ECOINA
ZA ZAŠTITU OKOLIŠA d.o.o. SR Njemačke 10, 10020 Zagreb
Telefon: +385 1 66 00 559 Telefax: +385 1 66 00 561 E-mail: ecoina@zg.t-com.hr

Naručitelj: **Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva Republike Hrvatske**

Građevina: **Odlagalište opasnog otpada: Jama Sovjak**

Lokacija: **Općina Viškovo**

Ugovor br: **9/944/06**

PROGRAM SANACIJE

industrijskih lokacija onečišćenih većim količinama opasnih tvari (azbest, katran, ulja i slično):

"JAMA SOVJAK KOD RIJEKE"

- konačna verzija -

Direktor:

Zagreb, rujan 2007.

Jurica Mikulić, dipl.ing.

ECOINA d.o.o
ZA ZAŠTITU OKOLIŠA
SR NJEMAČKE 10, ZAGREB

Sanacijski program izradili:

Mirko Budiša, dipl.ing. kem. tehnologije

Sonja Burela, dipl.ing. kem. tehnologije

Ratko Vasiljević, dipl.ing. geologije

Hrvoje Majhen, dipl.ing. biotehnologije

Branko Đopa, dipl.ing. građevinarstva

Kolja Mikulić, dipl.ing. strojarstva

Miljenko Mihaljinec, dipl.ing. strojarstva

Blaženka Vulinović, dipl.oec.

SUGLASNOST MINISTARSTVA ZAŠTITE OKOLIŠA, PROSTORNOG UREĐENJA I GRADITELJSTVA ZA IZRADU STRUČNIH PODLOGA I ELABORATA ZAŠTITE OKOLIŠA

REPUBLIKA HRVATSKA
MINISTARSTVO ZAŠTITE OKOLIŠA,
PROSTORNOG UREĐENJA I
GRADITELJSTVA
10000 Zagreb, Ulica Republike Austrije 20
Tel: 01/37 82-444 Fax: 01/37 72-822

Klasa: UP/I-351-02/06-08/135
Ur.broj: 531-08-3-1-ZV-06-2
Zagreb, 9. listopada 2006.

Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva temeljem članka 9. Zakona o zaštiti okoliša («Narodne novine», br. 82/94 i 128/99) i članka 10. Uredbe o uvjetima za izdavanje suglasnosti za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša («Narodne novine», br. 7/97, u daljnjem tekstu: Uredba), povodom zahtjeva «Ecoine» d.o.o. iz Zagreba, SR Njemačke 10, radi produljenja suglasnosti za obavljanje poslova stručne pripreme i izrade studija utjecaja na okoliš, donosi

RJEŠENJE

1. Izdaje se suglasnost **«Ecoini» d.o.o. iz Zagreba, SR Njemačke 10**, za obavljanje poslova stručne pripreme i izrade studija utjecaja na okoliš.

2. Suglasnost se daje na rok od 3 godine, od 5.10.2006. do 5.10.2009.

3. Podnositelju zahtjeva «Ecoini» d.o.o. može se na prijedlog Stručnog povjerenstva oduzeti ova suglasnost ili ako se inspekcijskim nadzorom utvrdi da je prestao ispunjavati uvjete propisane čl.8. Uredbe i čl.28. Zakona o zaštiti okoliša.

Obrazloženje:

«Ecoina» d.o.o. podnijela je dana 18.9.2006. zahtjev za produljenje suglasnosti za obavljanje poslova stručne pripreme i izrade studija utjecaja na okoliš.
Uz zahtjev je tvrtka priložila slijedeće dokaze iz članka 11. Uredbe: izvadak iz sudskog registra Trgovačkog suda o upisu predmeta poslovanja - djelatnosti: stručni poslovi zaštite okoliša; preslike radnih knjižica te izjavu ovjerenu od javnog bilježnika za troje zaposlenih visoke stručne spreme, u stalni radni odnos, na neodređeno vrijeme, s preko pet godina iskustva, koji su radili na izradi stručnih podloga; popis studija o utjecaju na okoliš; preslike naslovnih stranica nekih studija s navedenim autorima; podatke o poslovnom prostoru; upravne pristojbe.
Podnositelj zahtjeva, «Ecoina» d.o.o., obavijestit će Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva o mogućim promjenama uvjeta iz članka 4. Uredbe.

Temeljem članka 10. Uredbe, valjalo je riješiti kao u izreci.

<u>Pouka o pravnom lijeku:</u>
Protiv ovog rješenja ne može se izjaviti žalba, ali se može u roku od ~~30 dana~~ od dana dostave rješenja pokrenuti upravni spor tužbom Upravnom sudu Republike Hrvatske.

REPUBLIKA HRVATSKA — MINISTARSTVO ZAŠTITE OKOLIŠA, PROSTORNOG UREĐENJA I GRADITELJSTVA — ZAGREB

DRŽAVNI TAJNIK
dr. Nikola Ružinski

Dostaviti:
1. Ecoina d.o.o., SR Njemačke 10, Zagreb
2. Uprava za inspekcijske poslove, ovdje
3. Evidencija, ovdje

SADRŽAJ

Stranica

1.0.	**UVOD**	**1**
1.1.	Uvodne napomene	1
1.2.	Smještaj odlagališta opasnog otpada "jama Sovjak" u prostoru	1
1.3.	Kratak opis lokacije i prostora oko lokacije jame Sovjak	2
1.4.	Prirodne karakteristike i pojave šireg područja jame Sovjak	3
2.0.	**ANALIZA VRSTE ONEČIŠĆENJA OKOLIŠA KAO I ANALIZA I SAŽETAK SVIH POSTOJEĆIH ANALIZA**	**5**
2.1.	Vrste i količine odloženog otpada	5
2.2.	Fazna raslojenost otpadnih tvari u jami Sovjak	7
2.3.	Odnosi odloženog otpada u jami Sovjak	8
2.4.	Sažetak izrađene dokumentacije za sanaciju jame Sovjak	9
3.0.	**PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽNIH RADOVA KAO I PROVEDBA EVENTUALNO DODATNIH ISTRAŽNIH RADOVA**	**11**
3.1.	Rezultati istražnih radova iz 1987. godine	11
3.2.	Rezultati istražnih radova iz 1997. godine	12
3.3.	Rezultati istražnih radova iz 2002. godine	13
3.4.	Rezultati mjerenja iz 2003. godine	14
3.5.	Rezultati istražnih radova iz 2007. godine	14
3.6.	Rezultati mjerenja i proračuna volumena p slojeva u jami Sovjak	17
3.7.	Zaključak istražnih radova	18
4.0.	**PRIJEDLOG PROIZVODNIH I DRUGIH RJEŠENJA S OCJENOM PRIKLADNOSTI ODABRANOG RJEŠENJA NA DUGOROČNE UČINKE NA OKOLIŠ**	**20**
4.1.	Materijalna bilanca prisutnih količina otpadnih tvari u jami Sovjak	21
4.2.	Pravni aspekti sanacije jame Sovjak	23
4.3.	Kriteriji za izbor tehnologije sanacije jame Sovjak	25
4.3.1.	In situ sanacijska rješenja	31
4.3.1.1.	*Prekrivanje i kapiranje neuređenog odlagališta s drenažom oborinske vode*	*31*
4.3.1.2.	*In situ solidifikacija/stabilizacija (S/S) odloženog otpada*	*32*
4.3.1.3.	*Enkapsulacija onečišćenog prostora opasnim otpadom*	*33*
4.3.1.4.	*Zaključne konstatacije glede mogućnosti primjene In situ tehnoloških rješenja za sanaciju jame Sovjak*	*33*
4.3.2.	Ex situ tehnološka rješenja	34
4.3.2.1.	*Vađenje otpada i solidifikacija/stabilizacija (S/S postupak)*	*35*
4.3.2.2.	*Plazma obrada izvađenog otpada*	*36*
4.3.2.3.	*Vađenje otpada i spaljivanje u incineratoru*	*37*
4.3.2.4.	*Niskotemperaturna piroliza izvađenog otpada*	*38*
4.3.2.5.	*Termička desorpcija izvađenog otpada*	*39*
4.3.2.6.	*Rasplinjavanje izvađenog otpada*	*40*
4.3.3.	Sažeti prikaz prednosti i nedostataka predloženih tehnologija i njihova usporedba	40
4.4.	Odabrano tehničko-tehnološko rješenje za sanaciju jame Sovjak	44
4.5.	Opis izabranog tehničko-tehnološkog rješenja sanacije jame Sovjak	46
4.5.1.	Vađenje i zbrinjavanje metalnog i drugog otpada s površine jame Sovjak	46
4.5.2.	Vađenje i obrada plivajućeg sloja ugljikovodika	47
4.5.3.	Vađenje i obrada otpadnih voda iz jame Sovjak	50
4.5.4.	Vađenje i obrada mekog i tvrdog katrana (gudrona) postupkom solidifikacije/stabilizacije (S/S postupak)	54
4.5.5.	Enkapsulacija zaostalog otpada i punjenje jame inertnim materijalom	63
4.5.6.	Ugradnja završnog brtvenog sustava	64
5.0.	**OPIS NASELJENOSTI U BLIŽOJ OKOLINI I GOSPODARSKE AKTIVNOSTI NA KOJE BI SAM POSTUPAK SANACIJE MOGAO UTJECATI**	**66**
6.0.	**UTVRĐENA PRIHVATLJIVOST ZAHVATA S OBZIROM NA UTJECAJ NA OKOLIŠ**	**67**

7.0. MJERE ZA USPOSTAVLJANJE PRETHODNE KAKVOĆE STANJA OKOLIŠA ILI POBOLJŠANJE POSTOJEĆEG STANJA ONEČIŠĆENJA OKOLIŠA (UKLJUČUJUĆI COST BENEFIT ANALIZU) 69
8.0. MJERE ZAŠTITE OKOLIŠA 72
8.1. Mjere zaštite okoliša tijekom provedbe sanacije 72
8.1.1. Mjere zaštite za sprječavanje i/ili reduciranje razine buke 72
8.1.2. Mjere zaštite za sprječavanje onečišćenja tla i podzemlja tijekom vađenja i obrade otpada 73
8.1.3. Mjere zaštite za sprječavanje emisija i razvoja neugodnih mirisa tijekom vađenja otpada 73
8.1.4. Mjere zaštite za sprječavanje i/ili reduciranje onečišćenja zraka tijekom obrade otpada 73
8.1.5. Mjere zaštite za pročišćavanje otpadnih voda 74
8.1.6. Mjere zaštite tijekom zatvaranja i kapiranja jame Sovjak završnim brtvenim sustavom 74
8.2. Mjere zaštite na radu tijekom provedbe sanacije 74
8.2.1. Izrada Elaborata zaštite na radu 75
8.2.2. Opće mjere zaštite radnika tijekom vađenja i obrade otpada 75
8.2.3. Redovite mjere zaštite radnika tijekom sanacije jame Sovjak 75
8.2.4. Izvanredne mjere zaštite radnika 76
8.2.5. Mjere zaštite na radu na visini 76
8.2.6. Mjere zaštite od kretanja transportnih sredstava 76
8.2.7. Mjere zaštite kod montaže uređaja za obradu otpada 76
8.2.8. Osiguranje smještaja i sanitarni čvor 76
8.2.9. Ostale mjere zaštite na radu 76
8.3. Kontrola emisija tijekom sanacije (vode, zrak, kakvoća obrađenog otpada, kakvoća eluata) 77
8.3.1. Praćenje kakvoće otpadnog ulja tijekom obrade plivajućeg uljnog sloja 77
8.3.2. Praćenje kakvoće pročišćene otpadne vode na izlazu iz uređaja za obradu otpadnih voda 77
8.3.3. Praćenje emisija u zrak iz uređaja za solidifikaciju/stabilizaciju 78
8.3.4. Praćenje kakvoće dobivenog produkta iz uređaja za solidifikaciju/stabilizaciju 78
8.3.5. Praćenje kakvoće podzemne vode na izvorištima u priobalju 78
9.0. REDOSLIJED I ROKOVI PROVEDBE SANACIJSKOG PROGRAMA S RAZRAĐENIM TROŠKOVNIKOM 79
9.1. Redoslijed i rokovi provedbe sanacijskog programa 79
9.2. Troškovi provedbe sanacijskog programa 81
10.0. PRIJEDLOG PRAĆENJA LOKACIJE NAKON SANACIJE JAME SOVJAK 84
11.0. PLAN OSIGURANJA SREDSTAVA UKLJUČUJUĆI TROŠKOVE ODŠTETE ZA UMANJENJE VRIJEDNOSTI I OŠTEĆENJE OKOLIŠA 85
12.0. NATJEČAJNA DOKUMENTACIJA TA IZVOĐENJE RADOVA 86
13.0. LITERATURA 107

PRILOZI:

Prilog 1. Izvod iz katastarskog plana
Prilog 2. Rezultati analiza istražnih radova iz 1987.g.
Prilog 3. Rezultati analiza istražnih radova iz 1997.g.
Prilog 4. Rezultati analiza istražnih radova iz 2002.g.
Prilog 5. Rezultati analiza istražnih radova iz 2003.g.
Prilog 6. Grafički prikaz sanacijskih aktivnosti jame Sovjak

PRILOZI UZ NATJEČAJNU DOKUMENTACIJU:

Prilog A. Rezultati analiza plivajućeg sloja ugljikovodika
Prilog B. Rezultati analiza akumulirane otpadne vode u podpovršinskom sloju jame Sovjak
Prilog C. Rezultati analiza mekog i tvrdog katrana

1.0. UVOD

1.1. Uvodne napomene

Tijekom 2004. godine Ministarstvo zaštite okoliša prostornog uređenja i graditeljstva je evidentiralo točke visokog rizika tzv. "crne točke" opterećene opasnim otpadom među koje je svrstana i lokacija "Jama Sovjak" kod Rijeke. Lokacija "jame Sovjak" predstavlja neuređeno odlagalište opasnog otpada jer nema izveden niti temeljni niti završni brtveni sloj. Zbog korištenog načina rada i količine odloženog u najvećoj mjeri proizvodnog opasnog otpada, uži dio lokacije i sama lokacija Sovjak predstavlja oštećeni odnosno onečišćeni dio okoliša.

Onečišćivač okoliša dužan je izraditi i provesti sanacijski program za uklanjanje oštećenja okoliša kako bi se postigli osnovni ciljevi zaštite okoliša definirani Zakonom o zaštiti okoliša (NN 82/94, 128/99). U skladu s Zakonom o otpadu (NN 1768/04, 111/06), država je dužna osigurati sanaciju zatečenih lokacija opterećenih opasnim otpadom od strane nepoznate osobe ili osobe koja je prestala postojati. Prema usvojenoj nacionalnoj Strategiji gospodarenja s otpadom (NN 130/05), za sanaciju starih opterećenja nadležno je Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva koje svoje aktivnosti koordinira s Fondom za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost i jedinicama lokalne samouprave.

Izrađenim sanacijskim programom za odlagalište opasnog otpada Sovjak, će se obzirom na utvrđenu vrstu onečišćenja okoliša odabrati tehničko-tehnoloških rješenja za obradu i konačno zbrinjavanje odloženog otpada, definirati sustava mjera za poboljšanje postojećeg stanja okoliša i praćenje stanja okoliša nakon sanacije, te definirati terminski plan provedbe sanacijskih aktivnosti uz procjenu ukupnih investicijskih troškova. Osnovni sadržaj i opseg Sanacijskog programa određen je Zakonom o zaštiti okoliša (NN 82/94, 128/99) te projektnim zadatkom izrađenim od strane Ministarstva zaštite okoliša prostornog uređenja i graditeljstva.

Izrađeni Sanacijski program predstavlja stručnu osnovu za izradu natječajne dokumentacije i provedbu svih predviđenih radova. Za izradu Sanacijskog programa koristili su se rezultati postojećih istražnih radova u jami Sovjak, rezultati istražnih radova na predmetnoj lokaciji provedeni tijekom izrade ove dokumentacije, podaci praćenja stanja okoliša i meteoroloških parametara, literaturni podaci, postojeća stručna dokumentacija vezana uz mogućnost saniranja jame Sovjak, podaci i iskustva iz svjetske prakse kod sanacije istih ili sličnih lokacija te važeći zakonski propisi i tehničke norme.

1.2. Smještaj odlagališta opasnog otpada "jama Sovjak" u prostoru

Jama odnosno odlagalište opasnog otpada Sovjak nalazi se na širem riječkom području u Primorsko-goranskoj županiji. Udaljena je od Grada Rijeke oko 10 km sjeverozapadno, a od obalne linije oko 4 km. Smještena je u općini Viškovo na rubnom dijelu naselja Marinići. U neposrednoj blizini jame Sovjak nalazi se odlagalište komunalnog otpada Viševac. Od državne granice s Republikom Slovenijom jama Sovjak udaljena je oko 10 km zračne linije. Oba odlagališta nastala su na mjestu prirodnih kraških vrtača na nadmorskoj visini od 303,5 m. Na slici 1 je aerosnimak odlagališta opasnog otpada Sovjak i obližnjeg odlagališta komunalnog otpada Viševac.

Slika 1. Aerosnimak odlagališta proizvodnog otpada Sovjak i odlagališta komunalnog otpada Viševac

1.3. Kratak opis lokacije i prostora oko lokacije jame Sovjak

Odlagalište Sovjak je formirano u vrtači promjera 90 m i dubine oko 30 m sa vrlo strmim rubovima. Unutar radijusa od nekoliko stotina metara oko jame Sovjak postoji više od desetak vrtača različitih promjera i dubina. Najbliža vrtača jami Sovjak je vrtača Viševac dubine oko 50 m, koja se od 1964.god koristi za odlaganje komunalnog otpada. Oko 300 m sjeverozapadno od odlagališta, nalazi se jezero Kapitovac također smješteno u velikoj depresiji.

S odlaganjem opasnog otpada u jami Sovjak započelo se još 1956. godine, a prestalo 1990.godine kada je zbog zapunjenosti odlagalište zatvoreno. Prema provedenim proračunima, volumen jame ne može prelaziti 150.000 m^3, ne računajući nepoznate volumene džepova pri njenom dnu. U periodu korištenja, a na temelju postojeće evidencije i procjene u ovu jamu je odloženo oko 250.000 m^3 raznog opasnog otpada. Vidljivo je kako je odlagalište Sovjak nastalo i korišteno u vremenu kada propisi iz zaštite okoliša nisu postojali, što znači da je odlagalište odabrano bez prethodnih analiza i istražnih radova i korišteno bez primjene bilo kakvih tehničkih mjera zaštite okoliša i postojanja potrebne komunalne infrastrukture.

Oko odlagališta je naknadno postavljena žičana ograda visine 2,3 m, a površina unutra ove ograde iznosi 9.895 m^2. Sa sjeverne strane jame, izgrađen je potporni betonski zid kako bi se povećao volumen odlagališta i spriječilo prelijevanje sadržaja izvan jame. Na zapadnom prilazu jami Sovjak nalazi se hidrantska mreža i niskonaponski dalekovod s rasvjetom. Uz sjevernu granicu odlagališta prolazi dalekovod 2x220 kV Melina-Plomin i Pehlin-Plomin.

Do jame Sovjak dolazi se asfaltiranom pristupnom cestom u dužini od cca 100 m koja se odvaja od prometnice Viškovo-Marinići. Ova prometnica povezuje općinu Viškovo i Grad Rijeku najbližim putem. Uz ovu prometnicu u neposrednoj blizini Sovjaka razvio se veći broj naselja od kojih je naselje Marinići najveće. U okviru ovog naselja prve stambene kuće nalaze se na udaljenosti manjoj od 50 m od jame Sovjak, što sam prostor danas čini dosta urbaniziranim. Na slici 2 su foto prikazi odlagališnog prostora jame Sovjak.

Slika 2. Foto prikazi odlagališnog prostora "jame Sovjak"

1.4. Prirodne karakteristike i pojave šireg područja jame Sovjak

Šire područje predmetne lokacije čini kraški teren s postojanjem vrtača, jama, ponora i drugih prirodnih oblika karakterističnih za krš. Jedan od takvih oblika je i vrtača Sovjak sa karakterističnim strmim stijenkama vidljivim iznad površine odloženog otpada. Prema podacima, u blizini dna vrtače je postojala prostrana spilja vjerojatno zapunjena otpadom. Okomite stijene vrtače od vrha pa do površine odloženog otpada je intenzivno frakturirano (slika 3), s vjerojatnom prisutnošću identične situacije i u dubinu vrtače. S obzirom da nema karakteristični konusni oblik vrtače formiran u starijoj geološkoj prošlosti (kao npr. vrtača Viševac), Sovjak predstavlja novoformiranu vrtaču nastalu urušavanjem pokrovnog dijela.

Slika 3. Foto prikazi postojanja fraktura stijenja u vrtači Sovjak

Hidrogeološke karakteristike na širem razmatranom području su tipične za razvijeni krš. Riječko područje karakteriziraju visoke oborine od 1.500 do 5.000 mm/god. Direktni unos oborinske vode u jamu Sovjka godišnje iznosi do 11.000 m^3. Najveća količina oborina se na krškoj podlozi brzo infiltrira u podzemlje i otječe prema izvorima u priobalju, što je uvjetovano strukturnom građom. Izdašnost izvora varira u direktnoj ovisnosti o oborinama, jer voda otječe kroz pukotine koje omogućavaju velike brzine toka. Horizontalna brzina kretanja vode prema mjerenim podacima iznosi od 1-10 cm/s i u višekilometarskim udaljenostima. Podzemna voda se ispušta u more kroz izvore duž obale Jadranskog mora, te kroz podmorske izvore od kojih neki mogu biti udaljeni od obale i na dubinama većim od više desetaka metara.

Dinaridni krš je osjetljiv na pojavu onečišćenja podzemnih voda izazvanu ljudskim aktivnostima. Zbog toga su mnogi izvori onečišćeni i neupotrebljivi za ljudske aktivnosti (npr. vodu za piće). Sukladno određivanju zona sanitarne zaštite izvorišta koji se koriste za vodoopskrbu, a kojima su prethodili istražni radovi određivanja smjera i brzine toka podzemne vode na širem riječkom području postupkom trasiranja, šire područje jame Sovjak je svrstano u IV zonu sanitarne zaštite.

Na temelju razvijenosti krških pojava i nepostojanju hidrološke mreže, može se očekivati da se podzemna voda na razmatranom području nalazi dosta duboko te se na širem području lokacije Sovjak može pretpostaviti razina podzemne vode na dubini od 300 m, što predstavlja približnu razinu mora.

Kako se vrtača Sovjak koristila za odlaganje otpada od 1956.g. do 1990.g., penetracija otpada u tlo i stijenje na lokaciji mora biti znatna. Naime, odlagalište odnosno jama Sovjak nema izveden temeljni brtveni sloj za sprječavanje iscjeđivanja procjednih voda u podzemlje, kao niti završni brtveni sloj za sprječavanje unosa oborina u tijelo odlagališta. Oborinske vode koje padnu u jamu Sovjak formiraju posebni oblik otpadnih voda koje se naknadno iscjeđuju kroz stijenke vrtače u kojoj je odlagalište Sovjak formirano. Također, analizom podataka o količini otpada odloženog u Sovjaku, te analizom i proračunom volumena vrtače Sovjak, količina otpada danas prisutna u Sovjaku je manja za 100.000 m^3 u odnosu na unesenu količinu. To potvrđuje činjenicu da se direktnim unosom oborina u Sovjak, dio tekućeg dijela otpada zajedno s oborinskom vodom infiltrirao putem fraktura i raspuklina kroz bokove Sovjaka direktno u podzemlje. Navedeno je evidentno i prisutnim zacrnjenjem na bokovima stijena vrtače neposredno iznad razine odloženog otpada (slika 4) .

Slika 4. Foto prikazi zacrnjenja bočnih stijenki vrtače Sovjak

Gornja linija zacrnjenja na bočnim stijenama vrtače ujedno ukazuje i najveću moguću razinu otpada koji je bio prisutan u jami Sovjak.

2.0. ANALIZA VRSTE ONEČIŠĆENJA OKOLIŠA KAO I ANALIZA I SAŽETAK SVIH POSTOJEĆIH ANALIZA

2.1. Vrste i količine odloženog otpada

U razdoblju od 1956. do 1990. godine prema vođenim evidencijama odloženo je oko 250.000 m^3 isključivo opasnog otpada. Detaljan opis vrsta, količina, kronologije odlaganja otpada te korisnici jame Sovjak je prikazan u prvom dijelu dokumentacije Sanacijskog programa pod nazivom *"A) Karakterizacija stanja lokacije"* u poglavlju 5. Identifikacija izvora onečišćenja okoliša odnosno podrijetlo otpada u jami Sovjak.

U nastavku je dat sažetak navedenih podataka. Prvih deset godina jama Sovjak se koristila isključivo za odlaganje kiselog gudrona, koji je nastajao kao opasan otpad u riječkoj rafineriji na Mlaci kod proizvodnje maziva, motornih ulja i bitumena. Kiseli gudron ujedno zbog svojih svojstava predstavlja tvrdi katran. Nakon toga, u jamu su se osim kiselog gudrona odlagale i druge vrste opasnog otpada, ali u značajno manjim ukupnim količinama u odnosu na kiseli grudron. Odlagao se otpadni katran iz koksare, acetilenski mulj iz brodogradilišta, talog iz spremnika za sirovu naftu i naftne proizvode, otpadni brodski bunkeri, različiti petrokemijski ostaci, ostaci od čišćenja tankera, otpadna otapala, emulzije za rezanje, te tereti loše kakvoće od carinskih službi. Dakle, donji dio jame je zapunjen kiselim gudronom, a iznad sloja kiselog gudrona su izmješane ostale vrsta odloženog opasnog otpada. U tablici 1 je prikaz vrsta i količina odloženog otpada u jamu Sovjak.

Tablica 1. Vrste i količine otpada odložene u jami Sovjak

Opis	**Količina (m^3)**
Kiseli gudron iz rafinerije	110.000
Otpadni katran iz koksare	30.000
Acetilenski mulj iz brodogradilišta	35.000
Rabljena ulja i bunkeri iz brodogradilišta	30.000
Talozi spremnika za naftnu i naftne proizvode	15.000
Otpadna otapala, ulja za rezanje i drugi tekući otpad	30.000
Ukupno	**250.000**

Digitalizacijom starih karti i matematičkim proračunom je utvrđeno da volumen vrtače Sovjak ne može biti veći od 150.000 m^3. Navedeno ukazuje da je dio otpada koji je u jamu odložen iscurio u podzemlje. Poglavito se to odnosi na otpadnu vodu prisutnu u otpadu, ali i na plivajući sloj ugljikovodika s površine. Direktni unos kišnice godišnje iznosi i do 11.000 m^3 na ovom području, i ne utječe bitno na povišenje razine otpada u jami (vidi sliku 4). Zacrnjenje bočnih stijena jame ukazuje na činjenicu kako je ranijih godina površina bila mjestimično gotovo 1,5 m viša. To dovodi do zaključka da se određena količina (pod)površinskog sloja otpada sustavno prelijeva u podzemlje. Kišnica koja padne u jamu Sovjak i koja se akumulira u odlagalištu poprima svojstva prisutne otpadne vode zbog topljenja kemijskih konstituenata odloženog otpada, te onečišćena odlazi u podzemlje. Dakle, količina danas akumulirana u jami Sovjak zbog prelijevanja dijela otpada zajedno s otpadnom vodom odnosno kišnicom najvjerojatnije ne prelazi više od 150.000 m^3. Navedena količina otpada akumulirana u jami Sovjak je uzeta kao mjerodavna i na razini prethodno izrađene tehničke dokumentacije za sanaciju odlagališta Sovjak (Idejno rješenje sanacije iz 1998.g., Studija o utjecaju na okoliš mogućnosti saniranja odlagališta Viševac i odlagališta Sovjak iz 2000.g., Sanacijski program za onečišćeni prostor odlagališta Sovjak iz 2001.g., Stručna podloga za ishođenje lokacijske dozvole predkorektivne akcije za stabilizaciju poremećenog stanja odlagališta Sovjak iz 2001.g., Glavni projekt predkorektivne akcije za stabilizaciju poremećenog stanja odlagališta Sovjak iz 2003.g.).

Prema Katalogu otpada Uredbe o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada (NN 50/05), odloženi otpad je prema porijeklu i mjestu nastanka svrstan isključivo u opasni otpad i detaljno je prikazan u prvom dijelu dokumentacije Sanacijskog programa "*A) Karakterizacija stanja lokacije*" u poglavlju 6. Identifikacija karakteristika otpada.

Osim navedenih vrsta opasnog otpada, u jami je prisutan veći broj metalnih bačava i drugog krutog otpada (gume, metalni otpad, drveni otpad), a u posljednjih godinu dana okolno stanovništvo nekontrolirano baca komunalni otpad i otpad sličan komunalnom (slika 5). Navedeni otpad je potrebno također uključiti u program sanacije.

Slika 5. Foto prikazi krutog otpada prisutnog u jami Sovjak

Lista "korisnika" odlagališta Sovjak temeljem ranije postojeće dokumentacije (inspekcijska rješenja, izvješća, dokumentacija) izrađena je tijekom 1998. g. i sadrži osam velikih korisnika i pedesetak malih korisnika uz definirane prijevoznike otpada koji su navedeni u prvom dijelu sanacijskog programa "*A) Karakterizacija stanja lokacije*" u poglavlju 5. Identifikacija izvora onečišćenja okoliša odnosno podrijetlo otpada u jami Sovjak.

2.2. Fazna raslojenost otpadnih tvari u jami Sovjak

Otpad koji je bio odlagan u Sovjaku bio je u sirovom stanju onakav kakav se pojavljivao kod proizvođača otpada, dakle u nestabiliziranom stanju.

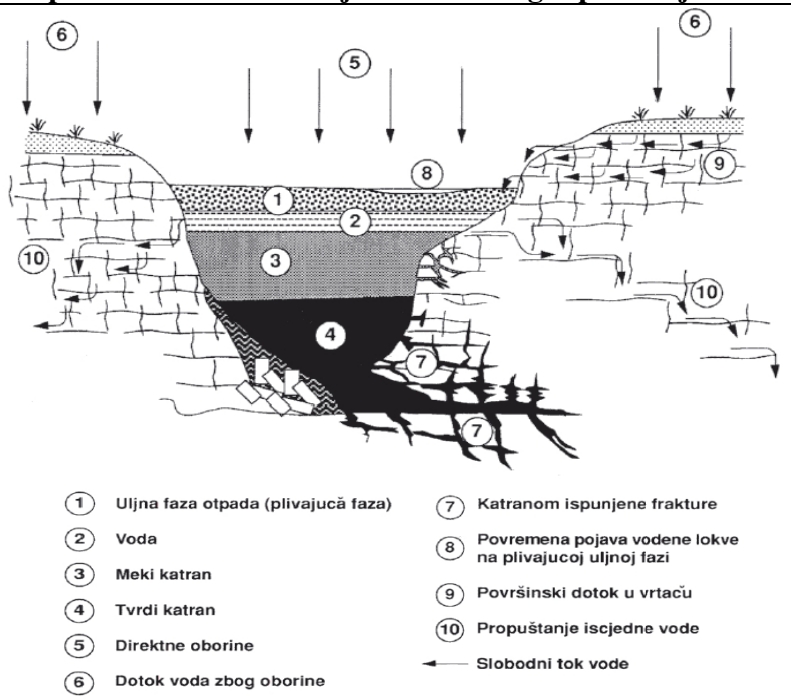
Kako je prvih desetak godina od početka odlaganja u Sovjak odlagan isključivo kiseli gudron iz rafinerije, za pretpostaviti je kako je odložena količina kiselog gudrona stvorila izdvojeni sloj u donjem dijelu vrtače. Nakon tog perioda nove količine otpada odlagane su u periodičnim nizovima uz pretpostavku postojanja mogućih "volumnih" džepova onog materijala koji nema tendenciju miješanja s drugim tipovima otpada, a koji je odlagan u velikim količinama. Tako je uočljivo prisustvo acetilenskog mulja na južnom dijelu Sovjaka i nešto manje po svojoj količini na sjeverozapadnom dijelu Sovjaka. Međutim, sveukupno gledajući stanje u gornjem dijelu odlagališta nakon smanjenja intenziteta odlaganja kiselog gudrona na određeni način predstavlja raslojene slojeve otpada u dubinu jame. Uslijed fizikalnih procesa mješanja otpada te međusobnih reakcija, u Sovjaku su se formirale četiri razdvojene faze različite po svojim fizikalnim i kemijskim karakteristikama. Fazna raslojenost otpada u jami Sovjak je utvrđena tijekom višekratne provedbe istražnih radova 1987., 1997., 2002., 2003. te 2007. godine.

Slijedom od površine odloženog otpada prema dnu jame formirani su slijedeći razdvojeni slojevi:

1. plivajući sloj ugljikovodika
2. sloj otpadne vode
3. sloj mekog i pastoznog katrana
4. sloj tvrdog katrana

Na shemi 1 je grafički prikaz raslojenih faza odloženog otpada u jami Sovjak.

Shema 1. Grafički prikaz formiranih slojeva odloženog otpada u jami Sovjak



Uslijed procesa miješanja otpada dominira proces difuzije u gornjem dijelu jame Sovjak. Rezultat procesa mješanja je izlučivanje slobodne vode koja potječe od direktnog unosa oborina u jamu, te izlučivanje slobodnih mineralnih ugljikovodika (plivajući uljni sloj) na površini iznad sloja slobodne vode. Također, osim fizikalnih procesa u odlagalištu Sovjak se odvijaju i kemijski procesi poglavito u gornjem dijelu odlagališta (interakcije između acetilenskog mulja i kiselog gudrona). Prisutnost razlučenih faza u Sovjaku je utvrđena i potvrđena istražnim radovima koji su provedeni u periodu od 1987. do 2007.godine. Podaci i komentar o provedenim istražnim radovima su obrađeni u poglavlju 3. ovog sanacijskog programa.

2.3. Odnosi odloženog otpada u jami Sovjak

Kao i kod svih neuređenih odlagališta opanog otpada, tako se i kod odlaganja otpada u jamu Sovjak nije vodilo nikakvog računa vezano za princip nezadovoljavanja ko-odlaganja otpada koji imaju međusobne fizikalne, kemijske i/ili biološke interakcije. Tako je utvrđeno da postoji interakcija između acetilenskog mulja i kiselog gudrona u Sovjaku što dovodi do destabilizacije odloženog kiselog gudrona. Kako kiseli gudron sadržava sulfatnu kiselinu, dolazi do reakcije sulfatnog aniona iz strukture kiselog gudrona s kalcijevim kationom iz acetilenskog mulja. Prisustvo kalcijevog kationa izaziva izlučivanje sulfatnog aniona iz kiselog gudrona i njegovo vezivanje sa sulfatnim anionom. Jedna od posljedica međusobne reakcije je pojava rahljenja kiselog gudrona i gubitak njegovih tiksotropnih svojstava jer više ne postoji "kvazi" polimerna veza sulfatnog iona i olefinskih veza u ugljikovodicima, te dolazi do prevođenja tvrdog katrana u meki katran. Posljedica navedene reakcije je i izlučivanje sloja mineralnih ugljikovodika na površini odlagališta Sovjak i njegovo prelijevanje u podzemlje. Također, oborine koje direktno padnu u jamu Sovjak, svojim zadržavanjem poprimaju svojstva otpadne vode uslijed direktnog kontakta s otpadom i otapanja topljivih konstituenata iz otpada u vodi, te se također prelijeva u podzemlje putem rasjeda i fraktura na bokovima stijena vrtače.

Otpadna podpovršinska voda u jami ima alkalna svojstva i potpuno zasićenje sulfatnim ionom zbog prisutnosti acetilenskog mulja. To također ukazuje na proces destabilizacije sadržaja jame, premda bi bilo za očekivati da zbog prisutnosti sumporne kiseline iz gudrona ima kisela svojstva što je karakteristično za gudronske jame.

Sve dok acetilenski mulj odnosno kalcijev kation ima mogućnost reakcije sa sulfatnim anionom, dolaziti će do rahljenja gudrona i gubitka njegovih tiksotropnih svojstava te izlučivanja mineralnih ugljikovodika na površinu kao i oslobađanja slobodne podpovršinske otpadne vode, a za posljedicu navedenog postojati će stalna mogućnost unosa tekuće faze otpada i otpadnih voda direktno u podzemlje. U tom smislu je već na razini prijašnje tehničke dokumentacije bila uočena pojava nestabilnosti odloženog otpada u jami, te je bila predviđena provedba predkorektivne akcije za stabilizaciju poremećenog stanja odloženog otpada u jami, a u svrhu sprečavanja dreniranja otpadne vode uključujući i dio sloja plivajućih mineralnih ugljikovodika u podzemlje. Predkorektivna akcija je obuhvaćala crpljenje i obradu akumulirane otpadne vode iz jame na odgovarajućem uređaju instaliranom na lokaciji te ispuštanje pročišćenog efluenta izvan lokacije jame Sovjak putem upojnog bunara.

Zbog dugogodišnje uporabe i akumulacije otpada u jami, postoji velika vjerojatnost prodora odnosno penetracije otpadnog materijala u tlo odnosno stijenje jame. Isto je evidentno i kroz zacrnjenje bočnih stijena jame (slika 4). Sve dok je u donjem dijelu odlagališta prisutan tvrdi katran, koji ujedno predstavlja barijeru prodora tekuće faze (otpada voda) kroz dno jame u podzemlje, tada glavni utjecaj odloženog otpada u jami na podzemlje odnosno podzemne vode predstavlja unos otpadne vode i tekućeg dijela otpada kroz bočne stijene vrtače Sovjak. Svaki ostatak onečišćenja koji zaostane u stijenju nakon sanacije jame može uzrokovati onečišćenje oborinske vode koja padne u jamu, budući da će se procjeđivati kroz kontaminirano stijenje jame i dolazi u kontakt s zaostalim onečišćenjem te će predstavljati potencijani uzrok za onečišćenje podzemnih voda iako ne u značajnoj mjeri u odnosu na sadašnje nesanirano stanje. Isto tako, onečišćenje koje je upijeno u stijene Sovjaka, nakon vađenja odloženog otpada dugoročno će uzrokovati vizualno negativan utisak s povremenim potencijalnim pojavama mirisa poglavito pri povišenim temepraturama (u ljetnim mjesecima). Svaka aktivnost na sanaciji jame koja podrazumijeva vađenje odloženog otpada, mora dakle obuhvaćati i konačno uređenje ispražnjene jame kako bi se utjecaj na okoliš odnosno podzemne vode minimizirao.

2.4. Sažetak izrađene tehničke dokumentacije za sanaciju jame Sovjak

Problem onečišćenja okoliša uzrokovana odlaganjem pretežito opasnog otpada organskog i anorganskog porijekla i potreba za sanacijom lokacije Sovjak započelo je u osamdesetim godinama prošlog stoljeća.

1987.g. je izrađeno tehnološko rješenje sanacije odlagališta Sovjak[1)], a tehnološko rješenje sanacije se baziralo na tehnologiji in situ stabilizacija, ali je isto odbačeno jer nije predstavljalo dugoročno rješenje. Iste godine su provedeni i prvi istražni radovi u jami Sovjak (bušenja i uzorkovanja otpada po dubini te analitička ispitivanja otpada).

Nakon toga, 1998. godine je izrađeno Idejno rješenje mogućnosti saniranja odlagališta opasnog otpada Sovjak te obližnjeg odlagališta komunalnog otpada Viševac[2)]. Predložena je i usvojena ex situ tehnologija koja je uključivala obradu otpadnih voda, vađenje organskog dijela otpada plivajućim jaružalima, soldifikaciju organskog dijela otpada, korištenje proizvedenog solidifikata kao dio prekrivnog sloja odlagališta Viševac, saniranje tla oko odlagališta Sovjak, ispunjavanje prostora jame Sovjak inertnim materijalom te prekrivanje zapunjene jame s kompozitnom prekrivkom. Dakle, radilo se o umreženoj sanaciji odlagališta Sovjak i odlagališta Viševac. Također, istim Idejnim rješenjem na uređaju za obradu otpadnih voda iz jame Sovjak je bila predviđena i obrada kondenzata odlagališnog plina nakon ugradnje sustava za otplinjavanje odlagališta Viševac. Plivajući sloj ugljikovodika nakon ekskavacije je bilo predviđeno zbrinuti u postojećim termoenergetskim objektima. Za potrebe izrade predmetnog Idejnog rješenja bili su provedeni istražni radovi bušenja, uzorkovanja i analitička ispitivanja odloženog otpada. Novi istražni radovi su ponovno provedeni i 2002.g. Treba napomenuti da je tijekom izrade Idejnog rješenja, a na temelju rezultata istražnih radova uočena prisutnost destabilizacije otpada u jami Sovjak te je na razini idejnog rješenja bila predložena provedba predkorektivne akcije za smanjenje destabilizacije jame Sovjak, koju je bilo planirano provoditi do početka sanacije Sovjaka.

Nakon izrađenog i usvojenog Idejnog rješenja od strane stručne komisije formirane na razini grada Rijeke, izrađena je 2000. godine Studija o utjecaju na okoliš mogućnosti saniranja odlagališta Viševac i odlagališta Sovjak[3)]. Studija je temeljena na prethodno izrađenom Idejnom rješenju, na temelju čega je nakon provedenog postupka procjene utjecaja na okoliš izdano Rješenje od strane nadležnog Ministarstva zaštite okoliša.

Nakon izrađene Studije o utjecaju na okoliš i dobivenog rješenja izrađena je tehnička dokumentacija koja se odnosila na provedbu predkorektivne akcije za stabilizaciju poremećenog stanja odlagališta opasnog otpada Sovjak i to Idejno rješenje 2000. godine, stručna podloga za ishođenje lokacijske dozvole, 2001. godine, Glavni projekt predkorektivne akcije 2003. godine[4,5,6)].

S obzirom na veliki broj sudionika, odnosno korisnika jame Sovjak koji su odlagali svoj otpadni materijal, te pravni aspekt u rapodjeli troškova sanacije izrađeni su 2000. godine Alokacijski model za raspodjelu troškova sanacije odlagališta Sovjak[7)], te Elaborat pravne odgovornosti[8)]. Temeljem izrađenog elaborata pravne odgovornosti utvrđeno je da je prema postojećim propisima potrebno izraditi još program sanacije oslagališta Sovjak. Tako je 2001.g. izrađen Sanacijski program za sanaciju onečišćenog prostora odlagališta Sovjak[9)], a koja je temeljena na tehnologiji predloženoj u Idejnom rješenju iz 1998.g. te pripadajućoj usvojenoj Studiji o utjecaju na okoliš iz 2000.g.

Za kontrolu provedbe monitoring sustava podzemnih voda od onečišćenja odlagališta Sovjak izrađena je 2002. godine Hidrogeološka studija koja je obuhvaćala osim odlagališta Sovjak i odlagalište Viševac[10)]. Svrha izrade hidrogeološke studije bila je definiranje osnova za instaliranje učinkovitog sustava monitoringa podzemnih voda koji bi se provodio tijekom planiranog zatvaranja i saniranja oba odlagališta.

Prvi sloj koji je evidentiran u jami Sovjak predstavlja površinski sloj (plivajućih) ugljikovodika, kojeg je potrebno na adekvatan način obraditi odnosno zbrinuti. S obzirom na potrebu provedbe sanacije u okviru predkorektivne akcije za stabilizaciju poremećenog stanja u odlagalištu Sovjak izrađen je 2003. godine Elaborat o mogućnostima obrade površinskog sloja ugljikovodika[11)] koji daje varijantna rješenja zbrinjavanja navedenog sloja.

Uzimajući u obzir činjenicu da je predloženo tehnološko rješenje sanacije odlagališta Sovjak trebalo biti vezano za termine sanacije odlagališta Viševac, te posebno za slobodnu površinu za ugradnju solidificiranog otpada u prekrivku odlagališta Viševac kao sastavnog dijela završnog brtvenog sloja prekrivke, danas takvo rješenje nije moguće provesti. Razlozi su slijedeći:

1. ne postoji slobodni volumen na odlagalištu Viševac jer su prekoračene predviđene i dozvoljene visine za stabilnost odlagališta
2. nije moguće izvesti stabilne prekrivne slojeve u okviru kojih bi se ugradio solidifikat iz Sovjaka zbog prekoračenih visina odlaganja komunalnog otpada
3. nije poznato kada će se izvršiti sanacija odlagališta Viševac, zbog potrebe za nastavkom odlaganja komunalnog otpada na odlagalište Viševac, budući da županijski centar za gospodarenje otpadom "CZGO Marišćina" još nije izgrađen.

Sve navedeno ukazuje da je potrebno iznaći druga tehnološka rješenja kojima će se izvršiti sanacija poglavito mekog i krutog katrana, koji predstavlja po volumenu odnosno količini i najveći zastupljeni dio odloženog otpada u jami Sovjak. Ovaj program sanacije stoga predlaže tehnološko rješenje za obradu odnosno konačno zbrinjavanje otpada, uz zadovoljenje propisa zaštite okoliša kako vezano za otpad, tako vezano i za vode, zrak i druge aspekte zaštite okoliša, a koje je potrebno primjeniti kod izbora i provedbe sanacije jame Sovjak.

3.0. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽNIH RADOVA KAO I PROVEDBA EVENTUALNO DODATNIH ISTRAŽNIH RADOVA

Istražni radovi na lokaciji jame Sovjak provedena su u periodu od 1987. do 2007.godine. Svi istražni radovi su obuhvaćali uzimanje uzoraka u jami i laboratorijska ispitivanja. Budući da je vrtača Sovjak duboka više od 30 m, i s obzirom na kronologiju odlaganja otpada i poznatu situaciju da je u donjem dijelu jame odložen isključivo kiseli gudron, u periodu od 1987. do 2002.g. su provedena bušenja kroz sloj odloženog otpada do sloja gudrona. Sažeti opis provednih istražnih radova po godinama provedbe s zaključcima dobivenih rezultata dat je u nastavku teksta.

3.1. Rezultati istražnih radova iz 1987. godine

Prvi istražni radovi odloženog otpada u jami Sovjak su provedeni 1987.godine. Istražni radovi su provedeni u svrhu utvrđivanja karakterizacije odloženog otpada. Izvedena je jedna bušotina do dubine od 14 m, a uzorci su analizirani uglavnom na osnovne pokazatelje karakteristične za procjenu kakvoće goriva. Bušenjimaje utvrđeno da u jami postoje četiri razdvojena sloja različita po agregatnom stanju kao i svojstvima. Kako je gore u tekst navedeno, utvrđen je površinski sloj ugljikovodika, ispod kojeg je izdvojen sloj akumulirane otpadne vode, zatim sloj mekog i pastoznog katrana i u donjem dijelu jame formiran je sloj tvrdog katrana.

Četiri razdvojene faze su bile različite po debljini pojedinog sloja. Površinski sloj mineralnih ugljikovodika je bio debljine od 1 metra i plivao je na sloju otpadne vode debljine 2 metra. Ispod sloja otpadne vode formirao se sloj mekog katrana i emulzije sloja debljine od 8 metara. Relativno tvrdi sloj katrana nalazio se ispod sloja mekog katrana i emulzije koji je ujedno ukazivao na početak sloja formiranog kiselog gudrona koji zatvara vrtaču do njenog dna.
Istražni radovi su ukazali kako su 4 razdvojena sloja u jami značajno različiti po svojim fizikalno-kemijskim karakteristikama. Iz tog razloga i osnovna koncepcija sanacije jame Sovjak polazi od pretpostavke da svaku raslojenu fazu otpada pri obradi treba razmatrati zasebno. Sumarni prikaz rezultata mjerenja 1987.g. izražen po pojedinom utvrđenom sloju unutar jame je prikazan u prvom dijelu dokumentacije sanacijskog programa "*A) Karakterizacija stanja lokacije*" u poglavlju 6. (tablica 4). Mjereni su sadržaj vode u uzorcima uzorkovanog otpada, sadržaj sumpora, pH vrijednost, toplinska vrijednost pojedinog uzorkovanog sloja, te neutralizacijski broj TAN. Rezultati mjerenja ukazuju da je kako u plivajućem sloju ugljikovodika tako i u sloju mekog i tvrdog katrana prisutna voda od 12 do 35%, sadržaj sumpora se kreće od 2,2% u plivajućem sloju, povećava se u mekom katranu od 4-6%, a u tvrdom katranu iznosi od 7-9% S. Toplinska vrijednost je najveća u plivajućem sloju (40MJ/kg), te se smanjuje u mekom i tvrdom katranu i iznosi od 20-25 MJ/kg. Neutralizacijski broj je najveći u sloju tvrdog katrana (kiselog gudrona) i iznosi od 110 do 146 mg KOH/g, dok je u sloju mekog katrana te plivajućem sloju ugljikovodika desetak puta niži i kreće se od 4 do 16 mg KOH/g. Drugi parametri koji karakteriziraju razinu opasnosti nekog otpada (PAH, PCB, TOX, teški metali i dr.) nisu mjereni.

3.2. Rezultati istražnih radova iz 1997. godine

Istražni radovi su provedeni i 1997.g. za potrebe izrade Idejnog rješenja sanacije odlagališta Sovjak. Istražni radovi su obuhvaćali izvođenje 3 bušotine u jami Sovjak do sloja gudrona (oko 18 m) s uzorkovanjem i analitičkim ispitivanjima uzoraka. Bušenja su potvrdila postojanje četiri razdvojene faze u jami, a sumarni prikaz rezultata mjerenja iskazan kroz sadržaj vode, sumpora, toplinsku vrijednost i pH vrijednost pojedinog sloja je prikazan u tablici 5 dijela dokumentacije "*A) Karakterizacija stanja lokacije*".

Tadašnjim istražnim radovima je utvrđeno da je sloj plivajućih mineralnih ugljikovodika znatno manji u odnosu na mjerenja iz 1987.g. i iznosio je svega do 0,1 m, dok je podpovršinski sloj otpadne vode bio veći (od 3 do 6 m). Ispod sloja otpadne vode je prisutan sloj mekog katrana (debljine od 6 do 8 m), a ispod toga sloj tvrdog katrana odnosno kiselog gudrona.

