

Analiza metoda sprječavanja i umanjivanja onečišćenja mora uljima s osvrtom na FPSO i FSO

Božurić, Patrik

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:321622>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-03**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

PATRIK BOŽURIĆ

**ANALIZA METODA SPRJEČAVANJA I UMANJIVANJA
ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA S OSVRTOM NA FPSO I FSO**

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2022.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**ANALIZA METODA SPRJEČAVANJA I UMANJIVANJA
ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA S OSVRTOM NA FPSO I FSO**

***ANALYSIS OF METHODS FOR PREVENTION AND
REDUCTION OF SEA POLLUTION BY OIL WITH
REFERENCE TO FPSO AND FSO VESSELS***

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Morske Tehnologije

Mentor: Dr. Sc. Lovro Maglić

Student: Patrik Božurić

Studijski smjer: Nautika i Tehnologija Pomorskog Prometa (NTPP)

JMBAG: 0112071730

Rijeka, rujan 2022

Student: Patrik Božurić

Studijski program: Nautika i Tehnologija Pomorskog Prometa (NTPP)

JMBAG: 0112071730

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom Analiza metoda sprječavanja i umanjivanja onečišćenja mora uljima s osvrtom na FPSO i FSO izradio/la samostalno pod mentorstvom Izv. prof. .dr. sc. Lovro Maglić.

U radu sam primijenio/la metodologiju znanstvenoistraživačkog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju diplomskog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u diplomskom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezo/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student/studentica



Patrik Božurić

Student: Patrik Božurić

Studijski program: Nautika i Tehnologija Pomorskog Prometa (NTPP)

JMBAG: 0112071730

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor diplomskog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa diplomskim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog diplomskog rada kao autorskog djela pod uvjetima Creative Commons licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student/studentica



Patrik Božurić

SAŽETAK

Energenti poput sirove nafte su jedan od najtraženijih resursa na svijetu. FPSO plovilima osigurava se sigurno crpljenje nafte na velikim dubinama i velikim udaljenostima od obale, dok se FSO plovilima omogućuje sigurna pohrana nafte. Problem kod ovako velikih sustava protoka nafte je potencijalni nastanak onečišćenja mora. Kroz ovaj rad prezentiraju se sustavi od kojih se sastoje ove vrste plovila kako bi se prepoznala mjesta gdje se javlja mogućnost od nastanka nezgoda i onečišćenja mora sirovom naftom. Nakon prepoznavanja takvih mjesta, opisana su rješenja koja služe za sprječavanje onečišćenja mora u tim segmentima. Također je pružen popis opreme i metoda koje se mogu koristiti kod umanjivanja i uklanjanja onečišćenja mora uz uvid na planove reakcije obalnih organizacija. Pregledom inovativnih tehnologija dolazi se do prijedloga sredstava i metoda za implementaciju u svrhu uspješnog upravljanja nezgodom u slučaju nezgode nastale na FPSO i FSO plovilu.

Ključne riječi: FPSO, FSO, namjena FPSO brodova, manipulacija ugljikovodicima, FPSO tehnologija, popis FPSO brodova, procjena rizika od nastanka onečišćenja mora, upravljanje onečišćenjem uljima, disperzanti, skimeri, EMSA, Miros OSD, mapiranje uljne mrlje, inovativne tehnologije uklanjanja onečišćenja.

SUMMARY

Energy sources such as crude oil are one of the most wanted resources in the world. FPSO vessels achieve a safe way of extracting crude oil at great depths and great distances from the coast and FSO vessels offer safe storage of crude oil. The problem with such large oil flow systems is the potential occurrence of sea pollution. This paper presents the systems that make up these types of vessel in order to identify the possibility of interruption of the oil flow system which could cause marine pollution. After identifying such places, various methods and equipment are used to prevent marine pollution in these parts of the system. A list of equipment and methods that can be used to reduce and eliminate marine pollution is also provided, with insight into the response plans of coastal organizations. Through the review of innovative technologies means and methods for implementation for the purpose of successful accident management in the event of an accident occurred on the FPSO and FSO vessel had been proposed.

Keywords: FPSO, FSO, purpose of FPSO ships, hydrocarbon manipulation, FPSO technology, list of FPSO ships, sea pollution risk assessment, oil pollution risk management, dispersants, skimmers, EMSA, Miros OSD, oil slick mapping, innovative pollution removal technologies.

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SUMMARY	II
SADRŽAJ	III
1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA.....	1
1.2. RADNA HIPOTEZA	1
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	1
1.4. ZNANSTVENE METODE	2
1.5. STRUKTURA RADA.....	2
2. FPSO i FSO TEHNOLOGIJE	3
2.1. ZNAČAJKE FPSO I FSO PLOVILA	3
2.2. NAMJENA FPSO I FSO PLOVILA.....	7
2.2.1. Prerada ugljikovodika.....	7
2.2.2. Pohrana ugljikovodika.....	9
2.2.2.1. Sustav manipulacije ugljikovodicima.....	9
2.2.2.2. Sustav upravljanja temperature ugljikovodika	10
2.2.2.3. Sustav mjerenja količine ugljikovodika unutar tankova.....	11
2.2.2.4. Sustav inertnog plina	11
2.2.3. Iskrcaj ugljikovodika.....	12
3. SPRJEČAVANJE I UMANJIVANJE ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA S OSVRTOM NA FPSO I FSO PLOVILA	14
3.1. FPSO/FSO ONEČIŠĆENJA	14
3.2. SREDSTVA, SUSTAVI I METODE ZA SPRJEČAVANJE, UMANJIVANJE I UKLANJANJE ONEČIŠĆENJA	21
3.2.1. Sprječavanje onečišćenja mora uljima	22
3.2.1.1. BOP	22
3.2.1.2. Konstrukcijska rješenja podizača	23
3.2.1.3. ERSOC	24
3.2.1.4. SOPEP plan	25
3.2.1.5. Knjiga o uljima.....	28
3.2.1.6. Zauljene vode	29

3.2.2. <i>Umanjivanje i uklanjanje onečišćenja mora uljima</i>	30
3.2.2.1. Oprema i metode za umanjivanje i uklanjanje uljnog onečišćenja.....	31
3.2.2.2. Plan reakcije obalnih organizacija.....	36
3.3. INOVATIVNE TEHNOLOGIJE UKLANJANJA I UPRAVLJANJA	
ONEČIŠĆENJIMA	44
3.3.1. <i>Tehnologije uklanjanja onečišćenja</i>	44
3.3.1.1. Magnetni sapun	45
3.3.1.2. OHM spužve.....	45
3.3.1.3. Skimer diskovi.....	46
3.3.1.4. Otter skimer	48
3.3.1.5. Autonomni roboti	49
3.3.1.6. Hidrofobne biljke.....	50
3.3.2. <i>Metode detekcije i nadzora onečišćenja</i>	52
3.3.2.1. Miros OSD	52
3.3.2.2. Detekcija i praćenje uljne mrlje dronovima	54
3.3.2.3. Sustavi detekcije i mapiranja uljne mrlje satelitima.....	55
4. PRIJEDLOG SREDSTAVA I METODA ZA IMPLEMENTACIJU KOD	
FPSO I FSO PLOVILA	58
4.1. PRIJEDLOG SREDSTAVA I METODA U POGLEDU SPRJEČAVANJA	
ONEČIŠĆENJA	58
4.2. PRIJEDLOG SREDSTAVA I METODA U POGLEDU UMANJIVANJA I	
UKLANJANJA ONEČIŠĆENJA.....	58
4.2.1. <i>Opremanje FPSO/FSO plovila</i>	59
4.2.2. <i>Obalna organizacija</i>	63
5. ZAKLJUČAK	64
LITERATURA	65
POPIS SLIKA	73
POPIS TABLICA	74
POPIS GRAFIKONA	74
PRILOG 1.	75
PRILOG 2.	93

1. UVOD

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

Problem istraživanja se odnosi na primjene tehnologija za sprječavanje, umanjivanje i uklanjanje onečišćenja mora nastalog sa FPSO i FSO plovila.

Aktualni problem istraživanja otvara više potencijalnih predmeta istraživanja, no predmet na koji se ovaj diplomski rad fokusira jest tehnologija sprječavanja i umanjivanja onečišćenja usklađena sa FPSO i FSO plovilima.

Promatrajući povezanost problema i predmeta istraživanja ističu se idući objekti istraživanja, a to su:

- FPSO i FSO plovila,
- FPSO i FSO tehnologije,
- Sredstva i metode za sprječavanje, umanjivanje i uklanjanje onečišćenja.

1.2. RADNA HIPOTEZA

U skladu s prethodno navedenim problemom, predmetom i objektima istraživanja ustanovljava se radna hipoteza:

Ispravnim pristupom, postupcima i inovativnim tehnologijama moguće je spriječiti onečišćenje, dok je u slučaju nezgode moguće ranije otkriti onečišćenje te umanjiti njegovo djelovanje.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Obzirom na manjak informacija o FPSO brodovima unutar znanstvenih radova, svrha ovoga diplomskog rada jest objediniti osnovne definicije, značajke i namjene FPSO i FSO uz pregled različitih opcija koje se mogu koristiti za uspješno sprječavanje, umanjivanje i uklanjanje onečišćenja mora u skladu sa svim regulacijama.

Ciljem ovog istraživanja bi se smatralo stvaranje jednostavnog i preglednog oblika sredstava koja bi se mogla koristiti za učinkovitu borbu sa onečišćenjem.

Za uspješnu obradu ove tematike kroz diplomski rad će se pružiti odgovori na pitanja: Zašto je ova vrsta plovila nastala? Koji problem ova vrsta plovila rješava? Koje su značajke ovih plovila? Kako funkcioniraju ova plovila? Koje su značajke FPSO i FSO plovila? Koji problemi se javljaju u eksploataciji? Koliko ih ima na svijetu? Kako izgleda statistika izljeva i

nezgoda? Koja se sredstva općenito koriste za sprječavanje, umanjivanje i uklanjanje onečišćenja mora, a koja se koriste na FPSO i FSO plovilima? Je li uporaba takvih sredstava učinkovita i postoje li bolje opcije? Koje su inovativne metode uklanjanja onečišćenja?

1.4. ZNANSTVENE METODE

U izradi diplomskog rada, korištene su iduće kombinacije znanstvenih metoda: metoda indukcije i dedukcije, metoda analize i sinteze, metoda specijalizacije i generalizacije, komparativna metoda, metoda kompilacije, metoda deskripcije, metoda klasifikacije statistička metoda i metoda uzoraka.

1.5. STRUKTURA RADA

U prvom dijelu, odnosno uvodu navedeni su problem, predmet i objekti istraživanja, radna hipoteza, svrhe i cilj istraživanja, znanstvene metode i struktura rada.

Drugi dio, '*FPSO i FSO tehnologije*' sadrži definiranje osnovnih pojmova vezanih uz FPSO i FSO plovila uz pojašnjenje strukture i namjene tehnologije FPSO i FSO plovila.

'*Sprječavanje i umanjivanje onečišćenja mora s osvrtom na FPSO i FSO plovila*' je treći dio. Strukturiran je na način da se u prvom segmentu stvori uvid na rizičnost nastanka onečišćenja uzrokovanog nezgodom, te da se u drugom dijelu promotre sredstva i sustavi koji se koriste u svrhe sprječavanja, umanjivanja i uklanjanja onečišćenja i u trećem dijelu stvori predodžba o novim sredstvima za spomenuto koja su tek u razvoju.

Četvrti dio, '*prijedlog sredstava i metoda za implementaciju kod FPSO i FSO plovila*' se odnosi na analizu uspješnosti djelovanja svih sredstava i sustava – te isticanje onih koji imaju najveću učinkovitost pri uporabi uz adekvatnu mobilnost i druge parametre.

Konačni, peti dio jest '*zaključak*' koji sadrži sintezu ovog istraživanja kojom se dokazuje istinitost radne hipoteze.

2. FPSO i FSO TEHNOLOGIJE

Osnovne razlike između FPSO i FSO tehnologija se baziraju na temelju njihovih namjena i značajka.

U nastavku rada će se na FPSO i FSO plovila referirati kao na plovne objekte, jer ne moraju biti nužno brodovi nego i barže¹. To je tako prvenstveno zato što ove vrste brodova mogu nastati na dva načina. Prvi način obuhvaća izgradnju novog takvog plovila odnosno barže koje najčešće ima izgled broda – no nije istinski brod. Drugi način izvedbe obuhvaća pretvaranje odnosno konvertiranje postojećeg tankera u FPSO ili FSO brod, no češće u FSO jer na taj način nema potrebe za izgradnjom dodatnog postrojenja za preradu.

2.1. ZNAČAJKE FPSO I FSO PLOVILA

FPSO (slika 1.) je skraćenica za engl. naziv '*Floating Production, Storage and Offloading vessel*', što na hrvatskom stoji za plutajuća postrojenja za proizvodnju, pohranu i iskrcaj ugljikovodika. To je jedna od vrsta plutajućih postrojenja koja se koriste za iskorištavanje podmorskih ležišta ugljikovodika [1].



Slika 1. FPSO plovilo

Izvor: [2]

¹ Barža – plovilo bez vlastitog pogona sposobno zadržavati određeni teret

Osim FPSO vrste koja se primarno fokusira na naftu postoji FLNG (eng. *Floating Liquefied Natural Gas*) koji radi sličnim principom kao FPSO, ali je namijenjeno za crpljenje prirodnog plina koji se ukapljuje pomoću postrojenja koji se nalazi na palubi tog broda. Osim toga postoje:

- FSO – (eng. *Floating Storage and Offloading vessel*) – u principu FPSO bez postrojenja za proizvodnju, odnosno plovilo koje se koristi samo za skladištenje i iskrcaj ugljikovodika (slika 2.),

- FDPSO – (eng. *Floating Drilling Production, Storage and Offloading vessel*) – u principu FPSO sa dodatnom mogućnošću bušenja do podmorskog ležišta ugljikovodika [3].



Slika 2. FSO plovilo

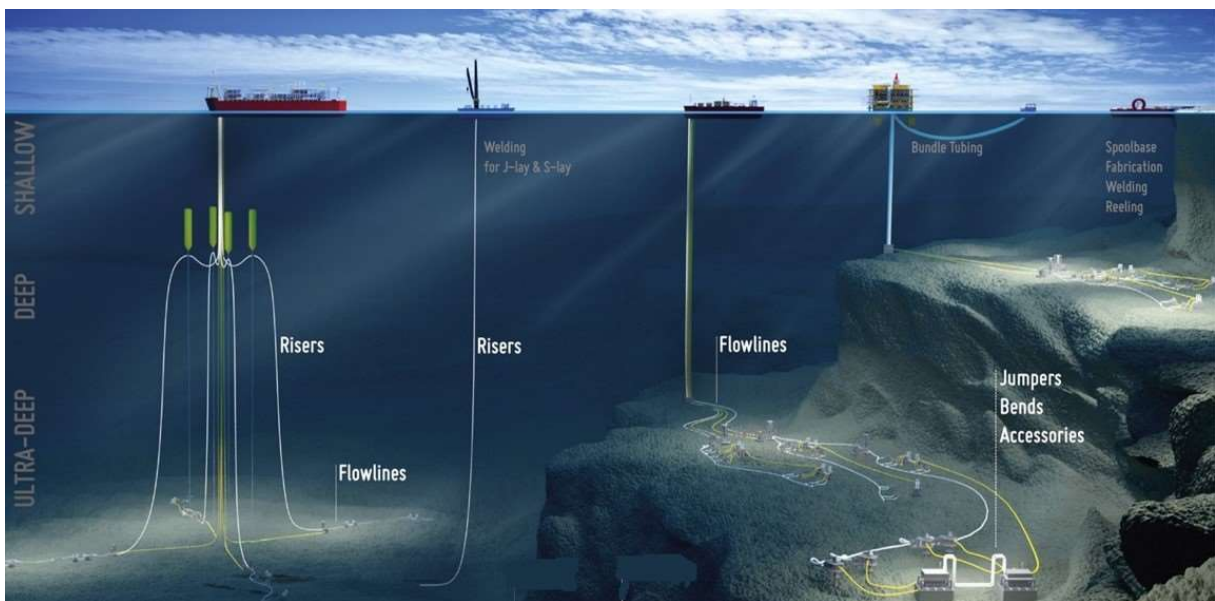
Izvor: [2]

Osnovna razlika između FPSO i FSO plovila je u tome što FSO plovila ne crpe naftu i nemaju postrojenje za preradu nafte.

Konstrukcija FPSO plovila u načelu se sastoji od idućih sustava:

- podvodni sustav,
- sidrena kupola,
- postrojenje prerade (vidi 2.2.1.),
- skladišni prostor (vidi 2.2.2.),
- prostor za posadu i
- pogon plovila.

Unutar podvodnog sustava nalaze se podmorsko ležište ugljikovodika, bušotine, cjevovoda i podizača. Ležište ugljikovodika je zatvoreni prostor ispod površine morskog dna unutar kojega se nalazi određeni ugljikovodik (tu ulaze plinovi, sirova nafta i slično). Iz podmorskog ležišta putem bušotine se pojedini ugljikovodik dovodi do površine morskog dna. Nakon što ugljikovodik prođe kroz pripadajuće zaštitne sustave od nekontroliranog istjecanja ugljikovodika, povezuje se sa podvodnim prekrcajnim razvodnikom (engl. *manifold*). U pravilu se koristi više bušotina, od kojih se svaka povezuje na isti prekrcajni razvodnik što povećava stupanj iskoristivosti. Nakon prekrcajnog razvodnika pojedini ugljikovodik se kreće horizontalnim cjevovodima položenim na morsko dno (engl. *flowlines*). Tako se dovode do podizača (engl. *riser*), oni mogu biti izvedenim krutim ili elastičnim materijalom, a služe za podizanje ugljikovodika sa morskog dna na površinu mora. Podizači su spojeni na sidrenu kupolu, a masa ugljikovodika unutar cjevovoda podizača raste sa visinom. Kako bi se spriječio utjecaj težine te mase na sidrenu kupolu kod većih dubina postavljaju se uzgonski spremnici koji se povezuju na podizače (slika 3.) [4].



Slika 3. Prikaz raznih vrsta podvodnih sustava kod odobalnih objekata

Izvor: [5]

Sidrena kupola (engl. *turret*) je svojevrsni posrednički dio FPSO i FSO plovila sa dvojnog svrhom. Prva je povezivanje podvodnog sustava i postrojenja za preradu, a druga da se koristi za privezivanje broda sa morskim dnom s obzirom na to da je sidrena kupola usidrena u morsko dno. Vizualni prikaz je na slici 4.

Sidrena kupola se koristi primarno za prekrcaj ugljikovodika. Ugljikovodici se ukrcavaju na plovilo, a sa plovila se šalju sredstva (najčešće plin ili voda) koja se ubrizgavaju unutar ležišta kako bi se povećao tlak u ležištu (omogućavanje lakšeg istjecanja ugljikovodika). Sidrena kupola se može koristiti i za spaljivanje viška plinova koji se javljaju. Sekundarna svrha mu je da bude točka okreta FPSO plovilu. Dakle, uslijed utjecaja vjetrovalova i morskih struja, FPSO plovilo se može slobodno kretati oko sidrene kupole [1].



Slika 4. Sidrena kupola, SOFEC

Izvor: [6]

Prostor za posadu se najčešće kao i kod većine brodova nalazi na krmu (za primjer – slike 1. i 2.), gdje se nalaze zapovjednički most i sve upravljačke konzole za sustave koji se nalaze na brodu. Pozicioniran je na krmu kako bi se ostvarila sigurnost posade (postavljanje na dovoljnu udaljenost od postrojenja i sidrene kupole na kojemu se može odvijati proces spaljivanja viška plinova).

Brodski vijak i pogonsko postrojenje su izvedeni na krmu, jer se koristi isključivo za premještanje FPSO ili FSO plovila na završetku eksploatacijskog vijeka ležišta ili kraja ugovora. Najčešće ova vrsta brodova dolazi sa uobičajenim pogonskim postrojenjem na krmu jer se u većini slučajeva radi o FPSO ili FSO plovilima koji su nastali konvertiranjem postojećih tankera. FPSO ili FSO novogradnje nisu opremljene pogonskim sustavom [7].

2.2. NAMJENA FPSO I FSO PLOVILA

Namjena FPSO plovila je trostruka i ona se iščitava iz kratice FPSO. Namjene su:

- prerada,
- pohrana i
- iskrcaj ugljikovodika.

Namjena FSO broda je dvostruka, a iščitava se također iz njegove kratice, koja obuhvaća pohranu i iskrcaj ugljikovodika.

Prema namjenama mogu se navesti daljnji koraci „koji nam prikazuju temeljiti princip rada ove vrste plovila.

2.2.1. Prerada ugljikovodika

Postrojenje prerade jest postrojenje koje se proteže preko palube FPSO broda (slika 1.), ono omogućava sigurnu i učinkovitu preradu ugljikovodika

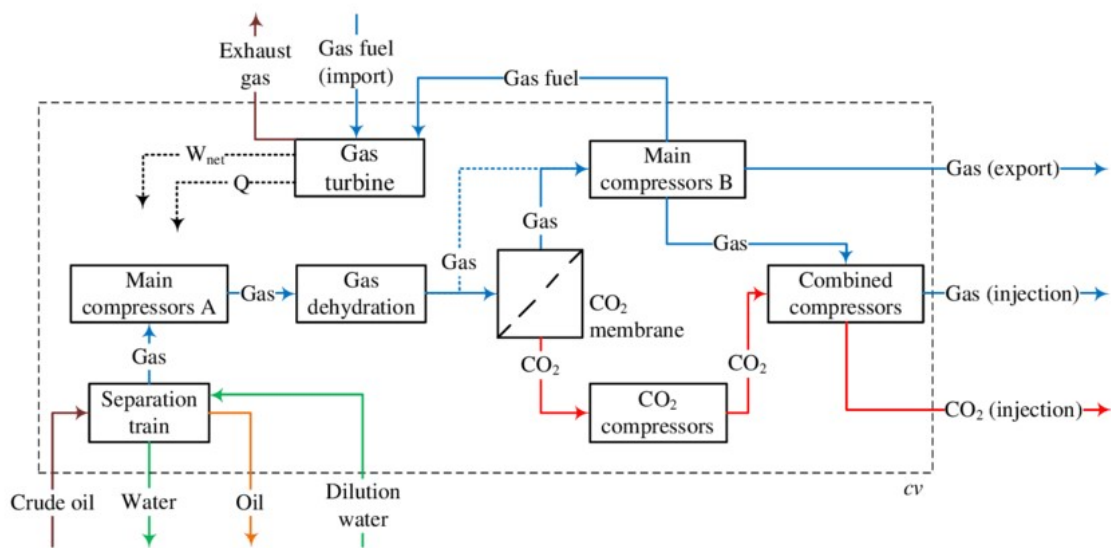
Ovo je jedan od dva elementa koja čine razliku između FSO i FPSO tehnologija, jer FSO tehnologija ne uključuje postrojenje za preradu ugljikovodika i sustav za crpljenje ugljikovodika.

Pojam „prerada“ se ne odnosi na rafinerijsku preradu ugljikovodika, već na proceduru pročišćavanja crpljenog ugljikovodika. Kako bi došlo do tog procesa, kretanje ugljikovodika se provodi: od ležišta do sidrene kupole i od postrojenja za preradu do prostora za pohranu. Ovo je najvažnija značajka odnosno korak procesiranja kod ove vrste plovila (FPSO).

Kako bi se uopće mogao poduzeti korak prerade ugljikovodik se mora dovesti do postrojenja za preradu. Ovaj proces se odvija u podvodnom sustavu FPSO tehnologije, te on ujedno obuhvaća i podmorski sustav.

Crpljenje se odvija na dva načina, koja su ovisna o fazi eksploatacije ležišta. U početnim fazama prirodni tlak u ležištu je takav da ugljikovodik unutar njega samostalno nastoji izaći van kroz bušotinu. U kasnijim fazama eksploatacije potrebno je injektirati bušotinu vodom, plinom i sličnim supstancama kako bi se postigao optimalan tlak pri kojemu ugljikovodik može izaći kroz bušotinu. Crpljenjem iz podmorskih ležišta kroz bušotinu sirovina dolazi do glave bušotine i potom do glavnog podvodnog prekrcajnog razvodnika odakle se kreću kroz položene cjevovode, preko podizača sve do sidrene kupole. Nakon toga slijede procesi pročišćavanja

crpljene sirovine u svrhu dobivanja ugljikovodika. Iz sirovine se odvajaju voda, plin i druge supstance [4].



Slika 5. Shema odvajanja i kretanja plina kroz postrojenje

Izvor: [8]

Odvajanje plina iz sirovine je prvi separacijski proces. Kao što je prikazano na slici 5. sirova nafta se dovodi u glavni separator gdje se obavlja osnovno odvajanje elemenata sirovine. Plin u ovom slučaju koji se odvaja putuje do glavnog kompresora, nakon kojega ide u sekciju za dehidraciju (odstranjivanje vlage). Od tamo postoji više mogućnosti.

Jedna solucija je da plin² putuje do CO₂ membrane gdje se odvaja CO₂ iz plina koji se koristi za injektiranje ležišta. Druga solucija je da se taj plin bez odvajanja CO₂ koristi za injektiranje ležišta. Treća mogućnost je da se plin komprimira i zatim iskrcava. Četvrta opcija je spaljivanje tih plinova na prostoru prekrcajnog tornja. Konačna solucija je da se plin koristi kao pogonsko gorivo za pokretanje postrojenja. Svaka od ovih solucija, osim četvrte koristi se za povećanje stupnja iskoristivosti cijelog sustava.

Odvajanje vode je drugi separacijski proces u kojem se osim plina ostvaruje dobivanje čiste nafte. Ovaj proces je omogućen radi toga što će nafta isplivati na površnu vode, te plutati na njoj. Usisavanje vode sa dna takvog tanka omogućava njeno otklanjanje. Na taj način

² U ovom slučaju izraz 'plin' obuhvaća primarno mješavinu metana, ugljikovog dioksida i drugih gorivih supstanci koje se javljaju u tragovima (propan, butan, vodik,...).

odvojena voda se pohranjuje u rezervoar otpadne vode (engl. *slop tank*) ili se upotrebljava za injektiranje ležišta [1].

Odvajanjem svih prethodno navedenih supstanci postiže se izoliranje ugljikovodika, u ovom slučaju nafte. Ta nafta zatim putuje u prostor predviđen za pohranu nafte.

Ukoliko je kapacitet postrojenja za preradu ugljikovodika veći od rate crpljenja ugljikovodika, može biti izrađena i solucija u kojoj se ukrcavaju ugljikovodici i sa okolnih platformi koji se potom prerađuju, pohranjuju i iskrcavaju.

2.2.2. Pohrana ugljikovodika

Pohrana ugljikovodika, odnosno njihovo skladištenje unutar tankova tereta je idući korak u procesiranju ugljikovodika kod FPSO brodova i ono predstavlja međukorak između prerade i iskrcaja. Valja napomenuti da je pohrana ugljikovodika glavna zadaća kod FSO brodova za razliku od prerade koja je glavna zadaća kod FPSO brodova. Za uspješnu i sigurnu pohranu ugljikovodika koriste se sustav manipulacije ugljikovodicima, sustav upravljanja temperaturom ugljikovodika, sustav mjerenja količine ugljikovodika i sustav inertnog plina.

2.2.2.1. Sustav manipulacije ugljikovodicima

Sustav manipulacije ugljikovodika se može izvoditi kroz dvije izvedbe:

- Pumpna stanica (engl. *pump room*)
 - kod procesa ukrcaja u početku prekrcajne operacije se preko pumpne stanice ukrcava ugljikovodik u tankove, a nakon početne faze se ukrcava preko tzv. drop linije,
 - kod procesa iskrcaja koristi se centralna pumpna prostorija u kojoj se nalazi pumpa koja iskrcava naftu iz svih tankova, koja se dobavlja pomoću cjevovoda položenog ispod tankova tereta, u koji nafta ulazi na krmenom dijelu tankova.
- Pojedinačna izvedba (framo pumpe)
 - u ovoj izvedbi svaki tank tereta je opremljen uronjenom framo pumpom koja se koristi za obavljanje prekrcajnih operacija sa teretom.

Takvi su stilovi gradnje preuzeti od načina gradnje klasičnih tankera, a usvojen je prvenstveno zato što su prva FPSO plovila bila upravo konvertirani klasični tankeri za prijevoz sirove nafte.

Sustav manipulacije ugljikovodicima također obuhvaća sustave cjevovoda i ventila. Sustav cjevovoda i ventila je u pravilu izveden kao i kod većine klasičnih tankera za prijevoz sirove nafte. Što znači da se glavni cjevovod nalazi na palubi, sigurno postavljen kako ne bi mogao narušiti visokom stupnju sigurnosti koju ovi brodovi pružaju i zaštitu posade, broda i okoliša.

Kod izvedbe sustava cjevovoda jako je važno obratiti pozornost na deformacije cjevovoda uzrokovane promjenom temperature, na to se utječe korištenjem 3 različite izvedbe. To su: cijev u cijev, U profil i harmonika sistem.

Ventili imaju više mogućih izvedbi, kao što su zasuni, ravni, kuglasti i leptir. Leptir ventil se najčešće koristi [9].

2.2.2.2. Sustav upravljanja temperature ugljikovodika

Sustavi termalne manipulacije su dizajnirani u skladu s vrstom ugljikovodika koji se prevozi odnosno pohranjuje na plovilu. U ovom slučaju tu se radi o sirovoj nafti

Naftu je potrebno zagrijavati kako bi se održala povoljna viskoznost koja omogućava jednostavnu manipulaciju odnosno iskrcaj. Zagrijavanje se može izvoditi pomoću palubnih grijača ili pomoću spiralnih cjevovoda položenih na dnu tanka. A zagrijavanje cijelog tanka, a ne samo dna se na te načine postiže kroz prirodnu cirkulaciju topline unutar tanka.

2.2.2.3. Sustav mjerenja količine ugljikovodika unutar tankova

Na slici 6. može se vidjeti prikaz radara za mjerenje razine tekućine unutar tanka (lijevi uređaj) i detektor visoke razine tekućine unutar tanka (desni uređaj).

Radar za mjerenje razine tekućine unutar tanka mjeri udaljenost od razine tekućine do vrha tanka tereta (engl. *ullage* – prikazan strelicom na slici 6.). Tu udaljenost mjeri na principu mjerenja vremena koje je potrebno elektromagnetskom signalu da se reflektira od površinu tereta i da se vrati radaru. Izvedeno iz formule $d = \frac{c \cdot t}{2}$, gdje je:

d – *ullage*,

c – konstanta brzine svjetlosti i

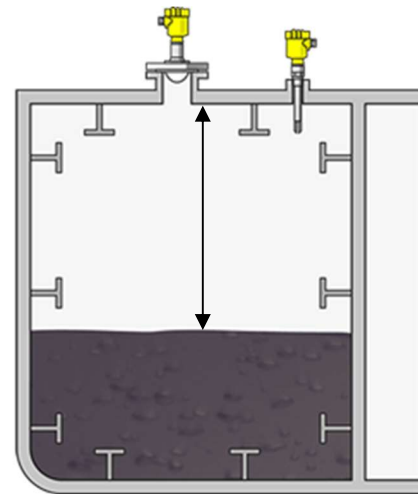
t – vrijeme potrebno da se odaslani signal vrati.

Detektor visoke razine tekućine unutar tanka služi obavješćavanju posade o visokoj ili vrlo visokoj razini tekućine unutar tanka. Pod visoku se podrazumijeva otprilike 95% ispunjenosti tanka tereta, a vrlo visoku razinu 98% ispunjenosti tanka tereta [9]. Ne valja prelaziti ispunjenost veću od 98% radi sigurnosnih razloga (mogućnosti dodatnog zagrijavanja tereta uzrokovanog vanjskim utjecajima bi rezultiralo širenjem tereta i curenjem nafte iz tankova što može stvoriti rizik od onečišćenja).

2.2.2.4. Sustav inertnog plina

Pod sustavom inertnog plina mogu se ubrajati osnovni inertni plin (IG) i dušik. Razlog tome je činjenica da oba plina ne gore i ne podržavaju gorenje. Pod osnovni inertni plin podrazumijevamo plin koji prema SOLAS-u ima manje od 8% kisika, no u stvarnosti je udio kisika u inertnom plinu oko 3% [9].

