

Onečišćenje morskog ekosustava pri transportu nafte

Liščinski, Kristijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Metallurgy / Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:115:758166>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-19**



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
METALURŠKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF METALLURGY

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb - Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
METALURŠKI FAKULTET

Kristijan Liščinski

ZAVRŠNI RAD

Sisak, rujan 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
METALURŠKI FAKULTET

Kristijan Liščinski

ONEČIŠĆENJE MORSKOG EKOSUSTAVA PRI TRANSPORTU NAFTE

ZAVRŠNI RAD

Voditelj: doc.dr.sc. Vesna Ocelić Bulatović

Članovi Povjerenstva za ocjenu i obranu završnog rada:

- izv. prof. dr. sc. Tamara Holjevac Grgurić, predsjednik
- doc. dr. sc. Vesna Ocelić Bulatović, član
- izv. prof. dr. sc. Ivan Brnardić, član
- izv. prof. dr. sc. Anita Štrkalj, zamjenski član

Sisak, rujan 2020.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
METALURŠKI FAKULTET

UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF METALLURGY

IME: Kristijan

PREZIME: Liščinski

MATIČNI BROJ: BE-3645/17

Na temelju članka 19. stavak 2. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu dajem sljedeću

IZJAVU O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je moj **završni** / diplomski / doktorski rad pod naslovom:

Onečišćenje morskog ekosustava pri transportu nafte

izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Sisak, 11.09.2020.

(vlastoručni potpis)

Izrazi koji se koriste u ovoj Izjavi, a imaju rodno značenje, koriste se neutralno i odnose se jednako i na ženski i na muški rod.

Zahvaljujem se svojoj mentorici doc. dr. sc. Vesni Ocelić Bulatović koja me je svojim velikim trudom i stručnošću uputila u izradu završnog rada, te pomogla u potrazi za odgovarajućom literaturom. Također se zahvaljujem i ostalim profesorima i asistentima koji su uvijek nesebično bili od pomoći.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji koja mi je davala podršku, motivirali me kroz dosadašnje studiranje na preddiplomskom studiju, te se zahvaljujem svim svojim kolegama s fakulteta i ostalim prijateljima koji se mi uvijek bili pri dodatnoj pomoći.

SAŽETAK

Voda, more, oceani imaju neprocjenjivo ekološko značenje. Zaštita i očuvanje kvaliteta voda, mora i oceana važna su ne samo za životinjski i biljni svijet, nego i za samog čovjeka te za njegov gospodarski i socijalni razvoj. S druge strane, nafta je važan energent industrijske civilizacije i prijeko potrebna našem društvu, jednostavno bi svakodnevni život čovjeka bio nezamisliv bez nafte i njenih derivata. Upravo transport nafte pomorskim putem zauzima važnu gospodarsku granu, koja koristi naftovode i specijalno opremljene tankere za prijevoz nafte. Nažalost, svjedoci smo da su uz transport nafte neizbježne i tankerske nesreće koje uzrokuju trajne rizike za onečišćenje mora. Izlijevanje nafte u morski okoliš neželjena je „katastrofa“ s teškim posljedicama koja narušava opstanak flore i faune te posljedično nanosi trajnu štetu morskom ekosustavu a time i samom čovjeku. Svako onečišćenje morskog okoliša naftom uzrokuju ozbiljne posljedice za biljni i životinjski svijet u moru kao i za ljude koji žive u blizini onečišćenog područja što utječe na njihovu cjelokupnu kvalitetu života.

U ovom radu obuhvaćen je pregled najvećih tankerskih nesreća i njihov utjecaj na okoliš, koje su se dogodile tijekom prošlog i početkom ovog stoljeća. Opisane su najveće tankerske nesreće čije se posljedice osjećaju i danas. Izdvojena je i Marpol konvencija, međunarodna konvencija koja uključuje propise sprječavanja onečišćenja morskog okoliša brodovima iz operativnih ili slučajnih uzroka koju je usvojila i primjenjuje i Republika Hrvatska.

Ključne riječi: morsko onečišćenje, tankerske nesreće, izlijevanje nafte

Pollution in the marine ecosystem at oil transportation

ABSTRACT

Water, sea, oceans have invaluable ecological significance. The protection and preservation of the quality of water, sea and ocean are important not only for the flora and fauna, but also for the humans itself and for our economic and social development. On the other hand, oil is an important source of energy of industrial civilization and is irreplaceable for our society, simply daily human life would be unthinkable without oil and its derivatives. The transport of oil by sea occupies an important economic branch, which uses oil pipelines and specially equipped tankers to transport oil. Unfortunately, we are witnessing that, in addition to the transport of oil, tanker accidents are inevitable, which cause permanent risks for marine pollutions. An oil spill into the marine environment is an unwanted "catastrophe" with severe consequences that disrupts the survival of flora and fauna and consequently causes permanent damage to the marine ecosystem and thus to human himself. Any pollution of the marine environment with oil causes serious consequences for the flora and fauna of the sea as well as for people who lives near the polluted area, which affects their overall quality of life.

This work includes an overview of the largest tanker accidents and their impact on the environment, which occurred during the last and the beginning of this century. The biggest tanker accidents are described and the consequences of which are still felt today. The Marpol Convention, an international convention that includes regulations for the prevention of pollution of the marine environment by ships from operational or accidental causes, which has been adopted and applied by the Republic of Croatia, has also been singled out.