Analizirani su zasebno plivajući sloj mineralnih ugljikovodika, podpovršinski sloj otpadne vode, sloj mekog katrana i sloj krutog katrana. Za većinu rezultata analiza dobivenih tijekom bušenja 1997.g. se može reći da su sukladni rezultatima iz 1987.g. Prema rezultatima mjerenja u plivajućem sloju ugljikovodika tako i u sloju mekog i tvrdog katrana prisutna voda od 1 do 25%, sadržaj sumpora se kreće od 1% u plivajućem sloju te sloju mekog katrana, a u tvrdom katranu iznosi od 2,6-3,3% . Toplinska vrijednost je najveća u plivajućem sloju (40 MJ/kg), te se smanjuje u mekom i tvrdom katranu i iznosi od 22-36 MJ/kg. Značajno je odstupanje u pH vrijednosti koje u sloju otpadne vode te mekog katrana iz kiselog do neutralnog područja prelazi u lužnato (pH do 11) te time povezano i visoke koncentracije sulfata kao i smanjenje neutralizacijskog broja TAN u odnosu na 1987.g. (sa max. 146 mg KOH/g na max. 21 mg KOH/g), što ukazuje na postojanje interakcija u jami Sovjak poglavito između acetilenskog

mulja i kiselog gudrona. Navedeno je ukazivalo na tendenciju alkalizacije kiseline (sumporna kiselina gudrona), uzrokovanu prisustvom acetilenskog mulja koji izaziva kemijske promjene u odloženom kiselom gudronu, a posljedica navedenog je i povećanje pH vrijednosti (prijelaz u alkalno područje). Posljedica toga je kako je prije navedeno rahljenje gudrona i gubljenje njegovih tiksotropnih svojstava. Rezultati analiza odloženog otpada su ukazivale na povišene vrijednosti PAH ugljikovodika i teških metala (Zn, Cr, Ni, Pb, Fe, V), a na niske vrijednosti TOX, PCB, BTEX i pesticida.

Uzorkovana otpadna voda koja predstavlja akumuliranu otpadnu vodu u podpovršinskom sloju ispod sloja plivajućih mineralnih ugljikovodika je ukazivala na prisutvo alkalizacije vode (pH = 8-12), povišeni KPK (540-6100 mg/l), AOX (0,5-3,3 mg/l) te visoki sadržaj sulfata (1.700 mg/l). Sadržaj teških metala je bio nizak. To upućuje na zaključak da dolazi do otapanja acetilenskog mulja (visoki pH), a visoki sadržaj sulfata je posljedica kemijskog djelovanja acetilenskog mulja na kiseli gudron koji dovodi do izdvajanja sulfatne kiseline i prevođenje tvrdog katrana u meki katran.

Izmjerena je i radioaktivnost odloženog otpada koja je ukazivala na niske vrijednosti odnosno bila je u granicama prirodne radioaktivnosti.

Zbog poremećaja stabilnosti stanja odloženog otpada kiselog gudrona, povećana je količina plivajućeg sloja ugljikovodika i dolazi do oslobađanja otpadne vode iz sloja odloženog otpada što u konačnici omogućava prelijevanje istih u podzemlje te ugrožavanje kakvoće podzemne i potencijalno pitke vode kemijskim konstituentima onečišćenja.

3.3. Rezultati istražnih radova iz 2002. godine

Istražni radovi utvrđivanja kakvoće odloženog otpada u odlagalištu Sovjak su ponovno provedeni 2002.g. kao obveza praćenja stanja okoliša do provedbe sanacije odlagališta Sovjak temeljem usvojene Studije o utjecaju na okoliš mogućnosti saniranja odlagališta komunalnog otpada Viševac i zatvorenog odlagališta opasnog otpada Sovjak.

Izvedene su tri bušotine do 18 m dubine s uzorkovanjem. Potvrđeno je postojanje prethodno utvrđena četiri razdvojena sloja. Provedena su analitička ispitivanja prikupljenih uzorka plivajućih mineralnih ugljikovodika, akumulirane otpadne vode, sloja mekog katrana te krutog (kiselog) katrana.

Utvrđeno je da je struktura rasporeda prva tri sloja po profilu odlagališta slično stanju slično stanju utvrđenom istražnim radovima iz 1987.g. na površini odlagališta ponovno je formiran sloj slobodnih plivajućih ugljikovodika (do 2,5 m debljine), ispod kojeg je akumulirana otpadna voda debljine sloja do 3 m, a ispod sloja otpadne vode je sloj mekog katrana do 8 m debljine, te sloj tvrdog katrana u dubinu do dna jame (vidi tablicu 6. u prvom dijelu dokumentacije "*A) Karakterizacija stanja lokacije*").

Analitička ispitivanja su pokazala da je prisutna intenzivna destabilizacija odloženog otpada (kiselog gudrona) u jami. Podpovršinska akumulirana otpadna voda je neutralna do slabo lužnata. Sadržaj sulfata je znatno niži u odnosu na mjerenja iz 1997.g. i iznosio je od 30-40 mg/l. I dalje su povišene vrijednosti KPK u vodi, te TOC što ukazuje na nisku biološku razgradivost prisutnih organskih tavri u vodi. Za parametar AOX nije bilo značajnih promjena i na razini je mjerenja iz 1997.g. Niže pH vrijednosti iz 2002.g. u odnosu na mjerenja iz 1998.g. ukazuju ne samo na utrošak kalcijevog iona iz acetilenskog mulja na izdvajanje sumporne kiseline odnosno sulfata iz gudrona, već i na činjenicu da su se istražni radovi bušenja i uzorkovanja provodili u periodu intenzivnijih oborina. U tom smislu postoji vjerojatnost da unesena oborinska voda još uvijek nije bila dovoljno dugo akumulirana u jami i u kontaktu s odloženim otpadnim tvarima (acetilenski mulj) kako bi se dodatno onečistila s vremenom. Isto potvrđuje i mjerenje pH vrijednosti vodenog ekstrakta odloženog otpada iz pojedine bušotine, gdje pH vrijednost prelazi 12, što ukazuje na visoku razinu alkalizacije gudronske mase.

Toplinska vrijednost kompozitnih uzoraka po ukupnoj dubini bušenja odloženog otpada se kreće od 20 do 25 MJ/kg što ukazuje na prisutnost vode i suspendiranih tvari u odloženom otpadu. Toplinska vrijednost plivajućeg sloja mineralnih ugljikovodika nije mjerena 2002.g., a za pretpostaviti je da je na razini vrijednosti prijašnjih mjerenja (oko 40 MJ/kg), dok je sadržaj vode u navedenom sloju iznosio do 14,5%. Neutralizacijski broj nije bilo moguće izmjeriti zbog visoke pH vrijednosti vodenog ekstrakta. Ostali mjereni parametri uzoraka odloženog otpada po dubini pokazuju niske vrijednosti TOX parametra, teških metala i radioaktivnosti. Parametri kao što su PCB, PAH, BTEX i dr. nisu mjereni, jer nisu bili obveza praćenja stanja okoliša temeljem rješenja na prethodno usvojenu Studiju o utjecaju na okoliš.

3.4. Rezultati mjerenja iz 2003. godine

U 2003.g. su provedena uzorkovanja i ispitivanja plivajućeg sloja mineralnih ugljikovodika na parametre koji karakteriziraju mogućnost korištenja navedenog sloja kao sekundarnog goriva u termoenergetskim i drugim industrijskim objektima (cementare i dr.). Rezultati laboratorijskih mjerenja su prikazani u prvom dijelu sanacijskog programa pod nazivom "*A) Karakterizacija stanja lokacije*" u tablici 8. Izmjerena toplinska vrijednost se kretala u rasponu od 30 do 40 MJ/kg, a sadržaj vode od 6% do 15%, plamište oko 100 do 110°C. Što je izmjeren veći sadržaj vode to je toplinska vrijednost bila niža. Također, vrijednosti parametara PCB i TOX su bile na razini vrijednosti za mogućnost korištenja kao otpadno mazivo ulje II kategorije prema Pravilniku o gospodarenju otpadnim uljima (NN 124/06) i Pravilniku o vrstama otpada (NN 27/96).

3.5. Rezultati istražnih radova iz 2007. godine

U 2007.g. za potrebe izrade Sanacijskog programa provedeno je uzorkovanje površinskog sloja ugljikovodika (2 uzorka) i sloja podpovršinske vode (2 uzorka). Analitička ispitivanja predstavljaju na određeni način provjeru stanja iz 2002. i 2003.g. Bušenja i uzorkovanja u sloju mekog i tvrdog katrana ispod sloja akumulirane otpadne vode nisu provedena. U tablici 2 je prikaz rezultata analitičkihispitivanja plivajućeg sloja ugljikovodika.

Tablica 2. Rezultati analiza plivajućeg sloja ugljikovodika iz jame Sovjak (2007.)

Parametar	UZORAK 1	UZORAK 2
Kinematička viskoznost 100°C, mm^2/s	ne može se odrediti	ne može se odrediti
Sadržaj vode, % m/m	>10	>10
Gustoća, 15°C g/cm^3	0,9582	0,9649
Toplinska vrijednost donja, MJ/kg	33,13	33,24
sadržaj vode i mehaničkih onečišćenja, %vol	16	14,0
Točka paljenja, °C	>70	>70
Točka tečenja, °C	+38	+38
Conradson koks, % m/m	7,45	9,15
Sadržaj sumpora, % m/m	0,95	1,06
Sadržaj nikla, mg/kg	16	18
Sdaržaj žive, mg/kg	5	4
Sadržaj vanadija, mg/kg	33	39
Asfalteni, % m/m	6,19	4,93
PCB, mg/kg	0,6	0,6

Analize površinskog sloja mineralnih ugljikovodika su se odnosile na određivanje karakteristika sloja i mogućnosti korištenja kao dopunskog goriva. Rezultati analiza ne odstupaju bitno od onih provedenih 2003.g. te ukazuju na mogućnost korištenja u energetskim postrojenjima i u cementarama. Toplinska vrijednost iznosi oko 33 MJ/kg, sa sadržajem vode >10% i plamištem iznad 70°C. Vrijednost PCB je iznosila 0,6 mg/kg, dok je sadržaj asfaltena od 5 do 6 % i nešto je viši u odnosu na vrijednosti iz 2003.g.

U tablici 3. su rezultati analitičkih ispitivanja uzoraka podpovršinskog sloja akumulirane otpadne vode.

Tablica 3. Rezultati analiza akumulirane otpadne vode u podpovršinskom sloju jame Sovjak (2007.g.)

Parametar	UZORAK 1	UZORAK 2
pH	12,15	9,29
Ukupne otopljene tvari TDS, mg/l	1889	211
KPK, (Cr) mg/l	1565	273
Ukupna tvrdoća, mg/l Ca	207,4	62,4
Kalcijeva tvrdoća, mg/l $CaCO_3$	488,8	125,6
Suspendirane tvari, 105°C mg/l	700	25
Fluoridi, mg/l	0,04	0,027
Kloridi, mg/l	80	34
Nitriti, mg/l N	0,29	0,01
Nitrati, mg/l N	15,05	8,95
Fosfati, mg/l PO_4^{3-}	1,13	0,26
Sulfati, mg/l SO_4^{2-}	168	28
Sulfidi, mg/l	0,06	o0,032
Amonijak, mg/l N	1,62	2,34
Kalcij, mg/l Ca^{2+}	195,5	50,2
$Cr_{uk.}$, mg/l	0,04	0,018
Cu, mg/l	7,48	6,95

Ni, mg/l	0,135	0,088
Fe, mg/l	1,84	0,542
Pb, mg/l	0,142	0,119
Cd, mg/l	0,001	0,001
Mn, mg/l	0,094	0,029
Al, mg/l	3,78	0,134
V, mg/l	<0,05	<0,05
As, mg/l	0,0013	<0,0005
Hg, mg/l	0,00024	0,0001
Fenoli, mg/l	1,821	0,828
AOX, mg/l	0,18	0,91
BTEX ukupni, µg/l	417	246
Ukupna ulja, mg/l	188,4	10,9
Mineralna ulja, mg/l	32,5	2,12
TOC, mg/l C	420,9	88,4

Analize otpadne vode su se odnosile na kontrolu kakvoće i sastava otpadne vode i utvrđivanje odvijanja procesa u podpovršinskim slojevima odloženog otpada, a u konačnici i za izbor tehnike obrade prisutne otpadne vode. Rezultati analiza akumulirane otpadne vode kao međupovršinskog sloja ukazuju na niskoopterećenu otpadnu vodu organskim komponentama te specifičnim toksičnim parametrima, dok osnovni anorganski sastav otpadne vode ukazuje na postupno opterećivanje sadržajem kationa i aniona iz odloženog otpada. Rezultati analiza uzoraka otpadne vode pokazuju visoke pH vrijednosti (9-12), povišeni sadržaj sulfata (od 28 do 168 mg/l), niski KPK (od 273 do 1565 mg/l), niske BTEX vrijednosti (od 0,25 do 0,4 mg/l), niski AOX (<1 mg/l), niske vrijednosti kalcija (od 50 do 200 mg/l) i niskim sadržajem teških metala. Radi se o niskoopterećenoj otpadnoj vodi koja ne zahtjeva biološki stupanj obrade prije konačnog zbrinjavanja (ispuštanja u adekvatni recipijent), već isključivo primarni i sekundarni stupanj obrade uz konačno poliranje efluenta prije konačnog ispuštanja u recipijent. Međutim, zbog djelovanja acetilenskog mulja visoke su pH vrijednosti u otpadnoj vodi, a i povišeni sadržaj sulfata govori da je destabilizacija kiselog gudrona i dalje prisutna u značajnoj mjeri.

S obzirom na predviđene tehnologije sanacije ex situ tipa, te potrebe nakon vađenja i obrada pojedinog sloja, sastavni dio tehnologija sanacije je pored ostalih, a ovisno o sadržaju ulja, vode i sedimenta u pojedinačnim slojevima je prevođenje u pumpabilni oblik kao i poboljšanje razdvajanja navedenih konstituenata pojedinog sloja (ulje, voda i sediment). Budući da postoje uskladišteni uzorci otpada od provedenih istražnih radova iz 2002.g., uzorci karakteristična tri sloja (plivajući uljni sloj, sloj mekog katrana i sloj tvrdog katrana) je analiziran na sadržaj ulje/voda/sediment te je provedena separacija navedenih komponenti uz korištenje adekvatnih kemikalija. Rezultati testiranja su pokazali da sirovi uzorci za tri zastupljena sloja u jami Sovjak (bez sloja akumulirane otpadne vode) imaju slijedeći sastav:

	Plivajući uljni sloj	**Sloj mekog katrana**	**Sloj tvrdog katrana**
Sadržaj ulja	50 – 55% m/m	30 – 32% m/m	16 – 18% m/m
Sadržaj vode	16 – 20% m/m	32 – 35% m/m	28 – 32% m/m
Sadržaj sedimenta	28 – 32% m/m	34 – 39% m/m	52 – 56% m/m

Kod provedbe testa separacije pojedine faze, korišteni su adekvatni deemulgatori, reagensi za močenje, reagensi za pospješivanje tečenja, otapala i dr.

Rezultati su pokazali da se kod korištenja različitih deemulgatora optimalna separacija plivajućeg sloja ugljikovodika dobije sa slijedećim sadržajem: 25 vol. % ulja, 30 vol. % vode i 45 vol. % sedimenta. Sadržaj vode koji je zaostao u uljnoj fazi iznosio je <5%.

Kod testiranja uzoraka mekog katrana i tvrdog katrana s obzirom da su uzorci vrlo nehomogeni i u pretežito krutom stanju s vrlo malim sadržajem slobodne vode, testiranje se odnosilo na prevođenje u pumpabilnu tekuću formu. Za takav tip testiranja korišteno je također više tipova kemikalija (deemulgatori, reagensi za močenje, otapala) kod temperature okoliša bez zagrijavanja. Dovođenje otpadnog materijala (mekog i poglavito tvrdog katrana) u pumpabilno stanje će biti neophodno za provođenje predviđenog postupka sanacije, u okviru kojeg je potrebno što je više moguće fazno izdvojiti ulje od vode i sedimenta (predviđeno na sustavu dekantera i centrifuge). Izdvojena uljna faza će se termički obraditi (npr. kao sekundarno gorivo) u okviru postojećih indutrijskih odnosno energetskih obejkata, dok će se preostali sedimet obraditi postupkom solidifikacije/stabilizacije, a izdvojena slobodna voda na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda na lokaciji Sovjaka.

3.6. Rezultati mjerenja i proračuna volumena slojeva u jami Sovjak

Na temelju mjerenja debljine slojeva pojedine raslojene faze u jami Sovjak tijekom istražnih radova proračunate su količine odnosno volumeni pojedinih slojeva.

Također, za potrebe izrade predmetnog sanacijskog programa izvršeno je mjerenje debljina površinskog sloja ugljikovodika te debljina sloja akumulirane otpadne vode u jami Sovjak. U tablici 4 je prikaz izmjerenih debljina površinskih slojeva ugljikovodika te podpovršinskih slojeva akumulirane vode. Debljine prva dva sloja od površine odloženog otpada su mjereni u jami Sovjak pravcu jug- sjever (pozicije od 1 do 23), te pravcu istok-zapad do sredine jame (pozicije od 24 do 33).

Tablica 4. Izmjerene debljine plivajućeg sloja ugljikovodika i podpovršinskog sloja akumulirane otpadne vode

Pozicija	Dubina sloja ugljikovodika	Debljina sloja ugljikovodika	Dubina sloja akumulirane otpadne vode	Debljina sloja otpadne vode
1	0 – 0,3 m	**0,3 m**	-	**0 m**
2	0 – 0,4 m	**0,4 m**	-	**0 m**
3	0 – 0,5 m	**0,5 m**	-	**0 m**
4	0 – 0,6 m	**0,6 m**	-	**0 m**
5	0 – 0,6 m	**0,6 m**	-	**0 m**
6	0 – 0,4 m	**0,4 m**	0,4 – 0,7 m	**0,3 m**
7	0 – 0,7 m	**0,7 m**	0,7 – 0,9 m	**0,2 m**
8	0 – 0,4 m	**0,4 m**	0,4 – 0,7 m	**0,3 m**

9	0 – 0,7 m	**0,7 m**	0,7 – 0,9 m	**0,2 m**
10	0 – 0,5 m	**0,5 m**	0,5 – 1,0 m	**0,5 m**
11	0 – 0,8 m	**0,8 m**	0,8 – 1,1 m	**0,3 m**
12	0 – 0,8 m	**0,8 m**	0,8 – 1,9 m	**1,1 m**
13	0 – 0,6 m	**0,6 m**	0,6 – 2,7 m	**2,1 m**
14	0 – 0,8 m	**0,8 m**	0,8 – 4,0 m	**3,2 m**
15	0 – 1,5 m	**1,5 m**	1,5 – 3,8 m	**2,3 m**
16	0 – 0,9 m	**0,9 m**	0,9 – 3,9 m	**3,0 m**
17	0 – 1,0 m	**1,0 m**	1,0 – 3,6 m	**2,6 m**
18	0 – 1,1 m	**1,1 m**	1,1 – 3,8 m	**2,7 m**
19	0 – 1,2 m	**1,2 m**	1,2 – 3,6 m	**2,4 m**
20	0 –1,0 m	**1,0 m**	1,0 – 3,5 m	**2,5 m**
21	0 – 1,0 m	**1,0 m**	1,0 – 4,0 m	**3,0 m**
22	0 – 1,5 m	**1,5 m**	1,5 – 3,8 m	**2,3 m**
23	0 – 1,5 m	**1,5 m**	1,5 – 3,7 m	**2,2 m**
24	0 – 0,1 m	**0,1 m**	0,1 – 1,2 m	**1,1 m**
25	0 – 0,3 m	**0,3 m**	0,3 – 0,7 m	**0,4 m**
26	0 – 0,6 m	**0,6 m**	0,6 – 1,0 m	**0,4 m**
27	0 – 0,7 m	**0,7 m**	0,7 – 0,8 m	**0,1 m**
28	0 – 0,8 m	**0,8 m**	0,8 – 0,85 m	**0,05 m**
29	0 – 0,8 m	**0,8 m**	0,8 – 0,85 m	**0,05 m**
30	0 – 0,9 m	**0,9 m**	0,9 – 0,95 m	**0,05 m**
31	0 – 1,1 m	**1,1 m**	1,1 – 1,15 m	**0,05 m**
32	0 – 1,0 m	**1,0 m**	1,0 – 1,05 m	**0,05 m**
33	0 – 0,6 m	**0,6 m**	0,6 – 1,3 m	**0,7 m**

Sukladno izmjerenim debljinama prva dva sloja u jami, može se procijeniti da je unutar jame Sovjak izlučeni sloj plivajućih ugljikovodika u količini od 3.000 do 7.000 m^3, a akumulirana količina otpadne vode je procjenjena u rasponu od 3.000 do 14.000 m^3.

Proračunate količine slojeva koje se odnose na površinski sloj plivajućih ugljikovodika te sloj akumulirane otpadne vode variraju od godine provedbe istražnih radova. U ovisnosti su ne samo o rezultatu inetrakacija između pojedinih vrsta otpada koji se odvijaju unutar odlagališta, već i o vremenskim prilikama tijekom provedbe istražnih radova (kišni odnosno sušni period vezano za količine otpadne vode).

U tablici 5 je sumarni prikaz volumena pojedine slobodne faze akumuliranog otpada u jami Sovjak prema rezultatima istražnih radova od 1997. do 2007. godine.

Tablica 5. Sumarni prikaz procjene volumena prisutnih slojeva u jami Sovjak po godinama provedenih istražnih radova

	1997.g.	**2002.g.**	**2007.g.**
Plivajuće ulje	5.000 – 9.000 m^3	4.000 – 9.000 m^3	3.000 – 7.000 m^3
Otpadna voda	15.000-17.000 m^3	6.000-17.000 m^3	3.000 – 15.000 m^3
Meki katran	40.000 m^3	40.000 m^3	-
Tvrdi katran	75.000 m^3	75.000 m^3	-
Sediment	15.000 m^3	15.000 m^3	-

Kod kalkulacije količina raslojenih faza u jami Sovjak za potrebe sanacije treba uzeti u obzir slijedeće vrijednosti:

- plivajući uljni sloj 3.000 – 7.000 m^3
- akumulirana otpadna voda 3.000 – 15.000 m^3
- meki katran 40.000 m^3
- tvrdi katran 75.000 m^3
- sediment 15.000 m^3

Stvarne količine pojedinog sloja, a poglavito površinskog sloja ugljikovodika, otpadne akumulirane vode i mekog katrana će se utvrditi tijekom provedbe sanacijskih aktivnosti.

3.7. Zaključak svih istražnih radova

Temeljm analize dobivenih rezultata mjerenja svih istražnih radova, s posebnim osvrtom na rezultate iz 2007.g., može se zaključiti da sastav akumulirane otpadne vode u podpovršinskom sloju ukazuje na činjenicu da akumulirani otpad u jami Sovjak nije u potpunosti stabilan. Prije desetak godina utvrđena aktivnost u odlagalištu je i dalje prisutna uglavnom kroz fizikalno-kemijske reakcije koje se odvijaju unutar odloženog otpada. Navedeno također ukazuje da osnovni problemi koji se moraju riješiti bilo kojom varijantom sanacije se posebno odnose na plivajući sloj ugljikovodika, sloj akumulirane otpadne vode kao i sloj mekog katrana. Time će se riješiti osnovni problem ugrožavanja okoliša, a odnosi se na propuštanje tekućeg dijela otpada u podzemlje. U tablici 6. je usporedni prikaz općih parametara onečišćenja vezano za površinski sloj ugljikovodika, sloj otpadne vode i sloj mekog katrana.

Tablica 6. Usporedni prikaz općih parametara onečišćenja otpadne vode te kakvoće površinskog i podpovršinskog sloja ugljikovodika

Godina ispitivanja	Površinski sloj ugljikovodika	Podpovršinski sloj akumulirane vode	Sloj mekog katrana	Napomena
1987.	- Prisutan - Dubina do 1 m	- Prisutan - Dubina od 1-3 m -(visokoopterećena, TOC, TDS, pH nizak)	- Prisutan - Dubina do 10 m (alternativno gorivo)	Podaci za površinski sloj ugljikovodika nisu analitički bili cjeloviti
1997.	- Zanemariv	- Prisutan - Dubina 0,1-6 m -(visokoopterećena, TOC,TDS, pH povišen)	- Prisutan - Dubina do 14 m (alternativno gorivo)	Površinski sloj ugljikovodika iscurio u podzemlje
2002.	- Prisutan - Dubina do 2 m - Frakcija baznog ulja (alternativno gorivo)	- Prisutan - Dubina do 3 m -(niskooopterećena, TOC, TDS, pH neutralan do povišen)	- Prisutan - Dubina do 16 m (alternativno gorivo)	Prisutan površinski uljni sloj – remećenje tiksotropije
2003.	- Prisutan - Frakcija baznog ulja (alternativno gorivo)	- Prisutan - Dubina nije mjerena	- Prisutan - Dubina nije mjerena (alternativno gorivo)	Prisutan površinski uljni sloj – remećenje tiksotropije
2007.	- Prisutan - Dubina do 1,5 m - Frakcija baznog ulja (alternativno gorivo)	- Prisutan - Dubina do 3 m -(niskooopterećena, TOC, TDS, pH visok)	- Prisutan - Dubina nije mjerena (alternativno gorivo)	Prisutan površinski uljni sloj – remećenje tiksotropije

Površinski sloj plivajućih ugljikovodika ukoliko ne sadrži toksične komponente te u tom slučaju se može kloristiti kao dopunsko gorivo uz prethodno kondicioniranje (odstranjivanje slobodne i emulgirane otpadne vode te sedimenta) i homogenizaciju istog. Od toksičnih komponenti je bitan sadržaj PCB-a i TOX-a kao i teških metala (naročito žive). Višekratne analize plivajućeg uljnog sloja su pokazale da je sadržaj PCB-a, TOX-a i žive nizak (npr. otpadno ulje II kategorije), te je poencijalna mogućnost korištenja rekuperirane uljne faze u cementarama i/ili termoenergetskim objektima.

Otpadna voda bilo da se radi o akumuliranoj otpadnoj vodi u podpovršinskom sloju (slobodna voda) ili otpadnoj vodi koja je sadržana u otpadu te se mora separirati potrebno je obraditi na adekvatnom uređaju za pročišćavanje. Kako se radi o niskoopterećenoj otpadnoj vodi bez prisustva specifičnih toksičnih komponenti, sustav pročišćavanja otpadne vode nije zahtjevan. U svakom slučaju kakvoća pročišćene otpadne vode odnosno efluenta mora biti sukladno zahtjevima za ispuštanje u konačni recipijent (npr. upojni bunar).

4.0. PRIJEDLOG PROIZVODNIH I DRUGIH RJEŠENJA S OCJENOM PRIKLADNOSTI ODABRANOG RJEŠENJA NA DUGOROČNE UČINKE NA OKOLIŠ

U prethodno izrađenoj dokumentaciji[1)-11)] koja se bavila problematikom jame Sovjak, pri izboru potencijalnih tehničko-tehnoloških rješenja za sanaciju postojećeg stanja korišteni su koncepcijski pristupi američke agencije za zaštitu okoliša EPA za saniranje tzv. SUPERFUND lokacija tj. lokacija koje predstavljaju visoko onečišćena mjesta s opasnim otpadom odnosno miješanim komunalnim i opasnim otpadom. Uvažavajući navedeni pristup, na nivou ovog Sanacijskog programa daje se koncepcijska analiza raspoloživih tehnologija koje je moguće primijeniti na predmetnoj lokaciji uključujući pravni aspekt sanacije, karakteristike neuređenog odlagališta i ciljeve koje je provedbom sanacije potrebno postići. U tom smislu generalna podjela tehnologija može biti na *In situ* i *Ex situ* tehnologije sanacije. *In situ* tehnologije podrazumijevaju razne metode koje se primjenjuju na licu mjesta bez vađenja otpada ili drugih onečišćujućih tvari (sa ili bez odstranjivanja vode), dok *Ex situ* metode sanacije obuhvaćaju vađenje materijala i njegovu naknadnu obradu primjenom adekvatne tehnologije.

Sam izbor pogodne tehnologije za sanaciju jame Sovjak započet je identifikacijom i određivanjem kvantitativnog i kvalitativnog stanja unutar odlagališta kako je to opisano u prvom dijelu tehničke dokumentacije ovog programa sanacije "*A) Karakterizacija stanja lokacije*" i u pregledu istražnih radova. Svi dobiveni rezultati i njihova interpretacija zasniva se na prethodno provedenim ispitivanjima fizikalno-kemijskog sastava odloženog otpada, koja su provedena u periodu od 1987. – 2007.god., te iskustvenim spoznajama za stanja sličnih lokacija. Za ocjenu prikladnosti tehničko-tehnološkog rješenja sanacije jame Sovjak, sve potencijalne tehnologije razmatrane su u kontekstu šire analize koja uključuje materijalnu bilancu (količinu) otpada za sanaciju, zadovoljavanje postojećih propisa, tehnološku referentnost, tehničku izvedivost sanacije, koristi po okoliš, realne troškove provedbe i vremenski okvir za provedbu predviđenih aktivnosti.

Svaki prostor onečišćen opasnim otpadom uključujući i jamu Sovjak moguće je sanirati primjenom različitih tehnologija na nekoliko različitih načina, što ne ovisi samo o karakteru i količini odloženog otpada već i o smještaju lokaciji i njenom pristupu, što se u predmetnom slučaju kao dodatni kriterij vrednuje pri izboru prikladnosti sanacijske tehnologije. Naime, jama Sovjak je prirodna vrtača promjera oko 90 m i dubine veće od 30 m s vrlo strmim stijenkama, što onemogućava adekvatan pristup samoj površini za sanaciju. Kod zbrinjavanja opasnog otpada unutar jame Sovjak navedene karakteristike lokacije mogu biti ograničenje primjeni potencijalnih *Ex situ* tehnologija, a još više primjeni *In situ* sanacijskih tehnika. Stoga se dodatni kriteriji izbora prikladnosti rješenja odnose se na dugoročnost i efikasnost rješenja te referentnost tehnologije.

4.1. Materijalna bilanca prisutnih količina otpadnih tvari u jami Sovjak

U poglavlju 2.1. ovog Programa sanacije su prikazane vrste i količine odloženog otpada u vrtači Sovjak. Kako je navedeno u donjem dijelu vrtače odložen je isključivo kiseli gudron (kiseli katran), koji se jedini u prvih desetak godina odlagao u jamu. Nakon tog perioda odlagale su se druge vrste opasnog pretežito zauljenog otpada i pretežito se nalaze u gornjem dijelu jame Sovjak. Ukupno odložena količina gudrona iznosila je oko 110.000 m^3, otpadnog koksarskog katrana oko 30.000 m^3, acetilenskog mulja oko 35.000 m^3, otpadnih ulja i bunkera iz brodova oko 30.000 m^3, zauljeni talozi iz spremnika sirove nafte i naftnih derivata oko 15.000 m^3, te oko 30.000 m^3 raznih otapala, ulja za rezanje i drugog tekućeg otpada, što sveukupno predstavlja količinu od oko 250.000 m^3 odloženih raznih vrsta otpada. Prema podacima iz prehodno izrađene doklumentacije (Idejno rješenje), temeljem proračuna volumena jame digitalizacijom starih karata, volumen odloženog otpada u jami ne može biti veći od 150.000 m^3, što ukazuje na zaključak da je oko 100.000 m^3 (tekućeg dijela) otpada iscurio u podzemlje. S obzirom na navedeno, količina od 150.000 m^3 predstavlja refernetnu ukupnu količinu otpada s kojom se rukuje kod određivanja vremenskog perioda i cijene koštanja sanacije.

Kako danas nije moguće mjeriti kosine vrtače Sovjak zapunjene otpadom, a nije niti poznata struktura kosina i dna vrtače te broj i karakteristike prisutnih rasjeda, pukotina i kaverni, ne postoji ni mogućnost utvrđivanja preciznog volumena jame odnosno odloženog otpada. Zasigurno je da je prvotno odloženi otpad zauzeo i popunio takva mjesta, ali se ne može procijeniti u kojoj količini. Za naglasiti je u ovom dijelu teksta kako sam geološki profil odlagališta tj. nepoznata struktura kosina i dna vrtače i njene prostorne karakteristike mogu utjecati na limitiranost tehničkih rješenja u smislu vađenja odloženog materijala koji se nalazi na dnu i u bokovima jame. Za potrebe ovog Programa sanacije gdje je potrebno procijeniti postojeći volumen otpada koristimo se konzervativnim pristupom te s tim u vezi korištenje pretpostavljene, prethodno navedene gornje granice od 150.000,00 m^3. Ista je definirana po prvi put tijekom izrade Idejnog rješenja iz 1998.god. i ponavljaju se kao ukupno prisutna količina u jami kroz svu kasniju dokumentaciju.

Kako je u prethodnim poglavljima rečeno, u vrtači su utvrđena četiri međusobno razdvojena sloja i to plivajući sloj ugljikovodika, sloj vode, sloj mekog i pastoznog katrana te sloj tvrdog katrana na dnu jame (gudron). Četiri razdvoje faze su različite po svojim kemijskim i fizikalnim karakteristikama te ih je u konceptu sanacije potrebno razmatrati kao zasebne cjeline za obradu. Principijelno se radi o različitim tehnologijama vađenja i obrade koje se u tehnološkom nizu nastavljaju jedna na drugu kako je to prikazano u narednim točkama. U tablici 7 je prikaz procjenjenih količina odloženog otpada na temelju provedenih mjerenja od 1997.g. do 2007.g.

Tablica 7. Količine pojedinih faza otpada unutar jame Sovjak

Vrsta otpada	Količina (m^3)
Sediment (acetilenski mulj)	cca 15.000,0
Ugljikovodici	cca 7.000,0
Voda	cca 15.000,0
Meki katran	cca 40.000,0
Tvrdi katran	cca 75.000,0
Ukupno	**cca 152.000,0**

Odloženi gudron (tvrdi katran) ne sadržava vodu i ne emulgira. Sadržava oko 20% v/v koncentrirane sumporne kiseline koja se koristila u procesu kisele rafinacije kerozina, parafina i baznih ulja. Uzimajući u obzir da je gustoća sumporne kiseline oko 1800 kg/m^3, za količinu odloženog kiselog gudrona od 110.000 m^3 može se izračunati kako ukupna količina kiseline u gudronu iznosi oko 39.000 t. Ubacivanje većih količina acetilenskog mulja, naročito krajem osamdesetih godina prošlog stoljeća, izazvalo je destabilizaciju uglavnom prethodno odloženog gudrona s tendencijom prevođenja gudronske krutine u smjesu meke organske tvari i sumporne kiseline. Navedeno znači da gudron više nije tiksotropan, jer acetilenski mulj direktno reagira sa sulfatnim ionom.

Ukupno je u odlagalištu Sovjak odloženo oko 35.000 m^3 acetilenskog mulja (meki katran) sa sadržajem vode od 80-90%, budući da se isti prije odlaganja nije ugušćivao. Suha tvar acetilenskog mulja je kalcijev hidroksid (($Ca(OH)_2$). Kako je slobodna voda još tijekom odlaganja iscurila iz vrtače, može se pretpostaviti da je slobodna količina kalcija u jami iznosila oko 2.450–4.900 kg (uz pretpostavku minimalne nasipne težine od 700 kg/m^3). U navedenim uvjetima gdje je evidentno veliko prisustvo sulfatne kiseline (sulfatnog aniona) i značajno manja količina kalcijevog hidroksida (kalcijev ion), prisutan je stehiometrijski nedostatak kalcija za "potpunu potrošnju" prisutnog sulfatnog aniona pri čemu se dobiva kalcijev sulfat.

Budući da je zbog stehiometrijske neravnoteže sav kalcij izreagirao sa sulfatom iz gudrona došlo je do promjene njegove tiksotropije. Tikostropija se može definirati kao pojava promjenjivosti parametara viskoznosti u funkciji mirovanja, odnosno kretanja čestica. Promjenom tiksotropije gudrona uslijed navedene kemijske reakcije oslobađa se odgovarajuća količina ugljikovodika i proporcionalno tome se smanjuje volumen gudrona (10-20 %). Naime, kation kalcija se u uvjetima gdje je prisutan kiseli gudron veže sa sulfatim anionom i mijenja tiksotropna svojstva gudrona jer više ne postoji "kvazi" polimerna veza sulfatnog aniona i olefinskih veza u ugljikovodicima. Kao posljedicu imamo činjenicu da se gudron omekšava te da se ugljikovodici oslobađaju i isplivavaju na površinu izlučenog sloja vode jer se vraćaju u tekuće stanje. Vremensku dimenziju ovog procesa nije moguće procijeniti jer ne postoji sustav miješanja već se reakcije odvijaju posredstvom difuzijskih procesa između pojedinih slojeva.

Vrlo je vjerojatno da je brzina provođenja tj. odvijanja navedenih procesa bila ubrzana nestankom dijela akumulirane vode u jami Sovjak na prijelazu 2001./2002.god (nagli pad razine odloženog otpada u akumulaciji).

Šire područje vrtače Sovjak nalazi se pod submediteranskim režimom oborina i godišnje na ovom području padne prosječno oko 1.600 mm oborina. Većina oborina zbog krškog terena završava u podzemlju i pojavljuje se naknadno na priobalnim i podmorskim izvorima. Uočeno je da bez obzira na intenzitet i količinu oborina koja padne u Sovjak, razina otpada u jami ne raste što izravno upućuje na činjenicu da se dolazi do permanentnog propuštanja akumulirane oborinske vode na obodnim stranama vrtače. Procijenjeno je kako je godišnja količina oborinske (kontaminirane) vode koja se gubi na području vrtače Sovjak oko 11.000 m^3. Novijim mjerenjima procijenjen je maksimalni volumen otpadne vode od cca 15.000 m^3.

Gornji plivajući sloj je također tijekom vremena mijenjao svoju debljinu. Znatan pad debljine gornjeg plivajućeg uljnog sloja zabilježen je tijekom 1997.god. Međutim, kako je prethodno objašnjeno, kao posljedice destabilizacije gudrona acetilenskim muljem pojavljuje se uz smanjenje neutralizacijskog broja gudrona i izdvajanje sulfatnog iona iz olefinskog dijela organske mase gudrona i postupno isplivavanje organske faze (ugljikovodika) na površinu i njeno postupno prelijevanje u podzemlje preko obodnih kaverni i pukotina na bokovima stijena jame. Mjerenjima 2007.g. je procjenjen volumen površinskog uljnog sloja do 7.000 m^3.

4.2. Pravni aspekt sanacije jame Sovjak

Crna jama Sovjak prema karakteru odloženog otpada, primjenjenoj tehnologiji odlaganja, tehničkoj opremljenosti i primijenjenim mjerama zaštite okoliša tijekom rada, ubrajamo u prostor onečišćenog i ugroženog okoliša. Prethodne intervencije oko neuređenog odlagališta opasnog otpada Sovjak bile su vezane uz ranije važeće propise i to Zakon o postupanju s otpadnim tvarima (NN 42/82) i Zakon o sanitarnoj inspekciji (NN 55/79, 53/86 i 47/89). Tijekom 1964.god. Općina Rijeka je posebnim rješenjem proglasila "Crnu jamu – Sovjak" gradskim odlagalištem tekućeg i pastoznog otpada, pa navedena odluka ima posljedice do današnjih dana neovisno o promjeni propisa koji su s vremenom stupili na snagu. Navedenom odlukom crna jama Sovjak kategorizirana je kao odlagalište otpada bez obzira što u kontekstu današnjih propisa ne zadovoljava kriterije za odlagališta opasnog otpada. Naime, nedvojbeno je utvrđeno kako sadržaj jame Sovjak prema Uredbi o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada (NN 50/05) odgovara karakteristikama opasnog otpada. Shodno tome, navedena odluka predstavlja pravnu činjenicu za primjenu propisa koji se odnose na opasni otpad i odlagališta opasnog otpada.

Budući da je odlagalište radilo u vremenu kada propisi iz zaštite okoliša nisu postojali u današnjem obliku, rad predmetnog odlagališta odvijao se bez strogo definiranih kriterija zaštite, što je za posljedicu imalo i ima direktni negativni utjecaj na sve sastavnice okoliša. Postoji pravna utemeljenost za pokretanje "odgovornosti za onečišćivanje okoliša" jer je za područja za koja se utvrdi da imaju svojstva ugroženog okoliša moguće na temelju postojeće regulative zahtijevati provedbu sanacije za što je potrebno napraviti Progam sanacije. Program sanacije se izrađuje sukladno postavkama Zakona o zaštiti okoliša (NN 82/94, 128/99). Prema članka 55. ovog Zakona onečišćivač okoliša dužan je, u rokovima što ih odredi Vlada, izraditi i

provesti sanacijski program za uklanjanje oštećenja okoliša prema sadržaju propisanom stavkom 2 navedenog članka. Budući da je jama Sovjak prepoznata kao dio visoko onečišćenog i ugroženog okoliša, pokrenuta je procedura njegove sanacije i izrada adekvatnog programa sanacije. Njegov sadržaj definiran je Projektnim zadatkom od strane Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva te je usklađen s odredbama navedenog Zakona.

Lokacija jame Sovjak (gudronska jama) definirana je u Strategiji gospodarenja otpadom RH (NN 130/05) kao staro opterećenje ili "crna točka" tj. kao lokacija visoko opterećena otpadom nakon dugotrajnoga neprimjerenoga gospodarenja proizvodnim otpadom. U suradnji s Fondom za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost i jedinicama lokalne samouprave, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, pristupa rješavanju svih starih opterećenja za što su za period 2005.–2008.god. osigurana i odgovarajuća financijska sredstva. Strategija gospodarenja otpadom donesena je na osnovu Zakona o otpadu (NN 178/04, 111/06). Prema ovom zakonu Država je odgovorna za gospodarenje opasnim otpadom te osigurava uvjete i propisuje posebne mjere gospodarenja i donosi provedbene propise. Tako su prema Uredbi o uvjetima za postupanje s opasnim otpadom (NN 32/98) definirane tehničke cjeline (brtveni slojevi, odvodnja oborinskih i procjednih voda, prikupljanje plina…) koje čine mjere zaštite okoliša i ljudi tijekom rada građevina za odlaganje opasnog otpada od kojih niti jedna nije implementirana na lokaciji crne jame Sovjak.

Lista "korisnika" jame Sovjak temeljem ranije postojeće dokumentacije (inspekcijska rješenja, izvješća Skupštine općine Rijeka, dokumentacija K. D. Čistoća) izrađena je tijekom 1998. g. i sadrži osam velikih korisnika i pedesetak malih korisnika uz definirane prijevoznike otpada. Uz definirane tehničke mjere zaštite okoliša i zakonsku obvezu o zabrani odlaganja opasnog otpada u tekućem stanju jama Sovjak je gotovo u potpunosti zapunila svoj kapacitet. Odlagalište otpada se mora zatvoriti ako više nema prihvatnih mogućnosti i/ili emisije onečišćujućih tvari u okoliš prelaze propisom određene vrijednosti emisija, a sanacijom se ne može smanjiti štetni utjecaj odlagališta. Kako je neuređeno odlagalište Sovjak zatvoreno u radu, provedbom sanacije potrebno je zaštiti okoliš i zdravlje ljudi čija su se stambena područja razvila u njegovoj neposrednoj blizini. Mjere zaštite okoliša i zdravlja ljudi koje je novijim propisima potrebno osigurati kod odlagališta opasnog otpada zahtijevaju prethodnu stabilizaciju otpada i odlaganje tako stabiliziranog otpada u odlagalište, tehnički izolirano od okoliša s kontrolom procjednih voda i plinova.

Činjenicu da jama Sovjak nije brtvenim slojevima izolirana od okoliša (jer nisu izvedena) te da se u istu nije odlagao prethodno stabilizirani otpad, je potrebno uskladiti s nastojanjem da se odabirom tehničko-tehnološkog rješenja problem odloženog otpada i njegovog utjecaja na okoliš trajno riješi. U tom smislu pouzdanija rješenja nude *Ex situ* tehnologije u odnosu na *In situ* tehnologije koje podrazumijevaju da se odloženi otpad stabilizira i ostavi na lokaciji koja nema temeljni brtveni sustav. Navedeno je jedan od glavnih razloga zašto se *In situ* tehnologije sanacije nisu detaljnije razmatrale na nivou prethodno izrađene dokumentacije. Naime, smatralo se da postoje ozbiljna tehnička ograničenja u primjeni takve tehnologije (zbog položaja i prostorno-geoloških karakteristika), a samim time i u pouzdanosti tehničkog rješenja u odnosu na stanje koji je sanacijom potrebno postići. Međutim, valja istaknuti da se u svjetskoj i europskoj praksi kod sanacije istih ili sličnih odlagališta danas u pravilu ipak koriste *Ex situ* tehnologije jer otpad u pastoznom i/ili tekućem stanju nije dozvoljeno ostaviti u okolišu. Može se zaključno konstatirati kako je u Republici Hrvatskoj u posljednjih nekoliko

godina donesen cijeli niz zakona i podzakonskih akata koji se odnose na područje zaštite okoliša i u jednom segmentu na područje gospodarenja otpadom. Pravni aspekti sanacije crne jame Sovjak proizlaze iz tako donesenih propisa koji su usklađeni s propisima EU ili su u postupku usklađivanja. Za predmetnu lokaciju svakako se može zaključiti da je zbog nepostojanja predviđenih mjera zaštite dominantni problem po okoliš onečišćenje tla, podzemlja i podzemnih voda. Shodno tome treba analizom potencijalnih tehnologija eliminirati sva ona tehnološka rješenja kojima se ne bi postigao željeni cilj sanacije (ili samo djelomično), prvenstveno zaštita dijelova najugroženijeg okoliša i zdravlja ljudi, odnosno ona rješenja koja su tehnički neizvediva ili u svjetskoj praksi do sada nisu provedena i potvrđena kao uspješna.

4.3. Kriteriji za izbor tehnologije sanacije jame Sovjak

Odlagalište Sovjak predstavlja rizik po okoliš, koji uzrokuje onečišćenje podzemlja (podzemnih voda i tla) te manjim dijelom zraka. Pri izboru tehnologija sanacije odlagališta Sovjak koji se ne odnosi samo na tehnologije sanacije odloženog otpada već i na tehnologije sanacije tla i stijenja Sovjaka, potrebno je razmatrati i predložiti one tehnologije sanacije kojima se postiže slijedeće:

a) smanjenje volumena odloženog otpada,

b) smanjenje toksičnosti onečišćujućih tvari u otpadu,

c) smanjenje mobilnosti onečišćujućih tvari u otpadu (emisije u zrak, odnosno u podzemlje i podzemne vode, te smanjenje unosa kišnice),

d) potencijalno iskorištavanje rekuperacijskih dijelova otpada.

Kriterije eliminacije pojedinih tehnologija za sanaciju jame Sovjak potrebno je razmatrati po slijedećim principima:

1) ne primjenjuju se ona rješenja koja su dugoročno gledajući neadekvatna jer ne rješavaju problem u cijelost (potencijalna *In situ* rješenja);
2) ne primjenjuju se ona rješenja koja su zbog položaja i prostorno-geoloških karakteristika odlagališta tehnički teško ili tek djelomično provediva (*In situ* rješenja kao što su konzervacija sadržaja, enkapsulacija jame bez vađenja otpada);
3) ne primjenjuju se ona rješenja koja nude tehnologiju bez referenci na istim ili sličnim neuređenim odlagalištima opasnog otpada (npr. nisko konverzijska piroliza);
4) ne primjenjuju se ona rješenja koja nude tehnologije u razvoju.

Obzirom na osnovne ciljeve koje je sanacijom potrebno postići, kriteriji izbora prihvatljive tehnologije su slijedeći:

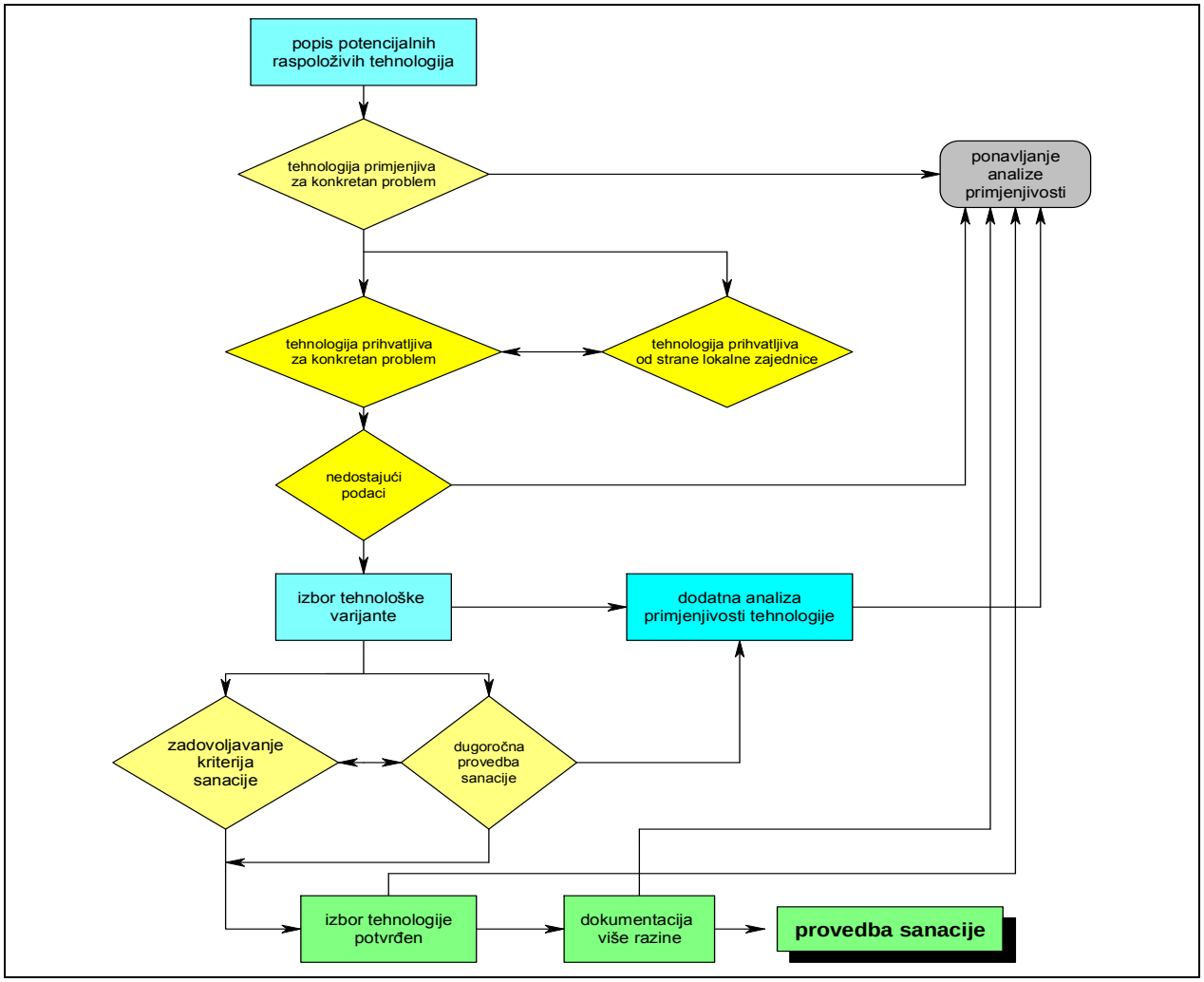
- udovoljavanje zahtjevima propisa tijekom korištenja odabrane tehnologije,
- zadovoljavanje uvjeta zaštite okoliša tijekom provedbe sanacije,
- tehnička realnost izvedbe sanacije na konkretnoj lokaciji jame Sovjak,
- prihvatljivi ekonomski aspekti provedbe predviđenih aktivnosti (troškovi sanacije),
- mogućnost provedbe sanacije u prihvatljivom vremenskom periodu.