Sa ispunjavanjem tankova ugljikovodikom (u ovom slučaju sirovom naftom) inertni plin se izbacuje iz tanka, a iskrcajem ugljikovodika se inertni plin ukrcava kako bi se kontinuirano održavao radni tlak i omogućila sigurnost pri rukovanju sa ugljikovodikom.



Slika 6. Sustav mjerenja količine ugljikovodika unutar tankova

Izvor: [10]

Sustav dušika se koristi kada je ugljikovodik u pitanju prirodni plin, jer se neće zalediti na niskim temperaturama koje su potrebne za održavanje prirodnog plina u ukapljenom stanju [9]. On se može dobivati generatorom inertnog plina ili se može ukrcati sa obale.

2.2.3. Iskrcaj ugljikovodika

Pod „iskrcajem ugljikovodika“ misli se na prekrcaj ugljikovodika sa FPSO/FSO broda na obalu. Ovakav prekrcaj može se ostvariti na dva načina:

- brodom i
- podvodnim cjevovodom.

Uvijek se odabire najefikasniji način s obzirom na pojedine parametre. Ti parametri bi bili prvenstveno:

- udaljenost FPSO/FSO plovila od obale,
- dubina na kojoj se FPSO/FSO plovilo nalazi i
- kapacitet FPSO/FSO plovila.

Kada se ovaj prekrcaj obavlja brodom, dolazi do dvije dodirne točke u sustavu. Točka FPSO-brod i točka brod-obala. Ukoliko se ovaj pristup ekonomski gledano više isplati od iskrcaja ugljikovodika cjevovodom onda se primjenjuje ovaj sistem.

Što se može odmah zaključiti jest da se u segmentu FPSO/FSO-brod radi o STS (engl. *ship to ship transfer*) transferu, odnosno prekrcaju brod-brod.

STS transfer (primjer na slici 7.) koristi plutajući cjevovod koje se proteže prema van od krme ili boka broda za prekrcaj, a na njega se brod koji vrši prijevoz do obale spoji i ukrcava naftu.

Nakon STS prekrcaja, brod zadužen za prijevoz ugljikovodika normalno prevozi do određene luke iskrcaja, te tamo iskrcava prethodno ukrcani ugljikovodik.

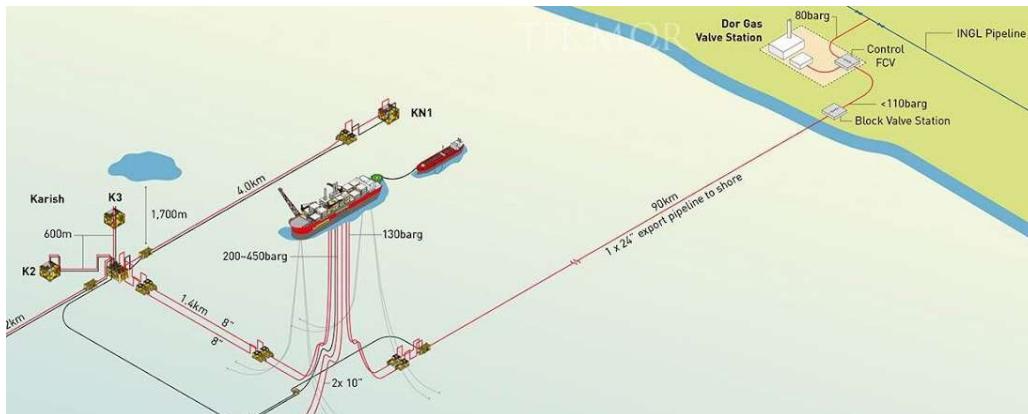


Slika 7. Bočni STS transfer

Izvor: [11]

Kod iskrcaja ugljikovodika sa FPSO/FSO broda na obalu putem cjevovoda (slika 8.) koristi se cjevovod koji se polaže na morsko dno. Cjevovod se proteže od FPSO/FSO broda sve

do mjesta prekrcaja tog ugljikovodika na obali, ukoliko se naravno ova izvedba pokaže kao ekonomski isplativija. Ovo se prakticira za naftu, višak plinova koji se javlja i za prirodni plin.



Slika 8. Iskrcaj ugljikovodika brodom i cjevovodom

Izvor: [12]

3. SPRJEČAVANJE I UMANJIVANJE ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA S OSVRTOM NA FPSO I FSO PLOVILA

More može biti onečišćeno uljima, kemikalijama, opasnim pakiranim teretima, fekalijama i smećem. Radi količine ulja koja se javlja u eksploataciji FPSO i FSO brodova primarni fokus će u nastavku rada biti stavljen na onečišćenja izazvana uljima. Onečišćenje je najvažnije nastojati spriječiti, no ukoliko nastane prvi prioritet je umanjivanje stupnja onečišćenja i što je brže otklanjanje nastalog onečišćenja. Onečišćenje mora uljima potencijalno nastaje kao posljedica više mogućih događaja. Tu se ubrajaju nezgode poput sudara, udara, nasukanja, požara i slično. Pored izvanrednih onečišćenja nastalih nezgodama postoje i operativna onečišćenja nastala ispuštanjima ulja. Ispuštanje ulja obuhvaća „...svako istjecanje, odstranjivanje, prosipanje, curenje, pumpanje, izbacivanje ili pražnjenje.“, gdje se ne obuhvaćaju iskorištavanja i prerade mineralnih bogatstava morskog dna i ispuštanja u svrhe znanstvenih istraživanja [13]. Od ovog pojma oslobađaju se zagađivači u slučaju da je to nužno za osiguranje sigurnosti broda ili ljudi na njemu (tu se računaju i druga plovila), te ispuštanje ulja prouzročeno oštećenjem broda ili opreme (osim u slučaju namjere i nepažnje i sa spoznajom da bi šteta mogla nastati,..) [14].

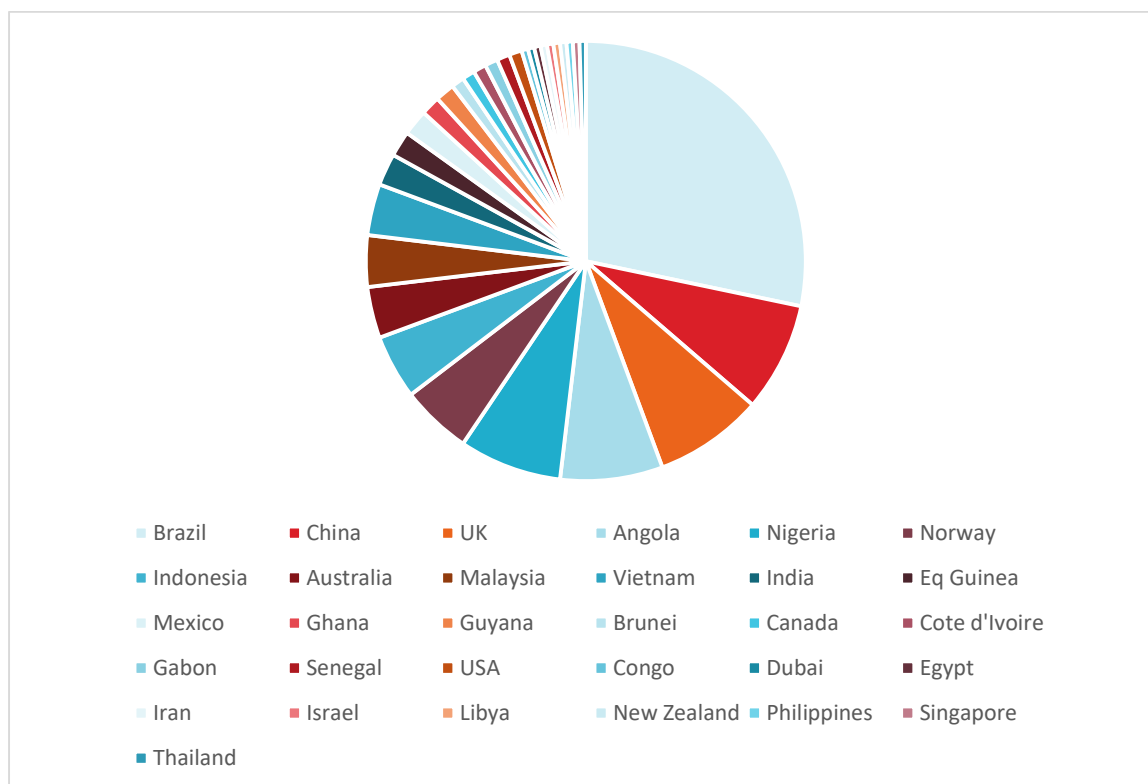
Onečišćenja uljima imaju izuzetno visok negativni utjecaj na okoliš, a svijest o tim posljedicama potiče razvijanje sredstava, sustava i metoda za uklanjanje tih onečišćenja. Iako su ovakva onečišćenja na većim razmjerima rijetka, ona mogu nastati uslijed operacija istraživanja, vađenja i prijevoza ulja (specifično sirove nafte i njenih derivata). Za primjer se mogu istaknuti istjecanja ulja kao uzrok ekoloških katastrofa *Amoco Cadiz* (1.6 miliona barela ulja), *Exxon Valdez* (između 0.25 i 0.75 miliona barela sirove nafte), *Prestige* (preko 0.46 miliona barela HFO - engl. *Heavy Fuel Oil*), *Deepwater Horizon* (4 miliona barela nafte), [15-18].

3.1. FPSO/FSO ONEČIŠĆENJA

Kako bi se uspješno obradile metode i sredstva za sprječavanje i umanjivanje onečišćenja mora uljima proći će se kroz pregled pomorskih nezgoda vezanih uz FPSO/FSO brodove u svrhu prepoznavanja rizika od nastanka onečišćenja okoliša koji ovi brodovi predstavljaju. Pomorske nezgode koje ulaze u ovo su sudar, udar, požar i ostale nezgode koje mogu uzrokovati onečišćenje mora.

U 1. prilogu nalazi se popis FPSO brodova za 2021. godinu. U grafikonu 1. nalazi se vizualnu reprezentaciju količine smještenih FPSO brodova unutar svake.

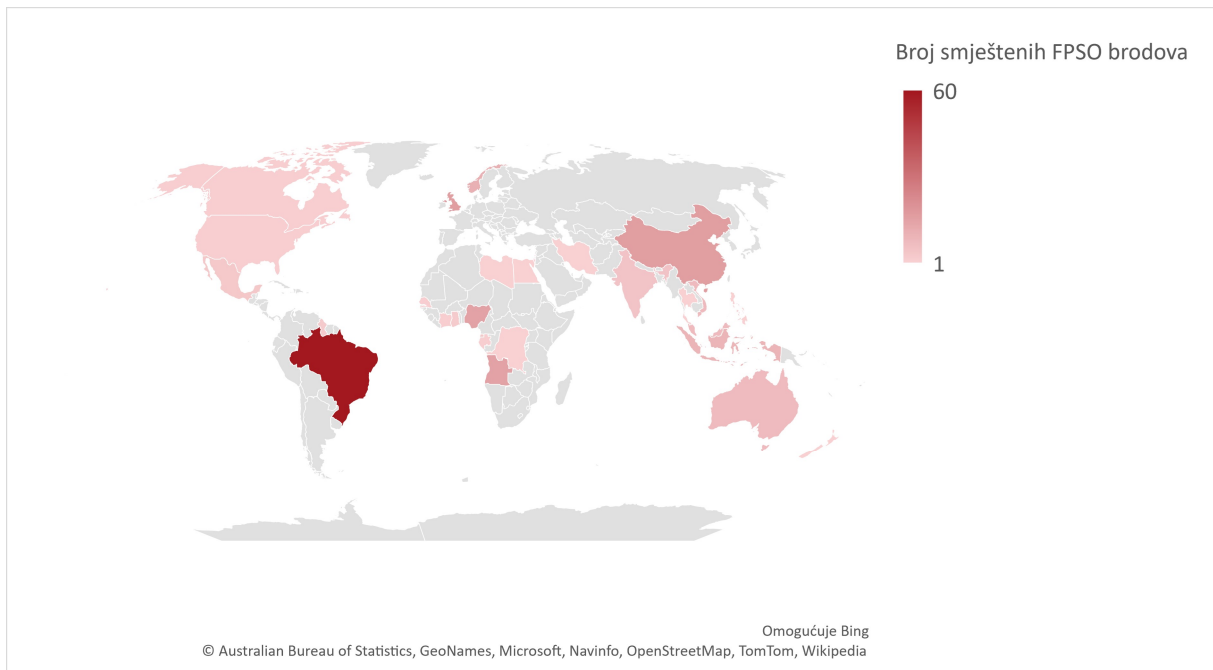
Na svijetu se prema podacima svjetskog pregleda FPSO plovila iz 2021. godine nalazi 212 FPSO plovila (neki su tada bili u procesu izgradnje) [19]. Prema posljednjim podacima unutar mora Brazila nalazi se čak 60 FPSO brodova, što je 28% FPSO brodova na svijetu. Nakon toga su Kina i Ujedinjeno Kraljevstvo sa 17 brodova, što znači da svaka država ima po 8% FPSO brodova u svijetu. Angola i Nigerija imaju po 16 FPSO brodova, što je zaokruženo jednako kao i kod Kine i Ujedinjenog Kraljevstva po postotku. Još valja istaknuti Norvešku sa 11 brodova (5%), Indoneziju sa 10 (5%). Preostalih 31% sačinjavaju preostale navedene države sa 1. grafikona – Australija, Malezija, Vijetnam, Indija, Meksiko, Kanada, Senegal, USA, Egipat, Iran, Izrael,... Unutar tih 212 brodova, ukupna maksimalna dnevna proizvodnja u tisućama barela (MBOPD - engl. *Thousand Barells of Oil Per Day*) je procijenjena na 20358 – što je nešto više od 20 miliona barela dnevno.



Grafikon 1. Raspodjela FPSO brodova

Izvor: [19], obradio: autor

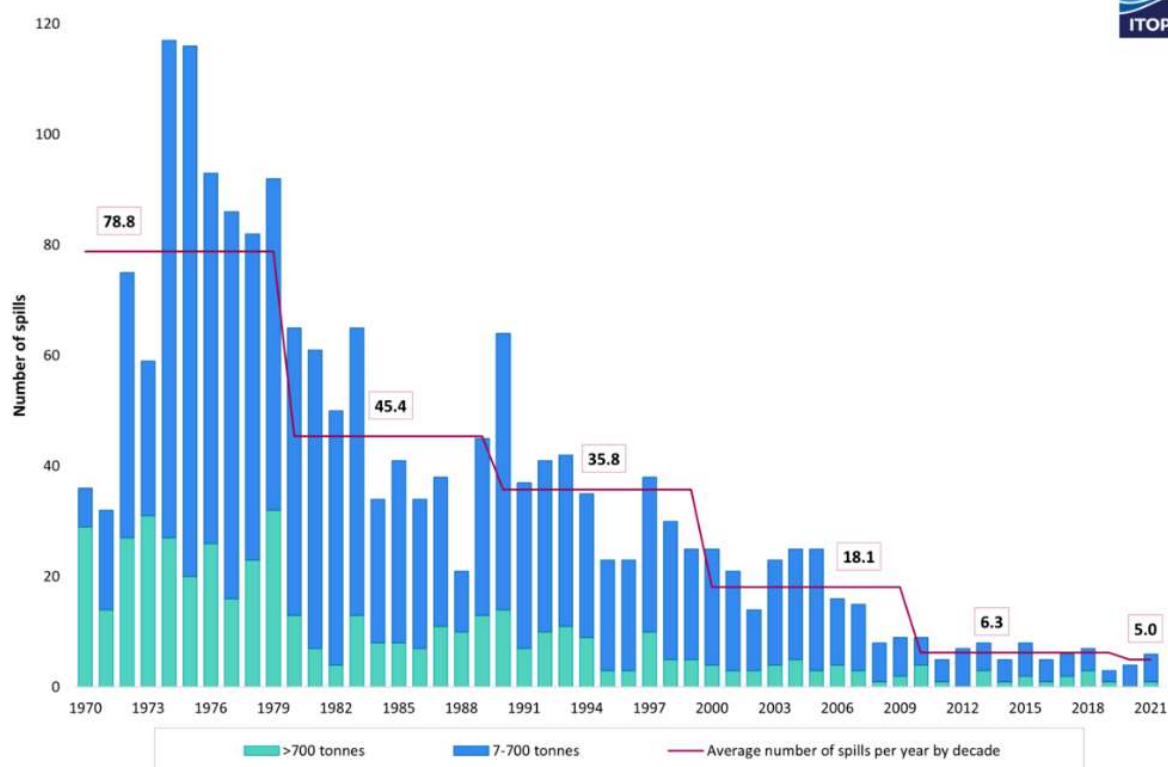
Za bolji pregled o geografskom pozicioniranju ovih brodova pružen je zemljovid unutar slike 9.



Slika 9. Zemljovid smještaja FPSO brodova po svijetu

Izvor: [19], obradio: autor

Iako onečišćenja nisu isključivo posljedica nezgoda, potrebno ih je istaknuti kao uzrok znatno većih onečišćenja od onih nastalih operativnim putem. ITOPF - engl. *International Tanker Owners Pollution Federation Limited* je za tankere, FPSO, FSO i ostala plovila koja prevoze ulje napravio statistiku izljeva ulja od 1970. do 2021. godine prikazanu na 2. grafikonu. Unutar ovog grafikona izljevi se kategoriziraju na osrednje (od 7 do 700 tona – plava boja) i velike (preko 700 tona – zelena boja). U periodu od 1970. do 2020. godine količina prijevoza nafte se povećala za gotovo duplo – sa nešto manje od 1.500 miliona tona na nešto manje od 3.000 miliona tona godišnje [19]. Navedeno ukazuje na veliki napredak u sprječavanju izljeva ulja.



Grafikon 2. Broj izljeva u periodu od 1970. do 2021. godine

Izvor: [20]

Statistika nesreća za plutajuća plovila unutar kontinentalnog pojasa UK pruža podatke o nezgodama vezanim za FPSO i FSO brodove dostupni su za period od 1980. do 2005. godine unutar kontinentalnog pojasa Ujedinjenog Kraljevstva [21]. S obzirom na to da se u 2021. godini nalazi 8% svjetske flote FPSO brodova (17 njih) ovi podaci se mogu koristiti za adekvatni pregled nezgoda ovih vrsta brodova. Pruženi podaci se obrađuju pomoću godina uporabe po jednom brodu unutar perioda od 1980.-2005. (engl. *no. of unit-years*). Unutar tablice 1. nalazi se popis FPSO i FSO brodova koji se nalazio na području kontinentalnog pojasa Ujedinjenog Kraljevstva u spomenutom vremenskom periodu. Konstrukcijski se kako je ranije spomenuto razlikuju kao konvertirani brodovi (K) i izgrađeni u tu svrhu (I).

Tablica 1. Popis brodova na području kontinentalnog pojasa VB u periodu od 1980.-2005.

Ime broda	FPSO/FSO	Konstrukcija K/I	Godine uporabe
Ailsa Craig	FSO	K	3,5
Alba FSU	FSO	I	12
Anasuria	FPSO	I	9,3
Bleo Holm	FPSO	I	6,8
Captain FPSO	FPSO	I	8,6

Curlew FPSO	FPSO	K	8,2
Fulmar FSU	FSO	K	12,3
Glas Dowlr	FPSO	I	1,9
Global Producer III	FPSO	I	5
Gryphon 'A'	FSPO	I	13
Haewene Brimm	FPSO	I	6,9
Liverpool Bay Osi	FSO	I	9,8
Nordic Apollo	FSO	K	5,1
North Sea Producer	FPSO	K	8,4
Petrojarl 1	FPSO	I	6,1
Petrojarl Foinaven	FPSO	I	8,2
Ramform Banff	FPSO	I	6,9
Schiehallion FPSO	FPSO	I	7,5
Seillean	FPSO	I	9,6
Triton	FPSO	I	6,4
Uisge Gorm	FPSO	K	10,4
Vinga	FSO	I	4,1
Ukupno			170

Izvor: [21], uredio: autor

Prema tablici 1. FPSO i FSO brodovi su na ovom području i u ovom periodu ukupno proveli 170 brod/godina.

Nakon što je razjašnjen pojam godina uporabe, u tablici 2. mogu se pronaći učestalosti nezgoda (1980.-1990., 1990.-2005. i 1980.-2005.). Pod pojmom učestalosti smatra se na koliko se puta dogodila nezgoda iz prvog stupca unutar ukupnih godina uporabe (170 u ovom slučaju). Dakle, broj ponavljanja događaja podijeljen sa godinama uporabe pruža učestalost određene nesreće (po godinama uporabe). Uočava se da je ukupno 597 nezgoda, dok je najviše nezgoda vezano uz ispuštanje nafte sa čak 327 ponavljanja unutar ovog perioda od 25 godina. Problemi sa padajućim objektima sa visine se javljaju 80 puta, poteškoće sa dizalicom 63 puta, a požar 56 puta. U skladu sa temom ovog diplomskog rada, poprilično su učestali problemi sa ispuštanjem nafte i požarom [21].

Tablica 2. Popis učestalosti i broja nastalih nezgoda u periodima unutar 1980. do 2005. godine

	Vremenski period					
	1980.-1989.		1990.-2005.		1980.-2005.	
Tip nezgode	Broj	Učestalost	Broj	Učestalost	Broj	Učestalost
Poteškoće sa sidrenjem	-	-	14	0.087	14	0.082
<i>Blowout</i>	-	-	-	-	-	-
Prevrtanje	-	-	-	-	-	-
Sudar	-	-	-	-	-	-
Kontakt	-	-	15	0.094	15	0.088

Poteškoća s dizalicom	2	0.207	61	0.381	63	0.371
Eksplozija	-	-	2	0.012	2	0.012
Padajući objekti	2	0.207	78	0.487	80	0.471
Požar	1	0.103	55	0.343	56	0.329
Potonuće	-	-	-	-	-	-
Nasukanje	-	-	-	-	-	-
Poteškoća s helikopterom	-	-	1	$6.2 \cdot 10^{-3}$	1	$5.9 \cdot 10^{-3}$
Curenje vode	-	-	1	$6.2 \cdot 10^{-3}$	1	$5.9 \cdot 10^{-3}$
Nagib	-	-	1	$6.2 \cdot 10^{-3}$	1	$5.9 \cdot 10^{-3}$
Poteškoće sa strojevima	-	-	1	$6.2 \cdot 10^{-3}$	1	$5.9 \cdot 10^{-3}$
Odstupanje od pozicije	1	0.103	1	$6.2 \cdot 10^{-3}$	2	0.012
Ispuštanje ulja/plina	1	0.103	326	2.034	327	1.924
Poteškoće s konstrukcijom	1	0.103	6	0.037	7	0.041
Poteškoće s tegljenjem	-	-	-	-	-	-
Problemi sa ležištem	-	-	2	0.012	2	0.012
Ostale poteškoće	-	-	25	0.156	25	0.147

Izvor: [21], obradio: autor

Svaki događaj ima uzrok i posljedicu, a nezgoda se može smatrati kao spomenuti događaj – gdje posljedica može biti šteta po ljudske živote, imovinu i po okoliš. Primjera radi, *blowout* kao u primjeru bušeće platforme *Deepwater Horizon*³ može izazvati eksploziju, požar i konačno onečišćenje mora [18]. Rizik se definira kao mogućnost da će se dogoditi nešto loše, ali također i rizik može biti mogućnost nekog dobrog događaja. On predstavlja izvor opasnosti koji može imati povoljan ili nepovoljan ishod. Ono čime se bavi ovaj diplomski rad je nepovoljan ishod jer onečišćenje nikad nije cilj. Rizik se može odrediti kao umnožak vjerojatnosti nastanka nesreće i posljedice. Postoji više načina procjene rizika, no u nastavku će se koristiti kvantitativni i kvalitativni pristup.

U tablici 3. nalazi se popis tipova nezgoda uz pripadajuće učestalosti, potencijalnih posljedica u pogledu onečišćenja mora i rizika od onečišćenja mora koji se dobije umnoškom prethodno dva navedena parametra. Potencijalne posljedice se kvantificiraju u stupnjevima od 1 do 10, gdje je 1 najblaža posljedica, a 10 najveća (po procjeni autora diplomskog rada). Iako učestalost nije isto kao i vjerojatnost može se koristiti u sklopu ovog perioda vremena kako bi se prikazao rizik za određene tipove nezgoda u periodu od 25 godina. Tipovi koji se nisu dogodili za promatrani uzorak ne znači da se ne mogu dogoditi, poput *blowout*-a, prevrtanja, sudara i slično, oni su jednostavno rjeđi od ostalih nezgoda – no oni predstavljaju potencijalno katastrofalne posljedice ukoliko se dogode (radi čega im je postavljena posljedica – 10).

³ *Deepwater Horizon* – bušeća platforma koja je eksplodirala 20. travnja 2020. godine prvenstveno radi nepoštivanja procedura rada, posljedična ekološka katastrofa je najveća ekološka katastrofa u SAD-u [0013].

Tablica 3. Procjena rizika na temelju učestalosti i potencijalne posljedice u pogledu onečišćenja od 1980. do 2005. godine za kontinentalni pojas Ujedinjenog Kraljevstva

Tip nezgode	Broj	Učestalost	Potencijalna posljedica u pogledu onečišćenja (1-10)	Rizik
Poteškoće sa sidrenjem	14	0,082353	1	0,082353
Blowout	0	0	10	0
Prevrtnje	0	0	10	0
Sudar	0	0	10	0
Kontakt	15	0,088235	1	0,088235
Poteškoća s dizalicom	63	0,370588	1	0,370588
Eksplzija	2	0,011765	10	0,117647
Padajući objekti	80	0,470588	1	0,470588
Požar	56	0,329412	10	3,294118
Potonuće	0	0	10	0
Nasukanje	0	0	10	0
Poteškoća s helikopterom	1	0,005882	2	0,011765
Curenje vode	1	0,005882	1	0,005882
Nagib	1	0,005882	7	0,041176
Poteškoće sa strojevima	1	0,005882	5	0,029412
Odstupanje od pozicije	2	0,011765	6	0,070588
Ispuštanje nafte	327	1,923529	2	3,847059
Poteškoće s konstrukcijom	7	0,041176	6	0,247059
Poteškoće s tegljenjem	0	0	3	0
Problemi sa ležištem	2	0,011765	7	0,082353
Ostalo	25	0,147059	5	0,735294

Izvor: [21], obradio: autor

Prema procjeni autora ovog rada, rizik dobiven umnoškom dviju parametara može se tumačiti kao veliki ako ima broj veći od 0,05. Iako je sudeći po tom broju kvantifikacije rizika većina ovih događaja veoma rizična po pitanju izazivanja onečišćenja, ne mora nužno biti slučaj da će se onečišćenje zaista dogoditi. No u situacijama gdje je potencijalna posljedica 10 onečišćenje u nekom razmjeru će zasigurno biti iako im je pridodan rizik 0 – razlog je prethodno objašnjen. Primjera radi, ispuštanje nafte se dogodilo 327 puta, no potencijalna posljedica u pogledu onečišćenja je označena sa 2 jer je to relativno čest događaj u ovom vremenskom razdoblju i to vjerojatno uz količinu koja se samostalno razgradila u moru.

Može se zaključiti da nije sve u brojevima u ovakvim situacijama, nego i u logičkom razmišljanju o posljedicama određenog inicijalnog događaja koji nastaje uz odgovarajuću vjerojatnost. To automatski povlači poveznicu za kvalitativnom procjenom rizika koja je u ovakvim slučajevima adekvatnija za korištenje jer koristi opisivanje pojedinih slučajeva za potrebe procjene rizika. Uvijek je optimalno držati se ALARP - engl. *As Low As Reasonably Practicable* pristupa kod procjene rizika.

3.2. SREDSTVA, SUSTAVI I METODE ZA SPRJEČAVANJE, UMANJIVANJE I UKLANJANJE ONEČIŠĆENJA

Sprječavanja onečišćenja mora uljem regulira se prvenstveno kroz pravne akte u koje se ubrajaju: Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja mora uljem (OILPOL 1954. – engl. *International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil*), Konvencija UN-a o pravu mora (UNCLOS 1982. – engl. *United Nations Convention on the Law of the Sea*), Međunarodna konvencija o građanskoj odgovornosti za štetu zbog onečišćenja pogonskim uljem (BUNKER 2001. – engl. *International Convention on Civil Liability for Bunker Oil Pollution Damage*) i Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s brodova (MARPOL 73/78 – engl. *The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*).

MARPOL od usvajanja pruža smjernice koje se koriste kako bi se smanjilo onečišćenje mora i zraka, no od početka nisu postojali svi prilogi koji su danas na snazi (primjerice prilog III je tek na snazi od 1992. godine, prilog IV od 2003. godine, prilog V od 1988. godine, prilog VI od 2005. godine). To se postiže kroz dodatke koji se osim na sprječavanje onečišćenja zraka odnose na sprječavanje onečišćenja mora sa: uljima (prvi prilog), kemikalijama, fekalijama, opasnih pakiranih tereta i smećem [22].

Sredstva i sustavi za sprječavanje onečišćenja su prvenstveno oni koji služe kao preliminarna mjera za onemogućavanje samog nastanka curenja, ispuštanja i sličnih oblika doticaja ulja sa morem. Sredstva za umanjivanje stupnja onečišćenja, kao i ona za uklanjanje se većinski mogu staviti u istu skupinu. Osobito jer se radi o sredstvima kojima se djeluje na uljnu mrlju nakon što je onečišćenje nastalo uz cilj da se onečišćenje ukloni u što je više mogućem obliku. Pored ovih sredstava potrebno je staviti naglasak i na obalne planove reakcije.



Slika 10. Curenje nafte s FPSO Cidade do Rio de Janeiro

Izvor: [23]

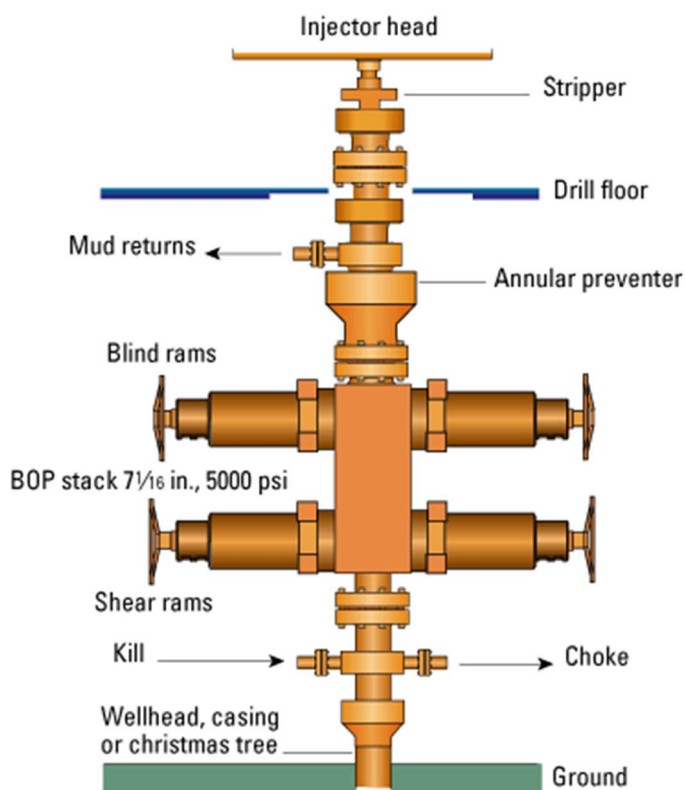
3.2.1. Sprječavanje onečišćenja mora uljima

Sredstva, sustavi i metode za sprječavanje onečišćenja mora bazirani su na ideji da se onemogući doticaj nafte sa morem za što je u prošlosti bila dovoljna implementacija konstrukcijskog rješenja u obliku dvostrukog trupa. Unutar ovog poglavlja prikazati će se spomenuti sustavi kao i razjasniti metode pristupa ovim situacijama u skladu sa propisanim procedurama.