Key words: marine pollution, tanker accidents, oil spills

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Onečišćenje morskog ekosustava	2
3. Nafta i ugljikovodici.....	4
4. Transport nafte pomorskim putem	5
4.1. Onečišćenje mora naftom	6
4.2. Onečišćenje mora balastnim vodama	8
5. Tankerske nesreće	9
5.1. Nesreća tankera Exxon Valdez	10
5.2. Nesreća tankera Tasman Spirit	12
5.3. Nesreća tankera Torrey Canyon	13
5.4. Nesreća tankera The Prestige	13
5.5. Izljev nafte u Meksičkom zaljevu.....	14
6. Marpol konvencija.....	16
7. Zaključak	17
8. Literatura	18
Životopis.....	21

1. Uvod

Svakim je danom čovječanstvo upoznato s posljedicama svog dugogodišnjeg neodgovornog odnosa prema prirodnom okolišu koji se nastojao podrediti ljudskim potrebama. U drugoj polovici 20. stoljeća počelo se shvaćati da se u morske vode kako kod nas tako i širom svijeta ispuštaju značajne količine onečišćujućih i opasnih tvari, ali je vrlo malo dostupnih kvantitativnih podataka o količini ispuštanja kao i o sveukupnom onečišćenju. Nagli porast industrijske proizvodnje bez primjene standarda zaštite okoliša doveo je do značajnih ekoloških promjena. Nažalost, i danas, ljudska populacija koristi oceane i mora kao svoj prostor rješavanja otpada. Oceani zauzimaju velike površine te se smatralo da su efekti onečišćenja, zanemarivi, bez obzira koje su kemikalije prisutne te koliko je otpada u njima.

Transport nafte danas predstavlja važnu gospodarsku granu jer uloga nafte i njenih derivata nezamisliva je za čovjekov život. Sam prijevoz nafte, kao važna gospodarska grana, vrši se tankerima tj. specijalno opremljenim brodovima, uz koje su povezane i nesreće kao nepopravljive štete i uzrok su onečišćenja za okoliš, koje predstavljaju najveći ekološki problem današnjice. Prijevoz naftnih derivata je specifičan jer se radi o prijevozu opasnih tvari koje su lako zapaljive i mogu ugroziti okoliš, nanijeti veliku materijalnu štetu te ozbiljno ugroziti zdravlje ljudi ukoliko se ne poštuju zakoni, propisi i razni pravilnici [1].

Morskom okruženju kontinuirano prijete izlivanje nafte usprkos unaprijeđenim tehničkim dostignućima u sigurnosti prijevoza. Izlivanja nafte stvaraju i izazivaju tešku i dugotrajnu pustoš na morskim i obalnim ekosustavima kao i organizmima koji ih održavaju. Neželjene posljedice koji donose goleme štete okolišu, događaju se pri vađenju, transportu, obradi i skladištenju nafte. Nafta kakva je bila i prije takva je i danas, svjetski energent s udjelom oko 35 % u potrošnji primarnih izvora energije i potrošnje od oko 4 milijardi tone godišnje. Sama sirova nafta se uglavnom sastoji od kombinacije ugljikovodika i 10 % molekula što ih čini sumpor, kisik i dušik. Kombinacija ugljikovodika varira od malih nestabilnih i eksplozivnih monocikličkih aromatskih ugljikovodika do velikih neisparljivih policikličkih aromatskih ugljikovodika PAH [2-4]. Prema statistici u razdoblju od 2010 – 2014. godine se oko 5 tisuća tona, od prosječno 10 tisuća tona, izlije u mora i oceane zbog nesreća ili drugih razloga. Nafta izlivena po površini mora, oceana ili na plažama razara morski ekosustav i ugibaju milijune riba i morskih ptica. Balastne vode iz trajekta i brodova, te sveprisutan otpad, štetno utječu kako za biljke i životinje tako i za ljude [5]. Nesreće pri transportu nafte danas imaju vrlo velike i ozbiljne posljedice kako na ljude tako i na životinjski i biljni svijet odnosno na cjelokupni okoliš [6]. Tankerskih nesreća je danas u svijetu sve više. Vrijeme oporavka ugroženoga ekosustava ovisi o veličini izljeva, tako da za veće količine živom svijetu treba i do dvadeset godina da se oporavi. Izljevi nafte mogu imati ozbiljne posljedice na obalne aktivnosti i na sve ono što ovisi o morskim resursima.

U ovom radu dat je pregled najvećih tankerskih nesreća i njihov utjecaj na okoliš. Izdvojene su i detaljnije opisane jedne od najvećih tankerskih nesreća koje su se dogodile u Europi i svijetu.

2. Onečišćenje morskog ekosustava

Biološki obale su granice između zemlje i otvorenog mora. Vrlo su ranjive za onečišćenje iz rijeka kao i od smeća odbačenog u more što su ga napravile priobalne struje. Za ljude, onečišćenje obale može predstavljati samo malu smetnju ili veliku gospodarsku prijetnju, ali za životinjski život na obali učinci onečišćenja su dalekosežni iako se, na prvu možda čine i nevidljivi. Procjenjuje se da se u mora i oceane svakim danom baca oko 8 milijuna komada smeća [7].

Vidljivi znakovi onečišćenje morskog ekosustava nisu sve što postoje. Ima mnogo vrsta onečišćenja koja i nemaju vidljive znakove te se otkrivaju sofisticiranom kemijskom analizom. Na slici 1 prikazana je onečišćena morska obala smećem. U nekim slučajevima ono što mi mislimo da ne može nauditi nama, može naštetiti morskim organizmima. Morski ekosustav napadnut je od prekomjernog onečišćenja, gubitka staništa i ribolova. Kontaminanti su biološke, kemijske ili fizičke tvari ili energija koja je normalno prisutna ili je rijetka u okolišu, a koja u dovoljnoj koncentraciji može štetno djelovati na žive organizme, a onečišćivač je tvar ili energija koja se unosi u okoliš i nanosi neželjene učinke. Kopneni izvori predstavljaju onečišćenje ušća i obalne vode hranjivim tvarima, sedimentima i patogenima kao što su i otrovne kemikalije, lijekovi, pesticidi itd., no nakon industrijske revolucije sve više materijala otpušta se iz industrije, postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda i poljoprivrede, da bi na kraju stiglo u morske ekosustave. Onečišćenje morskog ekosustava ne dolazi samo iz kopnenih izvora. Postoje onečišćenja nastala ljudskim djelovanjem kao što je bacanje ambalaže, vrećica, izgubljeni ribolovni dijelovi, odbačene plastične boce itd. Plastika ima vrlo sporo razgrađivanje u vodi što joj omogućuje da putuje morima i oceanima na tisuće kilometara. To su sintetski polimeri pri čemu sadrže i druge kemikalije radi njihovih svojstava. Može se sintetizirati iz fosilnih goriva kao i iz biomase različitog podrijetla. Plastika svojom izloženosti UV svjetlosti raspada se na sve manje dijelove što dovodi do stvaranja mikroplastike koja je vrlo štetna za morske životinje jer se nakupljaju u njihovim stanicama i tkivima, a posljedično šteti i ljudima [8].