Da bi se udovoljilo gore navedenim kriterijima najvažniji tehnički faktori izbora tehnološkog rješenja su:

- ✓ učinkovitost i pouzdanost tehničko-tehnološkog rješenja obzirom na pretpostavljene ciljeve koji se sanacijom jame Sovjak žele postići;
- ✓ tehnička i administrativna primjenjivost kako glede referentnosti tehnologije tako i glede zadovoljavanja propisa i stava javnosti;
- ✓ troškovi izgradnje i montaže izabranog konceptualnog rješenja za sanaciju svih dijelova otpadnih tvari prisutnih u jami Sovjak;
- ✓ pogonski troškovi i troškovi održavanja ukoliko sustav nije u najmu odnosno ukoliko radi više godina.

Generalni prikaz izbora mogućih tehnologija sanacije jame Sovjak nalazi se na shemi 2.

Shema 2. Generalni prikaz izbora mogućih tehnologija sanacije jame Sovjak



Dodatni kriteriji izbora tehnologije za sanaciju Sovjaka su posljedica provedbe istražnih radova koji su u više navrata provođeni na lokaciji i koji su opisani u ovoj dokumentaciji. Istražnim radovima je utvrđena slijedeća karakterizacija stanja koju je u razmatranju tehnologije za obradu pojedinih faza prisutnog otpada u jami Sovjak potrebno uzeti u obzir:

- realni volumen odlagališta odnosno volumen odloženog otpada je cca 150.000 m^3,
- utvrđeni su svi pokazatelji kojima se odloženi otpad karakterizira kao opasni otpad,
- otpad je klasificiran po pojedinim fazama koje su se naknadno pojavile kao posljedica razdvajanja istog na kruti i tekući dio,
- svaka faza ima ispitana osnovna fizikalno-kemijska svojstva i mora se obrađivati u zasebnom toku obrade,
- plivajući sloj ugljikovodika je dijelom iscurio u podzemlje tako da je u zadnjih desetak godina došlo do smanjenja VOC emisija iz odlagališta u zrak. Ostatak se nakon obrade može zbrinuti kao dodatno gorivo u industriji,
- prisutne otpadne vode u odlagalištu Sovjak su posljedica oborina te su niskoopterećene čime se izbjegava kompleksno tehnološko rješenje za njihovu obradu,
- analizirani uzorci mekog i tvrdog katrana (gudrona) ukazuju na činjenicu da nema povišenog sadržaja BTX-a, PCB-a, pesticida, TOX-a i da je radioaktivnost na razini prirodne radioaktivnosti, čime se potencijalno mogu eliminirati skuplje termičke obrade krutog i pastoznog dijela otpada.

S aspekta specifičnosti odloženog otpada i same lokacije, primjenjivost pojedine varijante mora biti usklađena sa slijedećim činjenicama:

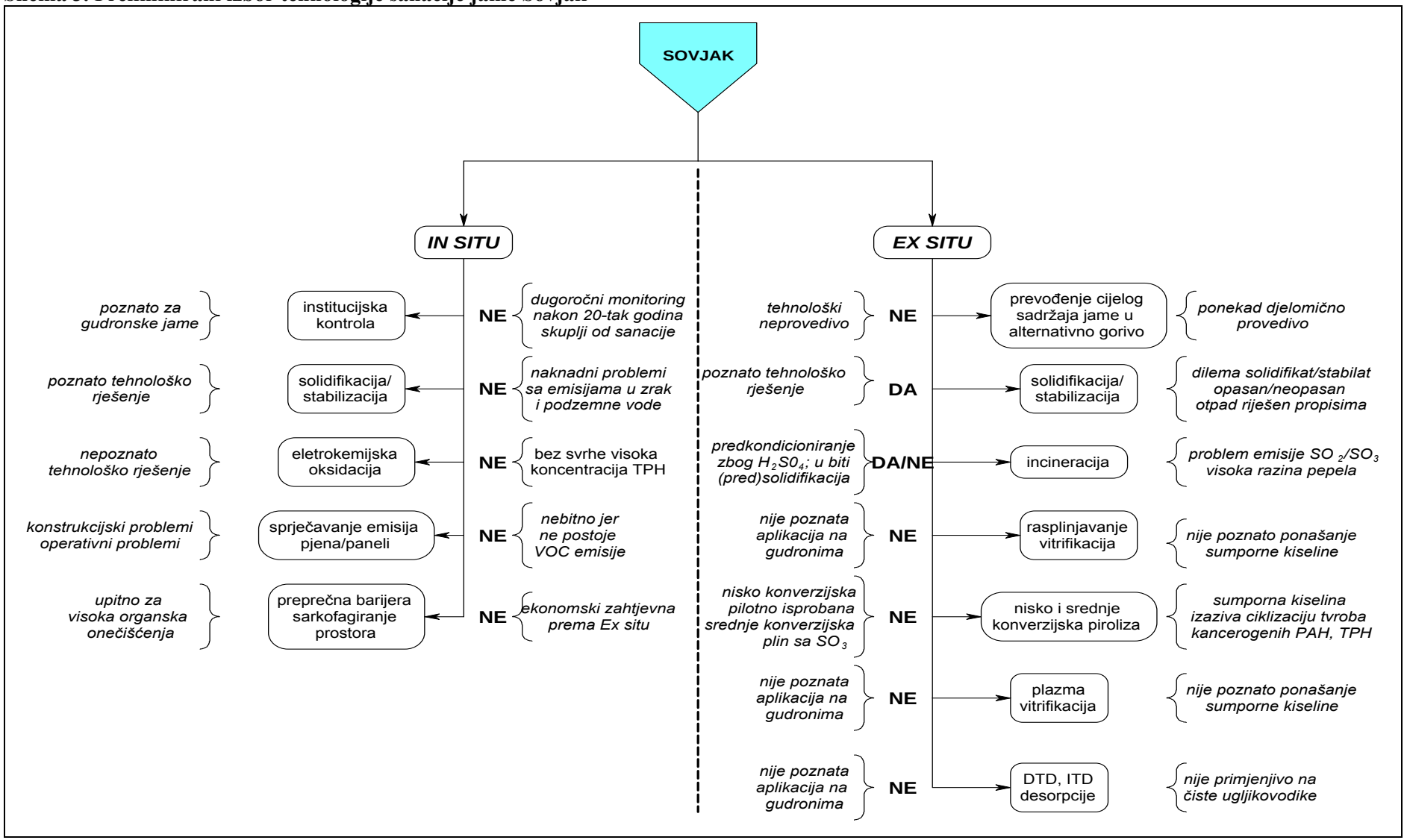
- Odstranjivanje tj. vađenje materijala iz jame Sovja» je primjenjiva tehnologija premda se radi o većoj količini odloženog otpada;
- Odloženi otpad sadržava relativno povišene koncentracije suspendiranih tvari i odgovarajuću količinu sumporne kiseline koju treba adekvatno neutralizirati, čime se principijelno nameću ograničenja većini potencijalnih tehnologija u zahtjevu za smanjenjem ukupne količine odnosno volumena otpada;
- Sav odloženi otpad se neće moći izvaditi, te će dio zaostati u frakturama u stijeni vrtače;
- Takav otpad neće izazivati negativne efekte po okoliš, ali će ga biti potrebno izolirati postupkom enkapsulacije;
- Stabilizirani otpad nakon obrade se ne mora nužno odlagati, već se može konačno zbrinjavati kao sirovinski materijal ili dopunsko gorivo;
- Vrtaču Sovjak nakon sanacije (bez obzira na odabranu tehnologiju) treba ispuniti inertnim materijalom do krajnjih kota zapunjenja te sanirati završnim brtvenim sustavom

Ističemo činjenicu da je za sanaciju jame Sovjak izrađena Studija o utjecaju na okoliš, te je kao najprihvatljivije rješenje sanacije izabrana tehnologija solidifikacije i ugradnja solidifikata u strukturu završnog brtvenog sustava odlagališta komunalnog otpada Viševac. Međutim, u međuvremenu su premašene sve predviđene projektne kote zatvaranja ovog odlagališta, tako da je predviđena sanacijska tehnika otpala iz razloga štednje raspoloživog volumena, kao i postizanja krajnje stabilnosti odlagališta Viševac izvedbom završnog brtvenog sustava nakon njegovog zatvaranja. Naime, ovo odlagalište će se morati eksploatirati do otvaranja županijskog centra za gospodarenje otpadom, čija izgradnja još nije započela. Sanacijski postupci i terminski plan provedbe sanacije vezan je uz sadržaj odloženog otpada. Kako je to ranije opisano osnovne faze sačinjavaju acetilenski mulj, tekući ugljikovodici, otpadna voda te meki i kruti katran. Ovakav sadržaj jame Sovjak sa separiranim slojevima različitih fizikalno-kemijskih svojstava traži kompleksniji tehnološki i logistički pristup za sanaciju koja mora uključivati:

a) sanaciju površinskog sloja ugljikovodika,
b) sanaciju i obradu akumulirane otpadne vode,
c) sanaciju i obradu mekog i tvrdog katrana,
d) izvedba završnog brtvenog sustava odlagališta radi sprječavanja unosa oborina.

Shodno pretpostavljenim kriterijima sanacije, odabira i eliminacije tehnologije, stanja i karakteristika jame Sovjak, te potrebe da se saniraju sve prisutne faze otpada, preliminarni izbor tehnologija sanacije koje su i ranije razmatrane prikazan je na shemi 3.

Shema 3. Preliminirani izbor tehnologije sanacije jame Sovjak



Eliminacija sadržaja vode i tekućih ugljikovodika predstavlja jedan od osnovnih ciljeva planiranog sanacijskog programa, budući da je u konkretnom slučaju dominantno pitanje onečišćenja tla, podzemlja i podzemnih voda. Upravo su voda i tekući ugljikovodici koji se infiltriraju kroz prisutne pukotine osnovni medij koji utječe na distribuciju i širenje onečišćenja u podzemlju. Eliminacijom ugljikovodika, iste je moguće nakon jednostavne obrade energetski iskoristiti, dok je otpadnu vodu potrebno obraditi do zahtjevane kakvoće. Kako se radi o neuređenom odlagalištu opasnog otpada, tada se krute opasne tvari saniraju na način da se iste stabiliziraju na licu mjesta ili izoliraju od okoliša (*In situ* metoda) ili obrađuju i zbrinjavaju u okviru instalacije za obradu opasnog otpada (*Ex situ* metoda).

Kod zbrinjavanja opasnog otpada postoje ozbiljna ograničenja u primjeni *In situ* sanacijske tehnike. Naime ova tehnika se primjenjivala kod odlagališta s zauljenim otpadom pri čemu se koristio postupak *In situ* solidifikacije/stabilizacije (sa živim vapnom i cementom). Naknadnim praćenjem stanja okoliša utvrđeno je da kod takvo saniranih lokacija postoji problem otpuštanja hlapivih i vodotopivih komponenti u okoliš (tlo, podzemne vode, kakvoća zraka uz navedene lokacije), što je uglavnom posljedica necjelovito provedene stabilizacije i/ili solidifikacije odloženog otpada.

Kako je u predmetnom slučaju jame Sovjak direktno ugrožena kakvoća podzemne vode, svaki oblik provedbe *In situ* sanacijske tehnike se dugoročno gledajući može smatrati manje uspješnim. Drugi problem kod moguće primjene ove metode na lokaciji Sovjak je tehnička izvedba procesa solidifikacije i/ili stabilizacije zbog poznatih problema pristupu lokaciji, prostornog smještaja iste i geoloških karakteristika vrtače u kojoj je odložen opasni otpad. Naime, u praksi se *In situ* solidifikacije/stabilizacije provode mehaničkim strojevima uobičajenih komercijalnih konstrukcija sa eventualnih posebno izrađenim dodacima (hvatači, ruke za miješanje i sl.), a specifičnost lokacije Sovjaka (dubina i potreba radijalnog zahvata većeg od 40-tak metara) čini takvu tehniku neprimjernom zbog nepostojanja uređaja na *In situ* solidifikaciju takvog tipa na tržištu.

Za razliku od *In situ* tehnoloških rješenja, *Ex situ* tehnikama vadimo onečišćenje tj. otpad iz odlagališta te ga obrađujemo pogodnom tehnologijama do razine potrebne za ponovno odlaganje ili uporabu. Tehnologija može biti ista ili različita u odnosu na *In situ* metode. Obzirom na ciljeve sanacije nabrojene u uvodnom dijelu ove točke, prednost *Ex situ* provedbe sanacije su ti što je vađenje materijala iz odlagališta primjenjiva tehnologija i što je obradom izvađenog otpada moguće postići sveobuhvatno i po okoliš trajno rješenje. Međutim treba uzeti u obzir činjenicu kako skrutnuti katran na dnu jame neće biti moguće u potpunosti odstraniti iz razloga konzistencije gudrona te postojanja "džepova" sa ispunama gudrona u donjem dijelu vrtače. Također su vjerojatno okolne frakture u vrtači ispunjene gudronom kojeg također neće biti moguće izvaditi. Kako je skrutnuti gudron hidrofoban te vodonepropustan, kišnica koja će se akumulirati u dnu vrtače Sovjak neće moći slobodno otjecati kroz dno vrtače već će se onečišćena prelijevati kroz frakture na stjenkama vrtače. Upravo iz tog razloga je na razini prethodno izrađene dokumentacije predviđeno nakon vađenja otpada ponovno punjenje volumena vrtače inertnim građevinskim materijalom, izvedba završnog brtvenog sloja te izgradnja sustava odvodnje oborinskih voda sa površine.

Zbog sastava otpada i prisustva kiseline, sve biološke metode sanacije jame Sovjak (biorazgradnju, fitoremedijacija, landfarming, kompostiranje itd.) nisu primjenjive tehnologije za predmetnu lokaciju, te se ne analiziraju.

4.3.1. In situ sanacijska rješenja

In situ tehnološka rješenja ne uključuju vađenje odloženog otpada iz jame Sovjak. Za razliku od *Ex situ* tehnologija koje su uglavnom aktivne tehnologije, *In situ* tehnologije mogu biti pasivne i aktivne. Aktivne metode su one metode kod kojih se rasprostiranje onečišćenja pokušava spriječiti eliminacija uzoraka, a pasivne metode kojima se postojeće onečišćenje koje je postiglo određeno ravnotežno stanje sprječava u daljnjem širenju i raznim postupcima imobilizira. *In situ* tehnološka rješenja su dominantne tehnike sanacije neuređenih odlagališta i to uglavnom odlagališta komunalnog otpada. U tom smislu postoji veliki broj lokacija i referenci, jer se navedenim rješenjem s jedne strane stvaraju uvjeti za ubrzanu i kontroliranu biološku razgradnju otpada čime se isti nakon nekog vremena inertizira, a s druge strane se postižu ogromne financijske uštede jer se izbjegava preseljenje takvog otpada na uređene odlagališne plohe.

U kontekstu sanacije lokacija s opasnim otpadom, posebice u situaciji sanacije odlagališta s tekućim, pastoznim i krutim sadržajem i odlagališta s prostorno-geološkim karakteristikama kakve ima jama Sovjak, moguće je primijeniti neku od *In situ* sanacija koje su profilirane u praksi (uz prethodno vađenje i obradu otpadne vode i plivajućeg sloja ugljikovodika), ali bez većeg efekta u postizanja glavnih sanacijskih ciljeva koji su navedeni u uvodnom dijelu točke 4.3. Kako je ocjenjeno da se raspoloživim *In situ* tehnološkim rješenjima ne može postići adekvatna sanacija jame Sovjak, tako su ista odbačena ne samo na razini ove dokumentacije, već i na razini ranije izrađene projektno-tehničke dokumentacije za sanaciju predmetne lokacije. Sažeti opis primjenjivih *In situ* tehnoloških opcija koje su odbačene ali su bile u razmatranju je kako slijedi:

4.3.1.1. Prekrivanje i kapiranje neuređenog odlagališta sa drenažom oborinske vode

Prekrivanje odloženog otpada predstavlja jednu od najčešćih metoda sanacije odlagališta otpada, ali indirektno i podzemnih voda koja se danas primjenjuje u praksi. Međutim, kada su u pitanja sanacije jama sa većim sadržajem opasnog otpada, tada je primjena ove metode u praksi više poznata kao predkorektivna akcija nego sanacijska tehnika. Predkorektivne akcije se obavljaju na odlagalištima opasnog otpada iz razloga smanjenja ugrožavanja okoliša prije konačne sanacije. Najčešći problemi koji se rješavaju predkorektivnim akcijama su emisije u zrak odnosno podzemne vode.

Kod jame Sovjak analizirano je nekoliko mogućnosti prekrivanja odloženog otpada kao što je izgradnja prekrivne zaštite preko odlagališta (balon), ugradnja prekrivne zaštite u vidu preprečne barijere te montaža prekrivnih panela preko površine jame. Primjena ovakvih rješenja otvara nekoliko tehničkih problema kod njegove provedbe, a koji su ranije samo načelno spomenuti. U prvom redu radi se neprikladnom terenu za izvedbu predviđenih konstrukcija te se otvara problem akumulacije plinova ispod prekrivne zaštite i mogućnost formiranja eksplozivnih smjesa.

Uz ove opcije analizirana je i opcija izvedbe završnog brtvenog sustava bez prethodnog vađenja i obrade odloženog otpada (kapiranje). Postoji nekoliko razloga zbog kojih je razmatrana primjena izvedbe završnog brtvenog sustava jame Sovjak. Osnovni razlog predstavlja sprječavanja unosa oborinske vode, odnosno "bočnih" unosa oborina u sloj otpada i njena kontaminacija, te putem nje dalje zagađenje tla, podzemlja i podzemnih voda uslijed infiltriranja onečišćene oborinske vode u podzemlje. Isto tako eliminira se pojava mirisa i sprječava isparavanje lakohlapivih organskih spojeva (VOC) u atmosferu.

Završni (i temeljni) brtveni sustav prema Uredbi o uvjetima za postupanje s opasnim otpadom (NN 32/98) mora biti izveden od mineralnoga materijala te mora imati debljinu 3 m temeljnog sustava, 0,8 m pokrovnog sustava, te koeficijent propusnosti najviše 10^{-9} m/s za oba sustava. Izvedba završnog brtvenog sustava jame Sovjak kao pasivna metoda ne predstavlja dobru aplikaciju za sanaciju odloženog otpada iz više razloga, među kojima je najvažniji da se na lokaciji ostavlja opasni otpad koji će i dalje imati negativan utjecaj na okoliš budući da nema izveden temeljni brtveni sustav. Također, obzirom na praktično nikakvu razinu mikrobiološke aktivnosti u vrtači Sovjak, što je posljedica karaktera odloženog otpada, primjenom navedene tehnologije ne bi se poboljšala nikakva mikrobiološka ili kemijska aktivnost, koja bi dovela do smanjenja koncentracija onečišćujućih tvari što predstavlja osnovnu funkciju izvedbe završnog brtvenog sustava kao tehnologije sanacije.

4.3.1.2. In situ solidifikacija/stabilizacija (S/S) odloženog otpada

In situ solidifikacija/stabilizacija (S/S) se provodi primjenom materijala poput hidratiziranog vapna, živog vapna odnosno cementa. Moguće je korištenje i kemijski modificiranih glina. Metoda se primjenjuje kod odlagališta manjih dubina (nekoliko metara) i kod kojih se otpad nalazi u pretežito pastoznom stanju. Procesi stabilizacije mijenjaju stupanj opasnosti sastojaka otpada i tako pretvaraju opasan otpad u neopasan otpad, dok procesi solidifikacije samo mijenjaju fizikalno stanje otpada (u konkretnom slučaju tekuće u kruto) korištenjem dodataka, a da se pri tome ne mijenjaju kemijska svojstva otpada. Ukoliko tijekom postupka otpad samo djelomično stabiliziramo, nakon završenog procesa može doći do kratkoročnog, srednjoročnog ili dugoročnog ispuštanja u okoliš opasnih sastavnih dijelova koji nisu u potpunosti izmijenjeni u neopasne sastavne dijelove.

Postupak se u praksi provodi mješanjem s paralelnim iniciranjem sredstava za solidifikaciju/stabilizaciju (S/S). Reakcije su obično egzotermne i ovisne o prisutnoj količini vode (vlage) u materijalu. Postupak zna izazivati značajna onečišćenja zraka tijekom provedbe i to prašenjem odnosno hlapljenjem lakše hlapivih komponenti, koje se mogu pojavljivati i kao posljedica djelomičnih pirolitičkih reakcija. Kod visokog sadržaja vode postupak je manje upotrebljiv neovisno o tome da li je dubina odloženog otpada mala. Za jamu Sovjak primjena ove metode zahtjeva prethodno vađenje i obradu otpadne vode. Međutim, smještaj i konfiguracija vrtače onemogućava adekvatan pristup svim potrebnim strojevima i mehanizaciji potrebnoj za provedbu S/S postupka. Dodatni problem je i u izbora pogodnih strojeva za provedbu ovog postupka obzirom na karakteristike, dubine i količine otpada.

Postoji međutim i tehnološki problem vezan uz činjenicu da korištenjem *In situ* S/S procesa ne bi postigli njenu osnovnu funkciju, a to je stabilizacija odloženog otpada jer je ionako mobilnost prisutnog onečišćenja niska, a pored toga u otpadu koji je odložen imamo visoku količinu vode. Isto tako i iz razloga zbog velike dubine odloženog otpada ne jamči se homogenost procesa te potpunu stabilizaciju i prevođenje prisutnog sadržaja jame u neopasni otpad. Proizvod koji bi dobili prije bi predstavljao hidratizirani nego solidificirani/stabilizirani otpad.

4.3.1.3. Enkapsulacija onečišćenog prostora opasnim otpadom

Enkapsulacija onečišćenog prostora opasnim otpadom predstavlja u suštini postavljanje brtvenog sloja oko jezgre onečišćenja. Moguće je *In situ* postupcima brtvljenja, izolirati odloženi otpad od okoliša, pri čemu se kao brtvila najčešće upotrebljavaju bentonitni zidovi u kašastoj formi.

Naime nakon učvršćenja kašaste forme bentonita, kao posljedica njegove hidratacije, može se ovisno o kakvoći korištenog bentonita postići permeabilnost materijala i ispod 10^{-9} m/s, pod uvjetom da je debljina nanesenog bentonitnog sloja veća od 35 centimetara. Potrebno je voditi računa o vrsti materijala koja se inicira u svrhu izolacije okoliša (GCL, BES) budući da su neke bentonitne forme manje pouzdane i sklone kidanju uslijed mehaničkih kretnji, pomaka i vibracija. Navedeno tehničko rješenje je primjenjivo za izolaciju stijenki i dna vrtače, međutim ne omogućava potpunu izolaciju odloženog otpada, pa je primjena ove metode tek od parcijalnog značaja. Naime, osim što otpad nije u potpunosti izoliran on ostaje na lokaciji te se primjena ovakvog rješenja ne može smatrati pouzdanom i cjelovitom.

4.3.1.4. Zaključne konstatacije glede mogućnosti primjene In situ tehnoloških rješenja za sanaciju jame Sovjak

In situ sanacije odlagališta otpada bile su vrlo popularne naročito u SAD. Takve su sanacije rezultirale u sprječavanju mobilnosti otpada, kontroli emisija, sprječavanju unosa vode u tijelo odlagališta, bilo kišnice i bujičnih voda bilo podzemnih voda u situacijama povišene razine podzemnih voda. Tehnike izvedbe bile su najčešće u obliku solidifikacije odnosno stabilizacije, a korištena sredstva za S/S tehnologiju su u najvećem broju slučajeva bili cement (tzv. Cement Kiln Dust) i vapno (hidratizirano odnosno živo). Obzirom na stečena iskustva, potencijalne slabosti *In situ* tehnologija sa aspekta tehničke provedbe sanacije jame Sovjak su slijedeće:

a) nepovoljna geografska konfiguracija terena i teška pristupačnost vrtači Sovjak za prilaz mehanizaciji i ostalim uređajima koji bi tijekom *In situ* provedbe trebali biti prisutni na samoj odlagališnoj površini ili na njenim rubovima bez obzira o kojoj se *In situ* tehnologiji radi;

b) provedba *In situ* tehnologija koje preferiraju različite tehnike izolacije odloženog otpada od okoliša (S/S tehnologije, prekrivanje odnosno, izvedba brtvenih sustava...) ne daju cjelovito rješenje, jer se otpad ostavlja na lokaciji u nepromijenjenoj fizikalno-kemijskoj formi;

c) *In situ* solidifikaciju/stabilizaciju otpada nije u praksi moguće provesti na način da se postigne homogenost cijelog odlagališta, čime se ostavlja mogućnost da slabo stabilizirani ili nestabilizirani otpad (solidifikacija sa niskom razinom stabilizacije) i dalje otpušta hlapive odnosno topive komponente u okoliš;

d) prostorno-geološke karakteristike jame Sovjak dodatno su otežavajuća okolnost u primjeni *In situ* postupka S/S odloženog otpada;

e) nabavka potrebnih strojeva i uređaja na lokalnom i regionalnom tržištu za provođenje *In situ* S/S postupka je zbog karakteristika jame s odloženim otpadom, odloženog otpada i njegove dubine upitna (> 30 m). Takvi se strojevi u Europi ne koriste, a u SAD su se koristili prije petnaestak godina pa je pitanje da li danas uopće postoje.

Uvođenjem novih propisa o opasnom otpadu kojima su regulirani načini postupanja i zbrinjavanja tj. odlaganja istog tek nakon stabilizacije u tehnički izvedena kontrolirana odlagališta, *In situ* sanacijske tehnike ne mogu u potpunosti zadovoljiti zahtjeve propisa glede zaštite okoliša. Zbog toga danas u stručnim krugovima prevladava mišljenje kako su *In situ* tehnologije bile privremene tehnologije, koje su osim povoljnih učinaka u smislu sprječavanja mobilnosti i hlapljenja opasnih tvari iz otpada izazivale povećanje volumena i težine otpada, a da pri tome nije dolazilo do prekategorizacije otpada iz opasnog u neopasni, čime se tehnologije pokazala kao nepouzdane. Iste su se primjenjivale u situacijama visokih količina neadekvatno odloženog otpada kada su se tražile hitnije aktivnosti u reduciranju onečišćenja podzemnih voda (naročito prisutno u SAD u 80-tim prošlog stoljeća).

Zaključne konstatacije glede neprihvatljivosti primjene *In situ* tehnoloških rješenja ne proizlaze samo iz gore navedenih konstatacije koje izravno potenciraju slabe točke njihove primjene obzirom na specifičnost predmetne lokacije, već je potrebno uzeti u obzir iskustva i postojeću tehničku praksu koja se primjenjuje se samo u SAD već i u Europi te zemljama u našem bližem okruženju (Slovenija, Rumunjska…). Uvažavajući navedene činjenice te potrebu da se sanacijom jame Sovjak osigura potpuna, sigurna i trajna zaštita okoliša i eliminira utjecaj na lokalnu zajednicu, odbačena je mogućnost primjene *In situ* tehničkog rješenja kao cjelovitog i trajnog rješenja sanacije jame Sovjak.

4.3.2. Ex situ tehnološka rješenja

Otpad koji je odlagan u vrtaču Sovjak predstavlja opasni otpad iz različitih industrijskih grana koje su egzistirale na širem području grada Rijeke. *Ex situ* tehnološka rješenja njegove sanacije uključuju vađenje, obradu i/ili premještanje na uređeno odlagalište za opasni otpad. Pri tome se, svakako podrazumijeva vađenje i obrada ne samo pastoznog i krutog dijela opasnog otpada,

već vađenje i obrada plivajućeg sloja ugljikovodika i prisutne akumulirane otpadne vode. Nakon vađenja otpadnih materijala iz jame Sovjak, njihove obrade i zbrinjavanja, potrebno je predvidjeti zatrpavanje iste inertnim materijalom te ugraditi završni brtveni sustav sukladno propisima. Primjenom bilo koje *Ex situ* metode navedeno predstavlja završni stupanj sanacije jame Sovjak te se u sklopu ove točke posebno ne opisuje.

Budući da su na razini prethodne točke, uz dana objašnjenja odbačene primjene potencijalnih *In situ* tehnoloških rješenja, u sanaciji neuređenog odlagališta opasnog otpada Sovjak potrebno je primijeniti *Ex situ* tehnološka rješenja, čiji je broj u praksi relativno veliki. Potencijalne tehnologije koje se mogu primijeniti kod sanacije Sovjaka su vađenje i solidifikacija/stabilizacija (S/S) odloženog otpada, vađenje i spaljivanje (inceneracija) otpada, vađenje i niskokonverzijska piroliza otpada, vađenje i rasplinjavanje otpada te vađenje i plazma obrada opasnog otpada. Sažeti opisi *Ex situ* tehničko-tehnoloških varijanti koje su profilirane u praksi, a koje su razmatrane kao potencijalne tehnologije u saniranju jame Sovjak su opisane u slijedećim podpoglavljima.

4.3.2.1. Vađenje otpada i solidifikacija/stabilizacija (S/S postupak)

S/S postupak predstavlja kombinirane fizikalno-kemijske postupke primjene aditiva (reakcijske tvari) u cilju dobivanja krutog ili praškastog produkta. Tipična sredstva za provedbu solidifikacije/stabilizacije su spojevi vapna i cement. Kada je u pitanju zauljeni opasni otpad, S/S postupak omogućava stabilizaciju otpada postupkom kemijske reakcije (piroliza) i adsorpcije neizreagiranih ugljikovodika u matriks kalcijevog karbida ili alumosilikate. Postupak se u ovisnosti o količini otpada i izlaznih karakteristika može voditi kao kontinuirani ili šaržni proces. Posebna prednost provede *Ex situ* S/S tehnološkog postupka je u tome što se može postići stehiometrijski omjer miješanja aditiva i opasnog otpada. Naime, u miješalicama (mikserima) moguće je postići dobru homogenizaciju smjese te time osigurati i maksimalni stupanj stabilizacije opasnog otpada.

Za predmetni slučaj postupak *Ex situ* solidifikacije/stabilizacije odloženog krutog i pastoznog otpada je vrlo primjenjiva metoda, posebice u uvjetima kada se prije provedbe S/S postupka razmatra i prethodna obrada otpada u smislu odstranjivanja vode i tekućih ugljikovodika. Naime, pastozni i kruti otpad sadržava veću količinu uljnih komponenti, do 32% odnosno 18%, te još veću količinu vode, do 35% odnosno 32%. Odstranjivanjem ugljikovodika i vode korištenjem pogodnih aditiva principijelno je potrebno stabilizirati samo ostatak ili sediment koji je u pastoznom odnosno krutom dijelu otpada prisutan u količini do 39% odnosno 56%. Budući da se za potrebe S/S procesa koristi dio vode, odstranjivanje viška vode kao i prisutne faze ugljikovodika, moguće je postići postupcima mehaničke separacije, npr. na vertikalnim centrifugama.

Principijelno postoji nekoliko načina zbrinjavanja takvog ostatka nakon predobrade koja se sastoji od obrade sa kemikalijama za deemulgaciju te separaciju na sustavu dekantera i centrifuge. Ostatak koji se izdvaja na dvofaznom dekanteru predstavlja kruti oblik opasnog otpada kojeg će trebati zbrinuti na drugi način i na drugom mjestu za razliku od tekućeg dijela.

Potencijalne opcije su vezane uz prethodnu provedbu S/S postupka navedene faze koja je provediva korištenjem aditiva. Aditivi će neutralizirati prisustvo kiseline te dodatno alkalizirati otpad tako i prevesti otpad u tzv. pumpabilnu kašastu ("slurry") formu i/ili u formu stabilnog ostatka koji se može odložiti. Navedeno se provodi korištenjem aditiva na osnovi živog vapna, hidratiziranog vapna, cementa, lignita ovisno o predviđenom krajnjem načinu zbrinjavanja dobivenog solidifikata/stabilata. Dobiveni obrađeni, stabilizirani proizvod se može odlagati unutar odlagališta, koristiti u izgradnji brtvenih slojeva, koristiti kao sekundarno gorivo u procesima izgaranja npr. termoelektrane ili koristiti kao sekundarno gorivo i/ili sirovinska masa npr. u cementarama.

Vađenje pastoznog i krutog otpada i njegova solidifikacija/stabilizacija (S/S postupak), podrazumijeva prethodnu adekvatnu obradu i zbrinjavanje plivajućeg sloja ugljikovodika i prisutne otpadne vode u podpovršinskim sloju i vode koja će se dobiti tijekom obrade izvađenog otpada. Nakon vađenja površinskog sloja ugljikovodika površine odlagališta, isti bi se obradio na centrifugi/dekanteru uz dodatak pogodnih aditiva te tako obrađen koristio kao gorivo čiji su potencijalni korisnici cementara, termoelektrana ili rafinerija i sl. Prisutnu otpadnu vodu je potrebno obraditi na uređaju (montažnog tipa), čija se osnovna koncepcija zasniva na separaciji ulja, uklanjanju teških metala, neutralizaciji te filtraciji s adsorpcijom.

Sanacija gudronskih jama koje su u tijeku u više europskih država (Slovenija, Rumunjska, Češka, Njemačka, Belgija…) zasniva se na *Ex situ* postupku solidifikacije/stabilizacije gudronskog otpada. Navedena tehnološka rješenja stoga predstavljaju dokazane i pouzdane tehnologije u praksi. Radi se o efikasnom procesu sanacije kojim se postižu najveći efekti u zaštiti okoliša kako sa stajališta sanacije same lokacije tako i s stajališta provedbe procesa i konačne dispozicije dobivenih stabiliziranih produkata (neopasni proizvod za odlaganje, proizvod za korištenje u termoelektranama ili cementarama). Tijekom vađenja materijala iz Sovjaka može doći do emisija SO_2 i SO_3. Da se spriječe takve emisije, tijekom vađenja će sloj vode služiti kao zaštitni sloj od emisija oslobođenog sumpornog dioksida i trioksida. Do drugih emisija zbog karaktera odloženog materijala ne može doći.

Tijekom obrade izvađenog otpada na S/S uređaju, emisije otpadnih plinova treba pročišćavati. U principu se može raditi jedino o emisijama lebdećih čestica, VOC-a te samo u izuzetnim slučajevima sumpornog dioksida i trioksida. Tijekom manipulacije solidifikatom/stabilizatom (privremeno skladištenje i prijevoz do mjesta za provedbu postupka kapiranja) također može dolaziti do povećanih emisija lebdećih čestica. Kada se takvi prijevozi obavljaju u zatvorenim sustavima do povećanih emisija lebdećih čestica ne dolazi. Tijekom izvedbe sanacije određene količine kišnice akumulirati će se na prostoru Sovjaka i na mjestu gdje se provodi obrada. Problem kišnice se rješava pročišćavanjem na uređaju za obradu otpadnih voda.

4.3.2.2. Plazma obrada izvađenog otpada

Postrojenje za termičku obradu otpada (spalionica) je svaka nepokretna ili pokretna tehnička jedinica u kojoj se spaljuje otpad s iskorištavanjem topline proizvedene izgaranjem. To uključuje oksidacijsko spaljivanje otpada, kao i druge termičke procese, poput pirolize, rasplinjavanja ili plazma procesa (čl. 5. Pravilnika o načinima i uvjetima termičke obrade otpada NN 45/07).

Kada su u pitanju plazma procesi radi se o metodi koja na visokim temperaturama bez izgaranja može uništiti bilo koju vrstu otpada: opasni otpad, komunalni, industrijski, rafinerijski, medicinski, infektivni otpad, mulj koji ostaje nakon pročišćavanja kanalizacijskih voda itd. Tehnologija se bazira na stvaranju visokoreaktivnih slobodnih radikala pomoću plazme koji razlažu otpadni materijal u plinoviti oblik odnosno pretvaraju se u staklastu masu.

Razvijene su dvije osnovne tehnologije koje koriste baklju i grafitne elektrode kojima se postiže temperatura i do 15000 ^{o}C. Plin ovako visoke temperature se zatim usmjerava i rasprostire preko električnog luka prema otpadu kojeg treba obraditi tj. uništiti. Temperatura otpada pri tome doseže razinu od oko 1500 ^{o}C, pri čemu se neorganski dio otpada tali i pretvara u rastaljenu masu, dok se organski dio otpada raspada na ugljični monoksid i vodik. Ugljični monoksid i vodik predstavljaju sintetski plin koji daljnjom oksidacijom može osloboditi energiju. Da bi se dobio što veći udio $CO+H_2$, proces je potrebno voditi s manjkom kisika kako bi se spriječilo nastajanje ugljičnog dioksida (CO_2).

Budući da se radi o novoj tehnologiji koja nema primjenu u Europi i koja se nije koristila za obradu katranskih tipova otpada, teško je s ekonomskog i tehničkog aspekta opravdati odabir iste za sanaciju jame Sovjak. Isto tako, nema spoznaja o ponašanju procesa posebice u uvjetima oslobađanja sulfita (SO_3^{2-}), kao izrazito oksidativnih spojeva koji uzrokuju jake korozije materijala. Iz navedenih se razloga može konstatirati da se u kontekstu predmetnog slučaja radi o "eksperimentalnoj tehnologiji" bez referenci i shodno tome o tehnologiji koja s financijskoga aspekta može biti teško konkurenta sanacijski metodama gudronskih jama koje se danas koriste u praksi.

4.3.2.3. Vađenje otpada i spaljivanje u incineratoru

Spaljivanje je definirano kao tehnologija termičke konverzije otpada ili nekog drugog goriva na povišenoj temperaturi (većoj od 500 ^{o}C) u prisustvu kisika, pri čemu se odvijaju reakcije hlapljenja, kemijske konverzije i raspada. Sav otpad prisutan u neuređenom odlagalištu opasnog otpada može biti obrađen na navedeni način u okviru incineratora otpada sa sustavom za pročišćavanje dimnih plinova. Tip incineratora koji bi se koristio je rotacioni incinerator sa komorom za sekundarno izgaranje plinova te sustavom za naknadno pročišćavanje dimnih plinova. Osnovna slabost rotacionog incineratora, a to je nemogućnost efikasnog spaljivanja otpada u prisustvu većih količina vode. Pored rotacijskog tipa za sanacije odlagališta otpada znaju se koristiti i fluidni tipovi incineratora. Oba tipa su prikladna za spaljivanje relativno homogenog otpada što ukazuje na to kako nisu previše prikladni za spaljivanje otpada odloženog u jami Sovjak.

Kod termičke obrade otpada glavni problem sa zaštitom okoliša na kojeg treba obratiti pozornost predstavlja sustav za pročišćavanje dimnih plinova. U prvom redu, zbog prisustva sumporne kiseline u otpadu, a da se postigne zahtijevana kakvoća na sadržaj sumpornih oksida, način pročišćavanja dimnih plinova može biti mokri ili suho-mokri postupak. Također, obzirom na karakter odloženog materijala u jami Sovjak, sustav za pročišćavanje dimnih plinova incineratora treba biti opremljen sustavom za kontrolu emisija teških metala posebice

žive i olova. Ukoliko se koristi suho-mokri postupak za pročišćavanje dimnih plinova ne očekuju se problemi s emisijama dioksina i furana. Druge "nepogodnosti" primjene ove tehnologije su količine nastalog pepala kojeg treba zbrinuti. Naime, incinerator će spaljivati u pojedinim situacijama jedino kiseli gudron.

Sustav pripreme šarže treba biti aditiviran kako bi se neutralizirao sulfatni anion iz sumporne kiseline prisutan u kiselom gudronu. Navedeno se obavlja alkalnim aditivima na kemijskoj osnovi kalcija gdje se sulfat prevodi u formu kalcijevog sulfata (gipsa). Posljedica navedenog je visoka proizvodnja pepela tijekom rada procesa. Količina takvog pepela zna činiti upitnim korištenje tehnologije spaljivanja, jer nestaje osnovna tehničke prednost te tehnologije, a to je smanjenje količine otpada.

Umjesto smanjenja otpada za red veličine 80%, kod spaljivanja kiselih gudrona takvo smanjenje iznosi 10-30% (ovisno o koncentraciji sumporne kiseline). Navedeni postupak aditiviranja ima također negativne efekte na toplinsku bilancu incineratora, pa su toplinski utrošci kod spaljivanja gudrona do 20% veći od onih kod spaljivanja uobičajenog zauljenog otpada. Visoki investicijski i operativni troškovi uključujući visoke troškove održavanja većih mobilnih postrojenja predstavljaju osnovni nedostatak kod primjene ove tehnologije. Da u Republici Hrvatskoj postoji komercijalni incinerator takvog tipa, blisko lociran odlagalištu i dovoljnog kapaciteta tada bi ekonomske relacije kod procjene primjene tehnologije spaljivanja bile nešto drugačije. Također se između ostalog može zaključno napomenuti kako spaljivanje opasnog otpada na incineratoru (uključujući i ostale termičke tehnike) nije tehnički nužno provoditi, jer u otpadu nema kemijskih komponenti koje se mogu eliminirati samo termičkim postupcima (npr. PCB, pesticidi, itd.).

4.3.2.4. Niskotemperaturna piroliza izvađenog otpada

Niskotemperaturna piroliza opasnog otpada je poznati proces koji je u uporabi od 70-ih godina prošlog stoljeća i odvija se u više stupnjeva. U prvoj fazi opasni otpad se suši na temperaturi od 60-70 ^{o}C u uvjetima vakuuma, a nakon toga se obrađuje u pirolitičkoj komori na temperaturi od 330-400 ^{o}C. Otpad koji se najčešće obrađuje ovakvim postupkom je katran iz koksara i gradskih sustava za proizvodnju plina iz ugljena te rafinerijski otpad. Za razliku od mnogih procesa, intencija primjene ovog postupka je dobivanje iskoristivih produkata naročito pirolitičkoj koksa i ulja. Međutim valja odmah istaknuti kako (niskokonverzijska) piroliza kod obrade gudrona ima negativne efekte budući da prisutna sumporna kiselina služi kao katalizator dodatne ciklizacije te tako produkt koji je po destilacijskim karakteristikama dizel gorivo ima povišeni sadržaj PAH-a.

Nedostatak procesa je i taj što obrada otpadnih voda tijekom primjene niskokonverzijske pirolize predstavlja zahtjevan problem. Naime, iz razloga što je u pitanju kontinuirana proizvodnja otpadnih voda uz značajna opterećenja koji uključuju toksične komponente poput teških metala (naročito žive) te amonijaka, fenola i cijanida, za njihovo pročišćavanje potrebno je koristi postupak šarže biološke obrade uz dodatak aktivnog ugljena (SBR-PACT proces) koji postiže zadovoljavajuće rezultate za ispuštanje otpadne vode u kanalizaciju.

Emisije u zrak kod niskokonverzijske pirolize se kontroliraju sličnim sustavima poput incineratora za obradu otpada, obzirom da se piroliza također ubraja u termičke procese obrade otpada. Međutim, za razliku od spaljivanja u struji zraka kod pirolize osnovne probleme predstavljaju jedino emisije teških metala koji na reakcijskim uvjetima izvođenja pirolize sublimiraju (jedino živa i olovo) te emisije cijanida (emisije cijanida kod svih procesa pirolize predstavlja ozbiljan tehnički problem za njihovu kontrolu). Za razliku od drugih predloženih alternativa za saniranje jame Sovjak, korištenje niskokonverzijske pirolize je suočeno sa činjenicom da na tržištu ne postoje mobilna postrojenja, što znači da je u slučaju izbora takvog tehnološkog rješenja instalaciju potrebno naručiti (procjenjuje se da izrada takve instalacije može trajati minimalno godinu dana) i kupiti.

4.3.2.5 Termička desorpcija izvađenog otpada

Termička desorpcija predstavlja tehnologiju kojom se onečišćenja fizički eliminiraju tj. separiraju na način da posredstvom topline dolazi do desorpcije hlapljivih organskih tvari. Lakše i teže hlapljive organske komponente uklanjaju se u jedinicama tzv. termičkim desorberima na temperaturama od 100-350 ^{o}C za niskotemperaturnu termičku desorpciju ili 450-650 ^{0}C za visokotemperaturnu termičku desorpciju. Razlikuje se direktni i indirektni termički proces desorpcije. Radi se o različitim tehnologijama pri čemu direktna termička desorpcija znači termičku obradu otpada, dok indirektna termička desorpcija predstavlja rekuperacijsku tehnologiju. Indirektna termička desorpcija kao rekuperacijska tehnologija nema mogućnost primjene na materijalima koji nisu sublimati. Proces se odvija u uvjetima podtlaka, pri čemu i ugljikovodici koji nisu ili su teže hlapivi postaju hlapivi što je poznato iz rafinerijske tehnologije u procesu vakuumske destilacije. U samom procesu nema kontakta otpadnog materijala s gorivom kojim se postiže zahtjevana temperatura, dok kod direktne termičke desorpcije takav kontakt postoji. Budući da se uglavnom obrađuje otpad s sadržajem vode, koja se oslobađa tijekom hlađenja izlaznih plinova, uređaji za indirektnu desorpciju imaju vlastite jedinice za obradu otpadnih voda čija tehnološka konfiguracija varira u ovisnosti o vrsti i opterećenju otpadnog materijala koji se obrađuje.

Ova tehnologija omogućava da se rekuperirani ugljikovodici nakon desorpcije iz otpadnog materijala koriste kao dodatni izvori goriva za potrebe procesa, dok se obrađena voda može koristiti za grijanje ulaza odnosno hlađenje izlaznog sedimenta koji se prethodno obrađuje. Dodatne prednosti indirektne termičke desorpcije u odnosu na direktnu su vezani uz manje troškove obrade, manju kompleksnost uređaja posebice u segmentu obrade otpadnih plinova te manju odbojnost javnosti jer nije u pitanju termička obrada klasičnog tipa. Obje tehnologije vrlo su pogodne za učinkovitu obradu prostora kontaminiranih različitim ugljikovodicima, mineralnim uljima i PAH ugljikovodicima.

U kontekstu sanacije sadržaja iz jame Sovjak, navedena tehnologija nije primijenjena u praksi. Navedeno je već dovoljan razlog da se zaključi (kao i u slučaju tehnologije termičke obrade otpada pirolizom) kako primjena termičke desorpcije kao "eksperimentalne tehnologije" teško može biti konkurentna s tehničkog i ekonomskog aspekta sanacijskim metodama *Ex situ* stabilizacije/solidifikacije koja se gotovo u pravilu primjenjuje pri sanaciji gudronskog otpada u Europi. S aspekta zaštite okoliša, obzirom na poznati karakter otpada iz jame Sovjak potencijalni problemi su vezani uz sustav obrade otpadnih plinova i otpadnih voda.

4.3.2.6. Rasplinjavanje izvađenog otpada

Rasplinjavanje otpada predstavlja naprednu termičku obradu koja se sve više primjenjuje. Osnovna prednost tehnologije rasplinjavanja je velika fleksibilnost vezana uz materijal koji se spaljuje, što principijelno znači da se jednako uspješno mogu obrađivati visoko i nisko opterećeni materijali uz proizvodnju sintetskog plina. Zbog proizvodnje sintetskog plina, tehnologija rasplinjavanja tehnološki je povezana s procesima proizvodnje električne energije i tople vode u kogeneracijskim ciklusima. Ranijih se godina tehnologija rasplinjavanja koristila na fiksnim instalacijama u nekim zemljama EU i SAD-u, dok se danas pojavljuju manje instalacije montažnog tipa koje se uglavnom koriste za zbrinjavanje komunalnog otpada.

Korištenje ove tehnologije za rasplinjavanje otpada iz jame Sovjak je interesantno samo u slučaju korištenja iste u kombiniranom sustavu sa proizvodnjom električne energije i/ili tople vode. Dodatna pogodnost za odvijanje procesa rasplinjavanja je ta što odloženi otpad ima dovoljnu toplinsku vrijednost. Međutim ukoliko se uzme u obzir količina otpada u jami Sovjak posebice ona realna količina koju će biti tehnički moguće izvaditi tada je primjena ove metode neekonomična. Isto tako u uvjetima korištenja ove metode bez iskorištavanja sintetskog plina za proizvodnju elek. energije ili tople vode odnosno pare, sam proces rasplinjavanja čini dodatno neekonomičnim za sanaciju Sovjaka.

4.3.3. Sažeti prikaz prednosti i nedostatka predloženih tehnologija i njihova usporedba

U tablici 8 dan je prikaz prednosti i nedostataka predloženih *Ex situ* tehnoloških rješenja čije su osnove opisane u prethodnim točkama.

