

# Studija slučaja sanacije brownfield područja u priobalju

---

**Kovačić, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:922346>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-16**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO–GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Preddiplomski studij rudarstva

STUDIJA SLUČAJA SANACIJE BROWNFIELD PODRUČJA U PRIOBALJU

Završni rad

Ivan Kovačić

R4465

Zagreb, 2024.



KLASA: 602-02/24-01/68  
URBROJ: 251-70-11-24-2  
U Zagrebu, 20.9.2024

Ivan Kovačić, student

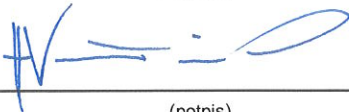
## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-02/24-01/68, URBROJ: 251-70-11-24-1 od 08.05.2024. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

### STUDIJA SLUČAJA SANACIJE BROWNFIELD PODRUČJA U PRIOBALJU

Za voditeljicu ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada doc.dr.sc. Helena Vučenović nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu


Voditelj

  
\_\_\_\_\_  
(potpis)

doc.dr.sc. Helena Vučenović

\_\_\_\_\_  
(titula, ime i prezime)

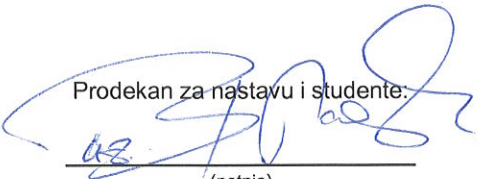
Predsjednik povjerenstva za  
završne i diplomske ispite:

4.z.   
\_\_\_\_\_  
(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Mario Klanfar

\_\_\_\_\_  
(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

  
\_\_\_\_\_  
(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Borivoje  
Pašić

\_\_\_\_\_  
(titula, ime i prezime)

STUDIJA SLUČAJA SANACIJE *BROWNFIELD* PODRUČJA U PRIOBALJU

Ivan Kovačić

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za rudarstvo i geotehniku  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

*Brownfield* područja su zemljišta ili nekretnine koje su napuštene, a prethodno korištene u vojne, komercijalne ili industrijske svrhe, sada su izvan funkcije i vrlo često zagađene. Glavni razlozi nastanka takvih područja su skupa i dugotrajna sanacija i složena obnova radi prisustva opasnih tvari. U odnosu na ostatak svijeta obnova i važnost *brownfield* područja u Hrvatskoj je manje izražena no u posljednje vrijeme vidljiv je porast interesa za takve lokacije. Razlog tome je nedostatak strateških planova i jasnih strategija, neriješenih vlasničkih odnosa koji su često veoma složeni te financijskih restrikcija. Svi spomenuti izazovi su ilustrirani na primjeru bivše tvornice „Dalmacija“ u Dugom Ratu u kojoj su se proizvodile ferolegure, cijanamid i kalcijev karbid, na čijem području nakon gašenja zaostaju znatne količine otpada kako na tlu tako i pod morem. Ključni aspekti nužni za revitalizaciju su rješavanje imovinsko pravnih odnosa, provedba detaljnih istraživanja tla, mora, zraka, podzemnih voda, potpuna sanacija područja, te planiranje isplativost projekta.

Ključne riječi: sanacija, zbrinjavanje otpada, onečišćena lokacija, *brownfield* područje

Završni rad sadrži:

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentori: Dr. sc. Helena Vučenović, docentica RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Helena Vučenović, docentica RGNF

Dr. sc. Biljana Kovačević Zelić, redovita profesorica RGNF

Dr. sc. Želimir Veinović, izvanredni profesor RGNF

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. POJAM <i>BROWNFIELD</i> .....	2
3. <i>BROWNFIELD</i> I <i>GREENFIELD</i> PODRUČJA .....	6
<b>3.1. <i>Brownfield</i> područja</b> .....	6
<b>3.2. <i>Greenfield</i> područja</b> .....	8
<b>3.3. Zdravstveni aspekti</b> .....	9
4. PRAVNI I REGULATORNI PRISTUP ZA SANACIJU <i>BROWNFIELD</i> PODRUČJA 11	
<b>4.1. <i>Brownfield</i> područja u zakonima i propisima u Hrvatskoj</b> .....	12
5. STUDIJA SLUČAJA .....	14
<b>5.1. Posljedice zatvaranja tvornice</b> .....	17
<b>5.2. Trenutno stanje sanacije</b> .....	24
6. METODE SANACIJE <i>BROWNFIELD</i> PODRUČJA.....	25
<b>6.1. Analiza metoda sanacije tla</b> .....	25
<b>6.2. Prijedlog metoda sanacije, program istražnih radova i monitoring</b> .....	33
7. ZAKLJUČAK .....	36
8. LITERATURA.....	37

## POPIS SLIKA

<b>Slika 2-1</b> Tvornica karbida i ferolegura Dalmacija - Dugi Rat, 1915. (Hrvatska tehnička enciklopedija, 2021) .....	5
<b>Slika 3-1</b> Cementara u Podsusedu (Večernji list, 2013) .....	6
<b>Slika 3-2</b> Greenfield lokacija u Engleskoj ( Crudengroup.co, 2024).....	8
<b>Slika 5-1</b> Lokacija Dalmacija Dugi Rat (Carević i dr. 2024).....	14
<b>Slika 5-2</b> Tvornica Dalmacija arhivska snimka (Dugi Rat, 2014).....	15
<b>Slika 5-3</b> Peć za proizvodnju ferolegura (Hrvatska tehnička enciklopedija, 2021).....	16
<b>Slika 5-4</b> Deponij zaostale šljake (Vlastiti izvor – zbirka bivša tvornica Dalmacija, Dugi Rat 2023) .....	17
<b>Slika 5-5</b> Položaj lokacije u Dugom Ratu (M 1:10 000) (Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u dugom ratu, 2015) .....	18
<b>Slika 5-6</b> Lokacije bušotina za analizu tla (Izvor - Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u dugom ratu, 2015) .....	19
<b>Slika 5-7</b> Prikaz položaja istražnih bušotina (M 1:10000) (Izvor - Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u dugom ratu, 2015).....	21
<b>Slika 5-8</b> Lokacije uzorkovanja morskog sedimenta (M 1:10 000) (Izvor - Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u Dugom ratu).....	22
<b>Slika 5-9</b> Ronilačko-biološki pregled lokacije (Izvor - Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u Dugom Ratu, 2015) .....	23
<b>Slika 6-1</b> Bioprozračivanje (Federal Remediation Technologies Roundtable, 2002).....	26
<b>Slika 6-2</b> Fitoremedijacija (Izvor - Pitchel, 2007.) .....	27
<b>Slika 6-3</b> Bioremedijacija (Meuser, 2013.).....	28
<b>Slika 6-4</b> Tijek postupka kod metode premještanja (Dixon, 2007) .....	29
<b>Slika 6-5</b> Metoda izdvajanja (Hrelja, 2016).....	30
<b>Slika 6-6</b> Shematski prikaz solidifikacije (Hrelja, 2013).....	30
<b>Slika 6-7</b> Shema ispiranja tla (Hrelja, 2013).....	31
<b>Slika 6-8</b> Shematski prikaz spaljivanja (Hrelja, 2013).....	32
<b>Slika 6-9</b> Shematski prikaz toplinske desorpcije (Hrelja, 2013).....	33

## POPIS TABLICA

<b>Tablica 1</b> Definicije pojma "brownfield" na nacionalnoj razini (Matković i Jakovčić, 2019.).....	3
<b>Tablica 2</b> Rizici i prednosti brownfield područja (Sheriff Construction, 2024).....	7
<b>Tablica 3</b> Rizici i prednosti greenfield područja (Gray, 2024).....	9
<b>Tablica 4</b> Crne točke u RH (Smjernice za sanaciju industrijski onečišćenih „brownfield“ područja, 2024).....	11
<b>Tablica 5</b> Analize uzoraka tla i koncentracije teških metala sa lokacije (Izvor - Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u dugom ratu, 2015).....	20
<b>Tablica 7</b> Lokacije i dubine istražnih bušotina (Izvor - Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u dugom ratu, 2015) .....	21

## POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA

Oznaka	Jedinica	Opis
$A$	$m^2$	površina
$V$	$m^3$	volumen
$T$	$^{\circ}C$	temperatura



## 1. UVOD

*Brownfield* predstavlja napuštena ili nedovoljno iskorištena zemljišta i objekte koji su prethodno imali industrijsku, vojnu, komercijalnu ili drugu namjenu, a sada su nefunkcionalni i često kontaminirani. Ova područja često sadrže opasne tvari zbog prethodnih industrijskih aktivnosti, što zahtijeva složene postupke dekontaminacije prije nego što se mogu ponovno koristiti. U Europi, prema autorima projekta CLARINET (Europska komisija za istraživanje i razvoj u područjima okoliša i klimatskih promjena), *brownfield* se definira kao lokacija koja je prethodno bila korištena, djelomično ili potpuno napuštena, sa stvarnim ili potencijalnim problemima zagađenja, koja se nalazi pretežno ili djelomično u urbanim područjima i zahtjeva intervenciju za vraćanje u upotrebu (Ferber i Grimski, 2002). Ova područja su obično smještena unutar urbanih sredina gdje postoji visok potencijal za revitalizaciju i integraciju u postojeće urbane strukture.

Zadnjih desetljeća *brownfield* revitalizacija postala je značajna tema u urbanom planiranju širom svijeta, a samim time prepoznat je značaj lokacije kao važan resurs. Sve je veća svijest o održivom razvoju je sve veća kao i za ponovnom upotrebom prostora umjesto zauzimanja novih zelenih površina tj. *greenfield* područja. Mnoge zemlje posebno SAD, Kanada ali i zemlje Europe imaju programe koji potiču revitalizaciju *brownfield* područja različitim subvencijama, potporama lokalnih vlasti koje direktno pomažu investitorima. Treba naglasiti kako većina zemalja Europe nema odgovarajući ekvivalent za pojam *brownfield* u nacionalnim jezicima, te se iz tog razloga koristi engleski oblik.

U Hrvatskoj je pristup *brownfield* područjima nešto sporiji u usporedbi s nekim drugim zemljama, iako u posljednjih nekoliko godina hrvatske vlasti prepoznaju potencijal i započinju s razvojem strategija revitalizacije. Glavni razlog tomu su vrlo složeni vlasnički odnosi, nedostaci strategije kao i sama financijska ograničenja. Obnova se polako razvija, s nekoliko uspješnih primjera gdje su napuštene lokacije preoblikovane u nove komercijalne ili stambene prostore no treba naglasiti kako mnoge lokacije i dalje čekaju na obnovu.

Cilj ovog rada je analizirati proces sanacije *brownfield* područja na primjeru tvornice Dalmacija u Dugom Ratu, identificirati glavne izazove i probleme te predložiti moguće modele revitalizacije. Rad će također istražiti potencijale ovakvih područja za razvoj održivih urbanih cjelina koje bi mogle doprinijeti lokalnom ekonomskom razvoju i očuvanju okoliša.

## 2. POJAM *BROWNFIELD*

*Brownfield* kao pojam, iako široko korišten u praksi a tako i u akademskim krugovima, nema univerzalnu definiciju, što dodatno komplicira postupke njihove revitalizacije. *Brownfield* prostori su u velikoj mjeri definirani kroz svoj status zapuštenosti i prethodne uporabe, često su kontaminirani i zahtijevaju opsežne sanacijske mjere prije nego što se ponovno mogu koristiti (Matković i Jakovčić, 2019).

Prema Herciku i dr. (2014.), koji citiraju Alkera i dr. (2000.), *brownfield* se odnosi na "svako prethodno korišteno ili izgrađeno zemljište koje se ne koristi, iako može biti djelomično u korištenju; to zemljište može biti napušteno, zapušteno ili kontaminirano i samim time neprikladno za uporabu bez intervencije i regeneracije". U praksi Europske unije, pojam *brownfield* primjenjuje se za svaki napušteni ili zapušten prostor, dok se u Sjevernoj Americi i Australiji taj pojam specifičnije odnosi na onečišćena ili potencijalno onečišćena zemljišta. Kako ističu Kunc i dr. (2014). Kako je u Uvodu napisano, većina zemalja Europe nema odgovarajući ekvivalent za pojam *brownfield* u nacionalnim jezicima, te se iz tog razloga koristi engleski oblik. Ovo jezično ograničenje odražava se i na kombinacije koncepata i definicija za revitalizaciji tih područja diljem Europe. Prema definiciji Centra za regionalne studije Mađarske akademije znanosti, *brownfieldi* su "nekadašnji industrijski prostori koji se ne koriste učinkovito - podiskorišteni su, a katkad i napušteni" (Kádár, 2014). Prema Frantálu i dr., (2015) istraživanja u Poljskoj i Rumunjskoj pokazuju da se pojam *brownfield* koristi slično kao u Sjevernoj Americi, s naglaskom na kontaminaciju i potrebu za sanacijom prije ponovne uporabe. Značajan su izazov i za lokalne uprave kao i za urbanističke planere prema Noviksu i dr., (2015). U (tablici 1) na nacionalnoj razini su prikazane definicije pojma „brownfield“.

Nastanak *brownfield* područja rezultat je različitih socio-ekonomskih promjena kao što su deindustrijalizacija, ratna razaranja, promjene državnog ustroja, privatizacija te gospodarske krize. U Hrvatskoj, ovi procesi su i intenzivirali se tijekom perioda privatizacije. Industrijska postrojenja koja su nekada bila ključna za lokalnu ekonomiju su zatvorena ili preseljena, ostavljajući za sobom napuštena i kontaminirana zemljišta.