Slika 1. Onečišćena obala smećem [9]

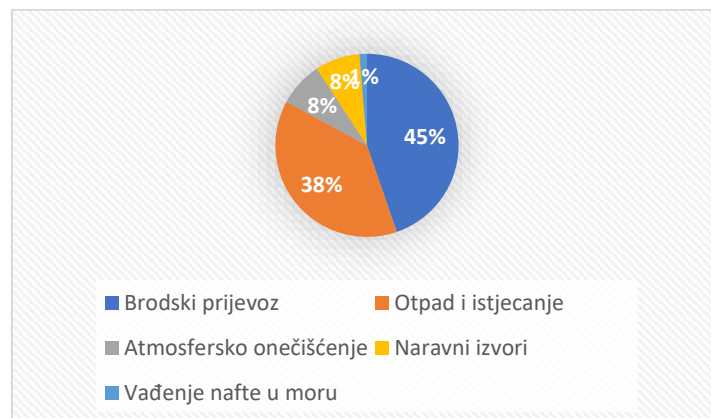
Mikroplastiku (slika 2) čine čestice veličine manje od 5 cm. Svojom malom veličinom dostupni su u širokom rasponu vodenim organizama koje se prenose preko hranidbenog lanca što predstavlja sve veću zabrinutost. Gutanjem mikroplastike kod ljudi predstavlja potencijalan opasan učinak za ljude što dovodi do promjene u kromosomima pri čemu dolazi do mogućnosti neplodnosti, pretilosti i raka [10].



Slika 2. Uzorci mikroplastike u vodi [11]

U većim slučajevima najveći udio plastike u moru završi dospjevši s kopna, a u manjim slučajevima pomorskim putem. Jednokratni plastični pribor kao što su štapići za uši, slamke, plastični pribor za jelo, plastične čaše stvaraju veliki problem onečišćenja mora i oceana pri čemu EU donosi direktive o plastici kako bi se zabranio sav jednokratni plastični proizvodi [11].

Onečišćenje također može nastati ulaskom u oceane i mora iz atmosfere, npr. živa se oslobađa kao plin iz atmosfere pri izgaranju ugljena te se nakon toga taloži u oceanima i morima, dušik u obliku dušikovih oksida nastao izgaranjem fosilnih goriva, onečišćeni zrak se taloži u oborinama i dolazi do onečišćenja voda. Vrlo velika onečišćenja mora i oceana predstavljaju nesreće koje su se dogodile izlivanjem nafte i njenih derivata pri transportu tankerima (Exxon Valdez, Tasman Spirit, Torrey Canyon, Prestige) i onečišćenja naftom nastala eksplozijom naftnih platforma (najpoznatija havarija izljeva nafte u meksičkom zaljevu). Slika 3 prikazuje postotak izvora naftnog onečišćenja na moru [6, 8].



Slika 3. Izvori naftnoga onečišćenja na moru [7]

Unatoč zaštiti mora koja je zakonski regulirana i dalje će se događati razne katastrofe i nesreće u morskom okolišu uzrokovane izravnim ili neizravnim djelovanjem čovjeka. Sami događaji koji imaju vrlo ozbiljne posljedice na ljudski, biljni i životinjski svijet koji i ugrožavaju opstanak prirodnog ekosustava na što utječe na budućnost ljudske egzistencije. Svako onečišćenje koje je nastalo bilo kojim djelovanjem vrlo je štetno za cijeli morski okoliš kojeg okružuje biljni i životinjski svijet [5].

3. Nafta i ugljikovodici

Nafta tzv. sirova nafta (slika 4) je fosilno gorivo dolazi od perzijske riječi "nafada" (navlažiti, iznojiti) i grčke riječi "naphta" (zemno ulje). Obično se i naziva "crno zlato". Kod nas su korišteni i nazivi: zemno ulje, kameno ulje, mineralno ulje, zemna smola, a često i internacionalni naziv petrolej. Nafta ima visoku biološku aktivnost jer sadrži velike koncentracije organskih tvari pri čemu dolazi do remećenja ravnoteže ekosustava što je potrebno oko 20 godina da se ekosustav oporavi. Nastaje iz ostataka drevnih morskih organizama kao što su biljke, alge i bakterije. Sirova nafta je smjesa ugljikovodičnih spojeva u rasponu od manjih, isparljivih spojeva do vrlo velikih, neisparljivih spojeva. Ta mješavina spojeva varira ovisno o geološkoj formaciji područja u kojem se nalazi nafta i snažno utječe na njezina svojstva. Na primjer, sirova nafta koja se sastoji uglavnom od krupnih spojeva su viskozna i gusta [12].



Slika 4. Sirova nafta [13]

Naftni proizvodi kao što su benzin ili dizelsko gorivo mješavine su manje spojeva i stoga su njihova svojstva specifičnija i manje varijabilna. Ugljikovodični spojevi su sastavljeni od vodika i ugljika, koji su glavni elementi u nafti. Nafta sadrži i različite količine sumpora, dušika, kisika, a ponekad i mineralnih soli, kao i metale u tragovima poput nikla, vanadija i kroma. Općenito, ugljikovodici koji se nalaze u uljima karakteriziraju njihova struktura. Ugljikovodične strukture koje se nalaze u nafti su zasićeni, olefinski, aromatski i polarni spojevi. Nafta je opći pojam koji opisuje širok izbor prirodnih tvari biljnog, životinjskog ili mineralnog podrijetla, kao i niz sintetskih spojeva. Mnogo različitih vrsti nafte sastoji se od stotina glavnih spojeva i tisuća manjih. Sastav nafte varira, svaka vrsta nafte ili naftnih derivata ima određene jedinstvene karakteristike i svojstva. Svojstva nafte utječu i na ponašanje nafte prilikom izlivanja i određuju negativne učinke nafte na žive organizme u okolišu kao i na učinkovitost čišćenja, otklanjanja nafte nakon izlivanja. Nafta se danas nalazi u velikim podzemnim akumulacijama u kojima su bila smještena drevna mora. Rezervoari nafte mogu se naći ispod zemlje ili oceanskog dna. Nafta je tekuća smjesa ugljikovodika, boje od žute i zelene do tamno smeđe i crne, gustoće od 0,7 do 1,0 kg/dm³.

