linijom) od nesanitarne deponije u Vinči.

Imajući u vidu da gradovi u Srbiji imaju najčešće samo jednu automatsku stanicu, izuzev najvećih, tj. „industrijskih“ gradova, može se konstatovati da je pokrivenost velikog broja nesanitarnih deponija „državnim“ monitoringom kvaliteta vazduha na zanemarljivom nivou.

[8] Ilustracije radi, Agencija za životnu sredinu Engleske i Velsa je 2010. godine objavila publikaciju „Landfill air quality monitoring: a supplementary survey“ (EA of England and Wales, 2010) koja je rezultat istraživačkog projekta radi dodatnog monitoringa i analize zagađujućih materija koje nastaju u telu deponije u operativnom radu (bez požara).

U Dodatnim materijalima (EEG, 2023)[9] nalazi se studija slučaja koja je rađena za potrebe ove predmetne studije a u cilju analize podataka o monitoringu kvaliteta vazduha, na osnovu merenja sa mernih stanica i građanskog monitoringa, u odnosu na požar na nesanitarnoj deponiji Vinča u avgustu 2021. godine. Ovaj požar je izabran kako zbog dostupnosti podataka, tako i zbog velikog uznemirenja javnosti, te nedostatka jasno vremenski određenih podataka o požarima na drugim deponijama.

Jedno od prvih istraživanja o emisijama organskih zagađujućih materija primenom savremenih metoda uzorkovanja i analize uzoraka iz različitih medijuma životne sredine na nesanitarnim deponijama na teritoriji RS sprovedeno je u okviru doktorske disertacije „Nivoi koncentracija i upravljanje perzistentnim organskim polutantima u heterogenom sistemu deponija komunalnog otpada“ (Đogo, M., 2017). Ispitivani su uzorci procednih voda, ambijentalnog vazduha i zemljišta na deset nesanitarnih deponija komunalnog otpada na području AP Vojvodine u periodu od 2012. do 2013. godine.

Nalazi istraživanja pokazuju da ispitivane deponije komunalnog otpada nisu posedovale projektovane mere zaštite i sprečavanja zagađenja životne sredine, osim u slučaju deponija u Novom Sadu i Temerinu. Na svim ispitivanim deponijama komunalnog otpada dolazilo je do povremenog paljenja otpada i pojave požara. Sve lokalitete, ispitivane u okviru navedenog istraživanja, karakteriše nesistematičan i neuređen sistem upravljanja posebnim tokovima otpada kojima pripadaju istrošene baterije i akumulatori, otpadna ulja, otpadne gume, električni i elektronski otpad, otpadne fluorescentne cevi koje sadrže metalnu živu, otpad koji sadrži PCB, otpad kontaminiran perzistentnim organskim supstancama, otpad koji sadrži azbest, otpadna vozila, otpad iz proizvodnje titan-dioksida i ambalažni otpad. Podaci o količinama posebnih tokova otpada koji su odlagani na ispitivanim lokalitetima nisu poznati. Lokacije uzorkovanja selektovane su na osnovu uvida u tehničku izvodljivost postavljanja pasivnih uzorkivača ambijentalnog vazduha u dužem vremenskom periodu i uzimajući u obzir blizinu deponije lokalnom stanovništvu.

U kolektovanim uzorcima ambijentalnog vazduha određivani su PAH, PCB, organolhlorni pesticidi, polibromovani difenil etri, dioksini i furani. U sakupljenim uzorcima ambijentalnog vazduha, najveći sadržaj PAH detektovan je u Rumi, Temerinu i Novom Sadu. Najveći sadržaj selektovanih supstanci iz grupe organohlornih pesticida detektovan je u ambijentalnom vazduhu u Novom Sadu, Vrbasu, Temerinu i Bečeju. U uzorcima ambijentalnog vazduha najveći sadržaj ukupnih PBDE detektovan je u Zrenjaninu. U uzorcima ambijentalnog vazduha, najviši koncentracioni nivoi PCDD/PCDFs detektovani su u Temerinu, Bečeju, Subotici, Novom Sadu i Vrbasu. Rezultati istraživanja, uz statističku obradu podataka u cilju identifikacije potencijalnih izvora emisije ispitivanih supstanci, u fazi su pripreme za publikaciju u međunarodnom časopisu sa impakt faktorom.

Kada je reč o monitoringu PCDD/PCDFs i dl-PCB, u RS se ne sprovodi zvanično kontinuirano merenje u ambijentalnom vazduhu u okviru državnih ili lokalnih mreža, već samo u vazduhu/otpadnom gasu iz stacionarnih izvora.

Na globalnom nivou, u cilju praćenja efektivnosti sprovođenja međunarodnih konvencija i programa (Stokholmska konvencija o dugotrajnim organskim zagađujućim supstancama, CLRTAP/EMEP program) sprovodi se monitoring POPs u ambijentalnom vazduhu u okviru međunarodnih mreža, kao i specijalnih EU programa od strane pojedinačnih naučnih institucija, kao i državnih agencija. Detaljnije informacije o međunarodnim, EU i nacionalnim mrežama za merenje POPs dostupne su u Dodatnim materijalima (EEG, 2023)[10]

[9] Dostupno na: https://www.activity4sustainability.org/wp-content/uploads/2024/03/Supplementary-resources-FINAL.pdf

[10] Dostupno na: https://www.activity4sustainability.org/wp-content/uploads/2024/03/Supplementary-resources-FINAL.pdf

3.5. Mobilne ekotoksikološke jedinice – sagledavanje trenutnog stanja u RS

U slučajevima većih hemijskih udesa, pre svega u SEVESO postrojenjima, ali i u požarima na deponijama, do 2014. godine formalno su postojale mobilne ekotoksikološke jedinice, koje su bile angažovane u pružanju stručne pomoći, kao deo sistema upravljanja u vanrednim situacijama. Poziv su dobijale od centara za obaveštavanje lokalnih samouprava ili republičkog inspektora za zaštitu životne sredine. One su odmah, po dojavi, izlazile na teren, vršile odgovarajuća merenja na terenu i uzimale uzorke koji su kasnije analizirani u laboratoriji.

Međutim, s prestankom finansiranja od strane Ministarstva za zaštitu životne sredine, posle 2014. godine one zvanično više ne funkcionišu. Ostale su samo dve aktivne jedinice koje mogu da pruže stručnu pomoć – u Gradskom zavodu za javno zdravlje Beograd (GZZJZ) i Zavodu za javno zdravlje „Pomoravlje“ u Ćupriji. Tako se na portalu GZZJZ Beograd može pronaći da se u Centar za ekotosikologiju, kao organizacionoj jedinici, između ostalog, obavljaju sledeći poslovi: „Utvrđivanje i sprovođenje mera u elementarnim i drugim većim nepogodama i vanrednim prilikama; Prevencija i odgovor na hemijske udese, uz obezbeđenu stalnu (24-časovnu) pripravnost mobilne ekotoksikološke jedinice“.

Ova jedinica izlazi na teren samo na području Grada Beograda. U međuvremenu, oformljena je jedinica u sastavu Vatrogasne brigade Grada Beograda, koja dobija sredstva iz Ministarstva unutrašnjih poslova – Sektora za vanredne situacije, ali bez zvaničnog uključivanja mobilne ekotoksikološke jedinice koja ipak izlazi na teren na poziv Sektora za vanredne situacije.

Mobilna ekotoksikološka jedinica GZZJZ Beograd ima šest članova i to: dva lekara, dva diplomirana inženjera tehnologije ili diplomirana hemičara i dva tehnička saradnika. Postoje dve ekipe mobilne ekotoksikološke jedinice u GZZJZ. Na teren izlazi prva MEJ ekipa sa tri člana (lekar, tehnolog i tehničar), dok je druga ekipa u rezervi.

Na portalu Zavoda za javno zdravlje „Pomoravlje“ u Ćupriji, u okviru informacija o organizacionoj strukturi, vidljivi su podaci da Zavod raspolaže mobilnom laboratorijom za emisiona, imisiona i akcidentna merenja koja je, između ostalog, ovlašćena za: merenje i uzorkovanje u oblasti aerozagađenja, zemljišta, otpada i sedimenta; izdavanje izveštaja o ispitivanju; tumačenje rezultata ispitivanja i davanje mišljenja, te stručno-metodološku delatnost u oblasti aerozagađenja, zemljišta, otpada i sedimenta. Mobilna ekotoksikološka jedinica iz ovog zavoda trenutno broji pet članova (jedan hemičar i četiri tehničara), s tim da su još dva obučena tehničara iz druge službe na raspolaganju za ispomoć, tako da se, po potrebi, mogu oformiti i tri ekipe. Broj raspoloživih ekipa ipak zavisi od konkretne akcidentne situacije i vrste merenja, kao i od neophodne opreme za svaku konkretnu situaciju.

U slučaju požara na deponijama, mobilna ekotoksikološka jedinica GZZJZ Beograd radi trenutna merenja zagađujućih materija (ugljen-monoksid, ugljen-dioksid, nivo eksplozivne smeše, metan, sumpor-dioksid, azot-monoksid, azot-dioksid) i postavlja uzorkivače za merenje ostalih zagađujućih materija.

Prilikom postavljanja uzorkivača, uzimaju se u obzir meteorološki podaci za mesto akcidenta (brzina i pravac vetra, temperatura i vlažnost vazduha, atmosferski pritisak i osvetljenost), bira se mesto uzorkovanja koje se postavlja u smeru duvanja vetra u najbližem naseljenom mestu na različitoj udaljenosti od mesta akcidenta. Ne postoji pisana procedura za postavljanje mernih mesta pored mesta akcidenta.

Postavljaju se uzorkivači za merenje suspendovanih čestica PM_{10} i uzorkivač za merenje polihlorovanih bifenila (PCB) u vazduhu na poliuretanskom sunđeru (PUF), kao i uzorkivači za merenje BTEX-a na cevčicama sa aktivnim ugljem.

Potom se u stacionarnoj laboratoriji određuje sadržaj policikličnih aromatičnih ugljovodonika (PAH), teških metala, anjona i katjona, kao i organskog ugljenika (OCC) u uzorku čestica PM_{10}. Iz PUF a se određuje prisustvo PCB a sa cevčica sa aktivnim ugljem se analizira sadržaj BTEX-a u vazduhu.

Po potrebi se izlazi na teren vozilom koje je opremljeno monitorima za automatsko merenje zagađujućih materija, gde se online meri sadržaj toksičnih jedinjenja (CO, SO_2, NO, NO_2 NH_3,CH_4, PM_{10},$PM_{2.5}$, BTEX), s tim da je za ovaj vid merenja potreban izvor struje.

Prema dosadašnjem iskustvu članova mobilne ekotoksikološke jedinice, više od 90% akcidenata se odnosilo na ugrožavanje kvaliteta vazduha. Iz tog razloga, mobilnoj ekipi u Beogradu bi bilo od velike koristi da poseduje mobilni FTIR gasni analizator (npr. Gasmet DX4040 Portable FTIR Gas Analyzer) koji sadržaj toksičnih gasova u vazduhu na mestu akcidenta meri u realnom vremenu i sa velikim procentom pouzdanosti rezultata. Takođe, potrebno im je vozilo u koje bi instalirali gasni hromatograf sa masenim detektorom za online merenje lako isparljivih jedinjenja u vazduhu na mestu akcidenta, koji već poseduju.

Mobilna ekotoksikološka jedinica Zavoda za javno zdravlje „Pomoravlje“ u Ćupriji ima potrebu za nabavkom HV uzorkivača (eng. high volume sampler), automatskog analizatora za SO_2, NO_2 i CO u ambijentalnom vazduhu za manje požare i/ili prenosni gasni hromatograf za analizu gasova.

Na portalima GZZJZ Beograd, odnosno Zavoda za javno zdravlje „Pomoravlje“ u Ćupriji nema dodatnih informacija o protokolima i načinima angažovanja ekotoksikoloških jedinica, niti postoje informacije o angažovanju istih, odnosno o rezultatima eventualnih akcidentnih merenja. U kontekstu požara na deponiji u Vinči avgusta 2021. godine, postoji zasebna stranica na portalu GZZJZ Beograd na kojoj su izveštaji o kvalitetu vazduha koji su dati kao lista dnevnih izveštaja u periodu od 14. do 25. 8. 2021. godine, nedelju dana nakon izbijanja požara (požar je izbio 7. 8. 2021. godine), u formi tumačenja kvaliteta sa fiksnih automatskih stanica korišćenjem indeksa kvaliteta vazduha, bez rezultata analiza ekotoksikološke laboratorije.

3.6. Procena laboratorijskih kapaciteta za merenje PCDD/PCDFs

3.6.1. Određivanje PCDD/PCDFs i dl-PCB

Kao što je ranije navedeno, otvoreno sagorevanje otpada, gde spadaju i požari na deponijama, u zemljama u razvoju i zemljama u tranziciji predstavlja glavni izvor PCDD/PCDFs, kao i ostalih nenamerno proizvedenih POPs (PCB, PCN, HCB, PeCB) (UNEP, 2017d).

Smernice SZO za Evropu za kvalitet vazduha (WHO, 2000a) pružaju jasne zaključke u kontekstu načina izloženosti ljudi PCDD/PCDFs. U njima se ističe da je hrana glavni izvor ljudskog unosa, a unos putem vode za piće je zanemarljiv.

Izloženost ljudi PCDD/PCDFs udisanjem je generalno niska, manja je od 5% dnevnog unosa, dok je više od 95% unosa putem lanca ishrane. Pod pretpostavkom da je TEQ PCDD/PCDFs u ambijentalnom vazduhu 0,1 pg/m^3 a udahnuta zapremina vazduha 20 m^3/dan za odrasle, inhalacioni unos bi iznosio oko 0,03 pg/kg telesne mase dnevno (Wevers, M. et al., 1993; Duarte-Davidson, R. et al., 1994). Međutim, određena industrijska i urbana područja, kao i područja blizu glavnih izvora dioksina, mogu imati i do 20 puta veće koncentracije u vazduhu.