Obzirom na veličinu FPSO/FSO sustava od samog ležišta do iskrcaja nafte može se pretpostaviti velik broj potencijalnih uzročnika onečišćenja. Taj opseg sustava je upravo ono što stvara potrebu za pregledom načina sprječavanja potencijalnog onečišćenja uljima za svaki od segmenata sustava. Generalna podjela je na podvodni dio i samo plovilo koji će se spominjati u nastavku.

3.2.1.1. BOP

Podvodni segment obuhvaća more i podmorje. Put između ležišta i morskog dna obuhvaća bušotina koja je betonirana i na taj način osigurana od urušavanja još u fazi bušenja.



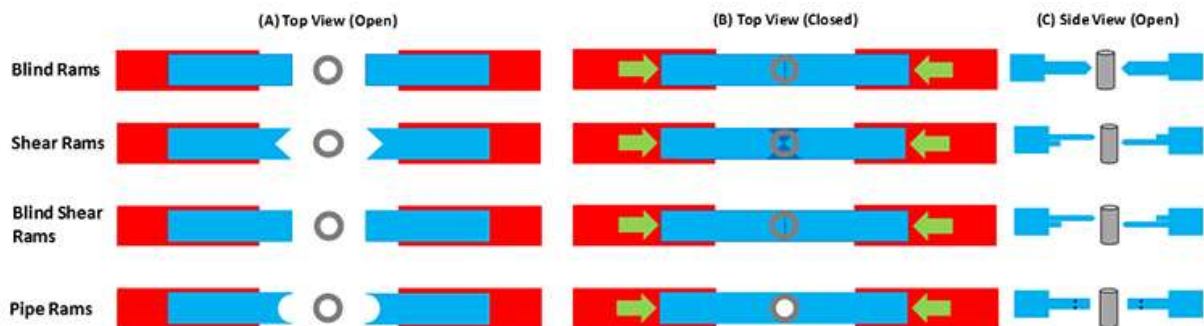
Slika 11. BOP shema

Izvor: [24]

Pravilno betoniranje i kontroliranje betona koji se nalazi tamo ima pozitivan učinak na sigurnost same bušotine.

Na vrhu bušotine nalazi se glava bušotine odakle se nafta vodi do prekrcajnog razvodnika. Glava bušotine (engl. *wellhead*) predstavlja skup opreme smještene na morskome dnu sa funkcijom sučelja između bušotine i prekrcajnog razvodnika. Osnovna svrha glave bušotine je održavanje stabilnog tlaka u bušotini. BOP (engl. *Blowout Preventer*) (slika 11.) je jedan segment opreme na glavi bušotine koja se naziva „Božićno drveće“ (engl. *Christmas tree*) [24].

Cilj BOP-a jest sprječavanje nekontroliranog izbacivanja ugljikovodika iz bušotine (engl. *blowout*), a sastoji se od sustava ventila i klapni koje zatvaranjem reguliraju izlazni tlak ugljikovodika [4]. Prstenasti protuerupcijski uređaj (engl. *annular preventer*) i čeljust protuerupcijskog uređaja (engl. *ram preventers* – izvedbe na slici 12.) su segmenti BOP-a koji sprječavaju nastanak *blowout*-a posljedica kojeg može biti znatno onečišćenje. BOP može imati automatsko i ručnu aktivaciju. Jako je važno kontinuirano praćenje kretanja tlaka unutar cjevovoda za pravovremeno poduzimanje adekvatne reakcije u slučaju ozbiljnijeg povećanja tlaka.



Slika 12. Shema rada različitih čeljusnih protuerupcijskih uređaja iz dvije perspektive u otvorenom i zatvorenom stanju

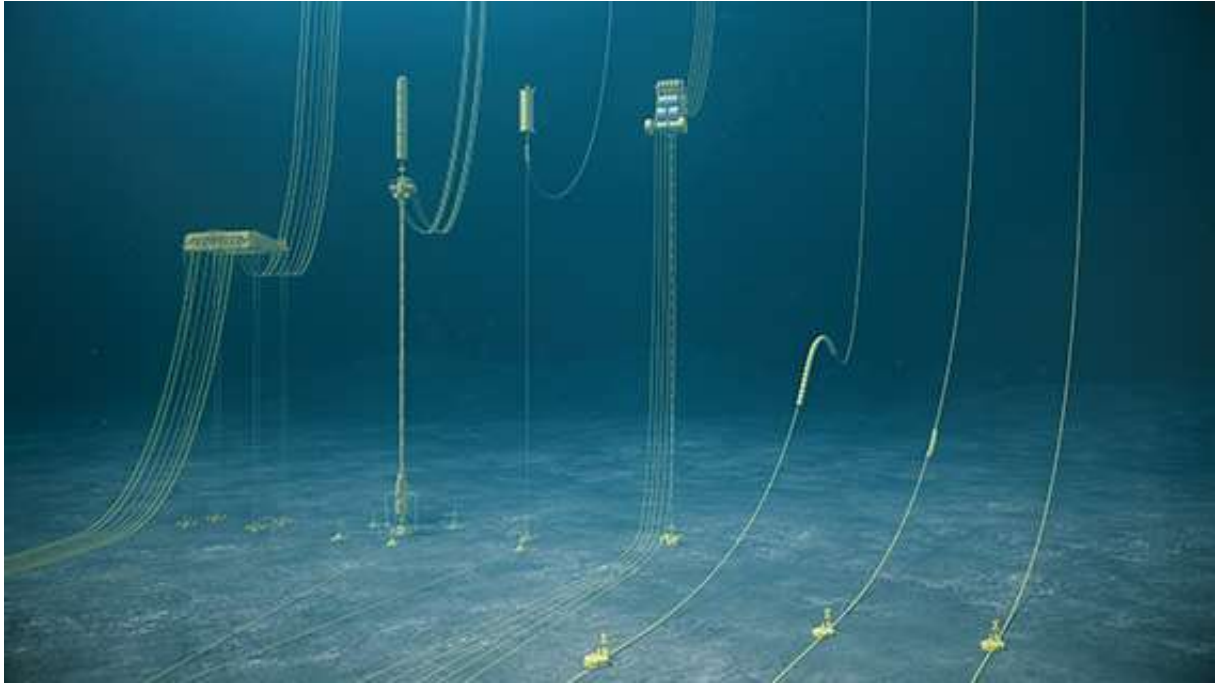
Izvor: [24]

Prekrajni razvodnik je također opremljen ventilima kojima se upravlja i regulira tlak protoka ugljikovodika dalje preko linija položenih po morskom dnu do podizača [25].

3.2.1.2. Konstrukcijska rješenja podizača

Konstrukcija ovih cjevovoda je ključni faktor u sprječavanju onečišćenja koje može nastati njihovim pucanjem. Podizači mogu puknuti pod utjecajem: znatnog pomaka FPSO/FSO plovila uzrokovanog hidrometeorološkim uvjetima, masa koje se javljaju tokom eksploatacije, utjecajem hidrostatskog tlaka i slično. Povećanje sigurnosti podizača postiže se pomoću naprednih konstruktivnih koncepta koji omogućuju otpornost na spomenute poteškoće [26]:

- SLWR - engl. *Steel Lazy Wave Riser* (primjer – slika 13. treći sa desne strane),
- SHR - engl. *Single Hybrid Riser* (primjer – slika 13. drugi sa lijeve strane),
- BSR - engl. *Buoyancy Supported Riser* (primjer – slika 13 četvrti sa lijeve strane).



Slika 13. Varijacije izvedbi podizača

Izvor: [27]

3.2.1.3. ERSOC

U segmentu plovila prvenstveno se govori o aktivnom praćenju varijacija tlaka unutar cjevovoda. To se odvija od dolaska nafte u sidrenu kupolu do iskrcaja iste.



Slika 14. Primjer primjene ERSOC sustava na FPSO plovilu u zapadnoj Africi

Izvor: [28]

U sidrenoj kupoli može biti smješten ERSOC (engl. *Emergency Release and Shut-Off Couplings*) sustav spojki (slika 14.) za otpuštanje i zatvaranje protoka u nuždi kao dodatna mjera opreza koji u slučaju visokog tlaka mogu biti aktivirani kako bi se izbjegle eventualne posljedice koje mogu uključivati i onečišćenje mora [28]. Ovakav sustav prikladan je za linije sirove nafte, plina i vode. Ovakvi sustavi smješteni su u sidrenoj kupoli. Oni omogućavaju FPSO/FSO plovilu brzo odvajanje sa ukrcajnih linija i napuštanje položaja. Svrha im je sprječavanje ili umanjivanje onečišćenja uslijed značajnog oštećenja podvodnog sustava, puknuća

cjevovoda koji se nalazi nakon ERSOC sustava spojki i slično. U ovim situacijama prekidanje protoka omogućava sigurni pristup oštećenju u podvodnom sustavu, sprječavanje dodatnog onečišćenja i sl.

3.2.1.4. SOPEP plan

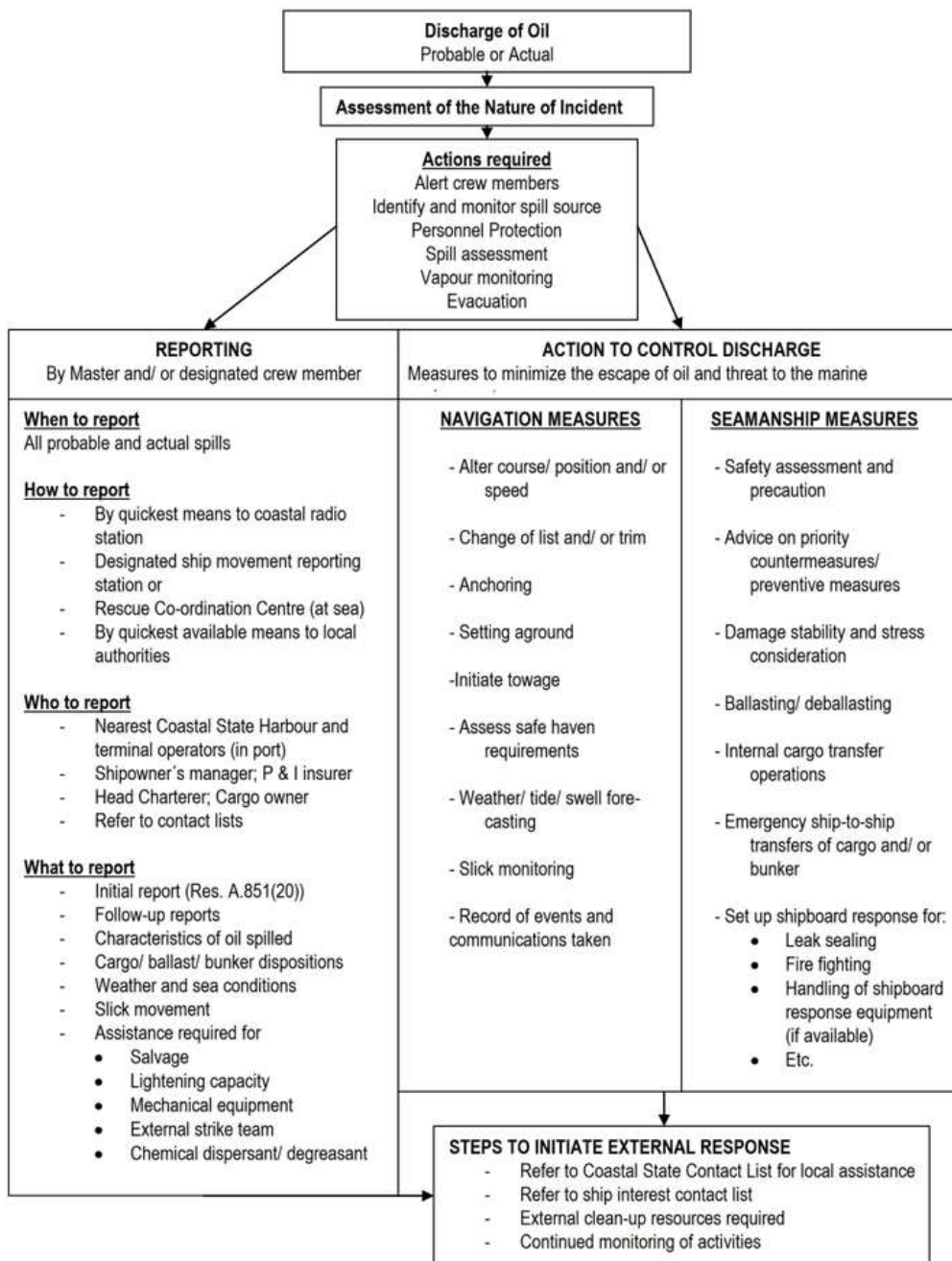
Kontrola daljnjeg kretanja medija koji mogu prouzročiti onečišćenje očitava se praćenjem tlaka unutar brodskih cjevovoda. Ovako je puno potencijalnih onečišćenja spriječeno pravovremenom reakcijom posade. U slučaju nastanka curenja nafte na brodu iz cjevovoda, tankova ili radi drugih poteškoća sa trupom potrebno je izolirati curenje. Osim izolacije potrebno je poduzeti mjere koje će zadržati ulje na brodu – odnosno spriječiti doticaj ulja s morem. Radi takvih situacija postoji SOPEP plan (engl. *Shipboard Oil Pollution Emergency Plan*), koji je također primjenjiv u fazama umanjivanja i uklanjanja onečišćenja.

Prvi prilog MARPOL-a u pravilu 37 zahtjeva od naftnih tankera sa bruto tonažom 150 ili većom, a i ostalih brodova sa bruto tonažom 400 ili većom da posjeduju odobreni SOPEP plan, odnosno brodski plan za slučaj opasnosti zagađenja uljem. Za FPSO i FSO plovila zahtjeva se da ovaj plan bude odobren i u koordinaciji sa obalnom državom (vidi 3.2.2.2.) [22].

Brodski plan za slučaj opasnosti zagađenja uljem sadrži [29]:

- plan reakcije koji sadrži dužnosti članova posade u slučaju onečišćenja,
- opće podatke o brodu i vlasništvu,
- postupak obuzdavanja curenja i/ili ispuštanja nafte pomoću SOPEP opreme,
- popis SOPEP opreme predviđene za sprječavanje onečišćenja,
- popis značajnih fizičkih i pravnih osoba koje je potrebno obavijestiti uz postupak prijavljivanja u slučaju izljeva nafte (primjeri su lučka kapetanija, organizacije koje se bave uklanjanjem onečišćenja i slično),
- rasporede na brodu u pogledu cjevovoda i tankova,
- položaj SOPEP opreme.

Detaljne mjere koje se provode sukladno sa SOPEP planom opisane su na dijagramu tijekom vidljivom na slici 15.. Početak dijagrama označen je *istjecanjem ulja*, odakle se u skladu sa prirodom nezgode određuju mjere koje je potrebno provesti za uspješno ostvarivanje sprječavanja onečišćenja ili pogoršanja cjelokupne situacije. Nadalje, lijevo na dijagramu pružene su upute za prijavu istjecanja (kako, kome i što prijaviti) koja mogu biti u skladu sa



Slika 15. Sažeti dijagram tijeka djelovanja sukladno SOPEP planu

Izvor: [29]

dva slučaja koja obuhvaćaju uspješno zadržavanje ulja na plovilu (HSE izvještaj - engl. *Health, Safety and Enviromental incident report*) ili istjecanje ulja u more odnosno onečišćenja (izvještaj uz potvrdu primitka - POLREP - engl. *Pollution Incident Report Form*). Mjere za sprječavanje i umanjivanje istjecanja nalaze se desno na dijagramu, gdje se mogu istaknuti mjere navigacijske prirode koje se mogu u određenoj mjeri zanemariti jer FPSO/FSO plovila po namjeni 'stoje na mjestu' i mjere vezane uz operacije na brodu. Na kraju nalaze se koraci u svrhu pokretanja obalnih akcija.

SOPEP oprema prvenstveno služi za uklanjanje manjih onečišćenja na brodu i za sprječavanje doticaja nafte sa morem ukoliko je to moguće. SOPEP oprema koja mora biti na FPSO/FSO plovilu nabavlja se u više potencijalnih varijanta ovisno o bruto tonaži. S obzirom na bruto tonaže FPSO i FSO brodova, tu će se uvijek raditi o većem paketu za sprječavanje onečišćenja sa kapacitetom od 1900 litara (brodovi sa više od 400 BT), no to ne znači da se mora uzeti samo jedan takav paket opreme. Dva primjera različite veličine paketa za sprječavanje onečišćenja mogu se vidjeti na tablici 4.

Tablica 4. Pregled paketa opreme za sprječavanje onečišćenja

Sredstvo	Dimenzije	Paket za uklanjanje 7 barela	Paket za uklanjanje 12 barela
Kapacitet upijanja		1100 L	1900 L
Plutajuće upijajuće brane	125 x 3000mm	6	10
Upijajuće podloge	480 x 430mm	500	800
Upijajuće role	50000 x 500mm	1	2
Upijajući jastuci	450 x 450mm	15	22
Vreće za odlaganje		10	16
Rukavice otporne na ulje		2	2
Kombinezon otporan na ulje		2	2
Spremnik otporan na vremenske uvjete	1000 L	1	-
Spremnik otporan na vremenske uvjete	1500 L	-	1

Izvor: [31]



Slika 16. Primjer - upijajuća plutajuća brana

Izvor: [32]

Plutajuće upijajuće brane (engl. *floating oil absorbent booms*) koriste se za umanjivanje onečišćenja. Proizvode se od oleofilnih materijala koji omogućavaju upijanje maksimalne količine ulja i minimalne količine vode. Problem kod njih je što ne mogu biti korištene više puta upravo radi upijajućeg svojstva, no pronalaze idealnu primjenu za hitne reakcije ograničavanja nastalog curenja nafte (slika 16.).

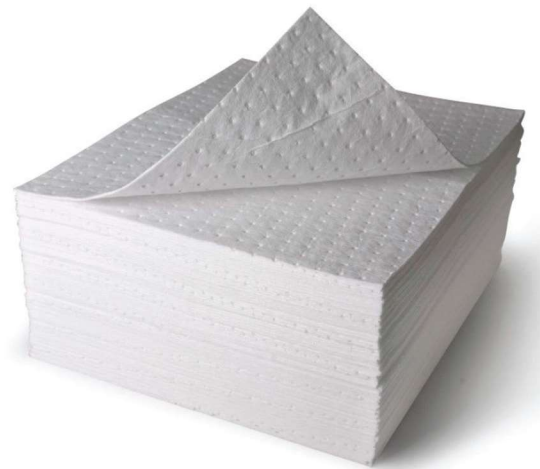
Upijajuće podloge (engl. *oil only absorbent pads*) pronalaze primjenu u umanjivanju onečišćenja mora uljem, a izrađene su od oleofilnih materijala (slika 18.).



Slika 17. Primjer - rola upijajuće podloge

Izvor: [33]

Rola upijajuće podloge (engl. *oil only absorbent roll*) je u principu skup spojenih upijajućih podloga formiranih u jednu balu (slika 17.).



Slika 18. Primjer – upijajuće podloge

Izvor: [34]

Upijajući jastuci (engl. *oil only absorbent pillows*) su ukratko jastuci od oleofilnih materijala.

Vreće za odlaganje (engl. *contaminated waste bags*) koriste se za odlaganje prethodno navedenih sredstava napunjenih uljem. Rukavice (engl. *oil resistant gloves*) i kombinezon otporni na ulje (engl. *oil resistant overalls*) također se nalaze unutar SOPEP opreme radi postizanja sigurnosti po zdravlje ljudi tokom procesa zadržavanja curenja na brodu. Spremnici otporni na vremenske uvijete (engl. *lockable weather-proof container*) za spremanje ove opreme mogu imati varijabilne kapacitete (u primjeru s tablice 4. to su 1000 i 1500 litara) koji se osim za držanje opreme prije kontaminacije mogu koristiti i za držanje kontaminirane opreme nakon spriječenog nastanka onečišćenja. Osim sadržaja paketa iz primjera na tablici 4. u ovim paketima se mogu nalaziti plastične lopatice, lopate, razne metle, sigurnosne naočale, plastične kante, sredstva za čišćenje ruku, pa čak i disperzanti u manjim količinama.

3.2.1.5. Knjiga o uljima

Sprječavanju onečišćenja uljima znatno se doprinosi kvalitetnim rukovođenjem ulja i zauljenih voda. Kvalitetno rukovođenje uljima i zauljenim vodama postiže se držanjem retrospektivnih podataka o operacijama vezanim za iste. Takvi podaci se zapisuju kombinacijom kodnih slova, numeriranja i opisa operacije u knjizi o uljima (engl. *The Oil Record Book*) koja je sačinjena od dva dijela.

Prvi dio knjige o uljima su obvezni voditi (prema pravilu 17., 1. priloga MARPOL-a):

- svaki tanker sa bruto tonažom većom od 150 BT i
- svaki brod sa bruto tonažom većom od 400 BT.

Unutar prvog dijela prate se operacije u strojarnici vezane uz ulja. Te operacije se odnose na: čišćenje spremnika goriva, ispuštanje vode koja se koristila za čišćenje spremnika goriva, prikupljanje i pohrana ostataka ulja, ispuštanje izvan broda ili zbrinjavanje i konačno, pohrana goriva ili maziva.

Drugi dio knjige o uljima su obvezni voditi (prema pravilu 36., 1. priloga MARPOL-a) svi tankeri sa bruto tonažom većom od 150 BT. U drugom dijelu prate se operacije u vezane uz teret i balast. Te operacije se odnose na: prekrcajne operacije ulja (ukrcaj, iskrcaj i pomak tokom putovanja), balastiranje i debalastiranje, ispuštanje zauljene vode i zatvaranje ventila nakon navedenih operacija.

NAME OF SHIP: M.T. MYSEATIME
 DISTINCTIVE NUMBER OR LETTERS: ABCD
 IMO NUMBER: 123456
 CARGO AND BALLAST OPERATIONS

DATE (dd-MONTH-yyyy)	CODE (letter)	ITEM (number)	Record of operations/signature of officer in charge of operation concerned
16-MAR-2017	A	1	RASTANURA, BERTH #3
		2	GASOLINE - COT 1P, 1S, 2P, 2S, 3P, 3S, 4P, 4S, 5P, 5S, 6P, 6S
			QUANTITY LOADED: 52000 m ³ AT 15°C
			TOTAL CONTENT OF TANKS: 52000 m ³ AT 15°C
			Pranav, PRANAV KUMAR / CHIEF OFFICER / 16-MAR-2017

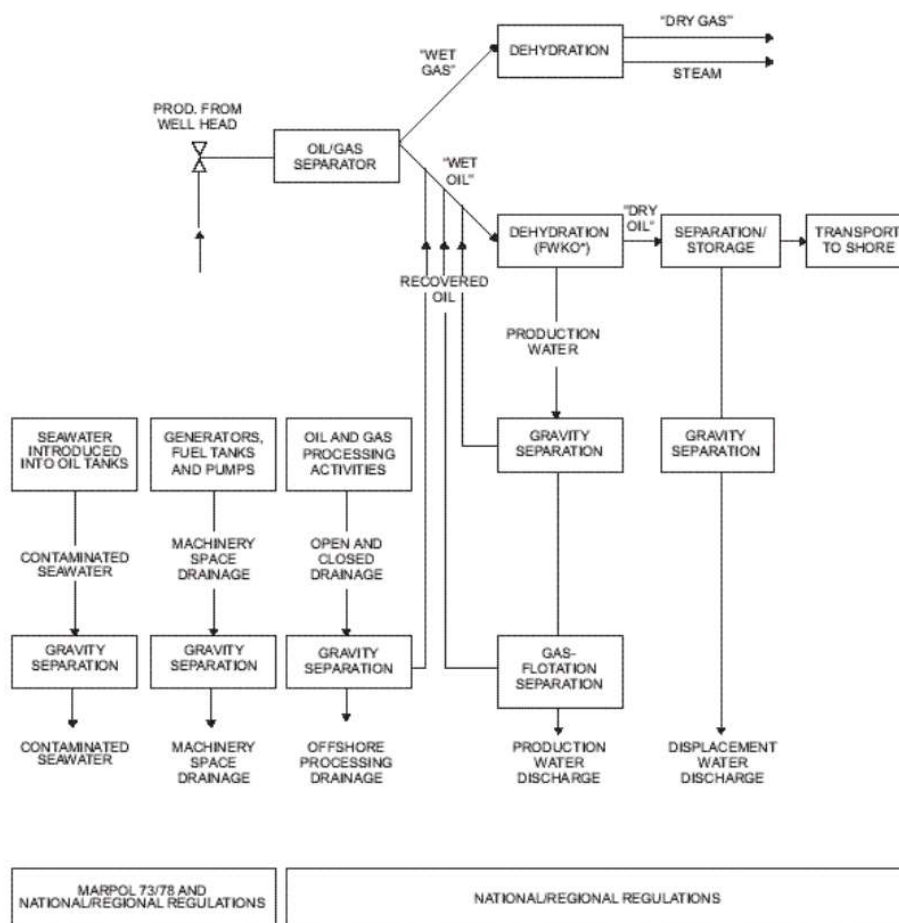
Slika 19. Primjer knjige o uljima

Izvor: [35]

3.2.1.6. Zauljene vode

Na FPSO/FSO plovilima se često susreće sa zauljenim vodama. To mogu biti vode zauljene iz strojarnice ili vode izolirane iz crpljenog ugljikovodika (ovo je generalna podjela, više ih je predstavljeno u sklopu slike 20.). Ovisno o porijeklu se određuje način rukovanja. Vode izolirane iz crpljenog ugljikovodika se injektiraju u ležište, pohranjuju u *slop tank* ili ispuštaju. Zauljene vode iz strojarnice se u pravilu pohranjuju u *slop tank* do prekrcaja na obalu putem drugih brodova. Ukoliko se zauljene vode namjeravaju ispuštati u more, moraju se prethodno tome filtrirati pomoću opreme za filtriranje ulja. Filtracija se odvija dokle god se

unutar mješavine ne nalazi manje od 15 ppm-a⁴ (engl. *parts per million*) ulja. Na slici 20. nalazi se dijagram ispuštanja zauljenih voda sa fiksnih ili plutajućih platformi u koje se prema MARPOL-u ubrajaju FPSO i FSO brodovi.



Slika 20. Dijagram ispuštanja zauljenih voda sa FPSO/FSO brodova

Izvor: [36]

3.2.2. Umanjivanje i uklanjanje onečišćenja mora uljima

Važni faktori koje je potrebno naglasiti su komunikacija i suradnja u procesima uključenim u umanjivanje i uklanjanje onečišćenja ispravnim korištenjem pripadajućih sredstava. Uz neorganizirane ekipe na lokaciji nezgode, često se ne može puno postići – u nekim slučajevima se može i pogoršati situacija. Vrijeme reakcije je također značajan faktor u procesu otklanjanja onečišćenja kao i razumijevanje situacije koja je dovela do onečišćenja.

⁴ Oznaka za izražavanje vrlo male koncentracije tvari

3.2.2.1. Oprema i metode za umanjivanje i uklanjanje uljnog onečišćenja

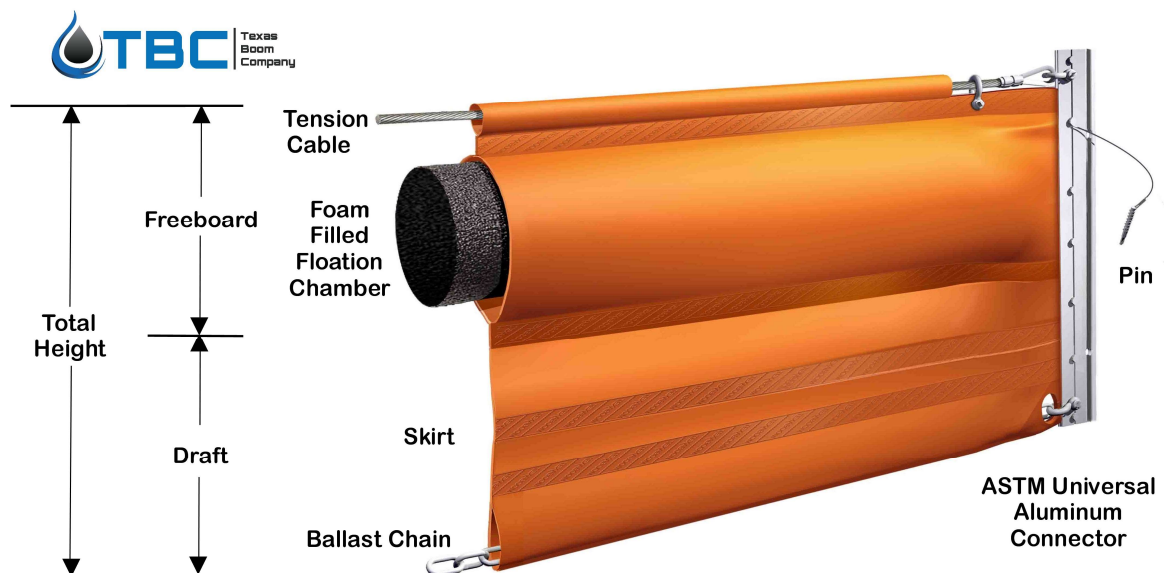
U slučaju umanjivanja i uklanjanja onečišćenja radi se o sredstvima i metodama koje mogu primjenjivati dva različita pristupa:

- izoliranje i uklanjanje i
- amplifikacija prirodnog širenja odnosno disperzije.

U nastavku biti će pobliže pojašnjene metode i sredstva koja se mogu koristiti za umanjivanje i uklanjanje uljnog onečišćenja mora u skladu sa dva prethodno navedena pristupa:

- brane i skimeri,
- paljenje i
- disperzanti.

Brane i skimeri se koriste u paru za najbolji učinak. Primarna svrha brana je ograničavanje i sprječavanje širenja mrlje, te se mogu koristiti za zaštitu pojedinih područja po potrebi. Skimeri imaju funkciju prikupljanja nafte. Ono što je visoka prednost kod ovog pristupa jest što je ovo tehnika otklanjanja nafte bez izazivanja dodatnog onečišćenja nekim drugim sredstvom ili tvari, no nedostatak je u tome što se ovom metodom može prikupiti samo mala proporcija nafte.



Slika 21. Presjek brane - TBC

Izvor: [37]

Postoji više varijacija brana u kojima se mogu koristiti stiropori, pjena (slika 21.) , zrak (slika 22.) i drugi uzgonski materijali za održavanje brana na dostatnim visinama iznad površine mora kako ulje ne bi prešlo preko njih. Istovremeno brane imaju dovoljnu stabilnost zavjese koja se ostvaruje korištenjem balastnog lanca (engl. *ballast chain*) kako bi se održali na samoj površini mora uz dio koji se nalazi ispod (balastni lanac i zavjesa) kako se ne bi uzdizali i time omogućili prolazak nafte ispod brane.



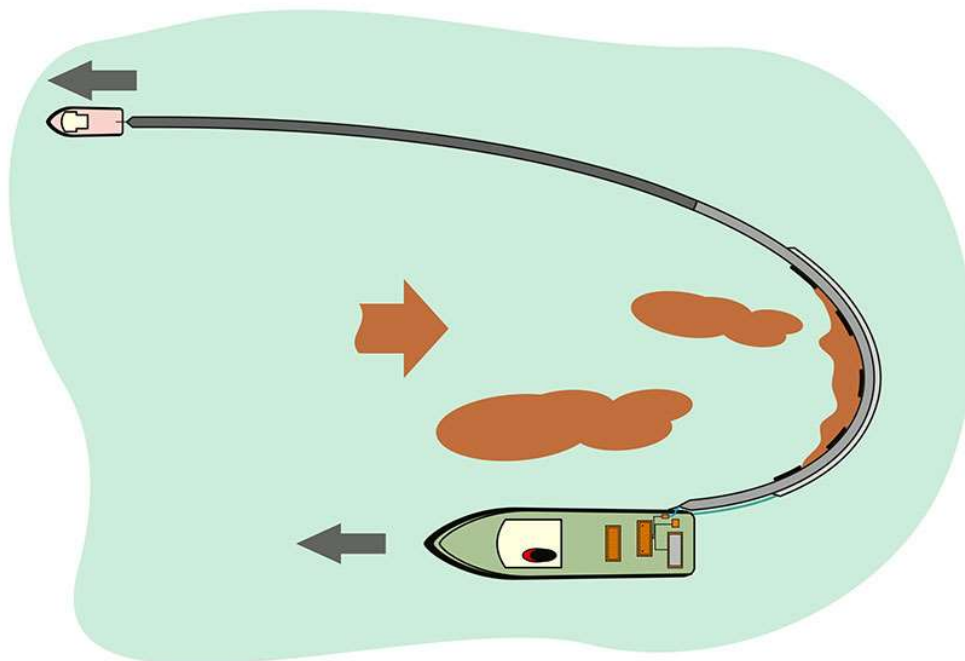
Slika 22. Pneumatska izvedba brane - AIRBOOM 36

Izvor: [38]

Funkcija skimera spomenuta je na početku poglavlja, no to prikupljanje uljnog onečišćenja se može postizati na više načina uz više mogućih pristupa. Njihova učinkovitost može se promatrati na temelju toga koliko vode povuku skupa s uljem (što manje povuku vode, to su učinkovitiji), što također uvelike ovisi o hidrometeorološkim uvjetima.