Razlika u boji predstavlja različiti kemijski sastav različitih zaliha sirove nafte. Nafta koja sadrži malo metala ili sumpora obično bude lakša, ponekad i bistrija. Vrlo velike količine nafte pronalazimo ispod Zemljine površine. Postoji čak i daleko ispod najdubljih bušotina koje su razvijene za njeno vađenje. Sirova nafta se sastoji od ugljikovodika koje najviše čini vodik (težinski oko 13 %) i ugljik oko 85 %, ostali elementi su dušik oko 0,5 %, sumpor 0,5 %, kisika (oko 1 %) i metala poput željeza, nikla i bakra (manje od 0,1 %) [12, 14].

Ugljikovodici su organski spojevi koji se sastoje od ugljika i vodika. Mogu biti u plinovitom, tekućem i čvrstom stanju. U naftnom rudarstvu ugljikovodici su: nafta, prirodni plin i plinski kondenzat [10]. Gotovo se svi ugljikovodici javljaju u sirovim naftama. Budući da je sirova nafta načinjena od raspadnutih organskih tvari, ona obiluje atomima vodika i ugljika. Prisutne su i na različitim stablima i biljkama. Sami po sebi ugljikovodici ne predstavljaju rizik. Međutim, izložen sunčevoj svjetlosti i/ili dušikovim oksidima, oni prolaze kemijsku reakciju. Poznato je da su emisije i onečišćenja koja ljudi stvaraju u ovom industrijskom dobu opasni, a ugljikovodici čine velik dio tih štetnih spojeva. Ugljikovodici su glavna komponenta sirove nafte, prirodnih plinova. Ugljikovodici također smanjuju sposobnost fotosinteze biljaka, povećavaju stopu raka kod ljudi i životinja i povećavaju rizik od respiratornih bolesti. Najpoznatije onečišćenje ugljikovodicima je izlivanje nafte. Izlivanje nafte uništava život morskih biljaka i ugrožava stotine tisuća, ako ne i milijuna, životinja svake godine [15].

4. Transport nafte pomorskim putem

Zbog svoga značenja koju nafta danas ima, transport nafte važna je gospodarska grana. Transport nafte osim što se obavlja specijalno opremljenima plovilima pomorskim putem (tankerima), na kopnu se najviše koriste naftovodi i cestovni transport. Na slici 5 prikazan je tanker za transport nafte pomorskim putem. Prijevoz naftnih derivata postoji već od davnina, čak još od trećeg stoljeća prije nove ere [16].



Slika 5. Tanker [17]

Tankeri su brodovi za prijevoz nafte i njenih derivata pri kojem je cijeli prostor za teret podijeljen poprečnim i uzdužnim pregradama na nepropusna odjeljenja koja nazivamo tankovima. Za ukrcavanje nafte i njenih derivata pa tako i za iskrcavanje koriste se posebni sustav cjevovoda i pumpi. No kako postoje nesretni slučajevi prilikom transporta tankerima

tako postoje i nesreće koje se događaju izlivanjem nafte i njenih derivata iz cisterni cestovnim putem pri čemu nafta ulazi u tlo i tako dolazi do okolnih voda, rijeka i potoka koji se na kraju izljevaju u mora.

Svako izlivanje nafte u prirodu čini nepopravljivu i dugotrajnu štetu. Nafta koja se transportira sadrži kiseline, vodu, sumporne spojeve te razne druge nečistoće. Elementi koje sadržava nafta moraju se ukloniti jer donose različite negativne posljedice na postrojenje i izazivaju koroziju. Kao što je voda koja se nalazi na dnu spremnika tankera i ispušta se s dna jer je nafta koja se nataložila na površini lakša od vode. Svako ispuštanje vode donosi negativne efekte na žive organizme u vodi i na sami morski okoliš. Pomorskim putem transport nafte obavljaju razne vrste specijalnih tankera: jedan za transport nafte i jedan za transport njenih derivata. Brodovi za transport nafte su i najveći brodovi, osim što plove svjetskim morima diljem svijeta plove i oceanima. Brodovi za transport naftnih derivata su manji brodovi koji sadrže više tankova za prijevoz različitih vrsta derivata istovremeno [16, 18]. Prijevoz (uključujući rafiniranje i distribuciju) sirove nafte ili rafiniranih proizvoda rezultira u prosjeku otpuštanjem 9 100 tona (2700 000 litara) nafte u sjevernoameričke vode i 150 000 tona širom svijeta svake godine. Otpuštanja zbog transporta nafte, dakle, čine otprilike 9 % ukupnog unosa nafte antropogenim aktivnostima u sjevernoameričke vode i manje od 22 % širom svijeta. Izlivanje iz transportnih plovila može ispuštati veliku količinu naftnih derivata, a ne samo sirove nafte, od kojih se svaki ponaša drugačije u okolišu (npr. laki destilati imaju tendenciju da brzo ispare) ili sadrže različite koncentracije otrovnih spojeva poput PAH (policiklički aromatski ugljikovodici). Hlapljivi organski spojevi se također oslobađaju iz tankera koji su u plovidbi ili su uključeni u aktivnosti utovara i iskrcaja i doprinose ukupnom opterećenju ugljikovodika koji ulaze u more [6].

4.1. Onečišćenje mora naftom

Brodski prijevoz (tankeri) je odgovoran za skoro polovicu naftnog onečišćenja mora, dok otprilike trećinu čine gradski i industrijski otpad. Nadalje, oko 8 % onečišćenja mora dolazi iz naravnih izvora, kao što je curenje nafte na morskom dnu. Na slici 6 prikazana je obala onečišćena naftom [7].