U slučaju velikih požara na deponijama, koncentracije PCDD/PCDFs mogu biti i do 4.000 puta veće u odnosu na koncentracije u periodu posle požara, kao što je to bio slučaj u Hrvatskoj 2007. godine tokom požara na nesanitarnoj deponiji u parku prirode, u neposrednoj blizini Vranskog jezera: 1940,4 fg/m^3 za vreme požara u odnosu na 0,480 fg/m^3 posle požara (Fajković, H. et al., 2017). U slučaju velikog požara koji se dogodio 2014. godine na deponiji u gradiću Ikvalit na severu Kanade srednje dnevne koncentracije PCDD/PCDFs u vazduhu su bile 66 puta veće tokom požara (0,2 pg TEQ/m^3) u odnosu na period posle gašenja požara (0,003 pg TEQ/m^3) (Weichenthal, S. et al., 2015).

Metodologija uzorkovanja ambijentalnog vazduha za analizu PCDD/PCDFs je veoma zahtevna. Na lokacijama deponija, na kojima postoje preduslovi, trebalo bi razmotriti primenu aktivnog uzorkivača vazduha u cilju određivanja koncentracije dioksina u gasnoj i čestičnoj fazi. Aktivno uzorkovanje vazduha je ekonomski zahtevno, podrazumeva postojanje izvora električnog napajanja, ali pruža informacije o količini uzorkovanog vazduha i omogućava proračun koncentracije ispitivanih polutanata u jedinicama masa/zapremina vazduha. Vreme ekspozicije modula za uzorkovanje je kraće u odnosu na pasivne uzorkivače (24–48 h).

„U upotrebi su brojne konfiguracije aktivnih uzorkivača vazduha (tj. aktivni uzorkivač male/visoke/veoma velike zapremine), kao i razni pasivni uzorkivači“ (Melymuk et al., 2016). Isto istraživanje ukazuje da „upotreba različitih konfiguracija aktivnih uzorkivača (npr. vrsta sorbenta, vreme uzorkovanja, zapremina uzorka, tipovi uzorkovača i različiti ulazi) može dovesti do niza artefakata uzorkovanja (npr. proboj, izbacivanje/ispuštanje filtera, degradacija itd)“. Glavna prednost aktivnih uzorkivača vazduha je u mogućnosti istovremenog prikupljanja gasne i čestične faze kako bi se dobili realističniji podaci. Analitičke procedure za pripremu filtera, period ekspozicije i analize razvio je RECETOX centar, Masarik univerziteta u Brnu. One nisu dostupne, ali su delimično objašnjene u mnogim naučnim radovima.

Pasivno uzorkovanje vazduha sa filterima od poliuretanske pene (PUF) uglavnom se primenjuje za potrebe naučnih istraživanja i pruža informacije o srednjoj vrednosti koncentracije polutanata u određenom vremenskom intervalu (uzorkovanje se sprovodi u trajanju od 28 do 86 dana), ekonomski je povoljnije i ne zahteva izvor električne energije. Nedostaci se ogledaju u rezultatima koji su dobijeni samo za gasovitu fazu vazduha i informacijama o protoku vazduha koji se procenjuju iz dostupnih meteoroloških podataka (Đogo, M., 2017). Kao što je već pomenuto, pasivni uzorkivači predstavljaju ekonomski povoljniju tehniku i pogodni su za dugotrajne monitoring programe.

3.6.2. Određivanje masene koncentracije PCDD/PCDFs i dl-PCB u ambijentalnom vazduhu

Prema podacima Akreditacionog tela Srbije[11] u Republici Srbiji, u periodu izrade ovog radnog dokumenta, ne postoji laboratorija koja je akreditovana za određivanje masene koncentracije PCDD/PCDFs i dl-PCB u ambijentalnom vazduhu, što bi bilo od velikog značaja za procenu uticaja požarnih epizoda na deponijama i u njihovoj blizini.

Određivanje sadržaja se vrši pomoću gasnog hromatografa visoke rezolucije u kombinaciji sa masenim spektrometrom visoke rezolucije (HRGC-HRMS). Ovaj sofisticirani aparat je veoma skup, košta oko 700.000 USD (UNEP, 2019a), kao i nabavka standarda, ali su kasnije visoki i operativni troškovi održavanja aparata. Ilustracije radi, cena jednog seta standarda – labelled HRMS PCDD/PCDFs standard mix (EPA 1613, calibration, clean-up, syringe) iznosi oko 2.820 USD (UNEP, 2019a). Prema našim saznanjima, u RS ovaj aparat poseduje Institut za higijenu mesa, Institut za nuklearne nauke „Vinča“ i AZŽS. Za analizu POPs, pored najbolje savremene opreme, neophodno je razviti, validirati i implementirati metode ispitivanja koje bi omogućile kvantifikaciju veoma niskih koncentracija organskih supstanci. Kontrola kvaliteta realizacije laboratorijske analize obuhvata upotrebu sertifikovanih referentnih materijala (eng. *Certificated Reference Materials – CRM*) i učešće u programima međulaboratorijskih poređenja ili programima ispitivanja osposobljenosti (PT).

US EPA je razvila metode za detekciju i kvantifikaciju PCDD/PCDFs u različitim matriksima životne sredine, kao što su:

- EPA 1613B1 – Tetra do okta-hlorisani dioksini i furani metodom izotopske dilucije HRGC/HRMS,
- EPA 8280B2 – za detekciju i kvantifikaciju PCDD/PCDFs pomoću gasnog hromatografa visoke rezolucije u kombinaciji sa masenim spektrometrom niske rezolucije (HRGC-LRMS),
- EPA 8290A3 – za detekciju i kvantifikaciju PCDD/PCDFs pomoću gasnog hromatografa visoke rezolucije u kombinaciji sa masenim spektrometrom visoke rezolucije (HRGC-HRMS)

Kao što je već ranije naglašeno, operativni troškovi su visoki, a analitičari moraju biti posebno obučeni za rad na ovim uređajima i spremni za rešavanje problema. Zbog toga je učešće u programima međulaboratorijskih poređenja ili programima ispitivanja osposobljenosti PT (eng. *Proficiency Testing*) od velikog značaja.

3.6.3. Određivanje masene koncentracije PCDD/PCDFs i dl-PCB u vazduhu iz stacionarnih izvora

Uredba o merenjima emisija zagađujućih materija u vazduh iz stacionarnih izvora zagađivanja (Uredba o merenjima emisija zagađujućih materija u vazduh iz stacionarnih izvora, 2016) propisuje standardne referentne metode za periodično i kontinualno merenje emisije PCDD/PCDFs i dl-PCB u vazduh iz stacionarnih izvora.

[11] Registar Akreditacionog tela Srbije je dostupan na http://www.registar.ats.rs/

Tabela 3. Standardne referentne metode za periodično i kontinuirano merenje emisija PCDD/PCDF i di-PCB u vazduhu iz stacionarnih izvora (na osnovu Uredbe o merenjima emisija zagađujućih materija u vazduh iz stacionarnih izvora zagađivanja)

Emisije iz stacionarnih izvora - Određivanje masene koncentracije PCDD/PCDFs i dl-PCB - Deo 1: Uzimanje uzoraka PCDD/PCDFs	SRPS EN 1948-1
Emisije iz stacionarnih izvora - Određivanje masene koncentracije PCDD/PCDFs i dl-PCB - Deo 2: Ekstrakcija i čišćenje PCDD/PCDFs	SRPS EN 1948-2
Emisije iz stacionarnih izvora - Određivanje masene koncentracije PCDD/PCDFs i dl-PCB - Deo 3: Identifikacija i kvantifikacija PCDD/PCDFs	SRPS EN 1948-3
Emisije iz stacionarnih izvora - Određivanje masene koncentracije PCDD/PCDFs i dl-PCB - Deo 3: Identifikacija i kvantifikacija dl-PCB	SRPS EN 1948-4

Prema podacima Akreditacionog tela Srbije, u Republici Srbiji, u periodu izrade ovog radnog dokumenta, postoji šest akreditovanih laboratorija za uzorkovanje PCDD/PCDFs i dl-PCB u cilju određivanja masene koncentracije - Deo 1: Uzimanje uzoraka PCDD-a i PCDF-a prema referentnom dokumentu SRPS EN 1948-1:2009. Međutim, nijedna laboratorija u RS nije akreditovana za određivanje masene koncentracije PCDD/PCDFs i dl-PCB u uzorcima vazduha iz stacionarnih izvora. Jedina opcija, koja je u ovom momentu raspoloživa u RS, jeste uzorkovanje vazduha iz stacionarnog izvora i potom slanje na ispitivanje u neku od akreditovanih laboratorija u inostranstvu.

Na osnovu informacija dobijenih od laboratorija koje sprovode uzorkovanje iz stacionarnih izvora, uzorci se najčešće šalju u nemačku laboratoriju Eurofins Analytik GmbH[12] ili u RECETOX centar u Brnu, u Republici Češkoj[13] na dalju analizu, odnosno određivanje sadržaja dioksina i furana. Uzorkovanje je kompleksno i traje najmanje 6–10 sati, a ako se očekuju niže koncentracije, onda je potrebno uzorkovati i 24 sata. Na osnovu obavljenih razgovora sa akreditovanim laboratorijama za uzorkovanje u RS, koje šalju svoje uzorke u EU na analizu, došlo se do informacije da je ukupna cena uzorkovanja, slanja i analize jednog uzorka 120.000–260.000 RSD. Kapacitet uzorkovanja je jedan do dva uzorka dnevno. Vreme potrebno za uzorkovanje, slanje i dobijanje rezultata traje u proseku sedam dana.

[12] Više informacija dostupno na: https://www.eurofins.com/contact-us/worldwide-interactive-map/germany/eurofins-analytik/

[13] Više informacija dostupno na: https://www.recetox.muni.cz/en/services/recetox-central-laboratories

4. Uticaj zagađenja vazduha od požara na deponijama na zdravlje ljudi u Srbiji

4.1. Javnozdravstveni aspekt izloženosti populacije nastanjene u blizini lokacija za odlaganje otpada (i bez požara)

4.1.1 Stanovništvo izloženo zagađenju usled nepropisnog upravljanja otpadom

Prema Svetskoj zdravstvenoj organizaciji, „život u blizini deponije može predstavljati rizik po zdravlje stanovnika, s obzirom da su izloženi zagađujućim materijama na nekoliko načina: inhalacijom iz ambijentalnog vazduha, konzumiranjem kontaminirane vode ili hrane gajene na kontaminiranom zemljištu“ (WHO, 2016).

Relevantan faktor u pogledu zdravstvenih posledica neadekvatnog upravljanja otpadom predstavlja činjenica kolika i koja je populacija izložena datim rizicima. Različite studije sprovedene u Evropi, poput SESPIR i INTARESE (Ranzi, A. et al., 2014; Forastiere, F. et al., 2011), procenjuju da je 2–6% opšte populacije u urbanim sredinama direktno ugroženo usled emisija sa ovakvih lokaliteta. Očekivano je da je stanovništvo koje živi u neposrednom okruženju deponija izloženije štetnom dejstvu emisija, što uključuje i element socijalne nejednakosti, kada su uticaji životne sredine na zdravlje u pitanju. Moramo imati u vidu da su ove studije izrađene za pojedine zemlje EU i da su uzeti u obzir uticaji sanitarnih deponija i insineratora.

Pored izloženosti opšte populacije, neophodno je istaći i profesionalni zdravstveni rizik, naročito u populaciji neformalnih sakupljača otpada, s obzirom da njihov redovni boravak na lokalitetu deponije uzrokuje direktnu i kontinuiranu izloženost ovom riziku. Toksične supstance i teški metali se, ako se ne koristi zaštitna oprema, najčešće unose dermalnim putem. Naime, u slučaju zaprljane, zamašćene kože, liposolubilne materije lakše penetriraju iz površinskih slojeva kože u splet potkožnih kapilara. Gelberg (1997) je ustanovio da radnici na deponijama imaju povećanu prevalenciju respiratornih i dermatoloških simptoma nego radnici na drugim lokacijama.

Prema Ministarstvu zdravlja Njujorka (New York State Deprartment of Health[14]) „kratkotrajno izlaganje (obično do oko dve nedelje) povišenim nivoima amonijaka i vodonik-sulfida iz ambijentalnog vazduha može uzrokovati kašalj, iritaciju očiju, nosa i grla, glavobolju, mučninu i poteškoće sa disanjem. Ovi efekti obično nestaju kada se izlaganje zaustavi. Studije sprovedene u blizini deponija ukazale su na povezanost zdravstvenih efekata sa izloženošću deponijskim gasovima. Studije su sprovođene u trajanju od nekoliko meseci i u tom periodu prijavljivane su zdravstvene tegobe koje su se poklopile sa periodima povišenih nivoa vodonik-sulfida i mirisa na deponijama. Prijavljene zdravstvene tegobe uključivale su: iritaciju očiju, grla i pluća, mučninu, glavobolju, začepljenje nosa, poteškoće sa spavanjem, gubitak težine, bol u grudima i pogoršanje astme. Iako su druge hemikalije možda bile prisutne u vazduhu, poznato je da mnogi od ovih efekata mogu biti posledica izlaganja vodonik-sulfidu“.

Ukoliko su primese (pre svega vodonik-sulfida (H_2S)) prisutne u koncentracijama koje predstavljaju opasnost po zdravlje ljudi to može da izazove određene zdravstvene rizike. Iako sadržaj vodonik-sulfida u deponijskom gasu iznosi nekoliko ppm, na pojedinim deponijama zabeleženo je njegovo prisustvo u koncentracijama većim od 3.000 ppm (Kung, K. et al., 2015). Prilikom merenja sastava deponijskih gasova na deponiji Vinča u Beogradu za potrebe Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu (rezultati još nisu publikovani), izmerene su koncentracije od preko 1.000 ppm. Utvrđeno je da je vodonik-sulfid smrtonosan po ljude u koncentracijama već od 100 ppm.

[14] Više informacija dostupno na: https://www.health.ny.gov/environmental/outdoors/air/landfill_gas.htm

Prema Agenciji za zaštitu zdravlja Velike Britanije (Health Protection Agency-UK, 2011) „prisustvo mirisa može uznemiriti lokalno stanovništvo, odnosno dovesti do stresa i anksioznosti. Neki ljudi mogu osetiti mučninu i/ili vrtoglavica kao reakciju na mirise, čak i kada je koncentracija ovih hemikalija nedovoljna da bi bila direktno štetna po zdravlje".

