



INCO-WBC-1-509173

RECOAL

„Reintegracija odlagališta pepela i ublažavanje zagađenja na području Zapadnog Balkana“

ISTRAŽIVAČKI PROJEKAT SA SPECIFIČNIM CILJEM

C.1 Okoliš

Zadatak br. 41

Priručnik o tretmanu odlagališta pepela

Rok za završetak zadatka: 12.2007

Stvarni datum završetka: 02.2008

Početak projekta: 01.01.2005

Trajanje: 2008

Naziv organizacije koja je voditelj ovog zadatka: **FR, BOKU, BTUC**

Projekat sufinansira Evropska komisija u okviru Šestog okvirnog programa (2002-2006)		
Dostupnost		
PU	Javnost	X
PP	Ograničeno na ostale učesnike programa (uključujući službe Komisije)	
RE	Ograničeno na grupu specificiranu od strane Konzorcija (uključujući službe Komisije)	
CO	Povjerljivo, samo za članove Konzorcija (uključujući službe Komisije)	

Priručnik o tretmanu odlagališta pepela

Predgovor

“Priručnik o tretmanu odlagališta pepela” daje upute za upravljanje formiranim deponijama pepela na kojima se odlaganje vrši „mokrom metodom”.

Odluke o upravljanju i remedijaciji odlagališta zahtijevaju da se u obzir uzmu i mišljenja društva, kao naprimjer šta je prihvatljivo za one koji su pod direktnim utjecajem i ko je i ko bi trebao biti uključen u proces donošenja odluka.

Priručnik pruža okvir za istraživače i inženjere koji se bave zagađenjem prouzrokovanim pepelom, a kreatorima politike, podršku u interpretaciji i sintezi istraživanja vezanih za pepeo, u namjeri da se ista inkorporiraju u proces donošenja odluka.

Članovi Konzorcija RECOAL-a

BOKU Univerzitet za prirodne resurse i primijenjene prirodne nauke Beč, Austrija,
Koordinacija

Walter W. Wenzel, Walter J. Fitz, Alex Dellantonio

IHGF Institut za hidrotehniku Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Tarik Kupusović, Hamid Čustović (Univerzitet u Sarajevu), Dalila Jabučar, Nijaz Zerem, Melisa Haznadarević

UBAL Univerzitet u Banjoj Luci, Bosna i Hercegovina

Mihajlo Marković, Mladen Babić, Svetlana Lazić, Milan Šipka

FAZ Univerzitet u Zagrebu, Hrvatska

Ferdo Bašić, Željka Zgorelec, Ivica Kisić

BTUC Tehnološki univerzitet u Brandenburg, Cottbus, Njemačka

Reinhard Hüttl, Frank Repmann, Holger Grünwald, Bernd Uwe Schneider

FR Agencija za istraživanje šuma, Alice Holt Lodge, Ujedinjeno Kraljevstvo

Paul Tabbush, Claudia Carter, Vanesa Castán Broto, David Edwards

TET Termoelektrana Tuzla

Mirza Džindo, Miralem Pirić, Šaban Hajdarević

Zahvale

Ovaj priručnik je glavni rezultat projekta RECOAL – Reintegracija odlagališta pepela i ublažavanje zagađenja na području Zapadnog Balkana, kojeg je financirala Komisija Evropske unije.

Ugovor br.: INCO-WBC-1-509173.

Sadržaj

1. Uvod – ciljevi, ograničenja, kontekst	5
1.1. Ciljevi	5
1.2. Ograničenja – karakteristike odlagališta	6
1.3. Karakteristike upravljanja zemljištem	7
1.4. Kontekst – karakteriziranje upravljanja pepelom	8
2. Minimalna kontrolna lista	10
2.1. Historijsko istraživanje	10
2.2. Trenutno korištenje zemljišta i vode	10
2.3. Karakteristike uglja i pepela	10
2.4. Praćenje usjeva, biljaka, životinja	10
2.5. Razumijevanje lokalnih problema i potreba	11
2.6. Minimalna potrebna istraživanja za pojedinačne tokove	11
2.7. Referentne vrijedn/osti zagađujućih supstanci	12
2.8. Nezvanično trenutno korištenje zemljišta	15
2.9. Postojeći tretman otpadnih voda	15
3. Alati za podršku odlučivanju – dijagrami	16
3.1. Uvod u strukturu	16
3.2. Korak 1: Definiranje problema	19
3.3. Korak 2: Pravljenje liste potencijalnih rješenja	24
3.4. Korak 3: Izrada strategije remedijacije	28
3.5. Korak 4: Program monitoringa	31
4. Način procjene rizika	36
4.1. Procjena rizika od utjecaja sa površine deponije	36
4.2. Procjena rizika od utjecaja otpadnih voda	37
5. Utjecaj odlaganja pepela na okoliš – slučaj u Tuzli	39
5.1. Kontekst odlaganja pepela u Bosni i Hercegovini	39
5.2. Utjecaj industrije na lokalni okoliš	40
5.3. Odlaganje pepela	40
5.4. Rješavanje problema i potreba lokalnog stanovništva	46
5.4.1. Zdravlje i dobrobit lokalnog stanovništva	46
5.4.2. Disperzija čestica pepela	47
5.4.3. Vodosnabdijevanje i kvalitet vode	49
5.4.4. Otpadne vode	49
5.4.5. Odgovarajuća upotreba zemljišta	51
5.5. Eksperimenti vezano za smanjenja rizika i mjere reintegracije	53
5.5.1. Uspostavljanje zemljanog pokrivača	53
5.5.2. Dodavanje komposta pepelu	55
5.5.3. Alternative sorti	58
5.5.4. Sistemi rotacije usjeva	59
5.6. Vjetrozaštitni pojas i mjere za uređenje pejzaža	60
5.6.1. Instaliranje kaskada za aerciju vode	62
5.6.2. Materijali za filter kolone i lagune	62
5.6.3. Pasivni tretman alkalnog otpada u lagunama	63
5.7. Zaključci studije slučaja Tuzla	65

1. Uvod – ciljevi, ograničenja, kontekst

1.1. Ciljevi

Ovaj priručnik služi za promociju i podršku reintegracije odlagališta pepela na području Zapadnog Balkana i za ublažavanje okolišnih rizika koji mogu biti rezultat odlaganja pepela iz industrijskih procesa. Priručnik daje strukturirane instrumente u cilju davanja uputa korisniku kroz ključna pitanja i probleme relevantne za sanaciju odlagališta pepela. Pojedinačni instrumenti detaljno opisuju, korak po korak, koje informacije mogu biti relevantne, i daju upute zašto, kada i kako prikupljati i vršiti evaluaciju podataka/informacija sa ciljem:

- Definiranja osnovnih karakteristika predmetnog odlagališta.
- Definiranja i procjene relevantnih i mogućih utjecaja na okoliš koje predmetno odlagalište uzrokuje.
- Izrade Studije o procjeni rizika. Zavisno od nivoa složenosti problema, potrebno je razmotriti različite tokove okolišnih medija i/ili putanje zagađenja: npr. zemljište, voda, zrak, lanac ishrane i proizvodnja stočne hrane. Ovaj priručnik koristi važeće zakonske/preporučene granične vrijednosti i zbog toga omogućava korisniku priručnika da procijeni specifične rizike iz obje perspektive, i tehničke i zakonodavne.
- Odlučivanja o prioritetima i izboru pogodnih tehnika koje će pomoći u efektivnoj sanaciji i reintegraciji lokacije.

Ovi instrumenti i upute izrađeni su na osnovu iskustava stečenih u okviru projekta RECOAL i dopunjeni podacima iz literature. Mora se naglasiti, međutim, da se preporuke za ovdje date instrumente i tehnike strogo odnose na kontekst studije slučaja RECOAL.

To podrazumijeva nekoliko ograničenja koja je potrebno uzeti u obzir prilikom primjene metodologija za procjenu koje su prezentirane u ovom priručniku, a naročito kada je u pitanju njihova primjena prilikom sanacije drugih odlagališta. Naprimjer, ovaj priručnik ne obuhvata geotehničke probleme i sofisticirane tehnike sanacije i rješenja za prečišćavanje voda koje bi se također mogle primijeniti na drugim odlagalištima. Umjesto toga, ovaj priručnik se fokusira na jeftina rješenja za remedijaciju, kao što je objašnjeno u tekstu niže. Smatra se da instrumenti koji se bave karakterizacijom lokacije, procjenom rizika i procjenom različitih alternativa za poboljšanja imaju više jedan generalni karakter i mogu se efikasno primijeniti i na druga odlagališta. Ustvari, instrumenti se mogu također koristiti za karakterizaciju i procjenu degradiranih područja (npr. kroz rudarske aktivnosti), kontaminiranih područja i nekih drugih odlagališta otpada koja nisu odlagališta pepela.

1.2. Ograničenja – karakteristike odlagališta

U ovom dijelu se govori o okolišnom i tehničkom okviru ovog priručnika, kako bi se izložio kontekst primjene metodologija prezentiranih u narednim poglavljima.

Mokro odlaganje¹

Danas se koriste dvije glavne metode odlaganja pepela: "suho" i "mokro odlaganje". Treći metod, odlaganje letećeg pepela u more, je bila praksa koja se dosta koristila u Sjevernom moru, ali je njena primjena obustavljena 1992. godine. "Suho odlaganje", pri kojem se ostaci od sagorijevanja uglja odlažu pri suhim ili blago vlažnim uvjetima na odlagališta, se vrši slično konvencionalnom zatrpavanju ili zemljanim radovima. "Mokro odlaganje" ili "odlaganje u lagunama" obuhvata miješanje ostataka od sagorijevanja uglja sa vodom na lokaciji elektrane, a zatim hidraulički transport te mješavine putem cjevovoda prema jednoj ili nizu vještačkih laguna u kojima se mješavina odlaže. Sadržaj ovog priručnika se odnosi samo na mokro odlaganje ostataka od sagorijevanja uglja. To znači da odlagališta imaju relativno ravnu površinu, bez većih uspona koji bi zahtijevali geotehnička ispitivanja, crtanje izohipsi ili ponovno oblikovanje i prilagođavanje tehnologija rekultivacije.

Stabilnost i pristupačnost

Predložena remedijacijska rješenja izrađena su za stabilne i pristupačne površine odlagališta. Stabilnost površine uveliko zavisi od količine preostale vode i odvodnog kapaciteta pepela. Također, na stabilnost površine utječu karakteristike/uvjeti kao što su veličina i granulometrijski sastav čestica, sadržaj pucolanskih slojeva (stvrđnuti slojevi uslijed "cementne reakcije") i izloženost ciklusima vlaženja i sušenja.

"Svježa" odlagališta koja su u upotrebi, a na kojima se odlaganje vrši mokrom metodom, trebaju se ispitati korištenjem geotehničkih metoda prije nego što im se pristupi, pošto postoji rizik od propadanja podloge. Metode koje se trebaju primijeniti su mjerenje čvrstoće na smicanje, dinamička sondiranja i testovi dinamičke penetracije. Nestabilna odlagališta će vjerovatno biti potrebno ojačati korištenjem geotekstila ili odgovarajućih slojeva šljunka, šuta ili zemljišta prije nego što im se pristupi i započne sa rekultivacijom. Osim toga, za pojačanje površine odlaganja mogu se koristiti i pucolanski dodaci kao što je cement, krečnjak (CaO) ili gips.

Alkalne reakcije

Pepeo i efluenti sa tuzlanskog odlagališta baziraju se na alkalnoj reakciji (visoka vrijednost pH). Zbog toga rješenja za prečišćavanje vode o kojima se govori u ovom priručniku podrazumijevaju alkalne efluente i fokusiraju se na metode snižavanja pH vrijednosti.

Kiselo zemljište ili supstrat bi vjerovatno dovelo do značajno veće koncentracije teških metala u efluentima što bi zahtijevalo složenije tehnike ili postrojenja za

prečišćavanje. Uz to, ovo bi moglo da uzrokuje veće koncentracije metala u biljkama, što bi dalje dovelo da njihovog većeg unosa u lanac ishrane.

Nije se odlagao drugi otpad

Odlaganje dodatnih otpadnih materija (npr. hemijskog otpada, sredstava za prečišćavanje gasova, katrana i ulja (HC) naročito iz postrojenja za gasifikaciju/topljenje uglja koja sadrže neizmjeran broj organskih zagađivača (PAH – „policiklični aromatski ugljikovodici“, BTEX – „benzol, tulen, etilbenzen, ksilen“, cijanida i fenola) osim pepela može da predstavlja veliki okolišni problem, naročito sa aspekta zagađenja zemljišta, podzemnih voda i efluenta, te potrebnih tretmana. Takvi primjeri zagađenja nisu obuhvaćeni ovim priručnikom.²

Napuštena odlagališta

Tehnike remedijacije koje se predlažu odnose se na napuštena odlagališta, koja su općenito pristupačna i isušena (vidi dio 'Stabilnost i pristupačnost' u tekstu gore).

1.3. Karakteristike upravljanja zemljištem

Reintegracija/remedijacija

Izraz reintegracija se u ovom priručniku koristi sa sljedećim značenjem: *tretiranje odlagališta na takav način da oni postanu dio, ili da se čak sjedine sa okolnim okolišem/pejzažom i, u idealnom slučaju, da više ne budu prepoznatljiva kao industrijska odlagališta*. Reintegracija također znači da su glavne prijetnje – kao što je širenje prašine uslijed erozije uzrokovane vjetrom, koja može ozbiljno pogoršati uvjete za život – zaustavljene. Također, ovaj izraz pokazuje da rješenja za tretman mogu imati za cilj ponovno uspostavljanje poljoprivrednih potencijala.

Izraz reintegracija eksplicitno ne uključuje opcije upotrebe zemljišta kao što je komercijalna upotreba (i u vezi s tim priprema zemljišta za građenje/infrastrukturu) i izgradnju industrijskih područja/parkova.

Jeftine tehnologije

Rješenja za tretman koja se predlažu za reintegraciju odlagališta i ublažavanje utjecaja na okoliš su odgovarajuća, tehnološki jednostavna i jeftina rješenja. Ovaj priručnik se ne bavi sa sofisticiranim strategijama rehabilitacije koje bi iziskivale opsežna geotehnička, geohemijska ispitivanja i ispitivanja podzemnih voda ili specifično prilagođene metode remedijacije, kao što su sofisticirano višeslojno pokrivanje, hermetičko zatvaranje (talpe, betonski kanali), tehnike isušivanja, aktivne metode tretmana vode za efluente, površinsko otjecanje i podzemne vode

(izdvajanje zagađujućih supstanci iz tečnosti putem pare, mikrobnog razlaganja, taloženje, korištenje hemikalija).

Primjena tehnologija „na licu mjesta“

Na licu mjesta jednostavno znači da odloženi pepeo ostaje na svom mjestu za vrijeme tretmana. Mi ne govorimo eksplicitno o otkopavanju pepela ili njegovom tretiranju na odlagalištu (npr. čišćenje zemljišta) ili odlaganju u napuštenim rudnicima.

1.4. Kontekst – karakteriziranje upravljanja pepelom

U gradu Tuzla, koji se nalazi u Bosni i Hercegovini, Termoelektrana radi u okviru JP ELEKTROPRIVREDA BIH. TERMOELEKTRANA "TUZLA" proizvodi i toplotnu i električnu energiju za privatna domaćinstva i industriju. Termoelektrana kao gorivo koristi ugalj koji se iskopava u rudnicima u blizini Tuzle.

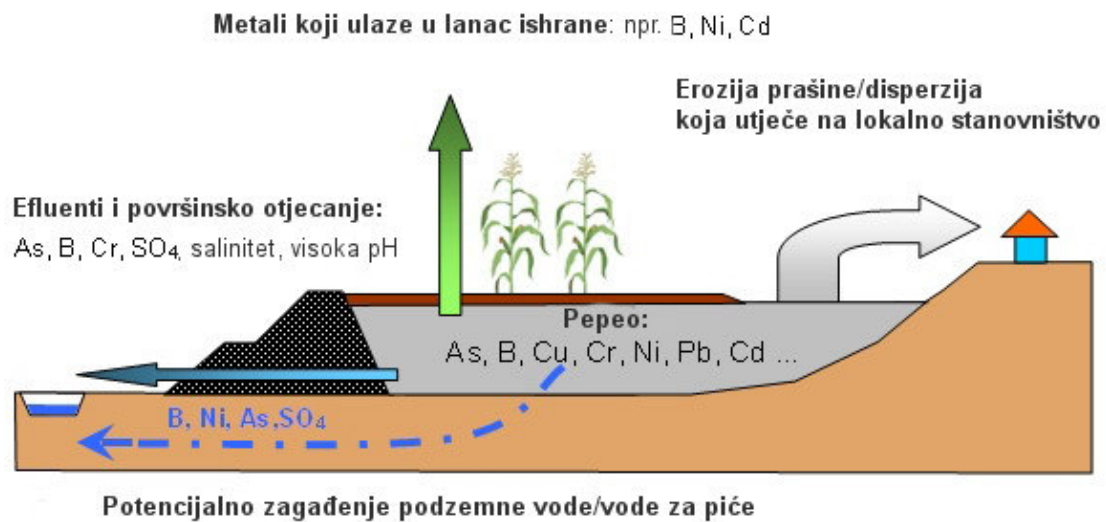
Jedan od nus-proizvoda iz procesa proizvodnje energije iz uglja je ogromna količina ostataka od sagorijevanja koje je potrebno odložiti na nekom mjestu. U Tuzli, ostaci od sagorijevanja se pumpanjem odlažu na jezera u prirodnim dolinama, koja su oivičena branama. U neposrednoj blizini Tuzle formirano je pet odlagališta koja pokrivaju površinu od približno 170 ha: Drežnik, Plane, Divkovići I i II i Jezero.

Zbog činjenice da je pepeo iz sagorijevanja uglja općenito poznat po tome da sadrži raznovrsne potencijalno toksične elemente u tragovima – u slučaju Tuzle naročito Ni, Cr, As i B –, mora se pretpostaviti da odlaganje pepela u toj količini predstavlja ozbiljan okolišni problem.

Glavnu opasnost predstavlja:

- Zagađenje zemljišta;
- Zagađenje voda/podzemnih voda uslijed procjeđivanja toksičnih supstanci (efluenti i procesne vode);
- Disperzija prašine; i
- Toksične materije koje ulaze u lanac ishrane.

Lokacije odlagališta koja su pokrivena zemljom koriste se u poljoprivredne svrhe (proizvodnja hrane za ljudsku ishranu i stočne hrane), što predstavlja daljnji rizik za lokalno stanovništvo.



Slika 1: Moguće opasnosti i putevi zagađenja.

2. Minimalna kontrolna lista

Kako bi se definirale i procijenile relevantne i vjerovatne opasnosti po okoliš i utjecaji koje stvara bilo koje odlagalište, potrebno je razmotriti minimalan broj ključnih aktivnosti i pitanja – kao što je detaljno objašnjeno u narednim odlomcima.

2.1. Historijsko istraživanje

Historijsko istraživanje je osnova za razumijevanje početnog oblika i konteksta bilo kojeg odlagališta. To je preduvjet za definiranje okvira geografskih, okolišnih i socioloških istraživanja. Potrebno je konsultirati dostupne, ranije izrađene studije, kao i lokalno stanovništvo i tehničko osoblje iz Termoelektrane kako bi se izvukli i evaluirali ključni problemi. To može obuhvatiti informacije o geološkoj situaciji, hidrogeološkoj situaciji, primijenjenoj tehnologiji odlaganja (uključujući odlaganje dodatnog otpada), promjenama korištenja zemljišta i strukturi naseljenosti, izvještaje/statistike o ljudskom zdravlju i društvene utjecaje. Bilo koje saznanje o promjenama u tehnologijama odlaganja može biti važno za ispravno interpretiranje podataka o procjeni rizika.

2.2. Trenutno korištenje zemljišta i vode

Trenutno korištenje zemljišta bi trebalo biti okarakterisano i detaljno prikazano na karti, uključujući područje na vrhu odlagališta, kao i zemljište u okruženju koje može biti pod njegovim utjecajem (npr. poljoprivredno zemljište, šume, naselja, područje za rekreaciju, lokaliteti namijenjeni za odlaganje otpada). Procjena korištenja vode bi također trebala obuhvatiti raspoložive količine vode, kao i količine koje se troše. Na osnovu trenutnog korištenja zemljišta mogu se definirati mogući putevi kojima dolazi do izlaganja stanovništva zagađenju; npr. pepeo/zemljište – usjev –čovjek; ili pepeo/zemljište –usjev – stoka – čovjek.

2.3. Karakteristike uglja i pepela

Termoelektrana vodi statističke podatke o godišnjoj potrošnji uglja i podatke o nastaloj količini pepela. Osim toga, operatori u Termoelektrani vrše rutinsku osnovnu fizičko-hemijsku karakterizaciju uglja koje se koristi kao gorivo kao i pepela, što pruža bitne informacije za procjenu mogućih rizika.

2.4. Praćenje usjeva, biljaka, životinja

Prije planiranja detaljne studije, odlagališta bi bilo potrebno posjetiti kako bi se stekao opći utisak o strukturi odlagališta i napravila neka specifična zapažanja kao što je rast usjeva i drugih biljaka (uključujući autohtone vrste), vizualni simptomi

toksičnosti itd. Također, mogu se intervjuirati lokalni stanovnici da se dobiju dodatna saznanja o lokalnim uvjetima.

2.5. Razumijevanje lokalnih problema i potreba

Razumijevanje društvenog konteksta remedijacije je neophodan (ali ne i dovoljan) uvjet za garanciju dugoročne održivosti projekta. Konačno, prijedlozi za remedijaciju trebaju da po prioritetima naprave listu problema onih koji su pod većim utjecajem zagađenja. Takva istraživanja bi u idealnom slučaju trebala da se urade na početku projekta, kako bi se na osnovu njih razradili ciljevi i tok projekta. Razumijevanje lokalnih potreba ne bi trebalo da se shvata kao dodatni teret, već prije kao ključna stavka koja bi se trebala prožimati kroz cijeli projekat.

Postoje različita sredstva za istraživanje lokalnog konteksta. Analiza zainteresiranih strana će pomoći da se istraže različite strane koje su pod utjecajem i koje utječu na projekat. Mogu se provesti detaljniji razgovori sa predstavnicima institucija, te istražiti različite prepreke koje utječu na remedijaciju. Razgovori sa lokalnim stanovništvom će povećati znanje istraživača o lokaciji koja se istražuje, te mogu pomoći da se istaknu urgentniji problemi sa kojima lokalno stanovništvo mora da se suočava u svom svakodnevnom životu. Na kraju, metode učešća, kao što je razgovor u grupama ili radionice, mogu možda pomoći da se olakša komunikacija između različitih zainteresiranih strana i da se pomogne izgradnja kanala kojim će se prenositi različite vrste informacija prema svim zainteresiranim stranama i stranama koje su pod utjecajem.

2.6. Minimalna potrebna istraživanja za pojedinačne tokove³

Minimalna potrebna istraživanja navedena u tekstu niže predstavljaju najmanji nivo istraživanja neophodan za razumnu procjenu okolišnih rizika koje uzrokuju odlagališta. Prijedlozi za analizu tipičnih parametara i (radioaktivnih) elemenata su uzeti iz literature. Koncentracije organskih zagađujućih supstanci koje su vezane za procese gorenja kao što su policiklični aromatski ugljikovodici, polihlorirani dibenzofurani i polihlorirani dibenzo-p-dioksini mogu biti povećane u ostacima sagorijevanja uglja ali imaju ograničenu ulogu u poređenju sa elementima u tragovima. Ipak, ostaci od sagorijevanja uglja su veoma heterogeni supstrati. Višeelementne analize moraju se izvršiti najmanje na reprezentativnom broju uzoraka.