Slika 6. Onečišćena obala naftom [19]

Iako deterdženti razbijaju vidljive mrlje, raspršena nafta može ući u morske prehrambene lance i ondje prouzročiti skrivenu štetu za okoliš. Kao na svim oblicima

onečišćenja, postoji poznata izreka „bolje spriječiti nego liječiti“. U posljednjih 30 godina su tankeri s dvostrukim spremištima i boljim sustavom za navigaciju pomogli smanjiti velika naftna izlijevanja za četiri petine. Činjenica je da izlijevanja zbog nesreća pri transportu nafte zapravo čine manje od 20 % nafte koja nalazi put u mora. Velika onečišćenja obalnih područja uzrokuju odlaganja s kopna, kao i nafta s plovila, od malih do velikih brodova. Loše održavani strojevi izletničkih brodova vjerojatno više onečišćuju more naftom nego ako spojimo sva izlijevanja u svijetu, no kako ta onečišćenja dolaze iz mnoštva malih izvora, velikim je dijelom nevidljivo, pa ga je stoga vrlo teško nadgledati, a kamo sanirati [7].

Izlijevanje nafte predstavlja vrlo velike posljedice na sve što ovisi o morskim resursima. Ispuštanja do kojih dolazi tijekom potrošnje nafte, bilo da se radi o pojedinačnim osobnim automobilima i manjim brodovima, ili otjecanju iz asfaltiranih urbanih područja, pridonose ogromnoj količini naftnih derivata unesenih u okoliš kroz ljudsku aktivnost. Oko 70 % ispuštene nafte u oceane nastalo je antropogenim događajima. Za razliku od drugih izvora, unosi nafte kroz ljudsku potrošnju odvijaju se gotovo, isključivo kao sporo, kronično oslobađanje. Nadalje, zato što se velika većina potrošnje nafte događa na kopnu, rijekama i tokovima otpadnih i olujnih voda predstavljaju najznačajniji izvor nafte u morskom okolišu. Još jedan manji, ali ipak još uvijek značajan izvor jesu dvotaktni motori. Nafta može uništiti morske organizme, umanjiti njihovu kondiciju i poremetiti strukturu i funkciju morskih zajednica i cjelokupnog morskog ekosustava. Osim onečišćenja naftom, postoje mnogi uzroci morskih ekoloških promjena, uključujući poremećaj ljudi, promjene fizičkog staništa, ribolov, promjene obrazaca grabežljivosti, vremena i klime. Na slici 7 prikazana je životinja zaprljana naftom [20].

Specifični postupci događanja koji nastaju nakon izlijevanja nafte određuju kako se nafta treba očistiti i njegov utjecaj na okoliš. Na primjer, ako nafta brzo isparava, čišćenje je manje intenzivno, ali ugljikovodici u nafti ulaze u atmosferu i uzrokuju onečišćenje zraka. Naftna mrlja mogla bi se nositi površinskim strujama ili vjetrovima u ptičju koloniju ili na obalu na kojoj se tuljani ili morski lavovi uzgajaju i snažno utječu na divlje životinje i njihovo stanište. S druge strane, glatko bi se moglo izvesti do mora, gdje se prirodno dispergira i ima mali izravni utjecaj na okoliš. Izlivena nafta na vodi pretrpjelo je niz promjena u fizičkim i kemijskim svojstvima koje se u kombinaciji nazivaju "vremenske neprilike". Procesu vremenskih prilika odvijaju se vrlo različitim brzinama, ali započinju odmah nakon izlijevanja nafte u okoliš. Stope vremenskih prilika nisu konzistentne tijekom cijelog izlijevanja nafte i jesu obično najviša odmah nakon izlijevanja. I procesi vremenskih prilika i brzina kojom se javljaju ovise više o vrsti nafte nego o uvjetima okoliša.



Slika 7. Životinja u nafti [21]

Izlijevanje nafte utječe na oceane na prostornim mjerilima od desetaka četvornih metara do tisuća četvornih kilometara. Kronično onečišćenje naftom može zahvatiti područja od nekoliko kvadratnih centimetara do iznimno velikih područja od tisuće kvadratnih kilometara. Izlijevanje nafte i dalje će se događati sve dok društvo ovisi o nafti i njezinim proizvodima. To je zbog potencijala ljudske pogreške i kvara opreme koji je svojstven proizvodnji, transportu i skladištenju nafte. Iako je važno usredotočiti se na načine sprečavanja izlijevanja nafte, moraju se razviti i metode za njihovo suzbijanje i čišćenje. Integrirani sustav planova za slučaj izvanrednih stanja i mogućnosti reakcija može ubrzati i poboljšati reakciju na izlijevanje nafte i značajno smanjiti utjecaj na okoliš i ozbiljnost izlijevanja. Svrha planova za krizne slučajeve je koordinacija svih aspekata reakcije na izlijevanje nafte. To uključuje zaustavljanje protoka nafte i njegovo čišćenje. Područje obuhvaćeno planovima za izvanredna stanja moglo bi se kretati od jednog područja za rasuti tok do čitavog dijela obalne crte. Izlijevanje nafte, poput šumskih požara i drugih nepogoda u okolišu, nije predvidljivo i može se dogoditi u bilo koje vrijeme kao i izlijevanje nafte. Stoga je ključ učinkovitog reagiranja na izlijevanje nafte potrebno pripremiti za neočekivano i planirati protumjere izlijevanja koji se mogu primijeniti u najgorim mogućim uvjetima [6, 8, 20]. Prema istraženim podacima dovoljno je 8 g nafte da se onečisti 1m³ mora. Utjecaj nafta na floru i faunu ovisi o njezinoj koncentraciji kao i njenim svojstvima. Velike količine nafte izlivena u more posebno utječe na uništavanje morskih organizama te imaju negativne posljedice na ljudski život. Nafta sadrži velike koncentracije organskih tvari, stoga će nafta koja je razlivena na površini mora dovesti do visoke biološke aktivnosti pri čemu dovodi do genetskih poremećaja morskih organizama i životinja, što ima trajne posljedice. Nafta ima funkciju vezivanja kisika iz vode time se sav biljni svijet uništava, a isto vrijedi i za ribe, odnosno sav životinjski svijet u moru. Velika količina nafte ugrožava i ptice pri čemu ugibaju zbog nakupljene nafte ispod perja i što dovodi do prestanka disanja i otrovanja naftom (slika 7). Samo čišćenje nafte s površine mora nije lak posao i neizbježno je dugotrajan proces koji neminovno ostavlja trajne posljedice na naš ekosustav [20].