Hronična toksičnost usled dugotrajnog izlaganja deponijskom gasu isto može da predstavlja opasnost. Mnoge komponente, koje se u deponijskom gasu nalaze u tragovima, poznate su, ili se za njih sumnja, da izazivaju pojavu karcionoma kod ljudi. Posebnu pažnju potrebno je posvetiti jedinjenjima za koje je utvrđeno da su prisutna u koncentracijama većim od preporučenog praga za dugoročne toksične doze izlaganja, sa fokusom na lokalitete na kojima se odlaže industrijski otpad.

Heler i Katapreta (2003) uočili su povećanu prevalenciju respiratornih simptoma kod dece koja žive u blizini deponija. Delorejn i saradnici (1995) su takođe uočili pozitivnu korelaciju između života u blizini deponije i postojanja respiratornih simptoma. U Finskoj, Pukala i Ponka (2001) otkrili su više slučajeva astme i raka među stanovnicima kuća izgrađenih na lokalitetima u blizini deponija. Istraživanje u Velikoj Britaniji, koje se takođe bavi uticajem deponije na koju se odlaže industrijski otpad, uočilo je porast hospitalizacije zbog respiratornih bolesti (Fielder, H. M. P. et al., 2001). U drugoj retrospektivnoj američkoj kohortnoj studiji rezultati su ukazali na povećanu stopu hospitalizacije zbog astme i respiratornih bolesti (Ma, J. et al., 2007).

Za opšte urođene anomalije, na osnovu rezultata istraživanja 11 sprovedenih studija (Mattiello, A. et al. 2013), njih šest je potvrdilo statistički značajnu povezanost sa izlaganjem deponijskom gasu (Mattiello, A. et al., 2013). Studija incidenata urođenih anomalija u blizini deponija opasnog otpada u Evropi (studija EUROHZCON) istraživala je ishod trudnoće kod žena koje žive u krugu od sedam kilometara od 21 deponije opasnog otpada u pet zemalja (Dolk, H. et al. 1998). „Ukupno je otkrivena veća učestalost nehromozomskih kongenitalnih anomalija" – posebno defekata neuralne cevi i anomalija arterija i vena.

U pojedinim studijama je procenjivan rizik od obolevanja od raka kod stanovništva koje živi oko deponija (Mattiello, A. et al., 2013). Druge studije su otkrile korelaciju između slučajeva raka i udaljenosti od deponija, na primer jedna italijanska studija, u kojoj se novodi slučaj karcinoma grkljana (Michelozzi P et al. 1998). Za većinu studija nije pronađena korelacija (detalji u Mattiello A et al. 2013).

Opasne zagađujuće materije unose se u organizam i inhalacijom PM čestica. Pored PM čestica prisutne su i druge zagađujuće materije, opasna organska jedinjena i teški metali koja dolaze od materijala koji na deponijama tinjanju u kontinuitetu (Yang H et al. 2018).

Prilikom procene zdravstvenih rizika potrebno je uzeti u obzir različite izvore zagađujućih materija i integrisati ih, ne samo vazduh, već i kontaminirano zemljište ili podzemne vode locirane u blizini datog lokaliteta. „Neke studije su pružile dokaze o povezanosti između stanovanja u blizini kontrolisanih deponija i različitih zdravstvenih rizika, ali, u celini gledano, takvi dokazi nisu potpuni. Nedostatak ovih studija povezan je sa kvalitetom procene izloženosti. U većini dostupnih studija udaljenost od deponije se koristi kao supstituent za izloženost" (WHO 2016). Međutim, razdaljina od deponija, u najboljem slučaju može da pruži samo preliminarnu aproksimaciju u odnosu na stvarnu izloženost zagađujućim materijama koje se emituju sa ovakvog lokaliteta (WHO, 2016).

Takođe, mnoge dugotrajne organske zagađujuće supstance – POPs se putem različitih mehanizama mogu osloboditi sa sanitarnih, nesanitarnih i divljih deponija. Odlaganje i skladištenje dugotrajnih organskih zagađujućih supstanci i drugih perzistentnih opasnih hemikalija može dovesti do kontaminacije životne sredine, pa i lanca ishrane (Petrlik, J. et al., 2022, Weber, R. et al., 2018b), što predstavlja rizik po zdravlje ljudi.

Biološki i društveni faktori dalje utiču na to kako POPs i drugi zagađivači utiču na zdravlje žena, muškaraca i dece. Potrebna su istraživanja koja povezuju rodne uloge, pol, godine, socioekonomski status i druge ranjivosti, da bi se pomoglo u formulisanju efikasnijih politika. Uprkos tome što najmanje doprinose zagađenju, najsiromašniji u društvu suočavaju se sa najvećim posledicama, jer su oni ti koji će verovatno živeti u zagađenijim sredinama ili preuzimati uloge u sakupljanju sekundarnih sirovina. Imajući u vidu da većinu najsiromašnijih u društvu čine žene, uzimanje u obzir rodne perspektive ostaje preporučeni pristup (WHO, 2015; WHO–WHA, 2015). Stoga je zauzimanje integrisanog pristupa upravljanju otpadom efikasan način da se osigura da politike i strategije ne samo budu efikasnije, već i da doprinose postizanju ciljeva održivog razvoja.

4.1.2. Uticaj zagađenja vazduha na zdravlje stanovništva usled požara na deponiji

Posledice ovih požara mogu biti direktne i indirektne.

Pogoršanje kvaliteta ambijentalnog vazduha je među najznačajnijim indirektnim posledicama požara na deponijama do kojeg dolazi usled emisije različitih zagađujućih supstanci oslobođenih u procesu sagorevanja pri relativno niskim temperaturama.

PCDD/PCDFs, ispušteni u vazduh tokom požara, talože se na vegetaciji i zemljištu, ulazeći u lanac ishrane. Zbog značajnih dugoročnih posledica, koje se mogu razviti nakon izlaganja ovim jedinjenjima, posebno onih neposredno nakon izlaganja, prioritet mora biti brza primena mera prevencije za smanjenje izloženosti. Pored toga, već je naznačeno da se na deponijama (sanitarnim i nesanitarnim) odlažu potrošački proizvodi koji u sebi sadrže POPs hemikalije. Otvoreno sagorevanje može uticati na takva ispuštanja i olakšati oslobađanja. Pored toga, požare na deponijama sa PVC plastikom, tj. plastikom koja sadrži hlor trebalo bi analizirati s dužnom pažnjom jer se tokom sagorevanja ovakvih materijala i pirolize emituju mnoge supstance sa negativnim efektom na zdravlje, poput PCDD/PCDFs i PCB (Wu, D. et al., 2021).

Više o izloženosti PCDD/PCDFs i PAH i uticaju na zdravlje objašnjeno je u Dodatnim materijalima (EEG, 2023)[15].

Kao što je već navedeno, tokom sagorevanja otpada emituju se i PM čestice. Emitovana koncentracija ovih čestica nepovoljno utiče na životnu sredinu, konkretno na floru (He, K. et al., 2012) na području emitovanja, i na zdravlje ljudi (WHO Regional Office for Europe, 2013b).

Potencijalni štetni efekti po zdravlje populacije, koji se moraju imati u vidu pri izbijanju požara na deponiji su:

- Izloženost dimu koja može imati i akutne i hronične posledice;
- Opasnost od opekotina/eksplozije, kao prevashodno profesionalni rizik za zaposlene na deponijama i vatrogasce, ali njoj mogu biti izloženi i neformalni sakupljači otpada;
- Izloženost povišenim koncentracijama ugljen-monoksida, čak i minimalno povišenim može izazvati pojavu neuroloških simptoma poput glavobolje, mučnine, osećaja umora i povraćanja;

[15] Dostupno na: https://www.activity4sustainability.org/wp-content/uploads/2024/03/Supplementary-resources-FINAL.pdf

- Anksioznost/ stres – pojave anksioznih i stresnih reakcija kod stanovništva koje živi u blizini deponije koja gori; Zbog toga neophodno je imati dovoljno osoblja obučenog da inhibira ove reakcije u akcidentnim situacijama; Porukama prema javnosti delovati umirujuće i racionalno, bez dodatnog dizanja panike;
- Fine čestice prečnika manjeg od 2,5 mikrometara ($PM_{2.5}$) mogu pogoršati postojeća hronična respiratorna oboljenja, kao što su astma i bronhitis, a povezuju se i sa srčanom aritmijom, infarktom miokarda i akutnom srčanom insuficijencijom. Osobe sa već dijagnostikovanim respiratornim i srčanim oboljenjima, starije osobe i deca su u najvećem riziku od izloženosti $PM_{2.5}$ česticama;
- Izloženost PCDD/PCDFs dovodi se u vezu sa supresijom imunog sistema, oštećenjem jetre, kožnim osipom, reproduktivnim i razvojnim poremećajima, kao i sa određenim tipovima karcinoma; Zbog ozbiljnosti dugoročnih posledica, koje se mogu razviti nakon izloženosti ovim jedinjenjima i mnogo kasnije, brzo sprovođenje mera prevencije u smanjenju izloženosti je od prioritetnog značaja;
- Štetni efekti po zdravlje uzrokovani zagađujućim supstancama, zbog moguće kontaminacije izvora vodosnabdevanja.

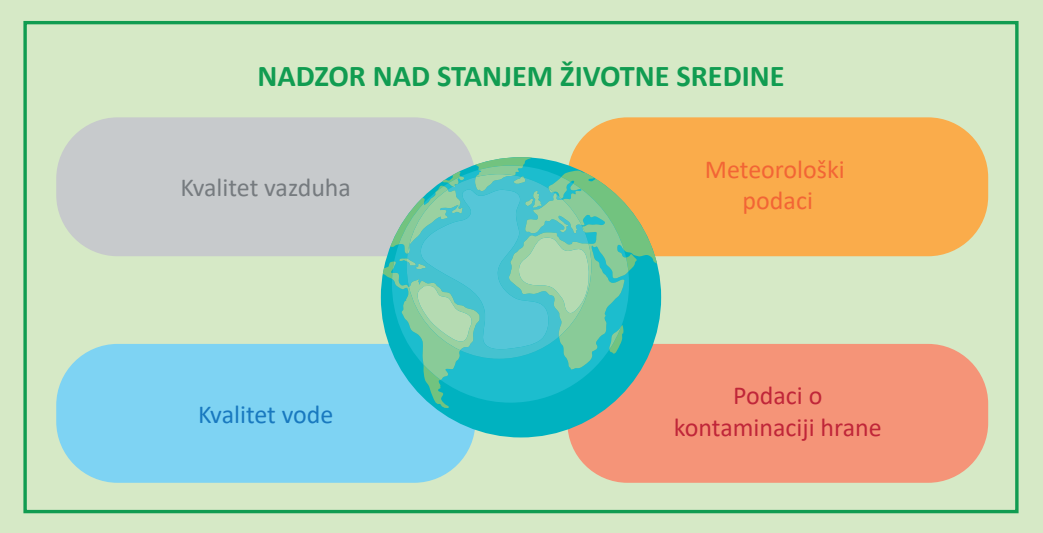
4.2. Sprovođenje mera u slučaju požara na deponijama sa ciljem zaštite zdravlja: Procena zdravstvenog rizika, upravljanje i komunikacija rizika, inicijalni pristup problemu

4.2.1. Nadzor nad stanjem životne sredine i javnozdravstveni nadzor

Prilikom izbijanja požara na deponijama, a u skladu sa tačno definisanim parametrima u okviru procedure za reagovanje u slučaju požara, potrebno je uspostaviti odgovarajući nadzor nad stanjem životne sredine, kao i javnozdravstveni nadzor.

Nadzor nad stanjem životne sredine treba usmeriti na:

- Kvalitet vazduha – praćenje specifičnih parametara tipičnih za požare na deponijama, kao što su prisustvo čestica (PM), ugljen-monoksida (CO), PAH, BTEX, teških metala, PCDD/PCDFs i dr. Potrebno je sačiniti listu zagađujućih materija koje se mere tokom požara u okviru jasno definisane procedure monitoringa vazduha tokom požara na deponijama;
- Meteorološke podatke (pravac, brzina vetra i dr.) – kontinuirano praćenje kvaliteta vazduha i precizna vremenska prognoza neophodni su za efikasan nadzor;
- Kvalitet vode – ovo je od značaja ukoliko je moguć scenario kontaminacija površinskih vodozahvata za vodosnabdevanje veće populacije koja i nije direktno ugrožena požarom sa deponije;
- Podatke o kontaminaciji hrane određenim kontaminentima uz podatke o navikama u ishrani.



Slika 4. Nadzor nad stanjem životne sredine tokom požara na deponijama

U okviru javnozdravstvenog nadzora potrebno je evidentirati pozive upućene službama za pružanje hitne medicinske pomoći, posete ustanovama hitne pomoći (Urgentni centar KCS, UC KCV, Nacionalni centar za kontrolu trovanja VMA, hitne službe pri opštim bolnicama i dr.) i stopu hospitalizacije, zbog stanja koja se mogu dovesti u vezu sa izloženošću dimu sa deponije, kakva su, recimo, „pogoršanje astme, bronhitisa, hronična opstruktivna bolest pluća, srčani udar i neurološke tegobe potencijalno povezane sa hroničnom izloženošću ugljen-monoksidu“.

Slika 5. Javnozdravstveni nadzor tokom požara na deponijama

Ova vrsta monitoringa bi trebalo da se sprovodi i neko vreme nakon što je požar fizički ugašen, s obzirom na moguće prolongirano dejstvo nekih zagađujućih materija, poput POPs.