Po pitanju upravljivosti – oni mogu biti samostalni, upravljivi sa obale i upravljivi sa broda. Koji će se skimer koristiti ovisi o vrsti nafte koja je u pitanju, hidrometeorološkim uvjetima i prisutnosti krutih tvari u moru tri su vrste skimera:

- skimeri ugrađeni u branu,
- oleofilni skimeri i
- usisni skimeri.



Slika 23. Shema rada skimera ugrađenih u branu

Izvor: [39]

Skimeri ugrađeni u branu kao na primjeru slike 23. usisavaju ulje koje se aktivno dovodi branom koju tegle 2 broda. Nakon usisa, ulje i voda se aktivno ispumpavaju u spremnik odnosno tank za reciklažu ili odlaganje. FPSO i FSO brodovi ne mogu koristiti ovaj način djelovanja skimera i brana radi održavanja istog položaja.

Oleofilni skimeri (slika 24.) skupljaju ulje pomoću diskova, remenja ili kontinuiranih lanaca oleofilnih materijala nakon čega se skupljeno ulje odnosno nafta prenosi u tank za reciklažu ili odlaganje. Prednost ovih skimera je što dobro funkcioniraju u vodi s puno leda ili drugih krutih tvari [41].



Slika 24. Oleofilni skimer

Izvor: [40]

Usisni skimeri rade na principu usisavača, radi čega se lako mogu zaštopati krutim tvarima ukoliko se ne rukuje s njima pažljivo. Prednost im je u svakom slučaju učinkovitost i dobar rad u mirnom moru ili na mjestima gdje se nafta nakupila u većoj količini. Njihova primjena u ranim fazama istjecanja nafte u more bi mogla biti značajna [41].

Paljenje ulja (engl. *in-situ burning*) koristi brane poput kombinacije brana i skimera. Brane se u ovom pristupu specifično koriste za kontroliranje uljne površine koja će se paliti. Te brane imaju posebna svojstva kako se ne bi zapalila, no mogu se koristiti samo jednom jer u uporabi izgube spomenuta svojstva. Kontrola plamena izvodi se okruživanjem ulja koje se nastoji paliti pomoću spomenutih brana ili pak aktivnim 'tegljenjem mrlje' gdje se može kontinuirano skupljati dodatna nafta unutar zone paljenja (slika 25.).

Korištenje ove metode nije moguće koristiti kod svih vrsta izljeva nafte jer tako izlivena naftna mrlja može biti zapaljena samo u kratkom roku nakon izljevanja, jer kako bi nafta gorjela – ona mora biti 'svježā' [42].

Kod ove metode uklanjanja i umanjivanja uljnog onečišćenja mora primijećena je potreba za unaprjeđenjima po pitanju vatrootpornosti, hlađenja vodom i ponovne uporabe rabljenih brana. Ovi problemi uočeni su tokom uklanjanja onečišćenja *Deepwater Horizon*.



Slika 25. Primjer paljenja uljne mrlje

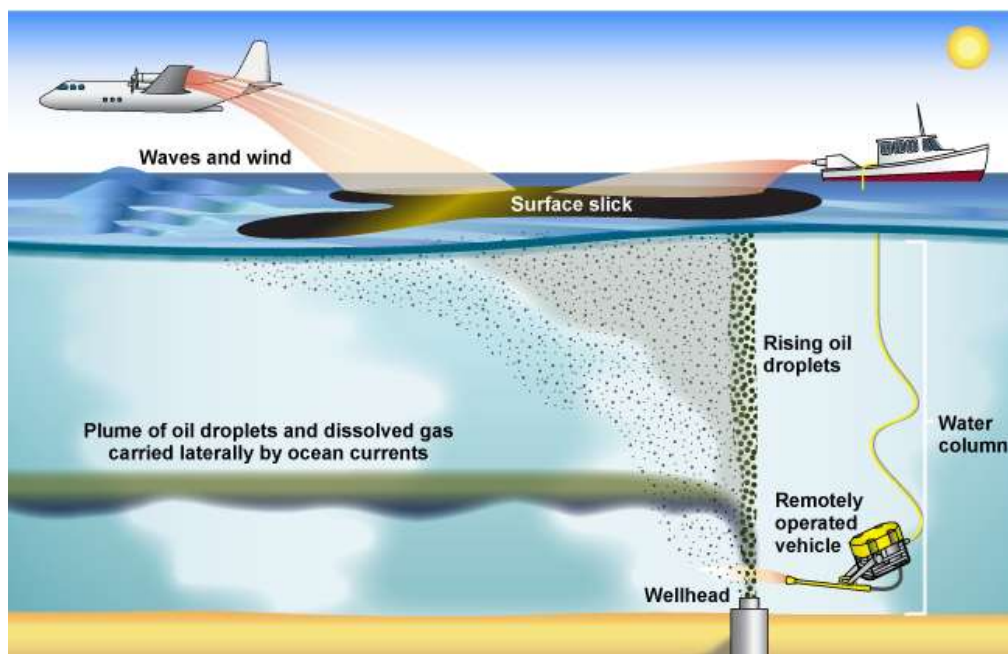
Izvor: [44]

Disperzanti su kemijska sredstva slična sapunu i deterdžentu. Njihova funkcija je razbijanje uljne mrlje u sitne kapljice koje se 'razrjeđuju' u moru. Drugim riječima, spajanjem molekula disperzanta sa molekulama ulja postiže se povezivanje ulja u sitne kapljice koje se raspršuju u cijeloj visini vodenog stupca. Raspršivanjem ulje može lakše biti biološki razgrađeno [40]. Disperzanti ovakav učinak imaju isključivo kada se primjenjuju u obliku sitnih

kapljica, inače će samo 'potonuti' kroz naftnu mrlju što neće dati vremena molekulama disperzanta da se spoje sa molekulama ulja.

Disperzanti se mogu raspršivati na izljeve nafte pomoću aviona i posebno opremljenih brodova, također postoji i opcija injektiranja disperzanta u blizini glave bušotine (u slučaju da je izvor onečišćenja u tom segmentu sustava – primjer ovoga je nezgoda *Deepwater Horizon*) kako bi se smanjila količina ulja koja dopire do površine mora. U tom slučaju 'razbijeno' ulje putuje niz morske struje kao što je vidljivo na slici 26.

Osim kemijske izvedbe disperzije, ona je moguća i mehaničkim putem. To je metoda koja manje može utjecati na okoliš, ali sa sobom nosi nisku razinu učinkovitosti u odnosu na kemijske disperzante.



Source: GAO review and analysis of scientific literature. | GAO-22-104153

Slika 26. Načini primjene disperzanta na primjeru nezgode Deepwater Horizon

Izvor: [45]

3.2.2.2. Plan reakcije obalnih organizacija

S obzirom na rasprostranjenost FPSO i FSO brodova po svijetu u pogledu suradnje broda i obalnih organizacija stvaraju se planovi reakcija koji su često slični u nekim segmentima, no i dalje različiti jer se rade uz pomoć obalne države. U nastavku ovog poglavlja nalazi se IMO-ov popis vladinih agencija koje su zadužene za adekvatnu reakciju u slučaju onečišćenja, kvantifikacija plana reakcije i primjeri plana reakcije na onečišćenje mora uljima za nekoliko područja kao što su SAD, Europa, Brazil, UK.

Vladine agencije

Tablica 5. Popis vladinih organizacija

Država	Organizacije
Australija	Australian Maritime Safety Authority: Search and Rescue & Oil Spills (AMSA)
Belgija	Management Unit of the North Sea Mathematical Models (MUMM)
Cipar	Department of Fisheries and Marine Research-Ministry of Agriculture and Natural Resources, Department of Merchant Shipping
Kanada	Canadian Coast Guard, Environment Canada, Environment Canada : Environmental Emergencies Program, Environmental Technology Centre, Transport Canada Marine Safety
Danska	Royal Danish Navy, Danish Environment Protection Agency, National Environmental Research Institute (NERI)
Estonija	Estonian Board of Border Guard, Estonian Ministry of Environment, Estonian Maritime Administration
Finska	Finland's Environmental Administration, Finnish Environment Institute (SYKE)
Francuska	Centre de Documentation de Recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des Eaux (CEDRE), ANSES - French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety, French Navy, Ministry of Defence, Ministry of Environment, Ministry of the Economy, Finance and Industry
Njemačka	Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development, Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH)
Grčka	Ministry of Mercantile Marine /Marine Environment Protection Agency
Island	Ministry for the Environment
Irska	Irish Coast Guard, Pollution & Salvage Control in Ireland
Italija	Ministry for the Environment and Territory - Sea Protection Department, Istituto Centrale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica Applicata al Mare (ICRAM)
Latvija	The Ministry of Environment of the Republic of Latvia, Latvian Hydrometeorological Agency
Litva	Lithuanian Maritime Safety Administration, Lithuanian Ministry of Transport and Communication

Malta	Malta Maritime Authority, Malta Environment and Planning Authority (MEPA)
Nizozemska	The Netherlands Coast Guard Centre, TNO-MEP: Environment, Energy and Process Innovation, TNO-FEL: Physics and Electronics Laboratory, The Dutch Maritime Network Foundation
Norveška	Norwegian Coastal Administration, Norwegian Pollution Control Authority-SFT
Poljska	Polish Ministry of Infrastructure, Polish Maritime Administration, Maritime Search and Rescue Service (SAR)
Portugal	Ministry of Defence-Navy, Centre of Marine and Environmental Research (CIMAR), Institutions related to maritime pollution or maritime surveillance
Slovenija	Ministry of Transport-Slovenian Maritime Directorate
Španjolska	Directorate General of the Merchant Navy, Spanish Maritime Safety Agency, Spanish Scientific Intervention Program Against Accidental Marine Spills
Švedska	Swedish Coast Guard
UK	DEFRA-Department for Environment, Food and Rural Affairs, Department for Transport - Shipping, MCGA-The Maritime and Coastguard Agency, MCGA-Counter Pollution and Response Department, Marine Accident Investigation Branch (MAIB), Port Maritime Information Gateway
SAD	DOE EIA-Energy Information Administration, EPA-Environmental Protection Agency, NOAA-Damage Assessment & Restoration Program, NOAA-National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA-Office of Response and Restoration, US BOEMRE, US BOEMRE - Technology Assessment & Research, USCG-Marine Safety & Environmental Protection, USCG-National Response Center, USCG-United States Coastguard, US Coast Guard: Oil Spill Prevention, Preparedness and Response Program Assessment, US Coast Guard-OSRO: Oil Spill Removal Organisation Program, US Coast Guard R&D

Izvor: [46], obradio: autor

Unutar popisa vladinih agencija nalazi se ukupno 74 agencija iz 25 država. SAD i UK su dvije države sa ovog popisa čiji će se planovi usporediti u slučaju onečišćenja mora uljima, dok se pored toga promatra Europa kao cjelina i Brazil kao obalna država sa najviše FPSO i FSO plovila.

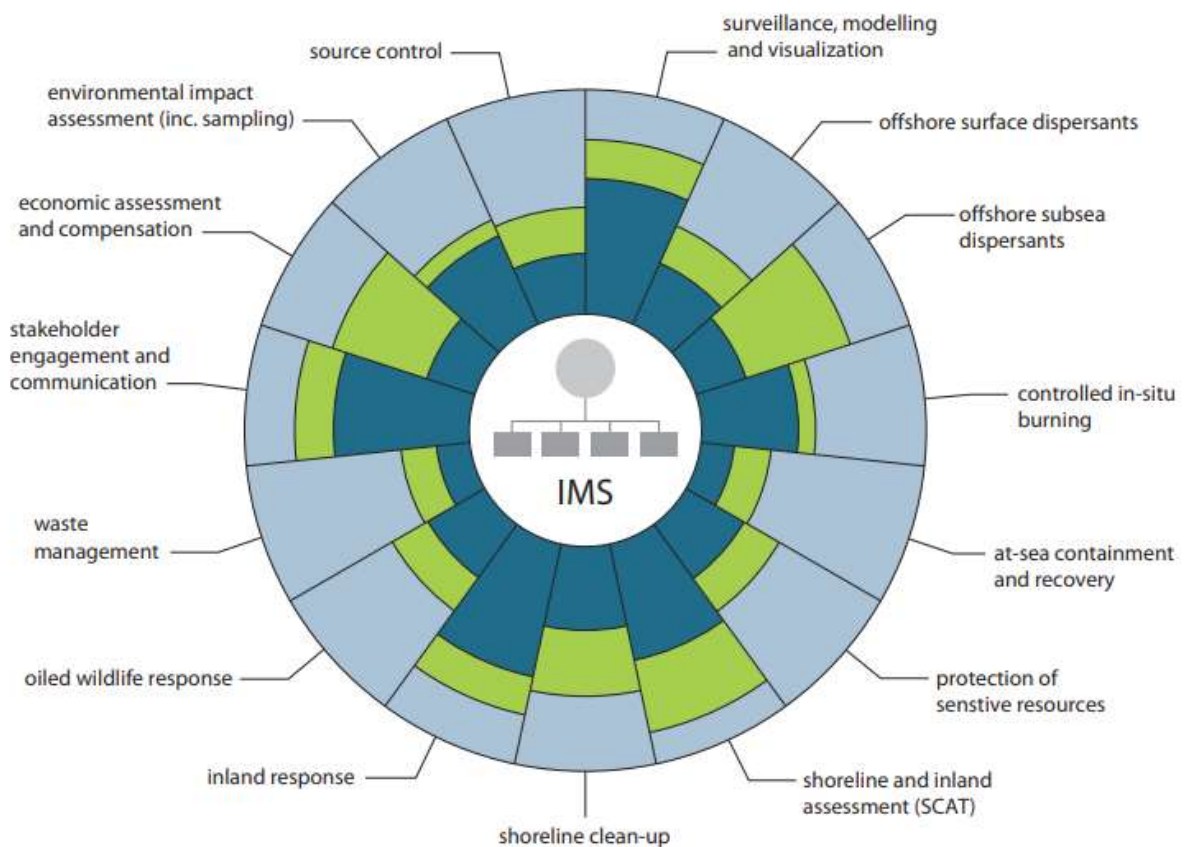
Kvantifikacija plana reakcije

Udruge IPIECA (engl. *International Petroleum Industry Environmental Conservation Association*) i IOGP (engl. *International Association of Oil & Gas Producers*) pružaju smjernice za pripremu reakcije na onečišćenje uljima. U kvantificiranom planu reakcije se promatraju manji segmenti odnosno elementi onečišćenja za razliku od prijašnjih smjernica koje su promatrale reakciju onečišćenje kao cjelinu. Ovakvi planovi se unaprijed izvode za situacije koje je moguće predvidjeti na temelju procjene rizika, dok se izvanredno izvode za nepredviđene situacije.

Odluke o načinu reakcije za pojedine izljeve ulja se donosi na temelju 15 elemenata onečišćenja (slika 27.). Elementi onečišćenja obuhvaćaju: kontrolu izvora onečišćenja, nadzor, primjenu disperzanta, kontrolirano paljenje, zadržavanje onečišćenja, čišćenje obale, procjenu ekonomske štete, štete po okoliš,.. Za svaki od elemenata onečišćenja određuje se način reakcije unutar koje se koriste tri različite razine pristupa (ovisno o situaciji, možda neće sve tri razine biti dostupne⁵).

Odnos između razina pristupa određuje se opisnim putem ovisno o: vrsti nafte, riziku ovisnom o položaju (ukoliko su u blizini područja osjetljiva na ulje), blizina opreme i resursa koji su potrebni za saniranje onečišćenja i brzini reakcije. Ovim odnosom se postiže uvid na to koja razina ima najveći udio u pojedinom elementu reakcije.

U slučaju onečišćenja radi se procjena svih elemenata u skladu sa veličinom onečišćenja i dostupnim sredstvima na lokalnim, regionalnim, nacionalnim i internacionalnim područjima.



Slika 27. Model spektra sposobnosti za reakciju kroz razine djelovanja

Izvor: [47]

⁵ Primjerice u slučaju da unutar jedne od razina nema resursa za odgovor u pojedinom elementu onečišćenja

Na slici 27. tamnoplavom bojom označena je prva razina (engl. *tier 1*) koja se odnosi na lokalno djelovanje koje je ovisno o udaljenosti od onečišćenja i brzinu reakcije. Kada se radi o situaciji FPSO ili FSO prva razina reakcije odnosi se na primjenu površinskih disperzanta i na primjenu raznih upijajućih materijala. Pored opreme koju je potrebno imati (SOPEP) održavanje vježbi i obuka je također važno za ostvarivanje adekvatne reakcije na onečišćenje manjeg razmjera.

Zelenom bojom označena je druga razina (engl. *tier 2*) koja se odnosi na regionalno ili nacionalno djelovanje opremom na onečišćenje.

Svijetloplavom bojom označena je treća razina (engl. *tier 3*) koja je označava međunarodno djelovanje na onečišćenje pod kojim se smatra asistencija više država za uspješno uklanjanje onečišćenja. U trećoj razini se radi, ne samo o opremi koja dolazi iz više država, već i o educiranim ljudima koji prenošenjem znanja volonterima mogu uvelike pozitivno utjecati na uklanjanje onečišćenja.

Kako se svaki spektar se dijeli na tri prethodno opisane razine. Koristi se 'najbolje' od svake razine kako bi se postigla optimalna suradnja na lokalnoj, nacionalnoj i međunarodnoj razini. Na taj način ostvaruje se korištenje najboljih resursa za pojedinu situaciju [47].

Primjera radi, u slučaju puknuća podvodnog cjevovoda – to neće biti onečišćenje koje se može ukloniti i kontrolirati samo sredstvima FPSO plovila, već će to zahtijevati nacionalni ili međunarodni napor. U skladu sa time, model spektra sposobnosti će unutar elementa 'kontrola izvora' za reakciju u takvoj situaciji ukazivati preporuku korištenja 3. razine za optimalno korištenje resursa. Za većinu drugih elemenata bi se također radilo o 3. razini.

Ovaj pristup stupnjevanja se provlači kroz gotovo sve planove reakcije na onečišćenje.

SAD

EPA odnosno engl. *Environmental Protection Agency* propisuje regulacije vezano uz uklanjanje uljnog onečišćenja unutar dijela D NCP-a (engl. *National Oil and Hazardous Substances Pollution Contingency Plan*). Kroz regulacije dijela D određeno je kako je prvi prioritet u svim provedenim akcijama sigurnost ljudi, dok je drugi prioritet stabilizacija situacije u svrhu sprječavanja pogoršanja onečišćenja uz pravovremenu i koordiniranu reakciju [48].

Prije nego li se išta može zapravo pokrenuti, potrebno je prepoznati i uočiti onečišćenje – što je ujedno i prva faza strategije uklanjanja onečišćenja mora uljima SAD-a. To se u ovom

slučaju prepoznaje kroz prijavu od broda iz kojeg potječe onečišćenje, prijavu od drugih osoba koji su uočili onečišćenje i slično.

U drugoj fazi, nakon nastalog onečišćenja OSC (engl. *On-Scene Coordinator*) je odgovoran za pokretanje procjene situacije pomoću dostupnih informacija po mogućnosti dopunjenih riječima očevidaca. Govoreći o procjeni situacije specifično se odnosi na procjenu veličine i ozbiljnosti uljnog onečišćenja i curenja, procjenu prijetnje tog onečišćenja zdravlju ljudi i dobrobiti okoliša, procjenu izvedivosti uklanjanja i identifikaciji odgovornih za onečišćenje. Veličina onečišćenja se kvantificira kao manja, srednja i velika (engl. *minor, medium and major*), tip onečišćenja se definira kao: značajna prijetnja zdravlju ljudi i dobrobiti okoliša ili onečišćenje najgoreg tipa. Za manja onečišćenja zahtjeva se nadziranje uklanjanja od strane OSC-a, u slučaju srednjih onečišćenja preporuča se aktivacija regionalnih timova RRT (engl. *Regional Response Team*), a kod većih onečišćenja OSC je obavezan obavijestiti regionalne timove i nacionalni centar NRC (engl. *National Response Center*).

Treća faza obuhvaća zadržavanje, protumjere i uklanjanje onečišćenja. Najvažnija stvar kod ove faze jest to da treba započeti što je ranije moguće. Ova faza sastoji se od analiziranja uzoraka vode za otkrivanje učinka ulja na istu, drugih operacija postavljanja i korištenja sredstava opisanih u poglavlju 3.2.2.1. i konačno skladištenja prikupljene nafte.

Četvrta faza odnosi se na sastavljanje dokumentacije vezane uz onečišćenje i povrat troškova sudionicima u uklanjanju onečišćenja.

UK

Luke i druge institucije koje rade sa uljima uračunavajući FPSO i FSO brodove unutar područja Ujedinjenog Kraljevstva moraju imati OPRC plan (engl. *Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation plan*). OPRC je plan koji pruža smjernice i vodstvo u stvaranju plana za adekvatnu reakciju za onečišćenje mora uljem [49].

OSRO (engl. *Oil Spill Response Organisation*) je organizacija koja vrši provjere nad onima koji imaju OPRC plan. Provjere se sastoje od pet komponenti koje se odnose na procjenu sposobnosti reakcije, temeljne zahtjeve u pogledu kapaciteta uklanjanja onečišćenja, mogućnosti reakcije na onečišćenje u različitim kategorijama, sustav zahtjeva koje je potrebno zadovoljiti kod naknadnih provjera i dodatni zahtjevi za tijela koja vrše ove provjere. Različite kategorije reakcije na onečišćenje u pogledu FPSO i FSO brodova se odnose na primjenu

disperzanta, čišćenje od obalnih voda i druge reakcije vezane za naftne i plinske aktivnosti na moru.

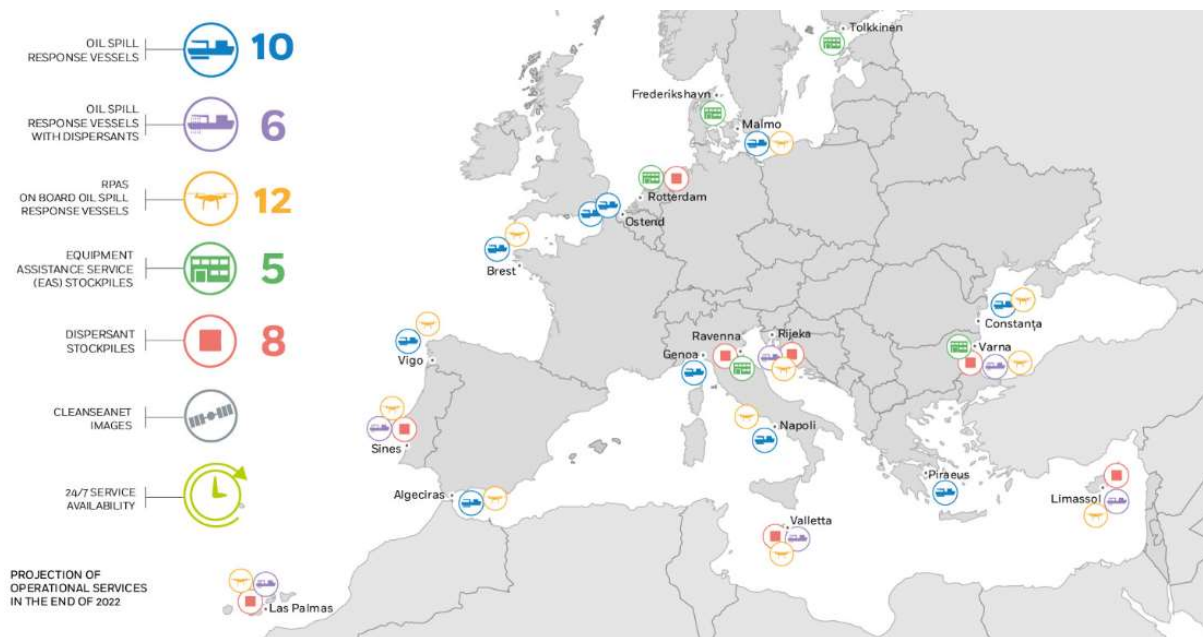
Dodatne informacije vezane uz UK su navedene i u daljnjem tekstu unutar segmenta za područje Europe.

Europa

Europska Unija kao zajednica Europskih država prepoznala je veličinu rizika od nastanka pomorske nesreće radi čega teži ka postavljanju najvišeg mogućeg standarda za sigurnost u pomorstvu. Kako bi se taj cilj postigao Europska Unija je osnovala EMSA-u (engl. *European Maritime Safety Agency*) Europsku agenciju za pomorsku sigurnost koja „nudi tehničko stručno znanje, operativnu pomoć za jačanje pomorske sigurnosti, pripravnosti za onečišćenje i mjera sankcije te zaštite u pomorstvu“ [50].

EMSA ima dva načina pristupa: preventivni i reaktivni. Gdje se kod preventivnih pristupa nastoji spriječiti pojedini događaj koji može predstavljati opasnost po: pomorsku sigurnost na teritoriju mora Europske Unije, onečišćenje okoliša ili ne poštivanja regulativa vezanih uz navedeno što se kontrolira pomoću tehničkih inspekcija u smislu provjere kvalitete brodova, kvalitete obrazovanja, itd. Drugi, reaktivni pristup je pristup koji se provodi kao protuakcija na određenu pojavu. Unutar reaktivnog pristupa poseban naglasak ide na situacije u slučaju kojih dolazi do onečišćenja mora Europske Unije uljem radi koje je EMSA 2004. godine uspostavila mrežu brodova za djelovanje kao adekvatno rješenje u tim situacijama koja će se detaljnije opisati u nastavku.

Mreža sredstava (slika 28., popis u prilogu 2) se po podacima iz 2022. godine sastoji od više komponenti gdje se računavaju: brodovi na čekanju, brodovi na čekanju opremljeni disperzantima, osam RPAS (engl. *Remotely Piloted Aircraft Systems*) uslužnih letjelica koje se odnose na daljinskim putem kontrolirane zrakoplovne usluge, četiri spremišta opreme za pružanje pomoći, osam spremišta disperzanta i satelitskih prikaza. Mrežom se omogućuje ukupni kapacitet skladištenja prikupljenog izlivenog ulja od oko 60000 m³ raspoređenih na dvadeset i jedan brod (računajući rezervu) ugovorenih putem VAC (engl. *Vessel Availability Contract*) ugovora koji osiguravaju konstantnu dostupnost plovila. Od dvadeset i jednog broda njih 76% su tankeri (za sirovu naftu, produkti i tankeri za prijevoz kemikalija), 14% plovila za opskrbu od obalnih postrojenja i 10% plovila za kopanje morskog dna [51].



Slika 28. Prikaz sredstava 'mreže' za nadzor i uklanjanje onečišćenja

Izvor: [51]

Temeljna ideja jest da su pripravnici brodovi ugovorno obvezani prema EMSA-i reagirati u već poznatim izvanrednim situacijama, do tog trenutka oni operiraju prema svojim uobičajenim komercijalnim aktivnostima. Što znači da pri nastanku i zahtjevu za pomoć u slučaju izvanredne situacije – izljev ulja unutar mora Europske Unije, pojedino plovilo ili plovila od sedamnaest postojećih obustavlja svoje uobičajene komercijalne aktivnosti i reagira na izljev unutar perioda u trajanju od 24 sata. Potrebno je naglasiti da ovo ne ograničava brodove na operiranje isključivo unutar mora Europske Unije, već i unutar zajedničkih morskih bazena u nastaloj izvanrednoj situaciji uz mogućnost reagiranja svih brodova unutar 'mreže'.

Pored 'mreže' za područje Europe u pogledu umanjivanja i uklanjanja onečišćenja uljima postoji i Barcelona konvencija koja je 1994. donijela „*Offshore protocol*“ koji stupa na snagu 2011. godine. *Offshore protocol* je protokol za zaštitu Sredozemnog mora od onečišćenja nastalog istraživanjem i eksploatacijom epikontinentalnog pojasa, morskog dna i njegovog podzemlja [52].

U sklopu spomenutog protokola, predviđeno je da REMPEC (engl. *Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean Sea*) odnosno regionalni centar za hitno reagiranje na onečišćenje Sredozemnog mora koordinira provedbu istoga. Prema REMPEC-u plan za uklanjanje onečišćenja obalnih država Sredozemnog mora kao cjeline treba

se bazirati na nacionalnim planovima koji se mogu, a ne moraju grupirati unutar zajedničke reakcije. REMPEC kao glavne elemente nacionalnog plana za ovakve situacije ističe:

- odgovornost nadležnih tijela,
- procjenu rizika od izlivanja,
- procjenu izliva,
- nacionalnu organizaciju zaduženu za umanjivanje i uklanjanje onečišćenja,
- kartu osjetljivih područja,
- strategije i resursi za adekvatnu reakciju,
- obuka i održavanje vježbi,...

U skladu sa zahtijevanim elementima nacionalnog plana za reakciju na onečišćenje mora uljima (NCP), REMPEC je pružio pomoć obalnim državama Sredozemnog mora za stvaranje što je moguće boljeg plana. Ovaj plan, kao i sistem za reagiranje na onečišćenje do sada ima 81% obalnih država Sredozemnog mora. Zelenom bojom na slici 29. označene su države sa odobrenim NCP-om, žute i narančaste su sa travnjem 2021. godine i dalje u pripremi (Bosna i Hercegovina, Libanon i Libija) [53].



Slika 29. Obalne države Sredozemnog mora i status njihovog NCP plana

Izvor: [53]

Brazil

Brazil kao država sa najviše, odnosno sa 60 FPSO plovila – prema podacima iz 2021. godine mora imati istaknut svoju nacionalnu strategiju u pogledu umanjivanja i uklanjanja onečišćenja uljem.

IBAMA (engl. *Brazilian Institute of the Environment and Renewable Natural Resources*) 2013. godine stvara NCP. 2008. su tvrdili kako je osnovna reakcija na onečišćenje mora uljima u Brazilu uporaba mehaničkog zadržavanja i prikupljanja (metoda brana i skimera), uz mehaničke disperzante kao eventualni dodatak (uporaba kemijskih je često ograničena ili zabranjena).

Prema pripadajućem NCP-u IBAMA u slučaju onečišćenja adekvatnu reakciju provodi uz pomoć lokalnih organizacija 18 obalnih država Brazila i nacionalne energetske korporacije Petrobras. Petrobras je kroz obalu Brazila postavio 9 CDA (port. *Centro de Defesa Ambiental*) centara za reakciju koji su opremljeni sa posebnim baržama i brodovima, skimerima, upijajućim sredstvima, 20 kilometara brane, komunikacijskom opremom i sredstvima koja su potrebna kako bi se sva navedena oprema uspješno dopremila do mjesta onečišćenja. Petrobras je također član ARPEL-a (engl. *Association of oil, gas and renewable energy companies of Latin America and the Caribbean*) što je ugovor među energetskim kompanijama latinoameričkih država koji ih obvezuje pomoći jedni drugima sredstvima i preporukama u slučaju onečišćenja [54].

3.3. INOVATIVNE TEHNOLOGIJE UKLANJANJA I UPRAVLJANJA ONEČIŠĆENJIMA

Prethodno navedena rješenja koriste se razmjerno dugo. Novih revolucionarnih rješenja u pogledu onečišćenja ulja nema, no postoje manje inovativne tehnologije. One se mogu podijeliti na dvije skupine: tehnologije uklanjanja onečišćenja (što obuhvaća umanjivanje onečišćenja) i tehnologije detekcije i nadzora onečišćenja.