4.2. Onečišćenje mora balastnim vodama

Balastne vode su vode koju brodovi sadržavaju zbog svoje ravnoteže i svoje stabilnosti te zbog očuvanja integriteta pri praznom brodu. Kada veliki brod, poput kontejnerskog broda ili cisterne za naftu, istovari teret, morska voda se pumpa u odjeljke u trupu. Slično tome, kada se ukrcava veliko plovilo, iz tih odjeljaka ispušta morsku vodu (slika 8) [22].



Slika 8. Ispuštanje balastnih voda [23]

Kod balastnih voda se događaju razna onečišćenja što dovodi do prijenosa novih i patogenih mikroorganizama koji su uzročnici raznih bolesti. Nekoliko je negativnih učinaka balastnih voda, ekološki gdje unesene biljne i životinjske vrste počinju dominirati u novom ekosustavu te time uništavaju bioraznolikost, ekonomski gdje unesene vrste uzrokuju štete u ribarstvu i turizmu, te negativan utjecaj na ljudsko zdravlje gdje nastali otrovni organizmi uzrokuju bolesti a i u nekim slučajevima mogu izazvati i smrt. Problem onečišćenja morskog ekosustava balastnim vodama je vrlo ozbiljan problem. U godini dana je u svijetu preveze čak i do 10 milijardi tona balastnih voda pri čemu je i oko 7000 različitih vrsta. Morska voda trebala bi pomoći stabilizirati i uravnotežiti brod. Ispusti balasta s brodova odgovorni su za kugle s katranom u otvorenim oceanima i morima, a mogu uzrokovati probleme u plovidbi rutama tankera. Ipak, ispuštanje balastne vode čini samo mali postotak onečišćenja naftom u morskome okolišu. Balastiranje obično se događa blizu luka. Čestice se talože u spremnicima kako bi formirale nakupljanja sedimenata koja mogu biti duboka 30 cm [23].

Brodovi su odgovorni za transport štetnih organizama u njihovoj balastnoj vodi. Unos balastnih voda u brodove započinje pri iskrcavanju tereta u luci, a ispuštanje se vrši na sljedećoj luci pri ukrcavanju tereta u brod. Takvim ispuštanjem balastnih voda vrši se prijenos svih tvari i organizama koji se nalazi u njima na sve moguće udaljenosti, pri čemu 1m³ sadrži čak od 3 tisuće to 10 tisuća organizama (ribe, puževi, alge, virusi). Takvi organizmi narušavaju morskou bioraznolikost, čitav morski ekosustav pa tako postaju i prijetnja zdravlju ljudi [20, 22].

5. Tankerske nesreće

Izlijevanje nafte u more iz tankera ili eksplozijama na naftnim platformama predstavljaju najvidljiviju vrstu onečišćenja mora i njenog ekosustava. Problemi koji se javljaju nakon tih događanja imaju vrlo ozbiljne posljedice, postaju dugotrajni i katastrofalni za cijeli ekosustav a posljedično i na zdravlje ljudi. Osim što posljedice tankerskih katastrofa štete morskome ekosustavu također štete i drugim industrijama, npr. okolni restorani koji se opskrbljuju čistom morskome vodom. Danas se godišnje u svijetu preveze oko 3 bilijuna tona proizvedene nafte, a od toga polovina se prevozi pomorskim putem. Tankerske nesreće kod kojih dolazi do izlijevanja velikih količina nafte u more ili oceane, nepovratno imaju štetni utjecaj na biljni i životinjski svijet kao i gospodarstvo, a mogu se dogoditi na nekoliko načina:

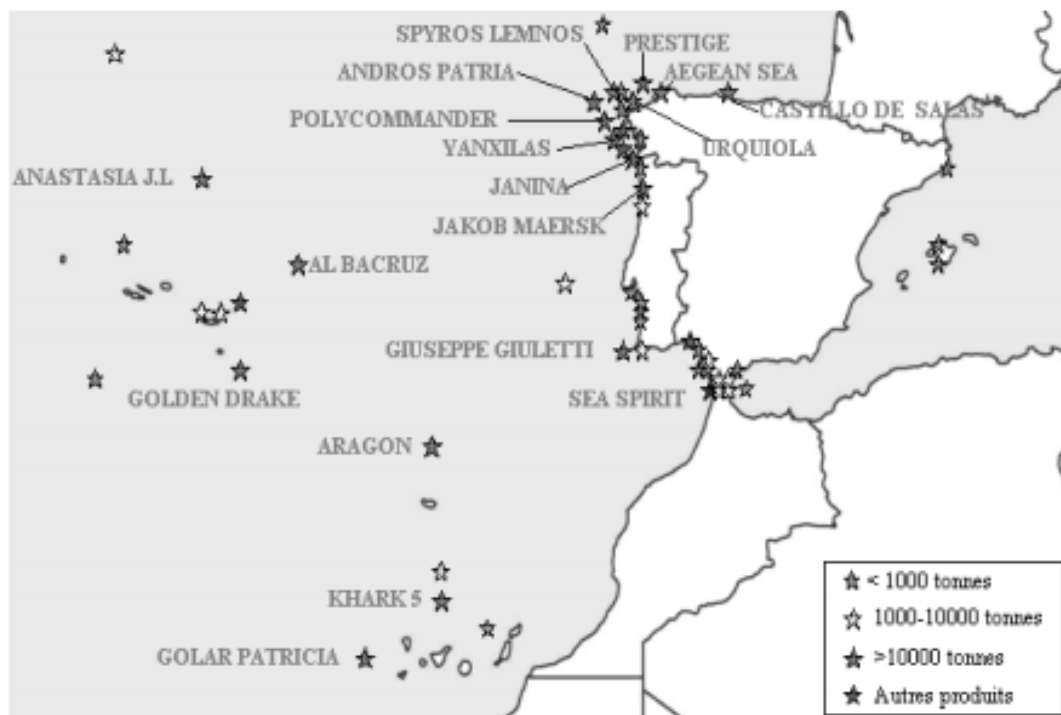
- Nasukavanjem
- Sudarima
- Potonućem
- Udarima i ostalim nezgodama (vremenske neprilike)
- Eksplozijom [24].