Karakteristike pepela i zemljišta koje je nasuto preko odlagališta

- pH
- Električna provodljivost
- Ukupne koncentracije elemenata: As, B, Cd, Cu, Cr, Hg, Mo, Se, Ni, Pb, Zn
- Koncentracije radioaktivnih elemenata ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Pb
- Elementi koji se mogu izdvojiti iz vode i anioni As, B, Cd, Cu, Cr, Mo, Se, Hg, Ni, Pb, Zn, SO_4^{2-} , Cl^-

Koncentracije elemenata u tragovima u biljkama

As, B, Cd, Mo, Se, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn

Karakteristike otpadne vode i toksičnost

- pH
- Električna provodljivost
- Ukupne suspendovane materije
- Ukupne koncentracije (pregled): As, B, Cd, Cr, Mo, Se, Hg, Ni, Pb, Zn, (Fe)
- Anioni (u procjednim vodama): Cl^- , SO_4^{2-} , F^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{2-}
- Standardni testovi toksičnosti korištenjem vodenih organizama (npr. Daphnia-testovi)

2.7. Referentne vrijednosti zagađujućih supstanci

Procjena rizika zahtijeva određivanje referentnih vrijednosti koje definiraju prisustvo određenog rizika. Takve referentne vrijednosti mogu biti određene u sklopu regulatornog okvira. U momentu pisanja ovog priručnika, situacija je takva da legislativa o zagađenom zemljištu još nije izrađena u Bosni i Hercegovini.

Sa regulatorne tačke gledišta, Evropska unija ima jak utjecaj na razvoj nove politike u oblasti okoliša u Bosni i Hercegovini, koja se smatra potencijalnom budućom državom članicom. Stoga, ima smisla pozivati se i na standarde koji su široko prihvaćeni u Evropi.

Potreba za aktivnostima na remedijaciji zavisi prvenstveno od prirode zagađujućih supstanci (toksikologija, mobilnost) i korištenja zemljišta. Referentne vrijednosti za normalne koncentracije u okolišnim medijima, zemljištu, pepelu, biljkama i vodi mogu također pomoći za pravljenje usporedbi. Primjeri se mogu pronaći u priloženim fusnotama.⁴

Bazne koncentracije lokalnih zagađujućih materija u zemljištima i vodama zavise od geološke situacije. Naprimjer, zemlja za pokrivanje odlagališta koja se koristi s ciljem remedijacije nekih odlagališta u Tuzli sadržavala je velike koncentracije kroma i nikla. Takva otkrića se moraju uzeti u razmatranje kako bi se izbjegla pogrešna interpretacija hemijske analize biljaka i vode sa ovih lokacija.

Da bi se izvršila evaluacija odlagališta, mogu se koristiti sljedeće granične vrijednosti:

- **Zemljište:** Maksimalne dozvoljene koncentracije za različite vrste korištenja zemljišta. Naprimjer, ako se površina koristi u poljoprivredne svrhe, potrebno je konsultirati se sa referentnim vodičem za zaštitu zemljišta. U studiji slučaja Tuzla, zemlja sa kojom je pokriveno odlagalište bila je djelimično izmiješana sa pepelom ispod nje, zbog praksi obrađivanja zemljišta.

- **Hrana:** Koncentracije zagađujućih supstanci u jestivim biljkama proizvedenim na napuštenim odlagalištima. Većina zakonski propisanih graničnih vrijednosti zasnovane su na koncentracijama prisutnim u različitim svježim proizvodima (npr. zeljasto povrće , različite žitarice, krompir).
- **Stočna hrana:** Maksimalne koncentracije zagađujućih supstanci u stočnoj hrani su grupirane za različite proizvode.
- **Otpad:** Odlaganje pepela može se smatrati kao posebna vrsta odlaganja otpada. Upravljanje otpadom nije predmet RECOAL projekta. Ipak, može biti korisno klasificirati odložene ostatke od sagorijevanja uglja na osnovu propisa za odlaganje otpada.
- **Otpadne vode:** Voda kojom se transportuje pepeo i procjedne vode od naslaga pepela smatraju se otpadnim vodama.
- **Voda za piće:** Otpadna voda iz procesa odlaganja pepela (voda kojom se transportuje pepeo, procjedne vode od taloženja pepela) će općenito prekoračiti standarde vode za piće. Zavisno od lokalne situacije, lokalni vodni resursi koji se koriste za piće mogu biti izloženi utjecajima zagađenja.

Zavisno od geološke situacije i kvaliteta otpadnih voda, podzemni i površinski vodni resursi mogu biti izloženi utjecaju zagađenja. Podzemna voda, sakupljena iz lokalnih podzemnih bunara, može se koristiti za navodnjavanje i kao voda za piće. Zbog toga je, prilikom procjene kvaliteta podzemne vode potrebno konsultirati standarde koji se odnose na vodu za piće. Svjetska zdravstvena organizacija je izradila jedan od najvećih vodiča o standardima vode za piće, uključujući supstance koje općenito nisu razmotrene u državnim standardima⁵. Na primjer, u EU ne postoje zakonski standardi za uranij, dok ovaj vodič daje preporučenu vrijednost za ovaj element.

Bosna i Hercegovina

U trenutku pisanja, legislativa o zagađenom zemljištu i vodi u Bosni i Hercegovini još uvijek nije izrađena. Zbog toga se često primjenjuju propisi iz Hrvatske, Srbije ili EU.

Hrana za ljudsku upotrebu i stočna hrana

Propisi o maksimalnim koncentracijama u prehrambenim proizvodima i nepoželjne supstance u proizvodima za ishranu životinja sadrže samo ograničen broj elemenata u tragovima⁶. Za sve druge elemente moraju se uzeti referentne vrijednosti iz literature.⁷

Otpadne vode

Upravljanje otpadnim vodama je regulirano u okviru Direktive 2000/60/EC Evropskog parlamenta i Vijeća čime se uspostavlja okvir za djelovanje Zajednice u oblasti

politike voda. Međutim, samo ograničen broj parametara je reguliran određenim direktivama. Na primjer, Direktiva o tretmanu gradskih otpadnih voda⁸ propisuje klasične parametre za kvalitet vode kao što su fosfor, nitrati, ali ne spominje veliki broj elemenata u tragovima koji se mogu nalaziti u vodama kojima se transportuje pepeo i procjednim vodama iz odlagališta pepela. Ovaj teret zagađenja je ipak pojedinačno reguliran u zemljama članicama EU. Pregled sa poređenjima objavio je Eurelectric⁹.

Zemljište

EU još uvijek nije izdala propise o zaštiti zemljišta (maksimalne koncentracije teških metala). Zbog toga u tekstu niže navodimo općeprihvaćene referentne vrijednosti koje su djelimično ugrađene u Federalnu uredbu o zaštiti zemljišta i kontaminiranim područjima u Njemačkoj.

Eikmann i Kloke-vrijednosti¹⁰

Shema Eikmann i Kloke (1993) definira referentne, dozvoljene i remedijacijske vrijednosti zasnovane na ukupnim koncentracijama (zlatotopka). Ove vrijednosti se mogu definirati kao:

- *Referentne vrijednosti* predstavljaju maksimalnu koncentraciju specifičnih zagađujućih supstanci sa kojom je dozvoljeno neograničeno višefunkcionalno korištenje zemljišta.
- *Dozvoljene vrijednosti* predstavljaju maksimalnu koncentraciju specifičnih zagađujućih supstanci u vezi sa specifičnim korištenjem zemljišta na lokaciji. Koncentracije ove vrijednosti zahtijevaju monitoring ili promjenu korištenja zemljišta.
- *Remedijacijska vrijednost* je granica iznad koje je potrebna procjena rizika a zatim i remedijacija.

Amonijačni nitrat (NH₄NO₃)-ekstraktive frakcije¹¹

Slično Eikmann-u i Kloke-u, Pruess (1993) je također predložio shemu u tri koraka. Pruess-ova shema se zasniva na 1 M NH₄NO₃ ekstrakta. Ova vrijednost je prihvaćena kao Deutsche Industrie Norm¹².

Federalna Uredba za zaštitu zemljišta i kontaminiranih područja u Njemačkoj (BBodSchV)¹³

Njemačka Federalna uredba za zaštitu zemljišta i kontaminiranih područja razlikuje tri toka zagađenja:

- Tok zemljište – čovjek (direktni kontakt)
- Tok zemljište – jestivi dio biljke
- Tok zemljište – podzemna voda

Vrijednosti navedene u tekstu gore zasnovane su ili na ekstraktivim frakcijama zlatotopke ili (NH_4NO_3).

2.8. Nezvanično trenutno korištenje zemljišta

Površine odlagališta mogu biti predmet nekontroliranog korištenja od strane lokalnog stanovništva kao što je to slučaj u Tuzli. Ljudi koji žive u blizini koriste ova odlagališta za proizvodnju hrane za ljudsku ishranu i stočne hrane, kao pašnjake, za rekreaciju i mjesta za odlaganje otpada. Kompilacija svih načina korištenja zemljišta uključujući i nezvanični je od ključnog značaja za otkrivanje okolišnih i društvenih međuodnosa.

2.9. Postojeći tretman otpadnih voda

Kvalitet otpadne vode (voda pomoću koje se prenosi pepeo i procjedne vode) je potrebno procijeniti poznavajući postojeće prakse tretmana kao što je sedimentacija i kontrola pH. Za planiranje bilo kojeg tretmana voda potreban je balans voda pojedinačnih odlagališta. Ovo obuhvata procjenu dotoka prirodnih tokova (ako postoje), padavina, evapotranspiracije, površinskog otjecanja, brzine otjecanja procjednih voda, i brzine proticanja vode kojom se transportuje pepeo. Količine koje nedostaju u balansu daju približnu vrijednost količine otpadne vode koja se infiltrira u podzemnu vodu. Ovo će uveliko zavisiti od geološke situacije i postojanja ili nepostojanja vodonepropusnih podloga koje se postave prije mokrog odlaganja pepela.

3. Alati za podršku odlučivanju – dijagrami

3.1. Uvod u strukturu

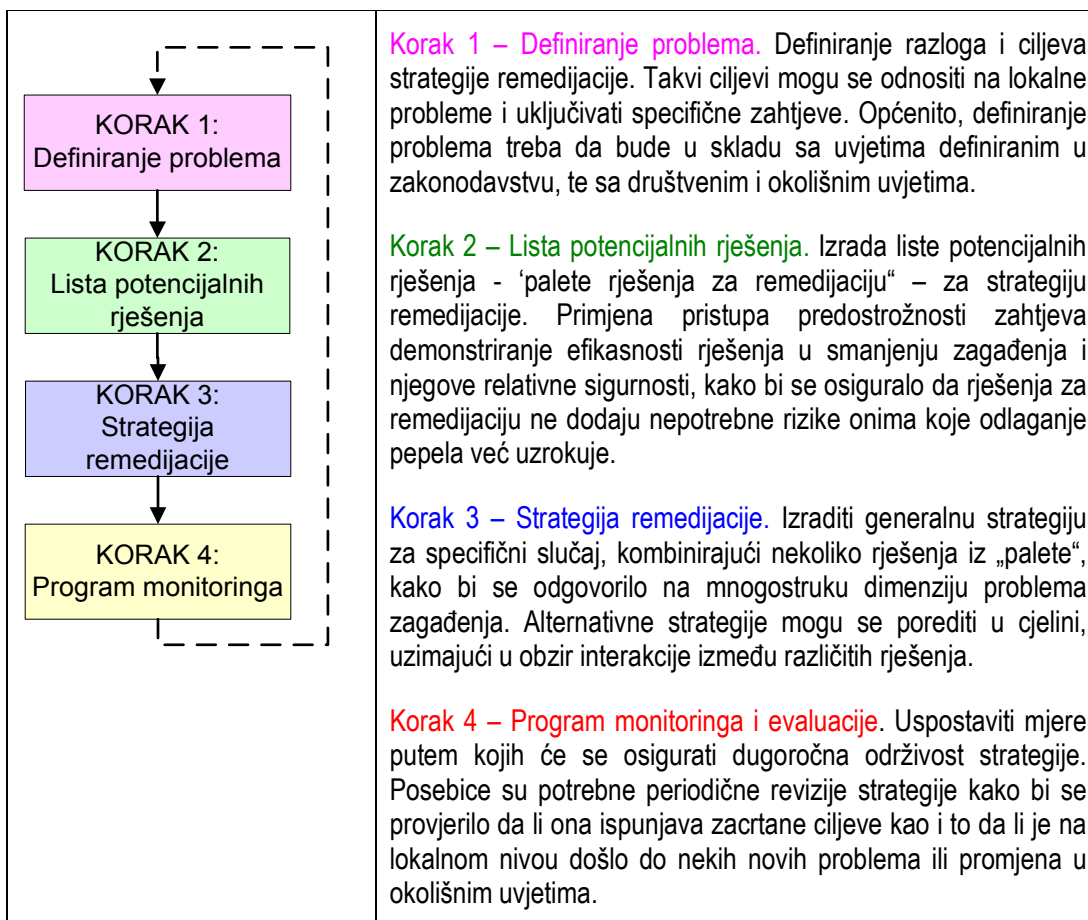
Alati za podršku odlučivanju prezentirani u ovom dokumentu namijenjeni su lakšem donošenju odluka o remedijaciji odlagališta ugljenog pepela, tako što balansiraju društvene i tehničke aspekte. Tradicionalno donošenje odluka koje se odnose na okoliš pretpostavlja da je iznalaženje "najboljeg" rješenja uglavnom stvar prikupljanja dovoljnog broja dokaza. Međutim, idealna rješenja su rijetka kada su u pitanju problemi zagađenja okoliša. U takvim slučajevima, odluke o remedijaciji zavise od specifične situacije i faktora kao što su dostupni materijali, tehničko znanje, finansijski resursi i zakonske odredbe. Nadalje, odluke zahtijevaju da se u obzir uzmu i društveni faktori, kao naprimjer „šta je to prihvatljivo za ljude koji su pod direktnim utjecajem“? te „ko je (ili bi trebao biti) uključen u proces donošenja odluka“?

Na osnovu navedenog, RECOAL je kreirao osnovni konceptualni okvir koji formira strukturu odluka vezanih za upravljanje ugljenim pepelom, a koji uzima u obzir važnost faktora specifičnih za datu situaciju. On ima dvostruki cilj:

- Da pruži okvir istraživačima i inženjerima uključenim u upravljanje ugljenim pepelom, na osnovu kojeg će oni svoje rezultate prezentirati široj javnosti – donosiocima odluka i svim zainteresiranim stranama; i
- Da pruži smjernice kreatorima politike u interpretaciji i sintezi istraživanja vezanih za ugljeni pepeo s ciljem inkorporiranja u proces donošenja odluka.

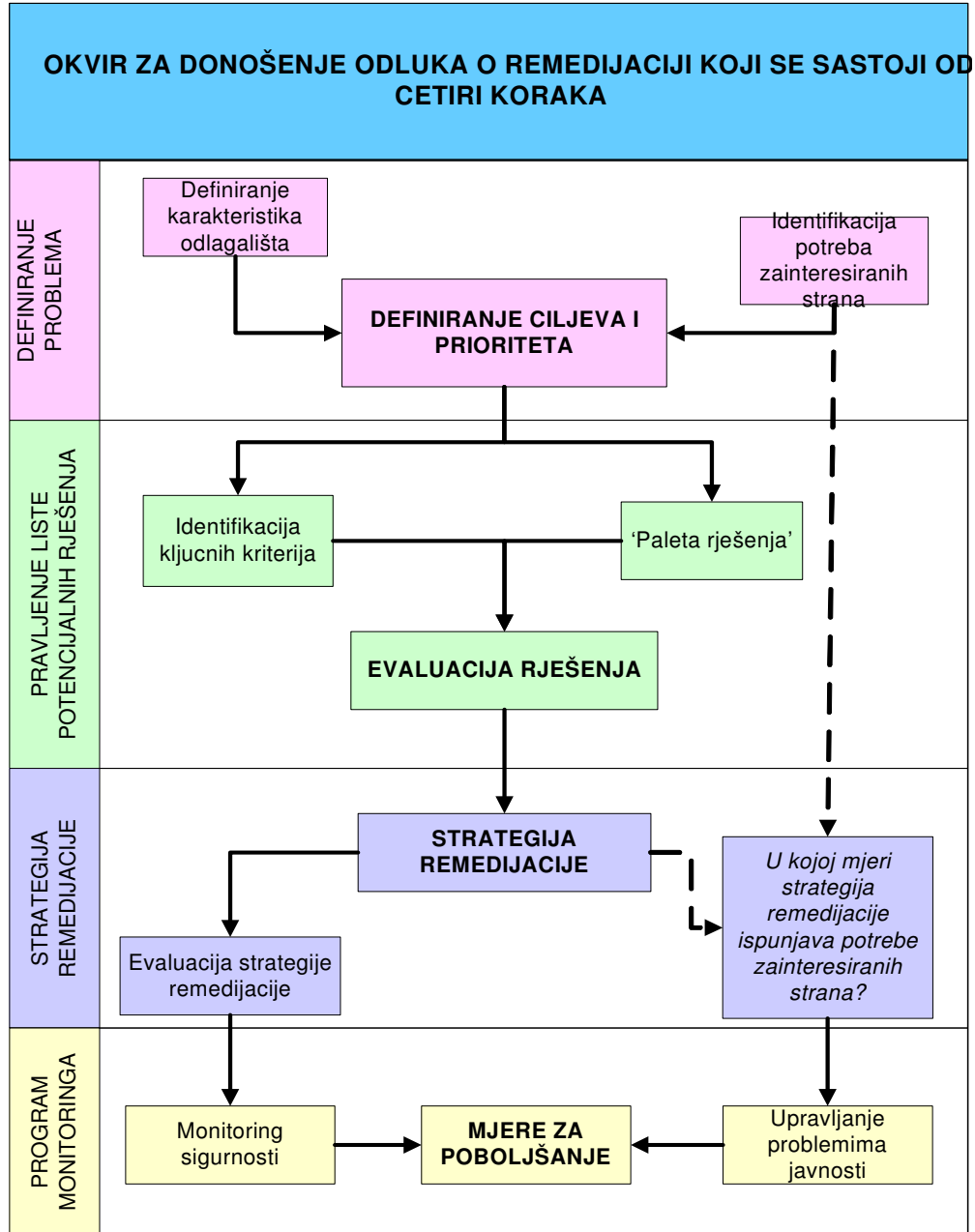
Ovaj konceptualni okvir se stoga bavi pitanjima kako okolišna i sociološka istraživanja mogu pomoći u donošenju strateških odluka i pruža smjernice o samom procesu remedijacije i njegovom upravljanju, a uzimajući u obzir pitanja i probleme šire javnosti.

Istraživanja u okviru projekta RECOAL pokazuju da rješenja vezano za remedijaciju odlagališta pepela zavise od specifične situacije, što znači da su lokalni faktori od ključnog značaja za donošenje odluka. Stoga je potrebno ispitati svaki slučaj pojedinačno, uzimajući u obzir lokalne karakteristike okoliša i društvene uvjete. Alati za podršku odlučivanju prezentirani su u vidu jednostavnog okvira koji se sastoji od četiri koraka (Slika 2), a koji je fleksibilan i može se prilagođavati potrebama predmetnog problema i raspoloživog nivoa znanja.



Slika 2. Okvir iz četiri koraka

Prikaz redoslijeda i međusobnih odnosa između različitih koraka daje Slika 3.

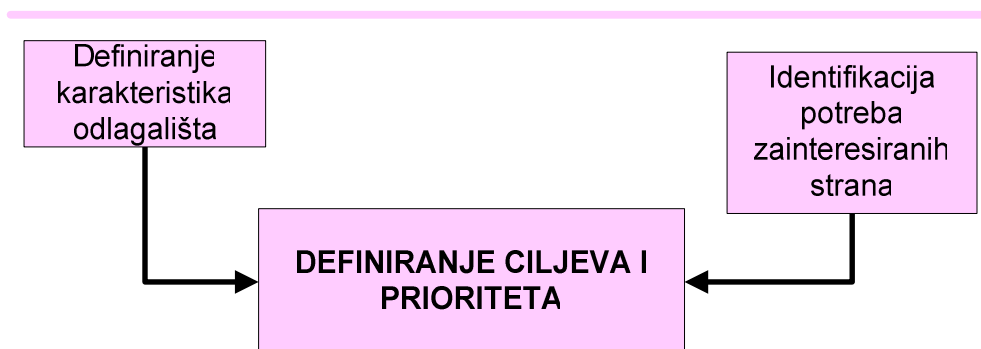


Slika 3. Dijagram toka koji daje kratki prikaz pristupa remedijaciji koji se sastoji od četiri koraka

3.2. Korak 1: Definiranje problema

Fokus koraka „definiranje problema“ je na identifikaciji lokalnih uvjeta i potreba, kako bi se osiguralo da će plan remedijacije dati željene rezultate. Osim toga, on uspostavlja obim strategije i ograničava troškove. Slika 4 daje prikaz komponenti u okviru Koraka 1.

KORAK 1: Definiranje problema



Slika 4. Komponente koraka 1: Definiranje problema

1.a. Definiranje karakteristika odlagališta

Znanje o ključnim karakteristikama odlagališta i njegovog konteksta zahtijeva se kako bi se ustanovilo zašto je remedijacija uopće potrebna, i koja vrsta remedijacije je potrebna. Potrebno je pogledati informacije date u ranijim studijama, te vidjeti na koji se način upravlja odlagalištem, a uz sve to potrebno je obaviti i snimanje terena kao i generalno istraživanje literature, informacija na internetu i svih drugih relevantnih izvora informacija o zagađenju/remedijaciji. Ukoliko za to postoje resursi, preporučuje se provođenje detaljnijih studija o okolišnim uvjetima na predmetnom odlagalištu, što može pomoći u boljem definiranju ciljeva remedijacije. To može biti ispitivanje tla, izrada karte toka vode, procjena geotehničke stabilnosti, fizičko-hemijska analiza vode, tla i vegetacije, ekološka studija.

Tabela 1 daje primjer studije slučaja u Tuzli, koji ilustrira vrste informacija koje treba uzeti u obzir u okviru Koraka 1. To su administrativne, okolišne, društvene i tehničke informacije koje objašnjavaju strateški/politički i pravni kontekst remedijacije.