4.2.2. Pripremne mere za reagovanje javnozdravstvene struke

Za otpočinjanje rešavanja nastale situacije potrebno je:

- saznati što više podataka o samom požaru, njegovoj lokaciji, karakteristikama otpada na deponiji;
- utvrditi da li se vrši monitoring zagađujućih materija u vazduhu, te, ukoliko isti postoji, dati procenu emisije za zagađujuće materije od javnozdravstvenog značaja;
- saznati, putem uvida u evidencije prijema u bolničke ustanove, postoje li prijave nastale nakon izloženosti dimu sa deponije koja gori

Nakon prvih preuzetih koraka, potrebno je:

- razmotriti kratkoročne mere za ublažavanje rizika po zdravlje izložene populacije (npr. akutni rizik usled izlaganja PM i agresivnim gasovima, rizik od hroničnih posledica usled izlaganja PCDD/PCDFs i dl-PCB itd.);
- kreirati ključne poruke u komunikaciji s javnošću sa temom smanjenja izloženosti kako opšte populacije, tako i posebno osetljivih kategorija stanovništva;
- organizovati distribuciju bitnih zdravstvenih poruka prema zdravstvenim radnicima u ustanovama primarne i sekundarne zdravstvene zaštite (domovi zdravlja i opšte bolnice), u smislu očekivanih vidova akutnog pogoršanja zdravlja nakon pribavljanja informacija o vrsti zapaljenog otpada i kategoriji izložene populacije.

4.2.3. Uloga zdravstvene struke u komunikaciji rizika uz fokus na osetljive grupe i poruke u vezi sa izloženošću štetnim materijama

Prilikom nastanka požara na deponijama i izloženosti ovoj vrsti rizika, komunikacija zdravstvenih radnika treba da bude usmerene na sledeće:

- Trudnice i žene koje planiraju trudnoću treba da ograniče izloženost dimu koji stiže sa požarom zahvaćenih deponija, a isto važi i za decu i ostale ugrožene grupe, zbog čega treba definisati specifične bezbednosne procedure.
- Mere koje važe za žene, decu i ostale ugrožene grupe treba da važe i za muškarce, naročito za zaposlene na deponiji, imajući u vidu sve nepredviđene situacije koje mogu nastati tokom požara.
- Na decu takođe dim može izazvati značajne štetne uticaje i njihovo izlaganje dimu treba ograničiti.
- Najefikasniji način za smanjenje izloženosti dimu sa deponije koja je zahvaćena požarom jeste da se ostane u zatvorenom prostoru (ako taj prostor nije prethodno napunjen dimom), u kom postoji mogućnost mehaničkog prečišćavanja vazduha, na primer u nerezidencijalnim prostorima sa planiranim boravkom više osoba istovremeno (edukativne, sportske i poslovne aktivnosti).

- Iako prosečne dnevne koncentracije PM čestica mogu biti ispod granične vrednosti, do naglog povećanja može doći usled promene pravca vetra i uz nanos zagađujućih materija od deponije prema urbanoj celini, pri čemu dim sa deponije može imati štetno dejstvo po zdravlje osetljivih populacionih grupa, uključujući starije, decu, trudnice i osobe sa hroničnim kardiovaskularnim, respiratornim i cerebrovaskularnim oboljenjima (FEMA, 2002; US EPA, 2014, 2015; Nunavut Department of Health, 2014).

4.2.4. Kontaminacija hrane kao posledica požara na deponijama

U područjima oko deponija i divljih deponija na kojima intenzivno otvoreno sagoreva otpad, zemljište, zbog kontaminacije, najverovatnije nije podesno za držanje stoke za proizvodnju hrane (Weber, R. et al., 2018b, Petrlick, J. et al., 2022). Ako se stoka i živina slobodno uzgajaju na područjima pogođenim većim (istorijskim) otvorenim sagorevanjem otpada, onda bi proizvedenu hranu (jaja, meso i mleko) trebalo ispitati na sadržaj PCDD/PCDFs i PCB.

Ilustracije radi, u nastavku su prikazane tri studije slučaja požara u kojima je došlo do kontaminacije zemljišta, stoke i hrane. Nakon izvršenih merenja, nadležni organi su morali da sprovedu veoma rigorozne mere sa ciljem zaštite stanovništva.

U studiji sprovedenoj nakon požara na sanitarnoj deponiji Tagarades (Solun, Grčka) 2006. godine date su indikacije o kontaminaciji hrane od požara na deponiji PCDD/PCDF. Deponija je od 1980. godine korišćena za odlaganje otpada iz domaćinstava (organskog, plastičnog, papirnog otpada itd.) sa šireg područja Soluna, a količina generisanog otpada je iznosila oko 16% otpada iz domaćinstava cele Grčke (oko 12.500 tona godišnje). Cilj studije bio je da se utvrdi nivo PCDD/PCDFs i dl-PCB u oko 60 uzoraka hrane (meso, jaja, mlečni proizvodi, povrće i masline) prikupljenih na udaljenosti do sedam kolometara od lokacije požara i to odmah nakon požara i šest meseci kasnije. Takođe, cilj studije je bio i da se uporede dobijeni nalazi sa uobičajenim koncentracijama ovih jedinjenja u grčkoj hrani. Za potrebe studije prikupljeno je 12 uzoraka zemljišta sa različitih lokacija, maksimalne udaljenosti do 5 km od deponije i to tokom 10 dana nakon gašenja požara. Po dobijanju rezultata o sadržaju PCDD/PCDFs potrošnja prehrambenih proizvoda poreklom sa kontaminiranog područja je zabranjena, do uspostavljanja dozvoljenih koncentracija. Uništeno je više od 80.000 kg mleka i više od 1.000 ovaca i koza. U stadu udaljenom 500 m od mesta požara, u kom su izmereni visoki nivoi PCDD/PCDF, uočeno je povećanje procenta genetskih poremećaja. Od 400 jarića u periodu prolećnog jarenja nakon požara, njih 10 (2,5%) rođeno je sa vidljivo urođenim manama (Vassiliadou I et al. 2009).

Zemljište unutar deponije imalo je povišenu koncentraciju PCDD/PCDFs (7,91 pg WHO PCDD/PCDF- TEQ/g). U većini uzoraka prikupljenih između 0,5 km i 5 km od deponije nije zabeležena kontaminacija PCDD/PCDF, što je u saglasnosti sa prethodnim studijama koje pokazuju da nije detektovano zagađenje zemljišta na udaljenosti većoj od 200 m od izvora kontaminacije.

Druga studija slučaja se odnosi na požar na Siciliji i pokazuje da se u zemljama EU vodi računa o emisiji PCDD/PCDFs tokom požara, kao i o bioakumulaciji PCDD/PCDFs u organizme domaćih životinja gajenih na farmama u neposrednoj blizini mesta požara. Naime, odmah nakon izbijanja požara određena je oblast u prečniku do 20 km i mleko poreklom sa farmi iz te oblasti nije smelo da se prodaje niti koristi, uključujući i mlečne proizvode i jaja, kao i prehrambene proizvode koji imaju potencijal da akumuliraju PCDD/PCDFs (Mazzucco, W. et al., 2020).

Treća studija slučaja se odnosi na IPEN globalni monitoring jaja. U okviru monitoringa 20 jata pilića u neposrednoj blizini deponija i lokacija za spaljivanje otpada u 12 zemalja u razvoju otkriveno je da je većina lokacija na kojima se ova jata uzgajaju kontaminirana: srednja vrednost i medijana TEQ od 20 združenih uzoraka jaja bile su 17,7 i 14,3 pg TEQ/g masti, odnosno tri puta iznad granica koje su definisane propisima EU. Naime, od 20 udruženih uzoraka jaja, njih 16 (80%) je bilo kontaminirano, tj. imalo je povišene vrednosti PCDD/PCDFs ili zbir PCDD/PCDF i dl-PCB iznad propisanih granica u EU (Petrlik, J. et al., 2022).

Zakonom o bezbednosti hrane (Zakon o bezbednosti hrane, 2009), Pravilnikom o utvrđivanju Programa monitoringa bezbednosti hrane biljnog i mešovitog porekla za 2021. godinu (Pravilnik, 2021), Pravilnikom o utvrđivanju Programa monitoringa hrane životinjskog porekla (Pravilnik, 2021) i Pravilnikom o utvrđivanju Programa monitoringa bezbednosti hrane (Pravilnik, 2022), u Republici Srbiji su propisane mere koje će se preduzeti u slučaju hemijske opasnosti, uključujući i informacije iz sistema za brzo obaveštavanje i uzbunjivanje za hranu (Rapid alert system for food and feed/ RASFF) i međunarodne mreže organa nadležnih za hranu (International Food Safety Authorities Network/INFOSAN).

Prema Pravilniku o maksimalnim koncentracijama određenih kontaminenata u hrani (Pravilnik, 2019), određivanje koncentracije PCDD/PCDFs i dl-PCB u uzorcima hrane i maksimalno dozvoljene koncentracije ovih jedinjenja u hrani propisane su za meso, proizvode od mesa, ribu i proizvode od ribe, mleko i proizvode od mleka, jaja i proizvode od jaja, životinjske i biljne masti. Pravilnikom je predviđeno da se za merenje koncentracije PCDD/PCDFs i dl-PCB u uzorcima hrane koristi HR GC-MS metoda. Takođe, pravilnicima koji se donose na godišnjem nivou u vezi sa programom monitoringa hrane životinjskog porekla propisuje se da je neophodno kontrolisati PCDD/PCDFs i dl-PCB u pasterizovanom kravljem mleku i ribi.

Institut za higijenu i tehnologiju mesa je 2018. godine imenovan za nacionalnu referentnu laboratoriju za PCDD/PCDFs i dl-PCB slična jedinjenja u hrani i u toku je intenzivna saradnja sa referentnom laboratorijom EU za halogenovane dugotrajne organske zagađivače (državni institut za hemijske i veterinarske analize u Frajburgu, u Nemačkoj). Međutim, prema Akreditacionom telu Srbije, trenutno nema akreditovanih laboratorija za određivanje PCDD/PCDFs i dl-PCB u hrani metodom HRGC/MS niti bilo kojom drugom analitičkom metodom. Određivanje koncentracije PCDD/PCDFs i dl-PCB u hrani vrši se u laboratorijama u inostranstvu (npr. Hamilton u Poljskoj).

Regulatornim aktima u RS date su osnove za upravljanje rizicima od unosa PCDD/PCDFs i dl-PCB putem hrane. Potrebno je prevazići nedostatak potvrđenih i akreditovanih metoda i laboratorija za merenje PCDD/PCDFs i dl-PCB u uzorcima hrane ili u humanom materijalu u cilju procene izloženosti opšte populacije sa PCDD/PCDFs i dl-PCB.

Napominjemo, takođe, da se procenjeni unos PCDD/PCDFs i dl-PCB putem hrane kod stanovnika EU kreće u opsegu od 0,93 pg I-TEQ/kg/dan u Holandiji do 3,0 pg I-TEQ/kg/dan u Španiji (računato za telesnu masu od 70 kg), što je u okvirima tolerišućeg dnevnog unosa (Tolerable Daily Intake-TDI) preporučenog od strane SZO koji iznosi 1–4 pg I-TEQ/kg/dan (EC 2012, WHO 1998). Varijacije ekspozicije mogu se razmatrati prema polu i godinama, dužini izloženosti i specifičnim podgrupama u okviru populacije ili „rizičnim grupama“. Osobe koje konzumiraju najviše hrane koja sadrži PCDD/ PCDFs i dl-PCB (95. ili 97. percentil populacije) izložene ovim jedinjenjima u vrednosti od 3,1 pg I-TEQ/kg/dan (EC 1999).

Izloženost populacije odraslog stanovništva RS putem hrane, procenjena u studiji Petrović i saradnici (2008), iznosi 3,14 pg I-TEQ/kg/dan, što je u okvirima TDI preporučenih od SZO (1-4 pg I-TEQ/kg/ dan), ali je deset puta veća od preporuke EFSA (2018) koja iznosi 2 pg I-TEQ/kg nedeljno (EFSA 2018, WHO 1998). Izračunata vrednost je nešto iznad vrednosti koju daje Zajednički stručni komitet za

aditive Organizacije za hranu i poljoprivredu UN i Svetske zdravstvene organizacije (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA) od 70 pg TEQ/kg za PCDD/PCDFs i PCB izraženo kao faktor ekvivalenta toksičnosti na bazi nalaza o reproduktivnoj toksičnosti (WHO, 2016). Vrednost do koje su došli Petrović i saradnici (2008) veća je od vrednosti TDI koju propisuje Naučni komitet za hranu (eng. *The Scientific Committee on Food – SCF*) koja iznosi 14 pg WHO-peTEQ/kg nedeljno (COT, 2001).

4.3. Uspostavljanje sistema humanog biomonitoringa – biomarkeri ekspozicije i efekta

Humani biomonitoring je „vid praćenja javnog zdravlja" i „predstavlja važan i koristan alat za istraživanje izloženosti ljudi hemikalijama iz životne sredine ili kod profesionalne izloženosti, obezbeđujući pouzdano merenje unutrašnje doze zagađivača kroz različite puteve izloženosti" (Calafat, A. M. et al., 2006; Jones, K., 2020). Humani biomonitoring može poslužiti za praćenje hemikalija tako što će „donosiocima odluka pružiti sveobuhvatniji pogled na stvarnu izloženost stanovništva zagađivačima, i može pružiti bolje dokaze odnosno donošenje odgovarajućih zaključaka" (Ganzleben, C. et al., 2017).

„Biomarkeri izloženosti, ali i ranih efekata na zdravlje i individualne osetljivosti, mogu poslužiti kao korisni alati u studijama procene uticaja na zdravlje kod populacije koja živi u blizini lokacija gde se odlaže otpad" (Indulski, J. A., Lutz, W., 1995). Njihova prednost je u tome što uzimaju u obzir razlike među pojedincima „u apsorpciji, metabolizmu, bioraspoloživosti, ekskreciji i distribuciji" (Bond, J. et al., 1992). Pored toga, prilagođavanje takvog istraživanje za različite kovarijante, kao što su starost, pol i socioekonomski status, omogućava istraživačima da procene različitosti u izloženosti (WHO 2000b)

Tabela 4. Primeri humanog biomonitoringa koji se odnose na neadekvatno odlaganje otpada, kao i na otvoreno spaljivanje otpada (WHO, 2000b)

Supstanca	Biomarker izloženosti
Olovo (Pb)	Pb u krvi
Kadmijum (Cd)	Cd u urinu
Hrom (Cr)	DNA-protein cross-links
Živa (Hg)	Hg u urinu
Polihlorovanibifenili (PCB)	Serumski nivoi PCB
VOCs	VOC u krvi
Policiklični aromatični ugljovodonici, (PAH)	DNA adukti

U razvijenim industrijskim zemljama sprovedeno je više studija o izloženosti ljudi u blizini deponija, te njihovom uticaju na zdravlje (e.g. UK Environment Agency, 2010; Mattiello, A. et al., 2013; US EPA, 2022). Studija Agencije za životnu sredinu Ujedinjenog Kraljevstva (2010) razmatra niz puteva izloženosti brojnim zagađivačima sa deponije, ali nije uzela u obzir otvoreno sagorevanje deponija, već spaljivanje deponijskog gasa sa zatvorenih deponija, kao i samih sanitarnih deponija.