Tablica 8. Prednosti i nedostaci predloženih *Ex situ* tehnologija sanacije jame Sovjak

Predviđena Ex situ tehnologija sanacije	***Prednosti***	***Nedostatci***	***Napomena***
Solidifikacija/Stabilizacija otpada (S/S postupak)	Gotovo se isključivo upotrebljava u praksi	Treba adekvatno zbrinuti stabilizirani ostatak	Stabilizirani ostatak se može odložiti, ili koristiti kao dopunska sirovina ili gorivo
Plazma obrada	Mala količina ostatka otpada nakon obrade uz nastajanje sintetskog plina	Nedostatak instalacija i iskustva u primjeni ove metode kod obrade gudrona	Tehnologija u razvoju
Spaljivanje na incineratoru	Pogodno za spaljivanje homogenog otpada	Ne smanjuje se značajno volumen nakon obrade	
Termička desorpcija	Pogodna za obradu kontaminiranih prostora s mineralnim uljima, PAH-ovima..	Zbog karaktera otpada upitna primjena na lokaciji Sovjak	Nema iskustava u primjeni kod obrade gudronskog tipa otpada
Rasplinjavanje	Nakon obrade ostaje malo inertiziranog ostatka uz proizvodnju sintetskog plina	Ne postoji postrojenje u blizini koje bi moglo iskoristiti nastali sintetski plin	Ne postoji direktno iskustvo u obradi samo gudronskog tipa otpada

Za postizanje kriterija sanacije jame Sovjak definirani su elementi po kojima se pojedina tehnologija mora vrednovati. Isti su opisani u točki 4.3. i mogu se sažeti na slijedeći način:

I. Kriteriji provedbe sanacije:

a) smanjenje volumena odloženog otpada,

b) smanjenje toksičnosti onečišćujućih tvari u otpadu,

c) smanjenje mobilnosti onečišćujućih tvari u otpadu (emisije u zrak, odnosno u podzemlje i podzemne vode, te smanjenje unosa kišnice).

II. Kriterije eliminacije pojedinih tehnologija:

1) rješenje dugoročno gledajući neadekvatno jer ne rješavaju problem u cijelosti,

2) rješenja koja su zbog položaja i prostorno-geoloških karakteristika odlagališta tehnički neprovediva ili tek djelomično provediva,

3) rješenja bez referenci na istim ili sličnim neuređenim odlagalištima opasnog otpada,

4) tehnologije u razvoju,

5) prihvatljivost investicijskog troška,

6) mogućnost provedbe u prihvatljivom vremenskom periodu.

III. Tehnički faktori izbora tehnološkog rješenja su:

i. učinkovitost i pouzdanost tehničko-tehnološkog rješenja obzirom na pretpostavljene ciljeve koji se sanacijom jame Sovjak žele postići,

ii. tehnička i administrativna primjenjivost kako glede referentnosti tehnologije tako i glede zadovoljavanja propisa i stava javnosti,

iii. prihvatljivost konceptualnog rješenja za sanaciju svih vrsta otpadnih tvari prisutnih u jami Sovjak.

Na ovaj način se aktualne varijante sanacije analiziraju prema dostupnim informacijama i iskustvenim spoznajama, koji se odnose na zaštitu okoliša, tehničke mogućnosti te ekonomski aspekt primjene pojedinog rješenja. Vrednovanje ovih faktora za pojedine tehnologije prikazano je u tablici 9 iz koje su vidljive značajne prednosti primjene *Ex situ* tehnološkog rješenja za sanaciju jame Sovjak kako je to u daljnjem dijelu teksta naznačeno. Analizom su eliminirana ona tehnološka rješenja kojima se ne bi postigao željeni cilj sanacije, odnosno koja su tehnički neizvediva i u praksi nisu provedena.

Prema generalnoj usporedbi primjenjivih *Ex situ* metoda obrade može se zaključiti da je postupak solidifikacije/stabilizacije najprihvatljiviji iz više razloga. Naime, radi se o dokazanoj tehnologiji koja ima niz referenci te se gotovo u pravilu upotrebljava kod sanacija istih ili sličnih lokacija. Navedeno znači da se za razliku od drugih rješenja ne radi o "eksperimentalnoj tehnologiji" kada je u pitanju sanacija čistog gudronskog otpada. Isto tako ova tehnologija nudi mogućnost da se dobiveni stabilizirani ostatak zbrine na nekoliko načina što za pojedine karakteristične situacije i specifičnosti može dodatno smanjiti cijenu primjene ove tehnologije. Naime, stabilizirani ostatak u uvjetima zadovoljavanje testa eluata može biti odložen na odlagalištu, odnosno miješanjem s komercijalnim gorivima može biti upotrebljen u cementarama i termoelektranama kao dopunska sirovina i sekundarno gorivo. Također, u situaciji očekivanog početka izgradnje centralne zone za gospodarenje otpadom Primorsko-goranske županije stabilizirani materijal može biti razmatran kao konstrukcijski materijal u izgradnji temeljnih i završnih brtvenih slojeva.

Ostale prikazane tehnologije u suštini nemaju prave reference za obradu gudronskog tipa otpada. Radi se ili o tehnologijama u razvoju kada je u pitanju obrada ove vrste otpada te bi ih trebalo dodatno prilagoditi za rad u smislu obrada ostatnih otpadnih plinova i otpadnih voda, ili u drugim slučajevima, kao što je to primjer tehnologija rasplinjavanja, iste mogu razmatrane isključivo u kontekstu povezanosti s nekim postrojenjem koje proizvodi električnu energiju, toplu vodu ili paru. Navedeni aspekti koji čine tehničku nepoznanicu ovih tehnologija reflektiraju se i na investicijski trošak, koji se shodno tome ne može realno sagledati jer ga praksa ne poznaje. Međutim inženjerski pristup i tehnička logika nameću zaključak da se uvijek upotrebljavaju one tehnologije koje daju tehnički korektno rješenje i koje su s financijskog stajališta najpovoljnije. Navedeno je ujedno i osnovni razlog zašto se *Ex situ* stabilizacija/solidifikacija profilirala kao dominantna tehnologija sanacije većih gudronskih jama.

Tablica 9. Vrednovanje glavnih elemenata za ocjenu prihvatljivosti pojedinog rješenja

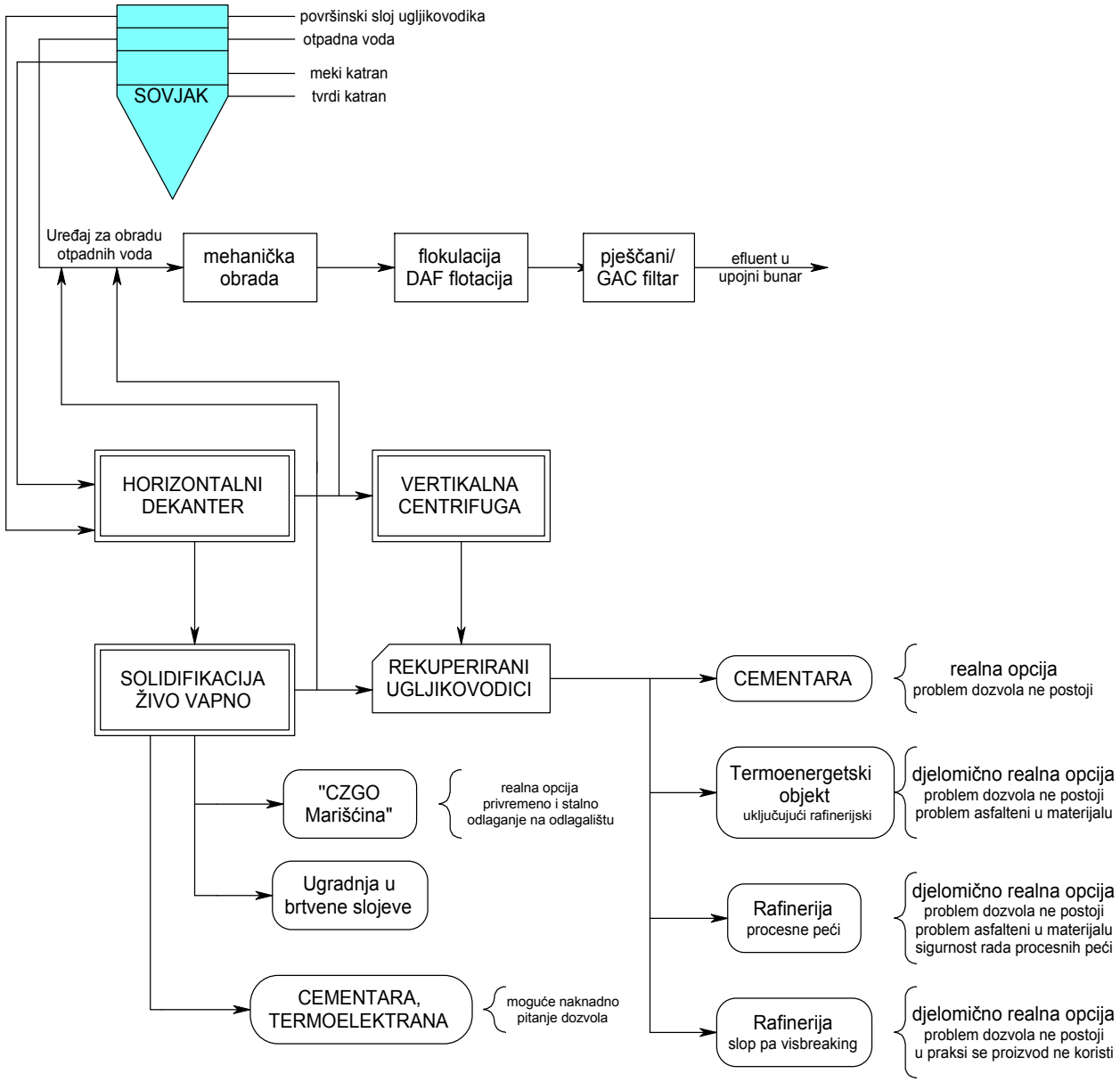
	I. KRITERIJI PROVEDBE SANACIJE			**II. KRITERIJI ZA ELIMINACIJU TEHNOLOGIJA**						**III. TEHNIČKI FAKTORI IZBORA SANACIJSKE TEHNOLOGIJE**		
***IN SITU* TEHNOLOŠKA RJEŠENJA**	**a)**	**b)**	**c)**	**1)**	**2)**	**3)**	**4)**	**5)**	**6)**	**i)**	**ii)**	**iii)**
Prekrivanje i izvedba završnog brtvenog susava jame Sovjak	*NE*	*NE*	*Djelomično*	*DA*	*Djelomično*	*NE*	*NE*	*DA*	*DA*	*NE*	*NE*	*NE*
Stabilizacija i solidifikacija	*NE*	*DA*	*Djelomično*	*DA*	*Djelomično*	*NE*	*NE*	*DA*	*DA*	*Djelomično*	*NE*	*Djelomično*
Enkapsulacija	*NE*	*NE*	*DA*	*NE*	*Djelomično*	*NE*	*NE*	*DA*	*DA*	*NE*	*NE*	*NE*
***EX SITU* TEHNOLOŠKA RJEŠENJA**	**a)**	**b)**	**c)**	**1)**	**2)**	**3)**	**4)**	**5)**	**6)**	**i)**	**ii)**	**iii)**
Stabilizacija i solidifikacija	*DA*	*DA*	*DA*	*NE*	*NE*	*NE*	*NE*	*DA*	*DA*	*DA*	*DA*	*DA*
Plazma obrada	*DA*	*DA*	*DA*	*NE*	*NE*	*DA*	*DA*	*NE*	*DA*	*DA*	*Djelomično*	*DA*
Spaljivanje na incineratoru	*Djelomično*	*DA*	*DA*	*NE*	*NE*	*DA*	*NE*	*NE*	*DA*	*DA*	*Djelomično*	*Djelomično*
Termička desorpcija	*Djelomično*	*DA*	*DA*	*NE*	*NE*	*DA*	*NE*	*NE*	*DA*	*DA*	*Djelomično*	*Djelomično*
Rasplinjavanje otpada	*DA*	*DA*	*DA*	*NE*	*NE*	*DA*	*NE*	*NE*	*DA*	*DA*	*Djelomično*	*Djelomično*

* Značenje oznaka u uvodnom dijelu ove točke.

4.4. Odabrano tehničko-tehnološko rješenje za sanaciju jame Sovjak

Za sanaciju jame Sovjak se predviđa vađenje otpada i *Ex situ* solidifikacija/stabilizacija (S/S). *In situ* tehnološkim rješenjima koja su principijelno financijski povoljnija za sve postupke vezane uz vađenje otpada nije moguće postići glavne sanacijske ciljeve, kako je to prikazano u tablici 9. S druge strane primjena *Ex situ* termičkih metoda ne daje nikakve prednosti koje bi se tehnički i financijski mogle opravdati. Štoviše, termičke metode nisu nužne u smislu destrukcije toksičnih komponenti u odloženom otpadu jer takvih komponenti nema (PCB, pesticidi…) koje se ne-termičkim metodama ne mogu kvalitetno imobilizirati i ukloniti. Na shemi 4 je prikaz izabranog koncepta sanacije jame Sovjak.

Shema 4. Blok shema izabranog koncepta sanacije jame Sovjak



Odabrano tehničko-tehnološko rješenje sanacije (prikazano na shemi 4) uključuje:

a) uklanjanje i zbrinjavanje metalnih bačava, guma, komunalnog i drugog prisutnog otpada u jami Sovjak,
b) vađenje i obradu plivajućeg sloja ugljikovodika,
c) vađenje i obradu podpovršinskog sloja otpadne vode,
d) vađenje i obradu mekog i tvrdog sloja katrana postupkom solidifikacije/stabilizacije,
e) fiksiranje i izolacija neizvađenih dijelova gudronskog otpada iz odlagališta,
f) punjene jame inertnim materijalom,
g) ugradnja završnog brtvenog sustava s humusnim slojem zapunjene jame,
h) instaliranje monitoring sustava.

Tehničko-tehnološke rješenje predstavlja niz tehnoloških operacija kojima se postiže maksimalno smanjenje rizika onečišćenja okoliša te pouzdani način odstranjivanja uzroka onečišćenja okoliša. Sve tehnologije koje su uključene u jedinstveno tehničko-tehnološko rješenje su poznate i pouzdane tehnologije. Naime, crpljenje ulja i vode, vađenje otpada, separacija ulja i vode, obrada voda fizikalno-kemijskim postupcima te korištenje tehnika stabilizacije/solidifikacije s živim vapnom je poznati način sanacije gudronskih jama.

Da bi se moglo pristupiti vađenju odloženog otpada potrebno je prethodno ukloniti i zbrinuti iz jame bačve, gume i druge vrste otpada kao i ponton s prilazom. Površinski sloj ugljikovodika potrebno je obraditi uz korištenje adekvatnih aditiva (deemulgatori i dr.), separirati od prisutne vode i sedimenta te ga tako obrađenog koristiti kao sekundarnu sirovinu odnosno sekundarno gorivo u cementari, termoelektrani, rafineriji i sl. Podpovršinsku akumuliranu otpadnu vodu koja se nalazi iznad sloja mekog katrana i ispod plivajućeg sloja ugljikovodika potrebno je obraditi na uređaju s mehaničkom obradom, DAF flotacijom, pješčanim i GAC filterom, te ispustiti putem upojnih bunara prema propisanoj kakvoći efluenta. Navedeni stupnjevi obrade proizlaze iz poznatih fizikalno-kemijskih karakteristika otpadne vode.

Meki i tvrdi katran potrebno je izvaditi u okvirima koje dozvoljavaju tehničke mogućnosti uređaja za vađenje te prostorno-geološke karakteristike odloženog otpada. Oba ova sloja potrebno je prevesti u pumpabilnu fazu posredstvom adekvatnih kemikalija i aditiva te ih kao takve obraditi postupkom solidifikacije/stabilizacije s živim vapnom. Stabilizirani ostatak je dalje potrebno prilagoditi krajnjoj točki zbrinjavanja, koja može biti u okviru termičke obrade kao sekundarno gorivo, kao neopasni proizvodni otpad za odlaganje ili kao konstrukcijski materijal u formiranju brtvenih slojeva na odlagalištu otpada. Sam način primjene stabiliziranog ostatka kao dijela prekrivke predstavlja novost koja se koristila u rijetkim slučajevima do sada. Rijetkost takve primjene direktna je posljedica rjeđe dostupnosti produkta solidifikacije na lokacijama gdje se usporedno odvija saniranje komunalnog odlagališta odnosno izgradnja novog odlagališta. Međutim, u područjima gdje postoji nedostatak uobičajenih materijala poput gline odnosno zemlje, takvo rješenje predstavlja dobar izbor, jer snizuju cijene sanacije i omogućuje tehničko rješenje adekvatnog zbrinjavanja proizvoda solidifikacije/stabilizacije. S/S postupak se koristi kod obrade onečišćenog tla i muljeva koji sadrže ugljikovodike, teške metale, azbest, radioaktivne materijale, anorganske tvari, korozivne tvari, cijanide i dr.

Ovim postupkom se također eliminira slobodna tekuća faza, reducira mobilnost opasnih sastojaka snižavajući permeabilnost otpada, smanjuje otapanje sastojaka povišenjem hidrofobnosti konačnog proizvoda i osigurava stabilnost potrebna za manipulaciju, transport i zbrinjavanje. Kod sanacije otpadnog materijala iz Sovjaka primjenjivati će se S/S obrada živim vapnom, koja predstavlja jedan od najraširenijih postupaka obrade zauljenih otpadnih tvari u primjeni, u rafinerijama nafte, petrokemijama itd. Prilikom primjene navedenog postupka pored enkapsulacije dolazi i do reakcije djelomične pirolize organskih tvari naročito cikličnog tipa (npr. PAH ugljikovodika). Reakcije su egzotermne i premda ovisi o sadržaju vode u otpadu, ipak pretežito ovisi o prisutnim anionima koji se egzotermno spajaju s kalcijevim ionima. Solidifikat/stabilat je praškasti materijal sa visokim koeficijentom stisljivošti. Veličina čestica je manje ovisna o vrsti otpada koji se obrađuje, a više je ovisna o kakvoći materijala i aditiva kojim se solidifikacija vrši. Razlozi raširenosti ovog postupka su u jednostavnosti izvedbe i efikasnosti primjene naročito kod kiselih gudrona, ukoliko se uspoređuje s drugim tehnologijama obrade i zbrinjavanja. Zato se u posljednjih dvadesetak godina kiseli gudroni u principu saniraju navedenim načinom.

Zaostalu količinu otpada koju neće biti moguće iz ranije navedenih razloga izvaditi iz jame Sovjak potrebno je fiksirati na način da se njen utjecaj svede na minimum, odnosno da praktički i ne postoji. Nakon enkapsulacije ovog otpada, lokacija će se ispuniti inertnim materijalom i naknado prekriti završnim brtvenim sustavom, koji je inače predviđen za odlagališta opasnog otpada. Po završetku sanacije potrebno je provoditi predviđeni program praćenja stanja okoliša.

4.5. Opis izabranog tehničko-tehnološkog rješenja sanacije jame Sovjak

4.5.1. Vađenje i zbrinjavanje metalnog i drugog otpada s površine jame Sovjak

Na površini plivajućeg sloja ugljikovodika nalazi se veći broj metalnih bačava (više od 100), otpadne gume, drveni otpad, komunalni otpad i sl. Nije poznat sadržaj bačava. Također na površini odlagališta se nalazi metalni ponton s prilaznim mostićem koji se sastoji od limenih bačvi i drvenih greda. Ponton je služio za provedbu istražnih bušotina i uzimanje uzoraka. Potrebno je provesti vađenje navedenog otpada kao i pontona kako bi se nesmetano moglo provoditi vađenje plivajućeg sloja ugljikovodika te ostalih prisutnih slojeva u jami. Valja napomenuti da će izvađeni otpad biti potrebno očistiti prije konačnog zbrinjavanja ili naknadnog korištenja kao sekundarne sirovine.

Također, moguće je tijekom vađenja otpada u dubljim slojevima jame Sovjak naići na kruti otpad (metalni i drugi) koji će također trebati izvaditi iz jame i konačno zbrinuti sukladno zahtjevima propisa. Količine i vrste eventualno prisutnog krutog otpada u dubini jame nisu trenutno poznate i njihova prisutnost će se moći utvrditi tek tijekom sanacijskih aktivnosti vađenja otpada (otpadne vode, mekog i tvrdog katrana).

4.5.2. Vađenje i obrada plivajućeg sloja ugljikovodika

Količina ugljikovodika u površinskom sloju jame se tijekom vremena mijenjala i dalje se mijenja. Prema zadnje provedenim mjerenjima (2007.g.) debljina površinskog uljnog sloja u jami, procijenjen je maksimalni volumen plivajućeg sloja ugljikovodika do 7000 m^3. Ova količina služi kao projektna osnova za proračun kapaciteta vađenja i obrade predmetnog dijela otpada u jami. Prisutna uljna faza je u pastozno-tekućem stanju, tek se tijekom ljetnih mjeseci uslijed povišene temperature na površini stvara tekući uljni sloj. Ovakvo stanje ne omogućava vađenje sloja ugljikovodika klasičnim načinom tj. crpljenjem putem odgovarajućih pumpi (osim ljetnih mjeseci), već je potrebno primijeniti mehaničko vađenje sustavima "dredgera".

Naime, uljni sloj se ne sastoji isključivo od ugljikovodika (50-55 % m/m) već i od vode (slobodne i emulgirane: 16-20 % m/m)) te sedimenta (28-32 % m/m). Kako zauljeni materijal uglavnom potječe iz rafinerijskog procesa proizvodnje baznih ulja isti se može klasificirati kao otpadno ulje.

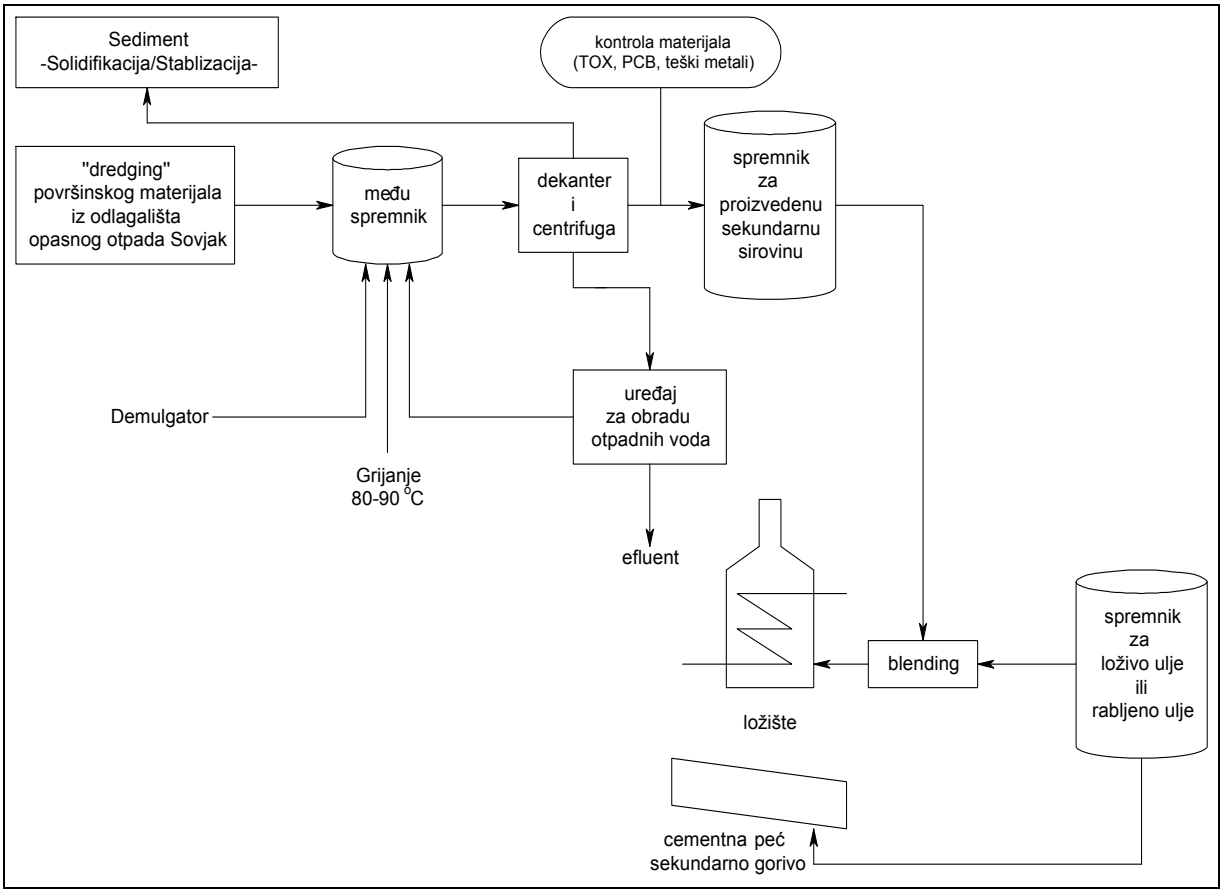
Glede parametara zaštite okoliša, prisutni materijal ima svojstva sekundarnog goriva, jer ne sadrži specifične nečistoće na osnovi organskih klorida te teških metala, premda je obzirom na uvećani sadržaj nezasićenih spojeva za razliku od otpadnog motornog ulja povišene viskoznosti. Iz navedenih razloga i činjenice da se radi o značajnoj količini ugljikovodika na površini, iste je obzirom na sastav najekonomičnije obraditi do potrebne razine da se može termički obraditi u postupku oporabe, koji označava uporabu otpadnih ulja kao goriva. Sakupljanje otpadnih ulja osim što definira proces vađenja s površine odlagališta, sukladno Pravilniku o gospodarenju otpadnim uljima (NN 124/06), podrazumijeva i privremeno skladištenje, predobradu/kondicioniranje, razvrstavanje i prijevoz otpadnih ulja od posjednika prema ovlaštenim osobama za oporabu i/ili zbrinjavanje otpadnih ulja.

Ukoliko se površinski sloj ugljikovodika priprema za oporabu potrebno je provesti slijedeće aktivnosti:

- izvaditi separiranu uljnu fazu sa površine odlagališta (u okviru tehničkih mogućnosti)
- separirati vodu odnosno sediment od uljne frakcije
- provjeravati granične vrijednosti pokazatelja onečišćenja ugljikovodika koji su definirani navedenim Pravilnikom (NN 124/06)

Na shemi 5 je prikaz obrade i oporabe plivajućeg sloja ugljikovodika.

Shema 5. Principijelna shema obrade i oporabe plivajućeg sloja ugljikovodika



Tehnika vađenja plivajućeg sloja ugljikovodika moguća je obzirom na njegovu viskoznost na dva načina: mehanički i hidraulički. Da bi se otpadni sloj ugljikovodika mogao vaditi jednom od navedenih metoda, neophodno je ukloniti sva onečišćenja koja su prisutna na odlagališnoj površini (metalne bačve, otpadne gume, drveni otpad, ponton s prilazom i dr.) kako je to navedeno u prethodnoj točki. Mehanički način vađenja se odnosi na situaciju kada je plivajući sloj ugljikovodika u pastoznom stanju te ga nije moguće jednostavno izvaditi klasičnim crpnim sustavom. U tom slučaju u praksi se koriste različite metode fizičkog vađenja adekvatnim strojevima. Ova metoda vađenja zahtjeva da se sam prostor na kojem se odvijaju radovi odgovarajuće zaštiti, iz razloga što postoji velika vjerojatnost da dođe do onečišćenja okolnog tla s ugljikovodicima uslijed manipulacije i transporta istih. Ilustracijski prikaz vađenja plivajućeg sloja ugljikovodika mehaničkim putem prikazan je na slici 6.

Slika 6. Mehanički način vađenja plivajućeg sloja ugljikovodika

Mehanički način vađenja plivajućeg sloja ugljikovodika iz jame Sovjak nije moguć mehaničkim putem, a isto tako nije niti moguć pristup mehanizaciji za vađenje do svih dijelova jame. Problemi koji se u praksi pojavljuju primjenom navedenog načina vađenja, vezani su uz zagađenje okolnog tla ugljikovodicima tijekom vađenja i manipulacije, što zahtjeva primjenu dodatnih mjera zaštite okoliša. Tijekom ljetnog perioda, kada je plivajući sloj ugljikovodika omekšan, moguće je primijeniti hidraulički princip vađenja crpljenjem putem adekvatne crpke za tekući i ili pastozni materijal. Po potrebi se može primijeniti grijanje materijala kako bi se osigurala potrebna viskoznost i tečnost. Predvidivi kapacitet vađenja i obrade plivajućeg sloja je do 50 m^3/dan. Navedeno znači da se dobro organizirani posao vađenja može tehnički obaviti u vremenu od oko 4,5 mjeseci odnosno u realnim uvjetima, a unutar 6 mjeseci uključujući sve potrebne pripremne radove. Na slici 7 je primjer hidrauličnog principa vađenja plivajućeg sloja ugljikovodika.

Slika 7. Hidraulički način vađenja plivajućeg sloja ugljikovodika pumpom na splavi

Pri dimenzioniranju privremenog prihvatnog spremnika potrebno je uzeti u obzir i činjenicu da će se gornji uljni sloj u sklopu obrade miješati uz dodavanje aditiva. Shodno tome isti mora imati adekvatan kapacitet prihvata kako bi se dnevna šarža mogla obraditi bez zastoja.

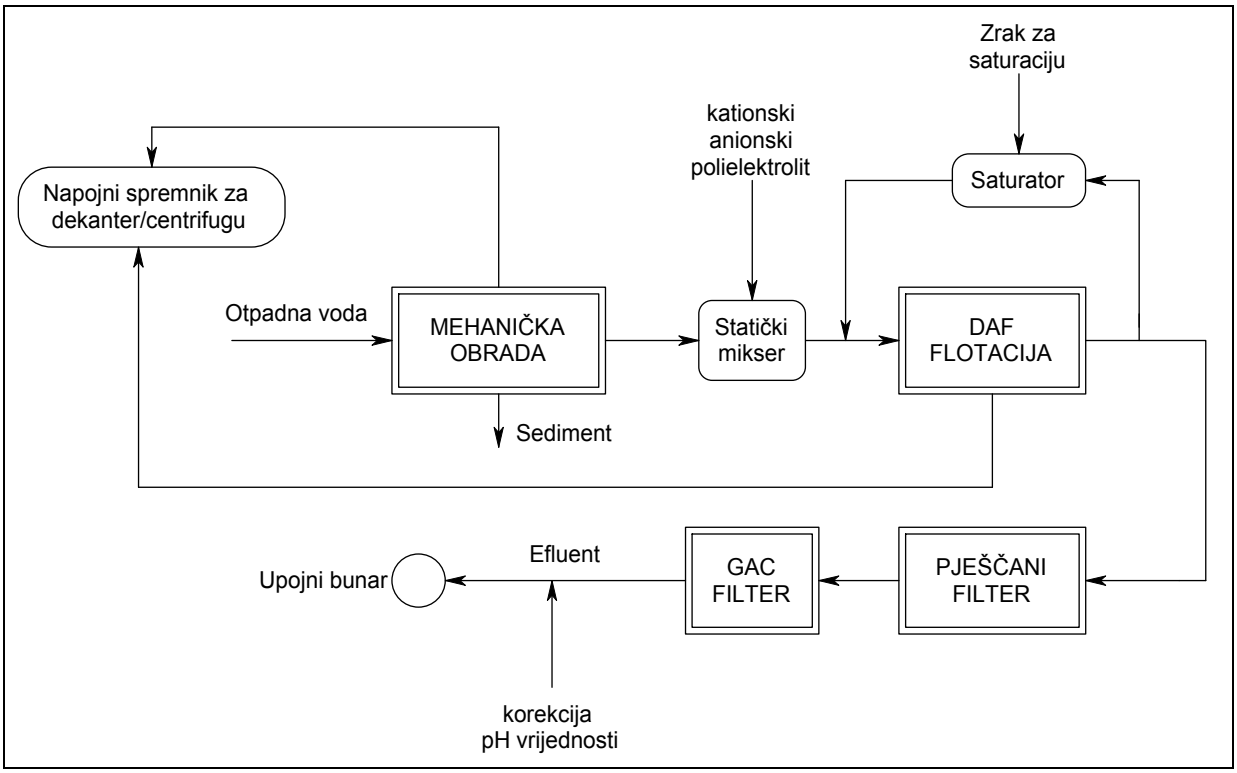
Plivajući uljni sloj sastoji se od ugljikovodika, sedimenta i vode. Tehnika obrade materijala obzirom da isti sadrži sediment odnosno vodu je poznata kod obrade taloga iz rafinerijske industrije. Takav se materijal obrađuje na kombiniranom sustavu dekantera i centrifuge (horizontalne odnosno vertikalne centrifuge) uz prethodno grijanje i dodavanje kemikalija (demulgatora, neutralizacijski organski reagensi). Kod obrade, materijal je potrebno prethodno zagrijavati u napojnom spremniku radi održavanja potrebne viskoznosti i tečljivosti. Prema preliminiranim analizama nakon obrade plivajućeg uljnog sloja na sustavu dekanter/centrifuga trebali bi s dobiti približno slijedeći volumeni separiranih tvari: udio ulja s sadržajem vode manjim od 0,5%: 25 % (v/v); čista voda, blago žuta: 30 % (v/v) i sediment na dnu u vodi: 45% (v/v).

Iz dobivenih eksperimentalnih rezultata je vidljivo da se od ukupne količine plivajućeg sloja ugljikovodika u jami Sovjak, može izdvojiti oko 1.750 m^3 uljne frakcije koja se termički može iskoristiti. Ista se nakon obrade privremeno skladišti na lokaciji ili se direktno odvozi na termičku obradu. Potencijalna mjesta obrade su termoelektrane, rafinerije odnosno cementare. Plivajući sloj ugljikovodika prema dobivenim analizama ima karakteristike I odnosno II kategoriji otpadnog ulja, sukladno članku 21. Pravilnika o gospodarenju otpadnim uljima (NN 124/06) isti se može zbrinjavati u energetskim i proizvodnim postrojenjima instalirane snage uređaja veće ili jednake 3 MW ili u pećima za proizvodnju klinkera u tvornicama cementa. Navedeno će biti potrebno potvrditi provođenjem odgovarajućih fizikalno-kemijskih analiza izdvojenog ulja koje se planira termički oporabiti. Izdvojenu vodu iz procesne jedinice dekanter/centrifuga (cca 2.100 m^3) je potrebno obraditi na uređaj za obradu otpadnih voda. Izdvojeni sediment (cca 2.800 m^3) će se braditi na isti način kao i meki i tvrdi katran dakle postupkom solidifikacije/stabilizcije. Budući da je za potrebe procesa obrade izvađenog uljnog sloja uz emulgatore potrebna i voda, u tu svrhu se može koristiti dio vode nakon obrade na uređaju za obradu. Preostala obrađena otpadna voda se ispušta se preko upojnog bunara u okoliš prema definiranim parametrima kakvoće.

4.5.3. Vađenje i obrada otpadnih voda iz jame Sovjak

Prema zadnjim mjerenjima debljina sloja akumulirane otpadne vode u jami Sovjak (2007.g.), procijenjen je maksimalni volumen otpadne vode od cca 15.000 m^3. Ova vrijednost služi kao projektna osnova za proračun kapaciteta vađenja i obrade. U ranije izrađenoj tehničkoj dokumentaciji predviđen je uređaj za obradu otpadnih voda u okviru kojegće se osim otpadnih voda iz Sovjaka obraditi i tokovi otpadne vode koje će se pojavljivati tijekom i nakon sanacije odlagališta Viševac. Kako su u međuvremenu ova dva projekta razdvojena, u ovoj dokumentaciji se razmatra samo obrada otpadnih voda iz jame Sovjak. Bez obzira što je prisutna otpadna voda u jami Sovjak nižeg opterećenja u odnosu na prethodno obavljena mjerenja, istu je potrebno obraditi na uređaju za obradu otpadnih voda prije konačnog disponiranja (upojni bunari). Shema ovim sanacijskim programom predviđenog uređaja za obradu otpadnih voda iz jame Sovjak je prikazana na shemi 6.

Shema 6. Shematski prikaz obrade otpadnih voda iz jame Sovjak



Obzirom na poznati utvrđeni sastav otpadne vode, uređaj se sastoji od primarne i tercijarne obrade što uključuje mehaničku obradu, DAF flotaciju i završnu obradu putem pješčanog filtera i filtera s aktivnim ugljenom (GAC filtera) te regulaciju pH vrijednosti. Kako otpadna voda ima nisko organsko opterećenje, biološka obrada nije potrebna. Uređaj se dimenzionira na količinu akumulirane vode od max. 15.000 m^3/god. Za pretpostaviti je da je ta količina manja poglavito tijekom sušnog perioda, ali je ista uslijed oborina sklona oscilacijama. Važno je napomenuti da će se obrada otpadnih voda obavljati tijekom cjelokupnog perioda sanacije i vađenja otpada iz jame Sovjak koja će trajati sa prekidima između oko 3 godine. Osnovni razlog leži u činjenici da će se tijekom vađenja gudronskog dijela otpada oslobađati sumporni trioksid (zbog prisustva sumporne kiseline), pa stalno prisustvo sloja otpadne vode služi kao barijera njegovu oslobađanju u atmosferu.

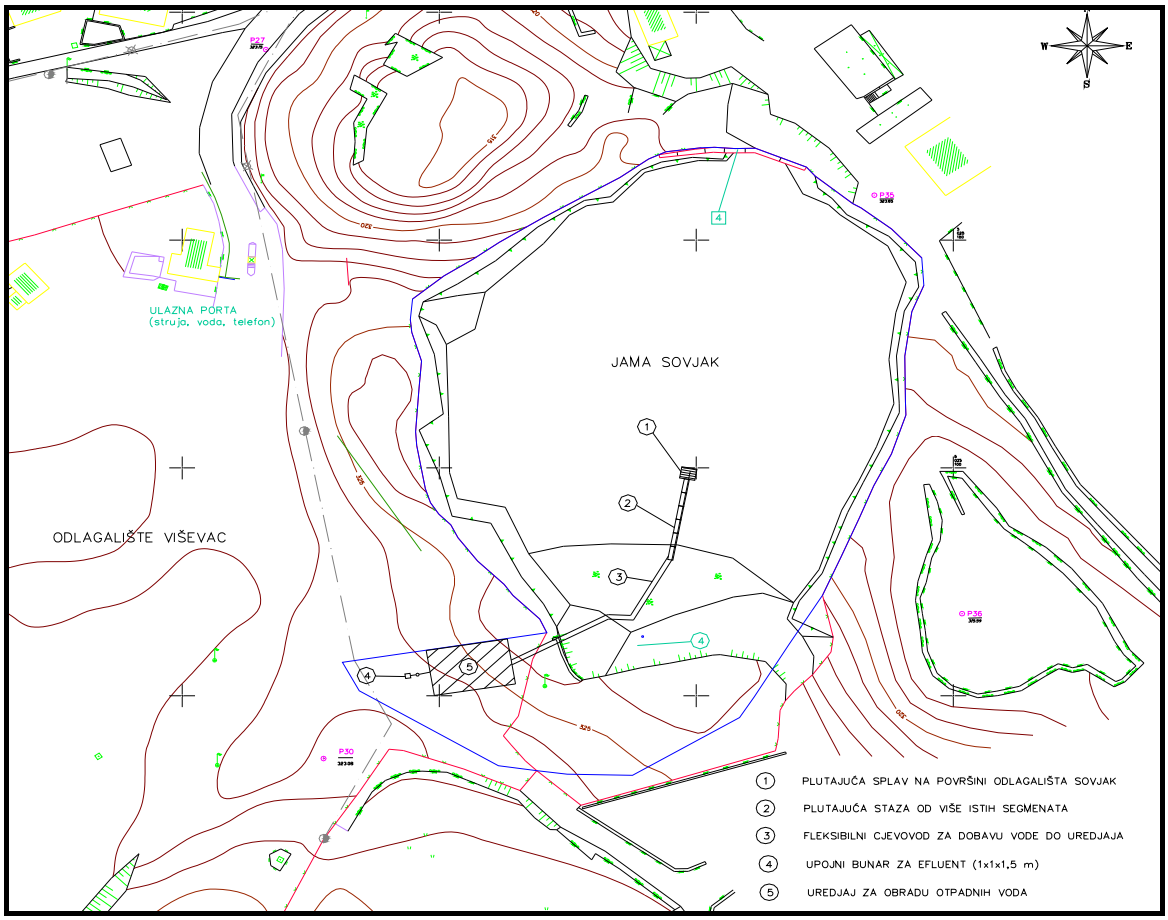
Otpadne vode u jami Sovjak pojavljivati će se u fazi provedbe same sanacije, a stalni izvor nastanku otpadnih voda predstavljati će oborine koje će se tijekom sanacijskih aktivnosti direktno unositi u jamu. Dodatni izvori otpadne vode pojavljivati će se tijekom tehničke provedbe sanacije i to kod obrade plivajućeg sloja ugljikovodika i katrana (mekog i tvrdog), a koje će se izdvajati na sustavu dekanter/centrifuga. Nakon završetka sanacije jame Sovjak neće se pojavljivati dodatne količine otpadnih voda iz tog izvora. Također, treba imati na umu da je porijeklo otpadne vode uglavnom posljedica oborina i da će rad uređaja trebati prilagoditi navedenoj činjenici. Može se pretpostaviti da će se obrada otpadne vode provoditi periodično (po potrebi) uz kapacitet obrade do 5 m^3/h.

Vađenje otpadne vode iz jame Sovjak će se provoditi putem plutajuće splavi postavljenoj na površini unutar jame Sovjak s mogućnošću kretanja daljinskom kontrolom. Navedeno je potrebno planirati iz razloga što podpovršinski sloj mekog katrana nije na svim dijelovima površine odlagališta Sovjak jednake dubine. Na splavi će biti ugrađena usisna crpka sa sustavom za filtriranje mehaničkih nečistoća, a otpadna voda će se putem cjevovoda (npr. fleksibilnog) prepumpavati do lokacije uređaja za obradu otpadnih voda izgrađenom na prostoru oko jame Sovjak. Kapacitet vađenja trenutno će se prilagođavati radu i kapacitetu rada uređaja za obradu otpadnih voda.

Obzirom da je količina otpadnih voda koju je potrebno obrađivati ili povremenog karaktera (tijekom oborina i tijekom obrade pojedinih faza otpada) ili niske razine dnevnog protoka, osnovni tehnološki koncept uređaja za obradu otpadnih voda predstavlja njegov šaržni rad. Nakon što se otpadna voda putem crpki na splavi počne vaditi, ista se transportira do uređaja za obradu otpadnih voda.

Na slici 8 je prikaz položaja plutajuće splavi s crpkama za vađenje otpadne vode te predviđena pozicija uređaja za obradu otpadnih voda tijekom sanacije jame Sovjak.

Slika 8. Prikaz položaja plivajuće splavi za crpljenje otpadne vode i pripadajućeg uređaja za pročišćavanje otpadne vode



Za provedbu svih predviđenih stupnjeva obrade, uređaj se treba sastojati od taložnika, separatora ulja, DAF flotacije, pješčanog filtra i GAC filtra kako je to prikazano na shemi 5. Izvađena otpadna voda se najprije odvodi na obradu u mehanički separator, nakon mehaničkog separatora ulja u DAF flotaciju. Talog se iz DAF flotacije muljnom pumpom periodički prebacuje u spremnik taloga. Otpadna voda se nakon flotacije odvodi prepumpavanjem na pješčani filter koji služi kao fizička zaštita GAC filtera pred zasićenjem ugljikovodicima odnosno suspendiranim česticama. Pročišćena otpadna voda se konačno preko kontrolnog okna ispušta u upojni bunar, nakon prethodne (po potrebi) korekcije pH vrijednosti. Filtarski medij je potrebno nakon zasićenja zamijeniti s novim, a zasićeni aktivni ugljen, vratiti proizvođaču na rekuperaciju ili zbrinuti kao opasni otpad.

Cjelokupni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda treba biti koncipiran kao modularan, koji predstavlja tehnološku cjelinu zajedno sa sustavom pripreme sekundarnog goriva iz površinskog i podpovršinskog sloja ugljikovodika (dekanter i centrifuga) obzirom da iste instalacije inače predstavljaju tehnološke cjeline. Pročišćena otpadna voda će zadovoljiti uvjete za ispuštanje u prijamnik II kategorije, te se može ispustiti na lokaciji putem upojnih bunara, prema uvjetima koje će propisati Hrvatske vode. Otpadne tvari (sediment iz mehaničkog stupnja obrade) koje nastaju tijekom pročišćavanja otpadnih voda će se obraditi na sustavu solidifikacije/stabilizacije.

Kakvoća obrađene otpadne vode odnosno efluent mora zadovoljiti zakonske postavke propisane Pravilnikom o graničnim vrijednostima pokazatelja, opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama (NN 40/99, 06/01, 14/01) za ispuštanje u prirodni prijamnik II kategorije. Potrebna kakvoća efluenta je prikazana u tablici 10.

Tablica 10. Kakvoća efluenta za ispuštanje u prijamnik II kategorije

Pokazatelj onečišćenja	**Kakvoća efluenta uređaja za obradu otpadnih voda Sovjak**
pH	7.0-8.5
Suspendirane tvari	2.0 mg/l
KPK	5.0 mg/l
TOC	2.0 mg/l
Mineralna ulja	0.1 mg/l
Ukupna ulja i masti	0.5 mg/l
BTX	0.01 mg/l
Fenoli	0.005 mg/l
Nitrati	2,0 mg/l
Fluoridi	0.1 mg/l
Sulfiti	0.5 mg/l
Sulfati	400 mg/l
Kloridi	50 mg/l
Amonij	0,1 mg/l
AOX	0.5 µg/l
Aluminij	0.1 mg/l
Bakar	0.001 mg/l
Cink	0.01 mg/l
Kadmij	0.001 mg/l
Mangan	0.001 mg/l
Željezo	0.1 mg/l
Nikal	0.1 mg/l
$Krom_{uk.}$	1,0 mg/l
Olovo	0.1 mg/l

Kakvoća efluenta odnosno pokazatelji graničnih vrijednosti dopuštenih koncentracija prema gornjoj tablici određeni su na temelju utvrđene kakvoće analizirane otpadne vode iz jame Sovjak. Konačno definirane parametre praćenja kakvoće efluenta kao i učestalost mjerenja odrediti će Hrvatske vode.

4.5.4. Vađenje i obrada mekog i krutog katrana (gudrona) postupkom solidifikacije/stabilizacije (S/S postupak)

Izabrani koncept obrade sloja mekog i tvrdog katrana predstavlja fizikalno kemijski postupak: solidifikacija/stabilizacija. Solidifikacija otpada predstavlja postupak dodavanje vezujućih sredstava otpadu u cilju fizičke imobilizacije zagađujućih komponenti i prevođenje otpada iz jednog agregatnog stanja u drugo agregatno stanje, bez kemijskih promjena. Stabilizacija otpada predstavlja postupak dodavanja vezivnog sredstva otpadu, čime se toksične komponente iz otpada prevode u manje toksične oblike tj. opasni otpad se prema kriterijima sadržaja toksičnih komponenti odnosno testa eluata prevodi u neopasni otpad. U jami Sovjak ispod površine vode prisutne su dvije faze otpada (meki i tvrdi katran) koje je potrebno obraditi postupkom solidifikacije/stabilizacije (S/S obrada). Njihov maseni sastav je određen laboratorijskim ispitivanjima i prikazan je u tablici 11.

Tablica 11. Osnovni sastav mekog i tvrdog katrana u jami Sovjak

SASTAV	MEKI KATRAN	TVRDI KATRAN
Ulje	30-32%	16-18%
Voda	32-35%	28-32%
Sediment	34-39 %	52-56%

Otpad s navedenim sastavom je prije solidifikacije/stabilizacije potrebno obraditi na način da se maksimalno reducira udio organske faze i otpad dovede u stanje pogodno za odvijanje navedenog procesa, a u svrhu prevođenja opasnog otpada u neopasni otpad. Tijekom procesa solidifikacije/stabilizacije tekući dio otpada, prvenstveno zaostala voda i uljna komponenta, se iz tekućeg stanja prevode u kruto, praškasto stanje pri čemu se djelomično odvija i mehaničko i kemijsko vezivanje otpadnih tvari i veziva. Istovremeno se pastozni i kruti dio otpada stabilizira na način da opasne tvari postaju manje pokretne i manje toksične stvaranjem odgovarajućih kemijskih veza između istih i veziva (aditiva).

Cement, gašeno vapno, živo vapno, leteći pepeo, ostaci iz peći, termoplastici, bitumen i drugi aditivi su primjer materijala odnosno veziva koji se uspješno koristi kao dodaci u tehnologiji očvršćivanja tj. solidifikacije/stabilizacije zauljenog otpada. Izbor najpovoljnijeg aditiva ovisi o sastavu otpada koji se stabilizira. Cement koji može biti upotrebljen kao mljeveni anorganski materijal, miješanjem s vodom poprima pastozni oblik, a vremenom očvršćuje reakcijama hidratacije i prelazi u krutinu. Dodatkom cementa otpad može biti imobiliziran u procesu reverzne sorpcije na površini gela, precipitacijom uz podešavanje pH vrijednosti, ugradnjom u kristalnu strukturu tijekom hidratacije i precipitacijom kao hidratizirani metalni silikati, hidroksidi i oksidi.

Vapno za solidifikaciju/stabilizaciju se koristi samostalno ili u kombinaciji s drugima aditivima, najčešće cementom i ostalim pucolanskim materijalima. Vapno je dostupno kao živo vapno (CaO), hidratizirano vapno ($Ca(OH)_2$) ili kao vapneno mlijeko (vodena suspenzija hidratiziranog vapna). Hidratizirano vapno tijekom primjene ne otpušta toplinu u kontaktu s vodom te se upotrebljava u situacijama gdje je potrebno izvesti obradu otpada jednostavnom imobilizacijom onečišćenja bez podizanja temperature. Živo vapno predstavlja jedan od najčešće korištenih aditivi u solidifikaciji/stabilizaciji opasnog otpada. Prilikom primjene ovoga aditiva dolazi do egzotermne reakcije pri čemu se oslobađa toplina koja može biti i do $600^{o}C$. Uslijed egzotermnosti reakcije dolazi do djelomične pirolize organskih tvari, dok se nepirolizirani ugljikovodici ugrađuju u osnovnu strukturu kalcijevog hidroksida. Dobiveni produkt je hidrofoban materijal s velikim koeficijentom stišljivosti.

Granulirani ostaci iz industrijskih peći imaju strukturu i spojeve slične cementima te stoga miješanjem s vodom sporo hidratiziraju i prelaze u krutinu, što može trajati tjednima ili mjesecima. U kombinaciji s drugima aditivima (cement, vapno...) brzina vezivanja značajno raste. Iz navedenih razloga se granulirani ostaci iz peći često koriste za obradu opasnog otpada umjesto cementa, jer je mehanizam stabilizacije odnosno imobilizacije onečišćenja sličan kao i kod cementa. Leteći pepeo se također uspješno primjenjuje kod obrade odnosno solidifikacije/stabilizacije opasnog otpada. Leteći pepeo predstavlja fini prah uglavnom sferičnog oblika dobiven izgaranjem mljevenog ugljena. Kao i ostaci iz peći, ovaj pepeo ima pucolanska svojstva i sastoji se uglavnom od silikata (SiO_2) i aluminijevog oksida (Al_2O_3). Ovisno o ugljenu može biti kiseo odnosno alkalan. Upotrebljava se u kombinaciji s vapnom ili cementom i vodom pri čemu stvara formu cementa te imobilizira prisutna onečišćenja istim mehanizmom kao i cement.