Tabela 1. Primjeri potrebnih početnih informacija		
Opis odlagališta	Naziv	Odlagalište pepela „Drežnik“
	Lokacija i veličina	<i>Npr. karta područja, veličina u hektarima m²; zapremina u m³; granice</i>
	Klimatski uvjeti	<i>Npr. vjetar, mikroklima, ekstremni uvjeti (temperatura, padavine, vjetar)</i>
	Administrativna, strateška i pravna pitanja	<i>Npr. zdravstveni i sigurnosni uvjeti; prava vlasništva, zakoni vezano za planiranje korištenja zemljišta</i>
Razlozi za pripremu strategije remedijacije	Pristupačnost	Pristup autom moguć je putem nekoliko cesti.
	Demografija	<i>npr. broj i karakteristike stanovništva koje živi u blizini odlagališta, postojeća ovisnost o / korištenje odlagališta</i>
	Interesi vezano za korištenje zemljišta	Korištenje zemljišta u poljoprivredne svrhe, industrijske svrhe, rekreativne svrhe, za groblje;
	Problemi civilnog društva	Negodovanje lokalnog stanovništva zbog prisustva industrije koja uzrokuje veliko zagađenje; nezaposlenost, veliki broj oboljelih od bolesti dišnog sistema i raka, komunikacija između aktera i zainteresiranih strana
	Zakoni i propisi	<i>Npr. međunarodni, državni i regionalni zakoni i propisi</i>
	Stvarne i potencijalne opasnosti	<i>Npr. vezano za industrijske efluente (npr. otpadne vode, procjedne vode, zagađenje vode za piće) i otpade (npr. zagađenje zemljišta, širenje prašine); vezano za raniji ili postojeći način upravljanja (nepostojanje vjetrozaštitnih zona i imobilizacija otpada); vezano za raniji ili postojeći način korištenja zemljišta (npr. zagađujuće supstance koje ulaze u lanac ishrane putem korištenja u poljoprivredne ili stočarske svrhe)</i>
	Pokretači	Bosanski istraživači, uz podršku istraživača iz zemalja EU
Karakteristike ugljenog pepela	Porijeklo	Termoelektrana Tuzla
	Vrsta uglja iz kojeg nastaje	Mrki ugalj, lignit
	Druge vrste goriva	<i>Npr. sagorijevanje drugih materijala/otpada sa ugljem</i>
	Tehnologije odlaganja	Mokro odlaganje: pepeo se miješa sa vodom iz akumulacije u Lukavcu, i putem cijevi se transportuje na odlagalište(a)
	Opće fizičke osobine	Dobra stabilnost; pucolanske karakteristike
	Opće hemijske osobine	Pepeo sa visokim stepenom alkalnosti; <i>toksini/zagađujuće supstance prisutne u pepelu</i>
	Odlaganje drugih vrsta otpada	Nelegalno odlaganje komunalnog otpada preko pepela
Korištenje zemljišta	Odlagalište je u upotrebi	Da / Ne; <i>kada je odlaganje obustavljeno</i>
	Biljni pokrivač	Mješavina prirodne vegetacije, pašnjaka, usjeva;
	Korištenje odlagališta	Poljoprivreda, ispaša stoke
Razlozi ili potrebe za remedijacijskim rješenjem	Ovisnost lokalnog stanovništva o ovom području	<i>Npr. koliko ljudi koristi ovo područje kao izvor prihoda (proizvodi / usluge) odnosno za izdržavanje svojih porodica – da li postoje neka sigurnija/prihvatljivija rješenja? ; korištenje u rekreativne svrhe</i>
	Finansijska izvodljivost	<i>npr. potreba za jeftinim rješenjima, remedijacija na licu mjesta</i>
Izvori informacija	Dostupne informacije (na lokalnom nivou)	<i>npr. tehnički i okolišni podaci iz industrije, statistika vlade, publikacije NVO-a, izvještaji u okviru stručnih istraživanja</i>
	Stručne informacije	<i>npr. stručni časopisi, knjige, državni i međunarodni vodiči</i>

	Nova istraživanja	<i>Npr. laboratorijski eksperimenti, eksperimenti na terenu, analiza i intervjui sa zainteresiranim stranama</i>
--	-------------------	--

1.b. Identifikacija potreba lokalnog stanovništva

Razumijevanje potreba i načina razmišljanja lokalnog stanovništva zahtijeva provođenje sociološkog istraživanja. Takvo istraživanje treba biti prilagođeno potrebama projekta. U tom smislu neophodno je definirati ko predstavlja „lokalno stanovništvo“ (odnosno ko bi to trebao biti aktivno uključen ili konsultiran u procesu donošenja odluka) i koja vrsta pristupa će biti adekvatna i efikasna prilikom njihovog angažmana na pripremi strategije remedijacije.

Stanovništvo koje živi u blizini odlagališta može se osjećati (smatra se) ugroženim aktivnostima odlaganja. Prema procjenama, u Tuzli, oko 4000 ljudi živi u blizini odlagališta. Stoga je, prije nego što se pristupi izradi plana remedijacije, potrebno čuti njihova mišljenja o utjecajima koje zagađenje pepelom uzrokuje po okoliš, društvo, i zdravlje ljudi. Ovakva vrsta istraživanja je također neophodna u slučajevima kada postoji negodovanje šire javnosti postojećim praksama upravljanja. U suprotnom, kada su odlagališta relativno izolovana i lokalno stanovništvo zadovoljno praksama upravljanja i nivoima utjecaja, sociološko istraživanje usmjereno na predstavnike lokalne zajednice, kreatore politike, rukovodstvo postrojenja i društvene lobi grupe može biti dovoljno da bi se stekao dovoljan nivo razumijevanja društvenog konteksta za planiranu strategiju remedijacije.

Istraživanja se preporučuju kako bi se identificirale potrebe na lokalnom nivou, uključujući karakterizaciju stanovništva relevantnog za predmetnu studiju i odabir odgovarajućih metoda uzorkovanja i prikupljanja podataka. Tabela 2 navodi neke metode korištene u studiji slučaja za Tuzlu, te uzorkovane ciljne grupe stanovništva.

Tabela 2. Metode sociološkog istraživanja korištene u okviru RECOAL projekta za studiju slučaja u Tuzli		
Uzorak stanovništva	Prikupljanje podataka	Metoda uzorkovanja
Kreatori politike, predstavnici lokalnih institucija, industrije i NVO-a	Intervjui (bez jasno definirane strukture) na temu budućeg korištenja odlagališta	Uzorkovanje tehnikom „snježne grude“, koja se oslanja na postojeće kontakte
Stanovništvo koje živi u blizini odlagališta	Intervjui (sa donekle definiranom strukturom) na temu šta lokalno stanovništvo misli o zagađenju okoliša	Intervjuiranje ljudi u domaćinstvima u blizini različitih odlagališta
Oni koji imaju interes, ili su pod utjecajem upravljanja odlagalištima pepela u Tuzli (uklj. predstavnike MZ, općinske službenike, kantonalne službenike, lokalne akademske radnike, lokalne NVO-e i interesne skupine, partnere na RECOAL projektu)	Radionica sa radnim grupama o procjeni održivosti predloženih rješenja za remedijaciju	Identificiranje potencijalnih učesnika od strane partnera na RECOAL projektu i lokalnih ugovarača

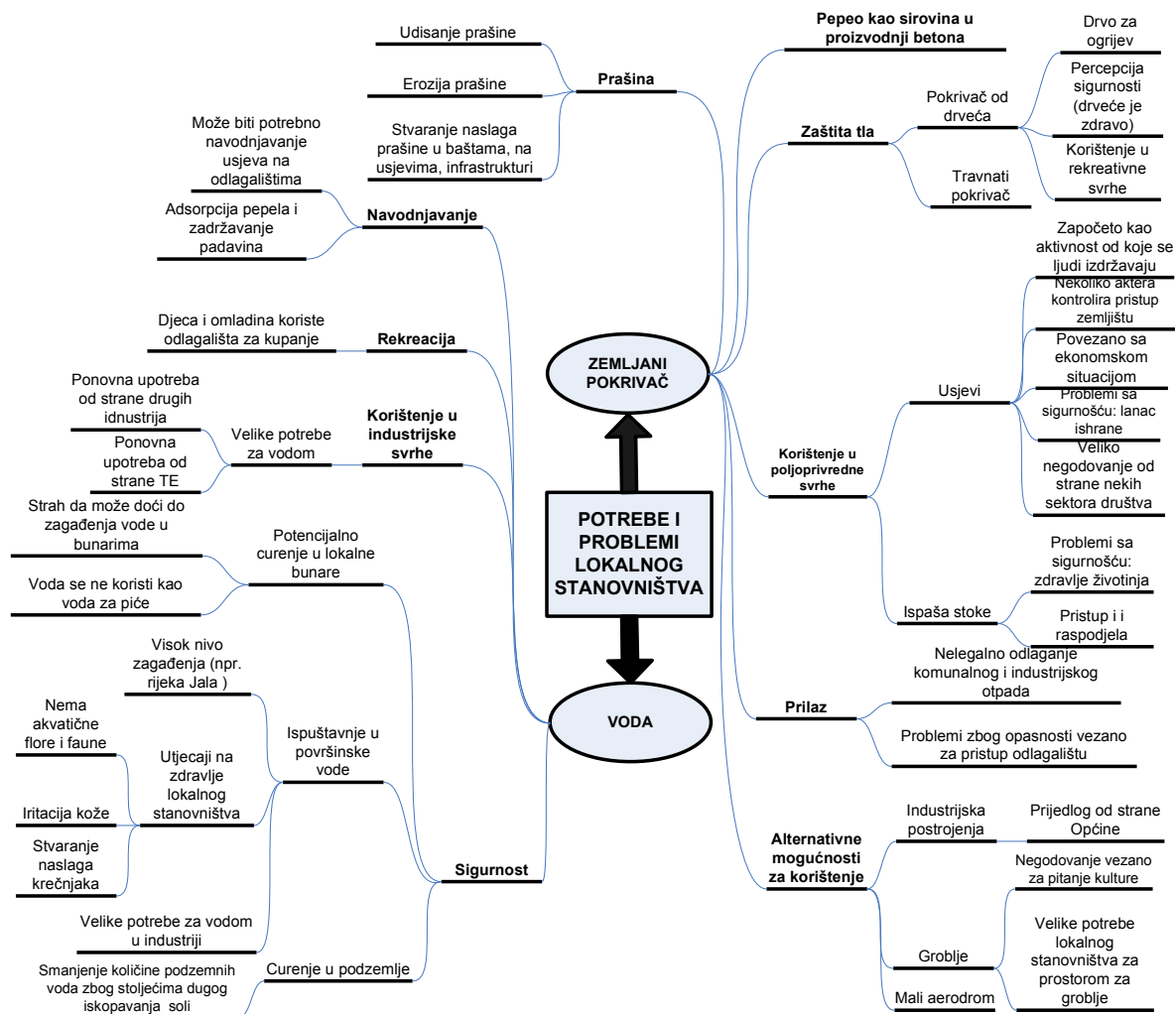
1.c. Definiranje ciljeva i prioriteta

Informacije prikupljene u okviru tačaka 1.a i 1.b pomoći će u definiranju glavnih ciljeva. Potrebno je definirati smislene i jasne ciljeve kako bi se napravila fokusirana i efikasna strategija, a uz korištenje Koraka 2 i 3 (Slika 3).

Sociološko istraživanje može zahtijevati da različite vrste informacija budu inkorporirane u ciljeve. Naprimjer, sociološko istraživanje provedeno u Tuzli, pomoglo je da se tačno definiraju:

- Glavni lokalni problemi vezano za odlaganje ugljenog pepela;
- Koji je nivo rizika, koji uzrokuju emisije i otpad iz Termoelektrane, prihvatljiv za ispitanike;
- Historiju i odnose između različitih društvenih aktera, koji mogu zakomplicirati ili olakšati usvajanje određenih rješenja;
- Preferirane načine korištenja pepela i odlagališta; i
- Različite interese koji postoje između i unutar različitih interesnih skupina.

Ove informacije korištene su za definiranje ciljeva koji su zajednički definirani od strane partnera na projektu, a koji su obuhvatili i lokalne potrebe i probleme koje je identificirao istraživački tim (Slika 5).



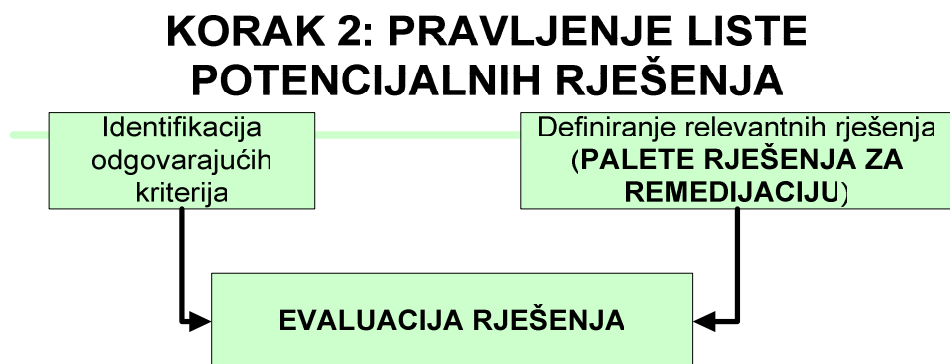
Slika 5. Pregled pitanja i problema vezano za odlaganje pepela koje su identificirali istraživači i lokalne zainteresirane strane

Općenito, ciljevi strategije remedijacije trebali bi se osvrnuti na lokalne probleme i potrebe koje se odnose na upravljanje pepelom. Kada to nije moguće, potrebno je razmotriti razloge za alternativne ciljeve, a koji su vezani za originalni razlog za izradu strategije remedijacije. Naprimjer, fokus istraživanja u okviru RECOAL projekta bio je na sigurnosti uzgoja određenih kultura na odlagalištima pepela (s obzirom da se zemljište na odlagalištima najviše i koristi u tu svrhu), ali se u okviru ovih istraživanja nije obraćalo puno pažnje na procjenu adekvatnosti ovih odlagališta za uspostavu groblja. Međutim, čini se da, imajući u vidu potrebu za zemljištem u blizini grada, Općina razmatra korištenje ovog prostora za groblje kao jedno od mogućih rješenja. Dakle, prilika za ispitivanje potencijalnih uvjeta koji bi morali biti ispunjeni, te utjecaja ovog rješenja, propuštena je tokom RECOAL projekta.

3.3. Korak 2: Pravljenje liste potencijalnih rješenja

Korak 2 definira potencijalna rješenja koja bi se mogla ugraditi u strategiju upravljanja odlagalištima pepela, kako bi se formirala „paleta rješenja za remedijaciju“ na osnovu koje će biti izrađena strategija remedijacije. Identifikacija opcija treba biti u skladu sa ciljevima definiranim u okviru Koraka 1. Na osnovu definiranih ciljeva i prioriteta, trebalo bi formirati kriterije za evaluaciju svakog rješenja. Korištenjem ovih kriterija, trebalo bi biti moguće eliminirati rješenja koja prekoračuju dostupne resurse, kako bi se izbjeglo bespotrebno trošenje resursa na njih.

Evaluacija rješenja vrši se na osnovu pristupa predostrožnosti: stavlja se naglasak na uspostavu dokaza da implementacija rješenja neće povećati ili predstavljati dodatni rizik po okoliš i društvo. Evaluaciju svakog rješenja treba izvršiti na osnovu njegovih vrijednosti i prilagođenosti lokalnim uvjetima. Sljedeća, manja grupa rješenja može biti odabrana u skladu sa prioritetima definiranim u Koraku 1, bilo da se radi o maksimalnom smanjenju utjecaja i rizika od zagađenja, ili smanjenju troškova, ili o kombinaciji prioriteta - u zavisnosti od toga šta je došlo do izražaja tokom procesa definiranja lokalnih problema i uvjeta u okviru Koraka 1.



Slika 6. Komponente Koraka 2: Pravljenje liste potencijalnih rješenja

2.a. Definiranje relevantnih rješenja

Ova faza zahtijeva izradu preliminarne liste dostupnih rješenja za remedijaciju. Vrlo je važno da početna lista bude sveobuhvatna i ažurirana. Lista treba da sadrži što veći broj rješenja, kako se ne bi desilo da se neka rješenja koja su relevantna preskoče. Tabela 4 (koja je data na kraju ovog poglavlja) daje jednu sveobuhvatnu listu metoda remedijacije (ali koja ne sadrži sve moguće metode), koja može poslužiti kao osnova za izradu liste prilagođene svakom pojedinačnom kontekstu.

Iako bi trebalo da lista sadrži što veći broj rješenja, važno je fokusirati se na evaluaciju rješenja koja odgovaraju početnim ciljevima; rješenja koja trenutno nisu izvodljiva ili prema kojima postoji veliko negodovanje zainteresiranih strana treba izostaviti.

2.b. Identifikacija odgovarajućih kriterija za evaluaciju

Da bi se izradila odgovarajuća strategija remedijacije, potrebno je izvršiti evaluaciju predloženih opcija u skladu sa definiranim kriterijima. Tokom RECOAL projekta istraživači i zainteresirane strane identificirali su i fokusirali se na sljedećih pet generalnih kriterija ili kategorija: sigurnost, remedijacijska efikasnost, izvodljivost, prihvatljivost i dugoročna održivost. Tačno značenje svakog od ovih kriterija može se mijenjati u zavisnosti od konteksta, tako da je važno definirati granice i značenje svakog kriterija prije evaluacije.

Prilikom definiranja rješenja, kriterija i cjelokupnog procesa evaluacije, osim fleksibilnosti, također je važno obratiti pažnju i na transparentnost, i biti posebno obazriv po pitanju problema i prioriteta zainteresiranih strana. Tabela 3 daje primjer kriterija uključenih u evaluaciju primjene dodataka pepelu kao rješenja za remedijaciju.

Tabela 3. Primjeri kriterija korištenih u evaluaciji primjene dodataka pepelu kao rješenja za remedijaciju	
Kriteriji	Primjeri
Sigurnost	Vrste nivoa nepouzdanosti vezano za rješenje; npr. vezano za tačnost podataka iz eksperimenata (Da li je dužina ispitivanja bila adekvatna? Koje su nepoznanice još uvijek prisutne? Može li se osigurati kvalitet dodatog materijala?) i interakciju komponenti pepela i dodatog materijala (Da li će dodati materijal zadržati zagađujuće supstance na jednom mjestu ili će ih mobilizirati?). Raniji zapisi; odnosno ranija iskustva sa ovim rješenjem u drugim studijama slučaja. Poznati neželjeni efekti ovog rješenja. Odlaganje nus-proizvoda remedijacije.
Remedijacijska efikasnost rješenja	Smanjenje koncentracija zagađujućih supstanci / štetnog djelovanja Poboljšanje plodnosti tla Smanjenje širenja prašine
Izvodljivost	Dostupnost materijala Troškovi transporta Troškovi potrebnog osoblja
Prihvatljivost	Konflikt sa lokalnim vrijednostima Korist za lokalnu privredu Korist za poboljšanje dobrobiti lokalnih zajednica
Dugoročna održivost	Period zastarijevanja Potrebno održavanje

Prilikom izrade kriterija, potrebno je napraviti balans između tačnosti/raspoloživih podataka i opisnog kapaciteta. I kvantitativni i kvalitativni kriteriji su važni prilikom evaluacije. Identifikacija novih puteva kojima zagađujuće supstance mogu doći do ljudi je, naprimjer, deskriptivni kriterij. To može izgledati neodređeno, ali je

neophodno za identifikaciju potencijalno opasnih neželjenih pojava i uzimanje u razmatranje alternativnih mogućih rezultata, u slučaju da nema raspoloživih podataka.

Naprimjer, jedno od rješenja koje je testirano u okviru RECOAL projekta bila je uspostava sistema fito-filtracije efluenta. Istraživanja su pokazala da rekreacijske aktivnosti lokalnog stanovništva uključuju kupanje u jezerima nastalim od vode ispuštene sa odlagališta. Stoga bi jezero koje bi se koristilo za fito-filtraciju moglo predstavljati novu putanju zagađenja na način što bi privlačilo kupaće. Međutim, ovaj problem bi se mogao riješiti putem određivanja odgovarajuće lokacije za jezero, te ograđivanja i postavljanja znakova.

2.c. Evaluacija rješenja

Evaluacijom rješenja završava se Korak 2, na način da se svako rješenje vrednuje uz pomoć kriterija za evaluaciju. Slika 7 daje dijagram koji se može koristiti za vršenje sistematske evaluacije. Dijagram se može interpretirati sa fleksibilnošću ili mijenjati u skladu sa specifičnim ciljevima remedijacije i specifičnim potrebama.

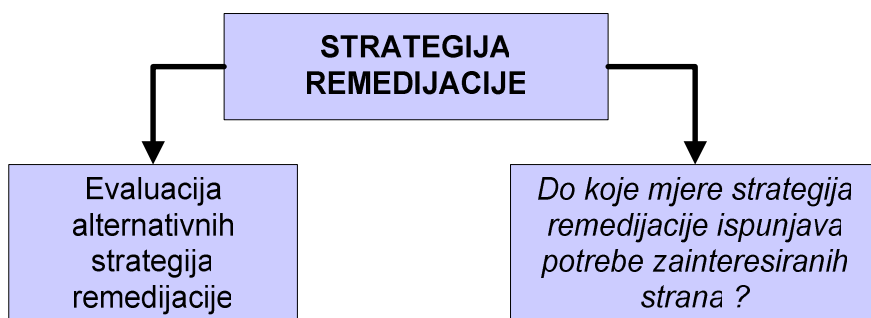
U nekim slučajevima, jedan kriterij je dovoljan da bi se neko rješenje eliminiralo. Naprimjer, remedijacijsko rješenje koje zahtjeva velike troškove može se odmah odbaciti ukoliko nema dovoljno sredstava za njegovu implementaciju. Naprimjer, metode *ex-situ* remedijacije odbačene su već na samom početku RECOAL projekta, jer je fokus projekta bio eksplicitno na lokalno dostupnih jeftinim metodama. S druge strane, neko rješenje može biti uključeno čak i ako ne ispunjava sve kriterije. Naprimjer, u okviru RECOAL projekta testirane su različite vrste kultura za zemljani pokrivač preko odlagališta, iako postoje ozbiljne sumnje vezano za korištenje ovih odlagališta za proizvodnju hrane za ljude i životinje. To je urađeno zbog interesovanja lokalnog stanovništva za iznalaženje novih područja za poljoprivrednu proizvodnju.

Dijagram za evaluaciju rješenja može se koristiti da bi se ukazalo na vrstu informacija koje su minimalno potrebne da bi se procijenila adekvatnost određenog problema/konteksta remedijacije. Predlaže se da se koristi kao jedan otvoren iterativni proces (kako bi se osigurala dugoročna efikasnost i adekvatnost strategije remedijacije), radije nego jednokratni linearni proces.

3.4. Korak 3: Izrada strategije remedijacije

Glavni cilj Koraka 3 je izrada strategije remedijacije na osnovu holističkog razumijevanja problema remedijacije. Ponekad, jedno rješenje za remedijaciju može biti dovoljno, međutim češći su slučajevi kada je potrebna kombinacija mjera da bi se tretirale različite zagađujuće supstance, mediji i putanje kojima zagađujuće supstance utječu na okoliš i dopijevaju do ljudi.

KORAK 3: STRATEGIJA REMEDIJACIJE



Slika 8. Komponente koraka 3: Strategija remedijacije

3.a. Izrada strategije remedijacije

Ponekad, strategija remedijacije (ili njen dio) može nastati bez da se eksplicitno ide kroz faze 1 i 2. Jedan takav slučaj je uzgoj kultura na odlagalištima u Tuzli, do kojeg je došlo spontano. Termoelektrana je odgovorila na probleme lokalnog stanovništva vezano za širenje prašine tako što je preko pepela nasula tanki sloj zemljišta. Nije uspostavljen formalan proces ili procedure za kontrolu korištenja ovih odlagališta, te je lokalno stanovništvo vrlo brzo počelo da obrađuje zemlju na ovim odlagalištima. Kada je tim RECOAL projekta počeo da istražuje izvodljivost i sigurnost ovakve prakse, proizvodnja usjeva na odlagalištima je bez prekida trajala već deset godina (iako su neki isticali zabrinutost vezano za sigurnost ovakve prakse korištenja zemljišta). Procjena sigurnosti praksi kultivacije i proizvoda postala je jedan od glavnih ciljeva RECOAL projekta. Alternativni pokrivači (kao što je beton ili asfalt, ili sadnja drveća) stavljeni su u drugi plan.

To pokazuje utjecaj specifičnih lokalnih okolnosti u određivanju „remedijacije“. Također ilustruje važnost početnih faza – definiranje problema i identifikacija spektra mogućih rješenja – tako da se što veći broj pitanja obuhvati strategijom remedijacije. Korištenje sistemskog pristupa (npr. ovog okvira koji se sastoji iz četiri koraka) može pomoći da se identificiraju određene dvojbe i ograničenja vezano za pristup remedijaciji, kao i moguća rješenja i njihove specifične mogućnosti i koristi.

Nakon početnog istraživanja odlagališta, može doći do dodatnih pitanja vezano za izradu strategije remedijacije, te stoga mogu biti potrebna dodatna istraživanja i prikupljanje informacija. Kako izrada strategije bude napredovala, izmjene mogu biti potrebne za neka od razmatranih rješenja, te njihovo preispitivanje.

Obično će nekoliko prijedloga za remedijaciju biti dostupno da bi se riješio određeni problem sa odlagalištem, te je iste potrebno uporediti i evaluirati (kako je navedeno u tački 3.b). Mogu se koristiti različiti pristupi kao što je multikriterijska procjena, analiza scenarija, analiza troškova i dobiti i različiti, nedavno izrađeni pristupi koji koriste participatornu mješovitu metodu¹⁴.

Ovdje smo dali pregled korištenja analize scenarija, kako bi se pomoglo u donošenju odluke o odgovarajućoj strategiji remedijacije. To je dobro uspostavljena tehnika koja pruža pomoć u izradi i evaluaciji različitih mogućnosti putem, ili fokusiranja na željeno krajnje stanje (i procjenu da li će nas predloženi koraci dovesti do njega) ili putem testiranja šta određeni pristup može da postigne u određenom periodu. Proces je stoga ilustrativan i pruža i kvantitativne i kvalitativne informacije, te naglašava dvosmislenosti i nedoumice.