Za niz POPs i drugih slabo isparljivih, perzistentnih hemikalija koje se oslobađaju sa deponija dostupni su podaci o kontaminaciji životne sredine i lanca ishrane, ali je ograničen broj studija o humanom biomonitoringu za POPs jedinjenja kod stanovništva koje stanuje oko sanitarnih/nesanitarnih deponija.

Najrelevantnije studije su date u Dodatnim materijalima (EEG, 2023)[16] za glavne grupe POPs jedinjenja – PCDD/PCDFs, PCB, PBDE i PFAS.

U Srbiji ne postoje epidemiološke studije o uticaju zagađujućih supstanci sa deponija na zdravlje stanovništva koje živi u neposrednoj blizini. Pored toga, u Srbiji ne postoji ljudski biomonitoring zagađivača koji se mogu emitovati sa deponija, posebno PCDD/PCDFs i PCB koji se emituju tokom otvorenog sagorevanja otpada ili iz stacionarnih izvora, a koji su navedeni u Stokholmskoj konvenciji.

Globalni biomonitoring prisustva PCDD/PCDFs u majčinom mleku, koji sprovode SZO i UNEP u cilju sagledavanja efikasnosti mera Stokholmske konvencije, ne obuhvata uzorke majčinog mleka iz Srbije

4.4 Metodologija za procenu rizika za zdravlje stanovništva u zoni uticaja od požara na osnovu modelovanja kroz emisije i transport zagađujućih materija, kao i na osnovu merenja koncentracije PM čestica

U poslednjih desetak godina objavljeno je nekoliko naučnih radova koji analiziraju emisije zagađujućih materija posle požara na deponijama korišćenjem simulacionih modela u cilju procene izloženosti populacije zagađujućim materijama. Iako je emisija različitih polutanata prepoznata kao problem, još uvek su malobrojna istraživanja u kojima su ove emisije kvantifikovane.

Prema nekim autorima, jedan od merljivih efekata požara na nesanitarnoj deponiji na kvalitet vazduha, koji bi se mogao uzeti u obzir, jeste koncentracija PM. U slučaju PM, emitovana masa i sa njom korelirana koncentracija čestica karakterišu učinak emisije na životnu sredinu i zdravlje, budući da se pokazalo da koliko god da je povećanje koncentracije PM ono ima nepovoljan uticaj na okolnu floru i zdravlje ljudi.

PM_{10} se emituju u toku sagorevanja bilo koje vrste materijala zbog čega su svi faktori kritični za procenu požara na deponijama uzeti u obzir u kontekstu koncentracije PM_{10}. Primer analize emisija zagađujućih materija, modelovan kroz emisije i transport PM_{10} suspendovanih čestica, daju radovi "Contribution of landfill fires to air pollution – An assessment methodology" i „The critical factors of landfill fire impact on air quality", objavljeni 2021. godine. Ovi radovi se bave analizom požara na deponijama u Poljskoj u 2018. godini. Autori zaključuju da je „kvalitet vazduha u Poljskoj je među lošijim u EU, što uticaj požara na deponiji na PM_{10} koncentraciju čini još značajnijim u kontekstu razlika između kvaliteta vazduha unutar EU". U radovima se, pomoću emisionih faktora, najpre proračunavaju emisije PM_{10}. Potom se, korišćenjem simulacionog modela HYSPLIT, daje ocena prostornog uticaja čestica PM_{10} koje se emituju tokom svakog požara, a samim ti procenjuje se i broj stanovnika izložen povećanoj koncentraciji PM_{10} usled požara na deponiji.

Pošto je povećanje koncentracije PM_{10} odabrano kao indikator promena u kvalitetu vazduha uzrokovanih požarima na deponijama, faktor predstavlja procenjeni broj ljudi koji su direktno izloženi povećanim vrednostima PM_{10} emitovanog tokom požara. Korišćenjem podataka iz popisa za određeno naselje, određuje se tačan broj ljudi koji žive na teritoriji pogođenoj požarom; ova oblast se

[16] Dostupno na: https://www.activity4sustainability.org/wp-content/uploads/2024/03/Supplementary-resources-FINAL.pdf

definiše kao „prostorna zona uticaja požara na deponiji“. Ovaj broj može ukazati na to da li će požar na deponiji biti smatran za javnozdravstveni rizik prvog reda, na teritoriji zajednice, pokrajine, države. Tako se:

- PM_{10} koncentracije u ambijentalnom vazduhu procenjuju na svaki sat, uzimajući u obzir mikroklimatske parametre i
- uporedo sa tim procenama, vrši zoniranje onih poligona na kojima se koncentracije PM_{10} značajno uvećavaju uzimanjem satne srednje vrednosti.

Dakle, bitni faktori koji se povezuju sa povećanim vrednostima PM_{10} su zahvaćena teritorija (km²), definisanje tačke koja je najudaljenija od požara na kojoj dolazi do povećanja koncentracija PM_{10} i broj izloženih stanovnika (Bihałowicz, J. S. et al., 2021b)

Dobar primer organizovanja službi i reagovanja u akcidentnim situacijama, konkretno u industrijskim požarima u Velikoj Britaniji, na osnovu merenja emisija PM čestica, prezentovan je u radu „Studija o emitovanim česticama tokom 23 najveća industrijska požara: implikacije po zdravlje ljudi“ (Griffiths, S. D. et al., 2018). U studiji je opisano kako je Velika Britanija organizovala servis „Kvalitet vazduha pri velikim akcidentima“ (eng. *Air Quality in Major Incidents – AQinMI*) koji „donosiocima odluka pruža informacije o koncentraciji i kretanju emisija PM čestica u realnom vremenu (za vreme trajanja akcidenta), a na osnovu kojih se donose odluke o merama za zaštitu ugroženog stanovništva“.

„Prosečne koncentracije u slučaju incidenata kretale su se od 38 do 1.450 μg/m³ za PM_{10} i od 7 do 258 μg/m³ za $PM_{2.5}$.“ Zabrinjavajuće je bilo to što su „za nekoliko incidenata prosečne koncentracije od 15 minuta dostizale vrednosti > 6.500 μg/m³ za PM10 i 650 μg/m³ za $PM_{2.5}$, iako su takve epizode imale tendenciju relativno kratkog trajanja. U nedostatku usvojenih kratkoročnih (15 minuta do 1 sata) referentnih vrednosti za PM_{10} i $PM_{2.5}$, analiziran je odnos između satnih i 24-časovnih graničnih vrednosti i da li se prvi mogu koristiti kao indikator za predviđanje dugoročne izloženosti“. Na osnovu rezultata ove analize, za PM_{10}, predloženo je da „vrednost jednočasovne koncentracije od 510 μg/m³ bude granična vrednost za donošenje mera za zatvaranje javnih zgrada ili za evakuaciju“ a što se tiče jednočasovne koncentracije $PM_{2.5}$, „rezultati su pokazali da kratkotrajna izloženost koncentraciji od preko 350 μg/m³ može da izazove dugoročne zdravstvene probleme“. Autori su zaključili da, „iako AQinMI servis doprinosi boljem razumevanju ispuštanja zagađujućih supstanci tokom požara, postoji potreba da se dalje razmotri tačnost datih podataka i da se razviju veoma kratkoročne vrednosti (minutne do časovne), kao smernice koje mogu da se koriste da odrede odgovarajući odgovor za zaštitu javnog zdravlja“. Izveštaj takođe nudi „pregled uticaja na zdravlje, savete i preporučene aktivnosti za zaštitu javnog zdravlja, za 24-časovnu izloženost $PM_{2.5}$ i PM_{10} iz različitih izvora“.

Pored ove studije, a u vezi sa radom servisa „Kvalitet vazduha pri velikim akcidentima“ (eng. *Air Quality in Major Incidents – AQinMI*), objavljen je 2022. godine još jedan rad – „Karakterizacija prizemnih koncentracija štetnih organskih i neorganskih supstanci koje se oslobađaju tokom velikih industrijskih požara i implikacija na zdravlje ljudi“ (Griffiths, S. D. et al., 2022). Ovaj rad „ima za cilj bolje razumevanje prirode i potencijalnih uticaja na zdravlje emisija iz velikih požara, te da podrži sâm proces procene rizika“ i pronađe održiva rešenja koja će zadovoljiti sve u društvu, bez obzira na njihov pol ili socioekonomski status.

Za planiranje hitne pomoći u vreme požara, a samim tim i za što brže davanje saveta za zaštitu javnog zdravlja, relevantne su granične koncentracije PM od jednog sata. U studiji s naslovom „Novi pristup razvoju jednočasovnih graničnih koncentracija za izlaganje česticama tokom epizodnih događaja zagađenja vazduha“ (Deary, M. E. & Griffiths, S. D., 2021) razvijen je novi pristup „zasnovan na statističkim pokazateljima radnih karakteristika prijemnika (ROC), odnosno statističkoj analizi koja izvodi granične koncentracije od jednog sata koje imaju probiotički odnos sa graničnim vrednostima za 24 sata“.

5. Zaključci i preporuke

Navedeni zaključci sumiraju glavne nalaze iz pregleda literature i strateških i pravnih dokumenata o upravljanju otpadom, kao i iz postojeće prakse u Srbiji. Oni ukazuju na elemente koje treba urediti kako u normativnom okviru, tako i u praksi.

U skladu sa ovim zaključcima, preporuke imaju za cilj da ukažu na ključne aktivnosti koje treba sprovesti kako bi se smanjio negativan uticaj požara na deponijama na zagađenje vazduha. One su podeljene na nekoliko delova, kako bi ih bilo lakše pratiti i razumeti.

5.1. Sažetak zaključaka

Pojava divljih deponija u Srbiji je „gorući“ problem – i doslovno i figurativno. Da bismo započeli rešavanje ovog problema, mora se obezbediti 100% „pokrivenost“ stanovništva i preduzeća sistemom za prikupljanje komunalnog otpada, koji trenutno ne postoji. Kako bi se otpadom pravilno upravljalo, Srbija mora da sprovede detaljnu procenu rizika po ljudsko zdravlje i šansi za pojavu požara na nesanitarnim i divljim deponijama. Ova analiza treba da uključi procenu zdravstvenih posledica po lokalno stanovništvo, uzimajući u obzir sledeće parametre: pol, uzrast, socioekonomski statusu i druge faktore. Trenutna dostupnost i tačnost podataka o količini i sastavu otpada nije dovoljna.

Glavni izvor zagađenja vazduha u Srbiji čine požari na deponijama. U najvećem broju slučajeva, njihov uzročnik je deponijski gas. Usled klimatskih promena i povećanja količine neadekvatno odlaganog otpada može se očekivati da će se trend rasta broja požara na deponijama nastaviti i u narednom periodu. Masovnija upotreba litijumskih baterija takođe doprinosi povećanju rizika od požara. Gašenje požara, pored zagađenja, takođe iziskuje značajne materijalne troškove.

Strateški okvir za upravljanje nenamerno proizvedenim POPs (uPOPs) još uvek nije uspostavljen. Republika Srbija je potpisnica Stokholmske konvencije i, kao članica, ima obavezu da pripremi nacionalni plan za implementaciju (NIP), kao i akcioni plan za karakterizaciju i rešavanje uPOPs. Srbija je usvojila početni NIP i poseban akcioni plan za uPOPs 2010. godine. Vlada Srbije, međutim, nije usvojila ažurirane verzije, iako je ažurirana verzija iz 2015. godine bila izrađena uz obezbeđenu finansijsku podršku.

Sprovođenje preventivnih mera na deponijama igra ključnu ulogu u sprečavanju pojave zagađenja vazduha. Smanjenje količine otpada koji se odlaže dovodi do smanjenja potencijala za požare i do njihove veličine. Otpad pre odlaganja mora biti razvrstan i tretiran kako bi se sprečilo pretrpavanje sanitarnih deponija. U slučaju da se pojave, požari na deponijama moraju biti što pre ograničeni i ugašeni kako bi se sprečilo zagađenje vazduha. Građani moraju biti blagovremeno obavešteni o merama koje treba preduzeti u slučaju povećanja zagađenja vazduha usled požara na deponiji. Lokalne samouprave moraju biti spremne da pruže podršku vatrogasnim i spasilačkim službama u gašenju požara na deponijama. Jačanje kapaciteta žena i muškaraca, neformalnih sakupljača sekundarnih sirovina i drugih aktera na lokalnom nivou, takođe može doprineti produktivnim lancima vrednosti u pogledu praćenja i sprečavanja požara, istovremeno podržavajući Ciljeve održivog razvoja (SDGs) otvaranjem „zelenih" radnih mesta za deo populacije koji je često zapostavljen.

Pravni okvir za to je već uspostavljen. Zakonom o zaštiti životne sredine, kao i Zakonom o potvrđivanju Arhuske konvencije propisane su jasne obaveze nadležnih organa da blagovremeno obaveštavaju javnost o nivoima zagađujućih materija i emisija, kao i o merama upozorenja ili nastanku zagađenja koja mogu ugroziti život i zdravlje ljudi.