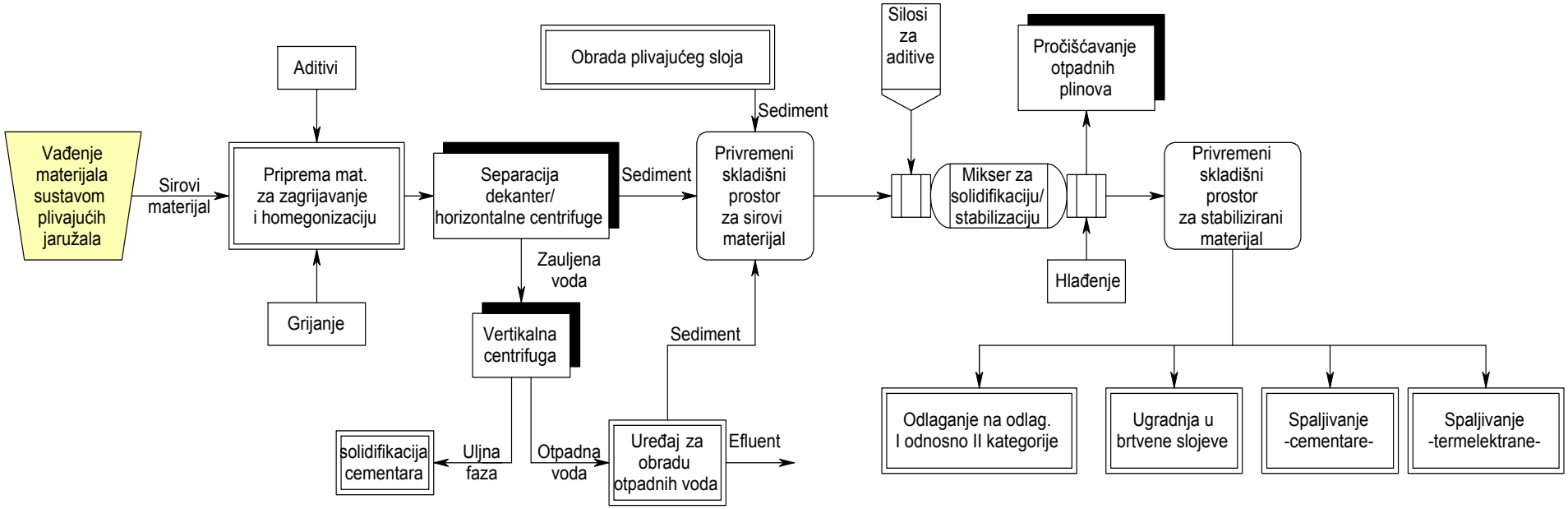
Tehnologija solidifikacije/stabilizacije se principijelno koristi za obradu otpada prije njihovog odlaganja na odlagalištu ili upotrebe u neke druge svrhe kao što je npr. termička obrada. Rezultat procesa korištenjem gore navedenih materijala za solidifikaciju/stabilizaciju u pravilu rezultira u povećanju mase otpada 25-30 %, a ponekad i više od 30%. Da bi se katranski otpad iz jame Sovjak stabilizirao, potrebno je uz pomoć gore navedenih aditiva eliminirati slobodnu tekuću fazu, reducirati mobilnost opasnih sastojaka, sniziti permeabilnost otpada te smanjiti mogućnost otapanja i hlapljenja pojedinih sastojaka. Svi potencijalno upotrebljivi materijali za solidifikaciju/stabilizaciju su prisutni na tržištu, te ih se može koristiti i za obradu otpada iz jame Sovjak. Međutim, treba imati na umu da se većina materijala za dobivanje stabiliziranog otpada koristi u kombinaciji s drugim materijalima. Izuzetak u praksi najčešće predstavlja korištenje živog vapna koje zbog egzotermnosti reakcije otpad fizički i kemijski stabilizira.

Raširenost postupka solidifikacije/stabilizacije opasnog otpada je posljedica jednostavnosti nabave živog vapna na tržištu i jednostavnost izvedbe tehnološkog postupka te velika efikasnost primijenjene metode naročito kod obrade kiselih gudrona, ukoliko se ista uspoređuje s drugim tehnologijama obrade i zbrinjavanja.

Navedeno ne znači da se tijekom izvođenja postupka solidifikacije/stabilizacije ne mogu primijeniti i neka drugi materijali ako je to ekonomski isplativije za provođenje procesa. Korištenjem zamjenskih materijala kao što su leteći pepeo i ostatak od sagorijevanja unutar industrijskih peći moguće je iste kao otpad na taj način zbrinuti, a ujedno se proporcionalno njihovom udjelu smanjuje upraba glavnih aditiva za proces solidifikacije/stabilizacije. Treba također znati da kod korištenja aditiva koji su oblik otpada neke druge industrije za korištenje istog postoji odbojnost javnosti.

Bez obzira koji se aditivi u konačnici koristili za solidifikaciju/stabilizaciju gudronskog otpada iz jame Sovjak, osnovni kriterij je dobivanje neopasnog stabiliziranog ostatka koji se može odložiti na odlagalište I odnosno II kategorije. Postupak solidifikacije/stabilizacije mekog i tvrdog katrana iz jame Sovjak je prikazana na shemi 7.

Shema 7. Principijelni postupak provedbe sanacije mekog i tvrdog katrana iz jame Sovjak postupkom S/S sa slikovnim prikazom postrojenja



Prema gornjoj shemi, ukupna količina organskog dijela izvađenog dijela otpada obraditi će se postupkom solidifikacije/stabilizacije na uređaju posebne konstrukcije. Samo vađenje sloja mekog, a posebice krutog katrana biti će tehnički zahtjevno, jer se radi o nepristupačnom terenu i nepogodnim prostorno-geološkim karakteristikama vrtače Sovjak. Prema preliminarnim procjenama ispod sloja otpadne vode nalazi se oko 130.000 m^3 acetilenskog mulja, mekog i krutog katrana. Količina materijala koja će se izvaditi vezana je ponajprije uz tehničke mogućnosti vađenja dok tiksotropija gudrona omogućava vađenje. Također, zbog konfiguracijske nepravilnosti stijenja i dna vrtače Sovjak, doći će do situacije da se dio materijala u donjem dijelu jame odnosno džepovima uz dno jame neće moći u potpunosti izvaditi. Procijenjeno je kako se može izvaditi oko 70.000 m^3 prisutnog pastoznog i krutog otpada, s tim da materijal koji se neće moći izvaditi predstavlja krute, tvrde i nepropusne dijelove gudronskog otpada čije je porijeklo uglavnom iz rafinerijske proizvodnje.

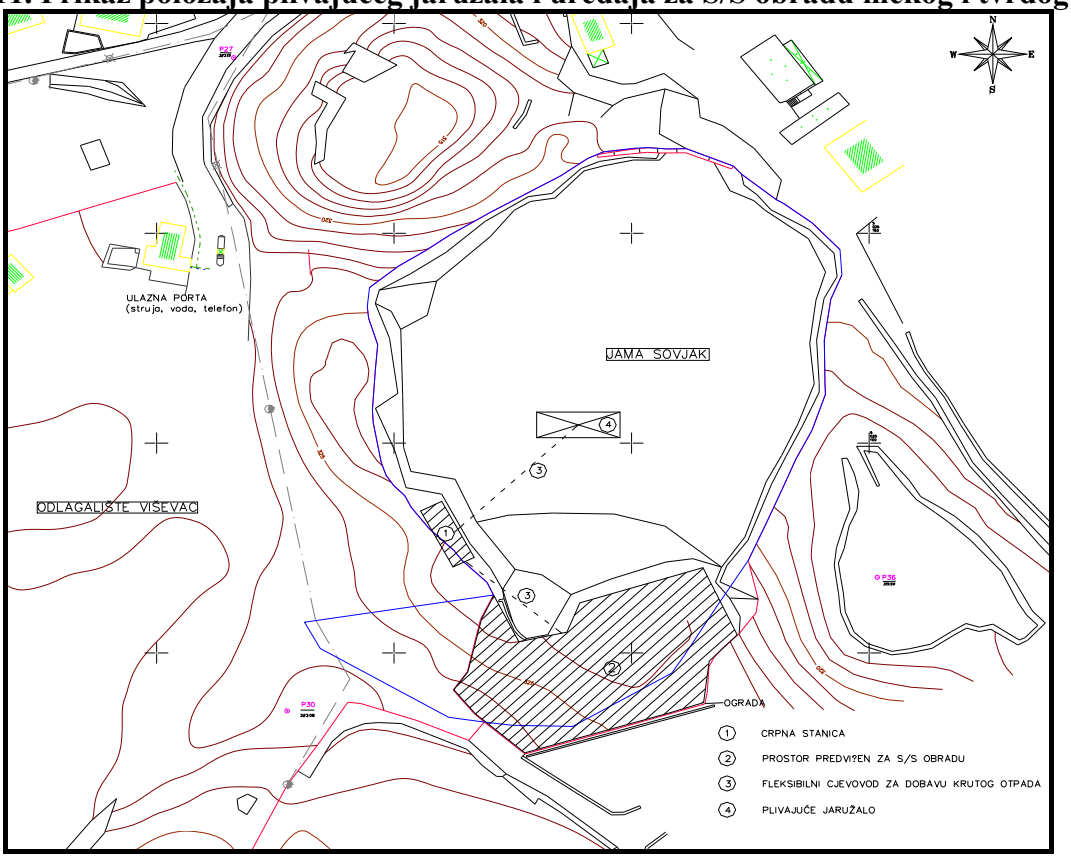
Meki odnosno pastozni i kruti otpad se nalazi ispod akumulirane otpadne vode i tijekom njegovog vađenja, prisutni sloj vode sprječavati će oslobađanje sumpornog trioksida koji se vađenjem gudronskog otpada zna oslobađati u obliku naglih erupcija. Iz toga razloga, izabrani način vađenja otpada iz jame Sovjak predstavlja korištenje samonavođenih jaružala opremljenih uređajima za vađenje koji su prilagođeni tipu materijala koji se vadi. Jaružala moraju biti opremljena uređajima za vađenje otpada prikupljanje i transport u zatvorenom sustavu do uređaja za solidifikaciju/stabilizaciju. Radi se o plivajućim jaružalima koji su se koristili kod sanacije sličnih odlagališta i čišćenja laguna od opasnog otpada i konstrukcijska rješenja mogu biti različita kao što je vidljivo iz donjih slikovnih prikaza. Jaružala za čisto mehaničko vađenje otpada manje su pogodna zbog brzine rada i načina dopreme izvađenog otpada do uređaja za solidifikaciju/stabilizaciju od jaružala s hidrauličkim načinom rada koja rade kontinuirano i putem pumpe u zatvorenom sustavu omogućavaju po okoliš siguran transport izvađenog otpada do uređaja za obradu. Moguća primjena građevinske operative za vađenje gudrona iz jame Sovjak je tehnički neprihvatljivo zbog nepristupačnosti terena i raspoloživosti mehanizacije posebne namjene.

Slika 9. Princip plivajućeg jaružala za mehaničko vađenje krutog otpada

Slika 10. Princip plivajućeg jaružala za hidrauličko vađenje krutog otpada

Izvađeni otpad će se prikupljati te obrađivati šaržno. Predviđeno je da se dnevno vadi i obrađuje šarža od oko 80 m^3 mekog i tvrdog katrana. Obzirom na dnevni volumen koji će se vaditi može se pretpostaviti da će vrijeme sanacije sadržaja iz jame Sovjak trajati oko 3 godine uzimajući u obzir i pripremne radove. Uređaj za solidifikaciju/stabilizaciju je mobilnog tipa i sastoji se od većeg broja ISO kontejnera, silosa za aditive, prostora za manipulaciju sirovinom (transport, separacije, dodavanje aditiva, miješanje) te prostora za privremeno skladištenje sirovinskog materijala i gotovog proizvoda. Predviđeni gabariti koje će zauzeti ovo postrojenje je oko 50 x 50 m. Lokacija uređaja se predviđa na području uz jamu Sovjak s južne odnosno zapadne strane. Na slici 11 je prikaz položaja plivajućeg jaružala, crpne stanice te uređaja za obradu mekog i tvrdog katrana.

Slika 11. Prikaz položaja plivajućeg jaružala i uređaja za S/S obradu mekog i tvrdog katrana



Izvađeni meki i tvrdi katran se privremeno skladišti i priprema za obradu uz prethodno zagrijavanje kako bi se postigla potrebna viskoznost, zatim homogenizira uz dodatak aditiva kako bi se preveo u pupmabilno stanje i olakšala separacija tekuće i krute faze. Prema laboratorijskim ispitivanjima za pripremu materijala biti će potrebno dodavati razne aditive: demulgatore, otapala, reagensi za močenje, sredstva za poboljšanje tečljivosti i antikorozivni agensi. Izbor ovih aditiva na tržištu je velik. Priprema materijala je vrlo bitna za uspješnost provedbe cijelog postupka solidifikacije/stabilizacije. Dobrom pripremom, izvađeni otpad se u velikoj mjeri vrlo uspješno može separirati na tekuću fazu (ulje i voda) i sediment koji se dalje obrađuje. Vrlo je važno separacijom izdvojiti što više tekuće faze u kojoj su sadržani u velikom postotku ulje i voda (voda: 22-28% m/m). Izdvajanjem uljne frakcije omogućava se velika uspješnost stabilizacija otpada i njegovo prevođenje u neopasni otpad.

Pripremljeni tj. zagrijani, pumpabilni i homogenizirani katranski otpad prolazi prvu fazu separacije na sustavu dekanter s centrifugom. Tu se odvaja tekuća faza koju čine zauljena voda i sediment. Zauljena voda se dalje upućuje na vertikalnu centrifugu gdje se tekuća faza separira na ulje i vodu. Ulje se zbrinjava termičkom obradom, dok se voda obrađuje na uređaju za obradu otpadnih voda. Sediment iz dekantera/centrifuge koji sadržava i do 30 % (m/m) anorganske tvari se zajedno sa sedimentom iz obrade sloja plivajućih ugljikovodika i obrade otpadnih voda privremeno skladišti šaržno doprema na uređaj za solidifikaciju/stabilizaciju. Ovaj uređaj se sastoji od sustava miksera gdje se kroz više paralelnih sustava doziranja, dodaju veziva odnosno aditivi za stabilizaciju otpada. Visoki stupanj homogenosti u otpadnom materijalu smanjuje vrijeme miješanja i povećava vezivanje toksičnih tvari. Postupak miješanja materijala tokom stabilizacije pospješuje otpuštanje isparljivih organskih spojeva koja se izdvajaju kroz emisije plinova. Zbog toga sustav miksera u kome se izvodi miješanje mora biti u zatvorenom sustavu, a izlazni plinovi se prije ispuštanja moraju pročistiti.

Često nije moguće efikasno stabilizirati organski otpad samo dodavanjem neorganskim neorganskih veziva kao što su vapno, cement ili leteći pepeo. Organske tvari zaustavljaju proces očvršćivanja cementa i ostalih sličnih dodataka pri čemu konačni produkt često ne udovoljava standardnom TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure - EPA) testu. Zato je vrlo važno u početnoj fazi obrade, materijal dobro pripremiti, koristiti kvalitetne aditive i količinski ih prilagoditi zahtjevu da je za dobivanje dobro stabiliziranog produkta potrebno što više uljne faze (predviđenim separacijskim tehnikama) odstraniti prije samog S/S procesa. Obavljena istraživanja su pokazala da se najveći dio organske tvari (uz fizičko uklanjanje) ukloni korištenjem živog vapna kao aditiva za stabilizaciju. Naime, egzotermnost reakcije (do 600 ^{0}C) utječe djelomično na razgradnju organskih tvari, dio ishlapi dok se dio ugradi u kemijsku strukturu nastalih produkata i na taj način imobilizira. Kada se koristi vapno kao sredstvo stabilizacije organskog otpada, iskustveno je utvrđena potreba za 1-1,5 tona vapna na četiri tone otpadnog materijala za S/S proces. Za optimizaciju S/S postupka obrade otpada iz jame Sovjak uputno je provesti pilot obradu u svrhu utvrđivanja stavrno potrebnih količina veziva i aditiva kako bi se dobio konačni proizvod (stabilat) koji će predstavljati neopasni otpad.

Na razini ovog programa sanacije ne želi se limitirati potencijalne izvoditelje sanacije s načinom, vrstom i količinom sredstava za solidifikaciju/stabilizaciju otpada iz jame Sovjak, budući da su poznati kriteriji koje gotov proizvod treba zadovoljiti. Prvi i osnovni kriterij podrazumijeva da je dobiveni produkt solidifikacije/stabilizacije neopasan otpad i da sukladno Uredbi o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada (NN 50/05) nema jedno od svojstava H13 koja ga čine opasnim otpadom (Prilog II Uredbe). Drugi kriterij koji konačni produkt solidifikacije/stabilizacije mora zadovoljiti kao neopasan otpad je postizanje vrijednosti testa eluata koji omogućavaju njegovo odlaganje na odlagalištu I odnosno II kategorije, sukladno zahtjevima čl. 12 Pravilnika o uvjetima za postupanje s otpadom (NN 123/97, 112/01).

Korištenjem živog vapna kao aditiva za solidifikaciju/stabilizaciju, gotovi proizvod ima povišenu temperaturu, pa ga je potrebno hladiti obično iniciranjem vode u prvom stupnju obrade, dok se drugi stupanj hlađenja odvija samim odstojavanjem solidifikata unutar privremenog (zatvorenog) skladišnog prostora. Same reakcije tijekom S/S procesa ne zahtijevaju unos kisika, već se postupak odvija u normalnim atmosferskim uvjetima bez korištenja dodatnog goriva. Iz navedenih razloga, glavne komponente otpadnih plinova koji se moraju obrađivati su vodena para, prašina (alkalnog tipa) te TOC opterećenje. Za kontrolu navedenih emisija biti će potrebno koristiti ciklone i alkalne skrubere. Otpadnu vodu iz alkalnih skrubera (cca 5 m^3/mjesec) obrađivati će se u sklopu uređaja za obradu otpadnih voda. Uspješnost pročišćavanja otpadnih plinova i primjena za to predviđenih mjera zaštite kontrolirati će se provedbom adekvatnom programom praćenja stanja okoliša tijekom provođenja postupka solidifikacije/stabilizacije.

Slika 12. Očekivani izgled stabiliziranog materijala nakon S/S postupka

Budući da odlaganje stabiliziranog otpada iz jame Sovjak ne predstavlja jedino moguće rješenje njegovog zbrinjavanja, navodimo i druge mogućnosti koje su potencijalno primjenjive, a koje će vlasnik odnosno potencijalni izvoditelj sanacije moći uzeti u obzir tijekom sanacije.

a) Odlaganje stabiliziranog otpada S/S postupkom na odlagalištu otpada

Prema Pravilniku o uvjetima za postupanje s otpadom (NN 123/97, 112/01) odlagališta otpada se dijele na odlagališta I i II kategorije. Tehnološki otpad tj. proizvodni otpad se odlaže se na odlagalište otpada I, odnosno II kategorije ovisno o sastavu eluata. Stabilizirani ostatak koji je klasificiran kao neopasni otpad može se uz zadovoljavanje testa eluata odložiti na odlagalište I i II kategorije odnosno u okviru budućeg županijskog centra za gospodarenje otpadom.

b) Korištenje kao konstrukcijskog materijala pri izgradnji brtvenih slojeva

Poznato je da se za sanaciju postojećih i izgradnju novih odlagališta otpada u strukturi brtvenih slojeva mora ugraditi niskopermeabilni mineralni sloj s maksimalnom propusnošću od $<10^{-9}$ m/s. Ugradnja stabiliziranih ostatka iz gudronskih jama nisu uobičajena praksa u izgradnji brtvenih slojeva na odlagalištima otpada, ali ih u predmetnom slučaju treba uzeti u obzir iz razloga potrebe izgradnje županijskog odlagališta otpada. Ovo rješenje na području Primorsko-goranske županije može biti vezano uz koncepciju sinergizma koja polazi od osnovne konstatacije kako se obradom zauljenog otpada tipa gudrona može dobiti niskopermeabilni materijal tj. solidifikat/stabilat koji se u sabijenom stanju može koristiti kao brtveni sloj. Iz navedenog je razloga je u prethodno izrađenoj dokumentaciji predviđeno da se kao jedna od opcija sanacije odlagališta Viševac koristi stabilat iz Sovjaka u strukturi završnog brtvenog sustava što je iz razloga zapunjenosti kapaciteta ovog odlagališta danas napuštena opcija. Međutim ukoliko sanacija jame Sovjak terminski bude usklađena s izgradnjom županijskog centra Marišćina ovu opcija može biti uzeta u razmatranje.

c) Korištenje stabiliziranog ostataka kao energenta u termoelektranama

Iz prakse u svijetu je poznato kako se kod obrade istih ili sličnih tipova mekog i tvrdog katrana (gudrona) ciljano poboljšavaju svojstva dobivenih produkata stabilizacije/solidifikacije, u cilju njihovog daljnjeg korištenja kao dopunskog sirovinskog materijala i/ili dopunskog goriva. Miješanjem tako obrađenog materijala s konvencionalnim gorivima (npr. ugljenom) moguće je dobiti zahtijevanu ukupnu toplinsku vrijednost materijala te optimirati njegova svojstva u svrhu korištenja kao sekundarnog goriva u termoelektranama. Kao dopunske alternative prisutne su u praksi i opcije miješanje stabiliziranih ostataka s gorivim dijelovima komunalnog otpada, koji se zatim kao gorivo koriste u termoenergetskim pećima. Kao što je vidljivo ova opcija je vezana u naknadno optimiranje svojstava stabiliziranog otpada te potrebne dozvole za njegovo spaljivanje koje bi navedeni industrijski objekti na području Hrvatske trebali ishoditi. Kako se navedeni materijal može dozirati kroz sustav RDF-a koji su izgrađeni u cementarama, dozvole vjerojatno nije potrebno ishoditi. Alternativa je odvoz istog na zbrinjavanje u termoelektrane izvan granica Hrvatske npr. u Njemačku.

d) Korištenje solidifikata/stabilata u cementnoj industriji

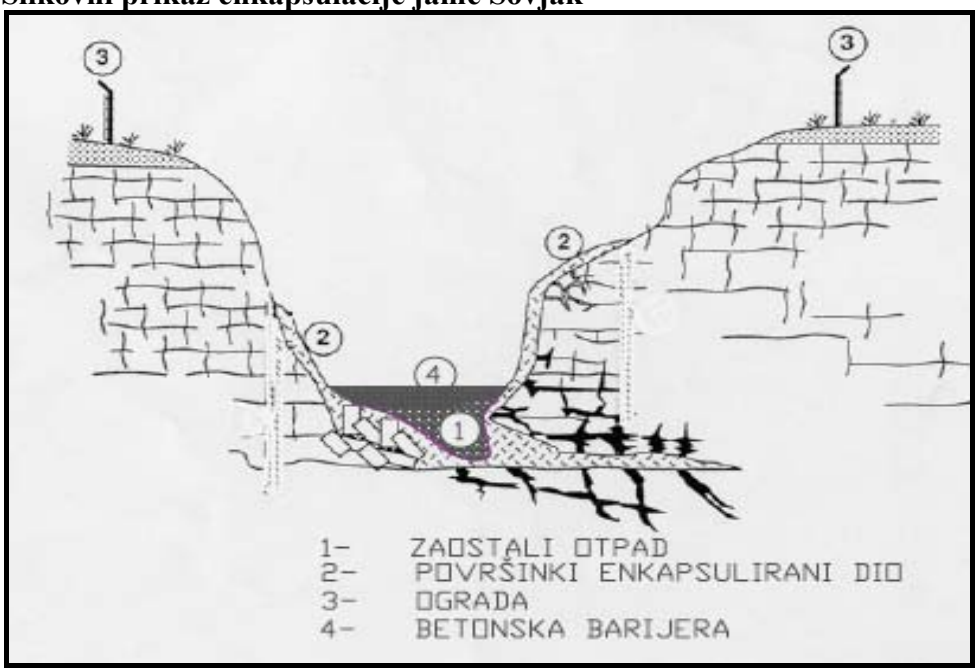
U posljednjih nekoliko godina prisutan je snažan trend zbrinjavanju različitih vrsta otpada uključujući i opasni otpad u proizvodnim procesima proizvodnje cementa. Među ostalim, neke cementare prepoznale mogućnost korištenja prethodno obrađenih otpadnih materijala iz gudronskih jama kao dopunske sirovine i dopunskog goriva, kao što je to slučaj npr. u Rumunjskoj i Češkoj. Naime, njihovim namješavanjem s konvencionalnim gorivom postižu se tražena svojstva i karakteristike obrađenog materijala (stabilata) pri čemu svi organski dijelovi u tehnološkom procesu pečenja sirovinske smjese izgore, dok se njegovi anorganski dijelovi miješaju s osnovnom sirovinom tijekom pečenja i ugrađuju u klinker odnosno cement kao konačni proizvod. Ova opcija je kao i prethodna vezana uz posjedovanje potrebnih dozvola koji bi cementarama dozvoljavale zbrinjavanje stabiliziranog ostatka iz jame Sovjak. Alternativa je zbrinjavanje istog izvan granica Hrvatske npr. Rumunjskoj, gdje je moguće gudronski materijal direktno zbrinuti u okviru cementare, jer postoje posebne instalacije za direktno doziranje gudrona uz ishođene dozvole. Instalacija je napravljena je zbog značajnih količina gudrona u Rumunjskoj koji će se zbrinjavati u narednim godinama.

4.5.5. Enkapsulacija zaostalog otpada i punjenje jame inertnim materijalom

Kako je jama Sovjak bila u uporabi više od 40 godina, penetracija otpada u tlo i stijene unutar jame mora biti znatna tim više jer je tlo na lokaciji frakturirano. Svaki ostatak koji preostane nakon sanacije jame i vađenja otpada može biti uzrok daljnjeg zagađenja tla i podzemlja. Uzrok mogućeg zagađenja proizlazi iz činjenice da će se akumulirana voda na dnu vrtače iscjeđivati kroz stijene i dolaziti u kontakt s preostalim gudronom kojeg neće biti moguće izvaditi. Posljedica toga je njihovo zagađenje i mogućnost pojave neugodnih mirisa pogotovo tijekom ljetnih mjeseci. Da se spriječi prodor oborinske vode prema dnu vrtače i njen kontakt s otpadom predlaže se enkapsulacija istog i zatrpavanje jame rasutim inertnim materijalom na koji će se ugraditi završni brtveni sloj. Ova varijanta predstavlja optimalnu metodu za sprječavanje širenja preostalog onečišćenja koje će zaostati nakon sanacije, jer omogućava zadržavanje imobilnosti gudrona održavanjem njegove maksimalne tiksotropije kod koje je poznato da ima permeabilnost od 10^{-9} m/s (što se inače zahtjeva kod mineralnih materijala za brtvene slojeve).

Enkapsulacija otpada predviđa da se prvo putem bentonitnog mlijeka i/ili kašaste forme bentonita prekrije zaostali otpad koje se neće moći izvaditi i zatvore frakture na bokovima vrtače (procjena do 7.000 m^2 površine). Bentonitno mlijeko sa sadržajem bentonita do 6% mora biti niske viskoznosti kako bi se što lakše iniciralo u stjenovite frakture iz kojih otpad neće biti moguće izvaditi. Nakon učvršćivanja hidratizirani bentonit stvoriti će niskopermeabilnu barijeru koja će sprječavati prodor oborina preko ostatnog otpada u saniranu vrtaču odnosno iz vrtače u okolni teren. Kako bi se mogla izvesti enkapsulacija otpada potrebno je ukloniti eventualno prisutnu vodu na dnu vrtače, što znači da će uređaj za obradu otpadnih voda cijelo vrijeme sanacije biti prisutan na lokaciji i po potrebi u uporabi. Nakon enkapsulacije otpada bentonitnim mlijekom, na dnu vrtače (u kojoj će zaostati dio otpada) se predviđa ugradnja betonske barijere s kiselootpornim betonom debljine 50 cm koji je otporan na kiseline (zbog zaostalog gudrona koji sadržava sumpornu kiselinu). Na slici 13 je prikaz predviđene enkapsulacije jame Sovjak.

Slika 13. Slikovni prikaz enkapsulacije jame Sovjak

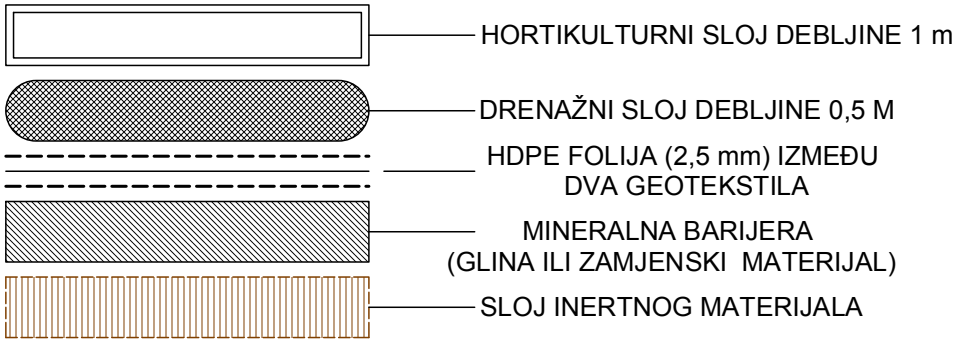


Ugradnjom betonske barijere na dnu vrtače te enkapsulacijom otpada bentonitnim mlijekom stvoriti će se svojevrsna tampon zona između zaostalog otpada u jami i sloja inertnog materijala kojim se jama zapuniti da bi se ugradila prekrivka na površini jame. Ova barijera je potrebna kako bi se spriječile eventualne reakcije između zaostalog gudrona i vapnenca koji bi djelomično mogao sredstvo zapunjenja jame Sovjak nakon sanacije. Ukupni volumen materijala za zapunjavanje ispražnjenog prostora jame procjenjuje se na 130.000 m^3. Rasuti inertni materijal za punjenje jame Sovjak može biti dostupan iz postojećih komercijalnih izvora, ali se može dobaviti i s radilišta buduće županijske zone za gospodarenje otpadom u kojoj će u prvih nekoliko faza izgradnje postojati suvišak materijala iz iskopa. Navedeno je moguće ukoliko bude postojala terminska usklađenost sanacije jame Sovjak i izgradnja županijskog odlagališta Marišćina.

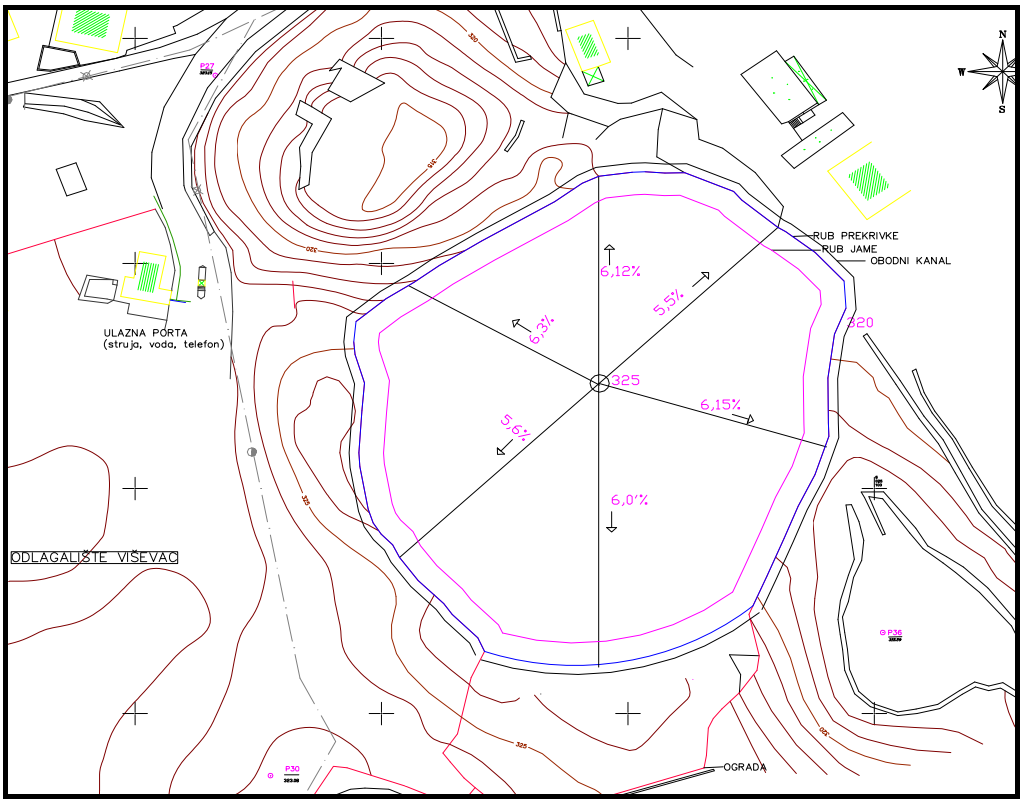
4.5.6. Ugradnja završnog brtvenog sustava

Ugradnja završnog brtvenog sustava započeti će nakon popunjavanja jame inertnim materijalom. Predviđeno je da maksimalna kota završnog brtvenog sustava bude na 325 m.n.m. Struktura brtvenog sustava određena je Uredbom o postupanju s opasnim otpadom (NN 32/98). Brtveni sustav izrađen od mineralnoga materijala mora imati debljinu od 0,8 pokrovnog sustava te koeficijent propusnosti najviše $1x10^{-9}$ m/s. Koeficijent propusnosti mineralnog materijala mjeri se u uvjetima zasićenja vodom. Ako se brtveni sustavi izrađuju od drugih materijala ili u drugim debljinama učinkovitost im mora biti jednaka ili veća od učinkovitosti sustava izgrađenih od mineralnog materijala. Oko odlagališta, po obodu mora se izgraditi kanal (dužine oko 350 m) za prihvat i odvod oborinskih voda koje se slijevaju s prekrivke i okolnih površina prema odlagalištu opasnog otpada. Predviđena struktura završnog brtvenog sustava na saniranoj jami Sovjak prikazana je na shemi 8, a na slici 14 je shematski prikaz izgleda završnog brtvenog sustava jame Sovjak.

Shema 8. Predviđena struktura završnog brtvenog sustava jame Sovjak



Slika 14. Shematski prikaz izgleda završnog brtvenog sustava jame Sovjak



Ugradnja završnog brtvenog sustava započinje na pripremljenoj podlozi od inertnog materijala. Na tako uređenu podlogu postavlja se mineralni materijal s koeficijentom propusnosti od 10^{-9} m/s. Kao mineralna barijera se može upotrijebiti glina debljine 1 m ili zamjenski materijal koji ima ista svojstva kao glina. Korištenjem zamjenskih materijala omogućava se štednja odlagališnog volumena zbog njihove manje debljine. Navedeno u predmetnom slučaju nije od velike važnosti. Međutim zbog nedostataka gline u bližoj okolici, realnije je korištenje navedenih zamjenskih materijala jer su dostupniji na tržištu.

Na mineralnu barijeru se postavlja HDPE folija obostrano zaštićena geosintetikom. Na foliju bi se postavio drenažni sloj od granuliranog šljunka kojim će se oborinska voda s prekrivke prikupiti i putem obodnih kanala odvesti u okoliš. Na drenažni sloj postaviti će se hortikulturni sloj debljine 1 m da bi se sanirana površine jame mogla krajobrazno urediti po uzoru na okolni teren. Ukupna debljina gornjeg brtvenog sustava može biti najviše 2,5 m. Ukoliko se koriste zamjenski materijali kao mineralne barijere, debljina je manja ali proporcionalno smanjenju debljine brtvenog sustava treba povećati debljinu sloja inertnog materijala. Ukupna površina prekrivke biti će oko 7.850 m^2. Kada je u pitanju kapiranje odlagališta opasnog otpada u krutom stanju, potrebna je veća trajnost brtvenog sustava za razliku od komunalnog otpada gdje se razgradnja istog odvija u periodu 20-30 god te se u principu toliko traži i trajnost slojeva. U slučaju kapiranja jame Sovjak otpad će biti enkapsuliran, te je bitna trajnost brtvenog sustava vezana uz trajnost mineralnog materijala u njegovoj strukturi.

Budući da postoje precizni proračuni za prikupljanje oborinskih voda sa susjednog odlagališta Viševac, analogijom se može predvidjeti gradnja obodnog vodonepropusnog kanala širine do 1 m i dubine oko 35 cm, širina dna kanala 20 cm, nagib pokosa 1:1 i minimalnim padom 0,5%. Prikupljena oborinska vode može se ispuštati preko jednog ili više ispusta putem upojnih bunara koji moraju biti locirani s južne i jugoistočne strane jame Sovjak u smjeru toka podzemne vode, kako bi se na što manju mjeru svela mogućnost da ispuštene oborinske vode dopru u tijelo sanirane vrtače. Kako između gornjeg brtvenog sloja i otpada koji će eventualno zaostati na dnu vrtače postoji velika fizička barijera, ne postoji mogućnost da oborinske vode budu kontaminirane s izuzetkom suspendiranih čestica s hortikulturnog sloja. Kako se radi o čistim vodama ne predviđa se njihova posebna obrada prije ispuštanja.

5.0. OPIS NASELJENOSTI U BLIŽOJ OKOLINI I GOSPODARESKE AKTIVNOSTI NA KOJE BI SAM POSTUPAK SANACIJE MOGAO UTJECATI

Kako je prije navedeno, šire područje oko jame Sovjak je dosta urbanizirano. Lokacija jame Sovjak kao i neposredno uz Sovjak odlagalište komunalnog otpada Viševac nalazi se u rubnom dijelu naselja Marinići u Općini Viškovo. Šire područje jame Sovjak (i odlagališta Viševac) graniči i sa manjim naseljima Bezjaki i Kapiti kao sastavni dio većeg naselja Marinići. Prema zadnjem popisu stanovništva (2001.g.) naselje Marinići broji ukupno 3139 stanovnika i najveće je naselje u Općini Viškovo. Može se također reći da južni dio naselja Marinići zbog velike prostorne rasprostranjenosti i izgrađenosti praktično čini sastavni dio grada Rijeke (s njegove sjeverne strane). Neposredno uz jamu Sovjak s njegove sjeverne i jugoistočne strane izgrađen je veći broj pretežito stambenih objekata, u okviru kojih su prisutni manje obrtne djelatnosti (servisi i sl.), a koji su uglavnom izgrađeni zadnjih 10-20 godina, dakle nakon što se vrtača Sovjak počela koristiti za odlaganje opasnog otpada.

Na širem području općine Viškovo značajan je razvoj malog i srednjeg poduzetništva, a osnovne gospodarske grane su građevinski i proizvodni obrt, proizvodne djelatnosti, prijevoz i skladištenje te servisne i uslužne djelatnosti. Građevinske i proizvodne djelatnosti obuhvaćaju proizvodnju građevinskih materijala i proizvoda, stolarije, namještaja, proizvodnju brodskih motora i dijelova, proizvodnja metalnih proizvoda, opreme za domaćinstvo i dr. Značajan je broj gospodarskih subjekata u općini koji prema podacima broji 263 registrirana trgovačka društva i 412 registriranih obrta.

Svaka aktivnost na sanaciji jame Sovjak može imati utjecaja na okolno stanovništvo poglavito neposredno uz jamu Sovjak, ukoliko se ne provode mjere zaštite tijekom svih aktivnosti (od vađenja, obrade, transporta obrađenog otpada do krajnjih korisnika) na sanaciji. Pridržavanjem propisanih mjera zaštite okoliša tijekom ukupnog perioda provedbe sanacije, negativan učin na stanovništvo biti će minimiziran.

Međutim, nije za očekivati negativan utjecaj na gospodarske aktivnosti u bližem i širem okolišu jame Sovjak tijekom provedbe sanacije. Suprotno, može se očekivati da će se tijekom sanacije povećati poduzetničke djelatnosti poglavito vezano za metalnu proizvodnju, građevinske proizvode, uslužne djelatnosti i dr.

6.0. UTVRĐENA PRIHVATLJIVOST ZAHVATA S OBZIROM NA UTJECAJ NA OKOLIŠ

Prema vrstama i količinama odloženog pretežito opasnog otpada u vrtaču Sovjak, te poznatu situaciju o neuređenosti jame Sovjak za odlaganje otpada, danas u nesaniranom stanju ista predstavlja rizičnu točku posebno s gledišta onečišćenja podzemnih voda te time potencijalnog ugrožavanja izvorišta pitkih voda riječkog područja.

Uzimajući u obzir na više desetaka godina prisutan otpad u Sovjaku, onečišćenje podzemnih voda je stalno prisutno budući da se tijekom kišnog perioda ne povećava razina otpada u jami, što ukazuje na činjenicu da se uglavnom sva oborinska voda unesena direktno u jamu kao i putem bočnih unosa infiltrira u podzemlje odnoseći sa sobom kemijske konstituente onečišćenja.

Također, premda nije evidentno onečišćenje zraka (nije se nikad mjerilo) putem VOC emisija jer iste više ne postoje, ipak je u ljetnom periodu uočljiv miris naftnog porijekla kada dolazi zbog povišenih temperatura do topljenja plivajućeg sloja ugljikovodika odnosno prijelaza iz pastoznog u tekuće stanje.

Dakle, ostavljanje lokacije vrtače u sadašnjem stanju ima isključivo negativan utjecaj na okoliš i okolno stanovništvo.

Svaka sanacijska aktivnost na jami Sovjak prema predloženom konceptu će imati određeni utjecaj na okoliš (zrak, otpadne vode, buka i dr.) tijekom trajanja postupka sanacije. Navedeno se ne može u potpunosti izbjeći ali se može svesti na minimum ako se provode predviđene mjere zaštite okoliša. Stoga, prihvatljivost predviđenog zahvata u pogledu utjecaja na okoliš predstavlja vađenje odloženog otpada odnosno uklanjanje iz okoliša i njegovo zbrinjavanje na tehnički, ekološki i ekonomski prihvatljiv način, a nakon ekskavacije i zbrinjavanja odloženog otpada provedba adekvatnog uređenja ispražnjene jame Sovjak, kako bi se gotovo u potpunosti eliminirao negativan učin na podzemne vode koji je prisutan u sadašnjem nesaniranom stanju.

Kada se provodi *Ex situ* postupak sanacije, za izvađeni otpadni materijal potrebno je provesti postupak adekvatnog zbrinjavanja odnosno obradu otpada. S obzirom na prisutnu faznost otpada u jami, predloženi su odgovarajući postupci obrade. Tako, s obzirom na poznati sastav, svojstva i količine prisutnih faza u jami, predloženi su ovim programom sanacije i optimalne tehnologije obrade kako sa stajališta zaštite okoliša tako i sa ekonomskog stajališta, a temeljene pored ostalih i na stanju tehnike obrade i zbrinjavanja sličnih vrsta otpada u bližem okruženju (u Europi). Iskorištavajući "korisne" dijelove otpada (slobodna faza ugljikovodika) koja se obrađuje postupcima rekuperacije u sekundarno gorivo te konačnim zbrinjavanjem u termoenergetskim objektima predstavlja prihvatljivu varijantu i u pogledu utjecaja na okoliš. Također, preostali dio otpadnog materijala za koje se predlaže tehnologija obrade S/S postupkom, otvara mogućnost zbrinjavanja dobivenog produkta obrade u korištenjem kao sirovinskog materijala i/ili dopunskog odnosno sekundarnog goriva u industrijskim objektima (npr. cementare) i/ili termoenergetskim objektima (npr. termoelektrane).

U tehnološkim sustavima obrade otpadnog materijala koji u ovom slučaju podrazumijeva postupak obrade S/S, uzimajući u obzir provedbu postupaka obrade otpadnih plinova, prije konačnog ispuštanja u zrak u skladu sa zahtjevima propisa svakako eliminira negativan utjecaj na onečišćenje zraka tijekom sanacije.

Svi tokovi otpadnih voda koji će se pojavljivati (kao i akumulirana otpadna voda u jami) tijekom sanacije se moraju odvoditi do uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, kako bi se nakon pročišćavanja mogle ispuštati u odgovarajući recipijent (upojni bunari). Predviđeni sustav obrade otpadnih voda iz Sovjaka, s obzirom na poznati sastav otpadne vode i predviđene stupnjeve obrade, treba u potpunosti zadovoljiti uvjete za kakvoćom pročišćenih otpadnih voda za ispuštanje u tlo putem upojnih bunara koje će propisati Hrvatske vode.

Ovako predviđena tehnološka rješenja sanacije cjelokupnog sadržaja jame Sovjak i njeno konačno uređenje predstavlja sukladno propisima Republike Hrvatske i EU prihvatljivo rješenje u pogledu utjecaja na okoliš, te trajno rješava problem crne točke odnosno onečišćenog okoliša na ovom području. Monitoring aktivnosti koje će se provoditi nakon provedene sanacije, također će biti dodatni pokazatelj uspješnosti provedbe cjelokupne sanacije jame Sovjak.

7.0. MJERE ZA USPOSTAVLJANJE PRETHODNE KAKVOĆE STANJA OKOLIŠA ILI POBOLJŠANJE POSTOJEĆEG STANJA ONEČIŠĆENJA OKOLIŠA (UKLJUČUJUĆI I COST BENEFIT ANALIZU)

Sanacija jame Sovjak na predviđeni način predstavlja aktivnost kojom će se poboljšati postojeće stanje onečišćenog okoliša. Ocjenjeno je kako se postojeće stanja okoliša može najučinkovitije poboljšati vađenjem otpada, njegovom obradom i zbrinjavanjem izvan lokacije planiranog zahvata. Ostatak otpada koji se iz tehničkih razloga i zbog tiksotropnosti gudrona neće moći izvaditi, izolirati će se od okoliša enkapsulacijom, popunjavanjem vrtače inertnim materijalom te instaliranjem završnog brtvenog sustava.

Provedba sanacije *Ex situ* postupcima nije posljedica nikakvih tehničkih zahtjeva koji bi se odnosili na činjenicu da je onečišćeni prostor potrebno vratiti u prvobitni fizički oblik. Odabir takvog rješenja je uvjetovan postojećom praksom koja omogućava najbolje zadovoljavanje postojećih propisa Republike Hrvatske i EU kojima su definirane prihvatljive razine emisija u okoliš. Upravo sanacijske aktivnosti na jami Sovjak predstavljaju mjere kojim će se postojeći onečišćeni prostor dovesti u stanje da zadovoljava kriterije kakvoće okoliša koji se ponajprije odnose na kakvoću zraka, kakvoću tla i podzemnih voda.

Što se tiče prethodnog stanja okoliša pod kojim podrazumijevamo nekadašnje postojanje vrtače Sovjak, činjenica je da sa raspoloživim tehničkim rješenjima nije moguće vratiti okoliš u ranije fizičko i krajobrazno stanje. Međutim analizom koristi i troškova koje zahvat donosi za užu i širu zajednicu, moguće je uz ekološke čimbenike sagledati socijalne, demografske, gospodarstvene, zdravstvene i druge utjecajne faktore koji se provedbom zahvata i mjera za poboljšanje kakvoće stanja okoliša postižu. Kada je u pitanju sanacija jame Sovjak koristi koji se postižu sanacijom su uglavnom koristi koje nije moguće numerički izraziti, dok su realni troškovi novčano mjerljiva veličina. U realne troškove se ubrajaju oni troškovi koje u stvarnosti snosi nositelj zahvata tj. troškovi proizašli iz postupka sanacije (pogonski troškovi: energija, gorivo, mazivo, voda; održavanje; ostali troškovi: nadzor, izvanredni troškovi; amortizacija; osobni dohoci).

Nemjerljive koristi i štete projekta sanacije jame Sovjak ne mogu se precizno novčano izraziti jer se radi o projektu koji u najvećoj mjeri ima za cilj isključivo poboljšanje stanja pojedinih sastavnica okoliša. Iz navedenog razloga je ocjenjivanje prihvatljivosti zahvata sagledano kroz odnos ocjena mogućih šteta (troškova) zahvata u odnosu na moguće koristi. Dodatne koristi i troškovi za zajednicu se često tretiraju kao novčano nemjerljivi i vrednuju se kroz utjecaj na socijalne koristi i troškove kao i utjecaj na gospodarstvo. Cjelokupnu analizu i ocjene nemjerljivih koristi i troškova dala je grupa autora ovog sanacijskog programa (ekspertna grupa) pri čemu je bodovanje izvedeno za moguće negativne utjecaje-troškove i moguće pozitivne utjecaje-koristi u okviru vrijednosti od 1–10. Razmatrane su sve one sastavnice okoliša za koje se smatra da će planirani zahvat imati utjecaja. U tablici 12 su navedene koristi i troškovi kod određivanja nemjerljivih vrijednosti C&B za sanaciju jame Sovjak.

Tablica 12. Popis nemjerljivih troškova i koristi sanacije jame Sovjak

KORISTI	TROŠKOVI
Smanjenje onečišćenja voda	Emisije u zrak tijekom sanacije
Smanjenje onečišćenja tla	Prekidi rada na uređajima (akcidenti)
Smanjenje onečišćenja zraka	Buka
Poboljšanje stanja krajobraza	Utjecaj na promet
Zaštita izvorišta šireg riječkog područja	Utjecaj na zdravlje okolnog stanovništva
Prenamjena prostora u druge korisne svrhe (rekreacija, građ. objekti, parkovne površine..)	Utjecaj na floru i faunu
Poboljšanje zdravstvenih prilika	Utjecaj na tlo, morfologiju terena i krajobraz tijekom sanacije
Rast cijena zemljišta	Utjecaj na radnike tijekom sanacije (nesreće…)
Zaposlenje i društveni standard	Kontrolirana odvodnja oborinskih voda

Kao što je vidljivo iz gornje tablice, nemjerljive koristi se odnose na dugoročno stanje nakon završetka predviđenih sanacijskih aktivnosti. Nemjerljive koristi sukladno procijenjenoj vrsti utjecaja obuhvaćaju dugoročno poboljšanje stanja kakvoće okoliša (smanjenje emisija u vode, tlo i zrak), poboljšanje postojećeg stanja krajobraza te maksimalno smanjene rizika zagađenja izvorišta šireg Riječkog sliva. Druge nemjerljive koristi koji se planiranim zahvatom postižu odnose se na mogućnost prenamjene postojećeg prostora u druge svrhe (parkovna površina, rekreacijski prostor…), poboljšavanje zdravstvenih prilika u široj zoni jame Sovjak, rast cijena zemljišta u okolici sanirane jame te rast standarda kroz zaposlenje na poslovima sanacije. Nemjerljivi troškovi odnose se isključivo na stanje tijekom sanacije odnosno na utjecaje koji se za vrijeme sanacije pojaviti. Ocjena nemjerljivih koristi i troškova dana je u tablici 13.