Početni korak je da se izrade različiti scenariji. To obično podrazumijeva predlaganje različitih prihvatljivih hipoteza koje bi objasnile na koji način će stvari biti isplanirane; u ovom konkretnom slučaju radi se o stvarnim rješenjima koja su dostupna za remedijaciju. Izrada scenarija omogućava holistički tretman problema remedijacije, izradu različitih kombinacija rješenja i njihovih potencijalnih međusobnih odnosa. Izrada i poređenje mogućih scenarija uzima u obzir i radi sa nedoumicama, jer su ove aktivnosti otvorene za sve metode i krajnje rezultate koje strategija može uključivati. Scenariji remedijacije često se izrađuju intuitivno od strane istraživača, i mi ovdje podstičemo korisnika da korak izrade scenarija bude što eksplicitniji. Također je vrlo važno biti što realističniji u odabiru rješenja i njihovih kombinacija u odnosu na raspoložive resurse (posebno kada su u pitanju troškovi predložene strategije i finansije vezano za fazu evaluacije, kako je navedeno u sljedećem dijelu).

Pristup se sastoji od izrade kompletnih scenarija za odlagalište na kojem se razmatraju aktivnosti za istovremenu remedijaciju problema vezanih za vodu, tlo i vegetacijski pokrivač. U svakom scenariju mogu se kombinirati različita remedijacijska rješenja iz „palette“, kako bi se prilagodila potrebama odlagališta (odnosno veličini, rasprostranjenosti, topografiji, nagibu, protoku vode itd.). Nakon izrade nekoliko mogućih scenarija, isti se mogu evaluirati, kako je objašnjeno u narednom koraku.

3.b Evaluacija alternativnih strategija za remedijaciju

Efikan alat za evaluaciju različitih scenarija je da se ocijene rizici vezani za svaki od njih. U koraku 2 pozabavili smo se pitanjima sigurnosti remedijacijskih rješenja, koristeći pristup predostrožnosti. Ovdje predlažemo korištenje tradicionalnih pristupa upravljanja rizicima kako bi uporedili različite scenarije remedijacije, te kako bi evaluirali koji od njih ima potencijal da bude najefikasnija strategija, a da istovremeno predstavlja najmanji rizik.

Logička podloga za ovu proceduru je ta da se rizik ponekad ne može izbjeći. Ništa nije bez rizika. Međutim, možemo uporediti različite strategije i objasniti zašto jedna strategija ima potencijal da predstavlja manji rizik od ostalih. Okvir radi ka minimiziranju rizika, odnosno ima za cilj da pronađe izvodljivu strategiju remedijacije koja je efikasna u smanjenju zagađenja i štetnog djelovanja istovremeno stvarajući minimalni rizik. Svaku strategiju remedijacije treba uporediti sa scenarijem nultog stanja (odnosno stanjem odlagališta prije remedijacije). Rezultati ove analize rizika mogu se koristiti da bi se procijenili hipotetički scenariji. Eksperimentalne metode mogu pružiti dodatne informacije za izradu hipotetičkih scenarija. Naprimjer, pristup RECOAL projekta obuhvatao je eksperimente na terenu sa sadnjom usjeva i dodavanjem određenih materijala pepelu, te laboratorijske eksperimente (vidi dio Studija slučaja u Tuzli).

Strategiju koja se smatra najmanje riskantnom trebalo bi ocijeniti na osnovu pet ključnih principa: sigurnost, remedijacijska efikasnost, izvodljivost, prihvatljivost i dugoročna održivost. Na taj način se evaluiraju ne samo pojedinačni koraci, već cijela strategija. Ovaj korak može pomoći da se opravda odabir finalne strategije, te može naglasiti potencijalne poteškoće u njenoj implementaciji.

3.c. Do koje mjere strategija remedijacije ispunjava potrebe zainteresiranih strana?

Finalno testiranje strategije zahtijeva povratak na potrebe i zahtjeve zainteresiranih strana kada je u pitanju upravljanje otpadom od pepela, kao i provjeru koji su to problemi tretirani strategijom i u kojoj mjeri. Za one probleme kojima se strategija nije mogla pozabaviti, ili je to uradila samo djelimično, potrebno je dati jasna objašnjenja koja navode razloge za to. Logička podloga iza ove komponente je ta da će finalna strategija zasigurno biti kompromis između raspoloživih opcija i različitih potreba i zahtjeva. Odabir strategije bi trebao biti transparentan i, ukoliko se o njemu nije pregovaralo sa zainteresiranim stranama, oni bi o tome barem trebali biti obaviješteni.

Lokalno stanovništvo je važna grupa zainteresiranih strana koja treba biti uzeta u obzir, jer je vjerovatno da će strategija imati određeni utjecaj na njihove živote. Stoga, kreatori politike i istraživači trebaju dobro obratiti pažnju na to kako će strategija utjecati na različite zainteresirane strane, i koje bi dodatne mjere mogle ublažiti očekivane negativne utjecaje. Nekada može biti korisno prezentirati zainteresiranim stranama različite scenarije ili strategije remedijacije, da bi se vidjele njihove reakcije.

Naprimjer, u Tuzli su se neki lokalni stanovnici zalagali za obrađivanje odlagališta, dok su drugi za takve prakse smatrali da stvaraju značajne rizike po zajednicu. U tom kontekstu, ukoliko se za reintegraciju odlagališta pepela želi preporučiti obrađivanje zemljišta, onda se moraju imati čvrsti dokazi da su takve aktivnosti i takvo korištenje sigurni, u skladu sa postojećim znanjem. Ukoliko istraživanja pokažu da bi moglo doći do nekih problema, kao što je to bio slučaj sa odlagalištima u okviru projekta RECOAL, poljoprivredne aktivnosti i ispaša stoke trebaju se izbjegavati. Pružanje mogućnosti zainteresiranim stranama da razmotre i daju svoje komentare o predloženoj strategiji može biti korisno na nekoliko načina, a ne mora da puno košta. Ukoliko strategija dobije odobrenje zainteresiranih strana (na radionici ili sličnom

događaju), donosioci odluka onda mogu nastaviti sa implementacijom strategije sa većom sigurnošću. Ukoliko se zainteresirane strane ne slažu sa strategijom, onda razlozi za to mogu pomoći da se redefinira početni cilj(evi) ili identificira širi spektar specifičnih faktora koji će pomoći da se strategija izmijeni, na taj način poboljšavajući njenu primjenjivost i dugoročnu održivost.

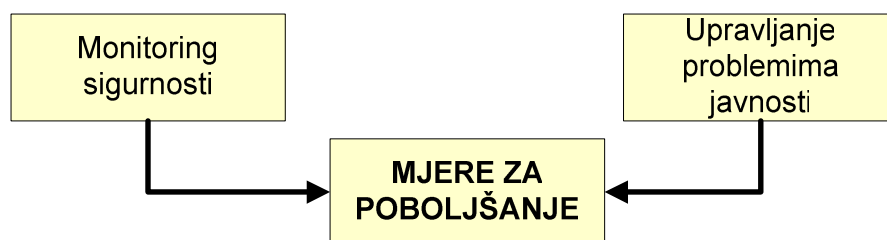
3.5. Korak 4: Program monitoringa

Korak 4 odnosi se na zahtjeve da strategija remedijacije bude dugoročno održiva i efikasna. Svaka strategija remedijacije treba da ima za cilj uspostavu dugoročnog rješenja, a ne da teret remedijacije prenosi na buduće generacije.

U praksi se često susrećemo sa ograničenjima vezanim za održivost remedijacije. Na prvom mjestu, „remedijacija“ može biti značajno drugačija od „obnavljanja“. Naprimjer, u Tuzli, odlagališta pepela ne mogu se vratiti u originalno stanje, jer su poremećaji i izmjene pejzaža jako veliki. Stoga se remedijacija u ovom slučaju fokusira na minimiziranje rizika od zagađenja i pronalaženje novih odgovarajućih vrsta korištenja odlagališta. Na drugom mjestu, postoji jedan značajan stepen dvojbe u procesu donošenja odluka, posebno u slučajevima gdje postoje složeni međusobni odnosi između mnogobrojnih različitih faktora. Ono što danas izgleda kao dobro remedijacijsko rješenje može postati odgovornost tokom narednih godina, a u svjetlu novih otkrića o zagađenju pepelom, ili možda zbog promjena u načinu razmišljanja javnosti. Nadalje, kratkoročna rješenja mogu biti jedino remedijacijsko rješenje u regijama koja su pod ekonomskim pritiskom ili su politički nestabilna.

Stoga, strategija remedijacije treba biti tretirana sa fleksibilnošću, jer fleksibilnost može biti ključ uspjeha za dugoročnu remedijaciju. Drugim riječima, strategija remedijacije treba da se prilagođava promjenjivim uvjetima u kojima se implementira.

KORAK 4: PROGRAM MONITORINGA



Slika 9. Komponente Koraka 4: Program monitoringa

4.a. Monitoring sigurnosti

Cilj monitoringa je da osigura da strategija remedijacije ne izgubi svoju efektivnost. U tom smislu, monitoring sigurnosti trebao bi izbjegavati da bude previše ambiciozan,

kako bi garantirao troškovno efikasnu i redovnu implementaciju, ali u isto vrijeme treba da podstakne refleksivnost i da bude sposoban da identificira probleme. U svom jednostavnijem obliku, monitoring sigurnosti može sadržavati kontrolnu listu za evaluaciju sigurnosti odlagališta i potencijalne pojave novih rizika. Primjer takve „minimalne kontrole liste za monitoring“ odlagališta pepela dat je u Podglavlju 2 ovog Priručnika (Minimalna kontrolna lista).

Strategija remedijacije treba da uzme u obzir minimalne smjernice za održavanje, te da odredi učestalost monitoringa. Kontrolna lista treba da sadrži mjere za indentifikaciju značajnih problema koji mogu zahtijevati kompletnu reevaluaciju strategije, ili implementaciju drugih rješenja.

4.b. Odgovori na promjene mišljenja javnosti

Strategija monitoringa može uključivati smjernice na osnovu kojih će moći odgovoriti na promjene u mišljenju i stavovima javnosti. Oni koji su odgovorni za sigurnost odlagališta će možda htjeti da pogledaju o čemu se priča na televiziji i/ili će održavati redovne sastanke sa grupama zainteresiranih strana (možda jednom ili dva puta godišnje). Ove i druge dostupne jeftine strategije mogu pomoći da se privuče pažnja na pojavu promjena u zahtjevima i potrebama ili na znakove nepredviđenih neželjenih efekata kojima se treba detaljnije pozabaviti.

Uključivanje zainteresiranih strana u implementaciju strategije remedijacije je vjerovatno najbolji način za vršenje monitoringa odlagališta, identifikaciju novih potreba i prilagođavanje strategije onoliko koliko je to potrebno i izvodljivo.

4.c: Izrada mjera za poboljšanje – prilagođavanje

Strategija bi trebalo da može inkorporirati određene promjene, kao što je uzimanje u razmatranje izvodljivosti (novih) rješenja, posebice kako bi se iskoristile prednosti novih tehnoloških dostignuća ili promjena troškova. Da bi se to uradilo, strategija treba da uzme u obzir i da bude eksplicitna po pitanju svojih nedostataka. Imajući to na umu, moguće je brzo odgovoriti na nova rješenja i svesti nedostatke na minimum.

Još jedno pitanje koje olakšava prilagodbu je identifikacija izvora nesigurnosti i ograničenja istraživanja na osnovu kojih se vršila izrada originalne strategije. Naprimjer, nedostatak podataka o sigurnosti određenog rješenja ili o njegovim značajnim rizicima u većini slučajeva ga isključuje sa liste za „paletu rješenja za remedijaciju“. Međutim, dalja istraživanja mogu pomoći da se jedan nivo nedoumice vezan za određeno rješenje otkloni. Naprimjer, u Tuzli, za neke od kultura koje se uzgajaju na odlagalištu (npr. krompir, kukuruz) smatra se da uzrokuju potencijalni rizik po zdravlje kada postanu dijelom lanca ishrane. Iako u ovoj fazi RECOAL projekat ne bi preporučio uzgoj ovih kultura na odlagalištima pepela, mogu se provesti dalji eksperimenti kako bi se istražili uvjeti u kojima bi uzgoj bio siguran.

Redovan monitoring i konsultacije sa grupama zainteresiranih strana trebalo bi da prirodno vode ka međusobnoj provjeri različitih elemenata strategije remedijacije i njenu prilagodbu novim i promjenjivim okolnostima.

Tabela 4. Pregled metoda dostupnih za uklanjanje ciljanih zagađujućih supstanci					
Remedijacija	Opis	Prednosti	Mane	Medij	Cilj
GENERALNI TRETMANI					
Fizičke barijere	Kanal ispunjen materijalima kao što je bentonit, koji bi zadržavao i usporavao protok vode	Prilagodljivost	Dugoročna degradacija	Zemljište i voda	Svi
Pasivni/reaktivni zidovi za tretman	Podzemni objekti sa ispunom koji reaguju sa zagađujućim supstancama kako bi ih zadržali ili nataložili	Omogućeno je stalno korištenje zemljišta	Zidovi zahtijevaju održavanje	Zemljište i voda	Većina organskih i neorganskih supstanci
BIOLOŠKI TRETMAN NA LICU MJESTA					
Bioremedijacija / Biorazgradnja	Korištenje gljivica, bakterija i drugih mikroba kako bi se zagađujuće supstance razgradile	Nije potrebno veliko održavanje, korištenje prirodnih procesa	Organizmi specijalizirani za određene vrste zagađujućih supstanci i uvjeta	Zemljište i voda	Goriva; volatilna organska jedinjenja
Fitoremedijacija	Fitoekstrakcija koristi biljke za uzimanje zagađujućih supstanci iz zemljišta. Isti proces za remedijaciju vode zove se „rizofiltracija“ (korištenje korita sa vodom da bi se olakšala apsorpcija zagađujućih supstanci). Procesi fitoremedijacije, koji koriste enzime biljaka, također su dostupni.	Relativno jeftin tretman, prihvatanje nivo prihvaćenosti od strane društva je obično dosta dobar	Efikasna je samo u slučaju površinskih zagađujućih supstanci, problem akumulacije zagađujućih supstanci u biljkama.	Zemljište i voda	Goriva; volatilna organska jedinjenja; određeni metali (u zavisnosti od biljaka koje se koriste)
Prirodno ublažavanje zagađenja	Korištenje prirodnih procesa za stabiliziranje zagađujućih supstanci ili njihovo transformiranje u manje toksična jedinjenja/elemente.	Nije potrebno veliko održavanje, mali troškovi	Spor proces; zahtjeva monitoring efikasnosti	Voda	Goriva; volatilna organska jedinjenja
Tretman zemljišta / Bioventilacija	Korištenje aeracije ili oranja kako bi se podstaknula biološka aktivnost i razgradnja, te poboljšale fizičke osobine tla	Jednostavna mjera	Ograničeni rezultati	Zemljište	Policiklični aromatski ugljikovodici, otpad od uglja, određeni metali
FIZIČKI/HEMIJSKI TRETMAN NA LICU MJESTA					
Hemijska oksidacija / redukcija	Dodavanje hemijskih oksidanata kao što je vodikov peroksid, kalijev permanganat, ozon i rastvoreni kisik	Stabilizacija / razgradnja zagađujućih supstanci	Stabilizacija ili razgradnja nije uvijek cjelovita	Zemljište i voda	Metali
Elektrokinetička separacija	Primjena direktne struje malog intenziteta, koja pokreće vrste pod naponom da idu prema keramičkim elektrodama	Koristi se u zasićenom tlu sa malom vodopropusnošću	Nus-produkti i neželjeni efekti	Zemljište	Teški metali, polarne organske supstance;
Ispiranje zemljišta	Rastvor se ubacuje u zemljište kako bi se olakšala ekstrakcija zagađujućih supstanci	Mali troškovi	Ograničen uspjeh / može utjecati na protok podzemne vode	Zemljište	Volatilne organske supstance i neorganske supstance
Solidifikacija/stabilizacija	Vezivni materijal (cement, hemijski učvršćivač) koji fizički imobilizira zagađujuće supstance također se može koristiti i izvan odlagališta (<i>ex-situ</i>)	Mali troškovi, laka dostupnost	Buduće odgovornosti	Zemljište	Neorganska jedinjenja; radionuklidi
Termalni tretman	Toplota se koristi za kako bi se izvršila volatilizacija zagađujućih supstanci i olakšala njihova ekstrakcija	Efikasna metoda, uništavanje zagađujućih supstanci	Veliki troškovi	Zemljište i voda	Organske zagađujuće supstance
Injektiranje zraka	Vrši se volatilizacija zagađujućih supstanci putem injektiranja zraka u vodu	Dugoročno rješenje	Pristup kojeg je teško primijeniti	Voda	Goriva, neorganska jedinjenja
BIOLOŠKI TRETMAN IZVAN ODLAGALIŠTA (PODRAZUMIJEVA ISKOPAVANJE)					
Bio-naslage (bio-piles)	Zagađeno zemljište se miješa sa dodacima u naslagama u koje se injektira zrak	Kratkoročni proces, prirodno raspadanje	Troškovi	Zemljište	Volatilna organska jedinjenja; neki određeni materijali

Kompostiranje	Dodavanje organskog materijala kako bi se poboljšao balans ugljika/azota i podstakla aktivnost mikroba	Jednostavan proces	Troškovi prostora, oslobađanje volatilnih organskih jedinjenja	Zemljište	Policiklični aromatski ugljikovodici
Biološki tretman mješavine vode i pepela	Stvaranje mješavine vode i pepela kako bi se zagađujuće supstance nataložile, te kako bi se olakšala razgradnja mikroba	Kratkoročni do dugoročni tretman	Poteškoće i troškovi prilikom manipulacije	Zemljište	Organska i neorganska jedinjenja
Bio-reaktori	Kruženje vode olakšava reakciju između zagađujućih supstanci i mikroorganizama	Relativno ekonomična metoda	Spor proces	Voda	Volatilna organska jedinjenja; PCB-jevi
Vještačke močvare	Močvara olakšava taloženje zagađujućih supstanci i njihovu stabilizaciju; to također može biti na licu mjesta.	Prirodni proces, relativno stabilan	Dugoročna odgovornost	Voda	Neorganska jedinjenja, posebice metali

Remedijacija	Opis	Prednosti	Mane	Medij	Cilj
FIZIČKI TRETMAN IZVAN ODLAGALIŠTA (PODRAZUMIJEVA ISKOPAVANJE)					
Hemijska ekstrakcija	Ekstrakcija zagađujućih supstanci korištenjem kiselina i rastvarača	Koncentracija zagađujućih supstanci	Veliki troškovi; toksični rastvarači mogu zamijeniti originalne zagađujuće supstance	Zemljište	Teški metali; nemetali, organska jedinjenja
Hemijska oksidacija / redukcija	Hemijski oksidanti (npr. hidrogen peroksid, kalijev permanganat, ozon i rastvoreni kisik) koriste se za pretvaranje zagađujućih supstanci u manje agresivne oblike	Brza i dugoročna konverzija vrsta	Proces može biti nepotpun	Zemljište	Teški metali, polumetali
Dehalogenacija	Uklanjanje grupa halogena iz hemikalija, pretvarajući zagađujuće supstance u netoksične soli i volatilizirajući zagađujuću supstancu	Uništenje zagađujuće supstance	Tretiranje malih količina, veliki troškovi	Zemljište	Halogenizirana a volatilna organska jedinjenja, PCB-jevi, dioksini
Separacija	Korištenje fizičkih ili hemijskih metoda kako bi se zagađujuće supstance koncentrirale i uklonile	Može omogućiti ponovnu upotrebu	Dostupnost metoda, odlaganje izdvojenih zagađujućih supstanci	Zemljište i voda	Organska i neorganska jedinjenja
Ispiranje tla	Izdvojeno zemljište se ispiri korištenjem vode i dodataka	Smanjuje se količina zagađenog tla	Kasniji tretman rastvora koji su se koristili za pranje	Zemljište	Goriva, teški metali
Izdvajanje korištenjem rastvarača	Rastvarač se dodaje zemljištu, čime se uklanjaju zagađujuće supstance i olakšava njihovo izdvajanje	Smanjuje se količina zagađenog tla	Uklanjanje rastvarača, tretman prije i poslije	Zemljište	Organski otpad i otpad u obliku ulja
Termalni tretman izvan odlagališta	Spaljivanje, piroliza (spaljivanje bez prisustva kisika) i termalna desorpcija (volatilizacija toplote) su metode koje se koriste za izdvajanje i uništavanje zagađujućih supstanci	Efikasno uklanjanje i uništavanje	Kontrolirani sistemi, skupa metoda, poteškoće prilikom primjene	Zemljište	Organska jedinjenja, ugljeni pepeo, otpad od uglja
Adsorpcija / apsorpcija	Sorbenti se koriste za koncentriranje hemikalija	Laka primjena	Odlaganje sorbenta	Voda	Odabrane neorganske zagađujuće supstance
Dodavanje vode u zrak	Voda se uprska u zrak, čime se olakšava uklanjanje zagađujućih supstanci	Relativno mali troškovi	Potreban je dodatni tretman	Voda	Volatilna organska jedinjenja
Filtracija	Voda prolazi kroz medij sa porama, pri čemu se uklanjaju čvrste čestice; metoda se također može koristiti na samom odlagalištu odnosno na licu mjesta	Opcija za predtretman	Potreban je dodatni tretman	Voda	Suspendovane čvrste čestice
Ispumpavanje podzemne vode	Uklanjanje zagađene vode sa odlagališta kako bi se spriječilo stvaranje perjanica zagađenja	Uobičajen i dobro poznat metod	Ispuštanje vode	Voda	Rastvorene zagađujuće supstance
Zamjena jona	Materijal za zamjenu jona (npr. smola) zamjenjuje zagađujuće jone za one koji su manje agresivni	Zrela tehnologija	Odlaganje smole i metala	Voda	Metali
Taloženje / Flokulacija	Koriste se dodaci koji podstiču taloženje zagađujućih supstanci i olakšavaju njihovo uklanjanje	Zrela tehnologija uklanjanja	Odlaganje taloga	Voda	Metali; radionuklidi
Reverzibilna osmoza	Zagađujuće supstance se uklanjanju tako što voda prolazi kroz membranu pod	Smanjenje količine	Skupa metoda	Voda	Metali; radionuklidi

	pritiskom	zagađujuće supstance			
ZADRŽAVANJE					
Prekrivanje odlagališta	Uspostava sloja preko odlagališta koji minimizira interakciju zagađujućih materijala sa ekosistemom	Efektivnost je vezana za materijal koji se koristi; mali troškovi	Dugoročna odgovornost, curenje	Zemljište	Svi
Alternative za prekrivanje odlagališta/ Dodaci	Dodaci namijenjeni za interakciju sa zagađujućim supstancama (npr. ispravljanje pH vrijednosti, provodljivosti, poroznosti) za stabilizaciju i kontrolu	Jednostavan projekat, mali troškovi	Dugoročna odgovornost	Zemljište	Svi, na stabilnim odlagalištima
Odlaganje izvan odlagališta	Zemljište se iskopava i odlaže na lokalitetima gdje predstavlja manji rizik.	‘Brza i prijava’ metoda	Prebacivanje zagađujućih supstanci na drugo mjesto	Zemljište	Svi
Geotehnički sistemi	Korištenje tehničkih objekata za zadržavanja i smanjenje izlaganja zagađujućim supstancama	‘Brza i prijava’ metoda	Dugoročna odgovornost	Zemljište	Svi
Kontrolni bunari	Tehnike bušenja kako bi se omogućio pristup podzemnim vodama	Pristup hemikalijama	Veliki troškovi, nepotpunost	Voda	Svi

4. Način procjene rizika

Prijedlozi za strategiju procjene rizika su bazirani na iskustvu stečenom tokom provođenja RECOAL projekta u Tuzli. Identificirana su tri glavna načina zagađenja sa deponija pepela koje možemo klasificirati kao:

Procjena rizika od utjecaja sa površine deponije
Kontaminacija lanca ishrane
Disperzija vjetrom i erozijom koja nastaje djelovanjem vode

Zagađenje površinskih i podzemnih voda (procjedne vode i vode koje transportuju pepeo).