3.3.1. Tehnologije uklanjanja onečišćenja

Inovacije u pogledu tehnologija uklanjanja onečišćenja su često napredne varijacije istih tehnologija [42]. Neke od ovih varijacija predstavljene su u nastavku, a one obuhvaćaju:

- magnetni sapun,
- OHM spužve,
- skimer diskovi,

- otter skimer,
- autonomne robote i
- hidrofobne biljke.

3.3.1.1. Magnetni sapun



Slika 30. Zamisao uporabe magnetnog sapuna u svrhe uklanja uljnog onečišćenja

Izvor: [56]

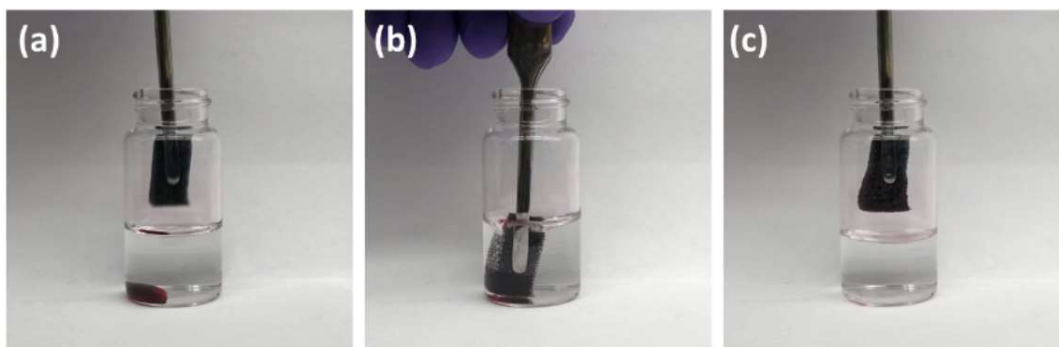
Znanstvenici Sveučilišta u Bristolu 2012. su razvili magnetni sapun. Ovaj sapun sastoji se od soli bogatih željezom otopljenih u vodi. Sapun reagira na magnetsko polje kada je u vodenoj otopini. Ovo novostvoreno svojstvo može revolucionirati korištenje sapuna u čišćenju naftnih izljeva [55].

Otapanjem magnetnog sapuna u vodi onečišćenoj uljem postiže se magnetizacija ulja. Time bi se omogućilo odvajanje ulja iz vode uz pomoć elektromagnetskog polja. Ova tehnologija je i dalje u razvoju. Primjer navedenog procesa je na slici 30.

3.3.1.2. OHM spužve

Oleofilna, hidrofobna⁶ i magnetna (OHM - engl. *oleophilic, hydrophobic and magnetic*) spužva idealna je opcija za korištenje radi svoje ekonomičnosti, učinkovitosti i održivosti. Izradili su ju znanstvenici NUANCE centra (engl. *Northwestern University Atomic and Nanoscale Characterization Experimental Center*) u 2020. godini. Za prikupljanje ulja koristi se ugljik i premaz od magnetske nanostrukture. Ovime se omogućava prikupljanje ulja 30 puta veće mase od mase spužve. Osim prikupljanja ulja iz vode, to ulje se može i izdvojiti iz spužve ponovo uz primjenu pritiska na spužvu. Prikupljanje ulja iz vode može se vidjeti na slici 31.

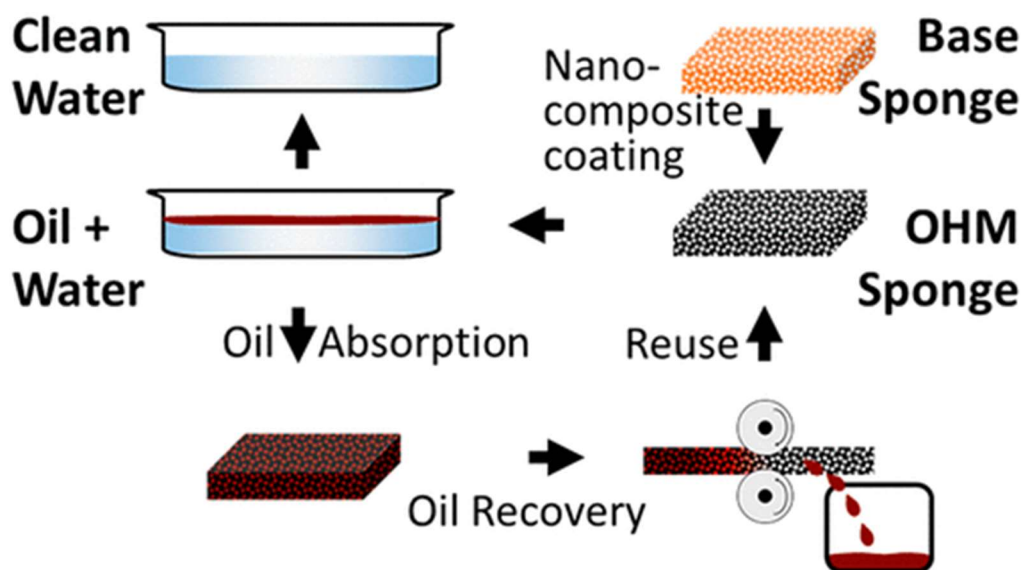
⁶ Hidrofobnost – svojstvo materijala da bude otporno na vodu



Slika 31. Prikupljanje ulja OHM spužvom

Izvor: [57]

Tijekom istraživanja je otkriveno kako spužva može biti ponovo korištena više puta (slika 32.). Spužvi se masa nakon prvih pet korištenja nije znatno promijenila, a kapacitet upijanja je ostao jednak u periodu od tri mjeseca [57]. Spužvu je moguće formirati u cilindrični oblik kako bi se mogla koristiti poput višestruko upijajuće brane.



Slika 32. Ciklus rada OHM spužve

Izvor: [57]

3.3.1.3. Skimer diskovi

Posljedično slučaju *Deepwater Horizon* u jesen 2011. organizirano je natjecanje „*Wendy Schmidt Oil Cleanup XCHALLENGE*“ u OHMSETT-u (engl. *The National Oil Spill Response & Renewable Energy Test Facility*) sa svrhom pronalaska novih rješenja po pitanju uklanjanja naftnih onečišćenja mora. Motivacija za pronalazak novog rješenja iznosila je nagrada od 1.4

miliona dolara. Ponuđena rješenja morala su zadovoljiti uvjet prikupljanja više od 11000 litara po minuti uz to da je učinkovitost prikupljanja samog ulja 70%.

Na natjecanju je pobijedila kompanija Elastec. Njihovo rješenje je sposobno prikupljati preko 20000 litara po minuti sa učinkovitosti od 89.5%. Rješenje je patentirano pod imenom *Grooved Disc*, no u tekstu će ih se referirati kao skimer diskovi [58].



Slika 33. Reljefni disk tokom uklanjanja ulja iz vode

Izvor: [59]



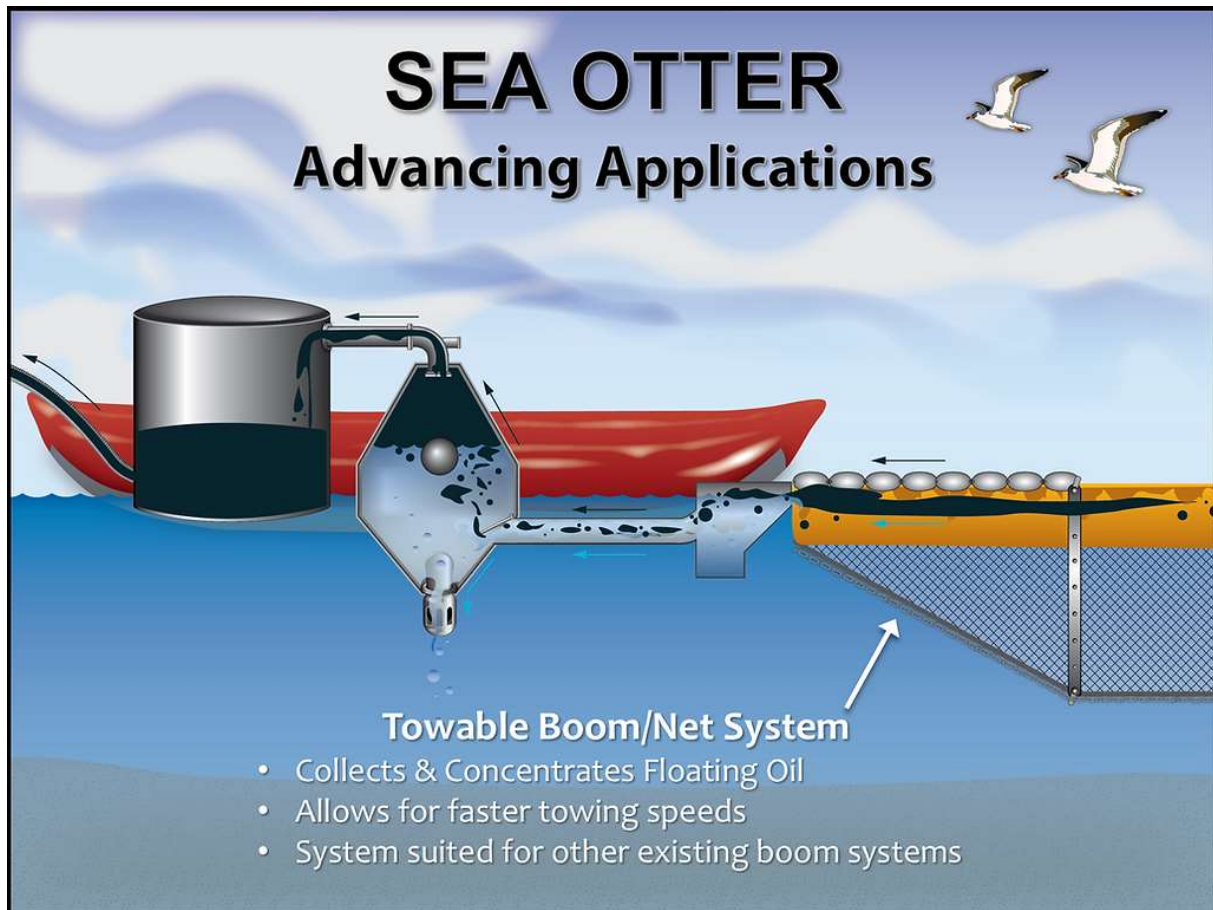
Slika 34. Skimer diskovi tijekom uklanjanja ulja iz vode

Izvor: [59]

Skimer diskovi koriste 64 plastična reljefna diska postavljenih u redove. Plastika se koristi radi svojih svojstva oleofilnosti i hidrofobnosti koji pripomažu vakumskom dizajnu koji izdvaja ulje iz vode. Također se uz disk nalazi strugalice za ulje (slika 33.) i spremnik za ulje – koji u slučaju stvarne situacije mora biti znatno veći.

3.3.1.4. Otter skimer

U sklopu prethodno navedenog natjecanja „Wendy Schmidt Oil Cleanup XCHALLENGE“ se pojavio i tzv. otter skimer od tvrtke PPR Alaska. Posebnost ovog skimera jest učinkovitost prikupljanja od 99% [60].



Slika 35. Otter skimer

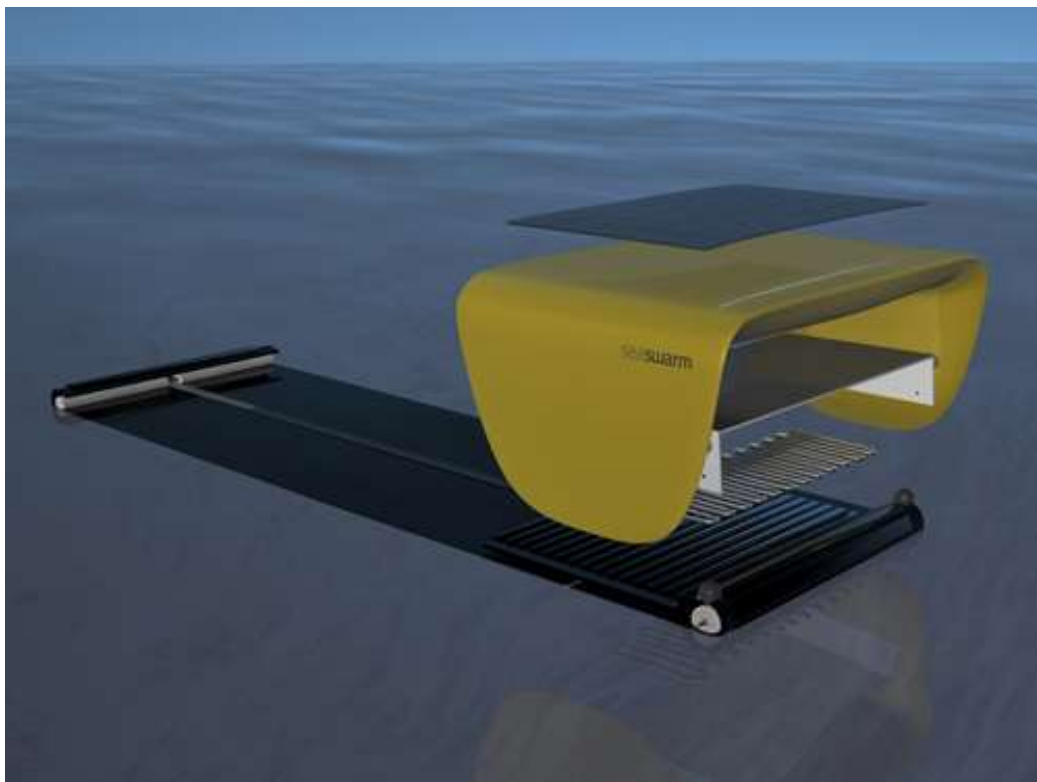
Izvor: [60]

Sastoji se od ruku koje formiraju V oblik sa svrhom prikupljanja ulja u jedan uski prolaz odakle se vode do gravitacijskog separatora. U gravitacijskom separatoru ulje će isplivati na vrh, dok će voda ostati dolje – radi razlike u gustoći. Nakon toga, usisna pumpa ulja se nalazi na vrhu gravitacijskog separatora kako bi usisavalo čisto ulje dok se čista voda ispušta na dnu separatora. Kugla unutar separatora napravljena je od materijala koji pluta na vodi, ali tone kroz ulje. Ovime se postiglo da ta kugla zatvori pumpu kada se razina vode u separatoru znatno poveća (slika 35.).

3.3.1.5. *Autonomni roboti*

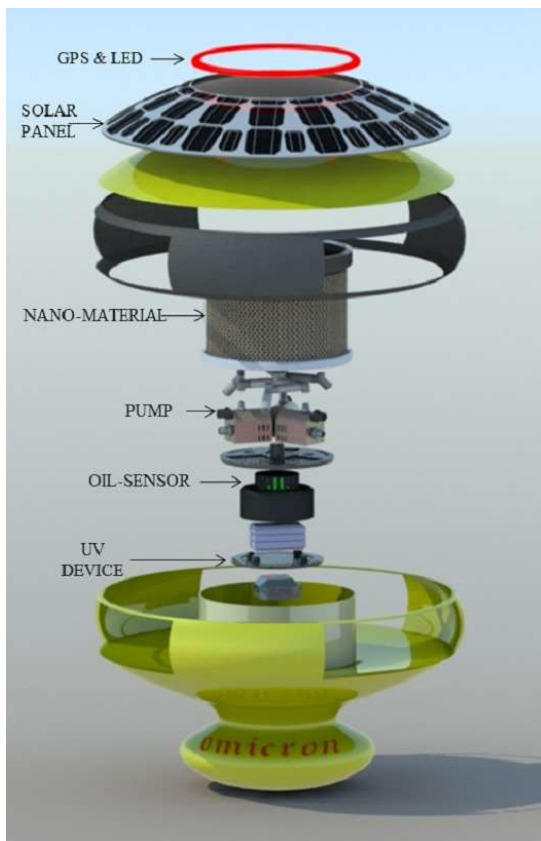
Autonomni roboti u ovom kontekstu obuhvaćaju skimere koji se samostalno kreću po površini mora i organiziraju u skladu sa položajem uljne mrlje. Dvije su varijante vrijedne spomena: *Seaswarm* i *SoilioS*.

Seaswarm je proizveo tim pojedinaca sa MIT-a (engl. *Massachusetts Institute of Technology*) u osmom mjesecu 2010. godine, a radi na principu beskonačne trake napravljene od oilofilne i hidrofobne nanotehnološke mreže koja konstantno upija ulje. Nanotehnološka mreža može upiti ulja do 20 puta njene mase. Pomoću GPS-a (engl. *Global Positioning System*) aktivno prepoznaju svoju poziciju te ih međusobno dijele putem WiFi mreže – jer je ideja da ovi roboti rade u grupi u svrhu postizanja organiziranog prikupljanja ulja. Manjih su dimenzija (otprilike 2 metra širine i 5 metara duljine) u usporedbi sa drugim skimerima, radi čega su im uobičajeno teško dostupna mjesta relativno lakše dostupna. Ovi roboti detektiraju rub onečišćenja, odakle se kreću prema sredini. Napajanje je pomoću solarnih panela [61].



Slika 36. Seaswarm prvi prototip

Izvor: [61]



Slika 37. SoiloS

Izvor: Tejas Sanjay Kabra

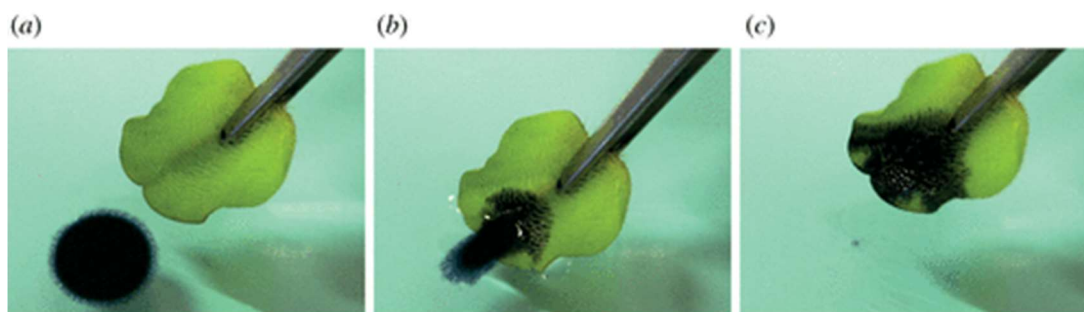
SoilioS je druga izvedba robota za upijanje ulja koju je proizveo Tejas Kabra (student North Carolina State University-a) 2020. godine. Opremljen je GPS-om za određivanje položaja, LED svjetlom, solarnim panelima za napajanje, pompom, sensorom ulja za određivanje budućeg kretanja i olofilnim materijalom (slika 37.).

Veličina spremnika nafte najviše ovisi o veličini samog uređaja. Za prototip verziju koji je širine 60 cm, u spremnik stane oko 75 litara ulja. Ono što je velik prednost ovog robota jest mogućnost 3D printanja istoga [62].

Niti jedan od ovih robota do sada nije pronašao aktivnu uporabu u uklanjanju onečišćenja. Ideje za njihovim razvojem i dalje su postojane, no napretka nema od prvih izvedbi.

3.3.1.6. Hidrofobne biljke

Primjena biološkog materijala za uklanjanje ulja iz vode je inovativna, ali i za sada neizvediva metoda u pogledu većih onečišćenja. U ovoj izvedbi uklanjanja onečišćenja koristi se nepačka⁷ vrste *salvinia molesta* koja je idealna za uklanjanje ulja iz vode radi hidrofobnih i oleofilnih svojstava (slika 38.)



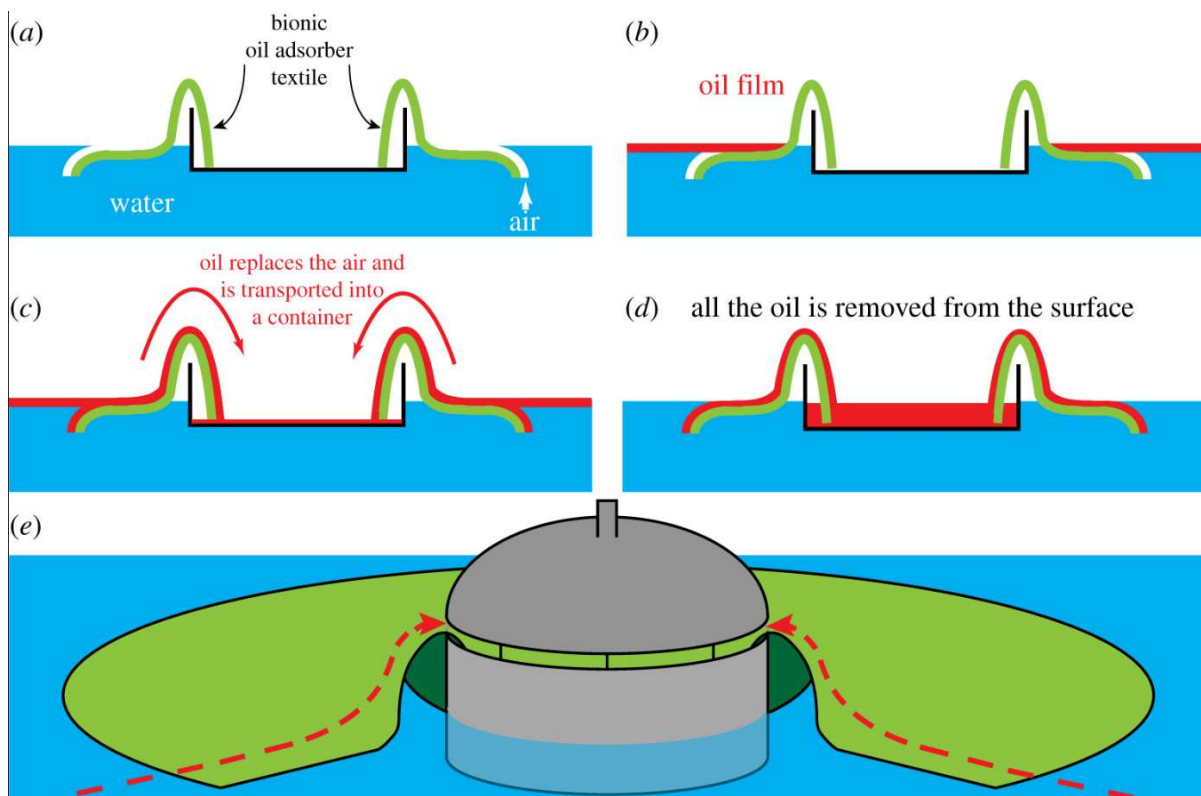
Slika 38. Prikaz upijanja ulja biljke salvinia molesta

Izvor: [63]

⁷ Nepačka – vrsta bilja

Početni koncepti (slika 39.) primjene ovakvog bilja u svrhu uklanjanja ulja iz vode BOA (engl. *bionic oil absorber*) su osmišljene primjenom spremnika kojeg okružuje ‘zavjesa’ ovog bilja.

Ovaj način uklanjanja ulja iz mora je opisan kroz sliku 39.. U a) segmentu prikazano je postavljanje posude i bilja. Prikupljanje ulja se odvija na ovom biološkom materijalu jer ulje kompenzira zrak koji se nalazi na površini bilja. U segmentu c) vidi se smjer kretanja ulja po površini biološkog materijala. Prikupljanje u spremnik se odvija dokle god je površina ulja u spremniku niže razine u odnosu na površinu ulja na vodi ili dok se ne prikupi ulje sa površine mora. Nakon ovoga se ponovo može započeti crpljenje ulja (ukoliko se spremnik napunio, a ulje nije prikupljeno) jednostavnim pražnjenjem spremnika. Prema istraživanju iz 2020. godine sa kontaktom bilja duljine jednog metra se postiže uklanjanje jednog kilograma ulja sa površine u periodu od jednog sata [63].



Slika 39. BOA koncept

Izvor: [63]

3.3.2. Metode detekcije i nadzora onečišćenja

Upravljanje onečišćenjem je doživjelo inovacije prvenstveno unutar već navedenih sustava planova reakcije obalnih organizacija, osim njih postoje i sustavi:

- Miros OSD,
- detekcija i praćenje uljne mrlje dronovima i
- sustavi detekcije i mapiranja mrlje satelitima.

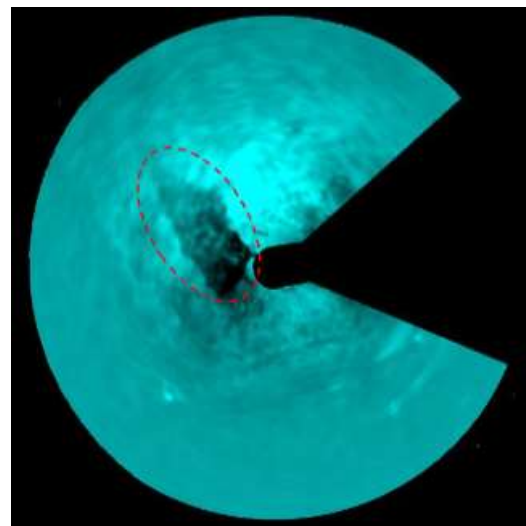
3.3.2.1. Miros OSD

Miros OSD (engl. *Oil Spill Detection*) sustav prvenstveno služi za učinkovito detektiranje izljeva ulja. Najvažnija stavka detektiranja izljeva jest mogućnost ranog otkrivanja izljeva kako bi se moglo što prije spriječiti daljnje istjecanje i širenje onečišćenja.



Slika 40. Tijek rada Miros OSD sustava

Izvor: [64]



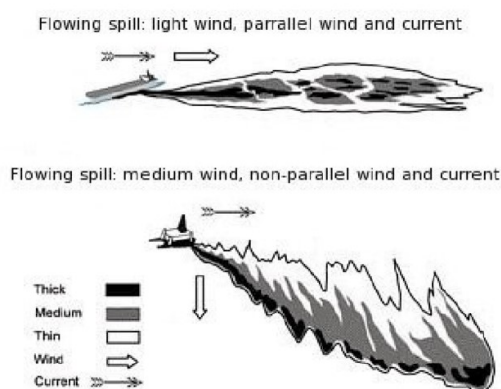
Slika 41. Prikaz uljne mrlje u sklopu ovog sustava (zaokruženo)

Izvor: [65]

Elementi ovog sustava su radar, infracrvene i obične kamere, upravljačke ploče, računalo i display. Podaci se dobivaju pomoću X-band radara, infracrvenih kamera i običnih kamera koje prate visinu i ponašanje valova, te karakteristike površine i morske struje. Te podatke sustav obrađuje i na radarskom zaslonu prikazuje izljev pomoću AIS (engl. *Automatic Identification System*) objekata. Uporaba radara i infracrvenih kamera omogućuje rad sustava i u periodima lošije vidljivosti (noćno praćenje omogućeno infracrvenim kamerama i radarom). Prednost ovog sustava je prilagodljivost na postojeći radar u sklopu plovila i činjenica da je sposoban detektirati noću [66].

Ovakav sustav bi se mogao postaviti na kopnu sa problemom ograničenog dometa (što ne bi bilo od pretjerane koristi FPSO brodovima obzirom na njihovu udaljenost od obale). Također bi se sustav teoretski mogao postaviti na plutače u blizini FPSO brodova odakle se može dodatno detektirati eventualni izljev.

Pružanje usluge ranog otkrivanja izljeva zahtjeva povećanje osjetljivosti sustava. Radi ovoga se mogu dogoditi lažni alarmi. Kako bi se smanjilo lažno oglašavanje alarma sustav ima posebnu proceduru. Unutar ove procedure sustav nakon prepoznavanja sumnjivog dijela mora pomno prati taj dio u periodu 5-10 minuta u svrhu uspješne detekcije izljeva.



Slika 42. Primjer gibanja na temelju uljne mrlje na temelju utjecaja vanjskih sila

Izvor: [67]

Nakon uspješne detekcije, softver koji je dio ovog sustava koristi podatke o morskim strujama, valovima i vjetru za predviđanje širenja i kretanja uljne mrlje. Na temelju ovog mapiranja ostvaruje se idealna podloga za korištenje adekvatne reakcije obalnih organizacija na onečišćenje.

Minimalno područje koje ovaj sustav može detektirati jest 10000 m², maksimalno je od 1 do 2 km².

Minimalna debljina izljeva koja se može detektirati jest 1 mikrometar.

Miros OSD također pruža mogućnost procjene debljine mrlje pomoću prethodno navedenih kamera. Procjena debljine se izvodi na temelju BAOAC (engl. *The Bonn Agreement Oil Appearance Code*) kodeksa koji pruža podatke o korelaciji između izgleda i debljine mrlje [68]. Kamere uočavaju izgled, na temelju čega se procjenjuje debljina. Sa poznatom debljinom i površinom uljne mrlje može se proračunati volumen izlivenog ulja.

Zanimljivost je da je Petrobras (brazilska korporacija koja je vlasnik 25 od 60 FPSO brodova u obalnim vodama Brazila) napravila uz pomoć ovog sustava najveći radarski OSD



Slika 43. Primjer prikaza informacije kod korištenja WaveWeather sustava

Izvor: [66]

isključivo za FPSO i FSO brodove). Primjer ovoga jest sustav hidrometeoroloških mjerenja (*WaveWeather*) kako bi se mogle adekvatno provoditi operacije osjetljive na neke hidrometeorološke prilike odnosno neprilike. Unutar ovih hidrometeoroloških prilika uračunavaju se visina i period valova, tlak zraka, temperatura, vlažnost, kiša, brzina i smjer vjetra, itd. [66]. Ovaj sustav unaprjeđuje sigurnost plovila, pa time i umanjuje rizik od nezgoda i onečišćenja mora.

3.3.2.2. Detekcija i praćenje uljne mrlje dronovima

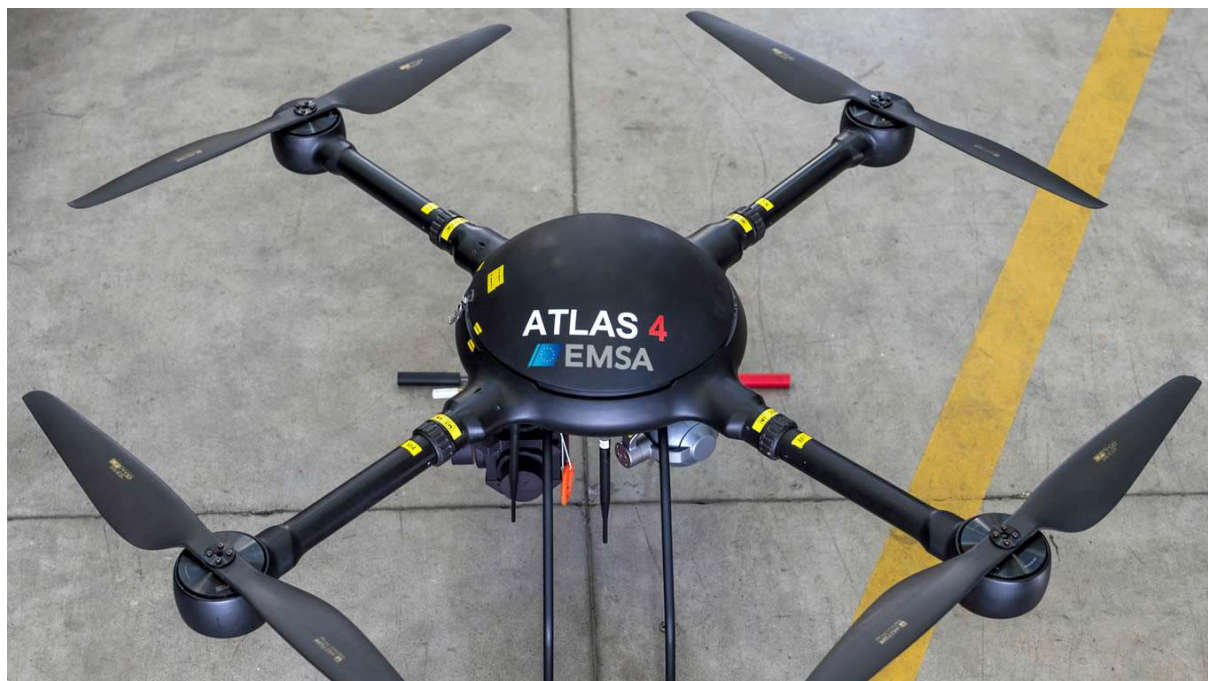
Detekcija i praćenje uljne mrlje dronovima se posebno ističe za područje Europske Unije. Za to područje EMSA je razvila RPAS (engl. *Remotely Piloted Aircraft System*). Njihove usluge razvijene su za pomoć operacijama pomorskog nadzora u pogledu podrške tijelima lučkih kapetanija ili obalnih straža država EU.