Tablica 13. Ocjena nemjerljivih utjecaja na okoliš

Utjecaj	Intenzitet utjecaja	Visina boda
Koristi/Troškovi	Vrlo slab	0-2
	Umjeren	3-5
	Značajan	6-8
	Vrlo jak	9-10

Vrednovanje strukturiranih nemjerljivih koristi i troškova kroz gore navedene ocjene dobivaju se slijedeći odnosi kako je to prikazano u tablici 14.

Tablica 14. Vrednovanje nemjerljivih koristi i troškova

Korist	Ocjena koristi	Trošak	Ocjena troška
Smanjenje onečišćenja voda	**10**	Emisije u zrak tijekom sanacije	**4**
Smanjenje onečišćenja tla	**9**	Havarije na uređajima (akcidenti)	**4**
Smanjenje onečišćenja zraka	**6**	Buka	**5**
Poboljšanje stanja krajobraza	**7**	Utjecaj na promet	**7**
Zaštita izvorišta šireg Riječkog područja	**7**	Utjecaj na zdravlje okolnog stanovništva	**2**
Prenamjena prostora u druge korisne svrhe (rekreacija, građ. objekti, parkovne površine..)	**8**	Utjecaj na floru i faunu	**3**
Poboljšanje zdravstvenih prilika	**5**	Utjecaj na tlo, morfologiju terena i krajobraz tijekom sanacije	**3**
Rast cijena zemljišta	**3**	Utjecaj na radnike tijekom sanacije (nesreće…)	**5**
Zaposlenje i društveni standard	**3**	Kontrolirana odvodnja oborinskih voda	**6**
UKUPNA OCJENA	**57**		**39**
RAZLIKA	**57-39=18**		
OMJER	**57/39=1,46**		

Kako je osnovni cilj za svaku ocjenu da udio koristi (Benefit) bude veći od troškovnog (Cost) udjela (B/C odnos), navedeni kriterij predstavlja dovoljno pouzdan kriterij ocjene analize. Iz tablice je vidljivo da su nemjerljive koristi veće od nemjerljivih troškova, što pokazuje da je predviđeno ulaganje u sanaciju jame Sovjak prihvatljiv zahvat. Generalno gledano omjer B/C je veći od jedan jer se sanacijom jame Sovjak postižu slijedeće prednosti u odnosu na postojeće stanje:

- sanacijom prostora na kojem je odložen otpad dobiva se uređeno područje na kojem prestaje štetni utjecaj po okoliš (zaštita podzemnih voda, zraka, tla, krajobraz);
- predviđenom sanacijom zadovoljavaju se propisi Republike Hrvatske i EU glede zbrinjavanja prvotno odloženog otpada u jami Sovjak;
- ostatak otpada, koji se neće moći izvaditi, na lokaciji se enkapsuliranjem izolira od okoliša i isti zbog svoje permeabilnosti postaje dodatna fizička barijera prodoru voda u podzemlje čime se štiti potencijalno onečišćenje podzemnih voda i izvorišta nizvodno od lokacije i okolnog tla;
- sanacijom jame Sovjak poboljšava se stanje krajobraza i daje mogućnost prenamjene lokacije u druge svrhe;
- sanacijom jame Sovjak smanjuju se zdravstveni rizici za okolno stanovništvo;
- samim postupkom sanacije otvorit će se nova radna mjesta od kojih lokalna zajednica može imati koristi u socijalnom i gospodarskom smislu.

8.0. MJERE ZAŠTITE OKOLIŠA

8.1. Mjere zaštite okoliša tijekom provedbe sanacije

Provedba sanacije jame Sovjak biti će dugotrajan proces tijekom kojeg treba poštovati tehnološko-tehničke mjere zaštite okoliša. Veći dio aktivnosti predstavljaju radovi vezani uz vađenje i obradu otpada. Tijekom ovih aktivnosti potrebno je predvidjeti mjere zaštite za:

- sprječavanje i/ili reduciranje razine buke;
- sprječavanje onečišćenja tla i podzemlja tijekom vađenja i obrade otpada;
- sprječavanje razvoja emisija i neugodnih mirisa tijekom vađenja otpada;
- sprječavanje i/ili reduciranje onečišćenja zraka tijekom obrade otpada;
- pročišćavanje otpadnih voda;
- zatvaranje i prekrivanje jame Sovjak

8.1.1. Mjere zaštite za sprječavanje i/ili reduciranje razine buke

Tijekom vađenja otpada i kretanja transportnih sredstava, na lokaciji zahvata pojaviti će se određena razina buke. Međutim, ta buka u odnosu na postojeće stanje neće biti povećana jer se intenzivne aktivnosti dovoza i kompaktiranja otpada odvijaju na susjednom odlagalištu Viševac. Kako će se aktivnosti vađenja odvijati unutar jame, dakle na nižim visinskim kotama u odnosu na okolni teren gdje se ljudi kreću i borave, razina buke iako bude eventualno povišena unutar jame (uslijed rada crpki, jaružala i dr.), vjerojatno neće biti povišena izvan jame jer će okolno stijenje jame predstavljati prirodnu barijeru za širenje buke izvan lokacije jame.
Međutim, tijekom transportnih aktivnosti (dovoz potrebnih kemikalija i drugih pomoćnih sredstava, te odvoz obrađenog otpada) kako bi buka bila u dopuštenim granicama potrebno je koristiti moderna prometna sredstva i uređaje s niskom razinom buke na izvoru.

Uređaji i oprema koji će se koristiti na lokaciji za obradu izvađenog otpadnog materijala je potrebno instalirati na dijelu lokacije koji će imati manji utjecaj od povišene razine buke na okolno stanovništvo (npr. u jugozapadnom i južnom dijelu lokacije). Po potrebi potrebno je postaviti prepreke za smanjenje širenja buke s lokacije pojedinog dijela uređaja.

Prema Zakonu o zaštiti od buke (20/03) i Pravilniku o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04) sukladno članku 17, za radove na otvorenom prostoru tijekom dnevnog razdoblja dopuštena ekvivalentna razina buke iznosi 65 dB(A), a u razdoblju od 08.00-18.00 sati dopušteno je prekoračenje ekvivalentne razine buke od dodatnih 5 dB(A). Shodno tome rad na poslovima sanacije jame Sovjak rad postrojenja potrebno je organizirati u jednoj produženoj smjeni (do 18 h).

8.1.2. Mjere zaštite za sprječavanje onečišćenja tla i podzemlja tijekom vađenja i obrade otpada

Budući da će se tijekom sanacije jame Sovjak obrađivati različite vrste otpada potrebno je koristiti zatvorene sustave transporta otpada iz jame. Navedeno znači kako tijekom vađenja otpada i transporta do uređaja za obradu potrebno osigurati zatvoreni fleksibilni i/ili fiksni cijevni sustav.

Uređaji za obradu plivajućeg sloja ugljikovodika, obradu otpadnih voda i solidifikaciju/stabilizaciju moraju biti smješteni na pripremljenoj vodonepropusnoj podlozi. Ukoliko bi tijekom manipulacije s otpadom došlo do nekontroliranog izlijevanja, potrebno je odmah zaustaviti rad, otkloniti uzroke nekontroliranog izlijevanja, te provesti sanaciju onečišćenog terena.

Svi prihvatni spremnici za ekskavirani otpad i dobivene produkte obrade moraju biti smješeteni u vodonepropusnim tankvanama. Privremeno skladište kemikalija i aditiva treba biti natkriveno i vodonepropusno izvedeno.

8.1.3. Mjere zaštite za sprječavanje emisija i razvoja neugodnih mirisa tijekom vađenja otpada

Tijekom vađenja mekog i poglavito krutog katrana (kiselog gudrona) jaružalima potrebno je osigurati stalnu prisutnost površinskog sloja vode (minimalno 0,5 m) koja će predstavljati barijeru za oslobađanje emisija u zrak (sumporni dioksid i sumporni trioksid koji se oslobađaju iz kiselog gudrona), a također će se sprječavati i pojava odnosno oslobađanje neugodnih mirisa.

8.1.4. Mjere zaštite za sprječavanje i/ili reduciranje onečišćenja zraka tijekom obrade otpada

U slučaju pojave većih količina lebdećih čestica prilikom uporabe radnih strojeva i kamiona, potrebno je osigurati kretanje transportnih sredstva i mehanizacije prometnim pravcima brzinama manjim od 30 km/h. Isto tako po potrebi provoditi postupke prskanja čistom vodom internih prometnica kako bi se aliminirala pojava prašine i lebdećih čestica.

Tijekom postupka solidifikacije/stabilizacije otpada, zbog povišene temperature uslijed miješanja aditiva poglavito živog vapna i otpada nastaju otpadni plinovi. Da bi se spriječilo lokalno onečišćenje atmosfere tijekom odvijanja S/S procesa, otpadni plinovi prije ispuštanja u atmosferu se obrađuju na sustavu ciklona i otprašivača (skrubera). Otpadnu vodu iz skrubera mora se obraditi na postojećem uređaju za obradu otpadnih voda.

Dobiveni produkt solidifikacije/stabilizacije kao praškasti materijal koji se privremeno odlaže na lokaciji potrebno je skladištiti u zatvorenom prostoru. Također, otpremu ovog materijala potrebno je obavljati s kamionskim prijevozom u zatvorenom sustavu (npr. prekrivanje ili cisterne za prijevoz praškastih materijala).

8.1.5. Mjere zaštite za pročišćavanje otpadnih voda

Tijekom vađenja otpadnih voda iz jame Sovjak ali i obrade plivajućeg sloja ugljikovodika te mekog i tvrdog katrana pojavljivati će se tokovi otpadnih voda koje je potrebno obraditi na uređaju za obradu otpadnih voda. U tu svrhu potrebno je koristiti uređaj za obradu otpadnih voda koji minimalno mora uključivati taložnik, separatora ulja, DAF flotaciju, pješčani i GAC filter. Kakvoća efluenta mora biti u skladu s uvjetima za ispuštanje u prijamnik II kategorije putem upojnih bunara odnosno sukladna zahtjevima Hrvatskih voda.

Ukoliko efluent ne zadovoljava kriterije za ispuštanje, potrebno je prekinuti ispuštanje otpadnih voda dok se ne utvrdi uzrok, odnosno otkloni kvar na uređaju za obradu otpadnih voda.

Otpad koji nastaje tijekom rada uređaja za obradu otpadnih voda kao što su zasićeni pješčani i GAC filtri potrebno je zbrinuti kod proizvođača (npr. rekuperacija) ili kao opasni otpad putem ovlaštenih obađivača opasnog otpada.

8.1.6. Mjere zaštite tijekom zatvaranja i kapiranja jame Sovjak završnim brtvenim sustavom

Otpad koji tehnički neće biti moguće izvaditi ili ga neće biti moguće izvaditi zbog tiksotropnih svojstava gudrona, potrebno je enkapsulirati korištenjem bentonitnog mlijeka te ga na taj način izolirati od okoliša. Preko otpada na dnu vrtače potrebno je izvesti kiselo otpornu betonsku barijeru debljine 0,5 m.

Do predviđenih projektnih kota jamu ispuniti inertnim nasipnim materijalom (npr. zemljani ili drugi slični materijal). Nakon toga na površini jame je potrebno instalirati završni brtveni sustav minimalne debljine od 0,8 m s mineralnim materijalom čiji koeficijent propusnosti ne smije biti veći od 1x 10^{-9} m/s sukladno čl. 24 Uredbe o uvjetima za postupanje s opasnim otpadom (NN 32/98).

Završni brtveni sustav mora imati izveden sustav za prikupljanje oborinskih voda s prekrivke koje će se putem obodnog kanala ispuštati u upojne bunare. Upojne bunare treba izvesti na južnoj i jugoistočnoj strani jame u smjeru toka podzemnih voda kako bi spriječila njihova infiltracija u tijelo sanirane vrtače.

8.2. Mjere zaštite na radu tijekom provedbe sanacije

U skladu sa Zakonom o zaštiti na radu (NN 59/96, 94/96, 114/03) potrebno je odrediti sigurno izvođenje aktivnosti tijekom sanacije jame Sovjak. Zaštita na radu provodi se sa svrhom osiguranja sigurnih uvjeta rada svim osobama bez opasnosti za život i zdravlje, a potrebno je provoditi zbog opasnosti koje mogu nastati kod izvođenja radova i korištenja postrojenja.

8.2.1. Izrada Elaborata zaštite na radu

Mjesto na kojem se odvija sanacija mora biti uređeno tako da je omogućeno nesmetano i sigurno izvođenje svih radova na gradilištu. Izvođač radova na sancaiji jame Sovjak mora prije početka aktivnosti izraditi Elaborat zaštite na radu kojim treba biti obuhvaćeno:

- osiguranje granica na lokacije na kojoj se odvija sanacija prema okolini;
- uređenje i održavanje prometnica prema okolini (prolazi, putovi i sl.);
- određivanje mjesta, prostora i načina razmještaja i uskladištenje materijala;
- izgradnju i uređenje prostora za skaldištenje opasnog materijala;
- način prevoza, utovarivanja, istovarivanja i odlaganja raznih vrsta materijala i opreme;
- način obilježavanja odnosno osiguravanja opasnih mjesta i ugroženih prostora na gradilištu (opasne zone);
- način rada na mjestima gdje se pojavljuju štetni plinovi, prašina, pare, odnosno, gdje može nastati vatra i sl.;
- uređenje električnih instalacija za pogon i osvjetljenje na pojedinim mjestima na gradilištu ukoliko se za iste ukaže potreba;
- određivanje vrste i smještaja građevinskih strojeva i postrojenja i odgovarajuća osiguranja s obzirom na lokaciju gradilišta;
- način zaštite od pada s visine ili u dubinu;
- određivanje radnih mjesta na kojima postoji povećana opasnost po život i zdravlje radnika kao i vrste i količine potrebnih osobnih zaštitnih sredstava odnosno zaštitne opreme;
- mjere i sredstva protupožarne zaštite na gradilištu;
- izgradnju, uređenje i održavanje privremenih sanitarnih čvorova na gradilištu;
- organiziranje prve pomoći na gradilištu;
- organiziranje smještaja, prehrane, prijevoza radnika na gradilište i sa gradilišta,
- druge nužne mjere za zaštitu osoba na radu.

8.2.2. Opće mjere zaštite radnika tijekom vađenja i obrade otpada

Sve radnike na sanaciji jame Sovjak otpada potrebno je zaštititi zaštitnom obućom i odjećom. Svi radnici i drugo osoblje koji ulaze u opasne zone vađenja materijala i obrade moraju imati kacigu. Zaštitna obuća treba biti visoka sa debelim ugrađenim đonom (čelična kapica) koja štiti noge od eventualnih oštrih predmeta koji se nalaze u otpadu. Od prašine ili neugodnog mirisa manjeg intenziteta dišni organi se štite respiratorom. Ruke u posrednom dodiru sa otpadom treba štititi zaštitnim rukavicama.

8.2.3. Redovite mjere zaštite radnika tijekom sanacije jame Sovjak

Sredstva za rad i osobna zaštitna sredstva moraju biti u potpunosti ispravna i izrađena u skladu s pravilima zaštite na radu da bi bila dozvoljena njihova upotreba. Posebno je važno da se provjeri ispravnost rada sredstava za rad s povećanim opasnostima, kao što su: oruđa koja pokreće elektromotor, motor s unutrašnjim sagorijevanjem.

8.2.4. Izvanredne mjere zaštite zaštite radnika

Ukoliko dođe do incidentnih situacija, potrebno je imati stalno na raspolaganju telefonsku vezu radi poziva za pomoć i osobno vozilo za prijevoz ozlijeđenog do bolnice. Ozlijeđenome prvu pomoć treba pružiti osposobljena stručna osoba na gradilištu, a uz pomoć potrebne opreme na gradilištu koja mora uključivati osnovni sanitetski materijal.

8.2.5. Mjere zaštite na radu na visini

Sva radna mjesta na visini većoj od 100 cm iznad terena ili poda moraju biti ograđena čvrstom zaštitnom ogradom visine najmanje 100 cm. Ako se zaštitna ograda zbog prirode posla mora tijekom rada privremeno ukloniti, radnici na takvim radnim mjestima moraju biti privezani za zaštitne pojaseve i rad se mora obavljati pod stručnim nadzorom.

8.2.6. Mjere zaštite od kretanja transportnih sredstava

Da bi se izbjegla pojava nesreća sve prometni pravci moraju biti označene adekvatnom signalizacijom i prometnim znakovima ograničenja kretanja i brzine. Otvori, kanali i jame, potrebne radi tehnoloških ili pogonskih razloga trebaju biti prekriveni odgovarajućim čvrstim pločama i sigurnosnim ogradama.

8.2.7. Mjere zaštite kod montaže uređaja za obradu otpada

Montažna i demontaža uređaja i opreme tijekom sanacije se izvoditi samo uz upotrebu odgovarajućih i za tu svrhu podešenih mehaniziranih transportnih sredstava, kao i uređaja za dizanje, prenošenje i spuštanje/dizanje montažnih elemenata.

8.2.8. Osiguranje smještaja i sanitarni čvor

Na radilištu je potrebno osigurati mještaja zaposlenika u privremene objekte s garderobom za presvlačenje, kao i za sklanjanje uslijed vremenskih nepogoda. U ovim objektima osim garderobe mora biti osiguran i sanitarni čvor sa tušem i vodom za pranje i intervencije u slučaju nezgode.

8.2.9. Ostale mjere zaštite na radu

Električne instalacije za napajanje ili osvjetljenje, na lokaciji jame Sovjak izvesti prema unaprijed pripremljenim shemama, a isključenje napona s centralnog mjesta glavnog razvodnog ormara. Sve instalacije moraju biti izvedene od adekvatno izoliranih vodiča i s izvedenim zaštitnim vodom za zaštitu od strujnog udara dodira (uzemljenje), koje se priključuje na zajednički sustav uzemljenja.

U svim pomoćnim objektima (za smještaj, upravljanje i rad) predvidjeti površine kojima se sprječava pojava klizanja, te da se iste mogu lako održavati. Osvjetljenje u istima mora biti izvedeno na način da se omogući minimalna rasvjeta u skladu s zahtjevima norme HRN.UC9.100 .

U pomoćnim prostorijama osigurati postizanje propisanih mikroklimatskih uvjeta u zimskom i ljetnom periodu te osigurati adekvatnu toplinska zaštitu putem konstrukcija zidova, podova i stropova, prozorima i vratima prema Pravilniku o zaštiti na radu za radne i pomoćne prostorije i prostore (NN 65/84 i 42/05).

Ukoliko dođe do požara, gašenje treba provoditi pomoću postojećih vatrogasnih aparata, zasipnog materijala, vode ili kemikalija. U tom slučaju treba prekinuti radove. Istovremeno treba mjeriti koncentracije i po potrebi narediti upotrebu zaštitnih sredstava tako da ne dođe do trovanja radnika koji gase požar. Ukoliko početni požar nije moguće lokalizirati, potrebno je pozvati vatrogasnu postrojbu dežurne profesionalne brigade grada Rijeke i obavijestiti policiju.

8.3. Kontrola emisija tijekom sanacije (vode, zrak, kakvoća obrađenog otpada, kakvoća eluata)

Tijekom sanacije jame Sovjak odnosno obrade otpada biti će potrebno pratiti:

- kakvoću dobivenih produkata kako bi adekvatno mogli zbrinuti na predviđeni način
- razinu emisija iz pojedinih tehničko tehnoloških cjelina
- kakvoću vode na izvorištima u priobalju

8.3.1. Praćenje kakvoće otpadnog ulja tijekom obrade plivajućeg sloja ugljikovodika

Kod obrade plivajućeg uljnog sloja ne proizvodi se nikakva razina emisija kojom bi mogle biti ugrožene pojedine sastavnice okoliša. Predviđa se jedino praćenje kakvoće dobivenog otpadnog ulja. U tom smislu potrebno je u ovlaštenom laboratoriju ispitati šaržepredobrađenog otpadnih ugljikovodika prije konačnog zbrinjavanja kao sekundarno gorivo na parametre: sadržaj halogena, ukupni poliklorirani bi- i terfenili, sadržaj vode te odrediti plamište. Na ovaj način će se odrediti kategorija otpadnog ulja te shodno tome i konačni način zbrinjavanja, sukladno Pravilniku o gospodarenju otpadnim uljima (NN 124/06).

8.3.2. Praćenje kakvoće pročišćene otpadne vode na izlazu iz uređaja za obradu otpadnih voda

Na izlazu iz uređaja za obradu otpadnih voda, potrebno je sukladno Pravilniku o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama (NN 40/99, 06/01) pratiti kakvoću obrađenih otpadnih voda, u kontrolonom oknu, a prije njihovog ispuštanja putem upojnog bunara u tlo. Parametri prema tablici 10 i učestalost mjerenja provoditi će se dva puta godišnje odnosno sukladno uvjetima koje će izdati Hrvatske vode u skladu s gore navedenim Pravilnikom.

8.3.3. Praćenje emisija u zrak iz uređaja za solidifikaciju/stabilizaciju

Imisijske koncentracije pojedinih parametara onečišćenja koje su produkt rada uređaja za solidifikaciju/stabilizaciju kao što su lebdeće čestice, sumporni spojevi i ugljični monoksid može se pratiti na postojećoj imisijskoj postaji koja radi u sklopu susjednog odlagališta Viševac.

Praćenje emisijskih koncentracija iz uređaja za solidifikaciju/stabilizaciju (protok, ukupne lebdeće čestice, sumporni dioksid, ugljični monoksid, TOC) potrebno je pratiti četiri puta godišnje u prvoj godini rada i dva puta godišnje u narednim godinama tijekom sanacije jame Sovjak.

Granične vrijednosti parametara u otpadnim plinovima nakon pročišćavanja na S/S uređaju su prikazane u tablici niže:

Pokazatelj	30-minutni prosjek
Lebdeće čestice	30 mg/Nm^3
Sumporni dioksid kao SO_2	100 mg/Nm^3
Ugljični monoksid CO	100 mg/Nm^3
Ukupan organski ugljik (TOC)	20 mg/Nm^3
Kisik	11 vol.% O_2

8.3.4. Praćenje kakvoće dobivenog produkta iz uređaja za solidifikaciju/stabilizaciju

Produkt dobiven S/S postupkom mora obzirom na svoju kakvoću zadovoljiti dva kriterija:

1) Da se radi o proizvodnom neopasnom otpadu sukladno Uredbi o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada i listom opasnog otpada. U tu svrhu šaržu za otpremu je potrebno ispitati na parametar ukupni ugljikovodici čija koncentracija mora biti manja 20.000 mg/kg suhe tvari (<2%);
2) Da dobiveni neopasni otpad zadovoljava uvjete za odlaganje na odlagalištu I odnosno II kategorije sukladno zahtjevima čl. 12 Pravilnika o uvjetima za postupanje s otpadom (NN 123/97, 112/01). U tom smislu šaržu za odlaganje je potrebno ispitati na test eluata na slijedeće parametre: ukupni organski ugljik (TOC), arsen, olovo, kadmij, krom^{+6}, nikal, cink, bakar, živa, fenoli, fluoridi, amonij, cijanid (lako oslobodivi), nitriti, organski halogeni, spojevi koji se daju ekstrahirati (AOX), isparni ostatak , vodljivost i pH vrijednost.

8.3.5. Praćenje kakvoće vode na izvorištima u priobalju

Na izvorištima u priobalju (Mlaka, Pod Jelšun, Cerovica i Zvir I,) nastaviti s praćenjem kakvoće podzemne vode na parametre definirane Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće četiri puta godišnje te tetrahidrofurani i tehidrotiofeni.

Praćenje kakvoće podzemne vode na navedenim izvorištima se provodi od 2001.g. u svrhu praćenja utjecaja nesaniranih odlagališta Viševac i odlagališta odnosno jame Sovjak na podzemne vode, a sukladno rješenju odobrene SUO mogućnosti saniranja odlagališta Viševac i odlagališta Sovjak.

9.0. REDOSLIJED I ROKOVI PROVEDBE SANACIJSKOG PROGRAMA S RAZRAĐENIM TROŠKOVNIKOM

9.1. Redoslijed i rokovi provedbe sanacijskog programa

Kao što je to prethodno opisano, predviđeni koncept sanacije jame Sovjak podrazumijeva fizičko odstranjivanje otpada iz okoliša, njegovu detoksifikaciju provođenjem postupka solidifikacije/stabilizacije uz primjenu BAT tehnologija koja se koristi u zemljama EU za sanaciju istih ili sličnih odlagališta opasnog otpada. U tako definiranoj situaciji, provedba pojedinih sanacijskih aktivnosti će se provoditi po slijedećem redoslijedu:

A) uređenje i poboljšanje postojećeg pristupa jami Sovjak te uređenje prostora predviđenih za smještaj pojedinih postrojenja i objekata ;
B) uklanjanje i zbrinjavanje otpada, bačvi, guma i pontona iz jame Sovjak;
C) pripremni radovi i instaliranje uređaja za obradu otpadnih voda i obrada otpadnih voda;
D) pripremni radovi i instaliranje sustava za vađenje i obradu plivajućeg sloja ugljikovodika i njegova obrada;
E) pripremni radovi i instaliranje sustava za vađenje i obradu mekog i tvrdog sloja katrana i njegova obrada;
F) enkapsulacije ostatnog otpada i zapunjene vrtače inertni materijalom;
G) zatvaranje vrtače ugradnjom završnog brtvenog sustava;
H) kontrola rada i emisija tijekom sanacije (vode, zrak, kakvoća obrađenog otpada, kakvoća eluata),
I) program praćenja stanja okoliša nakon sanacije

Kod *Ex situ* postupaka sanacije, rok provedbe pojedinih faza je ovisan o karakteristikama materijala koji se po gore navedenom redoslijedu vadi iz onečišćenog prostora jame Sovjak. Navedeno znači kako je za vađenje i obradu plivajućeg uljnog sloja te sloja mekog i tvrdog katrana potrebno imati instalirani uređaj za obradu otpadnih voda. Isto tako uređaj za obradu otpadnih voda je potrebno imati i u periodu kada se otpad izvadi iz jame Sovjak. Naime, da bi se u potpunosti završila sanacija jame Sovjak biti će potrebno prethodno ukloniti svu prisutnu vodu iz vrtače, a koja je posljedica oborina. Izabrano tehničko-tehnološko rješenje predstavlja realizaciju niz zahtjevnih projekata koje nije moguće realizirati u periodu od 5, a možda i više godina. Pojedini dijelovi sanacije pri tome predstavljaju faze koje nije moguće preskočiti i realizirati kasnije.

Pije početka sanacije pojedinih slojeva otpada potrebno je poboljšati pristup jami Sovjak, urediti mjesta predviđena za instaliranje pojedinih postrojenja i objekata te ukloniti sav otpad s površine jame (bačve i ostatak pontona). Za navedeno je potreban relativno kratak vremenski period za izvođenje, do mjesec dana. Zatim je potrebno izvaditi i obraditi plivajući sloj ugljikovodika. Za vađenje i obradu plivajućeg sloja ugljikovodika procijenjeno vrijeme trajanja procesa je 9 mjeseci. Za vađenje i obradu mekog i dijela krutog katrana predviđeno je da će biti potrebno oko 2,5-3 godine, od čega će se sam otpad obrađivati oko 2 godine. Obrada akumulirane vode u jami Sovjak bi trajala oko 4 godine, s tim da bi se uređaj za obradu otpadnih voda izgradio prije početka obrade plivajućeg sloja ugljikovodika, a demontirao godinu dana nakon vađenja i obrade mekog i tvrdog katrana.

Da bi se vrtača ispunila inertnim materijalom, potrebno je prethodno enkapsulirati otpad koji se neće moći izvaditi i koji se nalazi u frakturama stijena, spiljama i jamama u donjem dijelu vrtače. Enkapsulacija i ispunjavanje vrtače inertnim materijalom može trajati 1-2 godine. Ukoliko se sanacija jame Sovjak terminski uskladi s izgradnjom županijskog centra za gospodarenje otpadom, punjenje jame može biti i kraće. Nakon toga u periodu od godine dana bi se na površini jame ugradio završni brtveni sustav sa sustavom za odvodnju oborinskih voda. Za vrijeme trajanja sanacije i u periodu nakon sanacije provoditi će se program praćenja stanja okoliša kao dio predviđenih mjera zaštite okoliša. U tablici 15 je prikaz rokova za provedbu sanacije jame Sovjak.

Tablica 15. Rokovi provedbe pojedinih faza sanacije jame Sovjak

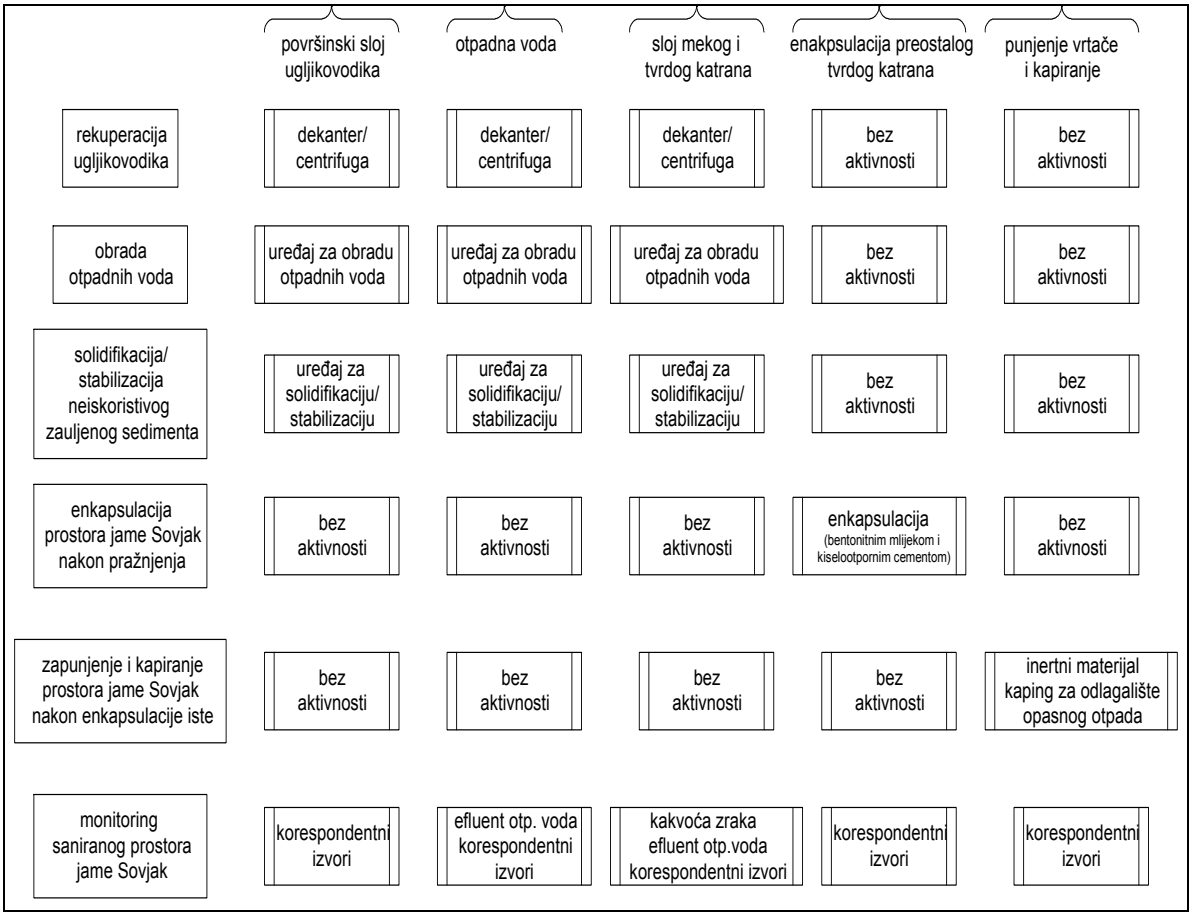
Sanacijska aktivnost	Do početka sanacije	Vrijeme trajanja sanacije							
		1 god.	2 god.	3.god.	4.god.	5 god.	6.god.	7.god.	narednih 20 god.
A)									
B)									
C)									
D)									
E)									
F)									
G)									
H)									
I)									

Oznake sanacijskih aktivnosti:

A) uređenje i poboljšanje postojećeg pristupa jami Sovjak te uređenje prostora predviđenih za smještaj pojedinih postrojenja i objekata;
B) uklanjanje i zbrinjavanje otpada, bačvi, guma i pontona s površine jame Sovjak;
C) pripremni radovi i instaliranje uređaja za obradu otpadnih voda i postupak vađenja i obrade;
D) pripremni radovi i instaliranje sustava za vađenje i obradu plivajućeg sloja ugljikovodika i postupak vađenja i obrade;
E) pripremni radovi i instaliranje sustava za vađenje i obradu mekog i tvrdog sloja katrana i postupak vađenja i obrade;
F) enkapsulacije ostatnog otpada i zapunjene vrtače inertni materijalom;
G) zatvaranje vrtače postavljanjem završnog brtvenog sustava;
H) kontrola rada svih uređaja i emisija tijekom sanacije (vode, zrak, kakvoća obrađenog otpada, kakvoća eluata);
I) program praćenja stanja okoliša nakon sanacije.

Na shemi 9 je prikazan redoslijed provedbe sanacije jame Sovjak s obzirom na utvrđene slojeve prisutne u jami.

Shema 9. Redoslijed provedbe sanacije jame Sovjak



9.2. Troškovi provedbe sanacijskog programa

Troškovi provedbe sanacijskog programa su specificirani po pojedinim tehnološko-tehničkim cjelinama provedbe zahvata. Ove cjeline vezane su uz obradu pojedinih faza otpada koje su prisutne u jami Sovjak, plivajući uljni sloj, otpadna voda, meki i tvrdi katran te uz završno punjenje jame Sovjak inertnim materijalom i njeno prekrivanje završnim brtvenim sustavom. Navedeno znači kako su faze provedba sanacije po utvrđenom redoslijedu i rokovima, uvjetno rečeno tehnološki neovisne jedna o drugoj (višegodišnji prekidi između pojedinih faza sanacije može izazvati značajno povišenje troškova sanacije onih faza koje još nisu obavljene). Budući da se radi o *Ex situ* postupku sanacije, troškovi sanacije generalno uključuju vađenje otpada, obradu i njegovo zbrinjavanje te konačno uređenje jame Sovjak. Cijene vađenja i obrade su bazirane na procjeni troškova materijala, opreme, građevinskih, strojarskih, montažerskih i drugih potrebnih radova koji bi se trebali provesti. Troškovi sanacije su također bazirani na postojećem stanju i provedenim istražnim radovima temeljem kojih je procijenjen volumen otpada. Poznato je da cijene obrade otpadnog materijala rastu odnosno padaju sa smanjenjem odnosno povećanjem količine otpada za obradu. Kako je stanje u jami Sovjak podložno promjenama, stvarni trošak glede volumena obrade biti će poznat nakon završetka sanacije po predviđenim fazama.

U nastavku je prikaz troškova sanacije jame Sovjak iskazan u Eurima zasebno za pojedine faze odnosno slojeve prisutnog otpada u jami.

a) Pripremni radovi:

Stavka	Količina	Jedinična cijena (EUR)	Ukupno (EUR)
- Pripremni radovi	-	paušalno	10.000
- Uklanjanje i zbrinjavanje otpada s površine jame	-	paušalno	10.000
Ukupno:	-	-	**20.000**

b) Obrada plivajućeg sloja ugljikovodika:

Stavka	Količina		Jedinična cijena (EUR)	Ukupno (EUR)
	(kg)	(m^3)		
Vađenje ugljikovodika		7.000	15	105.000
Uređaj i obrada	-	7.000	55	385.000
Operativni troškovi (cca 10% od ukupnih)	-	-	-	49.000
Odvoz	-	1.750	paušalno	12.000
Zbrinjavanje	-	1.750	-	-
Ukupno:	-	-	-	**551.000**

c) Obrada otpadne vode (rad uređaja se predviđa u periodu od 4 god.):

Stavka	Količina		Jedinična cijena (EUR)	Ukupno (EUR)
	(kg)	(m^3)		
Vađenje otpadne vode		60.000	5	300.000
Uređaj i obrada	-	60.000	11	660.000
Operativni troškovi (cca 10% od ukupnih)	-	-	-	96.000
Ukupno:	-	-	-	**1.056.000**

d) Obrada mekog i tvrdog katrana:

Stavka	Količina		Jedinična cijena (EUR)	Ukupno (EUR)
	(t)	(m^3)		
Vađenje otpada		70.000	15	1.050.000
Predobrada otpada	budžetno		11.000.000	11.000.000
Solidifikacija/ stabilizacija	budžetno		3.400.000	3.400.000
Ostala oprema	budžetno		1.000.000	1.000.000
Operativni troškovi (cca 10% od ukupnih)	-		-	1.645.000
Odvoz	-	95.000	paušalno	320.000
Zbrinjavanje	-	95.000	30	2.850.000
Ukupno:	-	-	-	**21.265.000**

e) Enkapsulacija otpada, punjenje jame i prekrivanje završnim brtvenim sustavom:

Stavka	Količina		Jedinična cijena (EUR)	Ukupno (EUR)
	(m^2)	(m^3)		
Enkapsulacija otpada	7.000	-	paušalno	250.000
Punjenje inertnim materijalom		130.000	10	1.300.000
Završni brtveni sustav	7.850		70	549.500
Monitoring sustav	-	-	-	150.000
Ukupno:	-	-	-	**2.249.500**

f) UKUPNI TROŠKOVI SANACIJE JAME SOVJAK:

Stavka	Ukupno (EUR)
a) Pripremni radovi	***20.000***
b) Obrada plivajućeg sloja ugljikovodika	***551.000***
c) Obrada otpadne vode	***1.056.000***
d) Obrada mekog i tvrdog katrana	***21.265.000***
e) Enkapsulacija, punjenje i prekrivanje završnim brtvenim sustavom	***2.249.500***
F) UKUPNO:	**25.141.500**

Trošak koji uključuje pripremne radove procijenjen je paušalno i odnosi se na čišćenje jame Sovjak od zaostalog krutog otpada na njenoj površini i pripremi površina za smještaj pojedinih uređaja i objekata. Sanacija plivajućeg sloja ugljikovodika, uključuje troškove vađenja, obrade i zbrinjavanja obrađenog otpada. U predmetnom slučaju za pretpostavljenu količinu, prosječna jedinična cijena obrade plivajućeg sloja ugljikovodika bi iznosila oko 80 EUR/m^3.

Kada je u pitanju obrada otpadnih voda, akumuliranih u jami Sovjak treba uzeti u obzir činjenicu da iste nisu značajno opterećene (nisko organsko opterećenje) te je zbog toga predviđen jednostavniji tehnološki postupak njihove obrade. Predviđeno je da uređaj bude na lokaciji sve dok se ne započme sa punjenjem jame inertnim materijalom. U tom periodu procijenjeno je kako će se na istom obraditi oko 60.0000 m^3 otpadne vode uzimajući u obzir i procijenjene količine oborina koje će pasti u jamu tijekom sanacije. Obzirom na ukupno predviđenu cijenu, jedinična cijena obrade otpadnih voda bi bila oko 18 EUR/m^3.

Kod obrade mekog i krutog gudrona, uzeta je u obzir činjenica da će se izvaditi i obraditi onaj dio otpada koji je tehnički moguće vaditi, odnosno koliko to tiksotropna stabilnost gudrona u donjim slojevima jame bude omogućavala. Procijenjeno je da je realno moguće izvaditi oko 70.000 m^3 mekog i dijela tvrdog katrana. Uzimajući u obzir rad uređaja, potrebne kemikalije, aditive i materijal potreban za stabilizaciju/solidifikaciju ovog otpada, jedinična cijena obrade je oko 300 EUR/m^3.

Uzimajući u obzir navedene troškove i troškove enkapsulacije, punjenja vrtače inertnim materijalom, izgradnje završnog brtvenog sustava te troškova monitoringa (tijekom provođenja postupka sanacije), ukupna cijena sanacije jame Sovjak biti će na razini od cca 25.150.000 EUR. Potrebno je još jednom napomenuti kako će stvarna cijena sanacije ovisiti o stvarno izvađenim i obrađenim količinama otpada. Navedeno znači da će se stvarni troškovi i njihov obračun znati po završetku sanacije na način kako je to predviđeno ovom dokumentacijom.

Zbog količine i stanja otpada u jami Sovjak, utvrđene raslojenosti pojednih slojeva kao i predviđenog roka trajanja odnosno predvidivih troškova, a u svrhu sprječavanja prisutnog negativnog utjecaja na podzemne vode, predviđeno tehničko-tehnološko rješenje se može realizirati fazno što je predviđeno i razrađeno u poglavlju 12. *Natječajna dokumentacija za izvođenje radova*, ovog Programa sanacije.

10.0. PRIJEDLOG PRAĆENJA LOKACIJE NAKON SANACIJE JAME SOVJAK

Nakon provedene sanacije jame Sovjak koja obuhvaća primjenu *Ex situ* tehnologije sanacije, potrebno je provoditi sustav praćenja stanja okoliša saniranog prostora. Predložena Ex situ tehnologija sanacije obuhvaća vađenje odloženog otpada u najvećoj mogućoj količini koja će se stanjem tehnike moći izvaditi iz jame i njegova obrada i zbrinjavanje izvan lokacije jame, enkapsulacija zaostalog otpada koji se neće moi izvaditi te naknadno punjenje jame Sovjak s inertnim materijalom i izvedba završnog brtvenog sustava s kontroliranom odvodnjom oborinskih voda sa površine sanirane jame. Crna jama Sovjak sanirana na navedeni način podrazumijeva jednostavan program praćenja stanja okoliša koji isključivo obuhvaća praćenje kakvoće podzemne vode nizvodno od lokacije Sovjaka. Premda se i danas provodi monitoring podzemne vode zbog utjecaja odloženog otpada u Sovjaku kao i odlagališta komunalnog otpada Viševac, isti se provodi u okviru monitoringa kakvoće vode na izvorištima u priobalju na području grada Rijeke. Naime, kako je prije navedeno šire područje čini krški teren s nadmorskom visinom razmatranog područja iznad 300 m n.m., čija je osnovna karakteristika da je razina podzemne vode vrlo bliska razini mora, nije tehnički niti financijski pogodno putem piezometara koji bi se izvedeli uzvodno i nizvodno od jame Sovjak (te obližnjeg odlagališta Viševac). Razlog tome je i mala vjerojatnost pravilnog pozicioniranja piezometarskih bušotina nizvodno od oba odlagališta, s obzirom da krško podzemlje sadržava pukotinske zone, kaverne, rasjede, podzemne spilje i slične krške oblike, čiji putevi odnosno tokovi podzemnih voda nisu poznati. U svakom slučaju, trasiranje sjeverno odnosno uzvodno od predmetne lokacije koje je provedeno 1974.g. su pokazala da podzemne vode sa šireg područja lokacije Sovjak (i Viševac) završavaju u izvorištima u riječkom priobalju (Mlaka, Cerovica, Pod Jelšun i Zvir I). Također, prema usvojenoj Studiji o utjecaju na okoliš sanacije odlagališta Viševac i odlagališta Sovjak (2000.g.), predviđeno je i provodi se praćenje kakvoće podzemne vode navedenih izvorišta kojima ova odlagališta gravitiraju. Treba naglasiti da je i prema hidrogeološkoj studiji[10)] potvrđena prednost navedenog monitoringa podzemne vode. Stoga je opravdano koristiti navedene izvore za nastavak praćenja kakvoće podzemne vode nakon provedene sanacije jame Sovjak (također i odlagališta Viševac). Nakon sanacije jame, a sukladno Uredbi o uvjetima za postupanje s opasnim otpadom (NN 32/98) potrebno je prvih 10 godina dva puta godišnje pratiti sastav podzemne vode, a nakon toga jedan put godišnje narednih 20 godina. Kakvoću podzemne vode na navedenim izvorištima treba nastaviti pratiti nakon sanacije na parametre kakvoće pitke vode, te na parametre tetrahidrofuran i tetrahidrotiofen.

Ostali programi praćenja stanja okoliša (kakvoća zraka, razina buke, otpadna odnosno oborinska voda) nisu potrebni s obzirom na predložene tehnologije sanacije, osim redovnih održavanja koja obuhvaćaju održavanje hortikulturnog sloja sustava prekrivke s mjerenjem razine površine jednom godišnje te održavanje sustava oborinske odvodnje sa sanirane jame Sovjak.

11.0. PLAN OSIGURANJA SREDSTAVA UKLJUČUJUĆI TROŠKOVE ODŠTETE ZA UMANJENJE VRIJEDNOSTI I OŠTEĆENJE OKOLIŠA

Zakonom o zaštiti okoliša (NN 82/94, 128/99) uređuje se zaštita okoliša radi njegovog očuvanja, smanjivanja rizika za život i zdravlje ljudi te poboljšavanja kakvoće življenja. Svaka pravna ili fizička osoba, koja je svojim djelovanjem ili propustom djelovanja prouzrokovala onečišćenje okoliša, mora poduzeti mjere sanacije. Ukoliko nije moguće utvrditi onečišćivača okoliša, a potrebno je izraditi cjeloviti sanacijski program, pripremu i izradu sanacijskog programa provodi MZOPUG u suradnji s drugim nadležnim ministarstvima. U slučaju jame Sovjak poznati su privredni subjekti koji su odlaganjem opasnog otpada mimo propisanih kriterija doveli do stanja da se postojeća lokacija može definirati kao prostor ugroženog okoliša. Popis svih korisnika dan je prvom dijelu ovog sanacijskog programa pod nazivom "*A) Karakterizacija stanja lokacije*".

Sanacija jame Sovjak je tehnički složen i zahtjevan financijski projekt, te je u planu osiguranja izvora financiranja potrebno uzeti u obzir sve mogućnosti koje su dostupne za osiguranje sredstava za njegovu provedbu. Uvažavajući postojeće okolnosti i potrebu sanacije "starih opterećenja", za pripremne radove i izradu odgovarajuće dokumentacije osigurana su sredstva iz Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, a samo Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva je preuzelo ulogu nosioca svih aktivnosti koje dalje predstoje. Nositelj sanacijskih aktivnosti, kod osiguranja sredstava za financiranje sanacije jame Sovjak, treba po principu "zagađivač plaća" uzeti u obzir i poznate pravne sljedbenike-prijašnje korisnike jame Sovjak.

Kako je jama Sovjak jedan od najvećih problema onečišćenog okoliša na području Republike Hrvatske, u planu osiguranja sredstava za financiranje potrebno je razmotriti ne samo sredstva iz spomenutog Fonda već i sredstva koja se mogu dobiti putem komercijalnih kredita ili iz predpristupnih fondova EU koji podupiru iste ili slične aktivnosti. Kod sanacije jame Sovjak pozitivnu činjenicu predstavlja mogućnost faznog saniranja pojedinih dijelova prisutnog otpada. Navedeno znači da se početne faze sanacije (npr. obrada plivajućeg uljnog sloja, obrada otpadne vode…) koje su financijske manje zahtjevne mogu realizirati i iz državnih sredstava, dok se istovremeno planiraju i ishode sredstva iz drugih ranije spomenutih izvora za ostale faze sanacije čija će provedba koštati nekoliko puta više.

Osiguranjem potrebnih sredstva i završetkom sanacije na ovim sanacijskim programom predloženi način, utjecaj jame Sovjak na okoliš će se gotovo u potpunosti eliminirati, a sama sanirana površina će se moći prilagoditi svrsi, sukladno prostorno-planskoj dokumentaciji. Činjenica je da se vrtača Sovjak u prvobitnom fizičkom obliku prije početka odlaganja otpada nije mogla korisno koristiti za potrebe lokalne zajednice čija su se stambena naselja u većoj mjeri razvila i više desetaka godina nakon početka njenog korištenja za odlaganje opasnog otpada. Sanacijom se stječu uvjeti korištenja sanirane i ozelenjene površine u parkovne, športsko-rekreacijske ili druge svrhe, što uključuje i površine susjednog odlagališta Viševac kada se isto sanira. Navedene prednosti su prikazane u analizi koristi i troškova i vrednovane kao jedan od više pozitivnih učinaka provedbe sanacijskog programa. U tom se smislu ne predviđaju troškovi za umanjenje vrijednosti i oštećenje okoliša, jer će se realno te vrijednosti nakon sanacije povećati, a okoliš postati značajno kvalitetniji uz primjenu saniranog prostora u druge korisne namjene.

12.0. NATJEČAJNA DOKUMENTACIJA ZA IZVOĐENJE RADOVA

12.1. Uvod i opći podaci

Tijekom 2004. godine Ministarstvo zaštite okoliša prostornog uređenja i graditeljstva je evidentiralo točke visokog rizika tzv. "crne točke" opterećene opasnim otpadom među koje je svrstana i lokacija "Sovjak". Zbog korištenog načina rada i količine odloženog u najvećoj mjeri proizvodnog opasnog otpada, uži dio lokacije i sama lokacija Sovjak predstavlja oštećeni odnosno onečišćeni dio okoliša kojeg treba sanirati. Sanaciju je potrebno izvesti sukladno prethodno izrađenom Sanacijskom programu čiji je sadržaj i opseg određen Zakonom o zaštiti okoliša (NN 82/94, 128/99) te projektnim zadatkom izrađenim od strane Ministarstva zaštite okoliša prostornog uređenja i graditeljstva.

Lokacija je smještena oko 10 km sjeverozapadno od grada Rijeke, u općini Viškovo, na rubnom dijelu naselja Marinići. Odlagalište Sovjak je formirano u vrtači promjera oko 90 metara i dubine oko 30 metara, sa strmim rubovima.Oko same jame izvedena je žičana ograda visine 2,3 m. Sa sjeverne strane jame na njenim rubnim stijenkama izgrađen je potporni betonski zid 1985.g. u svrhu povećanja volumena za odlaganje opasnog otpada kao i u svrhu sprečavanja prelijevanja otpada izvan jame. Sa zapadne strane odlagališta Sovjak nalazi se postojeća hidrantska mreža i niskonaponski dalekovod s rasvjetnim tijelom koji su zajednički za oba odlagališta. Površina unutar ograde oko odlagališta Sovjak iznosi 9.895,0 m^2.