Uspostavljanje adekvatnog plana uzorkovanja je najbitnije za kreiranje relevantnih i pouzdanih podataka. Uzorci moraju biti uzeti sa odgovarajućim brojem replikanata (ponavljanja) da bi se mogla uraditi statistička obrada rezultata. Procedure za uzorkovanje i laboratorijska ispitivanja kao i hemijske analize moraju slijediti dobro uspostavljene norme uključujući analizu referentnih materijala.

4.1. Procjena rizika od utjecaja sa površine deponije

Kontaminacija lanca ishrane¹⁵

Potencijalna prijetnja lancu ishrane može biti utvrđena definiranjem koncentracije zagađujućih supstanci u poljoprivrednim (ljudski lanac ishrane) i divljim/autohtonim biljkama (lanac ishrane divljih životinja) koje rastu na deponiji pepela. Ispaša stoke, kako je primijećeno u slučaju Tuzle, može također utjecati na ljudski lanac ishrane preko konzumiranja mesa. Oboje, koncentracije zagađujućih supstanci u supstratu (pepeo, zemljani pokrivač) kao i koncentracije u biljkama bi trebale biti analizirane.

Zagađujuće supstance mogu ući u lanac ishrane i preko korijena biljaka i stočne hrane kao i preko prilijepljenih čestica pepela i zemlje. Osim toga stoka na pašnjaku neizbježno guta i supstrat, te time povećava transfer zagađujućih supstanci u lanac ishrane.

Disperzija pepela vjetrom ¹⁶

Na deponiji, pepeo uglavnom ima zrnastu strukturu. Osim toga, veće frakcije ostataka sagorijevanja uglja imaju veličinu koja je posebice podložna eroziji. Prema tome, osušena aktivna odlagališta, kao i ona koja se više ne koriste za odlaganje, naročito su podložna eroziji vjetrom i značajan su izvor zagađenja prašinom. Erozijska vjetrom počinje odmah nakon isparavanja vode (nakon spuštanja vodnog ogledala u slučaju mokrog odlaganja i nakon evaporacije preostale vlage u slučaju suhog odlaganja). Vremenom, ipak, zbog mogućnosti samostvrdnjavanja, koje je opisano za mnoge vrste letećeg pepela, može doći do smanjenja erodiranja. Samo neke od studija imaju kvantitativne podatke o eroziji pepela vjetrom.

Mjerenje pepela nije bio dio RECOAL projekta. Ipak evidentirana je erozija vjetrom što je dokumentovano Slikom 16. Odlaganje prašine se može mjeriti sa mjeracima gustine zraka koji su smješteni u okruženju deponije pepela.

Erozija pepela može se jedino spriječiti odgovarajućim tretmanom površine deponije (sa zemljom ili drugim odgovarajućim supstratom, sadnjom vegetacijskog pokrivača i sl.)

4.2. Procjena rizika od utjecaja otpadnih voda

Otpadne vode sa odlagališta na kojem se vrši mokro odlaganje pepela mogu se podijeliti na:

- Vode koje se koriste prilikom transporta pepela
- Procjedne vode sa odlagališta

Kvantitativno, voda koja se koristi za transport pepela je mnogo važnija od procjednih voda, jer je protok otpadne vode koja je potrebna za prenos pepela u jezero konstantan. Nakon taloženja, preljev se obično ispušta u obližnji potok. Ova voda sadrži rastvorene jone i velike količine suspendiranih i plutajućih čestica pepela. Ukupno opterećenje otpadnih voda potrebno je analizirati digestijom u kiselinama prema propisanim procedurama koje su opisane u državnim propisima za vode¹⁷.

Rizici po podzemne vode se smanjuju ako se voda za transport pepela direktno uvodi u uske kanale koji vode do pritoka. Ipak, zagađenje površinskih voda ostaje. Naročito ako se radi o malim pritokama sa malim protocima koji se značajno mogu zagađivati.



Slika 10. Ispuštanje vode za transport pepela u Tuzli. Velike čestice i opterećenje solima u akumulaciji velikih naslaga i taloga duž kanala otpadne vode. (fotografije: W Fitz).

Zagađenje podzemne vode može se testirati provjerom vode u lokalnim bunarima i usporedbom sa ulaznim i izlaznim slojevima podzemne vode. Efekti filtracije vode kroz vodopropusna odlagališta također utječu na lokalne bunare i slojeve podzemne vode. Jedan od načina za mjerenje slojeva podzemne vode je usporedba koncentracija u podzemnim vodama, uzvodno i nizvodno.

Općenito, procjedne vode sa odlagališta sadrže manje suspendovanih i plutajućih čestica jer se tijelo deponije ponaša kao filter. Tokom ovog procesa, ipak više/drugih jona može biti rastvoreno. Kvalitet procjednih voda može varirati vremenom, jer su naročito ostaci sagorijevanja uglja podložni starenju. Oboje, prirodni proces prečišćavanja, kao i smanjenje redoks potencijala u tijelu odlagališta (zbog odsustva kisika) mogu dovesti do procesa rastvaranja i ispuštanja redoks osjetljivih elemenata kao što je arsen.

5. Utjecaj odlaganja pepela na okoliš – slučaj u Tuzli

5.1. Kontekst odlaganja pepela u Bosni i Hercegovini

Potrebe za električnom energijom zbog povećanja potrošnje unutar BiH, te revitalizacije privrede kroz izvoz energije. Elektroprivreda BiH je javno preduzeće koje proizvodi, distribuira i prodaje električnu energiju proizvedenu u hidroelektranama i termoelektranama¹⁸. Termoelektrana u Tuzli (TET) trenutno je najveća proizvodna jedinica preduzeća sa neto proizvodnjom od 2,806 GWH u 2006. godini, što čini 58% proizvodnje termalne energije i 44% ukupno proizvedene energije u BiH¹⁹. Ugalj koji se koristi kao sirovina (75% lignit i 25% crni ugalj) dolazi iz različitih izvora, uključujući otvorene rudničke kopove lignita u blizini općina Banovići i Dubrave.

Proizvodnja energije iz uglja je idalje vrlo značajna zbog raspoloživih rezervi uglja i postojeće infrastrukture. Kao dio procesa tranzicije zemlje u tržišnu ekonomiju, domaći i strani privatni investitori, započeli su sa učestvovanjem na tržištu energije ove zemlje. Ovo se manifestira osnivanjem novih privatnih elektrana kao što je planirana termoelektrana u Doboju²⁰.

Nus-proizvodi nastali sagorijevanjem uključujući emisije u zrak, termalno zagađenje i ostatke od sagorijevanja uglja (OSU), koji mogu biti: bazni pepeo, leteći pepeo, otpad od odsumporavanja dimnih gasova i mulj iz kotlova. Sve ove vrste otpada mogu sadržavati visoke koncentracije potencijalno opasnih elemenata (kao što su arsen, barij, bor, kadmij, hrom, bakar, olovo, molibden, nikl, radij, selen, torij, uranij i cink) zavisno od porijekla i karakteristika uglja koji je korišten i uvjeta u kojima se odvija sagorijevanje. Druge problematične osobine pepela uključuju visoku pH vrijednost, povećane koncentracije rastvorljivih soli, i fizičke karakteristike čestica koje ih čine podložnim disperziji vjetrom.

Neki ostaci od sagorijevanja uglja se mogu koristiti kao sirovine u drugim industrijama (npr. u proizvodnji cementa), ali često većina pepela se odlaze na deponiju koristeći mokre ili suhe metode odlaganja. Mokro odlaganje se koristi u Tuzli, gdje se pepeo miješa sa vodom i pumpom prebacuje u doline ograđene nasipom. Mi ove doline zovemo odlagalištima pepela. Odlagališta zauzimaju ogroman prostor i mijenjaju postojeće karakteristike pejzaža. Kada se voda procjeđuje, fine čestice se talože na površini odlagališta i lako postaju podložne disperziji vjetrom, predstavljajući ozbiljan ekološki i zdravstveni problem za okolna područja. Zagađujuće supstance također mogu migrirati sa odlagališta do obližnjih područja suspendovane ili rastvorene u vodi, te imati negativne utjecaje na površinske i podzemne vode i za njih vezana staništa.

5.2. Utjecaj industrije na lokalni okoliš

Proizvodnja energije iz uglja utječe na okoliš na više načina, posebno preko emisija štetnih zagađujućih supstanci tokom sagorijevanja i odlaganja ostataka sagorijevanja uglja. U Tuzli, utjecaji Termoelektrane doprinose zagađenju već zagađenog okoliša što je uzrokovano industrijalizacijom. Broj izvora emisija na tom području je veliki, uključujući Termoelektranu, kao i hemijsku i druge industrije kao što su SIPOREX, HAC, KOKSARA Lukavac i Cementara Lukavac.

Sa ekološke tačke gledišta, Tuzla je najvjerojatnije jedno od najugroženijih mjesta u Bosni i Hercegovini. Zagađenje utječe na zrak, površinska i podzemna vodna tijela, tlo, biljke, životinje i ljude. Složeni međusobni odnosi i zavisnost između različitih zagađujućih supstanci mogu povećati jačinu i ozbiljnost tih utjecaja. Dalje, industrijalizacija je jako puno promijenila postojeće ekosisteme zauzimanjem i transformiranjem velikih područja ili dolina.

Zagađenje zraka je jedan od glavnih lokalnih problema u Tuzli. Trenutno postoji 59 registrovanih industrijskih izvora zagađenja u Tuzli koji u prosjeku ispuštaju²¹

- 74206 t/godišnje sumpor dioksida (SO_2); Termoelektrana ispušta 73590 t/godišnje ili 99 %
- 13120 t/godišnje azotnih oksida (NO_x); Termoelektrana ispušta 13000 t/godišnje ili 99 %
- 19150 t/godišnje malih čestica; Termoelektrana ispušta 18390 t/godišnje ili 96 %.

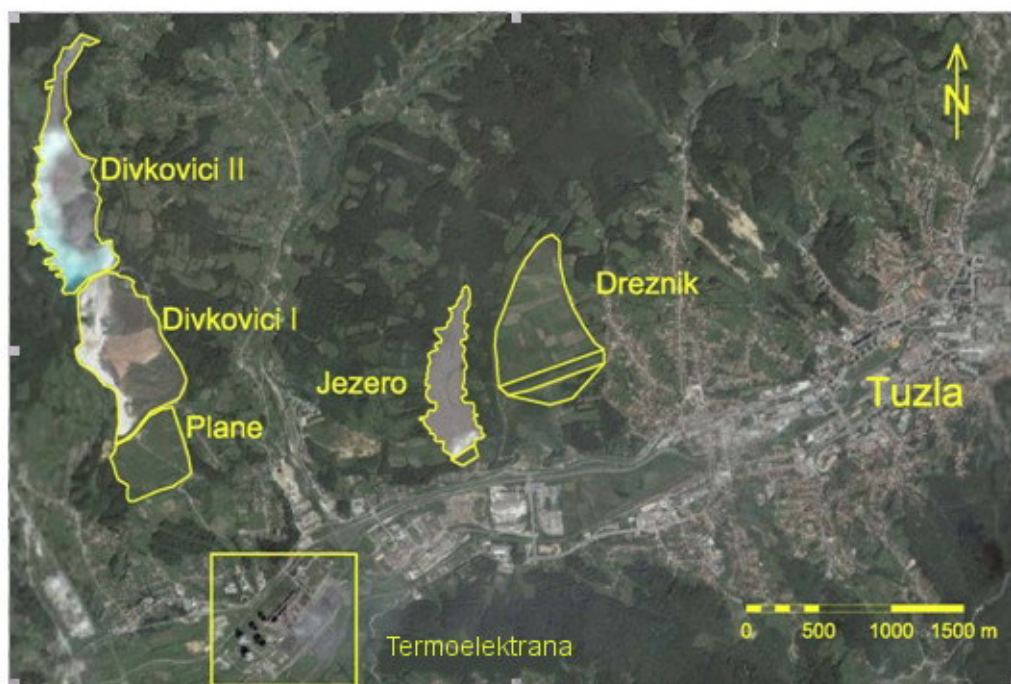
Iako se mislilo da nema nekih temeljitih istraživanja, nedavna lokalna mjerenja upućuju da zrak u Tuzli sadrži prekomjerne koncentracije ugljen monoksida (CO), ugljikovodika (C_xH_y), sumpor vodika (H_2S), olova (Pb) i hlora (Cl), između ostalih. Ove koncentracije premašuju maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) prema Federalnom zakonu²². Informacije prezentirane u sljedećem poglavlju fokusiraju se na okolišne utjecaje uzrokovane odlaganjem baznog pepela iz Termoelektrane, koji je jedan od glavnih zagađivača zemljišta, zraka i vode.

5.3. Odlaganje pepela

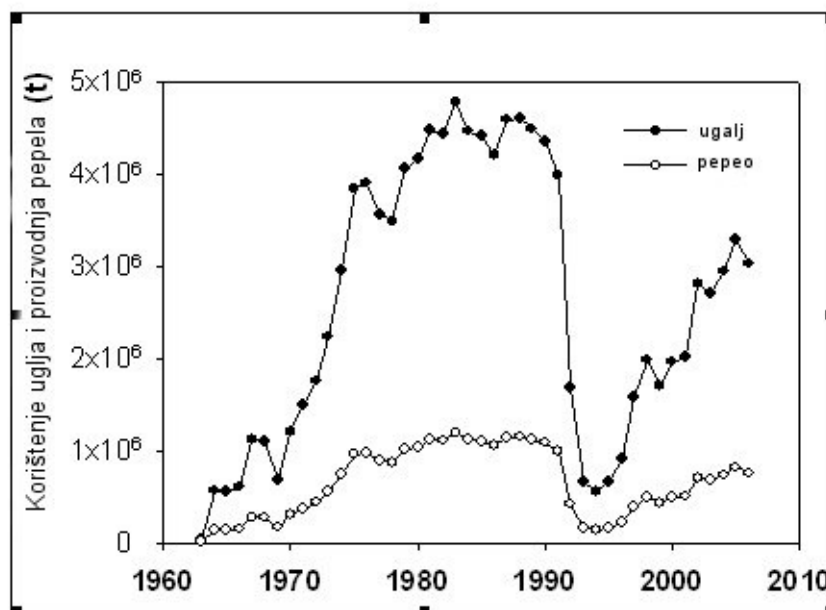
Termoelektrana proizvodi između 0,4 i 0,9 m^3 pepela po jednom MWh; pri maksimalnoj proizvodnji ova količina iznosi prosječno 1,7 miliona m^3 /godišnje. U 2006-2007., proizvelo se oko 0,9 miliona m^3 /godišnje pepela. Postoji 5 odlagališta pepela u neposrednoj blizini Termoelektrane i grada Tuzle. Skoro 40 miliona m^3 otpadnog materijala se odlaže na odlagalištima pepela. Prikaz karakteristika odlagališta dat je u tabeli 5, a snimak odlagališta sa satelita dat je na Slici 11. Korištenje uglja i proizvodnja pepela drastično je opala tokom prve polovine 1990-ih (smanjena proizvodnja energije tokom rata) ali se od tada stalno povećava.

Tabela 5. Glavne karakteristike odlagališta pepela u Tuzli

Naziv deponije	Plane	Drežnik	Divkovići I	Divkovići II	Jezero
Tip zemljišta	Iskorišteni rudnik uglja	Prirodna dolina	Iskorišteni rudnik uglja	Iskorišteni rudnik uglja	Prirodna dolina
Početak odlaganja	1964.	1981.	1985.	1985.	1991.
Odlaganje prestalo	1990.	1991.	1995.	Još se koristi	2003.
Površina (ha)	18	45	45	44 (finalno : 68)	24
Prekriveno	1991/1992.	1993.	2004.	-	-
Prekriveno (ha)	18	Oko 45	10	0	0
Debljina zemljanog pokrivača (cm)	10-30	10-30	10-15	0	0
Korištenje zemljišta	Poljoprivreda	Poljoprivreda	-	-	-



Slika 11. Satelitski snimak odlagališta i Termoelektrane u okolini Tuzle (sa Google Earth 2007.)



Slika 12. Godišnja potrošnja uglja i u skladu s tim proizvodnja pepela u Termoelektrani Tuzla

Transport baznog pepela do odlagališta se vrši hidraulički suspenzijom pepela u vodi, gdje je odnos čvrstih čestica i vode 11:1; čime se troši 37 m³ vode u minuti. Višak vode se prelijeva preko odlagališta u površinske vode, uglavnom u rijeku Jalu.

Usporedbom sa svjetskim trendovima koncentracija elemenata u tragovima u ugljevima²³, ugljevi koji se kopaju u Banovićima i Dubravama su značajno opterećeni sa hromom, niklom i arsenom. Bor se pojavljuje u rangu koncentracija koje su tipične za ugljeve²⁴.

Tabela 6. Prosječne koncentracije elemenata u tragovima (standardne greške u zgradama) u ugljevima iz rudnika Banovići i Dubrave (n=3)

Porijeklo uglja	As		B		Cd		Co		Cr		Cs	
	mg/kg	S.g. (%)	mg/kg	S.g. (%)	mg/kg	S.g. (%)	mg/kg	S.g. (%)	mg/kg	S.g. (%)	mg/kg	S.g. (%)
Banovići	29,9	5,5	310	18,3	0,10	22,2	12,7	4,9			3,44	21,6
Dubrave	141	2,1	347	6,6	0,58	2,4	80,4	0,8	1050	0,5	16,6	0,6

	Cu		Fe		Mn		Mo		Ni		P	
	mg/kg	S.g. (%)	mg/kg	S.g. (%)	mg/kg	S.g. (%)	mg/kg	S.g. (%)	mg/kg	S.g. (%)	mg/kg	S.g. (%)
Banovići	25	1,0	15500	3,2	225	13,5	1,11	4,8	291	3,1	130	3,8
Dubrave	197	0,2	93100	0,4	1610	0,1	3,67	0,5	1130	1,0	582	0,2

	Pb		Rb		Tl		U		V		Zn	
	mg/kg	S.g. (%)	mg/kg	S.g. (%)	mg/kg	S.g. (%)	mg/kg	S.g. (%)	mg/kg	S.g. (%)	mg/kg	S.g. (%)
Banovići	7,46	36,8	8,82	9,6	0,09	43,9					32,7	29,9
Dubrave	40,2	5,6	75,6	2,6	0,73	6,9	3,53	4,6	272,5	0,2	232	3,1

Općenito, posmatrani negativni utjecaji odlaganja pepela uključuju destrukciju pejzaža i zagađenje zemljišta i vode:²⁵

- Promjene u hidrološkom sistemu, i u smislu redefiniranja podzemnih tokova i njihovog hemijskog sastava
 - Zagađenje obližnjih površinskih voda,
 - Potencijalno zagađenje podzemnih voda, posebno izvora slatke vode;
- Zagađenje zraka i odlaganje čestica pepela;
- Uvođenje zagađujućih supstanci kao što su teški metali u ekosisteme i potencijalno dospijevanje ovih zagađujućih supstanci u lanac ishrane.



Slika 13. Odlagalište Jezero na kojem se nedavno prestalo sa odlaganjem (fotografije: W Fitz)

Odlaganje pepela zauzima ogromne površine (Tabela 5), i zbog toga Termoelektrana treba razmotriti da li će (1) proširiti kapacitete postojećih odlagališta, (2) odrediti i osigurati nova odlagališta ili (3) naći alternativno rješenje za upravljanje pepelom kako bi se smanjila količina pepela koja zahtijeva odlaganje.

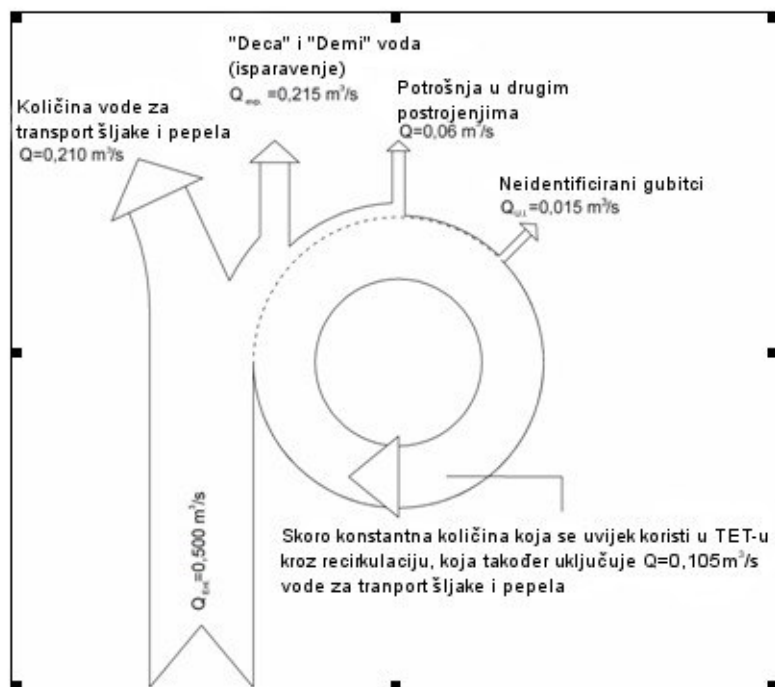
Također, za proces mokrog odlaganja koriste se velike količine vode (obično između $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ i $0,85 \text{ m}^3/\text{s}$). Promjena tokova i protoka vode vremenom utječe na cijeli lokalni hidrološki sistem. Npr. vještački ispust kreiran zajedno sa promjenom fizičkih i hemijskih osobina vode koja istječe, utječe na protok i sastav površinskih voda (u ovom slučaju, rijeku Jalu) i podzemne vode. Također, velika jezera imaju za posljedicu povećano isparavanje. U okviru RECOAL projekta izračunato je da oko 30% ulazne vode na deponiju ili se infiltrira u podzemnu vodu ili ispari. Analize uzoraka preljevnih voda koji su uzimani tokom nekoliko prethodnih godina pokazuju da je voda bila jako alkalna (pH oko 12) i bogata sa ugljikovodicima, sulfatima, kalcijem i magnezijem. Također su zapažene relativno visoke koncentracije nekih elemenata u tragovima, npr. koncentracije bora, hroma i nikla.

Količina vode koja se koristi za transport šljake i pepela, u uvjetima kada količina ulazne vode u Termoelektrani iznosi $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ($27216 \text{ m}^3/\text{dan}$) od čega se $1/3$ ponovo koristi za transport šljake i pepela ($9072 \text{ m}^3/\text{dan}$). Preostala količina ($18144 \text{ m}^3/\text{dan}$) se ispušta u rijeku Jalu kao otpadna voda. Miješanjem šljake i vode u omjeru 11:1 i dnevnim korištenjem $27216 \text{ m}^3/\text{dan}$, oko iznosi 2474 m^3 šljake i pepela se transportuju na dan, što rezultira prosječnom godišnjom količinom od $903.076 \text{ m}^3/\text{godišnje}$.

Tabela 7. Potrošnja vode u Termoelektrani

Korištenje vode (m^3/s)					
Voda koja ulazi u Termoel ektranu	Količina koja se koristi za transport šljake i pepela	Količina za proizvodnju "DEMI" i "DECA" vode (isparavanje)	Potrošnja za druge tehnološke potrebe	Neidentificirani gubici	Ukupna suma korištenih količina
0.500	$0.315 - 0.105_{\text{Rec.}} = 0.210$	0.215	0.06	$(0,0165)_{0.015}$	0.500
Dnevna potrošnja vode (m^3/danu)					
43200	$27216 - 9072_{\text{Rec.}} = 18144$	18576	5184	$(14256)_{1296}$	43200
Rec. = količina vode koja se recirkulira DEMI = demineralizirana voda za proizvodnju pare DECA = dekarbonizirana voda za hlađenje					

Izvor: IHGF (2005) "Balans vode i balans tereta zagađenja u Termoelektrani Tuzla"



Slika 14. „Sankey dijagram“ balansa vode koja se koristi u Termoelektrani

Kako se krupne i fine čestice talože i voda procjeđuje i isparava, čestice pepela mogu se prenositi zrakom. Ove čestice imaju malu specifičnu masu i veliku specifičnu površinu ($1500 \text{ do } 3500 \text{ cm}^2/\text{gram}$) i zbog toga ih vjetar može nositi i po nekoliko kilometara. Ova pojava je izraženija tokom ljetnih vreljih mjeseci, kada pada manje kiše i vjetar je jači. Čestice pepela utječu na okolnu biosferu i život ljudi u naseljima u blizini odlagališta. Do danas je provedeno jako malo istraživanja usmjerenih na procjenu specifičnih utjecaja odlaganja pepela u okolini Tuzle. Ipak, negativan utjecaj odlaganja može se vidjeti kroz razgovor sa lokalnim stanovništvom, koje kaže da

čestice pepela uništavaju njihova imanja, usjeve i vrtove. Također je primjetna njihova rezerviranost prema planovima za proširenje termoelektrane.