**Tablica 1** Definicije pojma "brownfield" na nacionalnoj razini (Matković i Jakovčić, 2019.)

<b>Češka</b>
<i>Brownfield</i> su nekretnine (zemljišta, objekti, zone) koje su podiskorištene, zapuštene, a mogu biti zagađene. Ostaci su industrijskih, poljoprivrednih, vojnih, stambenih i drugih aktivnosti. Ne mogu se privesti namjeni bez procesa regeneracije
FRANTÁL i dr., 2015. Nacionalna strategija regeneracije <i>brownfielda</i> , Ministarstvo industrije i trgovine, 2008.
Definicija spominje mogućnost, ali se ne odnosi samo na nekretnine s prisutnom kontaminacijom
<b>Hrvatska</b>
<i>Brownfield</i> su područja, zemljišta, nekretnine ili građevine koje su neadekvatno korištene, zapuštene ili napuštene te mogu biti zagađene i/ili onečišćene, pri čemu su vrijedan prostorni resurs unutar urbanog područja te pod određenim uvjetima, kako se može prenamijeniti i urediti
Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova EU
Definicija spominje mogućnost, ali se ne odnosi samo na nekretnine s prisutnom kontaminacijom
<b>Latvija</b>
Umjesto pojma <i>brownfield</i> koristi se pojam degradirano područje. Prema latvijskom zakonodavstvu u točku definirane <i>brownfield</i> spadaju: odlagališta industrijskog otpada, odlagališta komunalnog otpada, plinska postrojenja, skladišta opasnih kemikalija i tvari, stare staklene farme i nekadašnje iskopine šljunka
Noviks i dr., 2015.
Definicija veže pojam isključivo za prisutnost kontaminacije
<b>Njemačka</b>
<i>Brownfield</i> su zgrade koje se ne koriste i područja grada koja trebaju preobrazbu i poboljšanja
FRANTÁL i dr., 2015. Federalna agencija za okoliš (Umweltbundesamt)
Definicija se ne dovodi u vezu s kontaminacijom
<b>Poljska</b>
<i>Brownfield</i> su degradirana područja na kojima je prisutno zagađenje tla
FRANTÁL i dr., 2015. Ministarstvo okoliša
Definicija veže pojam isključivo za prisutnost kontaminacije
<b>Rumunjska</b>
<i>Brownfield</i> su kontaminirana tla
FRANTÁL i dr., 2015. Ministarstvo voda i okoliša
Definicija veže pojam isključivo za prisutnost kontaminacije
<b>Sjedinjene Američke Države</b>
<i>Brownfield</i> su nekretnine kojih razvoj, obnova ili proširenje mogu biti ometani prisutnošću opasnih tvari
Rizzo i dr., 2016. Agencija za zaštitu okoliša (US EPA)
Definicija veže pojam isključivo za prisutnost kontaminacije

U svijetu, *brownfield* regeneracija je ključna za održivi urbani razvoj. Na primjeru mnogih europski i američkih gradova može se vidjeti uspješna provedba obnove nekadašnjih industrijskih područja. Stvaranjem novih zelenih površina, stambenih naselja ili komercijalnih prostora *brownfield* projektima, podiže se kvaliteta života kao što se to radi u SAD-u, Velikoj Britaniji i drugim zemljama.

Zagreb ima nekoliko *brownfield* lokacija poput lokacija bivših tvrtki Paromlin, Gredelj i Badel. Prema Ministarstvu zaštite okoliša i zelene tranzicije revitalizacija *brownfield* područja predstavlja jedan od prioriteta nacionalne strategije održivog razvoja, s ciljem smanjenja pritiska na zelene površine i promicanja urbanog razvoja unutar postojećih urbanih granica.

Obalna *brownfield* područja, kao što su napuštene luke, brodogradilišta i tvornice smještene uz obalu, predstavljaju poseban izazov zbog svoje lokacije i potencijala za turistički razvoj. Ova područja često zahtijevaju značajna ulaganja u dekontaminaciju i infrastrukturu kako bi se ponovno stavila u funkciju. Uz to, obalna lokacija dodaje dodatnu složenost zbog potrebe za zaštitom morskog ekosustava i obalnih resursa. Primjeri uspješne revitalizacije obalnih *brownfield* lokacija uključuju projekte u Barceloni, Londres-u, Hamburg-u, New York-u, Sydney-u, Notodden-u gdje su bivša industrijska područja pretvorena u moderne stambene i poslovne zone, plaže sa rekreacijskim sadržajima, parkove, kulturne zone i sl. (The Independent, 1999)

Primjeri iz Hrvatske kao što je Tvornica Dalmacija, smještena u Dugom Ratu, prikazana na slici 2-1 započela je s radom 1912. godine i proizvodila je kalcijev karbid, kalcijev cijanamid i ferosilicij. Tijekom desetljeća rada, tvornica je bila ključni gospodarski subjekt za lokalnu zajednicu, ali je istovremeno predstavljala izvor značajnog okolišnog onečišćenja. Zbog dugogodišnjeg ispuštanja troske i drugih otpadnih materijala u more, područje tvornice je visoko kontaminirano. Prestankom rada tvornice 2000. godine, ostao je značajan okolišni problem koji zahtijeva složen proces sanacije.

Glavni izazovi uključuju dekontaminaciju tla, rješavanje imovinsko-pravnih odnosa te planiranje nove namjene prostora koja će biti ekonomski održiva i ekološki prihvatljiva. Specifičnost ovog *brownfield* područja leži u njegovom obalnom karakteru, što dodatno komplicira sanaciju zbog osjetljivosti morskog ekosustava. Unatoč ovim izazovima, revitalizacija ovog područja predstavlja značajan potencijal za lokalni ekonomski razvoj, posebno kroz turizam i rekreacijske aktivnosti



**Slika 2-1** Tvornica karbida i ferolegura Dalmacija - Dugi Rat, 1915. (Hrvatska tehnička enciklopedija, 2021)

### 3. *BROWNFIELD* I *GREENFIELD* PODRUČJA

#### 3.1. *Brownfield* područja

*Brownfield* područja su napuštene nekretnine ili nekretnine koje su se prestale koristiti u svojoj izvornoj namjeni (slika 3-1) koja je mogla biti industrijska ili komercijalna (građevinski objekti i pripadajuće zemljište, uključujući infrastrukturu, neovisno o prethodnoj namjeni) te su slobodna za prenamjenu i ponovnu upotrebu (Habrun, 2019).



**Slika 3-1** Cementara u Podsusedu (Večernji list, 2013)

Ova područja zahtijevaju složene postupke dekontaminacije prije nego što se mogu ponovno koristiti. Možemo ih klasificirati:

1. Industrijska *brownfield* područja: nedovoljno korišteni ili napušteni industrijski kompleksi, rudnici, stare tvornice, vojni objekti i sl. Mogu biti kontaminirani radi prethodne aktivnosti npr. Tvornica Gredelj u Zagrebu u kojoj su se proizvodili željeznički vagoni i Tvornica Dalmacija u Dugom Ratu kao bivša tvornica ferolegura
2. Komercijalna *brownfield* područja: poslovne zgrade, trgovački centri te ostala komercijalna postrojenja u jednoj mjeri su manje kontaminirana kada se uspoređuje s industrijskim ali je potrebna obnova kao i nadogradnja novim namjenama. Prmjer industrijske i komercijalne površine u Hrvatskoj je Badel Blok u Zagrebu. Sličan

primjer je i Port Vell u Barceloni, koja je bivša lučka i industrijska površina preobražena u turističku atrakciju.

3. Obalna *brownfield* područja: kao što i sam naziv kaže smještena su uz obalu i često uključuju napuštena brodogradilišta, luke i industrijske komplekse. Uzevši u obzir lokaciju na kojoj se nalaze mogu uvelike utjecati na morski ekosustav pa ih se predstavlja kao poseban izazov radi zaštite samog. Zanimljiv slučaj predstavlja Bivša industrijska zona Norsk Hydro u Notodden (Norveška) koja je danas dio UNESCO-ove svjetske baštine zbog revitalizacije te industrijske povijesti. *Brownfield* područja često se nalaze u urbanim sredinama, gdje postoji visok potencijal za revitalizaciju i integraciju u postojeće urbane strukture. Tablicom 2 navedeni su rizici i prednosti takvih područja.

Tla i podzemne vode mogu biti kontaminirani opasnim materijalima kao što su; rezidui, teški metali, organski zagađivači, azbest i radioaktivni materijali, koji zahtijevaju složene i skupe postupke dekontaminacije. Popratno visoki inicijalni troškovi povezani s čišćenjem i uklanjanjem kontaminacije mogu povećati ukupne troškove projekta te dovesti do problema s financiranjem i održavanjem projekta. Zbog potrebe za sanacijom i mogućih pravnih komplikacija, *brownfield* projekti često traju duže od *greenfield* projekata te su samim time i složeniji. Kao prednosti možemo istaknuti korištenje *brownfield* zemljišta u smanjenju pritiska na zelene površine i sprječavanju urbanog širenja. Uz postojeću infrastrukturu lokacije često već imaju pristup cestama, električnim mrežama i vodovodima, što može uvelike smanjiti troškove izgradnje i povoljnije utjecati na samo okruženje. Mnogi od programa poticaja i subvencija dostupni su za revitalizaciju *brownfield* područja, što može pomoći u financiranju sanacije; ITU mehanizam (integrirana teritorijalna ulaganja), Europski fond za regionalni razvoj (EFRR), Kohezijski fond (projekti zaštite okoliša i transeuropske mreže).

**Tablica 2** Rizici i prednosti *brownfield* područja (Sheriff Construction, 2024)

<b>Rizici</b>	<b>Prednosti</b>
Kontaminacija	Smanjenje širenja urbanih sredina
Troškovi sanacije	Postojeća infrastruktura
Rokovi izgradnje	Ekološke inicijative



### 3.2. *Greenfield* područja

*Greenfield* zemljišta su neiskorištena, prirodna ili poljoprivredna zemljišta koja nisu bila prethodno urbanizirana (slika 3-2). Najčešće se nalaze na periferiji gradova ili u ruralnim područjima gdje još nije bilo prethodnog razvoja. Razvoj na *greenfield* zemljištima podrazumijeva izgradnju na potpuno neiskorištenom zemljištu, što ne mora nužno biti negativno.



**Slika 3-2** Greenfield lokacija u Engleskoj ( Crudengroup.co, 2024)

Gradnjom na takvim područjima imamo i niz prednosti, kao što su prilagodljivost projektnog rješenja gdje nema potrebe za prilagođavanje postojećim cestama već se okreće gradnji novih. Nema ograničenja postojanjem struktura na našem zemljištu što rezultira nižim inicijalnim troškovima. Također kraće vrijeme izgradnje pridonosi efikasnijem razvoju projekta gdje nemamo sanacije onečišćenja ili postojećih objekata samim time imamo kraće rokove izgradnje. Lakše usklađivanje sa ekološkim standardima kao što su: prije svakog projekta radi se Studija utjecaja na okoliš procjena kako bi taj projekt mogao utjecati na okoliš, direktive vezane uz zaštitu voda i održavanje kvalitete zraka.

Tijekom gradnje nailazi se i na niz prepreka i rizika (tablica 3) koji mogu uvelike otežati i usporiti projekt ako nisu konkretno i kvalitetno promišljeni. Gdje postoji nedostatak kanalizacije, pitke vode (vodovoda), strujne mreže, pristupnih cesta i sl. možemo očekivati visoke izdatke već u samom začetku. Neujednačeno tlo i niska kvaliteta tla nam može



donijeti dodatne troškove u sanaciji samog. Daljnji razvitak na takvim zemljištima ne pridonosi prirodnim staništima već se susrećemo s gubitkom i potičemo negativan proces na bioraznolikost i potencijalno smanjujemo poljoprivredne površine.

**Tablica 3** Rizici i prednosti *greenfield* područja (Gray, 2024)

Rizici	Prednosti
Visoki troškovi infrastrukture	Prilagodljivost projektnog rješenja
Gubitak prirodnih staništa	Efikasnost projekta
Urbano širenje	Usklađivanje s ekološkim standardima

Odlučiti se za *brownfield* i *greenfield* projektima uvelike ovisi o zahtjevima i potrebama samog projekta, danog proračuna, vremenskim okvirima i svakako utjecaju na okoliš. Unatoč tome što *brownfield* može biti kompleksniji i financijski izazovniji radi potreba sanacije, definitivno pridonose smanjenju širenju urbanih sredina unutar prirodnog okoliša i nerijetko su podržani ekološkim politikama. Gledajući na *greenfield*, projekt pruža više prilagodljivosti te je češće u početnim fazama i jeftiniji no prate ga i rizici s narušavanjem prirodnih staništa te znatno većim troškovima za razvoj infrastrukture.

### 3.3. Zdravstveni aspekti

*Brownfield* područja nerijetko predstavljaju velik ekološki i zdravstveni izazov zbog visoke razine kontaminacije tla, zraka često i podzemnih voda. Kontaminacija ovih lokacija može uključivati azbest, teške metale, naftne sirovine te hlapljive organske spojeve (engl. „VOC – volatile organic compounds“) „Emisije hlapljivih organskih spojeva u okoliš predstavljaju velik problem u zaštiti zraka, jer mogu dovesti do ugrožavanja ekosustava kao i do narušavanja zdravlja ljudi. Postoje različiti izvori njihovih emisija u okoliš. Dokazano je kako njihova prekomjerna emisija može pridonijeti nastajanju kiselih kiša, fotokemijskog smoga, učinka staklenika i drugih neželjenih pojava u okolišu“ (Ivanjko, 2016). Ovakva onečišćenost ne samo da ugrožava lokalne ekosustave, već označava ozbiljan rizik za zdravlje ljudi koji žive ili rade u blizini ovih područja.