Navodimo kronološki neke od najvećih tankerskih nesreća [24]:

- Tanker TOOREY CANYON (18. ožujka 1967.) nasukao se na zapadnom ulazu u Engleski kanal i ispustio cijelu količinu nafte što je prevezio oko 120 000 tona nafte.
- Tanker TEXACO DENMARK (7. prosinca 1971.) je u Sjevernom moru u blizini Belgije je ispustio oko 125000 tona nafte.
- Tanker METULA (9. kolovoza 1974.) u Mageljanovu prolazu je ispustio oko 45 000 tona nafte.
- Tanker BRITISH AMBASSADOR (13. siječnja 1975.) u blizini Japana spustio oko 50000 tona nafte.

- Tanker BORAG (7. veljače 1977.) je u blizini Tajvana u Istočno kinesko more ispustio 46000 tona nafte.
- Supertanker AMOCO CADIZ (16. ožujka 1978.) potonuo je i ispustio 237000 tona nafte u more te je onečistio oko 150 km britanske obale.
- Tanker ATLANTIC EMPRESS (2. kolovoza 1979.) ispustio je u more 297300 tona nafte 450 km istočno od Barbadosa.
- Tanker CASTILLO DE BELLVER (6. kolovoza 1983.) ispustio je 280000 tona nafte u Atlantski ocean.
- Tanker ODYSSEY (10. studenog 1988.) u sjevernom Atlantskom oceanu u blizini Newfoundlanda ispustio je 132000 tona nafte.
- Tanker EXXON VALDEZ (24. ožujka 1989.) udario je u podmorski greben kod Aljaske i u more ispustio 40000 tona nafte.
- Iranski supertanker KHARG 5 (19. prosinca 1989.) u eksploziji u blizini Maroka s 280000 tona nafte napravilo je na Atlantiku mrlju od 272 četvorna kilometra.
- Supertanker SEA EMPRESS (15. veljače 1996.) nasukao se u Milford Havenu u Walesu, gdje je ispustio oko 147 tisuća tona nafte i napravio mrlju dugu 40 km.
- Tanker ERIKA (12. prosinca 1999.) prelomio se i potonu nedaleko od Velike Britanije, te je u more ispušteno oko 37000 tona nafte.
- Tanker PRESTIGE (20. studenoga 2002.) je u blizini španjolske obale ispustio 63000 tona nafte.

Na slici 9 prikazana su područja najvećih tankerskih nesreća, prema navedenoj kronologiji [24].



Slika 9. Područja najvećih tankerskih nesreća [24]

5.1. Nesreća tankera Exxon Valdez

Na obali Valdeza na Aljasci 24. ožujka 1989. godine iza ponoći dogodila se havarija supertankera Exxon Valdez nastala udarcem u podmorski greben Blight. Udarcem u greben

otvorila se velika rupa na dnu tankera čime je iscurilo oko 40 000 tona odnosno 40 milijuna litara sirove nafte pri čemu se stvorila najrazornija naftna mrlja. Oštećeno je 8 od 11 brodskih tankova. Nastalo naftno onečišćenje prouzrokovalo je veliku zabrinutost na život i razvoj morskog ekosustava. Nafta mrlja se raširila duž 1700 km obale. Tim nesretnim događajem ova havarija se bilježi najvećom katastrofom na svijetu od strane ljudskog faktora čime je naštetila životinjama i cjelokupnom okolišu. Točan podatak o ukupno uginulim životinjama nema. Okvirno je oko stotinu tisuća uginulih ptica, jelena, vidri te drugih životinja. Ptice su ugibale radi štete plutajuće nafte, a ne zbog otrovnosti naftnih sastojaka. Također je utjecalo na ugibanje i na tisuće riba. Nastalo onečišćenje obale ima posljedice i dan danas. Zaposlenici supertankera Exxon Valdez su zajedno s oko 11 tisuća stanovnika Aljaske pokušavali zbrinuti izlivenu naftu te dovesti okoliš u normalno stanje. Kompanija Exxon je morala platiti kaznu od 100 milijuna dolara i potrošiti oko 900 milijuna za sanaciju štete koju su učinili. Čišćenje nafte s površine mora su provodili prskanjem kemikalijama za raspršivanje nafte u vodi i obali (slika 10) [25, 26].



Slika 10. Čišćenje obale Valdez raspršivanjem[27]

Vrućom vodom su ispirali plaže i čistili životinje zarobljene u nafti. Tim postupkom mikro bakterijski organizmi na obali istovremeno su izmiješani i uklonjeni, od kojih su mnogi osnova u obalnom prehrambenom lancu, a drugi sposobnost biorazgradnje nafte. Zbog raznih kemijskih spojeva došlo je do prestanka razmnožavanja ptica. Ovaj događaj je ribolovcima zaustavio i onemogućio daljnje bavljenje ribolovom. Prema istraživanju od 2007. godine više od 26 tisuća tona nafte preostalo je u pjeskovitom tlu onečišćene obale i onečišćenje se smanjuje manje od 4 % svake godine. Izlivanje nafte stvorilo je vrlo opasne posljedice na životinjski i biljni svijet gdje je oko 250 tisuća do 500 tisuća morskih ptica uginulo, najmanje 1000 vidri, oko 300 tuljana te preko milijun riba. Posljedice se i dan danas pojavljuju i osjećaju čak i nakon upornog godišnjeg čišćenja obale [6, 20, 25, 26].