Pristup jami Sovjak je putem prilaznog asfaltiranog puta koji povezuje glavnu cestu Viškovo – Marinići s odlagalištem Viševac u dužini od oko 100 m. Ovaj prilazni put za dvosmjerni promet se odvaja od prometnice Viškovo – Marinići na koti 331 i čini zajednički put za naselje Kapiti u dužini od 190 m i onda skreće prema jugu i nakon 50 m ulazi u područje oba odlagališta Sovjak i Viševac. Unutar odlagališta Viševac su izvedene interne prometnice putem kojih se odvija i pristup odlagalištu Sovjak.

Područje u okolišu odlagališta je ruralnog tipa sa manjim naseljima koja su koncentrirana na dijelovima ravnijeg terena. Uz glavnu cestu prema Rijeci, koja prolazi oko 100 m od lokacije odlagališta, se razvio veći broj naselja sa tendencijom atraktivnijeg stambenog prostora rezidencijalnog tipa uključujući poslovne zone. Nove stambene zgrade su locirane i još uvijek se grade nedaleko od jame Sovjak i uglavnom su koncentrirane na njenoj istočnoj strani na udaljenostima manjim od 50 m. Ovi objekti su većinom građeni u periodu kada se jama Sovjak već koristila za odlaganje opasnog otpada.

Geološka građa na području Sovjaka je heterogena sa najmanje tri litološke jedinice kartirane u radijusu od stotinjak metara. Slojevi su nagnuti prema sjeveroistoku pod kutem između 20 i 50 stupnjeva. Također postoje brojni rasjedi dinarskog smjera pružanja. Isto tako, gustoća rasjeda na užem području ukazuje na visoki stupanj tektonske aktivnosti. Geološki uvjeti između odlagališta i obale (približno 3,5 km) su relativno uniformni gdje prevladava litološka jedinica označena kao visoko propusni vapnenac. Šire područje oko jame Sovjak ima zastupljene slijedeće sustavne jedinice tla: smeđe tlo na vapnencu, posmeđena crvenica i kamenjar na vapnencu (litosol). Ova tla su plitka do srednje duboka sa dosta vapnenačkog skeleta i nepodesna za obradu. Jedine nakupine dubljeg tla nalaze se u dnu ponikava, gdje se ovo tlo i koristi za obradu – kao manje površine vrtova, pa su to antropogena tla vrtača.

Prema Seizmološkoj karti za povratni period od 100 godina (Geofizički zavod P.M.F. Zagreb, 1987.), vidljivo je da lokacija jame Sovjak pripada graničnom području maksimalnog intenziteta od 7° do 8° MCS ljestvice. Intenzitet očitan sa karte znači maksimalno zapažen stupanj na srednjim uvjetima tla u vremenu nastajanja potresa. U dosadašnjih tektonskim aktivnostima nije primijećen nikakav negativan utjecaj na stabilnost jame.

Riječko područje karakteriziraju visoke oborine (od 1500 do 5000 mm/god) koje se brzo infiltriraju u podzemlje i otječe prema izvorima u priobalju, što je uvjetovano strukturnom građom. Direktni unos oborinske vode u jamu Sovjka godišnje iznosi do 11.000 m^3. Dubina do podzemne vode nije bila mjerena na području lokacije Sovjaka kao i Viševca. Na temelju razvijenosti krških pojava i nepostojanju hidrološke mreže, može se očekivati da se podzemna voda nalazi dosta duboko. Ukoliko se pretpostavi hidraulički gradijent između 0,001 – 0,005, na udaljenosti od preko 3,5 km od obale, vodno lice može biti između 3 i 17 metara iznad površine mora, tako da se na lokaciji Sovjaka može očekivati dubina do podzemne vode od 300 m.

Prema utvrđenim zonama sanitarne zaštite izvorišta koji se koriste za vodoopskrbu, a kojima su prethodili istražni radovi određivanja smjera i brzine toka podzemne vode na širem riječkom području postupkom trasiranja, šire područje jame Sovjak je svrstano u IV zonu sanitarne zaštite.

Obilne oborine značajna su karakteristika klime riječkog područja. Vlažan zrak koji donose južni vjetrovi diže se uz strme obronke planina u riječkom zaleđu što rezultira velikom količinom oborina. Na mjernoj postaji u Marčeljima prosječna godišnja količina oborine, za razdoblje mjerenja 1961. - 1990., iznosi 2152 mm, a godišnje količine oborine su se kretale od 1414 do 2777 mm. Srednja godišnja temperatura na postaji Rijeka - grad iznosi 13,6°C. Prosječne mjesečne temperature zraka kreću se od 5,3°C u siječnju do 22,8°C u srpnju. Vjetrovitost pored količine oborina i temperature predstavlja najznačajniji meteorološki pokazatelj za odvijanje sanacije jame Sovjak. Relevantni podaci o strujnom režimu dobiveni su iz hidrometeorološke postaje Rijeka, koja se nalazi najbliže odlagalištu Sovjak. Iz ruže vjetrova proizlazi da je tišina u Rijeci zastupljena 7,9 % i da prevladavaju dominantni vjetrovi iz smjera NNE, NE, N, ENE.

12.2. Vrsta i količina onečišćenja u jami Sovjak

Jama Sovjak se koristila za odlaganje opasnog otpada od 1956. do 1990.god. U tom razdoblju je prema vođenim evidencijama odloženo oko 250.000 m^3 raznog opasnog otpada. Otpad je bio odlagan u sirovom nestabiliziranom stanju, onakav kakav se pojavljivao kod proizvođača. Kronologija odlaganja opasnog otpada koja se temeljem analize podrijetla, količina otpadnih tvari kao i provedenih konzultacija s obližnjim stanovništvom je slijedeća:

- Od 1956.g. pa sve do 1985. se u odlagalište Sovjak odlagao otpad iz rafinerije i to kiseli gudron. Zbog potpunog napuštanja tehnologije kisele rafinacije, od 1985. rafinerija prestaje odlagati ovaj otpad u odlagalište Sovjak. Kako je isključivi korisnik odlaganja otpada od 1956. do 1966.g. bila INA rafinerija na Mlaci, može se zaključiti da je isključivo kiseli gudron odložen u donjem dijelu jame.

- Od početka sedamdesetih do kasnih osamdesetih godina u jamu Sovjak se odlagao acetilenski mulj. Acetilenski mulj predstavlja otpadni proizvod kod korištenja karbidne metode za proizvodnju acetilena potrebnog za procese termičkog varenja, što se kao proces koristi u riječkim brodogradilištima. Prema procjeni ukupno je odloženo oko 35.000 m^3 acetilenskog mulja.
- Katran iz koksare je odlagan u jamu Sovjak u periodu od kasnih sedamdesetih do 1990.g. kada je koksara u Bakru promijenila tehnologiju zbrinjavanja katrana. Tijekom hlađenja koksnog plina dolazi do ukapljavanja različitih destilata uključujući katranske ostatke. Ti su ostaci smatrani otpadom i kao takvi odlagani u Sovjak u ukupno procijenjenoj količini od 30.000 m^3.
- U jamu Sovjak su odlagana razna otpadna ulja zadnjih petnaestak godina odlaganja otpada u Sovjak. Ne postoje točni podaci o mogućim karakteristikama i količinama takvog otpada, ali je temeljem postojeće analize moguće pretpostaviti da je odloženo oko 30.000 m^3 rabljenih ulja i još toliko otpadnih ulja za rezanje i drugog tekućeg otpada.

Otpad u vidu taloga s dna spremnika za sirovu naftu i naftne proizvode također je odlagan u jami Sovjak. Uobičajeni sadržaj takvog otpada predstavlja smjesu ugljikovodika, vode i sedimenta. Ukupno je u jami Sovjak odloženo oko 15.000 m^3 otpadnog taloga iz spremnika za naftu i naftne proizvode.

Tablica 1. Vrste i količine otpada odložene u jami Sovjak

Opis	**Količina (m^3)**
Kiseli gudron iz rafinerije	110.000
Otpadni katran iz koksare	30.000
Acetilenski mulj iz brodogradilišta	35.000
Rabljena ulja i bunkeri iz brodogradilišta	30.000
Talozi spremnika za naftnu i naftne proizvode	15.000
Otpadna otapala, ulja za rezanje i drugi tekući otpad	30.000
Ukupno	**250.000**

Digitalizacijom starih karata i matematičkim proračunom je utvrđeno da volumen vrtače Sovjak ne može biti veći od 150.000 m^3. Navedeno ukazuje da je dio otpada koji je u jamu odložen iscurio u podzemlje. Poglavito se to odnosi na otpadnu vodu prisutnu u otpadu, ali i na plivajući sloj ugljikovodika s površine. Dakle, količina danas akumulirana u jami Sovjak zbog prelijevanja dijela otpada zajedno s otpadnom vodom odnosno kišnicom ne prelazi više od 150.000 m^3.

Uslijed fizikalnih procesa miješanja otpada te međusobnih reakcija, u Sovjaku su se formirale četiri razdvojene faze različite po svojim fizikalnim i kemijskim karakteristikama. Radi se o plivajućem površinskom sloju ugljikovodika, podpovršinskom sloju otpadne vode te nakon toga sloju mekog i tvrdog katrana.

Na temelju mjerenja debljine slojeva pojedine raslojene faze u jami Sovjak tijekom istražnih radova proračunate su količine odnosno volumeni pojedinih slojeva koje je potrebno zasebno obraditi sukladno predviđenim tehničko-tehnološkim rješenjima. S obzirom na navedeno, količina od 150.000 m^3 predstavlja referentnu ukupnu količinu otpada s kojom se rukuje kod određivanja vremenskog perioda i cijene koštanja sanacije.

Tablica 2. Procjena prisutnih količina otpada u jami Sovjak koji će se obrađivati

Vrsta otpada	Količina (m^3)
Ugljikovodici	cca 7.000
Voda	cca 15.000
Sediment (acetilenski mulj)	cca 15.000
Meki katran	cca 40.000
Tvrdi katran	cca 75.000
Ukupno	**cca 152.000**

Količina ugljikovodika u površinskom sloju jame se tijekom vremena mijenjala i dalje se mijenja. Prema zadnje provedenim mjerenjima (2007.g.) debljine površinskog uljnog sloja u jami, procijenjen je maksimalni volumen plivajućeg sloja ugljikovodika do 7000 m^3. Isto tako, procijenjeno je kako je godišnja količina oborinske (kontaminirane) vode koja se gubi na području vrtače Sovjak oko 11.000 m^3. Novim mjerenjima (2007.g.) procijenjen je maksimalni volumen otpadne vode u jami od cca 15.000 m^3.

Prema rezultatima provedenih istraživanja ispod sloja voda se nalazi oko 130.000.0 m^3 sedimenta, mekog i krutog katrana. Radi se o otpadu koji uglavnom potječe iz rafinerijske i koksarske industrije i brodogradilišta. Kako danas nije moguće mjeriti kosine jame zauzete volumenom otpada, a nije niti poznata struktura kosine i dna vrtače te broj i karakteristike prisutnih rasjeda, pukotina i kaverni, tako ne postoji ni mogućnost da se utvrdi točan volumen odlagališta i odloženog otpada. Zasigurno je da je prvotno odloženi otpad zauzeo i popunio takva mjesta, ali se ne može procijeniti u kojoj količini.

Iz navedenih razloga, zbog prostorno-geoloških karakteristika jame Sovjak te zbog tiksotropnosti, tvrdi katran na dnu jame neće se moći u potpunosti izvaditi. Realno je za pretpostaviti da će se izvaditi oko 70.000 m^3 istoga, dok će se ostatak enkapsulirati u jami pri čemu će zbog svoje tvrdoće i vodonepropusnosti predstavljati svojevrsnu barijeru u mogućem prodoru vode s površine u podzemlje.

Sukladno navedenom porijeklu, vrstama i količinama odloženog otpada, prema Uredbi o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada (NN 50/05) razvrstava na slijedeći način:

- Kiseli gudron razvrstan je pod ključni broj 050107* kiseli katrani
- Otpadni katran razvrstan je pod ključni broj 050601* ostali katrani
- Acetilenski mulj razvrstan je pod ključni broj 060201* kalcij hidroksid

- Otpadna ulja i bunker ostaci iz brodogradilišta razvrstani su pod ključni broj 160708* otpad koji sadrži ulja
- Talozi na dnu spremnika za sirovu naftu i naftne proizvode razvrstani su pod ključni broj 050103* talozi iz spremnika
- Otpadna otapala koja su odlagana u Sovjak su različitog porijekla i nije moguće točno odrediti od koje djelatnosti potječe s obzirom da nije vođena evidencija o porijeklu otpadnih otapala. S obzirom da se otapala koriste u raznim granama industrije, otpadna otapala mogu se prema katalogu otpada svrstati u slijedeće grupe prema ključnim brojevima: 07 00 00 otpad iz organskih kemijskih procesa, 08 00 00 otpad od proizvodnje, formulacije, prodaje i primjene premaza (boje, lakovi i staklasti emajli), ljepila, sredstva za brtvljenje i tiskarskih boja i 14 00 00 otpadna organska otapala, rashladni i potisni mediji (osim 07 00 00 i 08 00 00).
- Ulja za rezanje i otpadna motorna ulja razvrstani su pod ključni broj 13 01 otpadna hidraulična ulja i 13 02 otpadna maziva ulja za motore i zupčanike
- Otpad sa sadržajem pesticida, herbicida, PCB-a čije terete je prihvaćala riječka luka može se razvrstati pod ključni broj 16 07 09* otpad koji sadrži ostale otpadne tvari
- Mulj iz uređaja za obradu pitkih voda, pripremu pitkih voda i obradu otpadnih voda generalno se razvrstava pod ključne brojeve 19 08 otpad iz uređaja za obradu otpadnih voda koji nije specificiran na drugi način i 19 09 otpad od pripreme vode za piće ili vode za industrijsku uporabu.

12.3. Izabrano-tehničko tehnološko rješenje sanacije jame Sovjak

Sam izbor pogodne tehnologije za sanaciju jame Sovjak započet je identifikacijom i određivanjem kvantitativnog i kvalitativnog stanja unutar odlagališta. Za ocjenu prikladnosti tehničko-tehnološkog rješenja sanacije jame Sovjak, sve potencijalne tehnologije razmatrane su u kontekstu šire analize koja je uključivala materijalnu bilancu (količinu) otpada za sanaciju, zadovoljavanje postojećih propisa, tehnološku referentnost, tehničku izvedivost sanacije, koristi po okoliš, realne troškove provedbe i vremenski okvir za provedbu predviđenih aktivnosti. Analizom su eliminirana ona tehnološka rješenja kojima se ne bi postigao željeni cilj sanacije, odnosno koja su tehnički neizvediva i u praksi nisu provedena. Kao najpovoljnije odabrana je *Ex-situ* tehnološko rješenje kojim će se otpad izvaditi iz jame, obraditi i zbrinuti čime će se postići osnovni sanacijski ciljevi:

a) smanjenje volumena odloženog otpada,

b) smanjenje toksičnosti onečišćujućih tvari u otpadu,

c) smanjenje mobilnosti onečišćujućih tvari u otpadu (emisije u zrak, odnosno u podzemlje i podzemne vode, te smanjenje unosa kišnice),

d) potencijalno iskorištavanje rekuperacijskih dijelova otpada.

U tom smislu ukupno tehničko-tehnološko rješenje sanacije jame Sovjak obuhvaća:

a) uklanjanje i zbrinjavanje metalnih bačava, guma, komunalnog i drugog prisutnog otpada u jami Sovjak,
b) vađenje i obradu plivajućeg sloja ugljikovodika,
c) vađenje i obradu podpovršinskog sloja otpadne vode,
d) vađenje i obradu mekog i tvrdog sloja katrana postupkom solidifikacije/stabilizacije,
e) fiksiranje i izolacija neizvađenih dijelova gudronskog otpada iz odlagališta,
f) punjene jame inertnim materijalom,
g) ugradnja završnog brtvenog sustava s humusnim slojem zapunjene jame,
h) instaliranje monitoring sustava.

Navedeni pristup i predviđeno tehničko-tehnološke rješenje predstavlja niz tehnoloških operacija kojima se treba postići maksimalno smanjenje rizika onečišćenja okoliša te pouzdano odstraniti (daljnji) uzrok onečišćenja okoliša. Sve tehnologije koje su uključene u jedinstveno tehničko-tehnološko rješenje su poznate i pouzdane tehnologije koje se primjenjuju u praksi sanacija takvih prostora.

Zbog količine i stanja otpada u jami Sovjak, utvrđene raslojenosti pojednih slojeva kao i predviđenog roka trajanja odnosno predvidivih troškova, a u svrhu sprječavanja prisutnog negativnog utjecaja na podzemne vode, predviđeno tehničko-tehnološko rješenje se može realizirati fazno i to kako slijedi:

A) FAZA I.

- uređenje i poboljšanje pristupa jami te uklanjanje i zbrinjavanje metalnih bačava, guma, komunalnog i drugog prisutnog otpada u jami Sovjak,
- vađenje i obrada plivajućeg sloja ugljikovodika,
- vađenje i obrada podpovršinskog sloja otpadne vode i sprječavanje unosa oborinskih voda u jamu Sovjak

B) FAZA II.

- vađenje i obradu mekog i tvrdog sloja katrana postupkom solidifikacije/stabilizacije,
- fiksiranje i izolacija neizvađenih dijelova gudronskog otpada iz odlagališta

C) FAZA III.

- punjene jame inertnim materijalom,
- ugradnja završnog brtvenog sustava

D) FAZA IV.

- provođenje monitoring sustava nakon sanacije jame Sovjak.

A) FAZA I.

- ***UREĐENJE I POBOLJŠANJE PRISTUPA JAMI TE UKLANJANJE I ZBRINJAVANJE METALNIH BAČAVA, GUMA, KOMUNALNOG I DRUGOG PRISUTNOG OTPADA U JAMI SOVJAK***

Potrebno je provesti vađenje svih vrsta krutog i tekućeg otpada s površine jame Sovjak kako bi se nesmetano moglo provoditi vađenje plivajućeg sloja ugljikovodika te ostalih prisutnih slojeva u jami. Valja napomenuti da će izvađeni otpad biti potrebno očistiti prije konačnog zbrinjavanja ili naknadnog korištenja kao sekundarne sirovine.

- Količina otpada za zbrinjavanje:

Na površini plivajućeg sloja ugljikovodika nalazi se veći broj metalnih bačava nepoznatog sadržaja (više od 100), otpadne gume, drveni otpad, komunalni otpad i sl. Na površini odlagališta se nalazi i metalni ponton s prilaznim mostićem koji se sastoji od limenih bačvi i drvenih greda. Potrebno je provesti vađenje navedenog otpada kao i pontona, provesti čišćenje prije konačnog zbrinjavanja ili naknadnog korištenja kao sekundarne sirovine. U slučaju vađenja otpada u dubljim slojevima jame Sovjak ukoliko se naiđe na kruti otpad (metalni i drugi) biti će ga potrebno izvaditi iz jame i konačno zbrinuti sukladno zahtjevima propisa. Također je potrebno je ukloniti i zbrinuti i sav otpad koji će nastati uređenjem pojedinih prostor za smještaj objekata i uređenje pristupa.

- Predvidivi radovi:

Radovi obuhvaćaju uklanjanje i zbrinjavanje prisutnog krutog otpada na površini i unutar jame Sovjak i demontažu i zbrinjavanje ostataka pontonskog mosta. Potencijali ponuđač nakon uvida u dokumentaciju i lokaciju mora ponudom obuhvatiti i generalno opisati način uklanjanja otpada s površine sa jedinstvenom cijenom. Ova stavka uključuje i uređenje i poboljšanje postojećeg pristupa jami Sovjak te uređenje prostora predviđenih za smještaj pojedinih postrojenja i objekata te zbrinjavanje nastalog otpada.

- Nadzor nad izvršenjem posla:

Tijekom vađenja i zbrinjavanja otpada s površine jame Sovjak potrebno je osigurati nadzor, kojem je Izvođač dužan predočiti podatke o količini izvađenog otpada i načinu zbrinjavanja kako bi se mogle potvrditi konačne situacije o izvršenju posla po kojima se obavlja plaćanje.

- ***VAĐENJE I OBRADA PLIVAJUĆEG SLOJA UGLJIKOVODIKA***

Plivajući uljni sloj sastoji se od ugljikovodika, sedimenta i vode. Tehnika obrade materijala obzirom da isti sadrži sediment odnosno vodu obrađuje se na kombiniranom sustavu dekantera i centrifuge uz grijanje i dodavanje kemikalija (demulgatora, neutralizacijski organski reagensi). Kod obrade, materijal je potrebno prethodno zagrijavati u napojnom spremniku radi održavanja potrebne viskoznosti i tečljivosti za provedbu postupka.

- Količina plivajućeg sloja ugljikovodika za obradu:

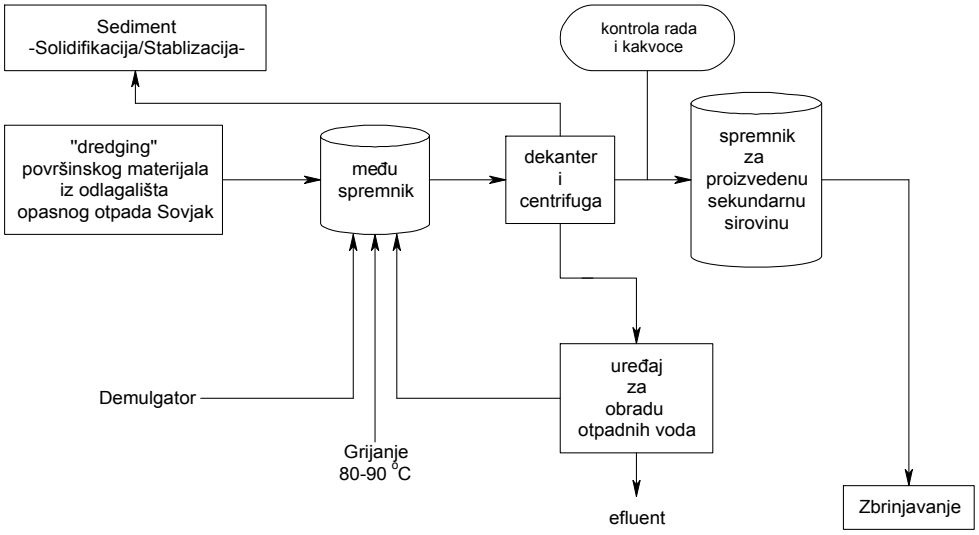
Prema zadnje provedenim mjerenjima (2007.g.) debljina površinskog uljnog sloja u jami, procijenjen je maksimalni volumen plivajućeg sloja ugljikovodika za obradu do 7000 m^3. Kemijske analize vezane uz plivajuću uljni sloj u površinskom sloju jame Sovjak nalazi se u okviru priloga A koji je sastavni dio natječajne dokumentacije. Budući da su moguće manje varijacije u količini, stvarni obračun količina će se izvršiti nakon provedenih radova.

- Predvidivi radovi i tehnologija obrade:

Predviđene su slijedeće osnovne aktivnosti:

- izvaditi separiranu uljnu fazu sa površine odlagališta
- separirati vodu odnosno sediment od uljne frakcije
- provjeravati kvalitetu provedbe procesa i kvalitetu dobivenih produkata
- zbrinuti dobiveno otpadno ulje kao sekundarno gorivo

Potencijali ponuđač nakon uvida u dokumentaciju i lokaciju mora ponudom obuhvatiti i priložiti kratak opis nuđene tehnologije obrade sukladno pretpostavljenoj koncepciji koja je prikazana na donjoj shemi, te specificirati vrste aditiva koji će se koristiti :



Plivajući uljni sloj će se vaditi crpljenjem putem adekvatne crpke za tekući i ili pastozni materijal te do uređaja za obradu transportirati u zatvorenom sustavu. Po potrebi se može primijeniti grijanje materijala kako bi se osigurala potrebna viskoznost i tečnost. Predvidivi kapacitet vađenja i obrade plivajućeg sloja je do 50 m^3/dan.

Separaciju izvađenog uljnog sloja obaviti na sustavu dekantera i na centrifugi uz dodavanje vode i potrebnih aditiva (demulgatora) i uz zagrijavanje. Vodu zbrinuti na zasebnom uređaju u sklopu obrade otpadnih voda jame Sovjak, a sediment pohraniti za daljnju obradu na sustavu za solidifikaciju/stabilizaciju.

Za kontrolu rada procesa potrebno je u dobivenom otpadnom ulju mjeriti sadržaj vode i sedimenta čiji sadržaj mora biti manji od 10%. Za određivanje kategorije otpadnog ulja i njegovo zbrinjavanje termičkom obradom potrebno je provjeravati kakvoću na sadržaj polikloriranim bi- i terfenilima, vode te odrediti plamište sukladno Pravilniku o gospodarenju otpadnim uljima (NN 124/06).

- Količina dobivenih produkata iz obrade plivajućeg uljnog sloja:

Prema preliminiranim analizama nakon obrade plivajućeg uljnog sloja trebali bi s dobiti približno slijedeći volumeni separiranih tvari: udio ulja s sadržajem vode manjim od 0,5%: 25 % (v/v); čista voda, blago žuta: 30 % (v/v) i sediment na dnu u vodi: 45% (v/v); u odnosu na ulaznu količinu za obradu.

- Nadzor nad izvršenjem posla:

Tijekom vađenja i zbrinjavanja plivajućeg uljnog sloja u površinskom dijelu jame Sovjak potrebno je osigurati nadzor, kojem je Izvođač dužan predočiti podatke o količini izvađenog otpada i načinu zbrinjavanja kako bi se mogle potvrditi konačne situacije o izvršenju posla po kojima se obavlja plaćanje. Izvođač radova je također dužan provoditi minimalno sedmodnevne analize za kontrolu rada procesa i za određivanje kategorizacije otpadnog ulja. Sve analize moraju se obaviti i predati najkasnije 3 dana od dana uzorkovanja nadzornom organu.

- ***VAĐENJE I OBRADA PODPOVRŠINSKOG SLOJA OTPADNE VODE***

Otpadne vode u jami Sovjak pojavljivati će se u fazi provedbe same sanacije, a stalni izvor nastanku otpadnih voda predstavljati će oborine koje će se tijekom sanacijskih aktivnosti direktno unositi u jamu. Dodatni izvori otpadne vode pojavljivati će se tijekom tehničke provedbe sanacije i to kod obrade plivajućeg sloja ugljikovodika i katrana (mekog i tvrdog), a koje će se izdvajati na sustavu dekanter/centrifuga. Nakon završetka sanacije jame Sovjak neće se pojavljivati dodatne količine otpadnih voda iz tog izvora. Također, treba imati na umu da je porijeklo otpadne vode uglavnom posljedica oborina i da će rad uređaja trebati prilagoditi navedenoj činjenici. Može se pretpostaviti da će se obrada otpadne vode provoditi periodično (po potrebi) uz kapacitet obrade do 5 m^3/h.

- Količina otpadne vode za obradu:

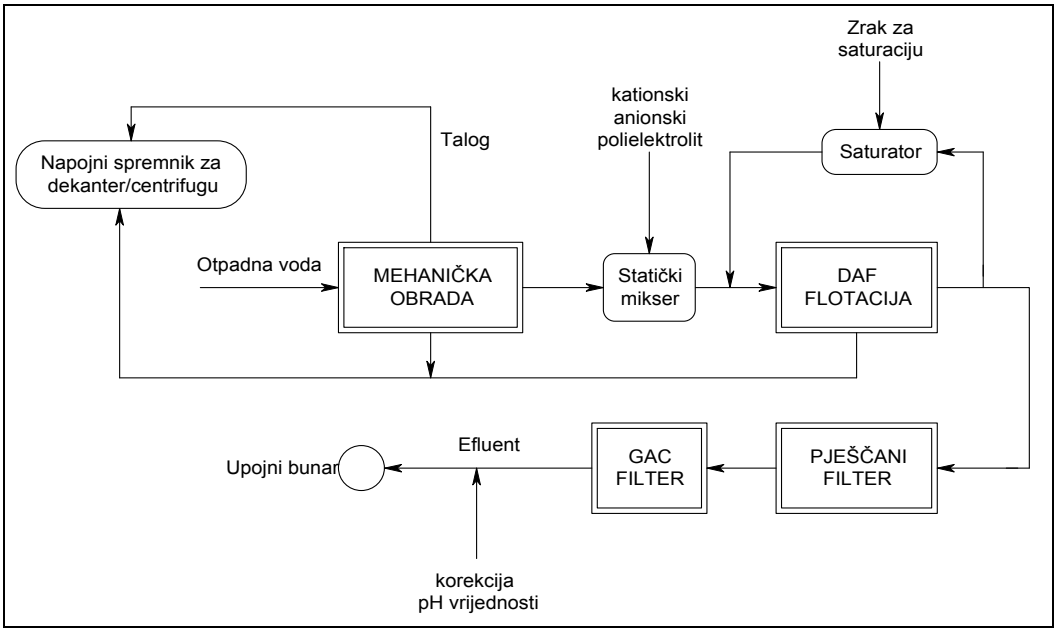
Prema zadnjim mjerenjima debljina sloja akumulirane otpadne vode u jami Sovjak (2007.g.), procijenjen je maksimalni volumen otpadne vode od cca 15.000 m^3. Budući da se predviđa rad uređaja za cijelo vrijeme sanacije, pretpostavka je da će se na istom obraditi oko 60.000 m^3 otpadne vode. Kemijske analize vezane uz otpadne vode iz jame Sovjak nalazi se u sklopu priloga B koji je sastavni dio natječajne dokumentacije. Budući da su moguće manje varijacije u količini, stvarni obračun količina će se izvršiti nakon provedenih radova.

- Predvidivi radova i tehnologija obrade:

Kod obrade otpadnih voda predviđene su sljedeće osnovne aktivnosti:

- vađenje otpadne vode iz jame
- mehanička obrada otpadne vode
- obrada na DAF flotaciji
- obrada na pješčanom filteru i GAC filteru uz korekciju pH vrijednosti i ispuštanje

Potencijali ponuđač nakon uvida u dokumentaciju i lokaciju mora ponudom obuhvatiti i priložiti kratak opis nuđene tehnologije obrade sukladno pretpostavljenoj koncepciji koja je prikazana na donjoj shemi:



Vađenje otpadne vode iz jame Sovjak će se provoditi putem plutajuće splavi postavljenoj na površini unutar jame Sovjak na kojoj će se nalaziti odgovarajuće pumpe. Transport izvađene otpadne vode do uređaja potrebno je obaviti u zatvorenom sustavu.

Za provedbu svih predviđenih stupnjeva obrade, uređaj se treba sastojati od taložnika, separatora ulja, DAF flotacije, pješčanog filtra i GAC filtra te korekcije pH vrijednosti kako je to prikazano na gornjoj shemi. Talog se iz DAF flotacije muljnom pumpom periodički prebacuje u spremnik taloga odakle se prebacuje na obradu na solidifikaciju/stabilizaciju.

Otpadna voda se nakon flotacije odvodi prepumpavanjem na pješčani filter koji služi kao fizička zaštita GAC filtera pred zasićenjem ugljikovodicima odnosno suspendiranim česticama. Pročišćena otpadna voda se konačno preko kontrolnog okna ispušta u upojni bunar koji treba biti smješten na južnoj strani jame.

Filtarski medij je potrebno nakon zasićenja zamijeniti s novim, a zasićeni aktivni ugljen, vratiti proizvođaču na rekuperaciju ili zbrinuti kao opasni otpad.

- Količina dobivenih produkata iz uređaja za obradu otpadnih voda:

Obraditi će se ukupno do 60.000 m^3 otpadne vode koja će zadovoljiti uvjete za ispuštanje u prijamnik II kategorije, te se može ispustiti na lokaciji putem upojnih bunara, prema uvjetima koje će propisati Hrvatske vode.

Kakvoća efluenta za ispuštanje u prijamnik II kategorije je prikazana u slijedećoj tablici:

Pokazatelj onečišćenja	**Kakvoća efluenta uređaja za obradu otpadnih voda Sovjak**
pH	7.0-8.5
Suspendirane tvari	2.0 mg/l
KPK	5.0 mg/l
TOC	2.0 mg/l
Mineralna ulja	0.1 mg/l
Ukupna ulja i masti	0.5 mg/l
BTX	0.01 mg/l
Fenoli	0.005 mg/l
Nitrati	2,0 mg/l
Fluoridi	0.1 mg/l
Sulfiti	0.5 mg/l
Sulfati	400 mg/l
Kloridi	50 mg/l
Amonij	0,1 mg/l
AOX	0.5 µg/l
Aluminij	0.1 mg/l
Bakar	0.001 mg/l
Cink	0.01 mg/l
Kadmij	0.001 mg/l
Mangan	0.001 mg/l
Željezo	0.1 mg/l
Nikal	0.1 mg/l
$Krom_{uk.}$	1,0 mg/l
Olovo	0.1 mg/l

Konačno definirane parametre praćenja kakvoće efluenta kao i učestalost mjerenja (minimalno dva puta godišnje) odrediti će Hrvatske vode.

- Nadzor nad izvršenjem posla:

Tijekom vađenja i obrade otpadne vode iz jame Sovjak potrebno je osigurati nadzor, kojem je Izvođač dužan predočiti podatke o količini izvađene i obrađene otpadne vode kako bi se mogle potvrditi konačne situacije o izvršenju posla po kojima se obavlja plaćanje. Izvođač radova je također dužan provoditi i predočiti nadzornom organu analize za kontrolu ispuštanja obrađenih otpadnih voda čiji će parametri i učestalost biti određeni od strane Hrvatskih voda.

B) FAZA II.

- ***VAĐENJE I OBRADA MEKOG I TVRDOG SLOJA KATRANA POSTUPKOM SOLIDIFIKACIJE/STABILIZACIJE***

U jami Sovjak ispod površine vode prisutne su dvije faze otpada (meki i tvrdi katran) koje je potrebno obraditi postupkom solidifikacije/stabilizacije (S/S obrada). Otpad je prije solidifikacije/stabilizacije potrebno obraditi na način da se maksimalno reducira udio organske faze i otpad dovede u stanje pogodno za odvijanje navedenog procesa, a u svrhu prevođenja opasnog otpada u neopasni otpad. Tijekom procesa S/S obrade, tekući dio otpada, prvenstveno zaostala voda i uljna komponenta, se iz tekućeg stanja prevode u kruto, praškasto stanje pri čemu se djelomično odvija i mehaničko i kemijsko vezivanje otpadnih tvari i veziva. Istovremeno se pastozni i kruti dio otpada stabilizira na način da opasne tvari postaju manje pokretne i manje toksične stvaranjem odgovarajućih kemijskih veza između istih i veziva (aditiva). Da bi se katranski otpad iz jame Sovjak stabilizirao, potrebno je korištenjem aditiva eliminirati slobodnu tekuću fazu, reducirati mobilnost opasnih sastojaka, sniziti permeabilnost otpada te smanjiti mogućnost otapanja i hlapljenja pojedinih sastojaka. Izbor aditiva je prepušten potencijalnom ponuditelju odnosno izvođaču ove faze sanacije. Za utvrđivanje optimalnih uvjeta provedbe S/S postupka odnosno dobivanja produkta tražene kakvoće, potrebno je provesti pilotiranje S/S procesa od strane izabranog izvođača radova.

- Količina mekog i tvrdog katrana za obradu:

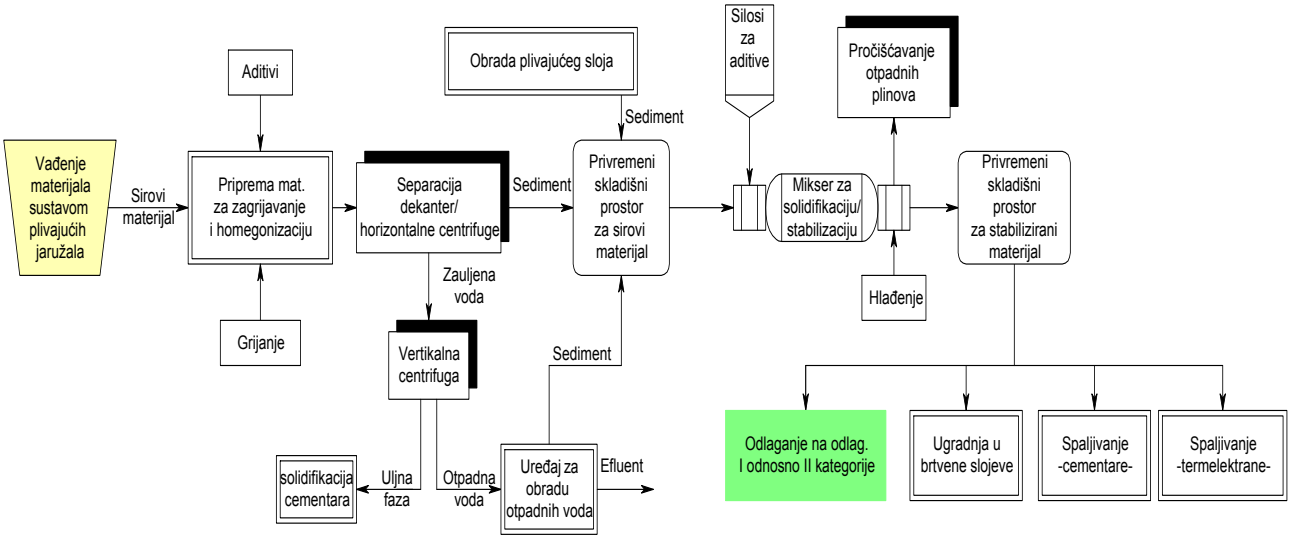
Prema preliminarnim procjenama ispod sloja otpadne vode nalazi se oko 130.000 m^3 acetilenskog mulja, mekog i krutog katrana. Količina materijala koja će se izvaditi vezana je ponajprije uz tehničke mogućnosti vađenja dok tiksotropija gudrona omogućava vađenje. Također, zbog konfiguracijske nepravilnosti stijenja i dna vrtače Sovjak, doći će do situacije da se dio materijala u donjem dijelu jame odnosno džepovima uz dno jame neće moći u potpunosti izvaditi. Procijenjeno je kako se može izvaditi oko 70.000 m^3 prisutnog pastoznog i krutog katrana, s tim da materijal koji se neće moći izvaditi predstavlja krute i tvrde dijelove gudronskog otpada. Iz navedenog razloga stvarni obračun količina će se izvršiti nakon provedenih radova. Kemijske analize vezane uz meki i tvrdi katran iz jame Sovjak iz 2002.g. nalazi se u okviru priloga C koji je sastavni dio natječajne dokumentacije.

- Predvidivi radovi i tehnologija obrade:

Kod obrade otpadnih voda predviđene su sljedeće osnovne aktivnosti:

- vađenje mekog i tvrdog katrana iz jame
- predobrada mekog i tvrdog katrana (priprema i separacija faza)
- solidifikacija/stabilizacija (S/S)
- obrada otpadnih plinova
- kontrola proizvoda i zbrinjavanje

Potencijali ponuđač nakon uvida u dokumentaciju i lokaciju mora ponudom obuhvatiti i priložiti kratak opis nuđene tehnologije s popisom vrsta aditiva za pilotiranje i konačnu obradu sukladno pretpostavljenoj koncepciji koja je prikaza na donjoj shemi:



Izabrani način vađenja otpada iz jame Sovjak predstavlja korištenje samonavođenih jaružala opremljenih uređajima za vađenje koji su prilagođeni tipu materijala koji se vadi. Jaružala moraju biti opremljena uređajima za vađenje otpada prikupljanje i transport u zatvorenom sustavu do uređaja za solidifikaciju/stabilizaciju.

Meki odnosno pastozni i kruti otpad nalazi se ispod akumulirane otpadne vode i tijekom njegovog vađenja, prisutni sloj vode sprječavati će oslobađanje sumpornog trioksida koji se vađenjem gudronskog otpada zna oslobađati u obliku naglih erupcija.

Izvađeni meki i tvrdi katran se privremeno skladišti i priprema za obradu uz prethodno zagrijavanje kako bi se postigla potrebna viskoznost, zatim homogenizira uz dodatak aditiva kako bi se preveo u pupmabilno stanje i olakšala separacija tekuće i krute faze. Izdvajanjem uljne frakcije omogućava se velika uspješnost stabilizacija otpada i njegovo prevođenje u neopasni otpad.

Pripremljeni tj. zagrijani, pumpabilni i homogenizirani katranski otpad prolazi prvu fazu separacije na sustavu dekantera i centrifuge. Zauljena voda upućuje se na daljnju obradu na vertikalnu centrifugu gdje se tekuća faza separira na ulje i vodu. Ulje se zbrinjava termičkom obradom, dok se voda obrađuje na uređaju za obradu otpadnih voda. Sediment se zajedno sa sedimentom iz obrade sloja plivajućih ugljikovodika i obrade otpadnih voda privremeno skladišti i otprema na uređaj za solidifikaciju/stabilizaciju.

S/S uređaj se sastoji od sustava miksera gdje se kroz više paralelnih sustava doziranja, dodaju veziva odnosno aditivi za stabilizaciju otpada (živo vapno te aditivi po izboru ponuđača). Postupak miješanja materijala tokom stabilizacije vodi se u smjeru ograničenih pirolitičkih uvjeta gdje dolazi do otpuštanja lakohlapivih organskih spojeva koji se izdvajaju kroz emisije

plinova. Zbog toga sustav miksera u kome se izvodi miješanje mora biti u zatvorenom sustavu, a izlazni plinovi se prije ispuštanja moraju pročistiti.

Glavne komponente otpadnih plinova koji se moraju obrađivati su vodena para, prašina (alkalnog tipa) te TOC opterećenje. Za kontrolu navedenih emisija biti će potrebno koristiti ciklone i alkalne skrubere. Otpadnu vodu iz alkalnih skrubera (cca 5 m^3/mjesec) obrađivati će se u sklopu uređaja za obradu otpadnih voda.
Praćenje emisijskih koncentracija iz uređaja za solidifikaciju/stabilizaciju potrebno je pratiti četiri puta godišnje u prvoj godini rada i dva puta godišnje u narednim godinama na parametre čije su granične vrijednosti definirane Sanacijskim programom.

Kriteriji kakvoće dobivenog proizvoda podrazumijevaju da je dobiveni produkt solidifikacije/stabilizacije neopasan otpad te da je moguće njegovo odlaganje na odlagalištu I odnosno II kategorije. U tom smislu, za određivanje optimalnih uvjeta S/S obrade, po potrebi se može provesti pilot obrada u cilju određivanja optimalnih količina aditiva i veziva kako bi se kao konačan produkt dobio neopasni otpad.

- Zbrinjavanje dobivenih produkata iz S/S obrade:

Postupkom solidifikacije dobiti će se solidifikat/stabilat koji mora zadovoljiti kriterije za odlaganje na odlagalište I odnosno II kategorije. Potencijalnim izvođačima osim zbrinjavanja na odlagalištu ostavlja se mogućnost i zbrinjavanja na način da se isti koristi u okviru drugih industrijskih objekata npr. cementara ili termoelektrana kao dopunsko gorivo/sirovina ili u izgradnji brtvenih slojeva na županijskom odlagalištu uz provođenje svih prethodnih normativnih radnji.

- Nadzor nad izvršenjem posla:

Tijekom vađenja i obrade mekog i tvrdog katrana iz jame Sovjak potrebno je osigurati nadzor, kojem je Izvođač dužan predočiti podatke o količini izvađene i obrađene količine otpada kako bi se mogle potvrditi konačne situacije o izvršenju posla po kojima se obavlja plaćanje. Izvođač radova je također dužan provoditi analize za kontrolu kakvoće dobivenog produkata. Dobiveni produkt mora biti neopasan otpad (TPH manji od 2%) sukladno Uredbi o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada (NN 50/05). Drugi kriterij koji konačni produkt solidifikacije/stabilizacije mora zadovoljiti kao neopasan otpad je postizanje vrijednosti testa eluata koji omogućavaju njegovo odlaganje na odlagalištu I odnosno II kategorije, sukladno zahtjevima čl. 12 Pravilnika o uvjetima za postupanje s otpadom (NN 123/97, 112/01).

Za određivanje kategorije otpadnog ulja i njegovo zbrinjavanje termičkom obradom potrebno je provjeravati kakvoću na sadržaj polikloriranim bi- i terfenilima, vode te odrediti plamište sukladno Pravilniku o gospodarenju otpadnim uljima (NN 124/06). Sve analize moraju se predati najkasnije 3 dana od dana uzorkovanja nadzornom organu.

- ***FIKSIRANJE I IZOLACIJA NEIZVAĐENIH DIJELOVA GUDRONSKOG OTPADA IZ ODLAGALIŠTA***

Da se spriječi prodor oborinske vode prema dnu vrtače i njen kontakt s otpadom predložena je enkapsulacija istog i zatrpavanje jame rasutim inertnim materijalom na koji će se ugraditi završni brtveni sloj. Ova varijanta predstavlja optimalnu metodu za sprječavanje širenja preostalog onečišćenja koje će zaostati nakon sanacije, jer omogućava zadržavanje imobilnosti gudrona održavanjem njegove maksimalne tiksotropije kod koje se zna da ima permeabilnost od 10^{-9} m/s (što se inače zahtjeva kod mineralnih materijala za brtvene slojeve).

Potencijali ponuđač nakon uvida u dokumentaciju i lokaciju mora ponudom obuhvatiti i priložiti kratak opis nuđene tehnologije fiksiranja i izolacije neizvađenog dijela otpada sukladno pretpostavljenoj koncepciji:

- Predvidivi radovi:

Enkapsulacija otpada predviđa da se prvo putem bentonitnog mlijeka i/ili kašaste forme bentonita prekriju stjenke jame odnosno zatvore sve frakture i pukotine te površina zaostalog otpada. Nakon enkapsulacije otpada bentonitnim mlijekom, na dnu vrtače (u kojoj će zaostati dio tvrdog katrana) se predviđa ugradnja betonske barijere debljine 50 cm koji je otporan na kiseline (zbog zaostalog gudrona koji sadržava sumpornu kiselinu).

- Prostor za enkapsulaciju:

Stvarni obračun će se izvršiti prema površini koja se prekrije bentonitnim mlijekom i/ili kašastom formom bentonita. Orjentacijska površina za enkapsulaciju je oko 7.000 m^2 u što je uključena i površina za ugradnju vodonepropusnog i kiselo otpornog cementnog sloja debljine do 50 cm.

- Nadzor nad izvršenjem posla:

Tijekom enkapsulacije zaostalog otpada potrebno je osigurati nadzor, koji je dužan kontrolirati Izvođača i podatke o površini koja se enkapsulira kako bi se mogle potvrditi konačne situacije o izvršenju posla po kojima se obavlja plaćanje.

C) FAZA III.

- ***PUNJENE JAME INERTNIM MATERIJALOM***

Ugradnjom betonske barijere na dnu vrtače te enkapsulacijom otpada bentonitnim mlijekom stvoriti će se svojevrsna tampon zona između zaostalog otpada u jami i sloja inertnog materijala kojim će se jama zapuniti da bi se ugradila prekrivka na površini jame.

Potencijali ponuđač nakon uvida u dokumentaciju i lokaciju mora ponudom obuhvatiti i priložiti kratak opis koji sadržava potencijalni izvor materijala za nasipavanje, transport i način ugradnje.

- Količina inertnog materijala za zapunjene jame Sovjak:

Jamu je potrebno popuniti do okolnih kota terena inertnim sipkim materijalom (građevinski otpad, iskop…). Ukupni volumen materijala za zapunjavanje ispražnjenog prostora jame procjenjuje se na 130.000 m^3.

- Nadzor nad izvršenjem posla:

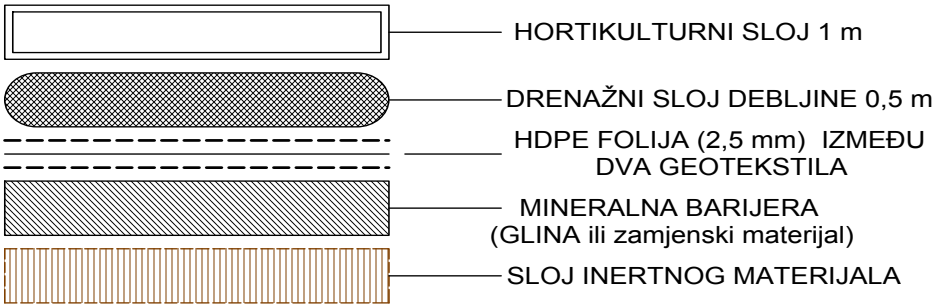
Tijekom zapunjenja jame potrebno je osigurati nadzor, koji je dužan kontrolirati Izvođača i podatke o količini materijala koji je nasut u jamu Sovjak kako bi se mogle potvrditi konačne situacije o izvršenju posla po kojima se obavlja plaćanje.

- ***UGRADNJA ZAVRŠNOG BRTVENOG SUSTAVA S HUMUSNIM SLOJEM ZAPUNJENE JAME***

Ugradnja završnog brtvenog sustava započeti će nakon popunjavanja jame inertnim materijalom. Predviđeno je da maksimalna kota završnog brtvenog sustava bude na 325 m n.m. Struktura brtvenog sustava određena je Uredbom o postupanju s opasnim otpadom (NN 32/98). Brtveni sustav mora biti izrađen od mineralnoga materijala s koeficijentom propusnosti manjim od $1x10^{-9}$ m/s.

- Predvidivi radovi:

Ugradnja završnog brtvenog sustava započinje na pripremljenoj podlozi od inertnog materijala. Na tako uređenu podlogu postavlja se mineralni materijal s koeficijentom propusnosti od 10^{-9} m/s. Kao mineralna barijera se može upotrijebiti glina debljine 1 m ili zamjenski materijal koji ima ista svojstva kao glina. Na mineralnu barijeru se postavlja HDPE folija obostrano zaštićena geosintetikom. Na foliju bi se postavio drenažni sloj debljine 0,5 m od granuliranog šljunka kojim će se oborinska voda s prekrivke prikupiti i putem obodnih kanala odvesti u okoliš. Na drenažni sloj postaviti će se hortikulturni sloj debljine 1,0 m da bi se sanirana površine jame mogla krajobrazno urediti po uzoru na okolni teren. Na donjoj shemi je struktura završnog brtvenog sustava jame Sovjak.