Kada je u pitanju pravni okvir EU, sve zagađujuće materije koje su propisane EU regulativom za praćenje u okviru redovnog monitoringa ambijentalnog vazduha transponovane su u domaće propise. Granične vrednosti predviđene Uredbom o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha su u potpunosti usklađene sa EU zakonodavstvom i propisanim standardima. Izuzetak su godišnje koncentracije $PM_{2.5}$ za koje je od 1. 1. 2020. godine u EU granična vrednost 20 μg/m³. Sa domaćom uredbom ova vrednost će biti usklađena od 1. 1. 2024. godine. Direktiva EU 2008/50, kao ni Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha ne definišu potrebu za praćenjem kvaliteta ambijentalnog vazduha na lokacijama deponija komunalnog otpada, niti u njihovoj neposrednoj blizini. Podaci o monitoringu emisije gasova na deponijama, propisani EU direktivom o deponijama otpada 1999/31/EC, odnosno Uredbom o odlaganju otpada na deponije, dostavljaju se Agenciji za zaštitu životne sredine RS (član 27 Uredbe) samo za neke od sanitarnih deponija. Pravna regulativa EU ne prepoznaje akcidente na deponijama i smetlištima. Štaviše, Direktiva 2012/18/EU o kontroli opasnosti od velikih nesreća koje uključuju opasne supstance eksplicitno isključuje deponije otpada, uključujući podzemna skladišta otpada, kao objekte u fokusu ove direktive. Regulative EU i RS ne propisuju jednočasovne niti kratkoročne granične koncentracije za PM_{10} i $PM_{2.5}$ (za $PM_{2.5}$ ne postoje propisane ni 24-časovne) čak ni u akcidentnim situacijama kao što su požari, što otežava procenu rizika.

U zemljama EU nema zvaničnog kontinuiranog monitoringa kvaliteta ambijentalnog vazduha u blizini sanitarnih i nesanitarnih deponija. Praćenje kvaliteta se odvija na bazi naučnih istraživanja, u kontekstu oslobađanja zagađujućih materija iz samog tela deponije u svakodnevnom operativnom radu, odnosno u akcidentnim situacijama kada se vrši vanredni monitoring, te se analiziraju podaci dostupni i iz „stacionarnog“ monitoringa. U RS, izuzev u Beogradu, ne postoji „namenski“ monitoring kvaliteta vazduha u blizini deponija. Imajući u vidu da gradovi u Srbiji, osim Beograda i nekolicine „industrijskih“ gradova, imaju najčešće samo po jednu automatsku stanicu, može se konstatovati da je „pokrivenost“ velikog broja nesanitarnih deponija „državnim“ monitoringom kvaliteta vazduha na zanemarljivom nivou.

U RS se ne sprovodi zvanično kontinuirano merenje nenamerno proizvedenih POPs- PCDD/PCDFs i dl-PCB u ambijentalnom vazduhu u okviru državnih ili lokalnih mreža, već samo u vazduhu/otpadnom gasu iz stacionarnih izvora. Na globalnom nivou se za potrebe praćenja efikasnosti implementacije međunarodnih konvencija i programa (Stokholmska konvencija, CLRTAP/EMEP program) vrši monitoring POPs u vazduhu u okviru međunarodnih mreža, kao i posebnih programa na nivou EU od strane pojedinačnih istraživačkih institucija i državnih organa.

Funkcionisanje mobilnih ekotoksikoloških jedinica u RS, u smislu njihove institucionalizacije, adekvatnog opremanja i usavršavanja, kao i redovnog finansiranja je neadekvatno. Postoji potreba za jasnim definisanjem operativnih planova mobilnih ekotoksikoloških jedinica/laboratorija pri zavodima za javno zdravlje u slučajevima akcidenata, odnosno požara na deponijama, uz propisivanje protokola za monitoring izabranih zagađujućih materija, način obaveštavanja javnosti i obezbeđivanje pravovremene dostupnosti podataka u digitalnom formatu.

Živeti blizu deponije može predstavljati rizik po zdravlje, jer je izloženost zagađujućim materijama prisutna kako kroz inhalaciju iz vazduha, tako i kroz konzumiranje zagađene vode ili hrane uzgojene na

zemljištu kontaminiranom zagađujućim materijama sa deponije. Požari na deponijama predstavljaju problem za javno zdravlje, a pogoršanje kvaliteta okolnog vazduha je među najznačajnijim indirektnim posledicama požara na deponijama. Mere zaštite treba uspostaviti kako bi se zaštitile najranjivije grupe u društvu – one koje žive blizu deponija i nemaju resurse da se zaštite od zagađenja.

Pisane procedure nisu uspostavljene radi osiguranja odgovarajućeg praćenja životne sredine i javnog zdravlja (standardne operativne procedure – SOP). Ove procedure uključuju postupke za javno zdravstveno nadziranje radi zaštite stanovništva od zagađivača koji se emituju tokom požara, postupke za nadzor javnog zdravlja pri otvorenom sagorevanju otpada, strategije komunikacije uključujući i komunikaciju sa ranjivim grupama.

Na područjima blizu deponija, bez obzira da li su sanitarne ili nesanitarne, gde se često dešavaju požari, zemljište verovatno nije pogodno za uzgoj stoke i proizvodnju hrane zbog mogućeg zagađenja PCDD/PCDFs i PCB-ima. Zbog ozbiljnosti dugoročnih posledica koje mogu nastati trenutno, nakon izloženosti PCDD/PCDFs i PCB-ima, ili mnogo kasnije, brza implementacija preventivnih mera radi smanjenja izloženosti je prioritet. Stoga je neophodno razmotriti potrebu za praćenjem prisustva PCDD/PCDFs u hrani koja vodi poreklo od životinja koje se uzgajaju sa farmama u blizini deponija i jasno definisati parametre u postupku nadzora javnog zdravlja tokom požara na deponijama. U Srbiji postoji dokument koji propisuje maksimalne koncentracije PCDD/PCDFs u hrani i on je usklađen sa EU propisima. Pored ovoga, postoje i nacionalna referentna laboratorija za PCDD/PCDFs i dioksinske PCB-ove u hrani, kao i odgovarajuća laboratorijska oprema za detekciju i kvantifikaciju PCDD/PCDFs, ali metoda za testiranje prisustva PCDD/PCDFs u hrani još uvek nije akreditovana.

Ministarstvo poljoprivrede, kao nadležno telo, usvaja godišnji program praćenja domaće hrane životinjskog porekla proizvedene u Republici Srbiji, ali i određenih vrsta uvozne hrane, koji predviđa praćenje prisustva dioksina u kravljem mleku i ribi (sardine, pastrmka, tunjevina, haringa i losos).

Izloženost ljudi PCDD/PCDFs udisanjem je generalno niska. Glavni izvor unosa je putem lanca ishrane, a metodologija uzorkovanja ambijentalnog vazduha za analizu dioksina i njihova kvantifikacija su veoma zahtevne i skupe. Operativni troškovi gasnog hromatografa visoke rezolucije u kombinaciji sa masenim spektrometrom visoke rezolucije (HRGC-HRMS) veoma su visoki, a kontrola kvaliteta realizacije laboratorijske analize obuhvata upotrebu sertifikovanih referentnih materijala, kao i učešće u programima međulaboratorijskih poređenja ili programima ispitivanja osposobljenosti (PT). Međutim, treba imati u vidu činjenicu da se na deponiji Vinča kod Beograda gradi spalionica komunalnog otpada, što povećava važnost monitoringa PCDD/PCDFs u ambijentalnom vazduhu. Stoga, iako zbog visoke cene i malog broja uzoraka nije isplativo ulagati u opremu i merenje za analizu PCDD/PCDFs, neophodno je da država razmotri opciju da državne laboratorije, koje imaju odgovarajuću opremu, preuzmu implementaciju ove aktivnosti.

U poslednjih deset godina objavljeno je nekoliko naučnih radova koji analiziraju emisije zagađujućih materija nakon požara na deponijama koristeći simulacione modele kako bi se procenila izloženost stanovništva. Jedan od merljivih efekata požara na nesanitarnim deponijama na kvalitet vazduha, koji bi se mogao uzeti u obzir, jeste koncentracija PM čestica, budući da se PM_{10} emituje tokom sagorevanja svake vrste materijala.

Dobar primer organizacije službe za hitne intervencije radi odgovarajuće zaštite javnog zdravlja, zasnovane na merenju PM čestica i potencijalnoj upotrebi koncentracija PM čestica sa 1-časovnim pragovima, jeste primer Ujedinjenog Kraljevstva.

5.2. Preporuke za sprečavanje nastanka požara na deponijama

5.2.1. Sprečiti dalje deponovanje otpada na divlje deponije, kroz 100% obuhvat stanovništva sistemom prikupljanja, transporta i deponovanja otpada uz pojačan inspekcijski nadzor;

5.2.2. Utvrditi tačan broj divljih deponija i izvršiti njihovo čišćenje i sanaciju, uz obavezno obezbeđivanje efikasnog inspekcijskog nadzora radi sprečavanja ponovnog deponovanja otpada ili nastanka divljih deponija na drugoj lokaciji;

5.2.3. Utvrditi tačan broj, lokaciju, prostorne podatke, vrstu i količinu otpada deponovanog na nesanitarnim deponijama;

5.2.4. Izvršiti procenu rizika od požara na nesanitarnim deponijama u Srbiji i propisati mere prevencije nastanka požara;

5.2.5. Smanjiti količine biorazgradivog otpada, koje se deponuju, kroz uvođenje sistema za smanjenje nastanka otpada, selekciju i tretman otpada pre deponovanja i kroz uvođenje ekonomskih mehanizama koji destimulišu odlaganje otpada na deponije;

5.2.6. Kroz selekciju otpada pre deponovanja obezbediti da proizvodi široke upotrebe, koji sadrže perzistentne, bioakumulativne i toksične supstance, ne završe na nesanitarnim deponijama;

5.2.7. Obezbediti da se otpad koji se ne može reciklirati ili ponovo upotrebiti a ima kaloričnu vrednost, uz adekvatne mere zaštite životne sredine, energetski iskoristi, u skladu sa hijerarhijom upravljanja otpadom;

5.2.8. Pratiti indikatore pojave požara na nesanitarnim deponijama i omogućiti vizuelnu kontrolu tela deponije, kao meru brze detekcije požara;

5.2.9. Obezbediti pravilno upravljanje nesanitarnom deponijom kroz: redovno i pravilno pokrivanje tela deponije inertnim materijalom; sabijanje deponovanog otpada; uvođenje sistema ekstrakcije deponijskog gasa; onemogućavanje pristupa telu deponije neovlašćenim licima; pojačan inspekcijski nadzor i kontinuiranu obuku zaposlenih o merama zaštite na radu i zaštite od požara;

5.2.10. Izgraditi kapacitete žena i muškaraca u lokalnim zajednicama kao ključnih aktera u upravljanju otpadom, kao i obezbediti formalno plaćene poslove i ukloniti decu iz ovih aktivnosti.

5.2.11. Izvršiti zatvaranje, sanaciju, rekultivaciju i monitoring nesanitarnih deponija.

5.3. Preporuke za minimizaciju posledica požara na deponijama

5.3.1. Unaprediti kapacitete Sektora za vanredne situacije MUP radi brže i bolje reakcije na požare na deponijama (edukacija, infrastruktura, saradnja sa jedinicom lokalne samouprave, resursi itd.), uzimajući u obzir da se može očekivati povećanje broja požara na deponijama u narednom periodu;

5.3.2. Izraditi jasan plan reakcije u slučaju požara, obezbediti stacionarnu i mobilnu opremu za gašenje požara i dovoljne količine pokrivke i mehanizacije kako bi se trajanje požara i njegov obim sveli na minimum, a time ujedno i posledice emisije zagađujućih materija u vazduh, zemljište i sediment, odnosno po zdravlje ljudi;

5.3.3. Omogućiti zadržavanje i prečišćavanje procednih voda nastalih tokom gašenja požara i kontaminiranih sredstvima za gašenje požara (barijere, prihvatne lagune/ bazeni);

5.3.4. Revidirati digitalne mape postojećih nesanitarnih i divljih deponija (granične površine) i povezati ih sa javno dostupnim servisima (npr. NASA i Copernicus) radi integracije u sistem obaveštavanja i uzbunjivanja.

5.4. Preporuke za unapređenje sistema monitoringa radi sagledavanja uticaja požara na deponijama na zagađenje vazduha u RS

5.4.1. Unaprediti sistem evidentiranja požara na deponijama kako bi podaci bili objedinjeni, lako dostupni i korišćeni za analizu posledica i predikciju budućih požara. Podaci koje je potrebno prikupiti o svakom požaru su: vreme početka požara; uzrok nastanka požara; trajanje požara; koordinate lokacije, odnosno granične površine požara; zahvaćena površina i procenjena dubina požara; gustina otpada; procenjena masa sagorelog otpada; angažovana mehanizacija, oprema, sredstva i ljudstvo prilikom gašenja;

5.4.2. Sprovesti merenje zagađujućih materija u ambijentalnom vazduhu, u skladu sa operativnim planom rada mobilnih ekotoksikoloških jedinica u akcidentnim situacijama; izveštaje o rezultatima merenja pravovremeno učiniti javno dostupnim;

5.4.3. Nastaviti sa unapređenjem mreže mernih stanica i podataka koji se dobijaju iz mreže, posebno u smeru širenja i postavljanja stanica u sredinama gde zvanična merenja ne postoje;

5.4.4. Obuhvatiti sve velike gradske sredine automatskim monitoringom čestičnog zagađenja, kako bi građani bili pravovremeno informisani o stanju kvaliteta vazduha;

5.4.5. Obezbediti kvalitetno održavanje sistema za merenje i dostupnost podataka, kao i finansiranje neometanog kvalitetnog rada mreža za praćenje kvaliteta vazduha, naročito za urbane aglomeracije;

5.4.6. Unaprediti sistem monitoringa medijuma životne sredine na način da se proširi obim parametara u standardnim i akcidentnim situacijama;

5.4.7. Uspostaviti sistem monitoringa gasova na nesanitarnim deponijama, tamo gde je to izvodljivo i u skladu sa Uredbom o odlaganju otpada na deponije, i redovno dostavljati podatke nadležnim organima o izvršenim merenjima;

5.4.8. Uspostaviti adekvatno funkcionisanje mobilnih ekotoksikoloških jedinica za celu teritoriju Srbije, u smislu njihove institucionalizacije, adekvatnog opremanja i usavršavanja, kao i redovnog finansiranja;

5.4.9. Jasno definisati operativne planove mobilnih ekotoksikoloških jedinica/laboratorija pri zavodima/institutima za javno zdravlje u slučajevima akcidenata, odnosno požara na deponijama/nesanitarnim deponijama, uz propisivanje protokola za monitoring izabranih zagađujućih materija, način obaveštavanja javnosti i obezbeđivanje pravovremene dostupnosti podataka u digitalnom, čitljivom formatu;

5.4.10. Neophodno je razmotriti da li i u kojim situacijama treba sprovesti merenja PCDD/PCDFs u ambijentalnom vazduhu, uključujući i akcidentne situacije, kao što su požari na deponijama, s obzirom na činjenice da je izloženost ljudi PCDD/PCDFs udisanjem generalno niska (glavni izvor

unosa dioksina je putem hrane) a da je metoda uzorkovanja i kvantifikacije dioksina u ambijentalnom vazduhu zahtevna i skupa. Međutim, potrebno je imati u vidu činjenicu da se na deponiji Vinča kod Beograda gradi spalionica komunalnog otpada, što povećava važnost praćenja koncentracija PCDD/PCDFs u ambijentalnom vazduhu;

5.4.11. Iako su operativni troškovi održavanja aparata i analize PCDD/PCDFs u ambijentalnom vazduhu visoki, neophodno je da država razmotri opciju da državne laboratorije, koje poseduju odgovarajuću opremu, preuzmu implementaciju ove aktivnosti. U tom slučaju, metode moraju biti akreditovane a analitičari posebno obučeni za rad na ovom aparatu i spremni da rešavaju probleme, zbog čega je učešće u programima međulaboratorijskih poređenja ili programima provere osposobljenosti od velikog značaja;

5.4.12. Na osnovu prikupljenih informacija o požarima na deponijama/nesanitarnim deponijama i u skladu sa propisanim metodologijama za potrebe izveštavanja prema Stokholmskoj i CLRTAP konvenciji uraditi procenu emisija PCDD/PCDFs u vazduh. Takođe, potrebno je ažurirati akcioni plan za smanjenje ili eliminisanje ispuštanja UPOPs u skladu sa članom 5 Stokholmske konvencije, koji je potrebno da bude usvojen od strane Vlade RS.