Na RPAS dronove postavljaju se senzori kao što su dnevne kamere, infracrvene kamere, radar, senzori plina i AIS prijamnik. Kao kod Miros OSD sustava, infracrvenim sensorima se mogu detektirati i analizirati uljne mrlje tokom dana i noći. Radarom se može pratiti pomorski promet i detektirati izlivanje nafte. Senzori plina služe za detekciju SO_x u dimu koji ispušta brod. To se izvodi u svrhu prepoznavanja postotka sumpora u gorivu koji negativno utječe na okoliš. AIS prijamnik služi za identifikaciju brodova koji se nalaze na području nadzora u svrhu identifikacije zagađivača, praćenja prometa i reakcije u hitnim slučajevima.

sustav nadzora i reakcije u obalnim vodama Brazila.

Miros grupa se osim Miros OSD sustava bavi razvojem još jednog sustava koji može povećati sigurnost operacija na FPSO i FSO brodovima (iako nisu namijenjene

Primjer ovakvog drona se nalazi na slici 44. (bez radara). Ovakav dron može biti u zraku 50 minuta, a težak je 13 kilograma.

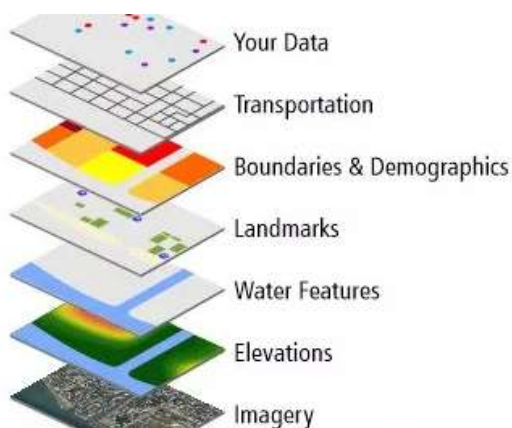


Slika 44. RPAS dron

Izvor: [69]

Osim navedenog – gdje obalne države detektiraju i prate uljne mrlje, lokalna primjena dronova je također izvediva. Dronovi se mogu postaviti na FPSO/FSO plovila i funkcionirati na način da kruže i prate sustave ovih plovila. Implementacijom ovog pristupa detekciji može se postići veća brzina detekcije izljeva ulja na lokaliziranom području i brža reakcija.

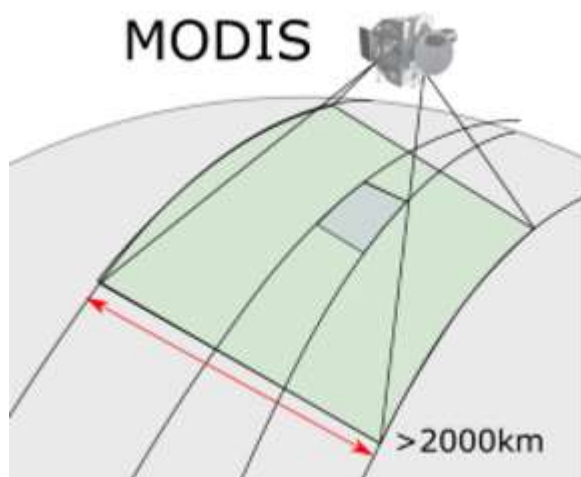
3.3.2.3. Sustavi detekcije i mapiranja uljne mrlje satelitima



Slika 45. GIS slojevi podataka

Izvor: [70]

GIS (engl. *Geographic Information System*). GIS se sastoji od više različitih slojeva podataka (slika 45.). Detekcija uljne mrlje za svrhe mapiranja pomoću satelita se može implementirati kao dodatni sloj podataka i kao takav prezentirati. Ovime se može postići mapiranje i praćenje uljne mrlje na znatno većoj razini od Modis OSD-a jer ima puno veći domet senzora. Ovakvo mapiranje i praćenje uljne mrlje A. Yu. Ivanov naziva „karta distribucije izlivanja nafte“ [71].

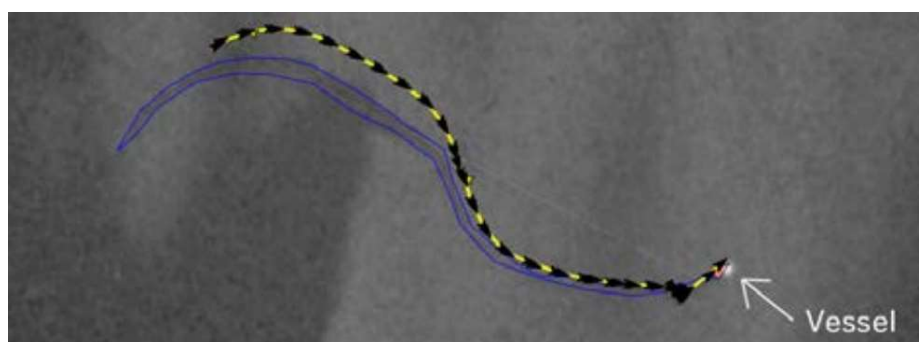


Slika 46. MODIS domet

Izvor: [73]

situacija i identifikaciju zagađivača.

Ovaj sustav baziran je na naručivanju satelitskih slika SAR radara (primarno) i optičkih satelita koje nakon toga obučeni operateri analiziraju kako bi detektirali onečišćenja. Ovim pristupom ostvaruje se dnevna i noćna svjetska pokrivenost bez utjecaja magle i naoblake. Podaci koji se dobiju ovim putem uključuju: položaj izljeva, područje izljeva, razinu pouzdanosti detekcije i informacije o izvoru izljeva. Iako sustav pokriva cijeli svijet, dostupan je za korištenje samo državama EU i članicama EFTA (engl. *European Free Trade Association*). Pri otkrivanju izljeva ulja u vodama EU, šalje se obavijest obalnim državama te im se omogućava pregled analiziranih slika u gotovo stvarnom vremenu. Ovime se pospješuje efektivnost reakcije na onečišćenje.

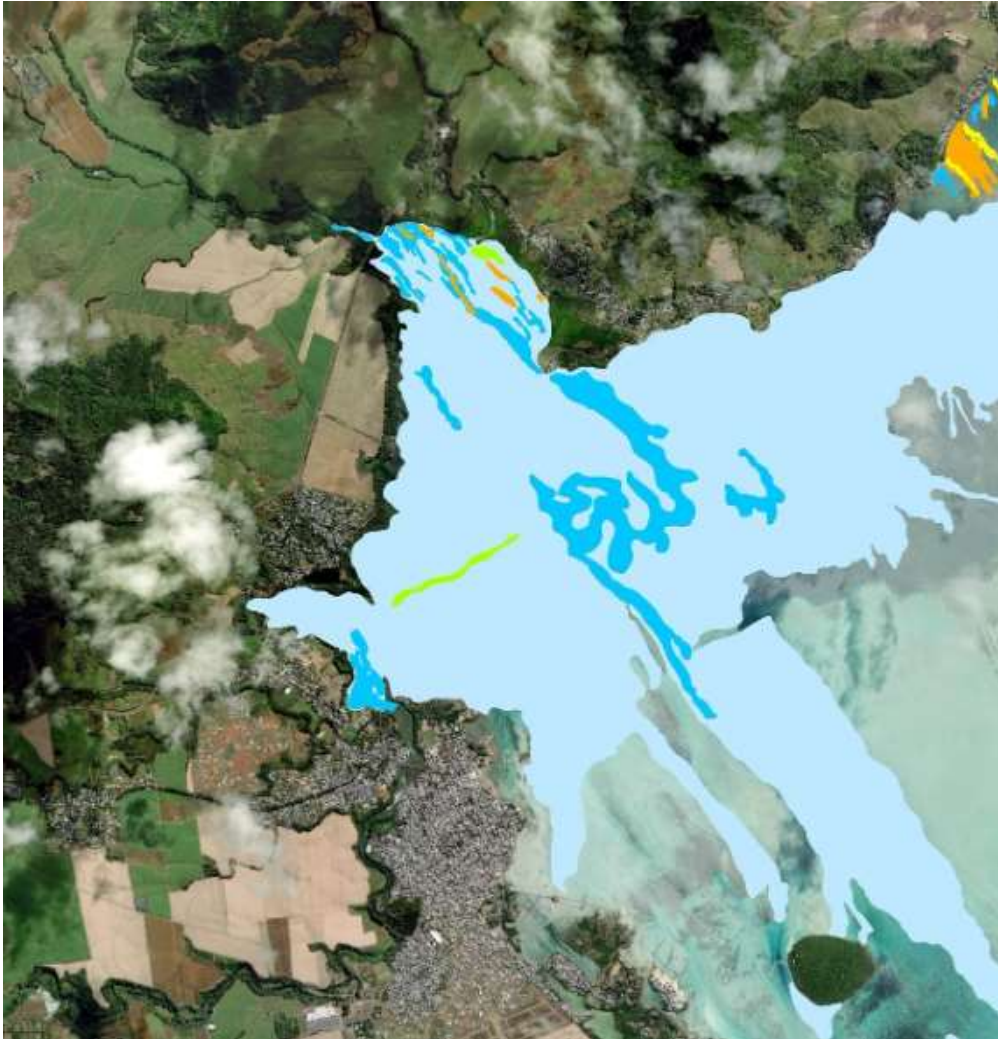


Slika 47. Vizualni prikaz onečišćenja – tamno je onečišćenje, svjetlo je plovilo,

Izvor: [75]

Tvrtka CGG pruža privatnu uslugu detektiranja i praćenja uljnih mrlja *SeaScope*. Za razliku od *CleanSeaNet*-a koji je dostupan svim članicama EU, ovaj pristup detektiranju se

naplaćuje za pojedine kompanije. Cijeli sustav, kao i analize su kao one od *CleanSeaNet*-a. Svrha detekcije i praćenja unutar ovog sustava je prvenstveno za povećanje sposobnosti površinskog nadzora u kriznim situacijama i ublažavanje rizika od onečišćenja vezanog sa operacijama na moru. Uljne mrlje se unutar ovog sustava prikazuju kao posebni jednobojni ili višebojni sloj na kartama (primjer na slici 48.).



Slika 48. Prikaz uljnog onečišćenja unutar CGG sustava

Izvor: [76]

4. PRIJEDLOG SREDSTAVA I METODA ZA IMPLEMENTACIJU KOD FPSO I FSO PLOVILA

4.1. PRIJEDLOG SREDSTAVA I METODA U POGLEDU SPRJEČAVANJA ONEČIŠĆENJA

U pogledu sprječavanja onečišćenja mora s ovakvih plovila promatraju se tehnički aspekti i obučenosť posade. Na temelju prethodnog istraživanja potrebno je staviti naglasak na iduće stavke za uspješno sprječavanje onečišćenja mora i morskog okoliša:

- a) kvalitetno izvršeni proces izgradnje ili konverzije plovila, praćenje propisanih tehničkih pravila u pogledu stabilnosti, čvrstoće brodske konstrukcije i slično,
- b) adekvatno provođenje propisanih procedura za rukovanje teretom, sigurnošću (SMS – engl. *Safety Management System*), opremom i ostalim značajnim stavkama rukovanja (uporaba primjenjivih lista provjera),
- c) kontinuirano praćenje tlaka u svim segmentima FPSO/FSO sustava,
- d) ispravno vođenje knjige o uljima,
- e) pravilno upravljanje zauljenim vodama,
- f) familijarizacija posade broda sa SOPEP planom, lokacijom i korištenjem SOPEP opreme,
- g) održavanje prekrcajne i protupožarne opreme na plovilu i zamjena iste ukoliko je to potrebno,
- h) održavanje SOPEP opreme u dostatnoj količini u skladu sa dnevnom produkcijom nafte za uspješno sprječavanje doticaja ulja sa morem u slučaju manjih istjecanja na plovilu i
- i) održavanje vježbi korištenja SOPEP opreme i protupožarnih vježbi.

4.2. PRIJEDLOG SREDSTAVA I METODA U POGLEDU UMANJIVANJA I UKLANJANJA ONEČIŠĆENJA

U slučaju nezgode, od iznimne je važnosti umanjivanje stupnja onečišćenja i uklanjanja onečišćenja. Umanjivanje podrazumijeva umanjivanje širenja i daljnjeg istjecanja onečišćenja. Uklanjanje onečišćenja se odnosi na uporabu mehaničkih i kemijskih sredstva i metoda u svrhu saniranja nastalog onečišćenja, dokle god se radi o sredstvima koja neće dodatno zagaditi okoliš (primjerice kemijski disperzanti sa visokim stupnjem toksičnosti).

S obzirom na to da se FPSO i FSO plovila smatraju od obalnim postrojenjima, oni moraju svoj plan reakcije u slučaju onečišćenja koordinirati sa obalnom državom koja im mora i odobriti. Kod umanjivanja i uklanjanja onečišćenja lista stavki nije dovoljna kao kod sprječavanja onečišćenja, već se moraju predstaviti obje strane organizacije ovoga plana.

4.2.1. Opremanje FPSO/FSO plovila

Prijedlog opreme FPSO/FSO plovila, u pogledu sredstva i metoda za korištenje u slučaju uljnog onečišćenja, može se izvesti iz tablice 6.. U tablici su navedene prednosti i nedostaci (izazovi) za svaku inovativnu tehnologiju uklanjanja i upravljanja onečišćenjima. Na taj način formira se kvalitetni prijedlog sredstva i metoda za opremanje FPSO/FSO plovila.

Magnetni sapun se prvenstveno radi ograničenosti uporabe radi magnetnih svojstva brodske konstrukcije isključuje iz prijedloga. Sekundarno je tu značajan problem dobave i primjene ovog sredstva do mjesta izljeva.

OHM spužve svojim prednostima značajno nadilaze nedostatke. Nedostaci su bazirani na broju korištenja i neprikladnosti za uporabu kod većih izljeva. Radi čega se predlaže glavna uporaba OHM spužvi u slučajevima gdje dolazi do curenja ulja na palubi – gdje se nastoji spriječiti doticaj ulja sa morem.

Skimer diskovi i *otter* skimer su idealni za korištenje u slučaju uljnih onečišćenja, ali samo kada se mogu na siguran i efektivan način spustiti na površinu mora sa visokog nadgrađa. Obzirom da je upravo to izazovno za izvesti, oni nisu prikladni dio opreme FPSO/FSO broda – radi čega se isključuju iz prijedloga.

Autonomni roboti su ideja koja je vrijedna dodatnog istraživanja. Dva projekta koja su stvorena u posljednjih 11 godina su bez ikakvog napretka. Problem koji se uviđa u ovim projektima je ograničenost u pohrani prikupljenog ulja, ovo je vjerojatno razlog iza zastoja u razvoju. Radi ovog problema autonomni roboti se isključuju iz prijedloga.

Hidrofobne biljke su način na koji priroda može parirati onečišćenju. Ovo je metoda koja jako polako prikuplja ulje, a zauzima značajan prostor na kojem mogu raditi puno učinkovitija sredstva. Zbog ovoga se hidrofobne biljke isključuju iz prijedloga.

Tablica 6. Prednosti i nedostaci inovativnih sredstva i metoda za korištenje

Sredstva i metode za korištenje	Prednosti	Izazovi / nedostaci
Magnetni sapun		Dobava dovoljne količine ovog sredstva do mjesta izljeva nije jednostavna.
	Jednostavno rukovanje uljnom mrljom pomoću elektromagnetskog polja.	Metoda nije testirana na većim količinama ulja.
		Ograničenost uporabe radi magnetnih svojstva brodske konstrukcije.
OHM spužve	Mogućnost višestrukog korištenja.	
	Prikupljaju ulje 30x veće mase od mase same spužve.	Testirana samo za prvih pet korištenja.
	Ekonomičnost, učinkovitost i održivost.	
	Hidrofobna svojstva.	Metoda nije prikladna za izljeve većeg razmjera.
	Može se oblikovati u proizvoljni oblik.	
Skimer diskovi	Visoka učinkovitost - mogućnost prikupljanja oko 17900 litara ulja po minuti.	Spuštanje u more sa nadgrađa.
	Prikladni za uporabu uslijed većih izljeva ulja.	
Otter skimer	Visoka učinkovitost.	Sporiji rad u odnosu na skimer diskove.
	Mogućnost ponovne uporabe prikupljenog ulja.	Spuštanje u more sa nadgrađa.
Autonomni roboti	Organizirano prikupljanje ulja (rade kao tim).	Sredstvo nije u razvoju posljednjih 11 godina.
		Ograničena pohrana prikupljenog ulja.
Hidrofobne biljke	Uporaba biološkog materijala za prikupljanje ulja iz mora.	Jako sporo prikupljanje ulja - jednim metrom uklanja se jedan kilogram ulja u periodu od sat vremena.
	Hidrofobna svojstva.	Ograničen stupanj prikupljanja ulja.
Miros OSD	Detekcija izljeva ulja radarom, običnim i infracrvenim kamerama.	

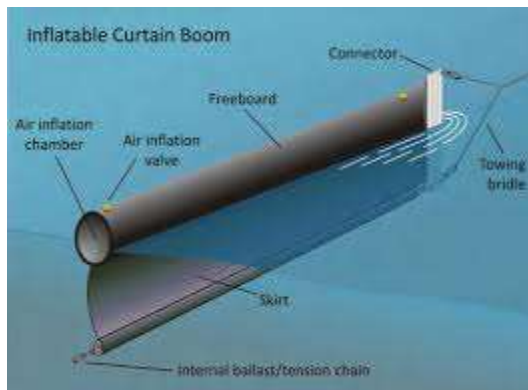
	Mogućnost detekcije izljeva u periodima lošije vidljivosti (noću).	Mogućnost lažne detekcije izljeva.
	Jednostavan prikaz detektiranog izljeva na radaru pomoću AIS-a.	
	Mogućnost integracije u postojeće sustave.	Relativno mali domet (1-2 kilometra kvadratna).
	Mogućnost procjene volumena izljeva ulja.	
Detekcija i praćenje uljne mrlje dronovima	Detekcija izljeva ulja radarom, običnim i infracrvenim kamerama.	
	Mogućnost detekcije izljeva u periodima lošije vidljivosti (noću).	Relativno kratko trajanje leta (dron od 13 kilograma može letiti 50 minuta).
	Povećanje dometa u odnosu na Miros OSD.	
Detekcija i mapiranje uljne mrlje satelitima	Značajni domet detekcije.	
	Moguća detekcija danju i noću.	Loša vidljivost za maglovite i oblačne periode.
	Analiza slika iz svemira gotovo u stvarnom vremenu.	Sustavi imaju ograničenja u pogledu uporabe u slučaju da su besplatni.
	Jasni prikaz uljnog onečišćenja (slika 48.)	

Izvor: Patrik Božurić

Preporučljivo je opremanje FPSO ili FSO plovila sa Miros OSD sustavom koji bi služio za ranu detekciju izljeva ulja uz primjenu lokaliziranih dronova koji dodatno mogu unaprijediti učinkovitost detekcije. Vrijeme je ključni faktor u umanjivanju posljedica onečišćenja. Uz dovoljno brzu detekciju onečišćenja – bilo to Miros OSD sustavom, vizualnim putem ili u očitim slučajevima kod požara, puknuća brodske konstrukcije ili cjevovoda, sudara i slično moglo bi se postići znatno umanjivanje onečišćenja. Ovakve situacije se mogu umanjiti brzom reakcijom.

Uporaba satelita može se predložiti u kasnijim fazama u svrhe mapiranja uljne mrlje, kako bi se znala cijela površina onečišćenja i moglo proračunati buduće kretanje onečišćenja.

Brza reakcija u ovom slučaju ima dvojaku funkciju. Prva bi bila prijava onečišćenja obalnim organizacijama (ova prijava može se odraditi automatski pomoću Miros OSD sustava ili manualno prijavom putem komunikacijskih kanala). Druga bi bila hitno djelovanje brodskim



Slika 49. Primjer pneumatske brane

Izvor: [77]

sredstvima za umanjivanje ili sprječavanje onečišćenja. Prijedlog za dodatnim sredstvima i metodama vrši svoj utjecaj na obje funkcije.

Brodsko sredstva trenutno obuhvaćaju SOPEP opremu i druge brodske metode za sprječavanje onečišćenja mora kao što su: prekrcaj tereta između dvaju skladišta (za promjenu trima i nagiba), prekrcaj balasta (za promjenu gaza), izoliranje ili zatvaranje dijela cjevovoda i slično.

Kod primjene ovih brodskih metoda bitno je obratiti pozornost na naprezanja sidrene kupole.

Osim prijedloga iz prethodno analiziranih inovativnih metoda i sredstva predlaže se i ugradnja brze brodice sa motorom veće snage koji je sposoban tegliti pneumatsku branu.

Obzirom na to da FPSO plovila dobivaju zalihe posebnim brodovima dio prijedloga je da se pneumatska brana, zamotana u veliku rolu drži na krmi broda sa zalihama. Osim pneumatske brane bilo bi dobro opremiti brod sa sustavom za postavljanje skimera i nekoliko manjih skimera – idealno izvedenih tehnologijom skimer diskova. Korištenje broda sa zalihama je opcija jer on vjerojatno prevozi zalihe za više odobalnih postrojenja koje se nalaze nad istim ležištem.

Pneumatska brana se puni zrakom i odmotava na krmi broda sa zalihama zato što brza brodice sa FPSO plovila tegli početak pneumatske brane. Tegljenje brane se odvija na način da se okuži područje izljeva ulja. Brana bi trebala imati duljinu veću od 800 metara (procijenjena vrijednost ovisna o veličini FPSO plovila) kako bi se omogućila adekvatna reakcija za većinu izljeva. Unutar područja utjecaja brane bi se mogli primijeniti manji skimeri za uklanjanje uljnog onečišćenja.

4.2.2. Obalna organizacija

Primitkom prijave nastalog onečišćenja obalne organizacije dužne su reagirati prema dogovorenom planu reakcije. Gotovo svaka država ima drugačiju strategiju u slučaju onečišćenja, no i bilo bi idealno standardizirati ovaj proces organizacije uklanjanja onečišćenja.

Dobar primjer ovog sustava su EMSA i REMPEC, no za svrhe hitne reakcije u pogledu FPSO i FSO odobalnih plovila idealna bi bila kombinacija dvaju sustava. Koristeći EMSA-inu 'mrežu' na način da pored postavljanja brodova i opreme na čekanje u blizini najgušćih prometnih koridora, da se proširi⁸ i na prostore sa najvećim stupnjem djelovanja ovakvih odobalnih postrojenja. Takvo proširenje 'mreže' ne bi povećalo stupanj sigurnosti od onečišćenja za samo jedno plovilo, već vjerojatno i više njih. Pored ovog segmenta, primjenom ideje koja stoji iza REMPEC-a, gdje se više obalnih država udruži sa sredstvima također može biti od velikog značaja.

Miros OSD sustav je sposoban u točno određenom dometu mapirati uljnu mrlju, no uočava se problem praćenja cjelokupne uljne mrlje (ako je ona izuzetno velika). Ovaj problem je rješiv postavljanjem Miros OSD sustava na lokalizirane dronove koji mogu pokriti područje uljne mrlje. U slučaju da se uljna mrlja i dalje proteže izvan dometa Miros OSD sustava može se poslati zahtjev za vizualnim prikazima iz svemira od *CleanSeaNet* ili *SeaScope* sustava. Kombinacijom dobivenih podataka iz svemira i Miros OSD sustava na GIS informacijskom sustavu može se postići adekvatni temelj za koordinaciju uklanjanja onečišćenja.

⁸ Primjena EMSA-ine 'mreže' globalno nije izvedivo jer se EMSA odnosi na Europsku uniju, ali primjena ideje njihove 'mreže' se može primijeniti globalno.

5. ZAKLJUČAK

Priroda je nezamjenjiva. Mora i oceani su dijelovi prirode koji neće dugo ostati čisti uz postojeću industriju ukoliko se ne obrati posebna pozornost na pravilnu kontrolu sprječavanja, umanjivanja i saniranja onečišćenja. FPSO plovila kojima je glavni zadatak crpljenje i prerada sirove nafte potencijalno mogu strahovito onečistiti mora uljima. Sprječavanje ovakvih onečišćenja i prirodnih katastrofa se može uspješno provoditi praćenjem raznih procedura, obuke posade i drugih stavki navedenih u prethodnom poglavlju.

Pregledom statističkih podataka, uviđa se kako je najveći broj FPSO plovila smješteno uz obalu Brazila. U pogledu onečišćenja, nezgoda i generalne procjene rizika može se vidjeti kako su ispuštanja nafte zapravo relativno čest događaj, iako to nisu ispuštanja većih količina. Najrizičnije nezgode po nastanak onečišćenja uljem poput *blowouta*, požara, sudara, prevrtanja i eksplozija se najrjeđe događaju, dok su nešto češći operativni zastoji.

Sredstva, sustavi i metode za upravljanje onečišćenjima se u pogledu sprječavanja onečišćenja fokusiraju na konstrukcijska rješenja, regulaciju tlaka i SOPEP opremu. Kada se promatra umanjivanje i uklanjanje onečišćenja uljima – oslonac je gotovo u potpunosti na obalnoj opremi i sredstvima, dok cijeli sustav ovisi o tome koliko će brzo plovilo koje onečišćuje okoliš uljem prijaviti istjecanje ulja. U segmentu obalnih sustava rada, valja istaknuti EMSA-inu 'mrežu' kao dobro osmišljen plan obrane od onečišćenja unutar mora Europske Unije. Ova 'mreža' predstavlja pouzdan kamen temeljac za stvaranje globalno orijentiranog sustava koji je sposoban spriječiti posljedice nezgoda kao što su bile posljedice slučaja *Deepwater Horizon* 2010. godine. prvenstveno radi brzine reagiranja na novonastalo onečišćenje.

U posljednjih 11 godina nema revolucionarnih tehnologija u pogledu uklanjanja onečišćenja. Posljednje inovacije za uklanjanja onečišćenja na većoj razini osmišljene su upravo tada – gdje je motivacija bila novac i pobjeda u natjecanju. I dalje postoje tehnologije poput hidrofobnih biljka i autonomnih robota koje su daleko od stvarne uporabe na višoj razini, no i dalje vrijedne spomena radi uloženog truda i rada u iste. Miros OSD sustav kojega koristi pola FPSO Brazilske flote (u vlasništvu Petrobrasa) pokazuje se kao izuzetno koristan i napredan sustav za mapiranje i detekciju uljnih mrlja.

LITERATURA

- [1] SBM Offshore, 'FPSO Fundamentals', 2012., video snimka: <https://www.youtube.com/watch?v=70XwYmmZFWs>, (Datum pristupa 25.05.2022.)
- [2] MODEC, 'FPSO/FSO' (Web stranica: <https://www.modec.com/business/floater/fpso/>) (Datum pristupa 25.05.2022.)
- [3] Resinextrad (2007), 'FPSO and FSO: the new frontier for deep water oil drilling', (web izvor: <https://www.resinextrad.com/en/fpso-and-fso-the-new-frontier-for-deep-water-oil-drilling/>, datum pristupa: 25.05.2022.)
- [4] Maglić, L., bilješke sa predavanja – kolegij 'Morske tehnologije'. (2021.)
- [5] NEWSROOM (2021), *At end of Yellowtail development, oil company could leave equipment underwater* (web izvor: <https://newsroom.gy/2021/11/14/at-end-of-yellowtail-development-oil-company-could-leave-equipment-underwater/>, datum pristupa: 25.05.2022.)
- [6] OFFSHORE ENGINEER (2020), *SOPEC to Supply Sangomar FPSO Turret Mooring System* (web izvor: <https://www.oedigital.com/news/474801-sofec-to-supply-sangomar-fpso-turret-mooring-system>, datum pristupa: 25.05.2022.)
- [7] Kardomateas, Konstantinos. (2016). *Minimum Required Propulsion Power for FPSOs and FLNGs*
- [8] Carranza Sánchez, Yamid & De Oliveira Junior, Silvio. (2015). *Assessment of the exergy performance of a floating, production, storage and offloading (FPSO) unit: Influence of three operational modes.*
- [9] Rudan, I., bilješke sa predavanja – kolegij 'Tehnologija prijevoza tekućih tereta'. (2020.)
- [10] VEGA, *Level measurement and point level detection in FPSO crude oil tanks* (web izvor: <https://www.vega.com/en-ca/industries/ship-and-yacht-building/shipbuilding/crude-oil-storage-tank>, datum pristupa: 25.05.2022.)

- [11] Norconsult, *Owner's Engineer Höegh LNG FPSO* (web izvor: <https://www.norconsult.com/references/oil-and-gas/owners-engineer-hoegh-lng-fpso/>, datum pristupa: 25.05.2022.)
- [12] Oil & Gas Developments in the Eastern Mediterranean, *Energean receives Class approval for FPSO design for Karish-Tanin - WORLD OIL* (web izvor: <http://tekmormonitor.blogspot.com/2018/05/energean-receives-class-approval-for.html>, datum pristupa: 25.05.2022.)
- [13] Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture (2020), *Pravila za statutarnu certifikaciju pomorskih brodova, sprječavanje onečišćenja*, NN 8/2020,
- [14] Maja Markovčić Kostelac - Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture (2008), *Operativna onečišćenja s brodova: Međunarodni i europski pravni okvir*, Zagreb
- [15] SAFETY4SEA (2019), *Amoco Cadiz oil spill: The largest loss of marine life ever* (web izvor: <https://safety4sea.com/cm-amoco-cadiz-oil-spill-the-largest-loss-of-marine-life-ever/>, datum pristupa: 30.05.2022.)
- [16] HISTORY (2018), *Exxon Valdez Oil Spill* (web izvor: <https://www.history.com/topics/1980s/exxon-valdez-oil-spill>, datum pristupa: 30.05.2022.)
- [17] SAFETY4SEA (2018), *Learn from the past: Prestige sinking, one of the worst oil spills in Europe* (web izvor: <https://safety4sea.com/cm-learn-from-the-past-prestige-sinking-one-of-the-worst-oil-spills-in-europe/>, datum pristupa: 30.05.2022.)
- [18] EPA, *Deepwater Horizon – BP Gulf of Mexico Oil Spill* (web izvor: <https://www.epa.gov/enforcement/deepwater-horizon-bp-gulf-mexico-oil-spill>, datum pristupa: 31.05.2022.)
- [19] Offshore Magazine (2021), *2021 WORLDWIDE SURVEY OF FLOATING PRODUCTION, STORAGE AND OFFLOADING (FPSO) UNITS* (web izvor: <https://www.offshore-mag.com/resources/maps-posters/document/14208638/2021-worldwide-survey-of-floating-production-storage-and-offloading-fpso-units>, datum pristupa: 31.05.2022.)
- [20] ITOPF (2022), *Oil Tanker Spill Statistics 2021*. ITOPF Ltd, London, UK

- [21] HSE (2007), *Accident statistics for floating offshore units on the UKCS 1980-2005*, Det Norske Veritas/UK Health & Safety Executive. HSE Research Report Series. Report No. RR567.
- [22] International Maritime Organization (2006), MARPOL consolidated edition 2006: Articles, Protocols, Annexes, Unified Interpretations of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto, London
- [23] VesselFinder (2019), *Hull Cracks Lead to Oil Leak from Brazilian FPSO* (web izvor: <https://www.vesselfinder.com/news/16236-Hull-Cracks-Lead-to-Oil-Leak-from-Brazilian-FPSO>, datum pristupa: 01.06.2022.)
- [24] Greg King, predavanje '9.2.5: *The Well Control System (Blowout Prevention System)*' (web izvor: <https://www.e-education.psu.edu/png301/node/728>, datum pristupa: 01.06.2022.)
- [25] OneSubsea, *Subsea Production Manifold Systems* (web izvor: <https://www.onesubsea.slb.com/subsea-production-systems/subsea-manifold-systems/subsea-production-manifold-systems#related-information>, datum pristupa: 01.06.2022.)
- [26] Keprate, Arvind. (2016). *Assessing the Riser Concepts for a Deepwater FPSO*
- [27] ENGINEERLIVE (2021), *Versatility in riser systems with Subsea 7* (web izvor: <https://www.engineerlive.com/content/versatility-riser-systems-subsea-7>, datum pristupa: 01.06.2022.)
- [28] Gall Thomson Environmental Ltd., '*Emergency Release and Shut-Off Couplings (ERSOC)*' (web izvor: https://www.gall-thomson.co.uk/gt_product/marine-breakaway-coupling-products/emergency-release-and-shut-off-coupling/, datum pristupa: 01.06.2022.)
- [29] '*SHIPBOARD OIL POLLUTION EMERGENCY PLAN (SOPEP)*' sample plan (web izvor: https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20180227_184504_zec_ZMMO_.SOPEP_Sample_Plan.pdf, datum pristupa: 01.06.2022.)
- [30] MARPOL 1. Prilog, rezolucija MEPC.311(73) (2018), '*GUIDELINES FOR THE APPLICATION OF MARPOL ANNEX I REQUIREMENTS TO FLOATING PRODUCTION, STORAGE AND OFFLOADING FACILITIES (FPSOs) AND FLOATING STORAGE UNITS (FSUs)*'.