Konstantno izlaganje ovim zagađivačima može uzrokovati razne zdravstvene probleme, kancerogene učinke, neurološke poremećaje, uključujući i respiratorne bolesti te probleme s reproduktivnim zdravljem. Rješavanje *brownfield* područja uključuje multidisciplinarni pristup i niz koraka za procjenu stanja, sanaciju i ponovni razvoj tih lokacija za produktivnu i održivu upotrebu (Carević i sur., 2024. Smjernice za sanaciju industrijski onečišćenih „*brownfield*“ područja).

Jedan u nizu ključnih ekoloških rizika vezanih uz *brownfield* područja odnosi se na širenje kontaminanata van granica lokacije. Onečišćivači te vrste mogu se širiti putem tla, zraka ili podzemnih voda, direktno može utjecati na onečišćenje područja u okolini. Iznimno važno je provesti odgovarajuće mjere sanacije kako bi se onemogućilo buduće širenje zagađenja a samim time i osigurao čisti okoliš za buduću upotrebu. „U Hrvatskoj trenutno ne postoje propisi koji definiraju postupanje s industrijski onečišćenim tlom, te se u budućnosti od strane Republike Hrvatske može očekivati implementacija Direktive o praćenju tla i otpornosti tla" (Carević i sur., 2024.)

#### 4. PRAVNI I REGULATORNI PRISTUP ZA SANACIJU *BROWNFIELD* PODRUČJA

Plan gospodarenja otpadom RH za period od 2023. – 2028. godine predstavlja glavni nacionalni dokument kojim se usklađuje mehanizam upravljanja otpadom na razini Europske unije promičući nove ciljeve i politike. Definiran je razvoj sustava gospodarenja otpadom kako bi se mogli ostvariti ciljevi do 2035. godine. Također plan ima ključnu ulogu u korištenju europskih sredstava za naredno financijsko razdoblje od 2021. – 2027. godine. Od 2005. do 2021. godine u sustav praćenja uvedeno je 317 lokacija službenih odlagališta. Na 88 odlagališta otpada tijekom 2021. godine odlagan je otpad, na 80 lokacija komunalni, a na 8 lokacije proizvodni otpad. Treba naglasiti kako u Republici Hrvatskoj ne postoji odlagalište opasnog otpada. Dokumentom je obuhvaćeno prepoznavanje tzv. crnih točaka. „Crne točke odnose se na lokacije u okolišu visoko opterećene otpadom koji je zaostao nakon dugotrajnog neprimjerenog gospodarenja proizvodnim (tehnološkim) otpadom“. Ovaj opis obuhvaća otpad iz raznih industrija, uključujući kožarsku, tekstilnu, kemijsku industriju, te druge vrste otpada kao što su talozi, isplake, i štetni materijali (Balinović, 2017). Takva mjesta često imaju negativan utjecaj na lokalno stanovništvo i okoliš te zahtijevaju prevenciju daljnjeg zagađenja kao i provedbu mjera sanacije. U Republici Hrvatskoj identificirano je 8 crnih točaka koje su prikazane u tablici 4.

**Tablica 4** Crne točke u RH (Smjernice za sanaciju industrijski onečišćenih „*brownfield*“ područja, 2024)

Crna točka	Grad	Vrsta otpada
Bazeni crvenog mulja i otpadne lužine bivše tvornice glinice	Obrovac	crveni mulj i otpadna lužina
Obalni dio nasuprot tvornice Salonit d.d. u stečaju – Kosica	Kosica	azbest
Lokacija na kojoj se nalaze veće količine šljake i pepela: odlagalište šljake	Kaštela	rezidui* (odlagalište šljake)
Lokacija praonice i dezinfekcijske stanice	Botovo	Zauljeni muljevi

Jama Sovjak	Rijeka	Otpadni katran
Tvrtka DIV d.o.o. – mazut u sklopu tvornice vijaka TVIK	Knin	Mazut – nusprodukt proizvodnje nafte
Odlagalište fosfogipsa – Petrokemija	Kutina	rezidui* (fosfogips i voda povećane kiselosti)
Odlagalište kamenog agregata (crno brod)	Biljane Donje	Kameni agregat

*rezidui\* - prirodni radioaktivni materijali doneseni na površinu zemlje ili na neku specifičnu lokaciju i često koncentrirani rudarskim ili drugim industrijskim radovima*

Opasni otpad se iz Republike Hrvatske uglavnom izvozi radi nedovoljno razvijene infrastrukture što znači da samo gospodarenje opasnim otpadom u cjelini nije sustavno organizirano. Dokumentom „Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2023. – 2028.“ osvrće se na samo pitanje crnih točaka i opasnog otpada: „Procjene razvoja tijeka otpada za opasni otpad izrađuju se u okviru projekta koji je u tijeku, a koji će rezultirati izradom studije izvedivosti postojećih i potrebnih kapaciteta za obradu opasnog otpada i studija za identifikaciju novih lokacija onečišćenih opasnim otpadom (»crne točke«)“ (NN 84/2023-1334). Samim time teži se predlaganju novih i razradi novih mehanizama i parametara kako bi locirali nove lokacije i napravili popis prioriteta za sanaciju „crnih točaka“. Dodatno se naglašavaju mjere uvjeta rada odlagališta, koji otpad i kako se smije odlagati kako ne bi došlo do zagađenja/onečišćenja podzemnih voda, površinskih voda, zrak itd.

#### **4.1. *Brownfield* područja u zakonima i propisima u Hrvatskoj**

*Zakonom o gospodarenju otpadom* (NN 84/21) proces gospodarenja otpadom mora se provesti bez ugroze ljudskog zdravlja i bez štetnih utjecaja na okoliš. Propisane su i mjere smanjenja nastanka samog otpada kao i „povećanje recikliranja i ponovnog korištenja reciklata što je nužno za prelazak na kružno gospodarstvo“ (NN 84/21). Također sprječavanje nastajanja eksplozija, požara kao i širenja buke i neugodnih mirisa. Osim načela

„onečišćivač plača“ europske norme definiraju dodatna pravila zaštite okoliša a to su: „načelo sljedivosti“, „načelo samodostatnosti“ i „načelo blizine“.

Člankom 112 *Zakon o gospodarenju otpadom (84/21)* sanaciju lokacije onečišćene otpadom utvrđenu Planom gospodarenja otpadom RH osigurava Republika Hrvatska. Samim time određuju se mjere aktivnosti te sanacije ili prestanak sanacije a Republika Hrvatska ima pravo na naknadu svih troškova izvršene sanacije. Prema *Pravilniku o gospodarenju otpadom iz rudarske industrije (NN 56/23)* članak 4 točka 20, sanacija tla/zemljišta zahvaćenog postrojenjem za gospodarenje otpadom uključuje postupke obrade onečišćenog tla/zemljišta s ciljem dovođenja istog u potrebno zadovoljavajuće stanje u pogledu kvalitete tla, prirodnih staništa, vodenog sustava posebno vodocrpilišta, krajolika, zaštite divljih životinja i prikladnog korištenja tla u korisne svrhe. Nastavno prema članku 5 *Pravilnika o gospodarenju otpadom iz rudarske industrije (NN 56/23)* nije dozvoljeno postavljanje, odbacivanje ili nekontrolirano odlaganje otpada iz rudarske industrije, operater je dužan poduzeti sve neophodne mjere kako bi spriječio ili smanjio, koliko je moguće, svaki štetan utjecaj na okoliš i zdravlje ljudi koji nastaje kao posljedice gospodarenja otpadom iz rudarske industrije.

Prema članku 12 *Pravilnika o gospodarenju otpadom iz rudarske industrije (NN 56/23)* prilikom vraćanja otpada nastalog u rudarskoj industriji nazad u prostor otkopan rudarskim radovima u svrhu sanacije i/ili izgradnje, operater je dužan:

1. osigurati stabilnost otpada u skladu s uvjetima za gradnju i upravljanje postrojenjem za gospodarenje otpadom propisane ovim Pravilnikom
2. spriječiti onečišćenje tla, površinskih i podzemnih voda u skladu s uvjetima sprječavanja onečišćenja voda, zraka i tla od posljedica rada postrojenja za gospodarenje otpadom propisanim ovim Pravilnikom
3. osigurati nadzor otpada i rudarskim radovima otkopanog prostora u skladu s uvjetima zatvaranja postrojenja za gospodarenje otpadom kategorije A i postupanja u fazi nakon zatvaranja propisanim ovim Pravilnikom.

Prema članku 19 *Zakon o gospodarenju otpadom (84/21)* posjednik otpada dužan je kategorizirati otpad koji ima u posjedu tako da odredi porijeklo i mjesto nastanka otpada, grupu, podgrupu i ključni broj otpada i svojstva otpada sukladno Katalogu otpada.

## 5. STUDIJA SLUČAJA

Općina Dugi Rat smjestila se uz jadransku obalu 15-ak kilometara jugoistočno od Splita i 5 kilometara zapadno od Omiša. Dijeli se na tri naselja Duće, Dugi Rat i Jasenice. Na tim lokacijama živi nešto više od 7000 stanovnika, od kojih se većina bavi djelatnostima usmjerenima prema turizmu. Značajan gospodarski razvoj područja pratimo početkom 20. stoljeća izgradnjom i puštanjem u pogon Tvornice Dalmacija, pogona za proizvodnju cijanamida i karbida u Dugom Ratu, smještenog na jugu tj. rt naselja Dugi Rat i obuhvaća površinu od 180 000 m<sup>2</sup> (slika 5-1).



**Slika 5-1** Lokacija Dalmacija Dugi Rat (Carević i dr. 2024)

Povijest Dugog Rata usko je vezana s poviješću Tvornice. Prije gradnje tvornice, područje Dugog Rata koristili su stanovnici obližnjih Jesenica za vinogradarstvo. Dalmatinsko vinogradarstvo se razvija nakon što su francuski vinogradi uništeni filokserom. Kako se francuski vinogradi tijekom vremena oporavljaju potražnja za dalmatinskim vinom polagano opada. Svjesni te činjenice don Frane Ivanišević uvjerava stanovnike Jesenica da prodaju zemlju u Dugom Ratu za izgradnju Tvornice. Odluka se pokazala ispravnom te je koristila stanovništvu narednih stotinjak godina.

Prema Carević i dr. (2024) zemljište na Dugom Ratu tako je otkupilo talijansko društvo SUFID, tal. Societa per utilizzazione delle forze idrauliche della Dalmazia, tj. Društvo za korištenje vodnih snaga Dalmacije. Prije otvorenja tvornice 1914. godine, društvo SUFID je izgradilo hidroelektranu u Kraljevcu iznad Omiša 1912. godine kako bi tvornicu opskrbilo električnom energijom. Tvornica je bila postrojenje za proizvodnju karbida i cijanamida, a SUFID je imao još jedno postrojenje u Crnici pored Šibenika (slika 5-2).



**Slika 5-2** Tvornica Dalmacija arhivska snimka (Dugi Rat, 2014)

Na području Tvornice nalazilo se šest peći (slika 5-3) u kojima se talila mješavina vapna i ugljena te pretvarala u karbid, temperature su dosezale između  $3500\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $4000\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nakon kemijskih reakcija i izgaranja ugljena ostaju rezidui kao nusproizvodi. Prisutni u česticama prašine, pepela, otpadnih voda i zračnim emisijama koje sadrže teške metale i kemijske ostatke. Tehnologija prerade obuhvaćala je karbid koji bi se samljeo, utjecajem dušika pretvarao se u cijanamid koji slovi kao umjetno gnojivo u poljoprivredi. Svakodnevno se proizvodilo oko 80-ak tona, a na godišnjoj razini i do 25 000 tona cijanamida.



**Slika 5-3** Peć za proizvodnju ferolegura (Hrvatska tehnička enciklopedija, 2021)

Mljevenje cijanamida odvijalo se u dijelu postrojenja poznatom kao „Crna kuća“ (tipično industrijsko postrojenje prilagođeno specifičnim potrebama kemijske proizvodnje u ovom slučaju cijanamida) koja se nalazila u neposrednoj blizini spavaonica. Vjetar je često nosio fin prah iz tog procesa. Što je ujedno i zagađivalo okoliš i imalo loš utjecaj po zdravlje stanovništva. Upravo oko spavaonica počeo je razvitak naselja Dugi Rat. Godine 1929. SUFID gubi koncesijsku dozvolu nad Tvornicom, koja tada prelazi u vlasništvo francuske tvrtke i nastavlja s poslovanjem pod novim imenom „*La Dalmatienne*“. Unatoč kratkotrajnom usporavanju zbog gospodarske krize te je u tom periodu značajnije napredovala. Tijekom godina ulaže se u razvoj radničkog naselja izgradnjom kina, kuglane, crkve, sportskih terena i bolnice. Pored tvornice izgrađena je luka za brodove kapaciteta do 30 000 tona s dvije dizalice. Prema Carević i sur. (2024) kupnjom novog zemljište za širenje, nabavljena je i nova peć za proizvodnju sirovog željeza. Jedna od postojećih peći prenamijenjena je za proizvodnju ferolegura, proveden je i plinovod koji je opskrbljivao stanovnike. Nakon završetka Drugog svjetskog rata, Tvornica prelazi u državno vlasništvo i nastavlja s radom fokusirajući se na proizvodnju karbida, ferolegura i cijanamida. Potreba za proizvodnjom sirovog željeza jenjava, a peći za proizvodnju istog postaju višak te se ne upotrebljavaju. Za vrijeme 1970-ih godina proizvode se ferolegure. Ova promjena odgovor



je na nove zahtjeve tržišta uslijed rasta konkurencije u proizvodnji umjetnih gnojiva i razvoja petrokemijske industrije, proizvodi poput karbida i cijanamida više nisu u toj mjeri traženi. Početkom Domovinskog rata, tvornica dodatno proširuje svoje kapacitete, uspostavljajući pogone za proizvodnju tekućih plinova u suradnji s Montkemijom iz Zaprešića.