5.5. Preporuke za smanjenje rizika po zdravlje stanovništva za vreme i posle požara

5.5.1. Obezbediti sistem obaveštavanja i eventualne evakuacije stanovništva koje je neposredno ugroženo požarom na deponiji/nesanitarnoj deponiji i planirati vanredne mere za najugroženije žene, muškarce i decu koji imaju malo ili nimalo resursa i stoga imaju najmanje sposobnosti prilagođavanja na bilo koju vrstu opasnosti ili katastrofe;

5.5.2. Razviti pisane procedure/operativne planove za uspostavljanja javnozdravstvenog nadzora koji se bazira na definisanim parametrima merenja zagađujućih materija u medijumima životne sredine za slučajeve izbijanja požara na deponijama/nesanitarnim deponijama;

5.5.3. U proceduri za javnozdravstveni nadzor pri požaru na deponijama otpada potrebno je definisati jasne načine komunikacije rizika po zdravlje ugroženog stanovništva, vodeći se principom predostrožnosti i identifikovanih činjenica o samom požaru, gde bi se takva komunikacija fokusirala na osetljive grupe, a u odnosu na vrstu i koncentraciju zagađujućih materija koje se emituju sa deponija;

5.5.4. Prilikom izbijanja požara na deponijama/nesanitarnim deponijama potrebno je razmotriti potrebu za uvođenjem nadzora nad prisustvom PCDD/PCDFs u hrani (jaja, mleko, meso) poreklom od stoke i živine iz slobodnog uzgoja na farmama u okolini deponija ili u zoni uticaja (npr. razmotriti zabranu korišćenja i prodaje hrane životinjskog porekla u kojoj postoji potencijal akumulacije PCDD/PCDFs do dokazivanja da je korišćenje takve hrane bezbedno);

5.5.5. Uključiti uzorke majčinog mleka iz RS u buduća ispitivanja prisustva PCDD/PCDF (i dlPCB) pri ispitivanju efikasnosti mera implementacije Stokholmske konvencije od strane SZO/UNEP;

5.5.6 Procena kontaminacije podzemnih voda i bunara, kao i površinskih akumulacija i jezera u širem okruženju deponija/nesanitarnih deponija trebalo bi da se sprovede za one zagađujuće materije koje su rastvorljive u vodi, kao što su PFAS;

5.5.7. Za posebno pogođena područja, gde je stanovništvo bilo značajno izloženo emisiji zagađujućih materija tokom požara sa deponija/nesanitarnih deponija, preporučuje se sprovođenje biomonitoringa potencijalno pogođene populacije biološkim analizama DrCalux na prisustvo PCDD/PCDFs i PCB (slično nedavnom istraživanju u koje je bilo uključeno stanovništvo u regiji Kampanija u Italiji) (IZSdM, 2021), a prikupljeni podaci o populaciji koja je pogođena treba da budu razvrstani prema starosti, polu i socioekonomskom statusu, ali i prema drugim vrstama ranjivosti;

5.5.8. Realizovati istraživanja vezana za degradaciju plastike na deponijama (polikarbonati, polistiren, poliuretan, PVC) i rizik od emisije nastalih jedinjenja;

5.5.9. Zbog velikog broja požara na deponijama/nesanitarnim deponijama u Srbiji, a u cilju procene rizika po zdravlje ljudi, potrebno je razmotriti primenu simulacionog modela koji je primenjen u Poljskoj (Bihałowicz, J. S. et al., 2021a, 2021b) i/ili pristup baziran na merenju PM i potencijalnom korišćenju 1-časovne PM koncentracije u Velikoj Britaniji (Griffiths, S. D. et al., 2018, 2022) i dr.

6. Literatura

Baston, David S.; Michael S. Denison (15 February 2011). "Considerations for potency equivalent calculations in the Ah receptor-based CALUX bioassay: Normalization of superinduction results for improved sample potency estimation". Talanta. 83 (5): 1415–1421

Bihałowicz J.S., Rogula-Kozłowska W., Krasuski A. (2021a) Contribution of landfill fires to air pollution – An assessment methodology. Waste Management 125, 182–191.

Bihałowicz JS, Rogula-Kozłowska W, Krasuski A, Salamonowicz Z (2021b) The critical factors of landfill fire impact on air quality. Environ. Res. Lett. 16, 104026

Bond J et al. (1992) Assessment of exposure to pulmonary toxicants. Fundations of applied toxicology 18, 161-174.

Calafat AM, Ye X, Silva MJ, Kuklenyik Z, Needham LL (2006) Human exposure assessment to environmental chemicals using biomonitoring. Int J Androl. (1), 166-171. Dostupno na: https://doi.org/10.1111/j.1365-2605.2005.00570.x

Christensen TH, Kjeldsen P, Albrechtsen HJ, Heron G, Nielsen PH, Bjerg PL, Holm PE (1994) Attenuation of landfill leachate pollutants in aquifers. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 24, 119–202

Chrysikou L, Gemenetzis P, Kouras A, Manoli E, Terzi E, Samara C (2008): Distribution of persistent organic pollutants, polycyclic aromatic hydrocarbons and trace elements in soil and vegetation following a large-scale landfill fire in northern Greece. Environment International 34, 210–225

Chu LM, Cheung KC, Wong MH (1994) Variations in the chemical properties of landfill leachate. Environmental Management 18, 105–117

Grad Beograd, 2021. Air Quality Plan in the Belgrade Agglomeration 2021.

COT, 2001. Statement on the tolerable daily intake for dioxins and dioxin-like polychlorinated biphenyls, Committee on Toxicology of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment

Ćurčić D, Rehm Bogunović D, Ćurčić V. (2016), Moving Out of Poverty: From Waste Picking to Sustainable Mobility; Cargo Cyclists and Secondary Raw Material Collectors in Belgrade – Heinrich Boell Foundation Belgrade, October 2016; Dostupno na: https://rs.boell.org/sites/default/files/moving_out_of_poverty_2.pdf

Deloraine A, Zmirou D, Tillier C, Boucharlat A, Bouti H (1995) Case-control assessment of the short-term health effects of an industrial toxic waste landfill. Environ Res. 68, 124-32.

Directive 2012/18/EU or the Seveso-III Directive on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, which amends and subsequently repeals Council Directive 96/82/EC

Directive 2008/50/EU of the European Parliament and of the Council on ambient air quality and cleaner air for Europe

Directive 2004/107/EU of the European Parliament and of the Council relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air

Directive 2015/1480 of the European Commission amending several annexes to Directives 2004/107/ EC and 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council laying down rules relating to reference methods, data validation and location of sampling points for ambient air quality assessment

Deary ME, Griffiths SD (2021) A novel approach to the development of 1-hour threshold concentrations for exposure to particulate matter during episodic air pollution events. Journal of Hazardous Materials, 418, 126334.

Đogo M (2017) Nivoi koncentracija i upravljanje perzistentnim organskim polutantima u heterogenom sistemu deponija komunalnog otpada, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija, 2017.

Dolk H, Vrijheid M, Armstrong B, Abramsky L, Bianchi F, Garne E, Nelen V, Robert E, Scott JE, Stone D, Tenconi R (1998) Risk of congenital anomalies near hazardous-waste landfill sites in Europe: the EUROHAZCON study. Lancet 352(9126), 423-427.

Duarte-Davidson R. et al. (1994) Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and furans (PCDFs) in urban air and deposition. Environmental science and pollution research, 1, 262–270

EA of England and Wales, 2010. Landfill air quality monitoring: a supplementary survey. Report: P1-396/R2

EC, 1999. Compilation of EU Dioxin Exposure and Health Data Task 4 - Human Exposure, European Commission DG Environment United Kingdom Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR)

EC, 2012 COMMISSION REGULATION (EU) No 277/2012 of 28 March 2012 amending Annexes I and II to Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council as regards maximum levels and action thresholds for dioxins and polychlorinated biphenyls

EC, 2021. Serbia 2021 Report. European Commission Progress Report for 2020 on the Republic of Serbia for Chapter 27 – Environment and Climate Change, European Commission. Dostupno na: https://enlargement.ec.europa.eu/system/files/2020-10/serbia_report_2020.pdf

EC, 2022. Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ambient air quality and cleaner air for Europe (recast) 2022/0347 (COD). Dostupno na: https:// environment.ec.europa.eu/publications/revision-eu-ambient-air-quality-legislation_en

EEA, 2021. Air quality in Europe 2021. Report No.15/2021.

EEG, 2023. Supplementary resources on the Impact of Waste Disposal on Air Pollution and Human Health in Serbia. Dostupno na: https://www.activity4sustainability.org/wp-content/uploads/2024/03/Supplementary-resources-FINAL.pdf

EFSA, 2018. Dioxins and related PCBs: tolerable intake level updated, European Food Safety Authority

Fajković H, Ivanić M, Pitarević L, Nemet I, Rončević S, Prohić E (2017) Croat. Chem. Acta. 91(1), 71–79.

FEMA, 2002. Landfill fires their magnitude, characteristics, and mitigation. Prepared by TriData Corporation. Arlington, VA: United States Fire Administration, National Fire Data

Center; Federal Emergency Management Agency (FEMA). Dostupno na: https://www.govinfo.gov/app/details/GOVPUB-HS5_100-PURL-LPS80595

Fielder HMP et al. (2001) Addressing environmental health concerns near Trecatti Landfill Site, United Kingdom. Arch Environ Health 56(6), 529–553.

Forastiere F, Badaloni C, de Hoogh K von Kraus MK, Martuzzi M, Mitis F et al. (2011) Health impact assessment of waste management facilities in three European countries. Environ Health 10:53. Dostupno na: http://dx.doi.org/10.1186/1476-069X-10-53

FTN, 2009. Projekat identifikacije i kategorizacije divljih deponija na teritoriji Republike Srbije, Fakultet tehničkih nauka, Naručilac SEPA

Ganzleben C, Antignac JP, Barouki R et al. (2017) Human biomonitoring as a tool to support chemicals regulation in the European Union. Int J Hyg Environ Health 220, 94-97.

Gelberg KH (1997) Health study of New York City Department of Sanitation landfill employees. J Occup Environ Med. 39, 1103-10.

GIZ, 2018. Inclusion of Informal Collectors into the Evolving Wasta Management System in Serbia; A Roadmap for Integration, 2018. Dostupno na: https://www.giz.de/en/downloads/inclusion-of-informal-collectors-into-the-evolving-waste-management.pdf

Griffiths SD, Chappell P, Entwistle JA, Kelly FJ, Deary ME (2018) A study of particulate emissions during 23 major industrial fires: Implications for human health. Environment International 112, 310-323.

Griffiths SD, Entwistle JA, Kelly FJ, Deary ME (2022) Characterising the ground level concentrations of harmful organic and inorganic substances released during major industrial fires, and implications for human health. Environment International 162, 107-152.

Zakon o zaštiti životne sredine, „Sl. glasnik RS“, br. 135/2004, 36/2009, 36/2009-115, 72/2009, 43/2011, 14/2016-3, 76/2018, 95/2018.

Zakon o potvrđivanju Konvencije o dostupnosti informacija, učešću javnosti u donošenju odluka i pravu na pravnu zaštitu u pitanjima životne sredine, „Sl. glasnik RS“ br. 38/2009.

Zakon o bezbednosti hrane, „Sl. glasnik RS“, br. 41/2009, 17/2019.

Uredba o odlaganju otpada na deponije, „Sl. glasnik RS“, br. 92/2010.

Uredba o uslovima monitoringa i zahtevima kvaliteta vazduha, „Sl. glasnik RS“, br. 11/2010, 75/2010, 63/2013.

Zakon o javnom zdravlju, „Sl. glasnik RS“, br. 15/2016.

Uredba o merenjima emisija zagađujućih materija u vazduh iz stacionarnih izvora, „Sl. glasnik RS“ br. 5/2016.

Zakon o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama, „Sl. glasnik RS“, br. 87/2018.

Pravilnik o maksimalnim koncentracijama određenih kontaminenata u hrani, „Sl. glasnik RS“, br. 81/2019, 126/2020, 90/2021, 118/2021.

Pravilnik o utvrđivanju Programa monitoringa bezbednosti hrane biljnog i mešovitog porekla za 2021. godinu, „Sl. glasnik RS“ br. 68/2021.

Pravilnik o utvrđivanju Programa monitoringa bezbednosti hrane životinjskog porekla za 2021. godinu, „Sl. glasnik RS“ br. 69/2021.

Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji za period 2022 – 2031. godine, „Sl. glasnik RS“, br. 12/2022.