[31] NOAH (2022), *SPILL STATION, SOPEP MARINE OIL SPILL RESPONSE KIT* (web izvor: https://www.noah.com.sg/index.php?route=product/product&product_id=843, datum pristupa: 01.06.2022.)

[32] Tools & Pumps Trading Centre b.v (2022), *IMPA 232528 OIL SORBENT BOOMS DIA 130MM X L3000MM* (web izvor: <https://www.toolsandpumps.com/products/absorption-products/oil-sorbent-booms/impa-232528-oil-sorbent-booms-dia-130mm-x-13000mm-bag-4pce>, datum pristupa: 01.06.2022.)

[33] spillfreak.com, *Oil Only Absorbent Roll 38" x 144"* (web izvor: <https://spillfreak.com/product/oil-only-absorbent-roll-38-x-144-1-case-4/>, datum pristupa: 01.06.2022.)

[34] Northrock Safety Equipment Pte Ltd (2022), *Oil Only Absorbent Pads* (web izvor: <https://northrock.com.sg/Oil-Only-Absorbent-Pads-400gsm.html>, datum pristupa: 01.06.2022.)

[35] myseatime (2022), *How to make correct oil record book (Cargo) entries ?* (web izvor: <https://www.myseatime.com/blog/detail/how-to-make-correct-oil-record-book-entries>, datum pristupa: 01.06.2022.)

[36] marpoltraining (2022), *Discharges from fixed or floating platforms* (web izvor: http://www.marpoltraining.com/MMSKOREAN/MARPOL/Annex_I/appUI1app5.htm, datum pristupa: 01.06.2022.)

[37] Texas Boom Company (2022), *SPILL CONTAINMENT BOOM MANUFACTURER* (web izvor: <https://texasboom.com/news/spill-containment-boom-manufacturer>, datum pristupa: 01.06.2022.)

[38] ABASCO LLC (2022), *INFLATABLE OIL CONTAINMENT BOOM* (web izvor: <https://texasboom.com/news/spill-containment-boom-manufacturer>, datum pristupa: 01.06.2022.)

[39] Vikoma International Ltd (2022), *Weir* (web izvor: <https://www.vikoma.com/Oil-Spill-Solutions/Booms/Weir>, datum pristupa: 01.06.2022.)

- [40] Nauticexpo (2022), *Disc oil skimmer* (web izvor: <https://www.nauticexpo.com/prod/vikoma-international/product-32656-228860.html>, datum pristupa: 01.06.2022.)
- [41] EPA (2021), '*Skimmers*' (web izvor: <https://www.epa.gov/emergency-response/skimmers>, datum pristupa 05.06.2022.)
- [42] ATRAC – bilješke sa predavanja u sklopu kolegija '*Tehnologija uklanjanja onečišćenja mora*', 2022.
- [43] J. Steven Butler, *BP Macondo Well Incident U.S. Gulf of Mexico Pollution Containment and Remediation Efforts*, 2011.
- [44] Encyclopædia Britannica, *Deepwater Horizon oil spill: controlled burn* (web izvor: <https://www.britannica.com/event/Deepwater-Horizon-oil-spill/Cleanup-efforts#/media/1/1698988/145108>, datum pristupa: 01.06.2022.)
- [45] U.S. Government Accountability Office (2021), *Offshore Oil Spills: Additional Information is Needed to Better Understand the Environmental Tradeoffs of Using Chemical Dispersants* (web izvor: <https://www.gao.gov/products/gao-22-104153>, datum pristupa: 01.06.2022.)
- [46] International Maritime Organization, *Government Agencies* (web izvor: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/GovernmentAgencies.aspx>, datum pristupa: 01.06.2022.)
- [47] IPIECA-IOGP (2015), '*Tiered preparedness and response*'
- [48] Code of Federal Regulations (2015), *Part 300 - National Oil and Hazardous Substances Pollution Contingency Plan, Subpart D*
- [49] Maritime & Coastguard Agency (2022), '*UK National Standard for Marine Oil Spill Response Organisations*' (web izvor: <https://www.gov.uk/government/publications/uk-national-standard-for-marine-oil-spill-response-organisations/uk-national-standard-for-marine-oil-spill-response-organisations>, datum pristupa: 06.06.2022.)
- [50] Europska Unija, '*Europska agencija za pomorsku sigurnost*' (web izvor: https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/institutions-and-bodies-profiles/emsa_hr, datum pristupa: 06.06.2022.)

- [51] EMSA (2022), '*Network of Stand-by Oil Spill Response Vessels*', (web izvor: <https://www.emsa.europa.eu/oil-spill-response.html>, datum pristupa: 07.06.2022.)
- [52] UN environment programme, '*Barcelona Convention and Protocols*' (web izvor: <https://www.unep.org/unepmap/who-we-are/barcelona-convention-and-protocols>, datum pristupa: 07.06.2022.)
- [53] UN environment, '*The Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean Sea*' (Web izvor: <https://www.rempec.org/>, datum pristupa: 07.06.2022.)
- [54] ITOPF (2014), '*Country and territory profiles – BRAZIL*' (web izvor: https://www.itopf.org/fileadmin/uploads/itopf/data/Documents/Country_Profiles/brazil.pdf, datum pristupa: 08.06.2022.)
- [55] University of Bristol (2012), '*Bristol scientists produce world's first magnetic soap*' (web izvor: <http://www.bristol.ac.uk/news/2012/8179.html>, datum pristupa: 08.06.2022.)
- [56] Massachusetts Institute of Technology, '*Cleaning up oil spills with magnets at MIT*', video snimka: <https://www.youtube.com/watch?v=ZaP7XOjsCHQ&t=92s>, (Datum pristupa 08.06.2022.)
- [57] Vikas Nandwana, Stephanie M. Ribet, Roberto D. Reis, Yuyao Kuang, Yash More, and Vinayak P. Dravid (2020), '*OHM Sponge: A Versatile, Efficient, and Ecofriendly Environmental Remediation Platform*', Industrial & Engineering Chemistry Research
- [58] ELASTEC, '*Grooved Disc Skimmers*' (web izvor: <https://www.elastec.com/products/oil-spill-skimmers/grooved-disc-skimmers/>, datum pristupa: 09.06.2022.)
- [59] XPRIZE, '*Team Elastec/American Marine--Wendy Schmidt Oil Cleanup X CHALLENGE*', video snimka: <https://www.youtube.com/watch?v=oEoDGzBcxoI&t=134s>, (Datum pristupa 09.06.2022.)
- [60] PPR Alaska, Otter skimmer projekt (web izvor: <https://www.ppralaska.com/about>, datum pristupa: 09.06.2022.)
- [61] MIT, Seaswarm projekt (web izvor: <http://senseable.mit.edu/seaswarm/index.html>, datum pristupa: 09.06.2022.)

- [62] T. S. Kabra, A. Peters, SoilioS projekt (web izvor: <https://www.fastcompany.com/90537543/this-cute-little-robot-floats-to-oil-spills-and-sucks-up-the-oil>, datum pristupa: 09.06.2022.)
- [63] Barthlott W., Moosmann M., Noll I., Akdere M., Wagner J., Roling N., Koepchen-Thomä L., Azad M. A. K., Klopp K., Gries T. and Mail M. (2020), '*Adsorption and superficial transport of oil on biological and bionic superhydrophobic surfaces: a novel technique for oil–water separation*'
- [64] Seatronics (2022), *Miros Oil Spill Detection*, (web izvor: <https://seatronics-group.com/rov-sensors/miros-oil-spill-detection/>, datum pristupa: 10.06.2022.)
- [65] MIROS, Miros OSD User Manual (web izvor: <https://docplayer.net/60682663-Miros-osd-user-manual-pr-osd-recovery-classification-abstract.html>, datum pristupa: 10.06.2022.)
- [66] MIROS, Miros OSD projekt (web izvor: <https://miros-group.com/products/oil-spill-detection/>, datum pristupa: 10.06.2022.)
- [67] Alawadi, Fahad (2011), '*Detection and classification of oil spills in MODIS satellite imagery*'
- [68] A. Lewis (2007), '*CURRENT STATUS OF THE BAOAC (BONN AGREEMENT OIL APPEARANCE CODE)*'
- [69] EMSA (2022), '*Remotely Piloted Aircraft Systems Services (RPAS)*', (web izvor: <https://emsa.europa.eu/we-do/surveillance/rpas.html>, datum pristupa: 09.08.2022.)
- [70] Maptitude, *What Are the Best GIS Data Sources?*, (web izvor: <https://www.caliper.com/maptitude/blog/what-are-the-best-gis-data-sources/default.htm>, datum pristupa: 10.06.2022.)
- [71] A. Yu. Ivanov & V. V. Zatygalova (2008), '*A GIS approach to mapping oil spills in a marine environment, International Journal of Remote Sensing*'
- [72] Alawadi, F. (2011), '*Detection and classification of oil spills in MODIS satellite imagery*'
- [73] firenorth, *Satellite Images*, (web izvor: https://firenorth.org.au/nafi3/views/help/Maps_and_Fire_help5.htm, datum pristupa: 10.06.2022.)

[74] EMSA (2022), '*CleanSeaNet*', (web izvor: <https://www.emsa.europa.eu/csn-menu.html> , datum pristupa: 10.08.2022.)

[75] EMSA (2021), *CleanSeaNet - European satellite based oil spill monitoring and vessel detection service*, (web izvor: <https://www.emsa.europa.eu/publications/item/4322-cleanseanet-european-satellite-based-oil-spill-monitoring-and-vessel-detection-service.html>, datum pristupa: 10.08.2022.)

[76] CGG (2022), '*Seascope*', (web izvor: <https://www.cgg.com/geoscience/satellite-mapping/oil-spill-detection-monitoring> , datum pristupa: 10.08.2022.)

[77] ITOPF (2011), '*USE OF BOOMS IN OIL POLLUTION RESPONSE – Technical information paper*'

POPIS SLIKA

Slika 1. FPSO plovilo.....	3
Slika 2. FSO plovilo	4
Slika 3. Prikaz raznih vrsta podvodnih sustava kod odobalnih objekata	5
Slika 4. Sidrena kupola, SOFEC	6
Slika 5. Shema odvajanja i kretanja plina kroz postrojenje	8
Slika 6. Sustav mjerenja količine ugljikovodika unutar tankova	11
Slika 7. Bočni STS transfer	12
Slika 8. Iskrcaj ugljikovodika brodom i cjevovodom	13
Slika 9. Zemljovid smještaja FPSO brodova po svijetu.....	16
Slika 10. Curenje nafte s FPSO Cidade do Rio de Janeiro	21
Slika 11. BOP shema.....	22
Slika 12. Shema rada različitih čeljusnih protuerupcijskih uređaja iz dvije perspektive u otvorenom i zatvorenom stanju	23
Slika 13. Varijacije izvedbi podizača	24
Slika 14. Primjer primjene ERSOC sustava na FPSO plovilu u zapadnoj Africi	24
Slika 15. Sažeti dijagram tijeka djelovanja sukladno SOPEP planu.....	26
Slika 16. Primjer - upijajuća plutajuća brana	27
Slika 17. Primjer - rola upijajuće podloge.....	28
Slika 18. Primjer – upijajuće podloge	28
Slika 19. Primjer knjige o uljima	29
Slika 20. Dijagram ispuštanja zauljenih voda sa FPSO/FSO brodova.....	30
Slika 21. Presjek brane - TBC	31
Slika 22. Pneumatska izvedba brane - AIRBOOM 36.....	32
Slika 23. Shema rada skimera ugrađenih u branu	33
Slika 24. Oleofilni skimer	33
Slika 25. Primjer paljenja uljne mrlje.....	34
Slika 26. Načini primjene disperzanta na primjeru nezgode Deepwater Horizon	35
Slika 27. Model spektra sposobnosti za reakciju kroz razine djelovanja.....	38
Slika 28. Prikaz sredstava 'mreže' za nadzor i uklanjanje onečišćenja	42
Slika 29. Obalne države Sredozemnog mora i status njihovog NCP plana	43
Slika 30. Zamisao uporabe magnetnog sapuna u svrhe uklanjanja uljnog onečišćenja.....	45
Slika 31. Prikupljanje ulja OHM spužvom	46
Slika 32. Ciklus rada OHM spužve	46
Slika 33. Reljefni disk tokom uklanjanja ulja iz vode.....	47

Slika 34. Skimer diskovi tijekom uklanjanja ulja iz vode.....	47
Slika 35. Otter skimer.....	48
Slika 36. Seaswarm prvi prototip	49
Slika 37. SoiloS	50
Slika 38. Prikaz upijanja ulja biljke salvinia molesta.....	50
Slika 39. BOA koncept.....	51
Slika 40. Tijek rada Miros OSD sustava	52
Slika 41. Prikaz uljne mrlje u sklopu ovog sustava (zaokruženo).....	52
Slika 42. Primjer gibanja na temelju uljne mrlje na temelju utjecaja vanjskih sila	53
Slika 43. Primjer prikaza informacije kod korištenja WaveWeather sustava	54
Slika 44. RPAS dron	55
Slika 45. GIS slojevi podataka	55
Slika 46. MODIS domet.....	56
Slika 47. Vizualni prikaz onečišćenja – tamno je onečišćenje, svjetlo je plovilo,.....	56
Slika 48. Prikaz uljnog onečišćenja unutar CGG sustava	57
Slika 49. Primjer pneumatske brane.....	62

POPIS TABLICA

Tablica 1. Popis brodova na području kontinentalnog pojasa VB u periodu od 1980.-2005... 17	
Tablica 2. Popis učestalosti i broja nastalih nezgoda u periodima unutar 1980. do 2005. godine	18
Tablica 3. Procjena rizika na temelju učestalosti i potencijalne posljedice u pogledu onečišćenja od 1980. do 2005. godine za kontinentalni pojas Ujedinjenog Kraljevstva	20
Tablica 4. Pregled paketa opreme za sprječavanje onečišćenja	27
Tablica 5. Popis vladinih organizacija	36
Tablica 6. Prednosti i nedostaci inovativnih sredstva i metoda za korištenje	60

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Raspodjela FPSO brodova	15
Grafikon 2. Broj izljeva u periodu od 1970. do 2021. godine.....	17

PRILOG 1.

Unutar ovog priloga nalazi se popis FPSO brodova iz 2021. godine objavljen u sklopu web stranice offshore-mag.com [19] i obrađen od strane autora unutar programa Microsoft Excel. Tablica je radi veličine podijeljena na više dijelova. Popis obuhvaća ime vlasnika, ime plovila, IMO broj, način konstrukcije, operatora plovila i zdenca, operativnu dubinu, položaj ležišta, državu, podatke o zdencima i podatke o proizvodnji.

No.	Vlasnik	Ime plovila	IMO broj	Konstruktivski tip: N-Novogradnja, C-Konvertiranje
1	ALTERA INFRASTRUCTURE	CIDADE DE ITAJAI	8322026	C
2	ALTERA INFRASTRUCTURE	PETROJARL 1	8410720	C
3	ALTERA INFRASTRUCTURE	PETROJARL KNARR	9630987	N
4	ALTERA INFRASTRUCTURE	PIONEIRO DE LIBRA	9063067	C
5	AKER BP	ALVHEIM	9170078	C
6	AKER BP	SKARV FPSO	9433042	N
7	AMNI	PRINCESS AWENI (EX-ARMADA PERKASA)	7383401	C
8	BHP BILLITON	PYRENEES VENTURE	9331488	C
9	BLT	BROTOJOYO	7916521	N
10	BLUE MARINE	BLUE PHOENIX (EX-CRYSTAL OCEAN)	9186156	N
11	BLUEWATER	AOKA MIZU		C
12	BLUEWATER	BLEO HOLM	8763452	N
13	BLUEWATER	HAEWENE BRIM	9123178	N
14	BP	GLEN LYON	9621493	N
15	BP	GREATER PLUTONIO	9315111	N
16	BP	PSVM FPSO	9077800	C
17	BUMI ARMADA	ARMADA KRAKEN	9320726	C
18	BUMI ARMADA	ARMADA OLOMBENDO	9178757	C
19	BUMI ARMADA	ARMADA STERLING	9167655	C
20	BUMI ARMADA	ARMADA STERLING II	9182928	C
21	BUMI ARMADA	ARMADA TGT1 (PERWIRA)	9107722	C
22	BUMI ARMADA	KARAPAN ARMADA STERLING III	9213179	C
23	BW OFFSHORE	ABO	7374046	C
24	BW OFFSHORE	BW ADOLO (EX-AZURITE)	861831	C
25	BW OFFSHORE	BW CATCHER	9777280	N
26	BW OFFSHORE	BW JOKO TOLE	8802911	C
27	BW OFFSHORE	BW PIONEER	8918265	C
28	BW OFFSHORE	ESPOIR IVOIRIEN	7373949	C
29	BW OFFSHORE	PETROLEO NAUTIPA	7380629	C
30	BW OFFSHORE	SENDJE BERGE	7360057	C

31	BW OFFSHORE	YÙUM K'AK' NÁAB	7708302	C
32	CENOVUS	SEA ROSE (WHITE ROSE)	9274501	N
33	CENTURY ENERGY SERVICE	STAMARA NANAYE (EX-FRONT PUFFIN)	8809921	C
34	CHEVRON	AGBAMI	9348417	N
35	CHEVRON	SANHA LPG FPSO	9277462	N
36	CNOOC	BOHAI SHI JI (BOHAI CENTURY)	8765204	C
37	CNOOC	BOHAI YOU YI HAO	8763579	C
38	CNOOC	HAI YANG SHI YOU 111	9273882	N
39	CNOOC	HAI YANG SHI YOU 112	9285172	N
40	CNOOC	HAI YANG SHI YOU 113	9321859	N
41	CNOOC	XIJIANG (HAI YANG SHI YOU 115)	9373084	N
42	CNOOC	WENCHANG II (HAI YANG SHI YOU 116)	9364435	N
43	CNOOC	HAI YANG SHI YOU 117	9349148	N
44	CNOOC	HAI YANG SHI YOU 118		N
45	CNOOC	HAI YANG SHI YOU 119		N
46	CNOOC	NAN HAI ENDEAVOR (FEN JIN HAO)		C
47	CNOOC	NAN HAI SHENG LI		C
48	DANA PETROLEUM	TRITON	9161302	N
49	DANA PETROLEUM	WESTERN ISLES FPSO	9736171	N
50	EQUINOR	ÅSGARD A	8766208	N
51	EQUINOR	NORNE	8764705	N
52	EQUINOR	PEREGRINO	9323950	C
53	EXXONMOBIL	ERHA	9280823	C
54	EXXONMOBIL	KIZOMBA "A"	8765292	N
55	EXXONMOBIL	KIZOMBA "B"	9287936	N
56	EXXONMOBIL	SERPENTINA	7373080	C
57	EXXONMOBIL	USAN	9505845	N
58	EXXONMOBIL	ZAFIRO PRODUCER	7311989	C
59	GEMSA	AL ZAAFARANA	6906866	C
60	HIBISCUS / PING	ANASURIA	9118965	N
61	HARBOUR ENERGY	ANOVA NATUNA	8763608	N
62	INPEX	ICHTHYS VENTURER	9657179	N
63	ITHACA ENERGY	CAPTAIN	8763426	N
64	JADESTONE	MONTARA VENTURE	8714982	C
65	JADESTONE	RAROA	7913971	C
66	KOMOS / TRIDENT	SENDJE CEIBA	7360069	C
67	LUNDIN/PETRONAS	BERTAM	7041601	C
68	M3 ENERGY	RATU NUSANTARA	9012707	C
69	MEDCO	BELANAK NATUNA	8765216	N
70	MISC	BUNGA KERTAS	8507327	C
71	MISC	CENDOR	8818910	C
72	MISC	MaMPU 1	9313254	C
73	MISC	RUBY II	8902175	C
74	MODEC	BAOBAB IVOIRIEN MV 10	7389443	C
75	MODEC	CARIOCA MV 30		C
76	MODEC	CIDADE DE ANGRA dos REIS (MV22)	8919348	C
77	MODEC	CIDADE DE CARAGUATATUBA (MV27)	9740483	N
78	MODEC	CIDADE DE ITAGUAI (MV 26)	9179713	C

79	MODEC	CIDADE DE MANGARATIBA (MV 24)	9001007	C
80	MODEC	CIDADE DE NITEROI (MV 18)	8500123	C
81	MODEC	CIDADE DE SANTOS (MV 20)	7325899	C
82	MODEC	CIDADE DE SAO PAULO (MV23)	9005211	C
83	MODEC	CDE DE CAMPOS DOS GOYTACAZES (MV29)	9180138	C
84	MODEC	FPSO PROF. JOHN EVAN ATTA MILLS		C
85	MTC ENGINEERING	MTC LEDANG FPSO	9042427	C
86	NPDC	MYSTRAS	7374280	C
87	PEDCO	CYRUS	9260811	C
88	PERENCO	LA NOUMBI		C
89	PETROBRAS	P-31	7357749	C
90	PETROBRAS	P-33	7357749	C
91	PETROBRAS	P-35	7351783	C
92	PETROBRAS	P-37	7376886	C
93	PETROBRAS	P-43	7370208	C
94	PETROBRAS	P-48	7391824	C
95	PETROBRAS	P-50	7391824	C
96	PETROBRAS	P-53	7385136	C
97	PETROBRAS	P-54	7391812	C
98	PETROBRAS	P-57	8617225	C
99	PETROBRAS	P-58	9012238	C
100	PETROBRAS	P-62	9044217	C
101	PETROBRAS	P-63	9385124	C
102	PETROBRAS	P-66 (See Note 7)	9654012	N
103	PETROBRAS	P-67 (See Note 7)	9654024	N
104	PETROBRAS	P-68 (See Note 7)	9654048	N
105	PETROBRAS	P-69 (See Note 7)	9654036	N
106	PETROBRAS	P-70 (see Note 7)	9654050	N
107	PETROBRAS	P-74 (See Note 7)	9012824	C
108	PETROBRAS	P-75 (See Note 7)	9005273	C
109	PETROBRAS	P-76 (See Note 7)	9005223	C
110	PETROBRAS	P-77 (See Note 7)	8906913	C
111	PETROFIRST	FPF3 (EX-JASMINE VENTURE - MV 7)	7370650	C
112	PETROFIRST	LEWEK EMAS	7506039	C
113	PETROGAS NEO	GLOBAL PRODUCER III	9183245	N
114	PETRORIO	FRADE	7522318	C
115	PETRORIO	OSX-3	8715027	C
116	PETROVIETNAM	THAI BINH (CUULONG MV9)	9274381	N
117	SAIPEM	CIDADE DE VITORIA	7403354	N
118	SAIPEM	GIMBOA	7403366	N
119	SANTOS	NINGALOO VISION	8021854	C
120	SBM OFFSHORE & PARTNERS	ASENG	8717213	C
121	SBM OFFSHORE & PARTNERS	CAPIXABA	7370193	C
122	SBM OFFSHORE & PARTNERS	CIDADE DE ANCHIETA	7382249	C
123	SBM OFFSHORE & PARTNERS	CIDADE DE ILHABELA	9083108	C

124	SBM OFFSHORE & PARTNERS	CIDADE DE MARICA	9200847	C
125	SBM OFFSHORE & PARTNERS	CIDADE DE PARATY	8613877	C
126	SBM OFFSHORE & PARTNERS	CIDADE DE SAQUAREMA	9179608	C
127	SBM OFFSHORE & PARTNERS	ESPIRITO SANTO (BC-10)	7372074	C
128	SBM OFFSHORE & PARTNERS	LIZA DESTINY (LIZA 1)	9175080	C
129	SBM OFFSHORE & PARTNERS	KIKEH	7351812	C
130	SBM OFFSHORE & PARTNERS	MONDO	7370246	C
131	SBM OFFSHORE & PARTNERS	N'GOMA	7349144	C
132	SBM OFFSHORE & PARTNERS	SAXI-BATUQUE (KIZOMBA C)	7379993	C
133	SHEBAH E & P	TRINITY SPIRIT	7370325	C
134	SHELL	BONGA	9222962	N
135	SHELL	FLUMINENSE FPSO	7389405	C
136	SHELL	SEA EAGLE (EA FPSO)	9198185	N
137	SHELL	TURRITELLA	9269087	C
138	TAMARIND	RUBICON INTREPID	8009569	C
139	TEEKAY	HUMMINGBIRD SPIRIT	9417103	N
140	TMM	ECO III	9327499	C
141	TOTAL	AKPO	9361146	N
142	TOTAL	CLOV	9630951	N
143	TOTAL	DALIA	9343962	N
144	TOTAL	EGINA	9695896	N
145	TOTAL	FARWAH	8765333	C
146	TOTAL	GIRASSOL	8764509	N
147	TOTAL	GRYPHON A	8920309	N
148	TOTAL	KAOMBO SUL	9387554	C
149	TOTAL	KAOMBO NORTE	9387542	C
150	TOTAL	PAZFLOR	9494515	N
151	TULLOW OIL	KWAME NKRUMAH MV21	9003861	C
152	VAR ENERGI	BALDER	8763294	N
153	VAR ENERGI	GOLIAT	9772242	N
154	VESTIGO PETROLEUM	FPSO BERANTAI	8107127	C
155	VIETSOVPETRO	CHI LINH	7369883	C
156	WOODSIDE	NGUJIMA-YIN	9181182	C
157	WOODSIDE	OKHA	9180889	C
158	YINSON	ABIGAIL-JOSEPH FPSO		C
159	YINSON	FPSO ADOON	8412974	C
160	YINSON	HELANG (EX-FOUR RAINBOW)	8900414	C
161	YINSON	JOHN AGYEKUM KUFUOR	9164835	C
162	YINSON	PTSC LAM SON	9071806	C
163	ALTERA INFRASTRUCTURE	PETROJARL VARG	8763309	N
164	ALTERA INFRASTRUCTURE	PIRANEMA SPIRIT (Sevan Piranema)	9375214	N
165	ALTERA INFRASTRUCTURE	VOYAGEUR SPIRIT	9390977	N

166	BLUEWATER	GLAS DOWR	9116620	C
167	BLUEWATER	MUNIN	9130652	C
168	BUMI ARMADA	ARMADA CLAIRE	9052393	C
169	BW OFFSHORE	BW ATHENA	9116761	C
170	BW OFFSHORE	BW OPPORTUNITY	7365447	C
171	BW OFFSHORE	BW CIDADE DE SAO VICENTE		C
172	BW OFFSHORE	POLVO	7822122	C
173	BW OFFSHORE	UMUROA	8017815	C
174	CENTURY ENERGY SERVICES	TAMARA TOKONI (EX-ARMADA PERDANA)	8302131	C
175	CNOOC	BOHAI MING ZHU	8763567	C
176	CNOOC	HAI YANG SHI YOU 102	8763581	C
177	ENI	FIRENZE FPSO	8613798	C
178	ENQUEST	ENQUEST PRODUCER	8124034	C
179	MODEC	STYBARROW VENTURE MV16	9331476	N
180	NOGA	NORTHERN ENDEAVOUR	9182916	N
181	OCEAN YIELD	DHIRUBHAI-1 (AKER SMART 1)		C
182	OSX 1 LEASING	OSX 1	9399832	C
183	OSX 1 LEASING	OSX 2	8618217	C
184	SPO	SON DOC PRIDE MV 19	8801280	C
185	WOODSIDE	NGANHURRA	9297424	N
186	BP	TORTUE AHMEYIM FPSO		N
187	BUMI ARMADA	KG-DWN-98/2		C
188	BW OFFSHORE	BAROSSA		N
189	CENTERTECH	LUFENG FPSO		N
190	ENERGEAN OIL & GAS	ENERGEAN POWER FPSO		N
191	EQUINOR	JOHAN CASTBERG		N
192	EQUINOR	BACALHAU FPSO		N
193	MISC	MARECHAL DUQUE DE CAXIS		C
194	MODEC	GUANABARA MV 31	9171436	C
195	MODEC	ALMIRANTE BARROSO MV32		C
196	MODEC	ANITA GARIBALDI MV33		C
197	MODEC	FPSO MIAMTE MV34	9416692	C
198	PETROBRAS	P-71 (See Note 7)	9654062	N
199	PETROBRAS	P-78		N
200	PETROBRAS	P-79		N
201	RELIANCE INDUSTRIES	KG-D6 MJ-1 FPSO		N
202	SBM	LIZA UNITY	9851858	N
203	SBM	SEPETIBA (MERO 2)		N
204	SBM	PROSPERITY		N
205	SBM	ALMIRANTE TAMANDARE		N
206	SBM	Fast4Ward #5 (Speculative Hull)		N
207	SBM	Fast4Ward #6 (Speculative Hull)		N
208	SHELL	PENGUINS		N
209	SUNCOR ENERGY	TERRA NOVA (UPGRADE)	9183532	N
210	VAR ENERGI	JOTUN A (UPGRADE)	9186168	N
211	WOODSIDE	SANGOMAR FPSO		C
212	YINSON	ANNA NERY		C

No.	Vlasnik plovila	Operator plovila	Operator zdenca	Operativna dubina mora (m)
1	Altera / Odebrecht	Altera	Petrobras	250
2	Altera	Altera	Enauta	1,560
3	Altera	Altera	Shell	410
4	Altera/Odebrecht	Altera/Odebrecht	Petrobras	2,000
5	Aker BP	Aker BP	Aker BP	125
6	Aker BP	Aker BP	Aker BP	400
7	Amni / Afren	Amni	Amni	15
8	BHP Billiton	MODEC	BHP Billiton	200
9	BLT	BLT	Kangean Energy Indonesia	75
10	Blue Marine	Blue Marine	PEMEX	170
11	Bluewater	Bluewater	Hurricane Energy	1,300
12	Bluewater	Repsol	Repsol	109
13	Bluewater	Bluewater	Shell	85
14	BP	BP	BP	400
15	BP	BP	BP	1,350
16	BP	BP	BP	2,000
17	Bumi Armada	Bumi Armada	Enquest	116
18	Bumi Armada	Bumi Armada	ENI	450
19	Bumi Armada	Bumi Armada	ONGC	91
20	Bumi Armada	Bumi Armada	ONGC	84
21	Bumi Armada	Bumi Armada	Hoang Long Joint Op. Co.	47
22	Bumi Armada	Bumi Armada	Husky-CNOOC Madura Ktd.	55
23	BW Offshore	BW Offshore	ENI	550
24	BW Offshore	BW Offshore	BW Energy	115
25	BW Offshore	BW Offshore	Premier Oil	91
26	BW Offshore	BW Offshore	Kangean Energy	300
27	BW Offshore	BW Offshore	Murphy Oil	2,600
28	BW Offshore	BW Offshore	CNR	120
29	BW Offshore	BW Offshore	Vaalco Energy	142
30	BW Offshore	BW Offshore	Addax /Sinopec	140
31	BW Offshore	BW Offshore	PEMEX	100
32	Cenovus	Cenovus	Cenovus	120
33	Century Energy	Yinka Folawiyo Petroleum	YFP	91
34	Chevron	Star Deepwater JV	NNPC	1,462
35	"Chevron / Cabinda Oil"	Chevron	Chevron	58
36	CNOOC	CNOOC	CNOOC	20
37	CNOOC	CNOOC	CNOOC	22
38	CNOOC	CNOOC	CNOOC	110
39	CNOOC	CNOOC	CNOOC	24
40	CNOOC	CNOOC	CNOOC	22
41	CNOOC	CNOOC	CNOOC	90
42	CNOOC	CNOOC	CNOOC	135
43	CNOOC	CNOOC	CNOOC	25
44	CNOOC	CNOOC	CNOOC	87
45	CNOOC	CNOOC	CNOOC	400
46	CNOOC	CNOOC	CNOOC	120