Tijekom Domovinskog rata Tvornica skoro pa prestaje s radom zbog nepouzdanosti u opskrbi električnom energijom. Kraj rata dočekala je samo jedna upaljena tvornička peć i to uz velike poteškoće jer se pogon jedva održavao. Tvornica ubrzo odlazi u stečaj, a stečajna upraviteljica 2003. godine započela je i s rušenjem Tvornice. Cilj je bio osloboditi zemljište za potrebe nove industrije – turizma. Međutim dolaskom financijske krize koncem 2000-tih godina planovi naglo staju, a bivši prostor Tvornice ostaje prazan, zagađen i neiskorišten (Carević i dr., 2024).

### 5.1. Posljedice zatvaranja tvornice

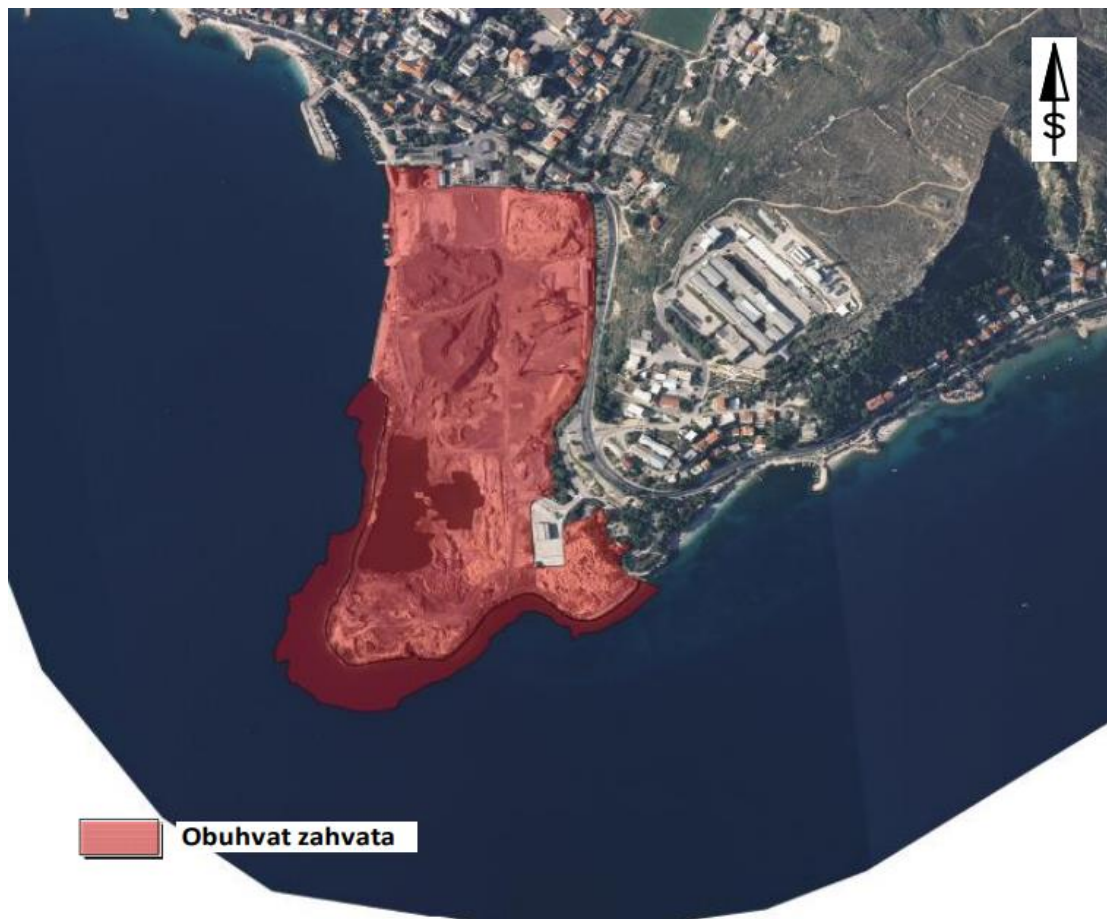
Zatvaranjem Tvornice ostaje otpadni materijal koji se procjenjuje na 1 670 000 m<sup>3</sup> otpada nastalog za vrijeme taljenja troske (rude), otpadne prašine, građevinskog otpada kao i drugog otpada (slika 5-4).



**Slika 5-4** Deponij zaostale šljake (Vlastiti izvor – zbirka bivša tvornica Dalmacija, Dugi Rat 2023)

U kontekstu bivše tvornice ferolegura „Dalmacija“ područja koja su izrazito zagađena i na kojima je na ekološki neprihvatljiv način odložen materijal nazivamo „crnom točkom“ ovog područja. Nadalje sam naziv se odnosi i na činjenicu da unatoč postojanju inicijativa i planova za sanaciju, sveobuhvatna sanacija samog prostora do današnjeg dana nije

provedena. Godine 1969. počinje proizvodnja ugljičnog ferokroma, troska iz proizvodnog procesa te ostali otpad završava u moru. Otpadni materijal koji uključuje industrijske ostatke (od rušenja starih zgrada) i trosku 1979. godine prestankom proizvodnje kalcijeva karbida i cijanamida završavaju u moru (služe za izgradnju obale). Prestankom rada 2000. godine dolazi se do saznanja da se punih 30-ak godina troska odbacuje u more što iznosi oko 1.670.000 m<sup>3</sup>. Zagađeno područje nalazi se unutar tvorničkog kompleksa, a dio tog zemljišta pripada pomorskom dobru (slika 5-5) što znači da područje nije u potpunom vlasništvu tvrtke Projekt Uvala d.o.o., i za korištenje dobra potrebno je ishoditi koncesiju.

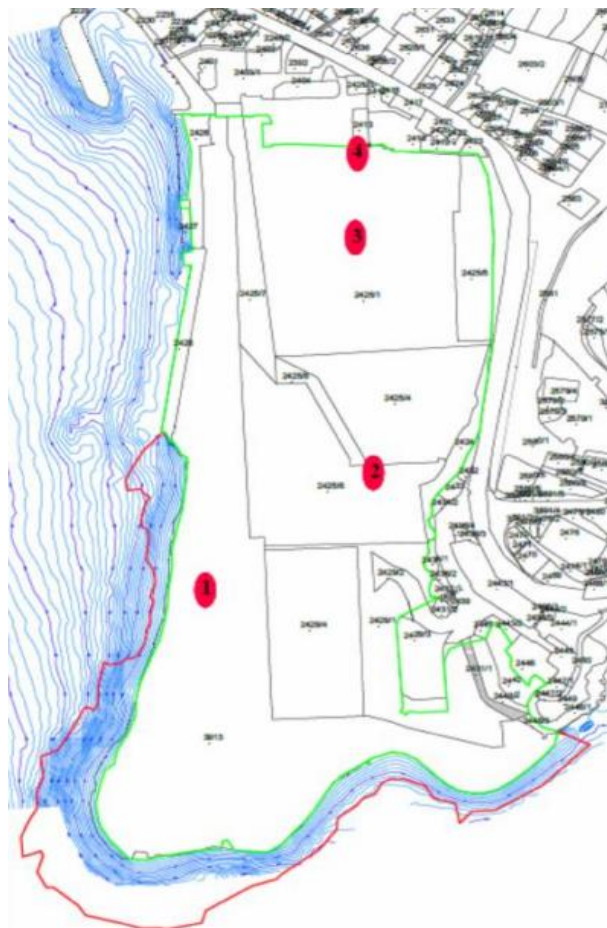


**Slika 5-5** Položaj lokacije u Dugom Ratu (M 1:10 000) (Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u dugom ratu, 2015)

Stvara se dodatni problem jer je otpad izložen morskoj vodi i djelovanju valova, što može uzrokovati njegovo trošenje i otpuštanje opasnih tvari u okoliš. Iako su provedena istraživanja na području tvornice nakon zatvaranja, rezultati nisu bili potpuno jasni u pogledu

sigurnosti za ljudsko zdravlje i okoliš. Studije nisu uvijek pokazivale direktnu ugrozu ali su imale metodološke nedostatke što znači da njihovi zaključci nisu pouzdani. Zbog toga su potrebna dodatna istraživanja kako bi se precizno utvrdilo stanje zagađenja, posebno s obzirom na udjele metalnih oksida, teških metala primjerice kroma i stope radioaktivnosti. Detaljnija istraživanja omogućila bi utvrđivanje točnog opsega zagađenja u okolišu te izrade konkretnih planova za remedijaciju i sanaciju prostora bivše tvornice. To ujedno stvara preduvjete sigurne buduće prenamjene ovog područja bilo ekološkom obnovom ili prilagodbom za neke nove i druge svrhe. Ti postupci su nužni za planirati adekvatne mjere očuvanja zdravlja i okoliša kao i izrada dokumenta o procjeni rizika.

Za potrebe izrade Studije o utjecaju na okoliš koju 2007. godine izrađuje IPZ Uniprojekt TERRA, provedena su istraživanja tla na području bivše tvornice u Dugom Ratu kako bi se procijenili potencijalni rizici vezani uz rušenje građevina i uklanjanje otpada (Carević i dr., 2024). U tu svrhu izbušene su četiri bušotine iz kojih su uzeti miješani uzorci tla (slika 5-6).



**Slika 5-6** Lokacije bušotina za analizu tla (Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u dugom ratu, 2015)

Analizom triju uzoraka označenih kao uzorci 2, 3 i 4 obuhvaćeno je utvrđivanje koncentracije teških metala a rezultati su uspoređeni s propisanim maksimalnim dopuštenim koncentracijama prema *Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja* (NN 71/2019). Posebna pažnja posvećena je koncentracijama kroma, olova, cinka i kadmija. Podaci iz tablice ukazuju da koncentracije kroma u uzorcima 2 i 3 premašuju dopuštene razine prema navedenom Pravilniku (tablica 5).

**Tablica 5** Analize uzoraka tla i koncentracije teških metala sa lokacije (Izvor - Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u dugom ratu, 2015)

Parametar	Broj uzorka			MDK*	MDK**
	2	3	4		
<b>Cr</b>	<b>365,21</b>	<b>398,32</b>	48,34	60	100
<b>Pb</b>	39,25	51,68	19,87	100	150
<b>Zn</b>	95,47	124,25	24,37	200	300
<b>Cd</b>	0,2	0,2	0,1	1	2

MDK\* - Teksturna laka tla, skeletna tla i tla siromašna humusom

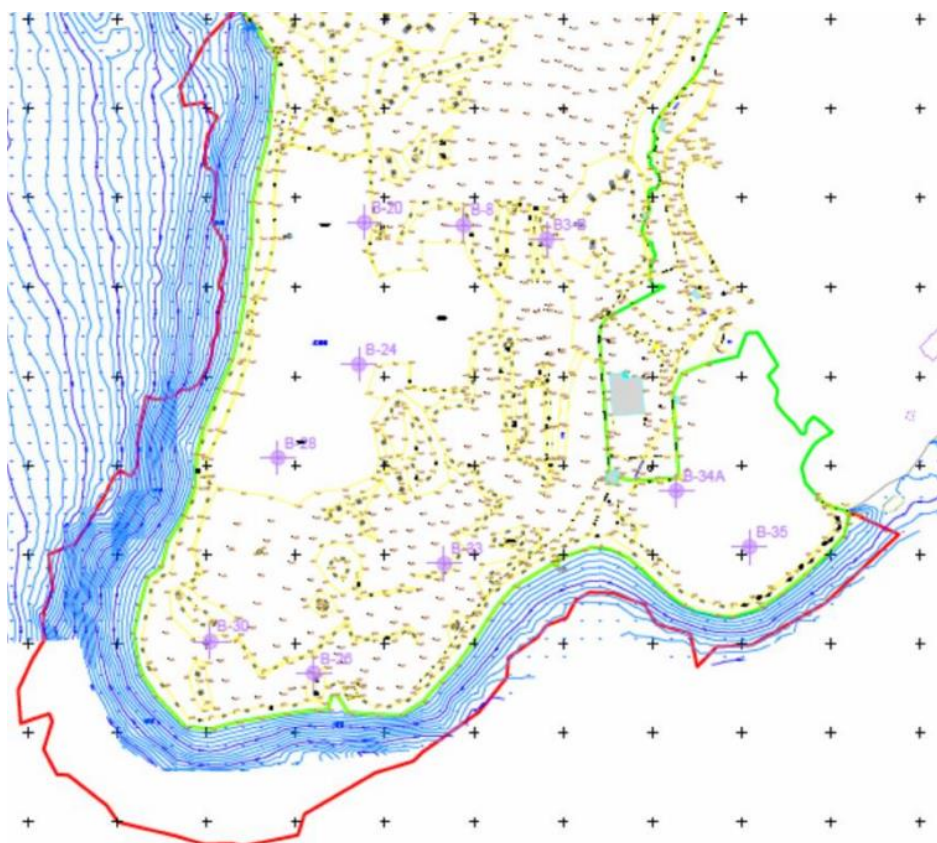
MDK\*\* - Teksturna teža i teška tla i tla bogata humusom

Premašene koncentracije kroma nisu neočekivane s obzirom na povijesnu tehnologiju i vrste proizvodnih procesa koji su se odvijali a toj lokaciji, što je rezultiralo zagađenjem tla. Ovi podaci ukazuju na potrebu za daljnjim analizama i mjerama sanacije.