Pravilnik o utvrđivanju Programa monitoringa bezbednosti hrane za 2022. godinu, „Sl. glasnik RS“ br.18/2022

Zakon o upravljanju otpadom, „Sl. glasnik RS“, br. 35/2023.

He K, Zhao Q, Ma Y, Duan F, Yang F, Shi Z and Chen G (2012) Spatial and seasonal variability of PM2.5 acidity at two Chinese megacities: insights into the formation of secondary inorganic aerosols. Atmos. Chem. Phys. 12, 1377–95

Health Protection Agency-UK, Impact on health of emission from landfill sites (2011), Dostupno na: https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20230801001208/https://www.gov.uk/government/publications/landfill-sites-impact-on-health-from-emissions

Heller L, Catapreta CA (2003) Solid waste disposal in urban areas and health – the case of Belo Horizonte, Brazil. Waste Manag Res. 21, 549-56.

IPHB, 2022. Annual report on the results of air quality measurements on the territory of Belgrade in the local network of measuring stations/sites for the year 2021. Institute of Public Health, Belgrade

Indulski JA, Lutz W (1995) Biomarkers used for the assessment of health hazards in populations living in the vicinity of communal and industrial waste dump sites. (Review). International journal of occupational medicine and environmental health 8, 11-16.

IPCC, 2014. Global Warming Potential Values, Greenhouse Gas Protocol, Intergovernmental Panel on Climate Change, Dostupno na: www.ipcc.ch, Fifth Assessment Report, 2014

ISWA, 2019. Landfill Operations Guidelines 3rd edition, International Solid Waste Association, Working Group for Landfills, 2019 Dostupno na: https://www.iswa.org/blog/download-the-3rd-landfill-operations-guidelines/?v=8cee5050eeb7

IZSdM, 2021. Attivita di medicina traslazionale per il biomonitoraggio in regione Campania, Instituto Zooprofilattico Sperimentale del Mezzogiorno

Jezdimirović I (2022) Impact of waste disposal on air pollution in Republic of Serbia, Global Methane Initiative Conference, 14.9.2022 Dostupno na: https://www.globalmethane.org/documents/Igor%20Jezdimirovic%20-%20GMI%202022.pdf

Jones K (2020) Human Biomonitoring in Occupational Health for Exposure Assessment. Port J Public Health 38, 2–5.

Khalil C, Al Hageh C, Korfali S, Khnayzer RS (2018). Municipal leachates health risks: Chemical and cytotoxicity assessment from regulated and unregulated municipal dumpsites in Lebanon. Chemosphere, 208, 1–13.

Kjeldsen P, Barlaz MA, Rooker AP, Baun A, Ledin A, Christensen TH (2010) Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 32, 297-336

Kjeldsen P,Christophersen M (2001) Composition of leachate from old landfills in Denmark. Waste Management & Research 19, 249–256

Kung K, Sridhar R, Yang H (2015) Hydrogen Sulfide Mitigation Strategy for a Class I Landfill Massachusetts Institute of Technology (MIT), USA

Lou Z, Li A, Tai J, Yuan W, Zhu N, Zhao Y (2016) Distribution pattern and the risks of OPCs, PHAs and PCBs in aged refuses from landfill. Waste Management 55, 330-335

Ma J, Kouznetsova M, Lessner L, Carpenter D (2007) Asthma and infectious respiratory disease in children—correlation to residence near hazardous waste sites. Paediat Resp Rev 8, 292–298.

Mattiello A, Chiodini P, Bianco E, Forgione N, Flammia I, Gallo C, Pizzuti R, Panico S. (2013) Health effects associated with the disposal of solid waste in landfills and incinerators in populations living in surrounding areas: a systematic review. Int J Public Health 58(5), 725-735. Dostupno na: https://scispace.com/papers/health-effects-associated-with-the-disposal-of-solid-waste-4iewtu733e

Mazzucco W, Costantino C, Restivo V, Alba D, Marotta C, Tavormina E, Cernigliaro A, Macaluso M, Cusimano R, Grammauta R, Tramuto F, Scondotto S, Vitale F (2020) The Management of Health Hazards Related to Municipal Solid Waste on Fire in Europe: An Environmental Justice Issue? Int J Environ Res Public Health. 2020 Sep 11.17(18):6617. https://www.mdpi.com/1660-4601/17/18/6617

Melymuk L, Bohlin-Nizzetto P, Prokeš R, Kukučka P, Klánová J (2016). Sampling artifacts in active air sampling of semivolatile organic contaminants: Comparing theoretical and measured artifacts and evaluating implications for monitoring networks. Environmental Pollution 217, 97-106. https://doi. org/10.1016/j.envpol.2015.12.015

Michelozzi P, Fusco D, Forastiere F, Ancona C, Dell'Orco V, Perucci CA (1998) Small area study of mortality among people living near multiple sources of air pollution. Occup Environ Med 55, 611–615.

Milošević L (2016) Metodološki pristup procene rizika od deponijskog požara u cilju ocene zagađenosti vazduha. Doktorska disertacija, Fakultet zaštite na radu, Univerzitet u Nišu, Niš, Srbija, 2016.

Mishra H, Karmakar S, Kumar R, Kadambala P (2018). A long-term comparative assessment of human health risk to leachate-contaminated groundwater from heavy metal with different liner systems. Environmental Science and Pollution Research International, 25(3), 2911–2923.

Mišić M, editor (2005) Encyclopedia Britannica. A-B. Belgrade, Narodna knjiga: Politika. page 77. ISBN 86-331-2075-5

MUP, 2022. Odgovor na zahtev za pristup informacijama od javnog značaja - predmet broj 65/22 (2022), Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srbije – Sektor za vanredne situacije, Beograd

Naveen BP, Mahapatra DM, Sitharam TG, Sivapullaiah PV, Ramachandra TV (2017). Physico-chemical and biological characterization of urban municipal landfill leachate. Environmental Pollution, 220(Pt A), 1–12.

NEA, 2021. Izveštaj Vazduh (2021), Nacionalna ekološka organizacija

Nunavut Department of Health, 2014. Bulletin: Questions and answers Iqaluit dump fire – air Quality (July 18, 2014) Iqualuit, NT: Government of Nunavut; 2014 [cited 2014 Jul18]; Dostupno na: http://www.gov.nu.ca/health/news/bulletin-questions-andanswers-iqaluit-dump-fire-air-quality

Petrlik J, Bell L, DiGangi J, Allo'o Allo'o SJ, Kuepouo G, Ochola GO, Grechko V, Jelinek N, Strakova J, Skalsky M, Drwiega YI, Hogarh J, Akortia E, Adu-Kumi S, Teebthaisong A, Carcamo M, Beeler B, Behnisch P, Baitinger C, Herold C, Weber R. (2022) Review: Monitoring of Dioxins and PCB in Eggs as Sensitive Indicator for Environmental Pollution and Contaminated Sites and Recommendations for Reducing and Controlling Releases and Exposure. Emerging Contaminants 8, 254-279. Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.emcon.2022.05.001

Petrovic M, Sremacki M, Radonic J, Mihajlovic I, Obrovski B, Vojinovic Miloradov M, Health risk assessment of PAHs, PCBs and OCPs in atmospheric air of municipal solid waste landfill in Novi Sad, Serbia, Science of The Total Environment, 2018.

Petrović V, Ćurčić Jovanović M, Janković S, Turubatović L, Antonijević B (2008) Average inatake of dioxins and polychlorinated biphenyls among adult population in Serbia. 7th Xenobiotic Metabolism and Toxicity Workshop of Balkan Countries, Novi Sad, Serbia, 2008 June 3-6, Eur J Drug Metabol Pharmacokinet 2008, 33:14.

Przydatek G (2019). The analysis of the possibility of using biological tests for assessment of toxicity of leachate from an active municipal landfill. Environmental Toxicology and Pharmacology, 67, 94–101.

Pukkala E, Pönkä A (2001) Increased incidence of cancer and asthma in houses built on a former dump area. Environ Health Perspect 109, 1121-5.

Purser DA, Maynard RI, Wakefield JC (Eds.) (2016) Toxicology, Survival and Health Hazards of Combustion Products. Royal Society of Chemistry.

Ranzi A, Ancona C, Angelini P, Badaloni C, Cernigliaro A, Chiusolo M et al. (2014) Health impact assessment of policies for municipal solid waste management: findings of the SESPIR Project. Epidemiol Prev 38(5), 313-322.

AZŽS, 2021a. Upravljanje otpadom u Republici Srbiji u periodu 2011-2020. godine, Agencija za zaštitu životne sredine, Beograd.

AZŽS, 2021b. Izveštaj o kvalitetu vazduha u 2020. u Republici Srbiji. Agencija za zaštitu životne sredine Republike Srbije.

Stanisavljević N, Ubavin D, Batinić B, Fellner J, Vujić G (2012): Methane emissions from landfills in Serbia and potential mitigation strategies: a case study. Waste Management & Research 30, 1095-1103

The Oxford Review Encyclopedia of Terms www.oxford-review.com/oxford-review-encyclo-paedia- terms/impact-factor

UK Environment Agency, 2010. Exposure Assessment of Landfill Sites (2010) Volume 1: Main Report. Riport P1-396/R.

UNEP, 2013. Toolkit for Identification and Quantification of Releases of Dioxins, Furans and Other Unintentional POPs. United Nations Environmental Program (UNEP). Dostupno na:

http://toolkit.pops.int/publish/Annexes/A_04_Annex04.html - Emission Factors for Source Group 6 Open Burning

UNEP, 2017d. Report on the effectiveness evaluation of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. UNEP/POPs/COP.8/INF40

UNEP, 2019a. Guidance of the GMP for POPs

US EPA, 2007a. US EPA Revision 1 Method 8280B: Detection and quantitative measurement of PCDDs and PCDFs by HRGC/LRMS. Dostupno na: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/8280b_0.pdf

US EPA, 2007b. US EPA Revision 1 Method 8290A: Detection and quantitaive measurement of PCDDs and PCDFs by HRGC/HRMS. Dostupno na: https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-01/documents/sw846method8290a.pdf

US EPA, 2010a EPA/100/R-10/005 Recommended Toxicity Equivalence Factors (TEFs) for Human Health Risk Assessments of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin and Dioxin-Like Compounds

US EPA, 2010b. US EPA Region II Method 1613B: CDDs/CDFs by Isotope Dilution using HRGC/ HRMS SOP No.HW-25 Revision 3. Dostupno na: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/SOP_HWSS_25_revision_3.pdf

US EPA, 2014, 2015. Municipal solid waste and human health. United States Environmental Protection Agency. Washington, DC: EPA; [updated Jun 25, 2014; cited 2015 Mar 4];

US EPA, 2021a. An Analysis of Lithium-ion Battery Fires in Waste Management and Recycling. Office of Resource Conservation and Recovery EPA 530-R-21-002 July 2021

US EPA, 2022. Analysis of NYS Landfills as Sources of PFAS Groundwater Contamination, United States Environmental Protection Agency. Dostupno na: https://cfpub.epa.gov/ncer_abstracts/index.cfm/fuseaction/display.abstractDetail/abstract_id/10989

Vasović D., Rađenović T., Živković S. (2023) chapter 1 Public Utility Systems in the Republic of Serbia", IGI Global

Vassiliadou I, Papadopoulos A, Costopoulo D, Vasiliadou S, et al. (2009) Dioxin contamination after an accidental fire in the municipal landfill of Tagarades, Thessaloniki, Greece. Chemosphere 74, 879-884

Vujić G, Jovičić N, Redžić N, Jovičič G, Batinić B, Stanisavljević N, Abuhress OA (2010) A fast method for the analysis of municipal solid waste in developing countries - case study of Serbia. Environmental Engineering and Management Journal 9, 1021-1029

Wakefield JC (2010) A Toxicological Review of the Products of Combustion: Heath Protection Agency

Weichenthal S, Rijswijk DV, Kulka R, You H, Van Ryswyk K, Willey J , Dugandzic R, Sutcliffe R, Moulton J, Baike M, White L, Charland JP, Jessiman B (2015) The impact of a landfill fire on ambient air quality in the north: A case study in Iqaluit, Canada. Environmental Research 142, 46-50.

Wevers M et al. (1993) Concentrations of PCDDs and PCDFs in ambient air at selected locations in Flanders. Organohalogen compounds 12, 123–126.

WHO, 1998. Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI). World Health Organization (WHO)

WHO, 2000a. Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition (2000) World Health Organization (WHO) Regional Publications, European Series, No.91 (2000), ISBN 92 890 1358 3; Dostupno na: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/107335/9789289013581-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y

WHO, 2000b. Methods of assessing risk to health from exposure to hazards released from waste landfills. World Health Organization (WHO), Copenhagen, WHO Regional Office for Europe. Dostupno na: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/108362/E71393.pdf?sequence=1&isAllowed=y

WHO Regional Office for Europe, 2013b. Health effects of particulate matter: Policy implications for countries in Eastern Europe, Caucasus and central Asia. Dostupno na: http://iris.who.int/bitstream/handle/10665/344854/9789289000017-eng.pdf?isAllowed=y&sequence=1&utm_source=chatgpt.com

WHO, 2015. Human biomonitoring: facts and figures. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2015. Dostupno na: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/164588/WHO-EURO-2015-3209-42967-60040-eng.pdf?sequence=3

WHO– WHA, 2015. WHA Resolution 68.8 Health and the Environment: Addressing Health Impact of Air Pollution; Dostupno na: https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA68-REC1/A68_R1_REC1-en.pdf

WHO, 2016. Waste and Human Health: Evidence and needs (2016) World Health Organization (WHO) Meeting Report, 5-6 November 2016, Bonn, Germany. Dostupno na: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/354227/WHO-EURO-2015-5441-45206-64594-eng.pdf?isAllowed=y&sequence=1

Wu D, Li Q, Shang X, Liang Y, Ding X, Sun H, Li S, Wang S, Chen Y and Chen J (2021) Commodity plastic burning as a source of inhaled toxic aerosols. J. Hazard. Mater. 416 125820

Yang H, Ma M, Thompson JR, Flower RJ (2018), Waste management, informal recycling, environmental pollution and public health. Journal of Epidemiology and Community Health 72(3) pp 237-243.

UN Environment Programme
PO BOX 30552
00100 Nairobi, Kenya