Odlagališta pepela utječu na zemljište, zrak, vodu, ljude i životinje, i direktno i indirektno. Pepeo zauzima ogromne površine i suštinski je promijenio ono što je nekad bilo dobro poljoprivredno tlo ili lijepi seoski predio. Stoga, odlagališta pepela zauzimaju značajne površine blizu naselja što je dramatično smanjilo potencijal zemljišta na kratkoročan ili dugoročan vremenski period. Osim toga, zemljište i voda koja transportuje pepeo zagađeni su različitim teškim metalima i zagađujućim supstancama iz ostataka od sagorijevanja uglja.



Slika 15. Simptomi toksičnosti na listovima vrbe koja raste u samom pepelu na odlagalištu Divkovići I.

5.4. Rješavanje problema i potreba lokalnog stanovništva

Projekat RECOAL nastavio je neke eksperimente provedene ranih 1990-ih godina, a koji su bili motivirani problemima vezanim za disperziju pepela i opadanje kvaliteta vodnih resursa u lokalnim zajednicama.

Stoga su se našim istraživanjem pokušali utvrditi glavni rizici vezani za odlagališta, a koja su temeljeni na problemima lokalnog stanovništva. Sljedeće daje pregled nalaza socioloških istraživanja (uglavnom upotrebom intervjua jedan-na-jedan i sa malim grupama ljudi) koje je proveo RECOAL tim među lokalnim stanovništvom i predstavnicima lokalnih institucija i organizacija civilnog društva.

5.4.1. Zdravlje i dobrobit lokalnog stanovništva

Nekoliko problema i pitanja u vezi sa odlagalištima pepela su usmeno izraženi od strane onih koji žive u njihovoj okolini. Postoji generalna zabrinutost u vezi sigurnosti odlagališta i utjecaja pepela na zdravlje stanovništva, kao i na sigurnost područja.

Mnogi ispitanici su primijetili respiratorne bolesti, kao i susjede koji pate ili umiru od raka. Primijećeno je da su zdravstveni uvjeti alarmantni. Lokalne zdravstvene ustanove potvrđuju da postoji evidencija o povišenom postotku registriranih slučajeva oboljelih od raka i bolesti dišnih puteva koji je vjerovatno povezan sa stanjem okoliša. I građani i zdravstveni radnici izrazili su zabrinutost zbog nedostatka eksplicitnog monitoringa utjecaja na zdravlje.

U vezi sa velikim brojem lokalnog stanovništva koji boluju od raka, postoji strah da je pepeo radioaktivan. Stoga su u okviru RECOAL projekta uzeti uzorci sa starih i novih odlagališta pepela i dati na analizu u nezavisnu kompaniju.²⁶ Provedena analiza je pokazala da nema radioaktivnosti iznad normalnih nivoa; stoga, ako se izvori uglja ne promijene (neki rudnici uglja imaju znatno povišene nivoe radioaktivnosti), ili ukoliko se radioaktivni materijal/otpad ne doda u peć, ne bi trebalo doći do povećanog izlaganja lokalnog stanovništva radioaktivnosti.

Međutim, RECOAL je identificirao druge rizike povezane sa odlagalištima, osobito visoke koncentracije arsena, hroma, bora i sulfata u vodi i unos zagađujućih materija u biljke na odlagalištima kao što je objašnjeno u narednom poglavlju.

Nekoliko stanovnika je prijavilo okolišne incidente iz kasnih 1990-ih, poput snijega koji je postao "crn" i kiše koja je ostavljala žućkasti talog. Generalno, mnogi lokalni stanovnici smatraju da odlagališta pepela i granična područja stvaraju negativnu sliku o njihovim zajednicama. Kako su ljudi sve manje ponosni na svoje okruženje, neki od njih se ne ustručavaju da ostavljaju smeće i kućni otpad u svojoj okolini. Ključni zahtjev od strane lokalnog stanovništva je primjena jasnog i efikasnog propisa za poboljšanje okoliša, uz praćenje utjecaja na zdravlje, poboljšanje lokalne infrastrukture (posebno one za vodosnabdijevanje), te obnavljanje odlagališta pepela kako bi ih okolno stanovništvo moglo upotrebljavati u korisne svrhe.

Lokalne zajednice zahtijevaju adekvatan pravni okvir koji potječe saradnju između industrije i aktera vlasti (na lokalnom nivou) kako bi se povećalo blagostanje građana. Jedan prijedlog je da se koristi 'princip zagađivač plaća', kao što je to urađeno u zakonodavstvu EU, kako bi industrija platila za zagađenje povezano sa proizvodnim procesima i nastankom otpada. Prikupljeni novac bi onda trebalo koristiti za poboljšanje okoliša, kao što je uspostavljanje centralnog gradskog grijanja uz pomoć viška toplote iz Termoelektrane, održavanje i obnavljanje infrastrukture, ili stvaranje zelenih površina. Ugledajući se na zemlje Zapadne Evrope, lokalne zajednice bi željele vidjeti primjenu najnovijih tehnologija koje sprečavaju ili značajno umanjuju štetu po okoliš i ljude. Dosadašnja ulaganja Termoelektrane u bolje zračne filtere su vidno smanjila zagađenje, te stanovnici stoga željno iščekuju dalja ulaganja i odgovarajući metod remedijacije koji bi značajno umanjio nivo zagađenja.

5.4.2. Disperzija čestica pepela

Prašina od pepela je povezana sa zdravstvenim problemima ljudi, naročito infekcijama dišnih puteva i negativnim utjecajima na zdravlje biljaka i životinja. Razgovori sa lokalnim stanovništvom su pokazali da se prašina prožima kroz većinu

aspekata njihovih života i čini ih da se osjećaju kao zatvorenici u vlastitim kućama. Oblaci prašine (Slika 16) dostižu vrhunac tokom ljeta.

Stalna vegetacija je učinkovita mjera za zaštitu površine od erozije vjetrom. Budući da je pepeo naročito sklon eroziji vjetrom, formiranje zemljanog pokrivača, u prvom redu već pomaže da se smanji problem. Na primjer, na odlagališta Drežnik i Plane je dodano 10-30 cm zemljišta koje je pomoglo 'stabiliziranju' lokacije.

Dodano zemljište pomaže u zadržavanju vlage te omogućuje da se određene biljke zakorijene i rastu, proces koji zahtjeva mnogo više vremena kada se odlagalište pepela ostavi nepokriveno.

Međutim, u nekim slučajevima uspostava zemljanog pokrivača može također uzrokovati dodatne probleme. Npr. u Tuzli je pokrivač napravio dodatni put kojim zagađujuće supstance dopijevaju do lokalnog stanovništva. Prvo, čini se da su neki od materijala iz zemljanog pokrivača mogli biti zagađeni prije njihove primjene na odlagalištima pepela; zbog toga je zapravo povećan rizik od zagađenja. Drugo, tokom nekoliko godina, oranje i frezanje zemljišta je formiralo dio poljoprivredne obrade odlagališta Drežniku i Plane. To je značilo da su sedimenti pepela bili pomiješani sa zemljanim pokrivačem i doneseni natrag na površinu, povećavajući pri tome rizik ulaska zagađujućih supstanci u lanac ishrane i još jednom izlaganje čestica pepela erozivnim procesima.

Uspostavljanje stalnog pokrivača od trave i drveća će vjerovatno dobro zaštititi tlo. Ukoliko se poljoprivredno iskorištavanje odlagališta smatra sigurnim, treba se posvetiti pažnja odabiru pogodnih usjeva koji štite tlo od erozije, naročito izvan sezone rasta. Neki od usjeva koji su izrasli na odlagalištima pepela u Tuzli, kao npr. kulture koje se sade u proljeće i stočna hrana (npr. kukuruz, krompir i šećerna repa) imaju ograničenu masu u ranom stadiju razvitka i ostavljaju dijelove zemljišta izložene vjetrovima tokom proljeća. Suprotno tome, gusto zasijani zimski i proljetni usjevi (npr. pšenica, ječam, zob, raž ili suncokret) smanjuju rizik od erozije.

Drugi faktor koji kontrolira eroziju vjetra su prirodne karakteristike terena. Naprimjer, odlagalište pepela Jezero je smješteno u nekadašnjoj dolini i ima manje problema u poređenju sa odlagalištima pepela Divkovići I i Divkovići II, koji su smješteni na otvorenom prostoru.



Slika 16. Oblak prašine iznad odlagališta Divkovići I. Uslikano u maju 2007. godine (B. Zarod).

5.4.3. Vodosnabdijevanje i kvalitet vode

Za lokalno stanovništvo je vrlo važno imati sigurno vodosnabdijevanje i održavanje lokalne infrastrukture. Ispitivanja su pokazala da lokalne zajednice primjećuju svoju blizinu odlagalištima ugljenog pepela kao faktor koji doprinosi pogoršanju stanja javne infrastrukture i vodosnabdijevanja. To doprinosi općem osjećaju življenja u „nečistom” mjestu, sa neprijatnim mirisima i neprijatnim zvukovima. Obnavljanje starih odlagališta i primjena različitih tehnika odlaganja (zamjena mokrog sa suhim odlaganjem), mogu imati pozitivne utjecaje na zajednice, putem poboljšanja pristupnih puteva i dostupnosti vode.

Voda zaslužuje posebno razmatranje, jer je vodosnabdijevanje u zajednicama blizu odlagališta, pa i u Tuzli generalno, isprekidano (barem do januara 2007.), a i voda je lošeg kvaliteta. Mnogi stanovnici koriste javne i privatne bunare, od kojih se neki smatraju zagađenim zbog odlaganja pepela i zagađujućih supstanci rastvorljivih u vodi te suspendovanih zagađujućih supstanci sa tih lokacija.

5.4.4. Odpadne vode

RECOAL-ov tim je proveo ispitivanja protoka voda i njihovog kvaliteta u zonama na i oko odlagališta pepela Divkovići i Drežnik. Rezultati pokazuju veoma visoke pH vrijednosti za vode kojima se transportuje pepeo (12), procjedne vode iz deponije (10.5) i vode iz bušotine (10), kao i povišene vrijednosti elektro-provodljivosti.

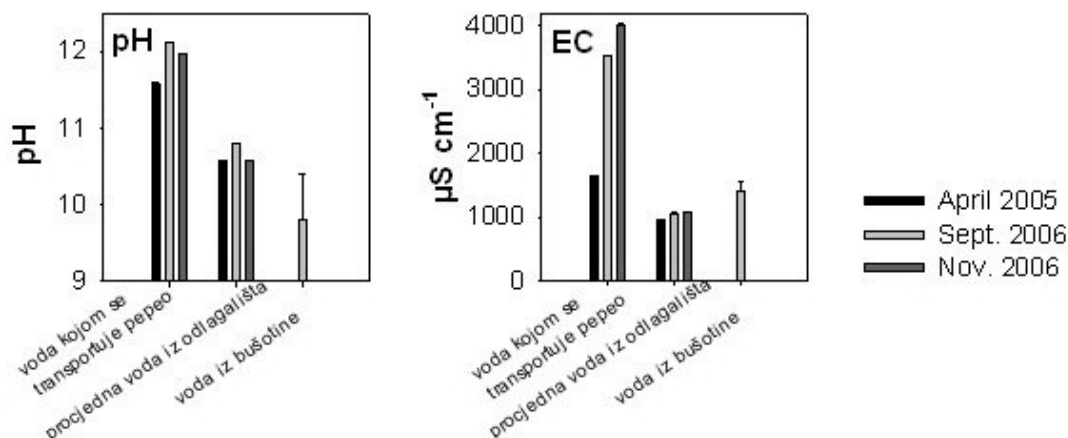
Analiza je pokazala da ekstremno alkalne vode koje se koriste za transport pepela uništavaju kako bentičku, tako i faunu riba²⁷. Mjerenja pH vrijednosti donjeg toka rijeke Jale, pokazuju pH vrijednosti od oko 8.5. Međutim, vrijednosti elektro-provodljivosti od 4300-7300 mS cm⁻¹, uzvodno i nizvodno od mjesta gdje se ulijevaju

vode koje se koriste za transport pepela i procjedne vode, potvrđuju da Termoelektrana predstavlja samo jedan od mnogih izvora zagađenja u tuzlanskoj regiji.

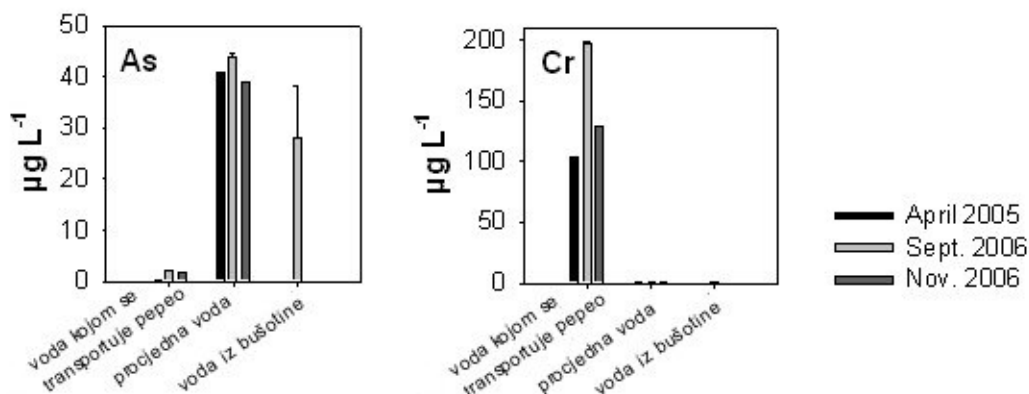
Zasićenost kisikom u vodi koja transportuje pepeo i koja stalno teče je 100%, dok je u procjednim vodama iz Drežnika izmjerena vrijednost od samo 3%. Apsolutno odsustvo kisika u tijelu odlagališta stvara takozvane "redukcione uvjete", što dovodi do redukcije arsena iz oksidacionog stanja V u III. Značajno je da je AsIII otrovniji i mobilniji od AsV. Kao rezultat toga, primijećene su znatno veće koncentracije arsena u bušotinama i procjednim vodama na napuštenoj lokaciji Drežnika, u odnosu na vodu kojom se transportuje pepeo na odlagalištu Divkovići II. Kada je u pitanju hrom, rezultati su suprotni, vjerovatno zbog početnog procjeđivanja CrVI i smanjenja hroma u manje opasan CrIII u tijelu odlagališta na kojem je odlaganje obustavljeno (Slika 18). Stoga se mora uzeti u obzir da se hemijska priroda pepela mijenja tokom vremena, uslijed prirodnog procesa slabljenja zagađenja kao i specifičnih procesa na odlagalištu, kao što je smanjenje redoks stanja. Kao rezultat, procjeđivanje potencijalno otrovnih elemenata može biti ili pojačano ili umanjeno kao što je prikazano za arsen i hrom. Zbog toga se preporučuje monitoring procjednih voda sa napuštenih odlagališta.

Ukupne koncentracije neorganskih zagađujućih supstanci u vodama kojima se transportuje pepeo i procjednim vodama sa odlagališta su unutar granica propisanih za otpadne vode i procjedne vode u većini zemalja EU (Tabela 10). Koristeći znatno strožije standarde za vodu za piće, nekoliko elemenata (As, B, Cr, Ni) prelaze dozvoljene vrijednosti u transportnim vodama i/ili procjednim vodama. pH vrijednost ostaje najproblematičniji parameter u smislu klasifikacije otpadnih voda. Međutim, ispuštanje tako alkalnih voda ne bi bilo dozvoljeno ni u jednoj zemlji EU.

Ocjena pepela po EU klasifikaciji otpada (zasnovano na testovima), otkriva da samo vrijednost arsena prelazi dozvoljenu vrijednost da bi se mogao klasificirati kao intertni otpad u skladu sa propisima EU (Tabela 8).



Slika 17. pH, elektro-provodljivost (EC) vode kojom se transportuje pepeo sa aktivnog odlagališta Divkovići, procjedne vode i vode iz bušotina na Drežniku.



Slika 18. Koncentracije arsena i hroma u filtriranim uzorcima vode kojom se transportuje pepeo sa aktivnog odlagališta Divkovići i procjednih voda, te voda iz bušotine na odlagalištu Drežnik na kojem se odlaganje više ne vrši (Dellantonio et al. 2008).²⁸

Tabela 8. Propisane granične vrijednosti (voda za piće, otpadna voda, procjedne vode) odabranih parametara su uspoređene sa ukupnim koncentracijama i filtriranim (<0.2 µm) frakcijama iz uzoraka otpadnih voda (uzetih u novembru 2006.) kao i ekstraktivih frakcija ostataka od sagorijevanja pepela sa svih odlagališta (standardne greške su naznačene u zagradi).

Parametar	Mjerenja, Tuzla					Granične vrijednosti		
	efluenti (Novembar 2006)				Ekstrakt vode (1:10)	Voda za piće ¹	Otpadn a voda ²	Procjedne vode u slučaju inertnog otpada ³ (1:10 ekstrakt vode)
	Transportna voda		Procjedna voda					
	ukupno	filtrirano	ukupno	filtrirano				
	µg l ⁻¹				µg kg ⁻¹	µg l ⁻¹		µg kg ⁻¹
As	29 (10)	2 (0,04)	72 (11)	39 (0.5)	680 (100)	10	100	500
Cr, ukupni	264 (17)	128 (1)	< 1	< 1	210 (53)	50	500	500
pH	12 (0,01)		10,6 (0,02)			6,5-9,5	6,5-8,5	-

¹ Direktiva Vijeća 98/83/EG o kvalitetu vode namijenjene za ljudsku upotrebu

² Granične vrijednosti za otpadne vode i procjedne vode za ispuštanja u rijeke, austrijska direktiva za emisiju otpadnih voda

³ Direktiva Vijeća 1999/31/EC o deponijama otpada

5.4.5. Odgovarajuća upotreba zemljišta

Uočene potrebe za korištenjem odlagališta pepela za poljoprivredu, su značajno utjecale na RECOAL-ov istraživački program. Stoga je mnogo rada usmjereno na testiranje sigurnosti različitih usjeva namijenjenih za ljudsku i životinjsku upotrebu, a koji rastu u pepelu ili mješavini pepela i drugih materijala. Razgovori sa lokalnim stanovništvom pokazuju da je upotreba odlagališta u poljoprivredne svrhe opala

tokom zadnjih nekoliko godina, djelimično uslijed zabrinutosti za sigurnost trenutne poljoprivredne prakse i zagađujućih supstanci koje ulaze u lanac ishrane. Poboljšanje ekonomske situacije u regiji i prilike za zapošljavanje mogli bi uzgajanje na odlagalištima učiniti nepotrebnim. Preporučivanje uzgoja biljaka na odlagalištima pepela bi vjerovatno povećalo lokalne konflikte ukoliko njegova sigurnost ne bude dokazana lokalnom stanovništvu koje smatra da bi moglo doći do određenih problema zbog potencijalnog prenosa zagađujućih materija u lanac ishrane.

Pored potreba za poljoprivrednim zemljištem, postoji i sveopća potreba za ravnim površinama pogodnim za pravljenje zdravog okoliša i proširenjem korisne površine u gradu (objašnjeno u važećem Prostornom Planu²⁹). Članovi lokalnih zajednica su izrazili potrebu za prostorom za rekreaciju, posebno za zelenim površinama u blizini svojih domova, koje bi koristila djeca i omladina. Nekoliko ispitanika je istaklo da bi javni interes trebao biti prioritet, šta god da se radilo za odlagalištima.

Prednost formiranja zelenih površina je dvostruka. Kao prvo, pomoglo bi u zaštiti zajednice od industrijskog zagađenja, tako što bi predstavljalo zaštitu i/ili "spužvu" za upijanje zagađujućih materija. Kao drugo, raznolike zelene površine bi poboljšale samopouzdanje zajednice. Povezanost drveća sa zdravljem je općenito spominjana od strane ispitanika i u suprotnosti je sa "nezdravom" prašinom koja se može naći na odlagalištima pepela. Žene su posebno naglašavale važnost šuma, voćnjaka i parkova za dobrobit njih i njihovih porodica. Odatle bi i obnavljanje odlagališta pepela u otvorene šume bilo dobro prihvaćeno od strane mnogih u lokalnim zajednicama.

5.5. Eksperimenti vezano za smanjenja rizika i mjere reintegracije

5.5.1. Uspostavljanje zemljanog pokrivača

Na Drežniku i Planama, zemljani pokrivač postavljen tokom ranih devedesetih godina uspješno je sprečavao disperziju ugljene prašine. Međutim, od tog perioda, do danas, kultivacijske prakse kao što su kopanje i oranje umanjile su efektivnost takvog pokrivača, donoseći ugljenu prašinu nazad na površinu (Slika 20).

Rizik vezan za ovu mjeru je potencijalna migracija zagađujućih supstanci iz pepela u zemljani pokrivač. Npr. povišena koncentracija nikla i hroma nađena je u uzorcima tla sa Drežnika i Plana (Slika 21.) Međutim, visoka koncentracija Cr i Ni u zemljanom pokrivaču ukazuje na geogeno porijeklo, jer su neporemećeni i izmiješani slojevi tla pokazali slične koncentracije. Srećom, unos Cr-a u jestive dijelove biljaka koje se uzgajaju na odlagalištima je mali u poređenju sa nekim problematičnim elementima kao što je Cd.³⁰

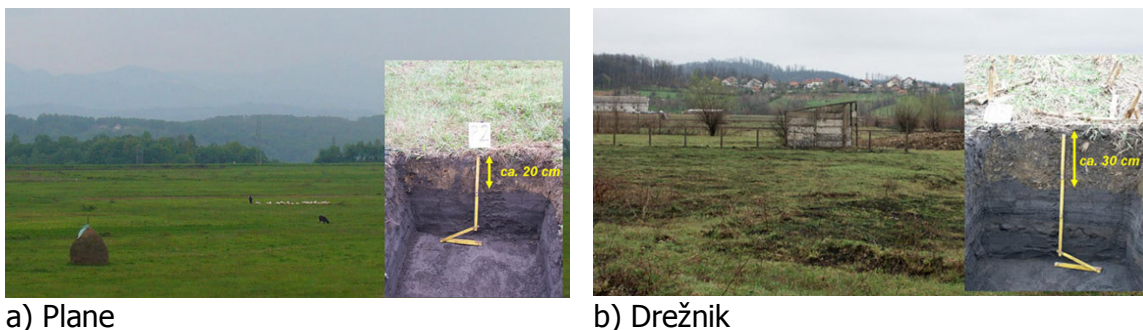
Tlo je dostupno lokalno. Naprimjer, tlo iskopano iz rudnika uglja u Šikuljama oko 15 km od Tuzle, upotrijebljeno je u okviru RECOAL-ovih eksperimenata na terenu. Prilikom odabira odgovarajućeg zemljanog pokrivača, morat će se napraviti balans između troškova i kvaliteta proizvoda. Održavanje zemljanog pokrivača može biti potrebno, ovisno o praksama koje se na njemu budu primjenjivale. Primjena zemljanog pokrivača na drugim odlagalištima i poboljšanje postojećeg pokrivača na Drežniku i Planama, može pružiti osnovu za stabilizaciju odlagališta pepela i njihovo pošumljavanje ili kultivaciju.