47	CNOOC	CNOOC	CNOOC	305
48	Dana Petroleum	Dana Petroleum	Dana Petroleum	90
49	Dana Petroleum	Dana Petroleum	Dana Petroleum	165
50	EQUINOR	EQUINOR	EQUINOR/Saga	300
51	EQUINOR	EQUINOR	EQUINOR	380
52	EQUINOR	EQUINOR	EQUINOR	100
53	ExxonMobil	ExxonMobil	ExxonMobil	1,180
54	ExxonMobil	ExxonMobil	ExxonMobil	1,180
55	ExxonMobil	ExxonMobil	ExxonMobil	1,016
56	ExxonMobil	SBM Offshore	ExxonMobil	475
57	ExxonMobil	ExxonMobil	ExxonMobil	700-850
58	ExxonMobil	ExxonMobil	ExxonMobil / GEPetrol	180
59	Gemsa	Aker	Gemsa	60
60	Hibiscus / Ping	Petrofac	Hibiscus / Ping	89
61	Harbour Energy	Harbour Energy	Harbour Energy	77
62	Inpex	Inpex	Inpex	250
63	Ithaca Energy	Ithaca Energy	Ithaca Energy	104
64	Jadestone	Jadestone	Jadestone	80
65	Jadestone	MODEC	Jadestone	101
66	Kosmos/Trident	Kosmos/Trident	Kosmos/Trident	800
67	Lundin/Petronas	Lundin	IPC/Petronas	76
68	M3 Energy	M3 Energy	Petronas	60
69	MEDCO	MEDCO	MEDCO	90
70	MISC	FPSO Ventures	Petronas	62
71	MISC	MISC	Petrofac Malaysia	70
72	MISC	Vestigo	Petronas	70
73	MISC / PTSC	MISC / PTSC	PCVL	49
74	MODEC	MODEC	CNR	970
75	Modec	Modec	Petrobras	2,200
76	MODEC	MODEC	Petrobras	2,149
77	MODEC	MODEC	Total	2,100
78	MODEC	MODEC	Petrobras	2,240
79	MODEC	MODEC	Petrobras	2,200
80	MODEC	MODEC	Petrobras	1,370
81	MODEC	MODEC	Petrobras	1,300
82	MODEC	MODEC	Petrobras	2,100
83	MODEC and JV partners	MODEC	Petrobras	765
84	MODEC	MODEC	Tullow Ghana Ltd	1,500
85	MTC Leasing	MTC Leasing	Vestigo	73
86	NPDC	NPDC	NPDC	72
87	Pedco	Pedco	Iranian Offshore Oil	100
88	Perenco	Perenco	Perenco	110
89	Petrobras	Petrobras	Petrobras	330
90	Petrobras	Petrobras	Petrobras	780
91	Petrobras	Petrobras	Petrobras	850
92	Petrobras	Petrobras	Petrobras	905
93	Petrobras	Petrobras	Petrobras	790
94	Petrobras	Petrobras	Petrobras	1,040
95	Petrobras	Petrobras	Petrobras	1,225
96	Petrobras / CDC	Petrobras	Petrobras	1,080
97	Petrobras	Petrobras	Petrobras	1,400

98	Petrobras / ICDC	Petrobras	Petrobras	1,260
99	Petrobras	Petrobras	Petrobras	1,800
100	Petrobras	Petrobras	Petrobras	1,600
101	Petrobras	Petrobras	Petrobras	1,190
102	Petrobras	Petrobras	Petrobras	2,150
103	Petrobras	Petrobras	Petrobras	2,150
104	Petrobras	Petrobras	Petrobras	1,500
105	Petrobras	Petrobras	Petrobras	1,500
106	Petrobras	Petrobras	Petrobras	2,240
107	Petrobras	Petrobras	Petrobras	2,190
108	Petrobras	Petrobras	Petrobras	2,190
109	Petrobras	Petrobras	Petrobras	2,190
110	Petrobras	Petrobras	Petrobras	2,190
111	PetroFirst	PetroFirst	Mubadala Petroleum	60
112	PetroFirst	PetroFirst	Premier Oil	95
113	Petrogas NEO	Petrogas NEO	Petrogas NEO	113
114	PetroRio	PetroRio	PetroRio	1,080
115	PetroRio (formerly OSX)	OSX Leasing	PetroRio	110
116	PetroVietnam	MODEC	Cuu Long JV	48
117	Saipem	Saipem	Petrobras	1,386
118	Saipem	Saipem	Sonangol	711
119	Santos	Santos	Santos	350
120	SBM Offshore & JVP	SBM Offshore & JV Partner	Noble Energy	1,300
121	SBM Offshore & JVP	SBM Offshore	Petrobras	1,485
122	SBM Offshore	SBM Offshore	Petrobras	1,221
123	SBM Offshore	SBM Offshore	Petrobras	2,140
124	SBM Offshore & JVP	SBM Offshore	Petrobras	2,120
125	SBM Offshore & JVP	SBM Offshore	Petrobras	2,120
126	SBM Offshore & JVP	SBM Offshore & JV Partner	Petrobras	2,130
127	SBM Offshore & JVP	SBM Offshore & MISC (JV)	Shell	1,780
128	SBM Offshore	SBM Offshore	EEPGL	1,525
129	SBM Offshore & MISC	SBM Offshore & MISC (JV)	PTTEP	1,350
130	SBM Offshore/Sonangol (Sonasing)	SBM Offshore/Sonangol (OPS)	ExxonMobil	728
131	SBM Offshore & Sonangol (Sonasing)	SBM Offshore & Sonangol (OPS)	ENI	1,250
132	SBM Offshore & Sonangol (Sonasing)	SBM Offshore & Sonangol (OPS)	ExxonMobil	720
133	Shebah E&P	Allenne Ltd	Shebah E&P	85
134	Shell	Shell	Shell	1,250
135	Shell	MODEC	Shell	740
136	Shell	Shell	Shell	375
137	Shell	Shell	Shell	2,900
138	Tamarind	Three60 Energy	Tamarind	290
139	Teekay Corp	Wood	Spirit Energy	120
140	TMM	Marecsa	PEMEX	300
141	Total	Total	Total	1,350
142	Total	Total	Total	1,400

143	Total	Total	Total	1,500
144	Total	Total	Total	1,750
145	Total	Exmar	Total	91
146	Total	Total	Total	1,400
147	Total	Total	Total	91
148	Total	Saipem	Total	1,600-1,950
149	Total	Saipem	Total	1,600-1,950
150	Total	Total	Total	600-1,200
151	Tullow Oil	MODEC	Tullow Oil	1,100
152	Var Energi SA	Var Energi SA	Var Energi SA	125
153	Var Energi SA	Var Energi SA	Var Energi SA	380
154	Vestigo	Vestigo	Vestigo	75
155	Vietsovetro	Vietsovetro	Vietsovetro	50
156	Woodside	Woodside	Woodside	340
157	Woodside	Woodside	Woodside	78
158	Yinson	Yinson	First E&P	55
159	Yinson	Yinson	Addax /Sinopec	37
160	Yinson	Yinson	JX Nippon	90
161	Yinson	Yinson	ENI	1,000
162	Yinson/PTSC	PTSC	PetroVietnam	3
163	Altera	Altera		
164	Altera	Altera	Petrobras	1,600
165	Altera	Altera		
166	Bluewater	Bluewater		
167	Bluewater	Bluewater		
168	Bumi Armada	Bumi Armada		
169	BW Offshore	BW Offshore		
170	BW Offshore	BW Offshore		
171	BW Offshore	BW Offshore		
172	BW Offshore	BW Offshore		
173	BW Offshore	BW Offshore		
174	Century Energy	Century Energy		
175	CNOOC	CNOOC		
176	CNOOC	CNOOC		
177	ENI	Saipem		
178	Enquest	Enquest		
179	MODEC	MODEC		
180	NOGA	NOGA		
181	Aker FP	Aker BO		
182	OSX 1 Leasing	OSX 1 Leasing		
183	OSX 2 Leasing	OSX 2 Leasing		
184	SPO	SPO		
185	Woodside/Mitsui	Woodside		
186	BP	BP / Kosmos	BP / Kosmos	200
187	Bumi Armada	Bumi Armada	ONGC	400
188	BW Offshore	BW Offshore	Santos	260
189	CenterTech	CenterTech	SK Innovation	240
190	Energiean	Energiean	Energiean	1,700
191	Equinor	Equinor	Equinor	370
192	Equinor	Equinor	Equinor	2,050
193	MISC	MISC	Petrobras	2,200
194	Modec	Modec	Petrobras	2,100

195	Modec	Modec	Petrobras	1,900
196	Modec	Modec	Petrobras	670
197	Modec	Modec	Eni	32
198	Petrobras	Petrobras	Petrobras	2,240
199	Petrobras	Petrobras	Petrobras	2,500
200	Petrobras	Petrobras	Petrobras	2,500
201	Reliance	Reilance	Reliance	700
202	SBM Offshore	SBM Offshore	ExxonMobil	1,633
203	SBM Offshore	SBM Offshore	Petrobras	2,100
204	SBM Offshore	SBM Offshore	ExxonMobil	1,900
205	SBM Offshore	SBM Offshore	Petrobras	2,000
206	SBM Offshore	SBM Offshore		1,600
207	SBM Offshore	SBM Offshore		1,600
208	Shell	Shell	Shell	160
209	Suncor Energy	Suncor Energy	Suncor Energy	94
210	Var Energi SA	Var Energi SA	Var Energi SA	128
211	Woodside	Woodside	Woodside	780
212	Yinson	Yinson	Petrobras	930

No.	Položaj ležišta	Država	Ukupno zdenaca	Korištenih zdenaca	Injektorskih zdenaca	Injektorskih zdenaca (voda)
1	Bauna & Piracaba Fields	Brazil	10	5	1	4
2	Atlanta Field	Brazil				
3	Knarr Field	Norway				
4	Libra	Brazil				
5	Alvheim	Norway	25	22		3
6	Skarv	Norway	16			
7	Okoru / Setu	Nigeria	7			
8	Pyrenees (Crosby, Revensworth, Stickle)	Australia	13	9	1	3
9	Pagerungan Utara	Indonesia				
10	Litoral Tabasco area	Mexico				
11	Lancaster Field, W. of Shetland	UK				
12	Ross, Parry, Blake Fields	UK				
13	Pierce	UK	8			2
14	Schiehallion Quad 204	UK				
15	Block 18: Paladio, Plutonio, Platino, Galio Cromio, and Cobalto Fields	Angola	43	20	3	20
16	Block 31: Plutão, Saturno, Venus, Marte	Angola	40	22	2	16
17	Kraken	UK				
18	East Hub 15/06	Angola	9			
19	D-1	India				
20	D-1	India				
21	Te Giac Trang	Vietnam				
22	Madura BD Field, Madura Strait East Java	Indonesia				
23	Abo	Nigeria	9	5	2	2
24	Dussafu Ruche	Gabon	2	2		

25	Catcher	UK	22	14		8
26	Terang Sirasun Batur	Indonesia	5	5	0	0
27	Cascade & Chinook	USA	4	4		
28	Espoir	Cote d'Ivoire	12	10		2
29	Etame	Gabon	4	4		
30	Okwori, Okwori South	Nigeria	15	14	1	
31	Ku-Maloob-Zaap	Mexico				
32	White Rose	Canada	21	8	2	11
33	OML113 Aje Field, Benin Basin	Nigeria				
34	Agbami OPL 216, 217	Nigeria	37	20	6	12
35	Sanha-Bomboco	Angola				
36	Quinhuangdao 32-6	China	163			
37	Bozhong 28-1	China				
38	Panyu 4/2, 5/1	China	26			
39	Caofeidian 11-1, 11-2, 11-3, 11-5	China	33			
40	Bozhong 25-1	China	84			
41	Xijiang 23-1	China				
42	Wenchang	China	26			
43	Penglai Block 19-3 (Phase 2)	China				
44	Enping 24-2, Pearl River	China				
45	Liuhua 16-2	China				
46	Wenchang 13-1, 13-2	China				
47	Liuhua 11-1	China				
48	Central Graben, Block 21/30, Guillemot Fields	UK	11	8	1	2
49	Harris/Barra	UK		5		4
50	Åsgard	Norway	57			
51	Norne, Alve, Urd, Skuld, & Marulk Fields	Norway	19			
52	Peregrino	Brazil	37	30		7
53	Niger Delta OPL 209	Nigeria	25			
54	Block 15 - Hungo, Chocalho	Angola				
55	Block 15 - Kissanje, Dikanza	Angola				
56	Zafiro Southern Expansion Area	Eq Guinea	20	15		5
57	OML 138	Nigeria	42	23	10	9
58	Zafiro Block B	Eq Guinea	38			
59	Zaafarana Block BN 1	Egypt	15	11		4
60	Teal, Teal South, Guillemot A, Cook	UK	12	7		5
61	Anoa Block A	Indonesia	23			
62	Ichthys	Australia				
63	Captain A, B, C	UK	36	16		5
64	Montara, Skua, Swift, Swallow Fields	Australia	6	5	1	
65	Maari	New Zealand	5			3
66	Ceiba	Eq Guinea	28			
67	Bertam	Malaysia	12			

68	Bukit Tua Field, Ketapang PSC Blk, East Java (Note 6)	Indonesia				
69	Belanak West Natuna Block B	Indonesia				
70	Penera	Malaysia				
71	Cendor PM304	Malaysia				
72	Anjung Kecil	Malaysia				
73	Blocks 01 & 02	Vietnam				
74	Baobab	Cote d'Ivoire	8	3		
75	Sepia Field, Santos Basin	Brazil				
76	Lula	Brazil	5			
77	Carioca	Brazil				
78	Iracema Norte	Brazil		8		
79	Iracema South	Brazil	16	280		8
80	Jabuti Field	Brazil				
81	Urugua/Tambua Fields	Brazil				
82	Sapinhua	Brazil				
83	Tartaruga Verde	Brazil	18	12		6
84	T.E.N. Deepwater Tano	Ghana				
85	Jitang	Malaysia				
86	Okono & Okpono Fields	Nigeria	5			
87	South Pars	Iran				
88	Yombo	Congo				
89	Albacora	Brazil	35	23		
90	Marlim	Brazil	8	6		2
91	Marlim	Brazil	27	19		8
92	Marlim	Brazil	35	20		15
93	Barracuda	Brazil	34	20		14
94	Caratinga	Brazil	21	13	8	
95	Albacora Leste	Brazil	42	17		25
96	Marlim Leste	Brazil	18	9		9
97	Roncador Module 2	Brazil	19	11	2	6
98	Jubarte, Ph 2	Brazil	45	19	17	9
99	Espirito Santo	Brazil	19	13	1	5
100	Roncador	Brazil				
101	Papa Terra Field, BLOCK BC-20	Brazil	26	16		10
102	Lula Sul	Brazil	21			
103	Lula Norte	Brazil	21			
104	Barbigao Sururu	Brazil	10			
105	Lula Extremo Sul	Brazil	21			
106	Atapu	Brazil				
107	Buzios Field in Santos Basin	Brazil	18			
108	Buzios Field in Santos Basin	Brazil	9			
109	Buzios Field in Santos Basin	Brazil	17			
110	Buzios Field in Santos Basin	Brazil	9			
111	Jasmine	Thailand	3			
112	Chim Sao	Vietnam				
113	Dumbarton	UK	14	10		4

114	Frade BC-4	Brazil	20	12		7
115	BM-C-39 Campos Basin	Brazil				
116	Cuu Long Basin (Black Lion), Block 15-1	Vietnam	6			
117	Golfinho	Brazil				
118	Gimboa	Angola	7	3		4
119	Van Gogh Coniston/Navara	Australia	13	10	1	2
120	Aseng	Eq Guinea	10	5	2	3
121	Cachalote	Brazil	10	8		2
122	Baleia Azul	Brazil	13	9		4
123	Sapinhua, Santos Basin	Brazil	15	8		7
124	Lula Alto	Brazil	16	9	7	
125	Lula NE Field	Brazil	15			
126	Lula Central	Brazil	21	16		
127	BC-10, Parque das Conchas - Abalone, Ostras, Nautilus, & Argonauta Fields	Brazil	9	9	1	
128	Liza 1	Guyana	17	8	3	6
129	Kikeh	Malaysia	35	18	1	16
130	Mondo, Block 15	Angola	17			
131	Block 15-06, Multiple Fields	Angola	13	7	3	3
132	Saxi & Batuque, Block 15	Angola	20	9	5	10
133	Ukpokiti	Nigeria	7			
134	Bonga	Nigeria	16			
135	Bijupira, Salema	Brazil	17	11		
136	EA (OML 79)	Nigeria	20			
137	Stones	USA	8	8		
138	Galoc	Philippines				
139	Chestnut	UK	2	1		1
140	Campeche	Mexico				
141	Akpo OPL 246, OML-130	Nigeria	44	22	2	20
142	Block 17 - Acacia, Hortensia, Perpetuas and Zinia Fields	Angola	34	19	15	
143	Dalia Block 17	Angola	71	34		
144	Egina	Nigeria	44			
145	Al Jurf Block C137	Libya	3	3		
146	Girassol, Jasmim Block 17, Rosa (Future)	Angola	40	18	2	12
147	Gryphon, Maclure, Tullich	UK	20			
148	Canela, Mostarda and Louro Fields	Angola	59			
149	Gengibre, Gindungo and Caril Fields	Angola				
150	Block 17 - Acacia, Hortensia, Perpetua and Zinia Fields	Angola	49	25	2	22
151	Tano Basin	Ghana	17	9	2	6
152	Balder/Ringhorne	Norway	16	12	1	3
153	Goliat, Barents Sea	Norway				
154	Berantai / Tembikai	Malaysia				
155	White Tiger	Vietnam				

156	Vincent	Australia	11			
157	Cossack , Wanaea, Lambert	Australia	10			
158	Anyala / Madu	Nigeria				
159	Antan	Nigeria				
160	Layang Block SK10	Malaysia				
161	Sankofa/Gye Nyame	Ghana	18			
162	Tang Long/Dong Do	Vietnam				
163	Layup near Sandoyna Island	Norway				
164	Piranema	Brazil	6	3		3
165	Layup in Scotland	UK				
166	Laid-up Off of Karimunbesar Island	Indonesia				
167	Brunei Bay	Brunei				
168	Offshore Galang Island	Indonesia				
169	Docked in Port near Edinburgh	UK				
170	Jurong Island, Singapore	Singapore				
171		Brazil				
172		Brazil				
173	Batam	Indonesia				
174	Oyo	Nigeria				
175		China				
176		China				
177	Port of Dubai	Dubai				
178	UK	UK				
179	Anchored offshore Vietnam	Vietnam				
180	Laminaria, Corallina	Australia				
181	Port of Hambantotal in Sri Lanka	India				
182	Layup near Sandoyna Island	Norway				
183	Offshore Karimun Island	Indonesia				
184	Song Doc	Vietnam				
185	Lay Up in Brunei Bay, Malaysia	Brunei				
186	Tortue / Ahmeyim Fields , C-8 Block	Mauritania / Senegal				
187	KG-DWN-98/2 Field, East Coast	India				
188	Barossa	Australia				
189	Lufeng 12-3	China				
190	Tanin / Karish Fields	Israel				
191	Johan Castberg	Norway	30			
192	Bacalhau, BM-S-8 Block	Brazil				
193	Mero Field, Libra Block	Brazil				
194	Mero Field (Libra), Santos Basin	Brazil				
195	Santos Basiin	Brazil				
196	Marlim 1	Brazil				
197	Area 1: Amoca, Mizton, Tecoalli Fields	Mexico				

198	Itapu Field in Santos Basin	Brazil				
199	Buzios Field in Santos Basin	Brazil				
200	Buzios Field in Santos Basin	Brazil				
201	Lrishna Godavari Basin, East Coast	India				
202	Liza 2	Guyana	30	15	6	9
203	Mero Field, Libra Block	Brazil				
204	Payara, Starbroek Block	Guyana				
205	Buzios Field in Santos Basin	Brazil				
206	TBD	China				
207	TBD	China				
208	Penguins	UK				
209	Terra Nova	Canada	24	14	3	7
210	Balder/Ringhorne	Norway	19			
211	Sangomar Deep Offshore Permit Area	Senegal				
212	Marlim 2	Brazil				

No.	Kapacitet posade	Maksimalna proizvodnja (MBOPD)	Procesiranje plina (MMscfd)	Ukupni protok (MBOEPD)	Injektiranje plinom (MMscfd)	Iskrcaj plina (MMscfd)	Injektiranje vodom (MBWPD)	Kapacitet (MBBLs)
1	70	80		80			96	650
2	68	30	9	32				180
3	100	63	47	71			95	800
4		50	4	51				650
5	120	157	125	178	n/a	125	180	560
6	100	85	670	197				875
7	87	30		30		18		298
8		96	60	106		60	110	850
9		20		20				400
10	40	40		40	32			42
11	84	30	35	36			55	618
12	90	100	58	110	10	85	140	689
13	73	60	110	78	110		95	626
14		130	220	167				1
15	75	240	400	307	90		250	1,77
16	140	157	245	198	120	60	300	2
17	91	80	20	83			275	600
18	100	80	120	100	100	20	120	1,7
19	70	50		50			15	580
20	70	265	64	37			25	510
21	100	55	100	72			85	620
22	80	8	121	28				570
23	66	44	484	52	46		33	930
24	120	40	18	43			60	1,35
25	120	60	60	70			125	650
26	80	7	340	64				200
27	80	80	16	83		16		600
28	66	45	80	58			60	1,1

29	70	25	3	26				1,08
30	100	50	55	59	55			2
31	110	200	120	220				2,2
32	80	105	145	129	145		125	630
33	43	40	40	47		6		770
34		250	212	285				1,8
35	90		125	21				362
36	47	12	3	13				390
37	110	70		70				1,1
38	130	70	15	73	19		160	1
39	63	50	45	58	43			1,4
40		70		70				800
41	120	100	500	183	200	430		700
42		100		100				1
43		190		190				1,8
44		56		56				1
45		50		50				1000
46		80		80			60	1
47		65	5	66				650
48		200	260	243			450	2,2
49	70	44	32	49				400
50		200		200				920
51	240	225	250	267				720
52	100	100	13	102		12	300	1,6
53		250	400	317				2,2
54		250	400	317				2,2
55	80	100	150	125	150		270	940
56	100	110	160	137	150	50	150	2,14
57	180	180	35	186	185		135	2
58	150	80	60	90	45		100	1,9
59	55	10	35	16				800
60	55	225	65	236		150	300	2
61	55	70	32	75		36	85	550
62	200							1,2
63	60	37		37				849
64	58	40	60	50				700
65	60	95	83	109	72		90	120
66	100	160	45	168	OPT		135	2
67		30	3	31				
68		25	80	38				630
69	36	55	14	57	12		37	880
70	S	30	60	40	10	60		619
71		150		150		16		680
72		15	25	19				318
73	80	45	12	47		12		745
74		70	75	83	75		100	2
75		180	212	215			240	1,4
76	120	100	177	130			100	1,6
77	150	100	177	130	122		120	1,6
78	150	150	283	197	122	252	264	1,6
79	150	150	283	197	254	141	240	1,6
80		100	124	121				1,6

81	125	35	350	93				700
82	136	120	177	150			150	1,6
83	150	150	177	180	122	53	200	1,6
84		80	180	110	180	50		1,7
85		15		15				350
86	100	80	85	94	0	0		1,04
87	76	35		37			30	714
88		12						762
89	90	100	102	117			60	1,76
90		50	70	62				2
91	85	100	105	118			300	2
92	120	150	160	177			205	1,6
93	36	150	210	185	12		37	2
94	35	150	212	185				500
95	100	180	212	215	50	50		1,6
96	160	180	212	215			245	2
97		180	212	215				2
98	126	180	141	204			134	1,6
99	110	180	212	215		30		2,067
100	110	180	212	215			265	
101	126	150	35	156			340	1,4
102	154	150	212	185				1,6
103	154	150	212	185				1,6
104	154	150	212	185				1,6
105	154	150	212	185				1,6
106	154	150	212	185				1,6
107	158	150	250	192			240	1,4
108	158	150	250	192			240	1,5
109	158	150	250	192			240	1,6
110	158	150	250	192			240	1,5
111	59	20	20	23	8			800
112		50		50				680
113	40	100		100				510
114	120	100	106	118		86	150	1,861
115		100		100			150	1,3
116		65	195	68		35	825	1
117	100	100	118	120			138	1,9
118	100	60	37	66			60	1,8
119	60	63	80	76	80	80	147	540
120	100	90	174	120		170	150	1,661
121	96	100	113	119	N/A	70	140	1,6
122	89	100	130	123		70	110	1,9
123		150	212	187	210	140	180	1,6
124	140	150	220	187	212	155	200	1,6
125		120	177	151			150	1,5
126	140	150	220	187	212	155	200	1,6
127	100	100	45	108	30	45	75	1,6
128	120	120	170	158	170	145	200	1,6
129	118	120	135	144	141		226	2,179
130	100	100	95	116	95	95	125	2,14
131		100	115	119	100	70	120	1,963

132	100	100	150	126	150	150	150	2
133	55	20	50	28	4		40	1,7
134	63	170	100	187		100		1,4
135	108	70	75	83	75		92	1,3
136	116	170	100	187	530			1,4
137	120	60	15	60				800
138	36	15	40	22				450
139	44	25		25			20	270
140	54	15	32	20				55
141	120	240	282	287	280		375	2
142	240	160	230	198		2294	319	1,78
143	52	240		240				2
144		208	200	250				2,3
145		200	150	225				900
146	140	60	90	75	56		79	2
147	90	100	90	115	75		300	510
148		115	100	131				1,7
149		115	100	131				1,7
150		160	177	190				2
151	120	123	160	150	160	160	230	1,6
152	60	110		110				380
153	120	110	135	133	4			1
154		30	150	55				360
155	28	70		70				975
156	80	120	100	137			230	1,9
157		30		30		80		925
158		50	39	57				870
159		60	7	61				1,7
160		12	180	42				600
161		58	210	93	150	165	55	1,4
162	70	20		20			15	350
163	77	57	53	66			100	470
164	63	25	127	46				250
165	57	30	38	36			48	270
166	96	60	54	69	22	54	85	675
167	55	60		60				600
168	60	30		30	53		60	800
169	65	28	53	37	0		25	50
170	83	25	353	84	0		31	700
171	80	30	30	35	18			470
172	75	90	8	91			100	1,6
173	60	50	25	54		25		775
174	87	40	62	50	58	4	15	1,106
175	47	80	6	81			160	1
176								
177		12	72	13				700
178		120		120				600
179		80	45	88	2		10	900
180	84	170	80	183	20	40		1,4
181	104	60	60	70	100	300	60	1,3
182								
183	80		100	17				1,6

184		30		30				360
185	80	100	80	113	40	40	135	900
186		20	500	103				
187		90	135	113			588	1,3
188		11	800	144				650
189		70	0	70				650
190		18	800	151				800
191								
192		220	530	308			200	2
193		180	420	250			250	1,4
194		180	420	250			225	1,4
195		150	212	185			240	1,4
196		80	245	121			390	1
197		90	75	103			120	900
198		150	212	185			180	1,4
199		180	250	222			250	1,4
200		180	250	222			250	1,4
201		30	450	105				1
202	160	220	400	287	370	145	250	2
203		180	425	251			250	1,4
204		220	400	287			250	2
205		225	423	296			250	2
206								
207								
208		35	90	50			10	400
209	120	150	150	175			180	960
210	55	90	84	104				595
211		100	130	122			140	1300
212		70	142	94			240	1600

PRILOG 2.

Unutar ovoga priloga nalazi se popis brodova iz 'mreže brodova' za potrebe uklanjanje onečišćenja mora na području Europske unije. U popisu se nalaze: ime broda, tip broda, područje operabilnosti, kapacitet, duljina i oprema koju je sposoban koristiti. Izvor tablice su službene stranice EMSA-e.

Name	Type	Area of Operations / Equipment Depot	Tank Capacity [00 m ³]	Length [00 m]	Equipment
Adelia	Oil Tanker	Central Mediterranean Sea/ Valleta, Malta	7309	94.00	Sweeping Arms Boom

					Skimmer
					Slick Detection
					Dispersant Application
					System
Aegis	Offshore Supply Vessel	Aegean Sea / Piraeus, Greece	935.84	59.25	Boom
					Skimmer
Aktea OSRV	Oil Tanker	Aegean Sea / Piraeus, Greece	3000	78.50	Sweeping Arms
					Boom
					Skimmer
					Slick Detection
					RPAS
Alexandria	Oil Tanker	Eastern Mediterranean / Limassol, Cyprus	7431	94.00	Sweeping Arms
					Boom
					Skimmer
					Slick Detection
					Dispersant Application
					System
					RPAS
Amalthia	Oil Tanker	Black Sea / Constanta, Romania	5154	91.40	Sweeping Arms
					Boom
					Skimmer
					Slick Detection
					RPAS
Bahia Tres	Oil Tanker	Atlantic Coast / Sines, Portugal	7413	99.80	Sweeping Arms
					Boom
					Skimmer
					Slick Detection
					Dispersant Application
					System
Brezzamare	Oil Tanker	Western Mediterranean / Genoa, Italy	3288	77.96	Sweeping Arms
					Boom
					Skimmer
					Slick Detection
Corrib Fisher	Oil Tanker	Atlantic Coast / Cobh, Ireland	6248	107.00	Sweeping Arms
					Boom

					Skimmer
					Slick Detection
DC Vlaanderen 3000	Hopper Dredger	North Sea / Ostend, Belgium	2744	89.20	Sweeping Arms
					Boom
					Skimmer
					Slick Detection
Galaxy Eco	Oil/Chemical Tanker	Black Sea / Varna, Bulgaria	2969	89.60	Sweeping Arms
					Boom
					Skimmer
					Slick Detection
					Dispersant Application System
					RPAS
Interballast 3	Hopper Dredger	North Sea / Ostend, Belgium	1886	65.40	Sweeping Arms
					Boom
					Skimmer
					Slick Detection
Kijac	Oil/ Chemical Tanker	Adriatic Sea / Rijeka, Croatia	1730	92.86	Sweeping Arms
					Boom
					Skimmer
					Slick Detection
					Dispersant Application System
					RPAS
Mencey	Oil Tanker	Canary Islands / Las Palmas, Spain	From 3500 to 7270	109.54	Sweeping Arms
					Boom
					Skimmer
					Slick Detection
					Dispersant Application System
					RPAS
Mersey Fisher	Oil Tanker	Northern North Sea / Sunderland, UK	5028	91.40	Sweeping Arms
					Boom
					Skimmer
					Slick Detection

Monte Anaga	Oil Tanker	Mediterranean Sea / Algeciras, Spain	4096	87.16	Sweeping Arms
					Boom
					Skimmer
					Slick Detection
					RPAS
Norden	Oil Tanker	Southern Baltic Sea / Malmö, Sweden	2880	79.95	Sweeping Arms
					Boom
					Skimmer
					Slick Detection
					RPAS
Ria de Vigo	Offshore Supply Vessel	Bay of Biscay / Vigo, Spain	1522	68.00	Sweeping Arms
					Boom
					Skimmer
					Slick Detection
					RPAS
VN Partisan	Platform Supply Vessel	Bay of Biscay / Brest, France	1022	83.80	Sweeping Arms
					Boom
					Skimmer
					Slick Detection
					RPAS
SB Borea	Oil Tanker	Central Mediterranean / Naples, Italy	3558	89.20	Sweeping Arms
					Boom
					Skimmer
					Slick Detection