Provedeno je i mjerenje radioaktivnosti odložene troske od strane Instituta za medicinska istraživanja 1997. godine i 2007. godine od strane Instituta Ruđer Bošković. Oba ispitivanja pokazala su da troska ima vrlo nisku razinu radioaktivnosti te da se zbog te niske radioaktivnosti, materijal može koristiti u graditeljstvu bez ikakvih ograničenja izrade. U periodu od svibnja do srpnja 2009. godine provedena su istražna bušenja na 10 bušotina u svrhu dobivanja minimalnih podataka o sastavu troske i njenoj debljini (Tablica 7) (Slika 5-7) (Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u Dugom Ratu, 2015).

**Tablica 6** Lokacije i dubine istražnih bušotina (Izvor - Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u dugom ratu, 2015)

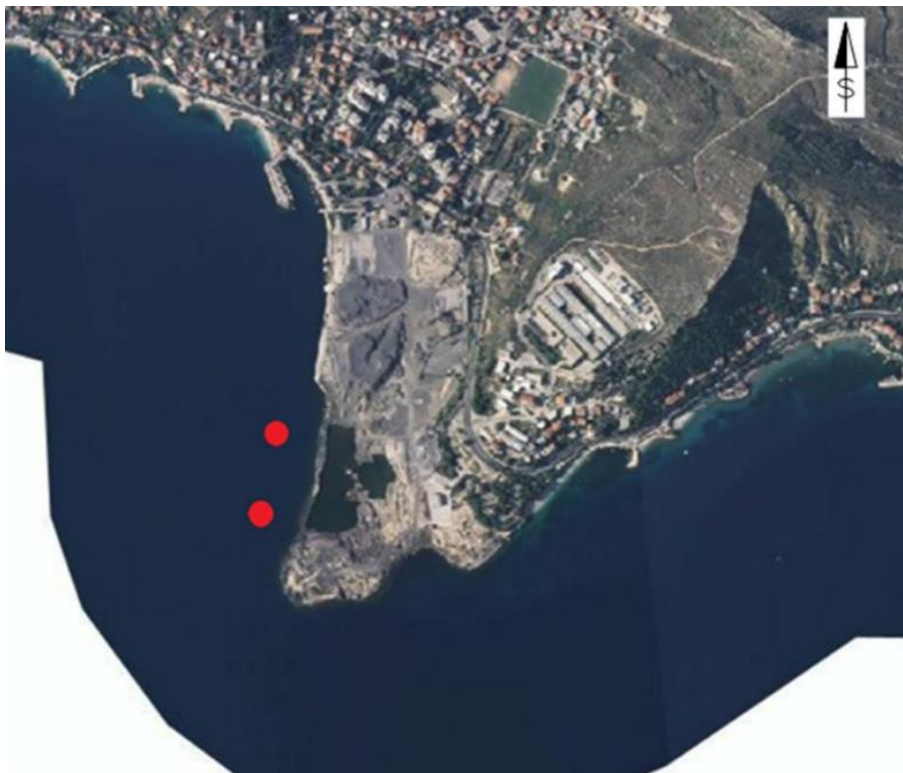
BUŠOTINA	E (m)	N (m)	z (m)	dubina (m)
B-3B	6 390 581,96	4 811 289,77	+4,20	22,0
B-8	6 390 541,62	4 811 321,99	+4,10	11,50
B-20	6 390 410,73	4 811 283,41	+2,60	18,0
B-24	6 390 365,07	4 811 335,72	+2,80	8,0
B-26	6 390 318,52	4 811 344,60	+3,50	15,0
B-28	6 390 336,40	4 811 223,40	+3,10	2,0
B-30	6 390 271,40	4 811 723,80	+2,20	15,50
B-33	6 390 369,47	4 811 475,95	+2,90	9,0
B-34A	6 390 425,01	4 811 473,43	+2,90	8,0
B-35	6 390 471,28	4 811 464,64	+3,00	8,0



**Slika 5-7** Prikaz položaja istražnih bušotina (M 1:10000) (Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u dugom ratu, 2015)



Za potrebe izrade *Sanacijskog programa tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u Dugom Ratu* (2015) provedene su i analize morskog sedimenta i ronilačko-biološki pregled šireg područja lokacije. Uzorkovanjem i analizom morskog sedimenta utvrđeno je da nema onečišćenja. Naime uzeta su dva uzorka sa različitih lokacija u blizini odložene troske (slika 5-8), analizu je proveo *Zavod za javno zdravstvo Zadar*.



**Slika 5-8** Lokacije uzorkovanja morskog sedimenta (M 1:10 000) (Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u Dugom ratu)

Prema navedenom sanacijskom programu, nema zakonskih odredaba kojim su definirane granične vrijednosti teških metala u morskome sedimentu, dobiveni rezultati su uspoređeni s rezultatima iz redovitog monitoringa ekotoksičnih metala u morskome okolišu Republike Hrvatske, a istraživanja se provode jedanput godišnje na 7 postaja. Pregledom sastava troske koja u ovom slučaju sadrži; aluminijev, magnezijev, manganov, kalcijev i kromov (III) oksid i silicijev dioksid utvrđeno je da nisu sadržani teški metali za koje se provodi monitoring. Rezultatima analize sedimenta vidljivo je da je sav krom u obliku trovalentnog kroma, koji je netoksičan za ljude i ostale organizme, a da šesterovalentnog kroma nema tj, ispod granice detekcije (Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u Dugom ratu, 2015).

Prema sanacijskom programu iz 2015. godine, ronilačko-biološki pregled šireg područja lokacije obavljen je jednokratno u prosincu 2014. godine, čiji zadatak je bio; odrediti vrste

organizma koji žive na lokaciji, ima li strogo zaštićenih vrsta i procijeniti je li potrebno izmjestiti naslage troske odložene u moru.

Zabilježeno je više od 115 vrsta no može se vjerovati da je broj još veći. Na temelju toga može se zaključiti da je prestanak industrijske proizvodnje, kao i smanjenje aktivnosti u luci rezultirao poboljšanjem uvjeta za život na ovom području što je direktno dovelo do rasta prisutnih vrsta. Obalni pojas uglavnom čine veliki crni i šareni komadi troske, betonski fragmenti i raznovrsni krupni otpad. Također su prisutne i veće cijevi koje su nekada služile za ispuštanje oborinske vode. Na dijelovima obale koji su iznad razine mora, gdje voda rijetko dospijeva, rastu različite uobičajene biljke. Ispod površine mora, na većim komadima troske koje su postale nepomične, razvio se prilično raznolik i bujan sloj morske flore i faune. Na dubljim dijelovima morskog dna, koje postaje sedimentno, nalazi se mnoštvo velikih metalnih dijelova otpada iz bivše tvornice, koji sada služe kao zaklon raznim vrstama riba. Zbog toga se na tom području može pronaći i dosta napuštenih i zapletenih ribarskih alata. Na dubini većoj od deset metara nalazi se sitnozrni tamnosivi sediment. Budući da je sediment kojeg donosi rijeka Cetina svijetlosmeđe boje, moguće je zaključiti da veći dio čestica pijeska i mulja potječe od troske. Na temelju tragova aktivnosti organizama na i unutar mulja, kao i obilnog obraštaja na tvrdim podlogama morskog dna, može se zaključiti da troska nema negativan utjecaj na bentičke organizme prisutne na ovom području (slika 5-9) (Projekt Uvala d.o.o. 2015).



**Slika 5-9** Ronilačko-biološki pregled lokacije (Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u Dugom Ratu, 2015)

Populacije zabilježenih vrsta su uglavnom prilično brojne, a ronilačko-biološki pregled nije pokazao negativan utjecaj troske na te organizme. Ovim pregledom nije utvrđeno postojanje valjanog razloga za uklanjanje ili premještanje naslaga troske iz mora.

## 5.2. Trenutno stanje sanacije

Prema navodima iz literature (Carević i dr., 2024.) od prvog Sanacijskog programa iz 2009., nije bilo sporno da su se na području tvorničkog kruga obavljale opasne djelatnosti. Smatra se da su djelatnosti koje predstavljaju rizik za okoliš i za ljudsko zdravlje te uslijed čijeg obavljanja može nastati šteta u okolišu ujedno i prijeteća opasnost od štete u okolišu. Šteta u okolišu je uzrokovana dugogodišnjim odlaganjem troske nastale pri proizvodnji ferolegura. Upravo je iz tog razloga utvrđena obveza ishođenja i provedbe sanacijskog programa. Dakle, od prve pravne radnje kojom se inicirala sanacija lokacije do danas, nije bilo sporno da se radi o onečišćenju okoliša koje je potrebno sanirati, jedino se mijenjalo shvaćanje vrste onečišćenja, od poimanja troske kao otpada, odnosno nusproizvoda otpada do poimanja troske kao industrijskog onečišćenja.

Godine 2009. tvrtka *Projekt Uvala d.o.o.* naručuje izradu Sanacijskog programa (prvi takav za lokaciju) tvorničkog kruga. Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva izdaje suglasnost. Početkom provedbe sanacije utvrđeni su propusti koji dovode do zaustavljanja radova 2011. godine. Na lokaciji tako ostaje nesansirana 25.171 tona materijala (troske). Prvog lipnja 2011. godine objavljeno je Rješenje kojim je naređeno uklanjanje zaostale troske sa same lokacije unutar 60 dana. Uklanjanje troske tada nije provedeno, a tvrtka *Projekt Uvala d.o.o.* u pregovorima s nadležnim tijelima promiče izvođenje sanacije kojim bi se materijal iskoristio u druge svrhe. Predložena je prenamjena umjesto uklanjanja. Pošto sanacija nije učinjena tvrtka *Projekt Uvala d.o.o.* naručuje izradu novog (drugog) Sanacijskog programa. Ministarstvo u izdanoj Suglasnosti iz 2015. određuje rok od četiri godine u kojem je potrebno izvršiti Sanacijski program, odnosno sanaciju lokacije (Carević i dr. 2024).

Sanacija ponovno nije učinjena te prema članku 198. *Zakona o zaštiti okoliša*; navedeno je da *Ukoliko operater ne izvrši sanaciju štete u okolišu u skladu s odobrenim sanacijskim programom, odnosno u određenom roku, Ministarstvo će putem treće osobe na trošak i odgovornost operatera provesti sanacijski program* (NN 153/13, 80/13, 78/15).

Ministarstvo je tijekom 2022. i 2023. provodilo pripreme radnje za provođenje sanacije te je donesena *Odluka o imenovanju Povjerenstva za provedbu pripremnih radnji* radi neprovođenja sanacijskog programa kruga bivše tvornice ferolegura Dugi Rat,. Osim navedenog, nije bilo službenih obavijesti o početku provedbe ili tijeku novog postupka sanacije (Carević i dr., 2024).



## 6. METODE SANACIJE *BROWNFIELD* PODRUČJA

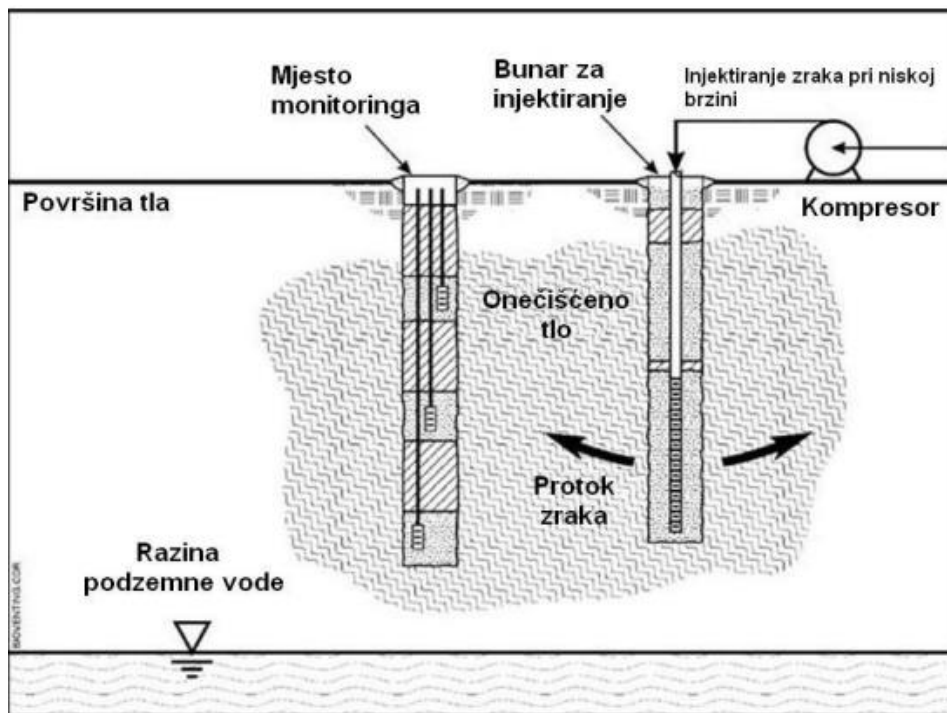
Prema Hollanderu i sur. (2010.) cilj sanacije je osigurati mjesto koje je prikladno za korištenje i smanjiti ili potpuno eliminirati onečišćenje. Putevi ljudskog izlaganja onečišćenju su direktan kontakt sa onečišćenim tlom, potrošnja onečišćene hrane i vode, udisanje prašine i para, ispiranje onečišćenja u podzemne vode te direktni kontakt sa kontaminiranim materijalima. Postoji nekoliko ključnih metoda koje su se pokazale učinkovitim kod sanacije *brownfield* područja a to su:

1. Biološke metode sanacije tla - bioprozračivanje, fitoremedijacija i bioremedijacija
2. Fizikalne metode sanacije tla –premiještanje i izdvajanje
3. Kemijske metode sanacije tla - solidifikacija i ispiranje tla
4. Termalne metode sanacije tla - toplinska desorpcija i spaljivanje

### 6.1. Analiza metoda sanacije tla

**Bioprozračivanje** je *in situ* metoda sanacije koja koristi mikroorganizme prisutne u tlu za razgradnju štetnih organskih spojeva. Bioprozračivanjem koncentracija kisika u plinovima u tlu raste dovođenjem svježeg zraka u onečišćenu zonu kroz bušotine (slika 6-1). Tim postupkom potiče se mikroorganizme na ubranu aerobnu razgradnju. Bioprozračivanje se najčešće koristi na lokacijama s naftnim proizvodima težim od benzina kao mlazno gorivo i diesel, benzin lako hlapi i može se brže ukloniti primjenom metode ekstrakcije para iz tla (Kuo, 2014). Može biti korišteno i za oporavak zagađenih zemljišta u urbanim sredinama, rješavanje kontaminacije u blizini podzemnih voda i sanaciju tla u blizini industrijskih objekata, čije je tlo kontaminirano organskim kemikalijama (EPA, 2022). Prema Hrelja (2016) prednost ove metode je njena brzina pa je tako u optimalnim uvjetima pjeskovitog, homogenog tla potrebno oko 6 mjeseci do 2 godine da se lokacija očisti. Ekološki je prihvatljiva jer nema potrebe za dodavanjem kemikalija ili ekstrakcije tla tj. minimalnog poremećaja površine tla. Bušotine koje su potrebne za dovođenje zraka ne uzrokuju značajnije fizičke štete na tlu (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 2015). Tla s heterogenom strukturom i smanjenom propusnošću mogu uzrokovati poteškoće prilikom primjene ove metode (Meuser, 2013). Poput gline ili zbijenih slojeva u tlu gdje zrak

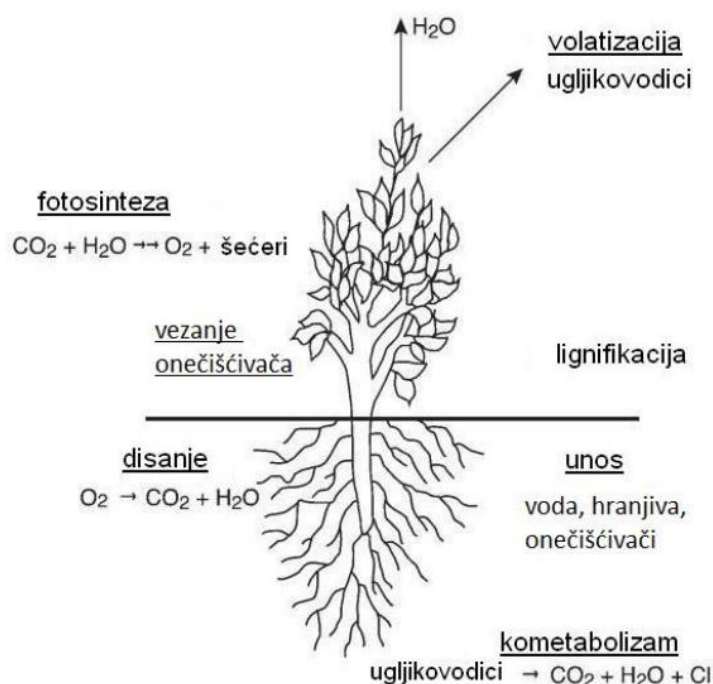
teže prolazi kroz tlo i time smanjuje učinkovitost metode. Okvirni troškovi metode bioprozračivanja iznose između 20 i 60 dolara po kubnom metru dok godišnja ulaganja i troškovi rada variraju od 24 000 do 177 000 dolara (Meuser, 2013.).



Slika 6-1 Bioprozračivanje (Federal Remediation Technologies Roundtable, 2002)

**Fitoremedijaciju** (Slika 6-2) ubrajamo u nove metode sanacije, a podrazumijeva korištenje različitog bilja, stabala, povrća, trava, pa čak i biljaka koje inače smatramo korovom. Biljke upijaju onečišćivače u korijenov sustav i/ili nadzemne organe te ih akumuliraju, imobiliziraju i razgrađuju (Pitchel, 2007). Prema Hrelja (2016) fitoremedijacija je vrlo jeftina i jednostavna metoda koja uspijeva na lokacijama gdje uobičajene metode ne postižu odgovarajuće rezultate (npr. u tlima s malom propusnosti i određenim količinama različitih vrsta onečišćenja). U SAD-u izdaci za remedijaciju na dubini od oko 50 cm, sadnju, gnojidbu i obradu samog tla te održavanje u periodu od 10 godina iznose od 15 do 24  $\$/m^2$  (Meuser,

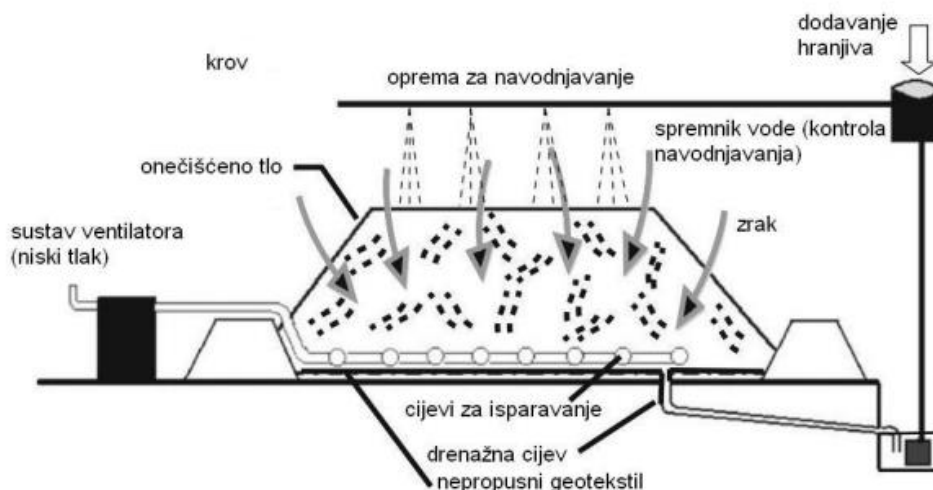
2013). Metoda je dugotrajna (može trajati i do 15 godina) te je ograničena razvojnim stadijem biljke, dubinom korijena te vremenskim uvjetima (Hrelja, 2016).



Slika 6-2 Fitoremedijacija (Izvor - Pitchel, 2007.)

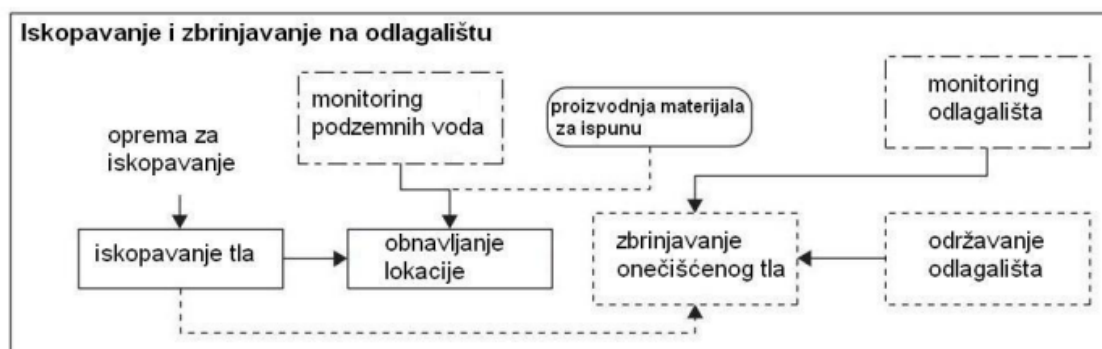
**Bioremedijacija** (Slika 6-3) podrazumijeva sanaciju organskih onečišćenja, gdje mikrobnе stanice koriste molekule ugljikovodika kao izvor ugljika kako bi dobile energiju za disanje i stanični rast (Pitchel, 2007). Postupak bioremedijacije može se izvoditi na više načina, jer proces može biti aeroban ili anaeroban te se tlo može i ne mora iskapati (Hrelja, 2016). Najčešće postupak izgleda ovako: nakon iskapanja, onečišćeno tlo se deponira u gomile u koje se ugrađuju perforirane cijevi za dovod zraka (Kuo, 2014). Kako bi se smanjile emisije i potencijalna sekundarna kontaminacija tla, gomile su obično izolirane na dnu i pokrivene odozgo, ova metoda zahtijeva kontrolu vlage, hranjivih tvari, temperature i pH kontaminiranog tla kako bi mikroorganizmi mogli preživjeti i obaviti proces čišćenja (Kuo, 2014). Bioremedijacija koristi prirodne procese za razgradnju onečišćenja. Velike količine tla mogu biti obrađene ovom metodom bez potrebe za iskapanjem, a mogućnost primjene na različite organske spojeve predstavlja održivu metodu čišćenja lokacija. Međutim, tehnologija zahtijeva određeno vrijeme za djelovanje i u određenim uvjetima nije prikladna za *brownfield* lokacije gdje je potrebna brza sanacija. Okvirni troškovi ove metode su od 30 do 100 dolara po kubičnom metru. Slično kao i kod bioprozračivanja ovise o nekoliko

faktora a najbitniji su vrsta tla i kemijski sastav. Bioprozračivanje se ne bi trebalo koristiti za slojevita, glinena ili heterogena tla zbog ograničenja prijenosa kisika. Također visoke koncentracije teških metala, visoko kloriranih organskih spojeva kao i anorganskih soli vjerojatno su toksične za mikroorganizme (FRTR.gov, 2020.).



Slika 6-3 Bioremedijacija (Meuser, 2013.)

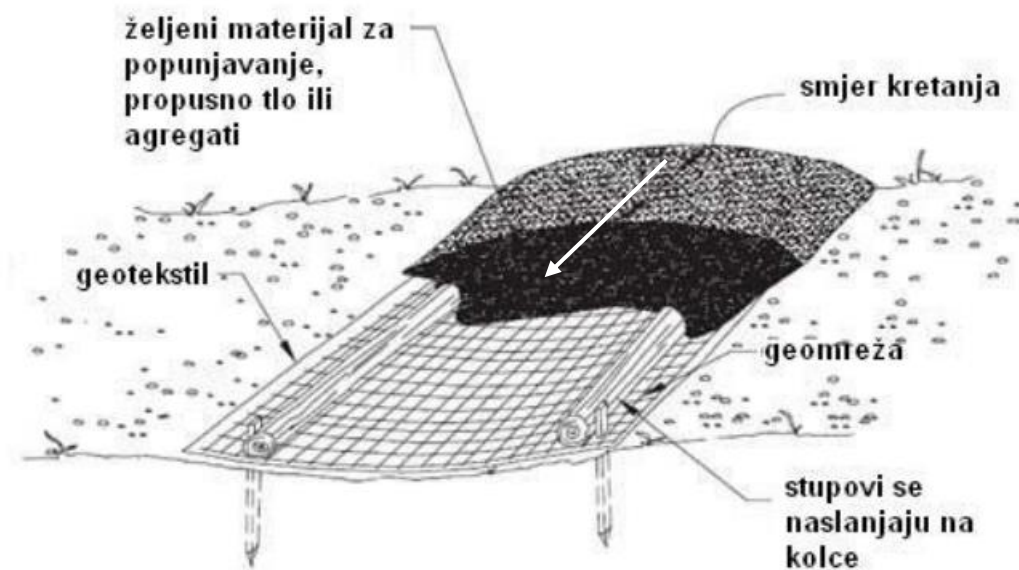
**Premještanje** na lokaciji onečišćenja je jedna od učestalih metoda sanacije koja uključuje kopanje, izoliranje i odstranjivanje onečišćenja. Za iskop tla koristi se mehanizacija poput buldozera ili rovokopača. Nakon toga, iskopano tlo se mora ukloniti s gradilišta i zbrinuti na predviđeno odlagalište (Slika 6-4). Nakon radova iskopavanja ostavljeni prostor popunjava se čistim tlom i/ili prilagođava postojećim građevinskim planovima. Iskopavanjem je omogućeno potpuno uklanjanje onečišćenog tla s lokacije što znači da se onečišćenje fizički ukloni iz tla i nema mogućnosti uzrokovanja nove štete i širenja. Također nakon iskopavanja, onečišćeno tlo može se tretirati u kontroliranim uvjetima. Treba naglasiti da iskopavanje povećava volumen tla, što rezultira potrebom za višestrukim transportom i dodatnim opterećenjem za lokalnu zajednicu. Prema Hrelja (2016) ova metoda sanacije uzrokuje smanjenje kvalitete tla u smislu smanjene količine organske tvari, kapaciteta zamjene kationa te sposobnosti filtriranja i biorazgradnje. Energetski je zahtjevna i zbog razine buke nije prihvaćena u zajednici. U SAD-u okvirni troškovi iskopavanja 50 m<sup>3</sup> onečišćenog tla i njegovo zbrinjavanje variraju između 976 000 i 4 148 000 \$/ha (Meuser, 2013).