Materijal i troškovi prijevoza su trenutno glavne prepreke koje sprečavaju uspostavu odgovarajućeg (dovoljno dubokog) i sigurnog zemljanog pokrivača. Međutim, osim troškova, važno je uzeti u obzir i faktore koji se ne mogu kvantificirati, a koji čine ovaj tretman korisnim. Zemljani pokrivač pruža osnovu za uspostavu zdravog vegetacijskog pokrivača, stabilizaciju odlagališta i prevenciju disperzije prašine. Nasipanje zemljanog pokrivača stoga pruža osnovu za daljnje korištenje odlagališta, te imajući u vidu njihovu blizinu naseljenim područjima, to bi mogle biti industrijske cjeline, ili površine koje se koriste za rekreaciju i poljoprivredu.

Gledano dugoročno, važno je uzeti u obzir potencijalne štetne učinke koje zemljani pokrivač nije u mogućnosti neutralizirati. Naprimjer, zemljani pokrivač u Drežniku i Planama nije u potpunosti³¹ spriječio unos zagađujućih supstanci u usjeve i prirodnu vegetaciju, što je moglo dovesti do unosa zagađujućih supstanci u lanac ishrane. Poljoprivredne prakse su vratile pepeo nazad na površinu (Slika 21). Dakle, potrebne lokalnom stanovništvu i institucijama potrebne su jasne smjernice, koje će dati upute o upravljanju i održavanju sigurnog zemljanog pokrivača na odlagalištima i mogućim korištenjima zemljišta koje takav zemljani pokrivač može da pruži. (vidi dio 5.4).

Tla odabrana za pokrivanje odlagališta pepela, koja se poslije koriste u poljoprivredne svrhe, trebaju biti visoke kvalitete i praktično ne smiju sadržavati

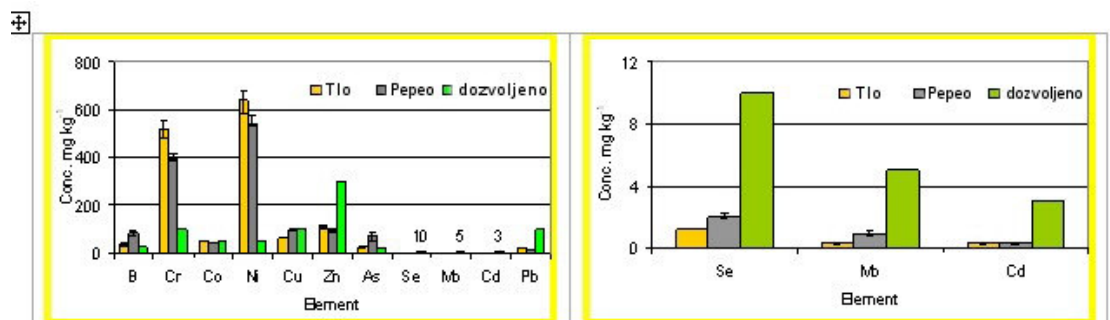
nikakve zagađujuće supstance iznad razine koja je dopuštena za tla koja se koriste u poljoprivredne svrhe.



Slika 19. Lokacije odlagališta Plane i Drežnik, izgled i profili, (Grünewald 2005).



Slika 20. Ugljeni pepeo vraćen na površinu tokom oranja (fotografija: M Marković, I Kisić).



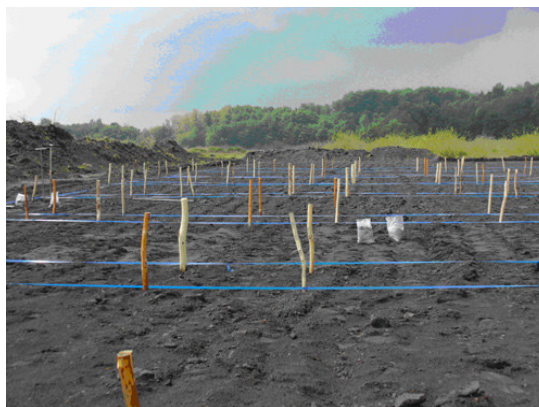
Slika 21. Pregled koncentracija određenih zagađujućih supstanci u zemljanom pokrivaču (Izvor: RECOAL studija provedena na Drežniku); dozvoljene vrijednosti za poljoprivredna zemljišta (Blume et al. 2004).

5.5.2. Dodavanje komposta pepelu

U okviru RECOAL projekta procijenjena je primjena komposta proizvedenog od organskih ostataka komunalnog i industrijskog otpada, kao dodatka pepelu za poboljšanje plodnosti supstrata. Cilj ovog tretmana bio je da se uspostavi vegetacijski pokrivač na golim odlagalištima i spriječi erozija prašine. Ova tehnologija sanacije bi trebalo da je lako primjenjiva i da manje košta od drugih alternativa.



a) Produkcija komposta na odlagalištu (Babić 2006.)



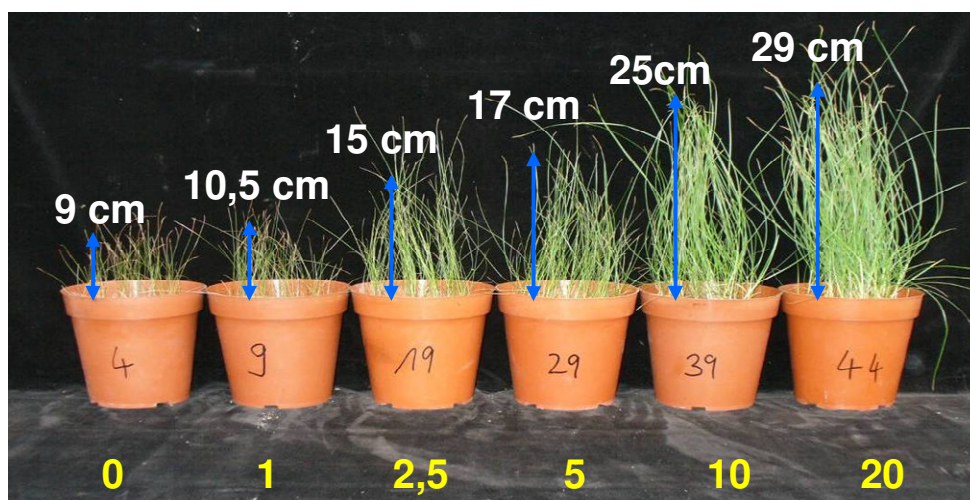
b) Formiranje testnih parcela (Repmann 2006.)



c) Raznovrsne pojedinačne parcele tokom eksperimenta na odlagalištu Divkovići I u maju 2007. (Repmann 2007)

Slika 22. Eksperiment na odlagalištu Divkovići I.

Kompost se sastojao od piljevine i mulja iz lokalnih izvora³² (Slika 22a), a testiran je u okviru eksperimenta na odlagalištu Divkovići I. Dodatni eksperimenti su obavljani u staklenicima (Slika 23).



Slika 23. Trava (crveni fescue) uzgojena pri različitim tretmanima sa kompostom (staklenik BTUC), od 0 do 20 L m⁻², (Repmann 2006.).

Eksperimenti su evaluirali primjenu različitih količina komposta po kvadratnom metru (u omjeru od 1 L/m² do 20 L/m²) i rast trave na tim supstratima. Ovi eksperimenti su pokazali da primjene komposta dubine do 20 cm poboljšavaju rast usjeva i pokrivač.

Slika 24. pokazuje prikaz specifične mješavine trave, koja sadrži uglavnom crvenu vlasulju (*Festuca rubra*) i ovčiju vlasulju (*Festuca ovina*) – koje su narasle pri različitim tretmanima (bez primjene komposta, pa do maksimalne primjene).



Parcela 7: Kontrolna parcela – bez tretmana



Parcela 2: 1 litar komposta dodato po 1 m²



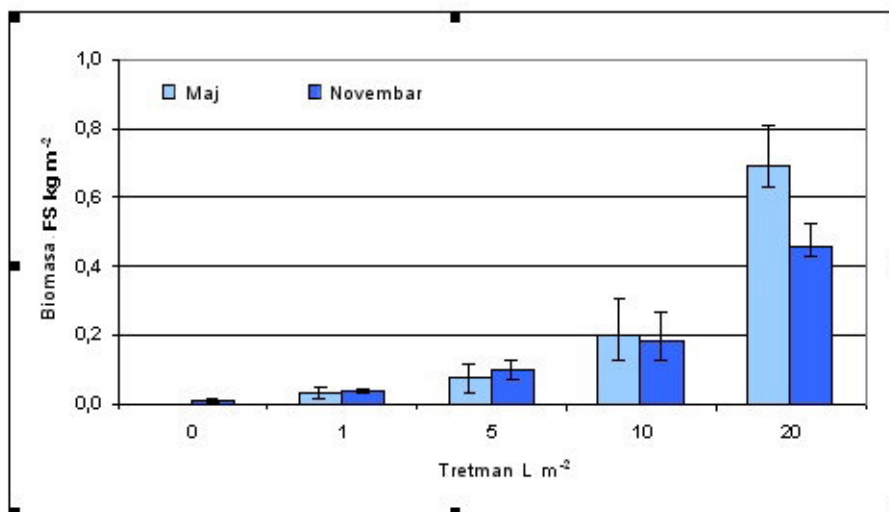
Parcela 11: 10 litara komposta dodato po m²



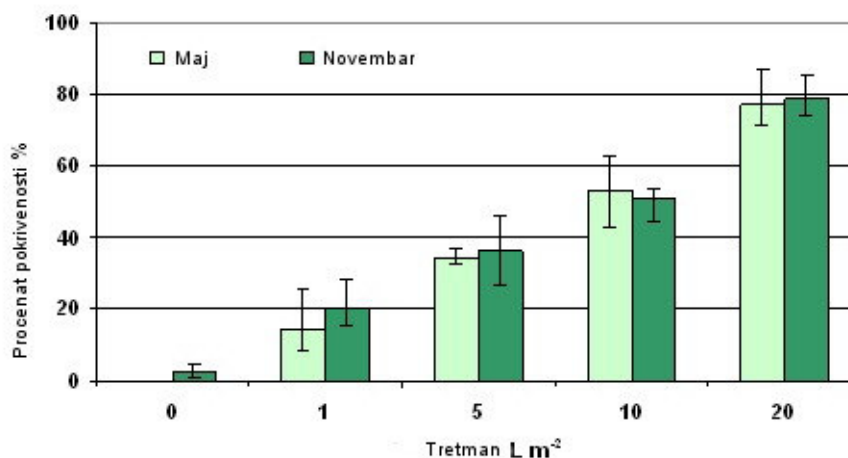
Parcela 49: 20 litara komposta dodato po m²

Slika 24 Rast trave pri raznim tretmanima na odlagalištu Divkovići I, koji su provedeni u okviru projekta RECOAL; (Repmann 2007)

Primjena komposta ne samo da održavala rast trave, već je također povećala proizvodnju biomase (Slika 25) i pokrivenost zemljišta (Slika 26). U skladu s tim, primjena od 10 – 20 l/m² komposta će vjerojatno biti dovoljna da bi se postigla dovoljna pokrivenost travom, kako bi se spriječila erozija pepela.



Slika 25. Proizvodnja biomase za sve testirane tretmane na odlagalištu Divkovići I.



Slika 26. Procentualni prikaz biljnog pokrivača dobivenog pri svim testiranim tretmanima na odlagalištu Divkovići I.

Dodatno, kompost je poboljšao plodnost podloge od pepela kada su u pitanju N, P i K i mikrobiološka aktivnost³³ u tretiranom pepelu. Međutim, premda se unos zagađujućih supstanci u biljku, u tretiranom pepelu, smanjio, kada je izvršeno poređenje sa netretiranim pepelom, neke zagađujuće supstance su bile prisutne u travi narasloj na tretiranom pepelu u koncentracijama višim od normalnih. Stoga se ova trava ne smatra pogodnom za ishranu stoke, te ne treba potjecati njeno korištenje u takve svrhe, kako bi se minimizirao rizik od prijenosa u lanac ishrane, osobito s obzirom na direktni unos pepela gutanjem tokom ispaše.

Materijalni troškovi primjene komposta kao dodatka pepelu mogu biti znatno niži od dodavanja tla dobre kvalitete. Ukoliko se kompost ne može naći u blizini, onda su

kod bilo koje vrste tretmana troškovi transporta ti koji imaju najveću ulogu. U okviru RECOAL-ovih eksperimenata na terenu, dodatak komposta pepelu je bio više ekonomičan od primjene tla. Međutim, ova vrsta dodatka pepelu nije adekvatna za sve vrste pokrivača, i zapravo se jedino smatra pogodnim za travu. Stoga primjena ovog dodatka možda neće ispuniti očekivanja lokalnog stanovništva kada su u pitanju rezultati remedijacije, a posebice kada su u pitanju karakteristike pejzaža, koristi i sigurnost korištenja koji bi bili rezultat primjene debelog sloja zemljišta.

5.5.3. Alternative sorti

Trenutni uzgoj na odlagalištima Drežnik i Plane, motivirao je projektni tim da izvrši evaluaciju rasta nekoliko sorti koje se ovdje uobičajeno koriste, a u smislu njihove produktivnosti i potencijalnog zagađenja. Evaluacija je obuhvatila sljedeće vrste: kukuruz, krompir, pšenicu, ječam, lucerku i crvenu djetelinu. Svaka sorta drugačije reaguje na zagađenje, tolerirajući i preuzimajući različite količine i vrste zagađujućih supstanci prisutnih u zraku, supstratu i vodi.

Studije u stakleniku provedene su kako bi se utvrdio unos metala u lokalno uzgojene usjeve. Tokom eksperimenata u saksijama, upotrijebljene su tri različite vrste ječma, lucerke i graha uzgojene na čistom pepelu, preuzetom sa odlagališta Jezero. Testirano je 17 elemenata kao što su bakar, kadmij, kobalt, hrom, nikl, arsen i bor.

Neki od ovih elemenata su imali vrijednosti veće od normalnih, u skladu sa podacima datim u literaturi (Tabela 9).

Tabela 9. Pregled rezultata studije u stakleniku, vezano za unos metala u lokalno uzgojenim usjevima

Analiza:	Elementi iznad prosjeka:
Čisti pepeo (Jezero)	As, B, Cr, Cu, Ni
grah	As, B, Cr, Cs, Se, Mo, Ni, Pb, Co, Cu
lucerka	As, B, Cr, Cs, Se, Mo, Ni
ječam	As, B, Cr, Cs, Se

Naše analize podataka su pokazale razlike kod unosa zagađujućih supstanci između različitih usjeva i sorti.

Zagađenje najviše ima utjecaja na grah, dok su sorte ječma više tolerantne na zagađenje. U skladu sa ovim rezultatima, najviše preporučena žitarica na lokacijama odlagališta pepela je ječam, sorta Tvrtko, koja ima najmanji unos metala iz pepela. Druge sorte ječma (Knin i Tomislav), lucerke (različite sorte „Mirna“) i grah uzimaju više zagađujućih supstanci. Rezultati potvrđuju dobro poznatu tvrdnju da trave (jednosupnice) mogu podnijeti visoke nivoe metala u tlu i da unose manje količine elemenata u tragovima od drugih biljaka (dvosupnica).

U drugim eksperimentima, zimski ječam i soja su uzgajani na podlozi od tla i pepela u različitim proporcijama, imitirajući prirodne uvjete uzgoja na odlagalištima Plane i Drežnik. U vrijeme pisanja, eksperiment nije bio završen, ali preliminarni rezultati ukazuju da dodavanje kvalitetnog tla pepelu znatno poboljšava sigurnost usjeva. Međutim, dodavanje tla nije bilo dovoljno za prevenciju unosa zagađujućih supstanci, posebno u slučaju ječma – unatoč poboljšanju uvjeta rasta.

Eksperimenti na terenu provedeni su na Drežniku i Divkovićima, kako bi se ocijenila sigurnost održavanja odlagališta pepela u realnim uvjetima. Na Drežniku je uzgojeno 5 različitih vrsta usjeva (krompir (*Solanum tuberosum*), grah (*Fasaelus vulgaris*), kukuruz (*Zea mays*), ječam (*Hordeum sativum*) i lucerka - alfalfa (*Medicago sativa*), a njihov rast je praćen na dnevnoj osnovi. Rezultati ukazuju da arsen i bor i u nekim slučajevima i kadmij, predstavljaju rizike kada je u pitanju uzgoj biljaka za ljudsku upotrebu. Na Divkovićima, uzgoj je realiziran neposredno na pepelu, nakon dodavanja komposta.

Ekonomske analize su pokazale da poljoprivredne biljke kao što su ozima pšenica, ječam i zob nisu profitabilne, ali bi mogle formirati dio poljoprivredne prakse.

Uspostava pašnjaka s druge strane bi mogla biti ekonomski opravdana, ali bi trava / stočna hrana trebala biti provjerena sa aspekta prisustva zagađujućih supstanci u njoj (početni rezultati ukazuju na visok rizik od zagađenja). Primjenjujući tlo dobre kvalitete (nezagađeno tlo) i kompost na odlagalištu može se reducirati rizik od zagađenja. Osim toga, vrlo brzo bi se mogla uzgojiti i trava koja bi stabilizirala pokrivač i poboljšala pejzažne karakteristike.

5.5.4. Sistemi rotacije usjeva

Pojedino lokalno stanovništvo uzgaja usjeve na malim parcelama na odlagalištima, upotrebljavajući male traktore za obradu tla i oranje.

S obzirom da je zemljište ovdje ravno, omogućen je lagan pristup mašinama. Međutim, obrada tla i oranje iniciraju pukotine u tlu i kao rezultat toga javlja se akumulacija, odnosno, izbijanje pepela na površinu tla, tako da ponovo dolazi do problema disperzije prašine.

Oslanjajući se na postojeće znanje, RECOAL istraživači fokusirali su se na identificiranje odgovarajućeg sistema uzgoja. Dvije ključne stvari će doprinijeti sigurnosti uzgoja:

- Sprečavanje oranja na odlagalištima
- Osiguravanje pokrivenosti površine tokom toplog perioda godine, čime će se spriječiti disperzija prašine.

Preporučuju se biljke koje ne zahtijevaju oranje. Naprimjer, navode se dvije alternative rotacije, koje bi mogle biti upotrijebljene, od proljeća do zime:

1. lucerka – lucerka – lucerka – ozima pšenica

2. crvena djetelina – crvena djetelina – zimski ječam – zob (koji zahtijeva da bude posađen sa crvenom djetelinom u proljeće).

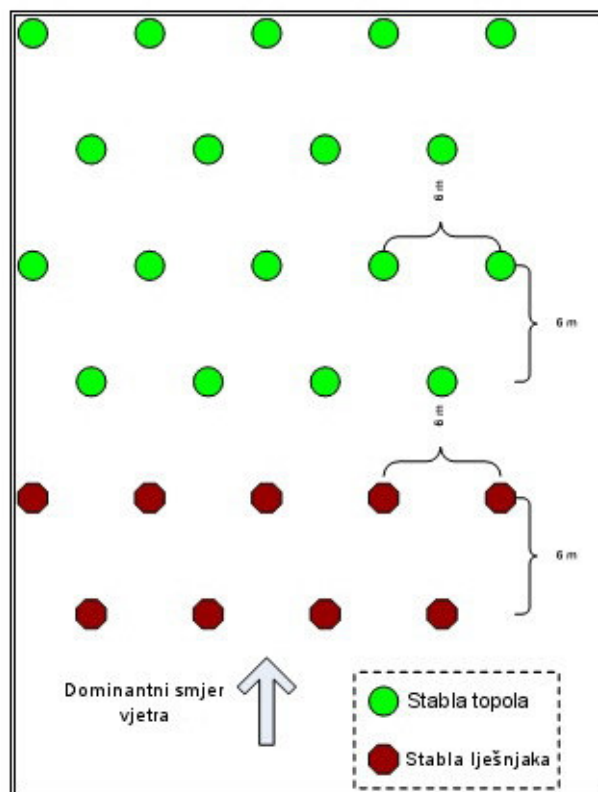
Prema zapažanjima tokom RECOAL istraživanja, uvođenje ovih metoda neće samo poboljšati sigurnost poljoprivrednih praksi, već će poboljšati i okolišne uvjete za lokalno stanovništvo. Na osnovu postojećih rezultata istraživanja, RECOAL ne smatra adekvatnim uzgoj biljaka kao što su krompir i kukuruz, jer pri tome dolazi do miješanja tla i pepela i unosa zagađujućih supstanci u biljke. Fokusiranje na travnjake može također pomoći u rješavanju konflikta mišljenja i interesa, između onih koji obrađuju odlagališta i onih koji smatraju da obrađivanje ugrožava cijelu zajednicu.

5.6. Vjetrozaštitni pojas i mjere za uređenje pejzaža

Vjetrozaštitni pojasevi efikasan su metod prevencije disperzije prašine sa odlagališta pepela. Sudeći prema razgovorima obavljenim sa zainteresiranim stranama i lokalnim stanovništvom u okviru RECOAL projekta, lokalno stanovništvo i građani grada Tuzle bili bi veoma zadovoljni ukoliko bi se zasadila živa ograda ili drvoredi koji bi spriječili disperziju pepela. Dominantne vrste drveća u okolnim područjima odlagališta su vrba, topola, javor, bukva, jova, lješnjak, grab, zova, jasen i divlji kesten. Korištenje autohtonih vrsta drveća u vjetrozaštitnim pojasevima doprinijelo bi stvaranju jedne stabilne barijere (vrste se koriste u lokalnim biotičkim i abiotičkim uvjetima) te očuvanja /unapređenja lokalnih ekosistema. Uzimajući u obzir karakteristike zemljišta, projekat RECOAL preporučuje upotrebu sadnica topole (*Populus alba*) i lješnjaka (*Corylus Avellana*). Topola je drvo koje raste izuzetno brzo, doseže visinu od 25 m za relativno kratko vrijeme. Lješnjak može nadomjestiti prirodnu barijeru koju sačinjavaju topole pokrivajući prostor ispod visine na kojoj se isprepliću krošnje. Bagrem je, kao brzorastuće drvo, također veoma pogodan. Slika 27 – Primjer vjetrozaštitnog pojasa od stabala topole i lješnjaka.

Pošumljavanje odlagališta bi u startu zahtijevalo velike izdatke, ali bi to bilo izuzetno učinkovito i višenamjensko rješenje za dugoročnu dobrobit lokalnog stanovništva i ekosistema. Naprimjer, pošumljavanje topolama bi donijelo dodatne koristi kao što su sječa drveća i proizvodnja ogrijeva. Zemljište pod šumom (uključujući i pašnjake) i pojasevi drveća mogu dovesti do dramatičnog unapređenja samog pejzaža, ne samo zaustavljanjem disperzije pepela, već i pružanjem mogućnosti za atraktivnijom i zdravijom upotrebom zemljišta. Sve različite vrste namjene uključujući zaštitne pojaseve i zemljište pod šumom (sječa i proizvodnja ogrijeva, rekreacija i stvaranje prirodnog okruženja), mogu unaprijediti odnos lokalnog stanovništva sa samim područjem.

Sadnice topole će biti zasađene u četiri reda. Redovi će biti okomiti u odnosu na dominantni smjer vjetra 1. Razmak između svakog reda i između drveća bi trebao iznositi 6 metara. Svaki drugi red će biti pomjeren u stranu za tri metra kako bi drveće bilo poredano u vidu trouglova, pružajući na taj način bolju pokrivenost. Sadnice lješnjaka bit će posađene na onoj strani u čijem smjeru dolazi vjetar, u dva reda, takođe pomjeren u stranu sa međusobnim razmakom od 6 metara. Na koncu, to bi iznosilo 277 stabala/ha, od čega bi dvije trećine bile topole i jedna trećina lješnjak. Procijenjeni troškovi za kreiranje ovakvog zaštitnog pojasa iznose oko 3000 €/ha. Pojas, onakav kako je opisan iznad, nakon što stabla topole dosegnu visinu od 20 metara, obezbijedit će pokrivenost područja od oko 450 metara. Naredna slika prikazuje raspored stabala unutar vjetrozaštitnog pojasa.