- Prostor za ugradnju završnog brtvenog sustava:

Ukupna površina prekrivke biti će oko 7.850 m^2. Oko završnog brtvenog sustava izgraditi obodni vodonepropusni kanal u dužini od cca 350 m, širine do 1 m i dubine oko 35 cm, širina dna kanala 20 cm, nagib pokosa 1:1 i minimalnim padom 0,5%. Prikupljenu oborinsku vodu ispuštati preko jednog ili više ispusta putem upojnih bunara koji moraju biti locirani s južne i jugoistočne strane jame.

- Nadzor nad izvršenjem posla:

Tijekom punjenja jame potrebno je osigurati nadzor, koji je dužan kontrolirati Izvođača i imati sve relevantne podatke kako bi se mogle potvrditi konačne situacije o izvršenju posla po kojima se obavlja plaćanje.

D) FAZA IV.

- ***INSTALIRANJE MONITORING SUSTAVA NAKON SANACIJE JAME SOVJAK***

Nakon sanacije jame, a sukladno Uredbi o uvjetima za postupanje s opasnim otpadom (NN 32/98) potrebno je prvih 10 godina dva puta godišnje pratiti sastav podzemne vode, a nakon toga jedan put godišnje u narednih 20 godina. Kakvoću podzemne vode na izvorištima Mlaka, Cerovica i Pod Jelšun treba nastaviti pratiti nakon sanacije na parametre kakvoće pitke vode, te na parametre tetrahidrofuran i tetrahidrotiofen. Praćenje mora obavljati ovlašteni laboratorij odnosno ustanova.

Ostali programi praćenja stanja okoliša (kakvoća zraka, razina buke, otpadna odnosno oborinska voda) nisu potrebni s obzirom na predložene tehnologije sanacije, osim redovnih održavanja koja obuhvaćaju održavanje hortikulturnog sloja sustava prekrivke s mjerenjem razine površine jednom godišnje te održavanje sustava oborinske odvodnje sa sanirane jame Sovjak.

12.4. Redoslijed i rokovi provedbe sanacijskog programa

Provedba pojedinih sanacijskih aktivnosti moguće je provesti fazno po slijedećem redoslijedu i rokovima:

A) uređenje i poboljšanje postojećeg pristupa jami Sovjak te uređenje prostora predviđenih za smještaj pojedinih postrojenja i objekata, te uklanjanje i zbrinjavanje otpada, bačvi, guma i ostalog otpada iz jame Sovjak;

B) pripremni radovi i instaliranje sustava za vađenje i obradu plivajućeg sloja ugljikovodika i postupak vađenja i obrade;

C) pripremni radovi i instaliranje uređaja za obradu otpadnih voda i obrada otpadnih voda, te sprječavanje unosa oborina u jamu;

D) pripremni radovi i instaliranje sustava za vađenje i obradu mekog i tvrdog sloja katrana i postupak vađenja i S/S obrade;

E) fiksiranje i izolacija (enkapsulacija) ostatnog otpada

F) punjene vrtače inertnim materijalom;

G) zatvaranje vrtače ugradnjom završnog brtvenog sustava;

H) program praćenja stanja okoliša nakon sanacije

Tablica 3. Rokovi provedbe sanacijskog programa

Sanacijska aktivnost		**Do početka sanacije**	**Vrijeme trajanja sanacije**							
			1 god.	**2 god.**	**3.god.**	**4.god.**	**5 god.**	**6.god.**	**7.god.**	**narednih 20 god.**
FAZA I.	**A)**									
	B)									
	C)									
FAZA II.	**D)**									
	E)									
FAZA III.	**F)**									
	G)									
FAZA IV.	**H)**									

12.5. Mjere zaštite okoliša

Izvođač radova je tijekom sanacije jame Sovjak dužan osigurati sljedeće mjere zaštite okoliša:

a) Mjere zaštite za sprječavanje i/ili reduciranje razine buke

- koristiti moderna prometna sredstva i uređaje s niskom razinom buke na izvoru;
- rad na poslovima sanacije jame Sovjak potrebno je organizirati u jednoj produženoj smjeni (do 18 h), sukladno čl. 17 Pravilniku o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04)

b) Mjere zaštite sprječavanje onečišćenja tla i podzemlja tijekom vađenja i obrade otpada

- koristiti zatvorene sustave transporta otpada iz jame do uređaja za obradu;
- postrojenja za obradu otpada (ulji sloj, otpadna , voda, meki i tvrdi katran) smjestiti i/ili osigurati vodonepropusnost podloge;
- u slučaju nekontroliranog izlijevanja, odmah zaustaviti rad, a onečišćeno tlo sakupiti i zbrinuti kao opasni otpad;
- svi spremnici za privremeno skladištenje sirovina i dobivenih produkata moraju biti smješteni u vodonepropusnim tankvanama.
- privremeno skladište kemikalija i aditiva treba biti natkriveno i vodonepropusno izvedeno.

c) *Mjere zaštite za sprječavanje emisija i razvoja neugodnih mirisa tijekom vađenja otpada*

- za vađenje koristiti plivajuća jaružala na način da iznad mekog i tvrdog katrana uvijek bude prisutan sloj vode kako bi se spriječile emisije sumpor trioksida, i pojava neugodnih mirisa.

d) *Mjere zaštite sprječavanje i/ili reduciranje onečišćenja zraka tijekom obrade otpada*

- osigurati kretanje transportnih sredstva i mehanizacije uređenim prometnim pravcima;
- po potrebi provoditi postupke prskanja čistom vodom okolnog zraka i internih prometnica ako bi iste bile izvor prašine i lebdećih čestica;
- tijekom odvijanja procese solidifikacije/stabilizacije sve emisije prije ispuštanja obrađivati na sustavu ciklona i skrubera;
- otpadna voda iz skrubera mora se obraditi na uređaju za obradu otpadnih voda;
- dobiveni produkt solidifikacije/stabilizacije potrebno je (privremeno) skladištiti u zatvorenom prostoru;
- otpremu solidifikata/stabilata obavljati s kamionskim prijevozom s zatvorenim spremničkim prostorom.

e) *Mjere zaštite za pročišćavanje otpadnih voda*

- sve tokove otpadnih voda obrađivati na uređaju prije ispuštanja;
- uređaj za obradu otpadnih voda mora uključivati taložnik, separatora ulja, DAF flotaciju, pješčani i GAC filter;
- ukoliko efluenta ne zadovoljava kriterije za ispuštanje, potrebno je prekinuti ispuštanje otpadnih voda dok se ne utvrdi uzrok odnosno otkloni kvar na uređaju za obradu otpadnih voda;
- otpadne filtarske medije iz pješčanog filtra (zasićeni pijesak) i GAC filtra (zasićeni aktivni ugljen) potrebno je zbrinuti kod proizvođača (npr. rekuperacija) ili putem ovlaštenog obrađivača opasnog otpada.

f) *Mjere zaštite tijekom zatvaranja i kapiranja jame Sovjak završnim brtvenim sustavom*

- otpad koji tehnički neće biti moguće izvaditi enkapsulirati korištenjem bentonitnog mlijeka;
- preko zaostalog otpada na dnu vrtače potrebno je izgraditi vodonepropusnu i kiselo otpornu betonsku barijeru debljine 0,5 m;
- jamu ispuniti inertnim nasipnim materijalom (npr. zemljani ili drugi slični materijal);
- instalirati završni brtveni sustav minimalne debljine od 0,8 m s mineralnim materijalom čiji koeficijent propusnosti ne smije biti veći od 1x 10^{-9} m/s sukladno čl. 24 Uredbe o uvjetima za postupanje s opasnim otpadom (NN 32/98);
- s prekrivke prikupljati oborinsku vodu putem obodnog kanala te ih spuštati preko upojnih bunara

12.6. Mjere zaštite na radu

Mjesto na kojem se odvija sanacija mora biti uređeno tako da je omogućeno nesmetano i sigurno izvođenje svih radova na gradilištu. Izvođač radova na sancaiji jame Sovjak mora prije početka predviđenih faznih aktivnosti izraditi Elaborat zaštite na radu po kojem će se provoditi mjere zaštite, a kojim treba biti obuhvaćeno:

- osiguranje granica na lokacije na kojoj se odvija sanacija prema okolini;
- uređenje i održavanje prometnica prema okolini (prolazi, putovi i sl.);
- određivanje mjesta, prostora i načina razmještaja i uskladištenje materijala;
- izgradnju i uređenje prostora za skaldištenje opasnog materijala;
- način prevoza, utovarivanja, istovarivanja i odlaganja raznih vrsta materijala i opreme;
- način obilježavanja odnosno osiguravanja opasnih mjesta i ugroženih prostora na gradilištu (opasne zone);
- način rada na mjestima gdje se pojavljuju štetni plinovi, prašina, pare, odnosno, gdje može nastati vatra i sl.;

- uređenje električnih instalacija za pogon i osvjetljenje na pojedinim mjestima na gradilištu ukoliko se za iste ukaže potreba;
- određivanje vrste i smještaja građevinskih strojeva i postrojenja i odgovarajuća osiguranja s obzirom na lokaciju gradilišta;
- način zaštite od pada s visine ili u dubinu;
- određivanje radnih mjesta na kojima postoji povećana opasnost po život i zdravlje radnika kao i vrste i količine potrebnih osobnih zaštitnih sredstava odnosno zaštitne opreme;
- mjere i sredstva protupožarne zaštite na gradilištu;
- izgradnju, uređenje i održavanje privremenih sanitarnih čvorova na gradilištu;
- organiziranje prve pomoći na gradilištu;
- organiziranje smještaja, prehrane, prijevoza radnika na gradilište i sa gradilišta;
- druge nužne mjere za zaštitu osoba na radu.

13.0. LITERATURA

1. Projekt sanacije odlagališta Viševac i Sovjak; Smelt 1987.
2. Idejno rješenje mogućnosti saniranja aktivnog odlagališta komunalnog otpada Viševac i i zatvorenog odlagališta opasnog otpada Sovjak kod Rijeke; Ecoina i Dames&Moore, 1998.
3. Studija o utjecaju na okoliš postupka sanacije odlagališta komunalnog otpada Viševac i i odlagališta opasnog otpada Sovjak kod Rijeke; Ecoina 2000.
4. Idejno rješenje predkorektivne akcije za stabilizaciju poremećenog stanja odlagališta opasnog otpada Sovjak; Ecoina 2001.
5. Stručna podloga (Idejno rješenje) za ishođenje lokacijske dozvole; Ecoina 2001.
6. Glavni projekt predkorektivne akcije za stabilizaciju poremećenog stanja odlagališta opasnog otpada Sovjak (Mapa 1 i Mapa 2); Ecoina 2003.
7. Elaborat alokacijske raspodjele troškova sanacije i pravne odgovornosti za nastanak odlagališta opasnog otpada Sovjak, Hrvatska; Dames&Moore, 1999./2000.
8. Elaborat pravne odgovornosti mogućnosti saniranja zatvorenog odlagališta opasnog otpada Sovjak, Marinići, Općina Viškovo (Rijeka); Pravni fakultet u Rijeci 2000.
9. Sanacijski program za onečišćeni prostor odlagališta opasnog otpada Sovjak, Općina Viškovo, Hrvatska; K.D. Čistoća Rijeka, 2001.
10. Groundwater Monitoring System Design for landfills Sovjak and Visevac, Rijeka, Phase I Report-Hydrogeological Study and Monitoring Concept Evaluation, Croatia; Center for cave and cars study Kentucky and Dames&Moore, 2003.
11. Elaborat o mogućnostima obrade površinskog sloja ugljikovodika na odlagalištu opasnog otpada Sovjak, Općina Viškovo; K.D. Čistoća Rijeka, 2003.
12. Istražni radovi na terenu i u laboratoriju za potrebe izrade Idejnog rješenja mogućnosti saniranja aktivnog odlagališta komunalnog otpada Viševac i zatvorenog odlagališta opasnog otpada Sovjak kod Rijeke, Ecoina i Dames&Moore, 1997.
13. Izvješće o istražnim radovima stanja odlagališta opasnog otpada Sovjak, Općina Viškovo, Ecoina, 2003.

PRILOZI:

Prilog 1. Izvod iz katastarskog plana

Prilog 2. Rezultati analiza istražnih radova iz 1987.g.

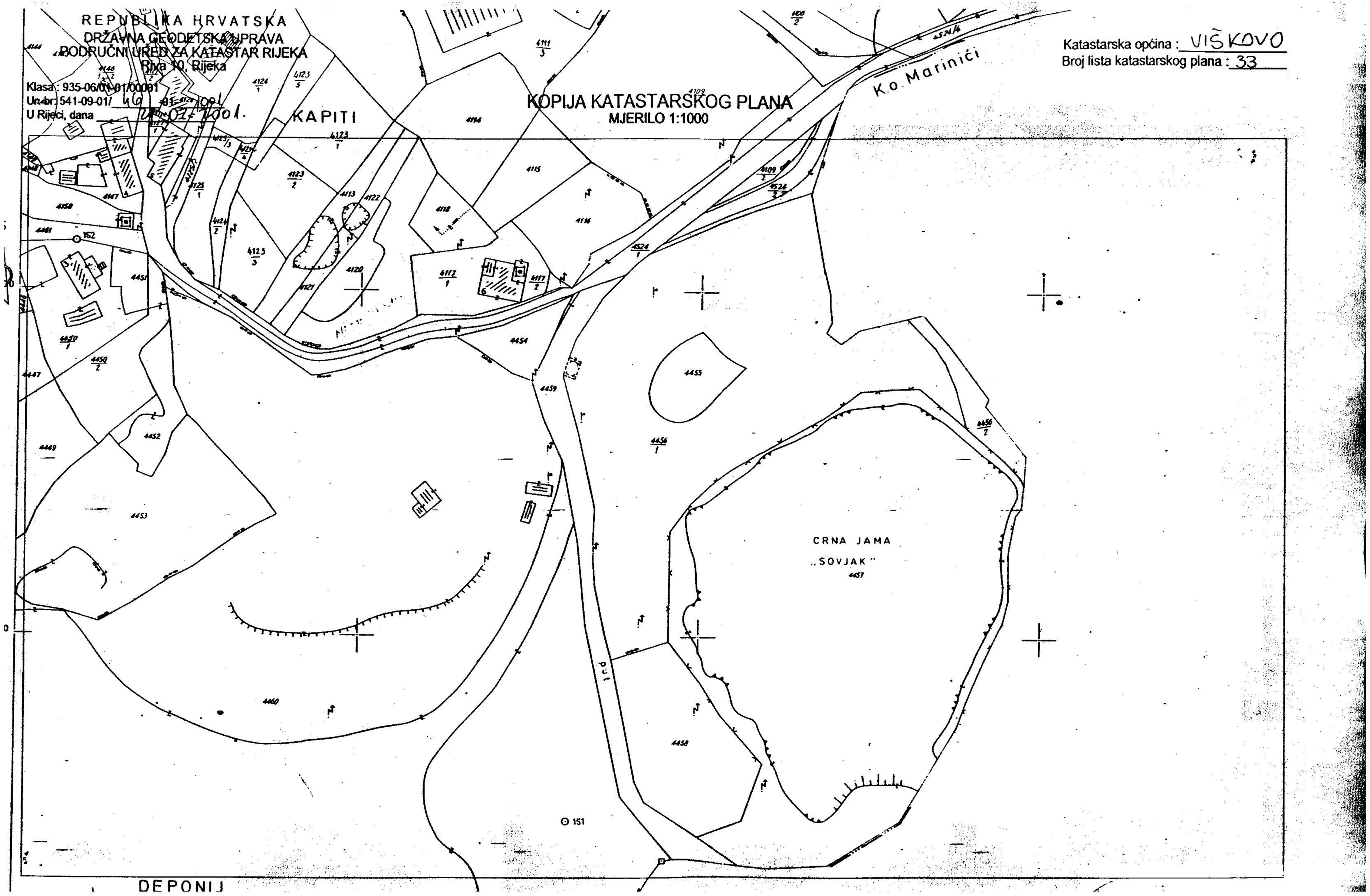
Prilog 3. Rezultati analiza istražnih radova iz 1997.g.

Prilog 4. Rezultati analiza istražnih radova iz 2002.g.

Prilog 5. Rezultati analiza istražnih radova iz 2003.g.

Prilog 6. Grafički prikaz sanacijskih aktivnosti jame Sovjak

Prilog 1.
Izvod iz katasarskog plana


REPUBLIKA HRVATSKA
DRŽAVNA GEODETSKA UPRAVA
PODRUČNI URED ZA KATASTAR RIJEKA
Riva 10, Rijeka
Klasa: 935-06/01-01/00001
Ur.br: 541-09-01/ 46 01-2001
U Rijeci, dana 21-02-2001.
KOPIJA KATASTARSKOG PLANA
MJERILO 1:1000
Katastarska općina: VIŠKOVO
Broj lista katastarskog plana: 33
KAPITI
K.o. Marinići
CRNA JAMA
„SOVJAK"
4457
put
151
DEPONIJ

Prilog 2.
Rezultati analiza istražnih radova iz 1987.g.

ANALIZE SADRŽAJA TEŠKIH METALA U UZORCIMA IZ ODLAGALIŠTA OPASNOG OTPADA SOVJAK

(UZORKOVANO I ANALIZIRANO 1987.)

Tip uzorka	**Dubina**	**Kadmij (Cd) (mg/kg)**	**Olovo (Pb) (mg/kg)**	**Krom (Cr III-VI) (mg/kg)**	**Živa (Hg) (mg/kg)**	**Arsen (As) (mg/kg)**
Ulje	0-1.0 m	0.172	9.62	2.22	0.61	1.31
Voda	1.0-3.3 m	0.008	0.26	0.17	0.006	0.02
Ulje/voda/katran	3.3-4.0 m	0.480	23.0	11.50	0.72	5.44
Ulje/voda/katran	4.0-4.5 m	3.480	135.0	10.70	0.91	3.92
Ulje/voda/katran	4.5-5.0 m	1.920	120.0	9.80	0.78	3.54
Ulje/voda/katran	5.0-6.0 m	1.790	145.0	10.50	0.94	2.89
Ulje/voda/katran	6.0-6.5 m	0.129	30.6	8.57	1.26	3.17
Ulje/voda/katran	6.5-7.1 m	0.428	72.5	9.20	0.82	3.21
Ulje/voda/katran	7.1-8.0 m	0.342	61.6	9.84	0.52	3.59
Ulje/voda/katran	8.0-9.0 m	0.988	184.5	16.50	1.64	3.55
Emulzija	9.0-9.5 m	0.178	19.0	8.42	0.41	1.96
Emulzija	9.5 m	0.118	22.1	7.19	0.93	2.80
Emulzija	10.2-11.4 m	0.152	26.9	9.71	1.55	3.31
Katran(tvrd)	11.4-12.0 m	2.280	206.0	9.32	1.40	3.40
Katran(tvrd)	12.0-13.5 m	0.620	32.7	6.54	1.62	3.85

Prilog 3.
Rezultati analiza istražnih radova iz 1997.g.

ANALIZE UZORAKA OTPADA IZ ODLAGALIŠTA OPASNOG OTPADA SOVJAK

(UZORKOVANJE I MJERENJE PROVEDENO 1997.g.)

Pokazatelj	**Površina (Ulje)**	**I bušotina I (13-14.5m)**	**II bušotina II (8.5-10m)**	**II bušotina II (11.5-13m)**	**II bušotina II (14.5-16m)**	**II bušotina II (16-17.5m)**	**III bušotina III (5.5-7m)**
Točka paljenja (°C)	166	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo
pH vodenog ekstrakta	5.33	3.63	11.35	11.72	Nije mjerljivo	3.8	5.92
Sadržaj vode (% m/m)	3.8	8.39	23.48	32.76		1	14.41
Sedimenta % m/m	4.96	74.14	33.81	44.7	34.82	72.1	16.98
Neutralizacijski broj TAN (mg KOH/g)	4.8	2.1	3.8	3.3	16.2	21.2	18.6
Neutralizacijski broj SAN (mg KOH/g)	13.68	18.37	14.97	15.79	18.24	24.82	30.31
Bromni broj (g Br_2/g)	2.76	-	-	-	-	-	3.41
Organski sumpor (% m/m)	1.34	2.62	0.58	0.42	2.99	3.27	1.22
Ogrijevna vrijednost (MJ/kg)	39.31	23.49	35.79	22.24	19.16	21.97	27.25
Elementna analiza:							
Ugljik (% w/w)	82.63	36.12	27.56	24.22	37.29	38.93	47.62
Vodik (% w/w)	12.09	7.2	9.04	8.59	8.74	7.83	9.82
Konradson koks (% w/w)	3.14	45.3	36.05	26.29	28.05	29.57	12.46
Gustoća 15 °C (g/cm^3)	0.9048	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo
Kinematska viskoznost 80 °C (cm^2/s)	14.46	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo
Sadržaj asfaltena (% m/m)	2.89	1.4	1.06	0.59	1.91	1.56	1.37
Točka ukrućenja (°C)	(+45)	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo	Nije mjerljivo	(+52)	(+45)

ANALIZE OTPADA IZ ODLAGALIŠTA OPASNOG OTPADA SOVJAK

(UZORKOVANJE I MJERENJE PROVEDENO 1997.g.)

Parametar	Jedinica	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3	Uzorak 4	Uzorak 5	Uzorak 6
Opći parametri							
Suha tvar	% m/m	89	61	61	72	68	72
Žareni ostatak	% m/m	4	45	26	4	24	28
Žareni gubitak	% s.s.						
Klor (TOX)	% m/m	0.18	0.04	0.07	0.28	0.16	0.15
Sumpor	% m/m	1.42	0.31	0.79	1.44	0.26	3.53
Anorganski parametri							
Aluminij	mg/kg	173	760	430	274	583	1490
Arsen	mg/kg	0.57	1.1	1.1	1.1	0.59	1.0
Bakar		18	29	36	64	270	85
Barij	mg/kg	16.0	23	10	47	40	40
Cink	mg/kg	22	145	52	91	134	189
Kadmij	mg/kg	0.24	0.39	0.22	1.2	4.0	0.87
Kositar	mg/kg	1.4	1.6	1.5	3.4	2.8	3.1
Krom-ukupni	mg/kg	36	61	41	70	88	51
Mangan	mg/kg	11	36	22	26	26	27
Nikal	mg/kg	14	22	13	34	520	160
Selen	mg/kg	0.062	0.28	<0.001	0.037	3.6	0.80
Srebro	mg/kg	0.078	0.13	0.039	0.43	0.26	0.19
Olovo	mg/kg	52	55	94	130	84	150
Talij	mg/kg	0.28	0.41	0.49	0.083	0.018	0.041
Željezo	mg/kg	530	2390	1580	1070	1310	1490
Živa	mg/kg	0.13	1.3	0.19	0.48	0.11	0.22
Vanadij	mg/kg	10	29	13	21	28	17
Telur	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Molibden	mg/kg	0.22	1.2	3.2	1.6	1.2	1.1
Kobalt	mg/kg	0.45	2.1	1.2	1.6	1.7	1.4
Berilij	mg/kg	0.017	0.13	0.075	0.029	0.087	0.086
Organski parametri							
Fenolni indeks	mg/kg	30	110	140	25	20	14
Klorirana organska otapala - ukupno:	mg/kg	54	3	<1	125	30	5
-1,1 dikloreten	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
- metilenklorid	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
- trans-1.2 dikloreten	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
-1,1 dikloretan	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
- cis-1,2 dikloreten	mg/kg	<1	<1	<1	4	<1	<1
- kloroform	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
-1,1,1 trikloretan	mg/kg	22	<1	<1	70	5	<1
- tetraklormetan	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
- 1,2 dikloretan	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
- 1,1,2 trikloreten	mg/kg	32	<1	<1	36	19	5
- 1,1,2 trikloretan	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
- 1,1,2,2 tetrakloreten	mg/kg	<1	3	<1	15	6	1
BTX - ukupno:	mg/kg	9	116	8	550	45	7
- benzen	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5
- toluen	mg/kg	9	34	8	148	<5	7
-ksilen	mg/kg	<5	70	<5	320	40	<5
- etilbenzen	mg/kg	<5	12	<5	47	5	<5
- izopropil benzen	mg/kg	<5	<5	<5	5	<5	<5
- 1,3,5 - trimetilbenzen	mg/kg	<5	<5	<5	30	<5	<5

PCB *	mg/kg	12	<1	<1	17	12	8
Pesticidi **	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5
PAH - ukupno:	g/kg	2.86	0.72	3.39	1.84	0.35	0.37
- naftalen	g/kg	0.39	0.12	0.47	0.30	0.05	0.06
- acenaftilen	g/kg	0.11	0.03	0.15	0.06	0.01	0.01
- acenaften	g/kg	0.02	0.01	0.02	0.02	<0.01	0.01
- fluoren	g/kg	0.18	0.04	0.20	0.13	0.02	0.02
- fenantren	g/kg	0.84	0.16	0.68	0.50	0.08	0.08
- antracen	g/kg	0.09	0.03	0.18	0.06	0.01	0.01
- fluoranten	g/kg	0.47	0.11	0.41	0.21	0.04	0.04
- piren	g/kg	0.30	0.07	0.28	0.16	0.03	0.03
- benzo(a)antracen	g/kg	0.08	0.03	0.15	0.07	0.01	0.01
- krizen	g/kg	0.11	0.03	0.15	0.08	0.02	0.03
- benzo(b)fluoranten	g/kg	0.06	0.03	0.14	0.05	0.01	0.02
- benzo(k)fluoranten	g/kg	0.06	0.03	0.12	0.05	0.02	0.01
- benzo(a)piren	g/kg	0.05	0.04	0.17	0.06	0.02	0.02
-indeno(1,2,3cd)piren	g/kg	0.05	0.03	0.13	0.04	0.02	0.01
-dibenz(ah)antracen	g/kg	0.01	0.01	0.03	0.01	<0.01	<0.01
- benzo(ghi)perilen	g/kg	0.04	0.03	0.11	0.04	0.01	0.01

* - dominiraju izomeri arochlora 1242, 1254, 1260

** - HCB, alfa-HCH, beta-HCH, gama-HCH(lindan), delta-HCH, heptaklor, α-heptaklor, α-heptaklorepoksid, β-heptaklorepoksid, o,p-DDE, p,p-DDE, o,p-DDD, p,p-DDD, o,p-DDT, p,p-DDT, aldrin, endrin, dieldrin, isodrin, endosulfan-1, endosulfan-2, kvintozen(pentaklornitrobenzen), klordan-cis, klordan-trans, o,p-metoksiklor, p,p-metoksilor, trifluralin, heksaklorbutadien

RAZINE RADIONAKTIVNOSTI KARAKTERISTIČNIH RADIONUKLIDA U UZORCIMA OPASNOG OTPADA IZ ODLAGALIŠTA SOVJAK

(UZORKOVANJE I MJERENJE PROVEDENO 1997.g.)

MJESTO UZORKOVANJA	DUBINA BUŠOTINE	Pb 210 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Ra-226 (Bq/kg)	Th-232 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)
bušotina 1.	10-11,5 m	< 50	< 30	27,2±2,3	6,9±1,0	1,4±0,6	43,7±7,5
bušotina 1.	13-14,5 m	< 50	< 30	25,9±2,2	11,3±1,3	0,6±0,4	66,2±7,3
bušotina 3.	7-8,5 m	< 50	< 30	8,8±1,3	< 3,0	0,9±0,5	12,2±6,9
bušotina 3.	10-11,5 m	< 50	< 30	12,5±1,6	< 3,4	< 0,5	11,8±5,8
bušotina 4.	5,5-7 m	< 50	< 30	6,6±1,3	< 2,7	1,5±0,8	19,1±6,5
bušotina 4.	7,0-10 m	< 50	< 30	20,9±2,2	< 3,7	0,9±0,6	12,4±6,7

ANALIZE UZORAKA OTPADNE VODE

IZ ODLAGALIŠTA OPASNOG OTPADA SOVJAK
(UZORKOVANJE I MJERENJE PROVEDENO 1997.g.)

Parametar	Jedinica	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3
Opći parametri				
pH-vrijednost		11.6	8.0	12
Elektrovodljivost	µS/cm	1800	3400	12500
Anorganski parametri				
Aluminij	mg/l	0.96	0.49	42
Arsen	mg/l	0.004	<0.005	0.031
Bakar	mg/l	0.13	0.061	0.88
Barij	mg/l	0.038	<0.05	0.35
Cink	mg/l	0.49	0.42	<0.05
Kadmij	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005
Kositar	mg/l	<0.005	<0.005	<0.05
Krom-ukupni	mg/l	0.40	0.29	1.03
Mangan	mg/l	0.11	0.052	0.48
Nikal	mg/l	0.13	0.14	0.83
Selen	mg/l	<0.005	<0.005	0.04
Srebro	mg/l	<0.005	<0.005	<<0.01
Olovo	mg/l	0.061	<0.005	0.48
Talij	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005
Željezo	mg/l	13	3.7	59
Živa	mg/l	<0.0005	<0.0005	<0.003
Molibden	mg/l	0..33	0.009	<0.05
Amonijak	mg/l	10	40	180
Nitrat	mg/l	-	4	-
Klorid	mg/l	-	310	920
Sulfat	mg/l	-	1700	1700
Organski parametri				
KPK	mg/l	540	1500	6100
AOX	mg/l	0..52	2..3	3..3

Prilog 4.
Rezultati analiza istražnih radova iz 2002.g.

REZULTATI ANALIZE PLIVAJUĆEG SLOJA UGLJIKOVODIKA IZ ODLAGALIŠTA OPASNOG OTPADA SOVJAK

(UZORKOVANJE I MJERENJE PROVEDENO 2002.g.)

Parametar	**Uzorak**
	II (0 – 1 m)
Sadržaj vode (destilacijom), % vol.	14,4
Točka ukrućenja (stinište), ^{o}C	+ 19
Sadržaj sedimenta, % vol.	nije mjerljivo
Kinematička viskoznost, 80°C mm^{2}/s	nije mjerljivo
Točka paljenja, ^{o}C	nije mjerljivo

ANALIZE UZORAKA OTPADA IZ ODLAGALIŠTA OPASNOG OTPADA SOVJAK

(UZORKOVANJE I MJERENJE PROVEDENO 2002.g.)

Pokazatelj	**Uzorak**		
	Bušotina 1 I (0 – 14,3 m)	**Bušotina 2 II (0 – 16,5 m)**	**Bušotina 3 III (0 – 17,0 m)**
Točka paljenja, ^{o}C	nije mjerljivo	nije mjerljivo	nije mjerljivo
pH vodenog ekstrakta	12,37	12,40	12,39
Neutralizacijski broj SAN, mg KOH/g	nije mjerljivo	nije mjerljivo	nije mjerljivo
Organski sumpor, S % m/m	0,70	2,08	1,75
Ogrjevna vrijednost, MJ/kg	20,48	19,56	25,40
Elementna analiza (C/H/N):			
Količina ugljika, C % m/m	38,98	42,06	67,33
Količina vodika, H % m/m	6,80	7,84	11,26
Količina dušika, N % m/m	0,11	0,20	0,25
Conradson koks, % m/m	nije mjerljivo	nije mjerljivo	nije mjerljivo
Gustoća, 15°C g/cm^{3}	nije mjerljivo	nije mjerljivo	nije mjerljivo
Kinematička viskoznost, 80°C mm^{2}/s	nije mjerljivo	nije mjerljivo	nije mjerljivo
Točka tečenja, ^{o}C	nije mjerljivo	nije mjerljivo	nije mjerljivo

ANALIZE OTPADA IZ ODLAGALIŠTA OPASNOG OTPADA SOVJAK

(UZORKOVANJE I MJERENJE PROVEDENO 2002.g.)

Pokazatelj	**Jedinca**	**Uzorak**		
		Bušotina 1 I (0 – 14,3 m)	**Bušotina 2 II (0 – 16,5 m)**	**Bušotina 3 III (0 – 17,0 m)**
Opći parametri:				
Suha tvar	%	57	61	57
Žareni ostatak	%	34	33	45
Žareni gubitak	% s.t.	39	45	20
Klor (TOX)	%	0,18	0,08	0,03 (0,05 na 105°C)
Sumpor	%	0,88	0,58	0,27 (0,45 na 105°C)
Anorganski parametri:				
Aluminij	% s.t.	0,5	0,3	0,5
Bakar	mg/kg	530	240	61
Barij	mg/kg	110	150	65
Berilij	mg/kg	<1	<1	<1
Cink	mg/kg	610	2800	110
Kadmij	mg/kg	2	2	<1
Kobalt	mg/kg	<20	<20	<20
Krom ukupni	mg/kg	93	220	72
Mangan	% s.t.	<1	<1	<1
Nikal	mg/kg	260	86	<50
Selen	mg/kg	<20	<20	<20
Srebro	mg/kg	<20	<20	<20
Telur	mg/kg	<20	<20	<20
Vanadij	mg/kg	97	51	31
Željezo	% s.t.	<1	<1	<1
Živa	mg/kg	1	7,9	1

RAZINE RADIONAKTIVNOSTI KARAKTERISTIČNIH RADIONUKLIDA U UZORCIMA OPASNOG OTPADA IZ ODLAGALIŠTA SOVJAK

(UZORKOVANJE I MJERENJE PROVEDENO 2002.g.)

Uzorak	**Radioaktivnost**				
	Pb-210 (Bq/kg)	**U-238 (Bq/kg)**	**Ra-226 (Bq/kg)**	**Th-232 (Bq/kg)**	**K-40 (Bq/kg)**
Bušotina 1 I (0 – 14,3 m)	4,0 ± 0,2	27 ± 2	9 ± 1	7 ± 2	9 ± 2
Bušotina 2 II (0 – 16,5 m)	37 ± 2	28 ± 2	12 ± 2	9 ± 2	23 ± 2
Bušotina 3 III (0 – 17,0 m)	32 ± 2	13 ± 1	13 ± 3	8 ± 2	22 ± 2

ANALIZE UZORAKA OTPADNE VODE IZ ODLAGALIŠTA OPASNOG OTPADA SOVJAK

(UZORKOVANJE I MJERENJE PROVEDENO 2002.g.)

Parametar	**Jedinica**	**Uzorak**			
		Bušotina 1 I (0,1 – 1 m)	**Bušotina 2 II (0 – 1,5 m)**	**Bušotina 3 III (1 – 2 m)**	**Bušotina 3 III (3 – 3,5 m)**
Opći parametri:					
Izgled		mutna	mutna	mutna	mutna
Otopljene tvari TDS	mg/l	660	1800	2900	840
Anorganski parametri:					
Kalcij	mg/l	190	710	708	230
Aluminij	mg/l	<0,1	<0,1	0,9	0,3
Arsen	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Barij	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bor	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cink	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kobalt	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Kositar	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ukupni krom	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mangan	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nikal	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Selen	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Srebro	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Olovo	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Vanadij	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Željezo	mg/l	<0,2	<0,2	0,83	<0,2
Amonijak	mg/l	4	4	7	2
Nitriti	mg/l	0,03	0,04	0,05	0,04
Nitrati	mg/l	<1	<1	<1	<1
Fluoridi	mg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Kloridi	mg/l	26	42	54	28
Ukupni fosfor	mg/l	0,3	<0,1	12	1,9
Ortofosfat	mg/l	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
Sulfidi	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ukupna tvrdoća	^{o}Nj	27	99	100	32
Kalcijeva tvrdoća	^{o}Nj	27	99	99	32
Organski parametri:					
BTX ukupni	mg/l	1,37	0,61	1,77	0,31
Benzen	mg/l	0,15	0,06	0,05	<0,05
Etilbenzen	mg/l	0,23	0,09	0,12	<0,05
Toluen	mg/l	0,35	0,21	0,95	0,18
Ksilen	mg/l	0,64	0,26	0,65	0,13
AOX	mg/l	4	2,6	2,1	0,9
Fenoli	mg/l	0,88	1,2	1,26	0,87
PAT ukupno	mg/l	1,3	1,8	3,7	2
Anionski tenzidi	mg/l	0,8	1,4	3,2	1,7
Neionski tenzidi	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kationski tenzidi	mg/l	0,5	0,4	0,5	0,3
Formaldehid	mg/l	<5	<5	<5	<5

Acetaldehid	mg/l	<5	<5	<5	<5
Benzaldehid	mg/l	<5	<5	<5	<5
Toluilaldehid	mg/l	<5	<5	<5	<5
Pesticidi ukupni	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
alfa-HCH	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
beta-HCH	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
gama-HCH	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Heksaklorbenzen	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Heptaklor	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Aldrin	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dieldrin	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Endrin	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Isodrin	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DDE(o,p)	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DDE(p,p)	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DDD(o,p)	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DDD(p,p)	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DDT(o,p)	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DDT(p,p)	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Klordan-cis	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Klordan-trans	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Heptaklorepoksid-cis	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Heptaklorepoksid-trans	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Metoksiklor(o,p)	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Metoksiklor(p,p)	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Desizopropil-atrazin	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Simazin	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Atrazin	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Propazin	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Terbutilazin	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Sebutilazin	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Acetoklor	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Alaklor	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Prometrin	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Terbutrin	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Metolaklor	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Metalaksil	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Cianazin	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Vinklozolin	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Orbenkarb	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Metazaklor	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Pendimetalin	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Terbumeton	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Malation	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Bromacil	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Heksazinon	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Sekbumeton	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Diklobenil	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
2,6-Diklorobenzamid	µg/l	<1000	<1000	<1000	<1000
Identifikacija organ. spojeva (GC/MS scan)		priložena	priložena	priložena	priložena

ANALIZE UZORAKA PODPOVRŠINSKOG SLOJA VODE IZ ODLAGALIŠTA OPASNOG OTPADA SOVJAK

(UZORKOVANJE I MJERENJE PROVEDENO 2002.g.)

Parametar	**Jedinica**	**Uzorak**											
		V-1	**V-2**	**V-3**	**V-4**	**V-5**	**V-6**	**V-7**	**V-8**	**V-9**	**V-10**	**V-11**	**V-12**
Opći parametri													
pH vrijednost		8,9	7,6	7,3	11	7,7	7,3	7,5	7,2	7,5	7,4	7,4	7,6
Suspendirane tvari	mg/l	4600	2200	94	1400	140	30	13	12	<10	18	<10	40
Anorganski parametri													
Sulfati	mg/l	32	44	22	25	51	32	26	45	24	33	40	44
Organski parametri													
TOC	mg/l	59	51	49	50	45	42	52	44	48	49	47	50
KPK	mg/l	1000	1000	210	650	210	180	170	150	160	150	140	150
BPK_5	mg/l	40	35	22	25	30	10	22	14	28	20	20	36
Ukupna ulja i masti	mg/l	210	150	490	530	100	35	20	15	17	10	9	12
Mineralna ulja	mg/l	116	52	7,8	74	10	5	17	1,8	1,2	3,5	1,4	3,2

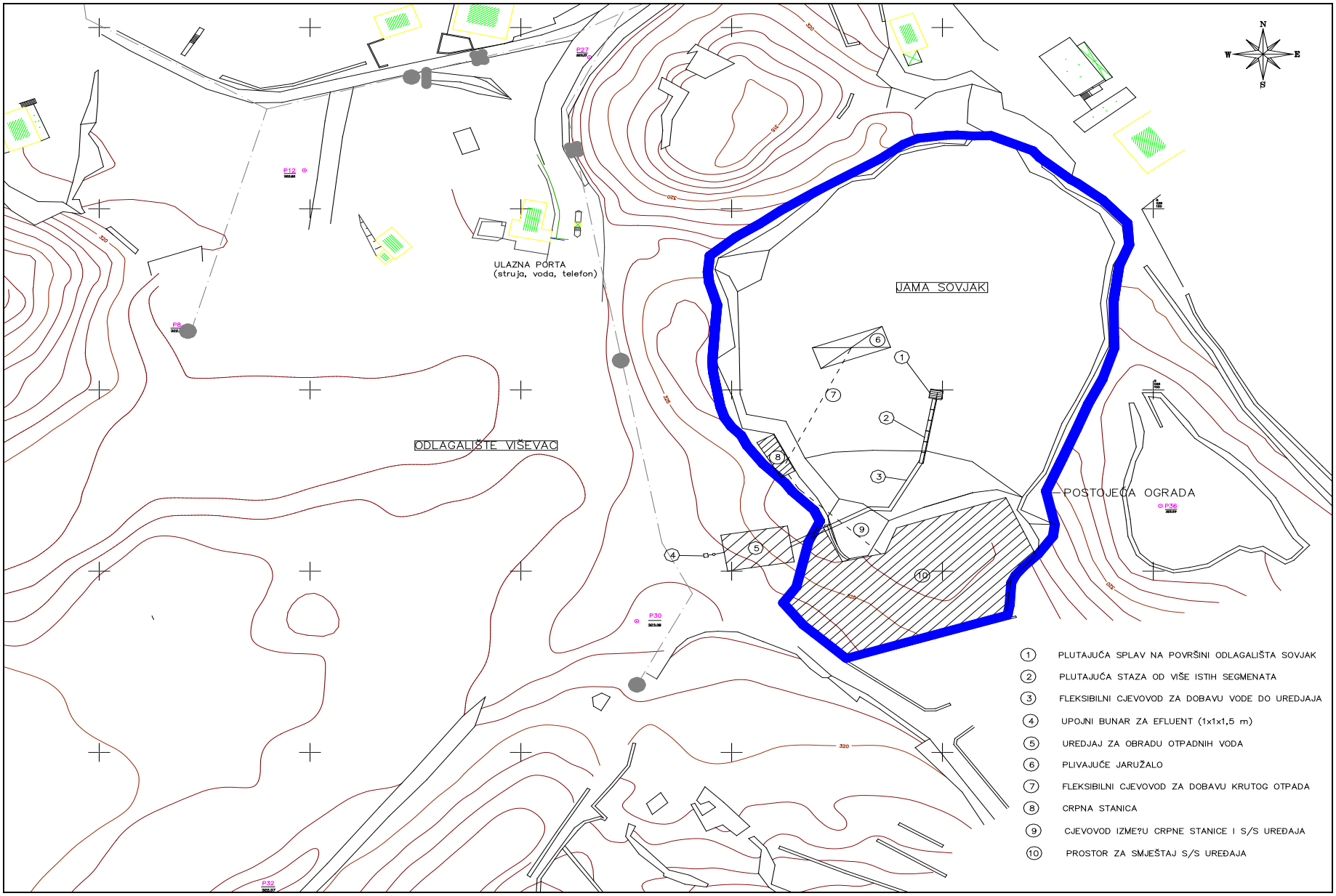
Prilog 5.
Rezultati analiza istražnih radova iz 2003.g.

REZULTATI ANALIZE PLIVAJUĆEG SLOJA UGLJIKOVODIKA IZ ODLAGALIŠTA OPASNOG OTPADA SOVJAK

(UZORKOVANJE I MJERENJE PROVEDENO 2003.g.)

PARAMETAR	JEDINICA	UZORAK BR.		
		1.	2.	3.
PAH ugljikovodici	% m/m	0,3	0,3	0,3
Gustoća na 50°C	kg/m^{3}	878,2	994,2	897,9
Viskozitet na 100 ^{o}C	mm^{2}/s	9,12	5,36	10,55
Koksni ostatak	% m/m	2,47	5,21	5,15
Toplinska vrijednost-gornja	J/g	39240	30018	32251
Sadržaj pepela	% m/m	0,260	2,100	1,700
Točka paljenja	^{o}C	99,0	>110,0	109,0
Točka tečenja	^{o}C	45	45	45
Sadržaj asfaltena	% m/m	1,30	3,10	1,80
Sadržaj PCB-a	mg/kg	19,0	18,5	18,0
Sadržaj vode	% m/m	6,0	15,00	14,00
Sadržaj vode i sedimenta	% v/v	3,5	18,00	10,00
Sadržaj sumpora	% m/m	0,91	0,97	0,95
Sadržaj nikla	mg/kg	3	13	15
Sadržaj vanadija	mg/kg	7	22	29
Sadržaj TOX	mg/kg	1657	1545	1660

Prilog 6.
Grafički prikaz sanacijskih aktivnosti jame Sovjak



Prilog 6. Grafički prikaz sanacijskih aktivnosti jame Sovjak

PRILOZI UZ NATJEČAJNU DOKUMENTACIJU

Prilog A. Rezultati analiza plivajućeg sloja ugljikovodika

Prilog B. Rezultati analiza akumulirane otpadne vode u podpovršinskom sloju jame Sovjak

Prilog C. Rezultati analiza mekog i tvrdog katrana

Prilog A. Rezultati analiza plivajućeg sloja ugljikovodika iz jame Sovjak (2007.)

Parametar	**UZORAK 1**	**UZORAK 2**
Kinematička viskoznost 100°C, mm^2/s	ne može se odrediti	ne može se odrediti
Sadržaj vode, % m/m	>10	>10
Gustoća, 15°C g/cm^3	0,9582	0,9649
Toplinska vrijednost donja, MJ/kg	33,13	33,24
sadržaj vode i mehaničkih onečišćenja, %vol	16	14,0
Točka paljenja, °C	>70	>70
Točka tečenja, °C	+38	+38
Conradson koks, % m/m	7,45	9,15
Sadržaj sumpora, % m/m	0,95	1,06
Sadržaj nikla, mg/kg	16	18
Sdaržaj žive, mg/kg	5	4
Sadržaj vanadija, mg/kg	33	39
Asfalteni, % m/m	6,19	4,93
PCB, mg/kg	0,6	0,6

Prilog B. Rezultati analiza akumulirane otpadne vode u podpovršinskom sloju jame Sovjak (2007.g.)

Parametar	UZORAK 1	UZORAK 2
pH	12,15	9,29
Ukupne otopljene tvari TDS, mg/l	1889	211
KPK, (Cr) mg/l	1565	273
Ukupna tvrdoća, mg/l Ca	207,4	62,4
Kalcijeva tvrdoća, mg/l $CaCO_3$	488,8	125,6
Suspendirane tvari, 105°C mg/l	700	25
Fluoridi, mg/l	0,04	0,027
Kloridi, mg/l	80	34
Nitriti, mg/l N	0,29	0,01
Nitrati, mg/l N	15,05	8,95
Fosfati, mg/l PO_4^{3-}	1,13	0,26
Sulfati, mg/l SO_4^{2-}	168	28
Sulfidi, mg/l	0,06	o0,032
Amonijak, mg/l N	1,62	2,34
Kalcij, mg/l Ca^{2+}	195,5	50,2
$Cr_{uk.}$, mg/l	0,04	0,018
Cu, mg/l	7,48	6,95
Ni, mg/l	0,135	0,088
Fe, mg/l	1,84	0,542
Pb, mg/l	0,142	0,119
Cd, mg/l	0,001	0,001
Mn, mg/l	0,094	0,029
Al, mg/l	3,78	0,134
V, mg/l	<0,05	<0,05
As, mg/l	0,0013	<0,0005
Hg, mg/l	0,00024	0,0001
Fenoli, mg/l	1,821	0,828
AOX, mg/l	0,18	0,91
BTEX ukupni, µg/l	417	246
Ukupna ulja, mg/l	188,4	10,9
Mineralna ulja, mg/l	32,5	2,12
TOC, mg/l C	420,9	88,4

Prilog C. Rezultati analiza uzoraka otpada iz jame Sovjak (2002.g.)

Pokazatelj	**Uzorak**		
	Bušotina 1 I (0 – 14,3 m)	**Bušotina 2 II (0 – 16,5 m)**	**Bušotina 3 III (0 – 17,0 m)**
Točka paljenja, ^oC	nije mjerljivo	nije mjerljivo	nije mjerljivo
pH vodenog ekstrakta	12,37	12,40	12,39
Neutralizacijski broj SAN, mg KOH/g	nije mjerljivo	nije mjerljivo	nije mjerljivo
Organski sumpor, S % m/m	0,70	2,08	1,75
Ogrjevna vrijednost, MJ/kg	20,48	19,56	25,40
Elementna analiza (C/H/N):			
Količina ugljika, C % m/m	38,98	42,06	67,33
Količina vodika, H % m/m	6,80	7,84	11,26
Količina dušika, N % m/m	0,11	0,20	0,25
Conradson koks, % m/m	nije mjerljivo	nije mjerljivo	nije mjerljivo
Gustoća, 15^oC g/cm^3	nije mjerljivo	nije mjerljivo	nije mjerljivo
Kinematička viskoznost, 80^oC mm^2/s	nije mjerljivo	nije mjerljivo	nije mjerljivo
Točka tečenja, ^oC	nije mjerljivo	nije mjerljivo	nije mjerljivo
Suha tvar, %	57	61	57
Žareni ostatak, %	34	33	45
Žareni gubitak, % s.t.	39	45	20
Klor (TOX), %	0,18	0,08	0,03 (0,05 na 105^oC)
Sumpor, %	0,88	0,58	0,27 (0,45 na 105^oC)
Aluminij, % s.t.	0,5	0,3	0,5
Bakar, mg/kg	530	240	61
Barij, mg/kg	110	150	65
Berilij, mg/kg	<1	<1	<1
Cink, mg/kg	610	2800	110
Kadmij, mg/kg	2	2	<1
Kobalt, mg/kg	<20	<20	<20
Krom ukupni, mg/kg	93	220	72
Mangan, % s.t.	<1	<1	<1
Nikal, mg/kg	260	86	<50
Selen, mg/kg	<20	<20	<20
Srebro, mg/kg	<20	<20	<20
Telur, mg/kg	<20	<20	<20
Vanadij, mg/kg	97	51	31
Željezo, mg/kg	<1	<1	<1
Živa, mg/kg	1	7,9	1

Razine radioaktivnosti karakterističnih radionuklida u uzorcima opasnog otpada iz jame Sovjak (2002.g.)

Uzorak	Radioaktivnost				
	Pb-210 (Bq/kg)	**U-238 (Bq/kg)**	**Ra-226 (Bq/kg)**	**Th-232 (Bq/kg)**	**K-40 (Bq/kg)**
Bušotina 1 I (0 – 14,3 m)	4,0 ± 0,2	27 ± 2	9 ± 1	7 ± 2	9 ± 2
Bušotina 2 II (0 – 16,5 m)	37 ± 2	28 ± 2	12 ± 2	9 ± 2	23 ± 2
Bušotina 3 III (0 – 17,0 m)	32 ± 2	13 ± 1	13 ± 3	8 ± 2	22 ± 2