Slika 6-4 Tijek postupka kod metode premještanja (Dixon, 2007)

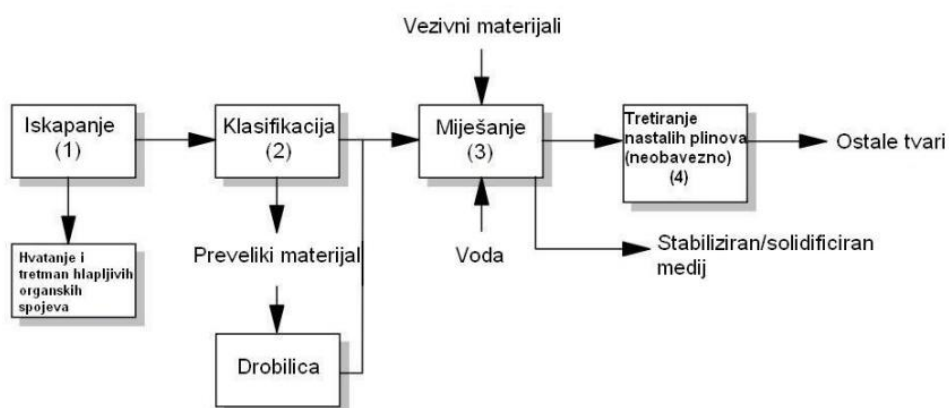
**Izdvajanje** je uobičajena metoda sanacije koja uključuje prekrivanje onečišćenog tla sa svih strana nepropusnim materijalom (Meuser, 2013). Pokrivanje zemljišta sadrži sustav jednog sloja plodnog tla i kompleksnog višeslojnog sustava koji se sastoji od niskopropusnih i visokopropusnih tala i niskopropusnih geosintetika (slika 6-5). Niskopropusni materijali sprečavaju vodu da prodre do onečišćenog tla, a visokopropusni suše i skupljaju vodu koja se procjeđuje u kapsulu (Hrelja, 2016).

Izdvajanje se smatra osnovnom i jeftinom metodom sanacije u odnosu na inicijalne troškove. Međutim ponekad troškovi održavanja, nadzora i zamjene određenih slojeva, kada se približi kraj njihove uporabe, mogu nadmašiti uštede koje su ostvarene tijekom izgradnje. Prema Hrelja (2016) kapsuliranje je dovoljno za neke manje toksične onečišćivače, ali ova metoda se ne preporučuje za onečišćivače koji bi mogli prodrijeti do podzemne vode ili ispariti u atmosferu.



Slika 6-5 Metoda izdvajanja (Hrelja, 2016)

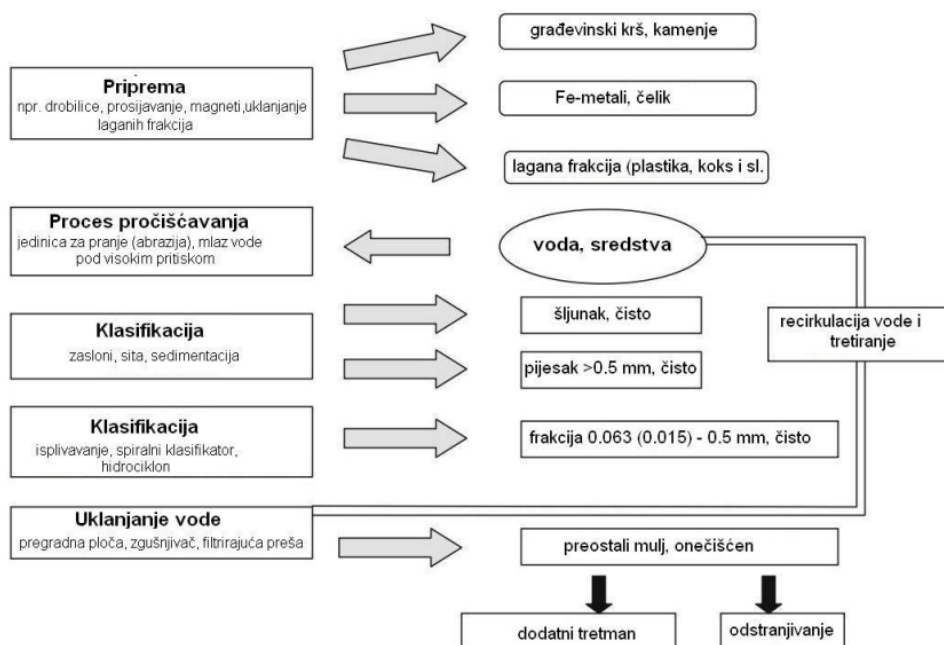
**Solidifikacija** je postupak zatvaranja onečišćenja u kompaktnu čvrstu masu nalik betonu i pretvaranje u nepokretan i netopivi oblik. Postupak se sastoji od miješanja kontaminiranog tla s vezivnim materijalima poput vapna, silikata, termoplastike uz dodatak vode (Hrelja, 2016). Korištenje ove metode zahtijeva iskopavanje kontaminiranog tla. Nakon iskopavanja, materijal se razvrstava, pri čemu se veći komadi uklanjaju ili drobe kako bi se ponovno iskoristili. Ravnomjerno miješanje tla sa vezujućim materijalima osigurano je korištenjem rotirajućih bubnjeva i standardne građevinske opreme (slika 6-6) (Meuser, 2013).



Slika 6-6 Shematski prikaz solidifikacije (Hrelja, 2013)

Tim postupkom se obično dobivaju veliki blokovi koji su veće čvrstoće te manje propusnosti. Promjene poput povećanja i smanjenja vlažnosti, smrzavanje i odmrzavanje i kontakt s reaktivnim materijalima, mogu dovesti do narušavanja strukture blokova (Meuser, 2013). Miješanjem cementa s onečišćenim materijalom povećava volumen što se također smatra nedostatkom. Cementom bogati proizvodi imaju relativno nisku hidrauličku vodljivost što je ključno za sprječavanje širenja onečišćenja. Jedna od najvećih prednosti solidifikacije je cijena, koja je upola manja u odnosu na troškove iskopavanja i odlaganja kontaminiranog tla na odlagališta.

**Ispiranje tla** je metoda u kojoj se tlo miješa s vodom kako bi se isprali onečišćivači vezani na česticama tla. Prema Meuser (2013) ispiranje tla je proces smanjenja volumena otpada, gdje se zagađene čestice tla odvajaju od većih frakcija tla ili se onečišćivači uklanjaju iz tla. Pomoću vodenih kemikalija ili sredstava za ekstrakciju na bazi kiselina i helatora za poboljšanje procesa. Tlo i voda kojom se čistilo na kraju se odvajaju. Preostali mulj može se dodatno obraditi jer sadrži onečišćivače od izvornog tla, a otpadna voda se može pročititi i poslati u ponovljeni postupak (slika 6-7) (Hrelja, 2013).

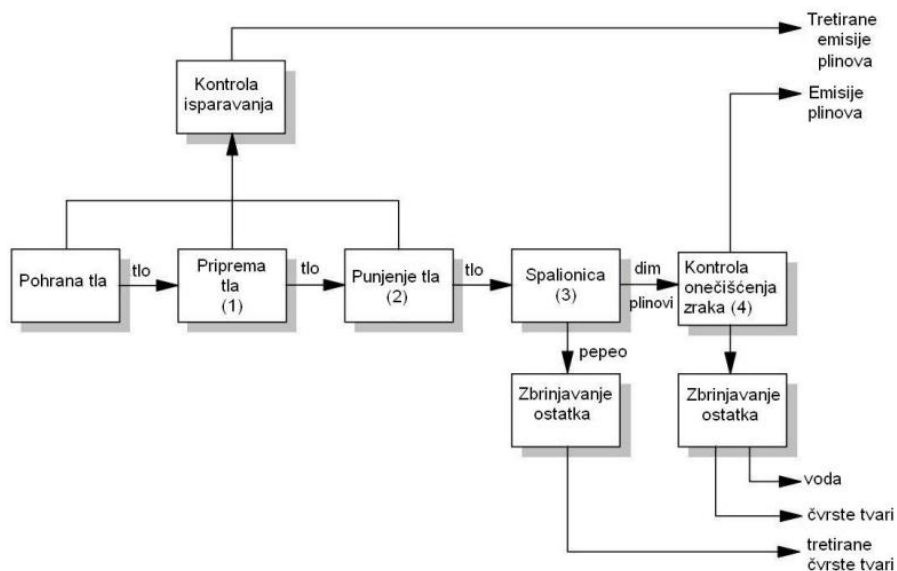


**Slika 6-7** Shema ispiranja tla (Hrelja, 2013)

Kod ove metode potrebno je iskapanje tla i prethodno odvajanje od kamenja, krhotina i ostalih prevelikih predmeta koji mogu oštetiti strojeve. Metoda postaje manje učinkovita čim

je tlo bogatije organskom tvari i sitnijim česticama gline i praha jer oni otežavaju proces odvajanja onečišćivača od čestica tla. Nedostatak ove metode je i to što se ne rješava problem onečišćivača već se samo smanjuje volumen koji je potrebno zbrinuti (Hrelja, 2013). S obzirom na smanjenu količinu materijala koja ostane kontaminirana potrebne su dodatne metode sanacije. Ispiranje tla se generalno smatra isplativom metodom, s troškovima od oko 113 dolara po metru kubnom (Meuser, 2013).

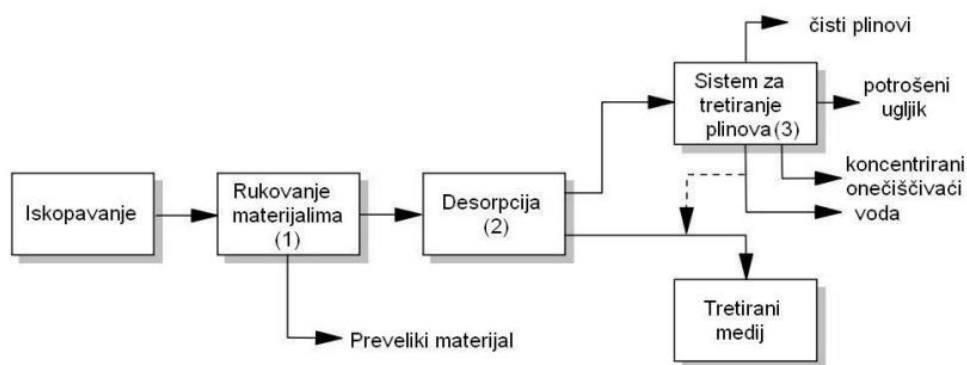
**Spaljivanje** je često korištena metoda za obradu kontaminiranog tla, pri čemu se primjenjuju visoke temperature od 870 do 1200°C kako bi se uništili štetni spojevi (slika 6-8). Prema Hollander i sur.(2010) ova metoda podrazumijeva iskopavanje tla, a spalionice mogu biti stacionarne i mobilne, što znači da tlo u slučaju mobilnih spalionica mora biti transportirano na drugu lokaciju. Najčešće korišteni sustavi spaljivanja uključuju infracrvenu tehnologiju ili rotacijske peći. Tijekom spaljivanja nastaju plinovi kao što su; sumporov dioksid (koji može izazvati kisele kiše), vodikov klorid (koroziivan), klorovodik (štetan za okoliš i zdravlje) i dr. Prema tome ti se plinovi moraju pažljivo kontrolirati prilikom ispuštanja u atmosferu, dok bi pepeo koji preostajetrebalo zbrinuti. Ova metoda se koristi već dugi niz godina te je učinkovita u sanaciji tla onečišćenog polutantima organskog podrijetla (Hrelja, 2016). Okvirni troškovi ove metode u SAD-u iznose od 34 do 228 dolara po metru kubnom (Meuser, 2013).



Slika 6-8 Shematski prikaz spaljivanja (Hrelja, 2013)



**Toplinska desorpcija** odnosno termalna desorpcija inovativna metoda je koja koristi toplinu kako bi se povećala nestabilnost onečišćivača tla i kako bi se uklonili od čvrste faze tla. U odnosu na metodu spaljivanja gdje se na visokim temperaturama uništavaju onečišćivači u tlu, kod termalne desorpcije se oni sakupljaju u obliku pare kako bi se mogli kemijski razgraditi. Toplinska desorpcija stoga ima dvije glavne komponente; sustav za desorpciju i sustav za tretiranje pare (slika 6-9) (Hrelja, 2013). Ovom metodom omogućeno je precizno upravljanje temperaturom što za rezultat ima bolju kontrolu uvjeta. Nakon desorpcije slijedi izdvajanje onečišćivača i prikupljanje za daljnje zbrinjavanje, a tlo može biti ponovno upotrijebljeno. Velike zagađene površine mogu uvelike utjecati na količinu energije potrebnu za zagrijavanje tla što rezultira većim troškovima. Zagrijavanjem tla mijenjaju se fizička i kemijska svojstva koja mogu negativno utjecati na kvalitetu tla nakon obrade. Sama toplinska desorpcija je sustav za fizičko odvajanje i ne rezultira uništenjem onečišćivača već smanjuje njihov volumen (Hrelja, 2013).



**Slika 6-9** Shematski prikaz toplinske desorpcije (Hrelja, 2013)

## 6.2. Prijedlog metoda sanacije, program istražnih radova i monitoring

Za odabir odgovarajućih sanacijskih postupaka u početku je ključno provesti program istražnih radova kako bi se ustvrdilo kojim metodama sanacije pristupiti na samoj lokaciji. Svrha istraživanja je utvrditi stupanj kontaminacije i razviti strategiju za sanaciju. Na lokaciji bivše tvornice „Dalmacija“ u Dugom Ratu provedena je takva procedura. Pregledom lokacije uspostavljene su smjernice za istraživanje.