Slika 27. Primjer vjetrozaštitnog pojasa od stabala

5.6.1. Instaliranje kaskada za aeraciju vode

Aeracija alkalnih otpadnih voda za pasivnu remedijaciju je prethodno bila predložena od strane geologa sa univerziteta Newcastle³⁴. Proces uzrokuje povećanje zasićenja ugljen-dioksidom (proizvodnja H_2CO_3 kiseline), što neutralizira visoko-alkalne efluente.

Efikasnost ugljen-dioksida u snižavanju pH vrijednosti otpadnih voda testirana je na laboratorijskom eksperimentalnom postrojenju sa pumpnim sistemom. Eksperiment je pokazao da je moguće efikasno snižavanje pH vrijednosti sa 11 na 8,5.

U terenskim uvjetima, šest sekvencijskih aeracionih kaskada postavljenih na Drežniku dovelo je do pada vrijednosti pH za oko 0,3. Dakle, neophodan je veći broj aeracionih kaskada kako bi se dalje snizila vrijednost pH alkalnih procjednih voda sa odlagališta na zahtijevani nivo pH od 8,5 u cilju zadovoljenja propisanih standarda za otpadne vode.

5.6.2. Materijali za filter kolone i lagune

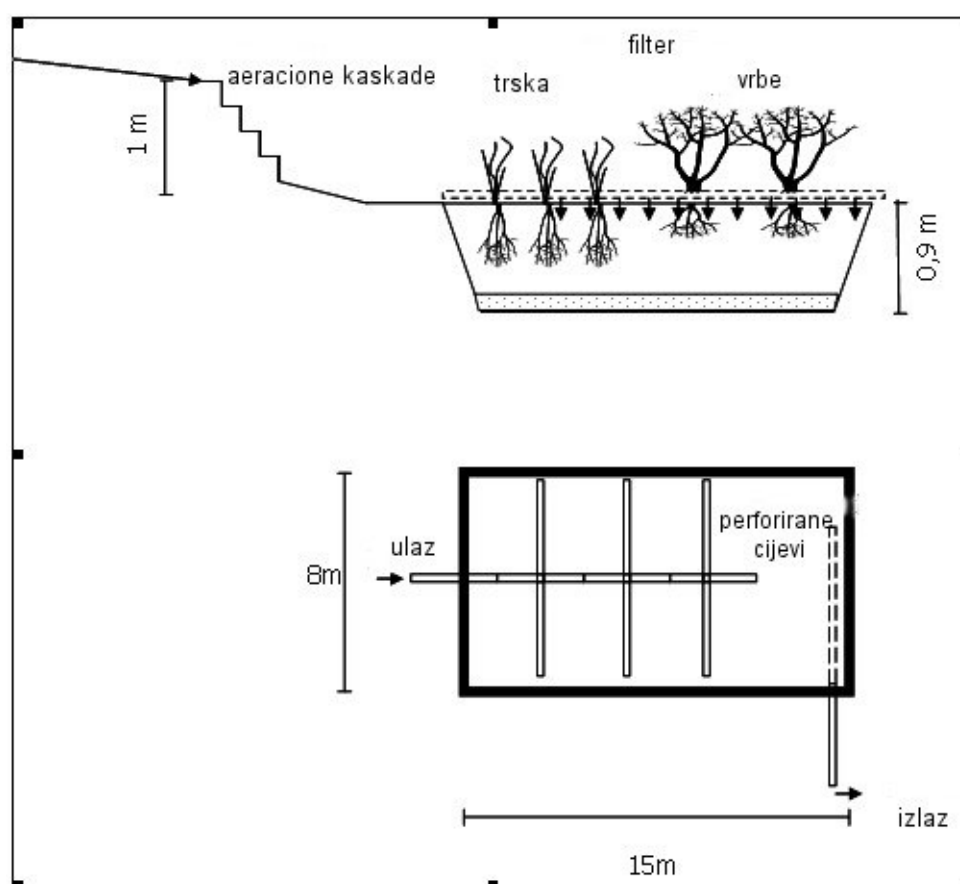
Materijali za filtere su testirani u okviru laboratorijskih i terenskih eksperimenata. Odabrani materijali se mogu koristiti u laboratorijskim i terenskim filter kolonama. Odgovarajući lokalno dostupni materijali su oni koji se smatraju najprihvatljivijim (uštete zbog smanjenih troškova transporta).

Na Drežniku je instaliran sistem filter kolona u cilju testiranja sposobnosti i kapaciteta različitih sorbenata da zadrže preostale zagađujuće supstance. Primijetili smo da je lokalno dostupni brant (/crveni škrljac) u mogućnosti smanjiti vrijednost pH te da je učinkovit i u smanjenju koncentracije arsena ali ne i kod uklanjanja bor-karbida. Upotreba boksita, u drugu ruku, dovela je do smanjenja vrijednosti pH i toksičnosti, te također veoma efikasno i sadržaja bora i arsena do nivoa standarda za pitku vodu. Posebna pažnja se treba posvetiti ispitivanju mogućnosti sorbenata da odgovore na promjene pH vrijednosti u efluentu (tj. da li će ostati efikasni u poboljšanju kvaliteta vode kada se nivo pH vrijednosti promijeni).

5.6.3. Pasivni tretman alkalnog otpada u lagunama

Lagune su izgrađene u cilju pročišćavanja otpadnih voda koje sadrže veliku koncentraciju nutrijenata i organskog zagađenja nastalog razlaganjem mikroba. Slični sistemi za tretman su također bili primijenjeni za remedijaciju kiselih procjednih voda iz rudnika u UK. Laguna ima funkciju pufera u smislu snižavanja vrijednosti pH do normalnih granica.

Međutim, nedavno se pokazalo da pasivni sistemi za remedijaciju također imaju mogućnost tretiranja skoro-neutralnih i umjereno zagađenih procjednih voda iz ostataka od sagorijevanja uglja sa odlagališta.³⁵ Osim toga, ekosistemi laguna efikasno ublažavaju visoku alkalnost otpadnih voda.³⁶

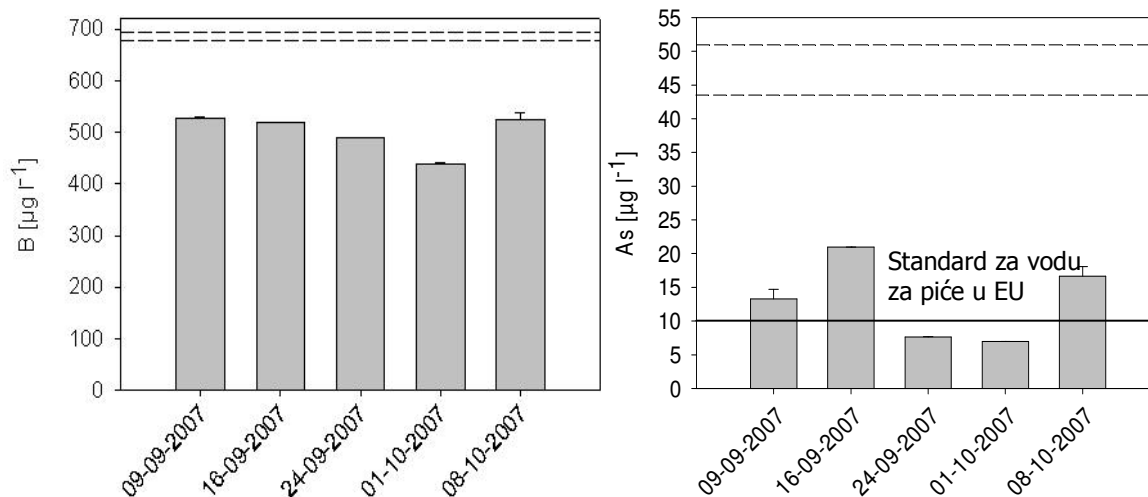


Slika 28. Šematski prikaz laguna na Drežniku

U okviru RECOAL projekta dizajniran je i testiran sistem uzgoja vegetacije kako bi se zadržale rastvorene i nerastvorene zagađujuće supstance kao i da se neutralizira pH vrijednost procjednih voda sa odlagališta pepela Drežnik. Ovaj „pasivni” sistem je izuzetno pogodan kada se radi o umjerenom zagađenju. Postoje različiti tipovi laguna, npr. mogu biti dizajnirane tako da imaju lateralni protok otpadnih voda. U cilju definiranja kriterija za tehničko rješenje, najpogodnije je pridržavati se provjerene literature i državnih standarda.³⁷

Pasivni tretman koji je testiran u okviru RECOAL projekta imao je vertikalni sistem sa nasutim slojem zemljišta od 30 cm i slojem krupnog šljunka ispod kako bi se osiguralo efikasno dreniranje. Nasuti sloj zemljišta učvršćen zasađenim biljkama (trskom i vrbama) smanjio je otjecanje otpadnih voda putem evapotranspiracije. Odgovarajuće zemljište filtrira rastvorene zagađujuće supstance, čestice (uključujući adsorbovane i apsorbovane zagađujuće supstance) i smanjuje vrijednost pH putem reakcije pufera. Sistem se mora održavati u uvjetima gdje je dobra cirkulacija zraka/aeracija jer akumulirana voda troši zbog aktivnosti mikroba. To dovodi do neželjenih hemijskih procesa kao što su rastvaranje zagađujućih supstanci - adsorpcija željeznih oksida, i redukcija oblika As V-a u više toksičniji oblik As III.

Sistem je navodnjavan otpadnim vodama sa odlagališta pepela koristeći poljoprivredni sistem navodnjavanja "kap po kap"; ovim se dokazalo da se mogu pojaviti problemi ukoliko su otvori za kapanje premali, zbog rizika da se otvori ne zapuše česticama. Dakle, moralo se pristupiti testiranju alternativnih sistema.



Slika 29. Koncentracije bora i arsena na ulazu u sistem (isprekidane linije) i nakon pasivnog tretmana u laguni sa različitim datumima uzorkovanja (stubovi). pH vrijednost (nije prikazano) se smanjila sa 10.5 na 8.5.

5.7. Zaključci studije slučaja Tuzla

Korištenjem energije uglja, proizvode se velike količine pepela koji mora biti odložen na odgovarajući način, ukoliko ga nije moguće koristiti kao sirovinski materijal za neke druge industrijske procese i proizvode. Termoelektrana Tuzla (TEP) i pripadajuća odlagališta pepela, imaju značajan kako socijalni tako i okolišni utjecaj na okolno područje. U okviru RECOAL projekta generirani su podaci i znanja kako bi se naglasili značajni rizici i aspekti odlagališta pepela i moguća okvirna rješenja za upravljanje koja ne bi iziskivala velike troškove. Ostali aspekti, kao što su utjecaj na zdravlje i lokalne životne sisteme, i ekosisteme općenito, ostaju manje istraženi i shvaćeni.

Glavni problemi i potrebe lokalnog stanovništva odnose se na raznovrsnost utjecaja samog zagađenja koje uzrokuje Termoelektrana kao i (uočeni nedostatak) donošenje odluka o dugoročnim rješenjima remedijacije i uspostave sistema za smanjenje zagađenja. Specifično, disperzija pepela je veoma vidljiv faktor zagađenja koji nema samo utjecaj na zdravlje lokalnog stanovništva, već također utječe i na svakodnevni život jer se stvara utisak življenja u okolišu „druge klase“.

Stiže se utisak da se vodosnabdijevanje poboljšalo u proteklm mjesecima, ali idalje ostaje ozbiljna zabrinutost oko kvaliteta otpadnih voda. Istraživanja provedena u okviru projekta RECOAL su potvrdila veoma visok alkalitet voda (pH vrijednost varira od 10-12, posebno kod vode kojom se vrši transport pepela i procjednih voda sa odlagališta pepela) te povećanu elektro-provodljivost koja utječe na rastvorljivost i potencijalnu reakciju zagađujućih supstanci prisutnih u ugljenom pepelu. Utvrđeno je da je koncentracija većine mikroelemenata i teških metala ispod dozvoljenih propisanih vrijednosti (npr. prisustvo u "normalnoj" koncentraciji), nekoliko supstanci (arsen, bor, krom i ponekad kadmij) su u nekim slučajevima povišeni ili čak iznad propisanih vrijednosti. Analiza nivoa radioaktivnosti naslaga ugljenog pepela je pokazala da su nivoi radioaktivnosti unutar normalnih vrijednosti.

U okviru projekta RECOAL istražene su i analizirane dostupne i prihvatljive opcije za tretman vode kojom se vrši transport pepela i procjednih voda sa odlagališta. Fokus je bio na snižavanju pH vrijednosti i snižavanju koncentracije arsena i bora korištenjem lokalno dostupnih i jeftinih metoda tretiranja. Izrađen je aeracioni sistem na principu kaskada u kombinaciji sa različitim vrstama sorbenata od kojih su lokalno dostupni crveni škrljac (brant) i boksit sa nešto udaljene lokacije, a koji su pokazali obećavajuće rezultate u snižavanju vrijednosti pH i zadržavanju nekih problematičnih elemenata. Brant je jeftinija varijanta od boksita ali i manje efikasna u snižavanju koncentracije bora, i također znatno povećava nivo hroma. Ispitivanja provedena na terenu sa sistemom filtriranja u kolonama su pokazala da se nivo zagađujućih supstanci može smanjiti do 50+ % i osim toga, da ovakav sistem filtriranja može biti rješenje za izuzetno efikasan tretman voda.

Prilikom upotrebe zemljišta, testiranja tla, te nanošenja slojeva različitih vrsta tla, pokazalo se da ukoliko bi se odlagališta pepela koristila u poljoprivredne svrhe ili kao pašnjaci, u narednih 20 godina i više, postoji veliki rizik za prenošenje zagađujućih supstanci u lanac ishrane. Neophodna su dugoročnija ispitivanja i testiranja, te

prihvatljiva debljina nasutog tla dobrog kvaliteta, ukoliko postoji izuzetno velika želja da se odlagališta pepela koriste u te svrhe. Privremeno, preporučujemo upotrebu usjeva koje je moguće plitko zasađivati, tj. na tankom sloju tla, koji ne zahtijevaju obrađivanje i duboko kopanje. Alternativno, primjena dodataka pepelu (nezagađenih organskih materijala) može pomoći u uspostavi vegetacijskog pokrivača za veoma kratko vrijeme, kako bi se spriječila disperzija ugljenog pepela. Zelene površine, posebno neke površine pod stablima su identificirane kao izuzetno poželjne od strane lokalnog stanovništva a koje bi omogućile višestruke dobiti (npr. prijatnost koju pruža takvo okruženje, prostor za rekreaciju, ogrijev, građevinski materijal, zaštitu od vjetra).

¹ Carlson, C.L. i D.C. Adriano, Utjecaj na okoliš sagorijevanja ostataka uglja. Magazin o kvalitetu okoliša, 1993. 22: p. 227-247.

² Ovim područjima je potrebno aktivno građevinsko zemljište i rješenja za tretman otpadnih voda kao što su raspadanje mikroba na licu mjesta, tehnike pumpanja i adsorpcije i sl.

³ Blume et al. (2007) Handbuch des Bodenschutzes, III izdanje. Ecomed, Landsberg am Lech, str. 746.

Carlson, C.L. i D.C. Adriano, Utjecaj na okoliš ostataka od sagorijevanja uglja. Magazin o kvalitetu okoliša, 1993. 22: p. 227-247.

Zielinsky, R.A. i J.R. Budahn, Radionuklidi u letećem i baznom pepelu: Unaprijeđena karakterizacija zasnovana na radiografiji i nisko-energetskoj spektrometriji gama-zraka. Fuel, 1998. 77(259-267).

IAEA, Širenje zagađenja okoliša putem radioaktivnih materijala koji se pojavljuju prirodnim putem i tehnološke mogućnosti za njegovo izbjegavanje, u seriji Tehničkih izvještaja IAEA. 2003, Međunarodna Agencija za atomsku energiju: Beč. str. 198.

⁴ Adriano, D.C., Elementi u tragovima u terestrijalnom okolišu. 2001, NY: Springer.

Blume, H.-P., et al., Scheffer/Schachtschabel - Lehrbuch der Bodenkunde. 15 ed. 2002, Heidelberg: Spektrum. 593.

Bergmann, W., Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. 3 ed. 1993, Jena: Gustav Fischer Verlag. 835.

⁵ WHO, Smjernice za kvalitet vode za piće. 2004, Ženeva: Svjetska Zdravstvena Organizacija.

⁶ Namirnice koje se koriste za prehranu: samo Cd, Pb, Hg; (Regulativa EC) Br 466/2001 propisuje maksimalan dozvoljeni nivo određenih zagađivača u namirnicama, 2001, Komisija Evropske Zajednice) Proizvodi koji se koriste prehranu životinja (stočna hrana): samo As, Cd, Pb, F, Hg (Direktiva Vijeća 1999/29/EC o nepoželjnim tvarima i proizvodima u stočnoj prehrani. 1999, Vijeće Evropske Unije)

⁷ E.g. Adriano, D.C., Elementi u tragovima u zemljištu. 2001, NY: Springer.

Blume, H.-P., et al., Scheffer/Schachtschabel - Lehrbuch der Bodenkunde. 15 ed. 2002, Heidelberg: Spektrum. 593.

Bergmann, W., Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. 3 ed. 1993, Jena: Gustav Fischer Verlag. 835.

Žbunje/Šiblje, E.J., Suttle, N.F., 1999. Mineralna prehrana stoke, treće izdanje, CAB International, Wallingford, UK.

⁸ Direktiva o tretmanu gradskih otpadnih voda (91/271/EEC);

⁹ Euroelectric, Upravljanje otpadnim vodama i ostacima otpadnih voda prilikom prečišćavanja – Propisi, 1998, Unija za elektroindustriju - Euroelectric: Brisel.

¹⁰ Eikmann, T. i A. Klope, Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden – Eikmann-Klope-Werte, in Bodenschutz – Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser, D. Rosenkranz, et al., Editors. 1993, Erich Schmidt Verlag: Berlin. p. 3590.

¹¹ Prüß, A., Einstufung mobiler Spurenelemente, in Bodenschutz – Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser, D. Rosenkranz, et al., Editors. 1993, Erich Schmidt Verlag: Berlin. p. 3600.

¹² DIN-V19730, Bodenbeschaffenheit. Extraktion von Spurenelementen mit Ammoniumnitratlösung.

¹³ BBodSchV, Bundes - Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999.

- ¹⁴ Vidi Dodgson, J., M. Spackman, A. Pearman i L. Phillips (2000) Priručnik – *Multikriterijsko analiziranje*, London: Odjel za transport, lokalnu upravu i regione (DLTR), <http://www.communities.gov.uk/documents/corporate/pdf/146868>. Za pregled nedavno razvijenih participatornih metoda vidi Stagl (2007) *SDRN Pregled brzog istraživanja i dokazivanja razvojnih metoda za održivu procjenu i ocjenu*. Izvještaj o istraživanju održivog razvoja, <http://admin.sd-research.org.uk/wp-content/uploads/2007/04/sdrnemswareviewfinal.pdf>
- ¹⁵ Adriano, D.C., Elementi u tragovima u zemljištu. 2001, NY: Springer.
- Thornton, I. i P. Abrahams, Uzimanje tla – glavni put unošenja teških metala u pašnjake sa kojih se hrani stoka. Nauka o okolišu, 1983. 28(1-3): p. 287-294.
- ¹⁶ Adriano, D.C., Elementi u tragovima u zemljištu. 2001, NY: Springer.
- Jusaitis, M. i A. Pillman, Revegetacija pepela u lagunama. I. Selekcija biljaka i unapređenje površine/površinska amelioracija. Upravljanje otpadom i istraživanje, 1997. 15 str. 307–321.
- ¹⁷ Primjer: AAEV, Allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen (AAEV). 1998, Ministarstvo za okoliš Austrije.
- ¹⁸ Odnos proizvodnje između termoelektrana i hidroelektrana iznosi oko 3:1 <http://www.elektroprivreda.ba/np/ep/epp?bp=7> (02/01/2008).
- ¹⁹ <http://www.elektroprivreda.ba/np/ep/epp?bp=7> (02/01/2008).
- ²⁰ <http://www.energypublisher.com/article.asp?id=12529> (02/01/2008).
- ²¹ Podaci sa meteorološke stanice u Tuzli (samo sa uključena industrijska postrojenja).
- ²² Službeni Glasnik br. 11/99, str. 251-253.
- ²³ Kortenski, J. i Sotirov, A. (2002). Glavni elementi i elementi u tragovima i njihova distribucija u neogenom lignitu iz sliva Sofije, Bugarska. International, Časopis o geologiji uglja; 52, 1-4
- ²⁴ Swaine, D.J. (1990). *Elementi u tragovima u uglju*, Butterworths, London
- ²⁵ Carlson, C.L. i D.C. Adriano, Utjecaj na okoliš sagorijevanja ostataka uglja. Magazin o kvalitetu okoliša, 1993. 22: p. 227-247.
- ²⁶ Low-level Counting Laboratory Arsenal, Faradaygasse 3, A-1030 Beč, Austrija.
- ²⁷ Cairns, J., Dickson, K.L., Crossman, J.S., 1972. Biološki oporavak rijeke Clinch nakon zagađenja letećim pepelom: Zaključci sa 25 Međunarodne konferencije o otpadu. Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, str. 182-192.
- ²⁸ Dellantonio, A., Fitz, W.J., Čustović, H., Repmann, F., Schneider, B.U., Grünwald, H., Gruber, V., Zgorelec, Z., Zerem, N., Carter, C., Marković, M., Puschenreiter, M., Wenzel W.W. (2007): Okolišni rizici poljoprivrednih i neplodnih alkalnih odlagališta pepela u Tuzli, Bosna i Hercegovina. Environmental Pollution, u štampi.
- ²⁹ Kantonalni Prostorni Plan je objavljen u kantonalnim Službenim Novinama (Službene Novine, Godina 13, Broj 9; Tuzla, 23 Septembar 2006; str. 765-1035]. Puna verzija (na bosanskom) je dostupna na Internetu, na web stranici kantonalne vlade: http://www.skupstinatrk.kim.ba/Dokumenti/sl_novine/2006/kanton9-06.pdf
- ³⁰ Uporedi poglavlje *Krom* u: Adriano, D.C., Elementi u tragovima u zemljištu. 2001, NY: Springer.
- ³¹ Za neke elemente i vrste npr. Ni ugrahu i Cd u krompiru, sloj zemljišta (od oko 30 cm) nije razblažio koncentraciju metala, već nasuprot, čini se da ju je čak povećao.
- ³² Za dodatna ispitivanja na Divkovićima, prikupljena je piljevina iz kompanije DOO 'Ahmedbegović' iz Gračanice koja je udaljena oko 30 km od odlagališta. Također, donesen je mulj sa postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda iz Srebrenika, oko 35 kilometara udaljenog od tog područja.
- ³³ Mikrobi iz zemljišta su esencijalni za stvaranje i razlaganje organskih materija te za imobiliziranje i mobiliziranje anorganskih nutrijenata. Imaju veoma širok utjecaj na kvalitet zemljišta/ i samim tim na njegov fertilitet.
- ³⁴ Mayes, W. M., Aumonier, J., Lawso, C. J., Batty, L.C. (2005) Izvještaj o projektu Newcastle Univerziteta: Pasivna remedijacija alkalnih voda do neutralne vrijednosti pH (PRAWN).
- ³⁵ Hoover, K.L. i Rightnour, T.A. (2002). Dizajniranje pristupa pasivnom tretmanu sagorijevanja uglja. U: Okolišni izazovi i kontrola zelenog gasa za iskorištenje fosilnog goriva u 21-om stoljeću, Y. Soong, et al. (eds.), Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, NY.
- ³⁶ Mayes, W.M., Younger, P.L., Aumonier, J. (2006). Ublažavanje alkalnosti procjednih voda željezne rude u prirodnim močvarama. Nauka o okolišu i tehnologiji 40, 4:1237-1243.
- ³⁷ Npr: Austrijska norma ÖNORM B 2505 (2005); EPA priručnik o *Lagunama – Tretman komunalnih otpadnih voda* (2000) i Lagune za tretman otpadnih voda i *Staništa divljih životinja - 17 Studija slučaja* (1993).