Povijesni opis tvornice i vrste aktivnosti koje su se provodile, te prethodne informacije o mogućim izvorima onečišćenja, utvrđuju su specifičnosti lokacije. Prethodnim razgovorima s bivšim zaposlenicima koji su tijekom vremena rada Tvornice radili na lokaciji utvrdile su se pojedinosti i aktivnosti proizvodnih procesa te dobile korisne informacije o mjestima nekadašnjih industrijskih procesa (Hollander i sur., 2010). Detaljno i kvalitetno prikupljanje podataka je bitan parametar koji usmjerava daljnje postupanje na lokaciji. Istražnim bušenjem može se odrediti količina odložene troske te podaci o sastavu i njenoj debljini. Kao dio analize za utvrđivanje stupnja kontaminacije treba uključiti i mjerenje radioaktivnosti odložene troske, analizu tla za identifikaciju onečišćivača i karakteristike uzoraka i mjerenja buke zbog potrebe sanacije i transporta.

Nakon prikupljenih podataka slijedi detaljan opis analize tla i troske, laboratorijska analiza za točno identificiranje vrste i koncentracije onečišćenja. U obzir se uzima i ispitivanje pogodnosti ostatnog materijala za korištenje u drugu namjenu npr. nasipni materijal. Prema Projektu Uvala d.o.o. (2015) nužno je utvrditi je li materijal ispunjava sve relevantne zahtjeve u pogledu proizvoda, zaštite okoliša i zdravlja ljudi za tu konkretnu uporabu i neće dovesti do značajnih štetnih učinaka na okoliš ili zdravlje ljudi. Procjenom rizika razmatra se potencijalan utjecaj kontaminacije na zdravlje i okoliš. Odabir odgovarajućih podataka i detaljna analiza bitno utječe na proces odabira najučinkovitije metode sanacije. Na temelju prethodnih analiza i procjene rizika odabire se metoda sanacije. Izrada okvirnih troškovnika za različite pristupe sanaciji i pripisivanje okvirnog trajanja a na kraju odabir najoptimalnije metode. Pri izboru optimalne metode sanacije, troškovi su najvažniji faktor pošto mogu sezati do milijunskih iznosa ovisno o stupnju onečišćenja. Ključni aspekt koji utječe na troškove je odabir pogrešne tehnologije, posebno u odnosu na specifične uvjete lokacije. Kako bi se osigurao uspjeh bitno je odabrati pravilnu metodu sanacije.

Održavanje i monitoring lokacije uključivalo bi prilagođavanje prema dugoročnim metodama sanacije i praćenje projektnog ciklusa. To uključuje provjeru učinkovitosti primijenjenih metoda sanacije na lokaciji bivše tvornice i postavljanje ciljeva opažanja, uključujući evaluaciju postizanja očekivanih rezultata sanacije. Glavne metode praćenja odnosile bi se na redovno uzorkovanje tla, vode, zraka i biljnog materijala. Postavljanjem postaja za mjerenje i senzora kvalitete zraka, mora i tla osiguralo bi se daljnje kontinuirano praćenje parametara okoliša koji su relevantni za opisane metode. Redovitom analizom rezultata ispitivanja i opažanja potrebno je identificirati eventualne probleme ili odstupanja

od očekivanih rezultata te voditi dokumentaciju i izvještaje o nalazima i opažanjima. Opažanjima i analizom valja prilagoditi sanacijske mjere prema potrebi kako bi se poboljšala učinkovitost i postigao dugoročni cilj zaštite okoliša.

Na temelju opisanih metoda sanacije u prethodnom poglavlju te pregledom sanacijskog programa i ostalih dostupnih podataka o bivšoj Tvornici *Dugi rat* predložene su dvije metode, fitoremedijacija i solidifikacija. Te metode predstavljaju odgovarajući pristup sanacije kontaminiranog područja bivše tvornice. Fitoremedijacija je dugoročno održiva metoda koja ne zahtjeva prevelike napore i u odnosu na druge metode je jeftina. Korištenjem biljaka koje imaju sposobnost apsorbiranja, akumuliranja i biološke promjene kontaminacije u tlu mogu se uklanjati teški metali koji mogu biti prisutni na lokaciji tvornice „Dalmacija“ u Dugom Ratu. Ekološki je prihvatljiva metoda jer koristi prirodne procese za čišćenje tla. Ta metoda je također u skladu sa održivim pristupima jer su potrebe za kemijskim i mehaničkim postupcima minimalne koje izravno imaju negativan utjecaj na okoliš. Lokacija bivše tvornice može biti osjetljiva na ekološke promjene stoga fitoremedijacija nudi rješenje bez dodatnog opterećenja. No osim smanjenja kontaminacije u tlu, fitoremedijacija može poboljšati kvalitetu tla i potaknuti obnovu. Ovo može biti posebno važno za lokaciju bivše tvornice koja bi mogla biti preuređena u parkove, rekreacijske prostore ili stambene objekte. Naime biljke mogu doprinijeti poboljšanju strukture tla, povećati koncentracije organskih tvari što za posljedicu ima stvaranje zdravijeg tla. Metoda solidifikacije je također predložena jer uključuje miješanje kontaminiranog tla s vezivom najčešće je to beton koji stvara čvrstu, nepropusnu i stabilnu masu odnosno blok. Time je znatno ograničena mobilnost onečišćenja i daljnje širenje u okoliš. Postupak solidifikacije tla smanjuje propusnost što ujedno smanjuje rizik od zagađenja podzemnih voda te je i mogućnost zagađenja zraka prašinom maja. Razvrstavanjem materijala i drobljenjem može se iskoristiti dio materijala koji nije onečišćen za nasipavanja i time smanjiti troškove. Iako inicijalni troškovi mogu biti visoki zbog potrebe iskopavanja, dugoročno su jedna od najisplativijih metoda ako se praćenje i održavanje obavlja redovito. Ta metoda ima mogućnost primjene na tla od vrlo malo kontaminiranih pa sve do onih tala gdje su prisutni teški metali te uvelike daje prednost nad drugim metodama sanacije. Smatra se da je to izuzetno bitno za lokacije poput bivše tvornice „Dalmacija“ u Dugom Ratu gdje bi mogli biti prisutni raznoliki složeni onečišćivači. Bolja struktura tla i mogućnost gradnje objekata ili nadogradnje postojeće infrastrukture direktno je vezano za solidifikaciju koja poboljšava strukturu tla. Time tlo postaje pogodno za daljnju uporabu.

## 7. ZAKLJUČAK

*Brownfield* područja su napuštena ili neadekvatno korištena zemljišta i objekti koji su nekada korišteni u komercijalne, vojne i industrijske svrhe. Trenutno su neaktivna i nerijetko kontaminirana. Takva područja radi povijesnih namjena sadrže često opasne tvari te su zato izazov za ponovnu uporabu.

Zemlje diljem svijeta već neko vrijeme prepoznaju *brownfield* područja. Njihove prednosti su postojanje potrebne infrastrukture, iskorištavanje „starih“ zemljišta i očuvanje zelenih površina u samim centrima velikih gradova pa do ruralnih područja. Međutim takve procedure su popraćene i brojnim problemima od kojih su najvažniji neriješeni imovinsko-pravni odnosi, administrativne procedure, ograničene mogućnosti financiranja i drugo što dodatno usporava sanaciju. Neriješeni imovinsko-pravni odnosi otežavaju ponovnog investiranje što izravno utječe na ponovnu uporabu. Nedostatak strateških planova za prenamjenu *brownfield* prostora uvelike doprinosi usporavanju cijelog postupka revitalizacije. Međutim lokalne vlasti se u suradnji sa državnim sve više zalažu za obnove *brownfield* lokacija. Također se koriste EU fondovi kojima se prijavljuju projekti takve vrste. Pokriveni troškovi sanacije i prenamjene motiviraju nove ulagače u takva područja.

Primjer tvornice Dalmacija u Dugom Ratu predstavlja veliki izazov ali i priliku za revitalizaciju i održivi razvoj. Radom tvornice tijekom više od stotinu godina ostavljena je velika količina otpada i materijala. Blizina mora, ostavljeni otpad na koji utječu sve vremenske prilike kao i blizina samog naselja predstavlja *brownfield* lokaciju s vrlo složenim prilikama koja zahtijeva sanaciju. Za dobivanje prave slike sastavnica okoliša kao što su voda, zrak, tlo, klimatski uvjeti, biološka raznolikost, zvuk (buka), geološki aspekti, otpad i otpadne tvari, energija i socijalno-ekonomski čimbenici potrebno je provesti detaljne i kvalitetne istražne radove.

U ovom radu su, na temelju analize parametara dobivenih terenskim i laboratorijskim ispitivanjima, odabrane adekvatne metode sanacije kojima bi se obuhvatila lokacija u cjelini. Odabrane metode su Fitoremedijacija i solidifikacija kojima bi se spriječilo daljnje širenje onečišćenja i pripremlilo tlo za daljnju namjenu. Provođenjem navedenih postupaka bilo bi potrebno pratiti parametre svake pojedine sastavnice okoliša, s ciljem naknadne prenamjene prostora u stambene, turističke, rekreacijske objekte i sl.

## 8. LITERATURA

Aeroqual, 2022, What is the difference between brownfield and greenfield sites URL: <https://www.aeroqual.com/blog/brownfield-vs-greenfield-sites> (10.08.2024)

Balinović, R. (2017). 'Ekološke crne točke u Hrvatskoj i njihova sanacija', Završni rad, Veleučilište u Karlovcu, citirano: 24.08.2024.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 2015, URL: [https://www.bgr.bund.de/DE/Home/homepage\\_node.html](https://www.bgr.bund.de/DE/Home/homepage_node.html) (02.08.2024.)

Dixon, T.J. i sur. (2007). Sustainable Brownfield Regeneration; Liveable Places from Problem Spaces. Blackwell Publishing, Oxford, UK.

EPA – Environmental Protection Agency (1994). How to evaluate alternative cleanup technologies for underground storage tanks sites: A guide for corrective action plan reviewers

FRTR – Federal Remediation Technologies Roundtable, 2020, URL: <https://www.frtr.gov/matrix/default.cfm> (07.09.2024.)

Gray, Greenfield vs. Brownfield, 2024., URL: <https://www.gray.com/> (15.07.2024.)

Habrun, Sunčana & Vidaković, Martina., 2021. Registar brownfield područja u Republici Hrvatskoj / Brownfield Register in the Republic of Croatia.

Hollander, J.B. i sur., 2010. Principles of Brownfield Regeneration. Island Press, Washington DC

Hrelja, I. 2016. 'Suvremene metode sanacije tla u urbanim sredinama', Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, citirano: 02.09.2024.

Ivanjko, L. (2016). 'Smanjenje emisija hlapljivih organskih spojeva u atmosferu', Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, citirano: 02.08.2024.

Kuo, J., 2014. Practical Design Calculations for Groundwater and Soil Remediation. CRC Press, Boca Raton.

Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Tvornica karbida i ferolegura Dalmacija – Dugi rat, 2021, URL: <https://tehnika.lzmk.hr/dalmacija-tvornica-karbida-i-cijanamida-dugi-rat/> (26.7.2024.)

Matković, I., i Jakovčić, M. (2019). 'Brownfield prostori i njihova regeneracija; Definicije i pristupi', Prostor, 27(2(58)), str. 348-359.

Meuser, H., 2013. Soil Remediation and Rehabilitation; Treatment of Contaminated and Disturbed Land. Springer, Dordrecht.

NARODNE NOVINE br. NN 84/2023 Odluka o donošenju Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2023. – 2028. godine, Zagreb: Narodne novine d.d.

NARODNE NOVINE br. NN 56/2023 Pravilnik o gospodarenju otpadom iz rudarske industrije, Zagreb: Narodne novine d.d.

NARODNE NOVINE br. NN 84/2021 Zakon o gospodarenju otpadom, Zagreb: Narodne novine d.d.

NARODNE NOVINE br. NN 153/2013 Zakon o gradnji, Zagreb: Narodne novine d.d.

NARODNE NOVINE br. NN 80/2013 Zakon o zaštiti okoliša, Zagreb: Narodne novine d.d.

NARODNE NOVINE br. NN 40/2018 Pravilnik o praćenju stanja radioaktivnosti u okolišu, Zagreb: Narodne novine d.d.

NARODNE NOVINE br. NN 78/2015 Zakon o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje, Zagreb: Narodne novine d.d.

POVIJEST HRVATSKE INDUSTRIJE, Kem. Ind. 69 (9-10), 2020, 572–574, URL: <https://hrcak.srce.hr/file/355127>

Pitchel, J., 2007. Fundamentals of Site Remediation. Government Institutes, an imprint of The Scarecrow Press, Inc., Maryland.

Republika Hrvatska, Ministarstvo gospodarstva, URL: <https://mingo.gov.hr/> (22.08.2024.)

Smjernice za sanaciju industrijski onečišćenih „brownfield“ područja (Brownfield Remediation Roadmap), 2024, URL: <https://cbr.grad.hr/> (10.06.2024.)

Sanacijski program tvorničkog kruga bivše tvornice ferolegura u dugom ratu, 2015

Sheriff construction, What are the pros and cons of brownfield sites, 2024., URL: <https://sheriffconstruction.co.uk/> (01.09.2024.)

The Independent, Barcelona becomes the model for regenerating British cities, 1999. URL: <https://www.independent.co.uk/news/barcelona-becomes-the-model-for-regenerating-british-cities-1102070.html> (01.09.2024.)

Tanis, F. and Erkök, F. (2016) “Learning From Waterfront Regeneration Projects and Contemporary Design Approaches of European Port Cities”, *International Planning History Society Proceedings*, 17(3), pp. 151–161. doi: 10.7480/iphs.2016.3.1259. URL: <https://journals.open.tudelft.nl/iphs/article/view/1259> (05.09.2024.)

U. Ferber & D. Grimski, 2002, Brownfields and Redevelopment of Urban Areas, A report from the Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies (CLARINET)