5.2. Nesreća tankera Tasman Spirit

Dana 27. srpnja 2003. godine grčki tanker Tasman Spirit (slika 11) iz Irana do Pakistana prevezio je 67 000 tona iranske sirove nafte. Nasukao se na ulasku u Pakistansku luku Karachi. Stanje prizemljenog tankera pogoršalo se jer je bila izložena stalnom naprezanju od silnog nabora prevladavajućeg jugo-zapadnog monsuna i plovilo se nakon toga slomilo na dva dijela te se izlilo oko 31 000 tona sirove nafte pri čemu je zahvaćeno oko 2 062 km² okolnog područja, a nafta je zahvatila sedimente morskog dna na površini od 270 km². Najbliža turistička plaža u Karachiju Clifton se znatno onečistila, koja se tek otvorila nakon 3 mjeseca. Jako onečišćenje plaže Clifton stvorilo je vrlo snažne naftne pare što je uzrokovalo znatne nelagode lokalnim stanovnicima i osoblju prilikom čišćenja. Prema istraživanju zabilježeno je da je oko 3 milijuna ljudi bilo izloženo isparavanju naftnih ugljikovodika, pri čemu ovaj događaj predstavlja najveću izloženost ljudi izlijevanju nafte u povijesti. Ova katastrofa utjecala je najviše na morski život, floru i faunu. Nanijela je velike štete raznim vrstama riba i školjkaša stvorivši anaerobne uvjete i toksično okruženje. Posljedično, osim što je nanijelo štetu flori i fauni negativan utjecaj na ljudski prehrambeni lanac bio je neizbježan. Katastrofa je uzrokovala negativne turističke i gospodarske posljedice. Kemijskom analizom iranske nafte koju je prevezio Tasman Spirit utvrđeno je da je sadržavala veliku količinu aromatičnih ugljikovodika koja je uključivala veliku količinu sumpora (1,35 mas. %), 14 % lagane nafte, 20 % teške nafte i 4 % benzina. Analizama morske vode i tla u različitim intervalima nakon izlijevanja utvrđena je velika količina ugljikovodika u vodi i tlu. Teže komponente kao što su policiklički aromatski ugljikovodici (PAH) čine najviše štete jer su relativno nereaktivne i postojani su u vodi. PAH su toksičniji sastojci nafte i uglavnom su toksični za ribe, a neki uzrokuju rak kod životinja i ljudi. PAH-ovi su velika skupina organskih spojeva s dva ili više spojenih aromatičnih prstenova. Oni su mutagena i kancerogena onečišćenja okoliša koja su široko prisutna u zraku, vodi i vodenom sustavu, tlima i sedimentima Postoji više od 100 različitih PAH-ova koji se unose u okoliš uglavnom putem prirodnih i antropogenih izvora. Vulkanske erupcije, šumski i prerijski požari jedan su od glavnih prirodnih izvora PAH-a u atmosferi [28].



Slika 11. Tanker Tasman Spirit [29]

5.3. Nesreća tankera Torrey Canyon

Supertanker nafte Torrey Canyon u vlasništvu američke podružnice Kalifornije Union Oil Company 18. ožujka 1967. godine prevezio je oko 120 tisuća tona sirove nafte pri čemu se nasukao na morski greben Pollard's Rock između otoka Scillya i britanske obale. Nasukavanjem broda izlilo se oko 117 milijuna litara nafte (slika 12) [30, 31].



Slika 12. Tanker Torrey Canyon [32]

Nekoliko mrlja nafte čak je doseglo na obalu Britanije i Francuske. Širenje naftne mrlje su spasioci pokušavali zaustaviti pomoću benzina, paljenjem naftne mrlje i s oko 10 000 tona sredstava za raspršivanje na naftnu mrlju. Plan je bio da kemikalija razgradi naftu i omogući mu raspršivanje i uklanjanje prirodnih bakterija no kasnije se pokazalo da djelovanje nije uspjelo te da su upotrebljavali disperzatore koji su toksičniji od same nafte pri čemu je stradao sav morski svijet s kojim je nafta došla u kontakt, od morskih algi do svake vrste riba. Kemikalije za raspršivanje nafte skupljale su se i na plažama. Potrebno je bilo oko 13 do 15 godina da se zahvaćena područja oporave. U roku od 12 dana izlila se sva preostala nafta iz tankera. Kako bi se riješile posljedice nesreće te daljnje širenje naftne mrlje, engleska Vlada je naredila da se tanker uništi zračnim bombardiranjem pri čemu je rezultat bio prilično uspješan. Zbog velike količine nafte koja je zahvatila veliko područje mora, nafta mrlja se nastavila širiti na jugozapadni dio Engleske što je dovelo do velikog onečišćenja obale Cornwalla oko 300 km i oko 80 km francuske obale. Stradalo je više od 15 000 morskih ptica [22, 30-33].

5.4. Nesreća tankera The Prestige

Grčki tanker The Prestige (slika 13) star 26 godina prevezio je oko 77000 tona nafte, te se 13. studenog 2002. godine zbog lošeg i nemirnog vremena nasukao u blizini španjolske obale. Upravljala je grčka broderska kompanija pod zastavom Bahama a prevozila je 77.000 tona teškog lož-ulja. Tanker The Prestige pretrpio je ozbiljan strukturalni neuspjeh teretnih brodica, koji se zbog nevremena nagnuo za 25 stupnjeva u desno 30 milja od obale Finisterre, prepолоvio se i dovelo je do ispuštanja nafte. Stražnji dio tankera s većim dijelom nafte je potonuo. Procjenjuje se da je došlo do izlivanja oko 63 000 tona nafte. Izlivanje je onečistilo tisuće kilometara obale i više od tisuću plaža na španjolskoj, francuskoj i portugalskoj obali, te je nanijelo veliku štetu lokalnoj ribarskoj industriji. Ovo izlivanje

navodi se kao najveća ekološka katastrofa u povijesti Španjolske i Portugala. Količina izlivena nafte bila je veća od incidenta tankera Exxon Valdeza, a i toksičnost se smatrala većom, zbog viših temperatura vode. Nakon potonuća, olupina je nastavila ispuštati oko 125 tona nafte dnevno, onečišćujući morsko dno i obalu, posebno duž teritorija Galicije. Ekološka šteta bila je najteža na obali Galicije [34].



Slika 13. Tanker The Prestige [34]

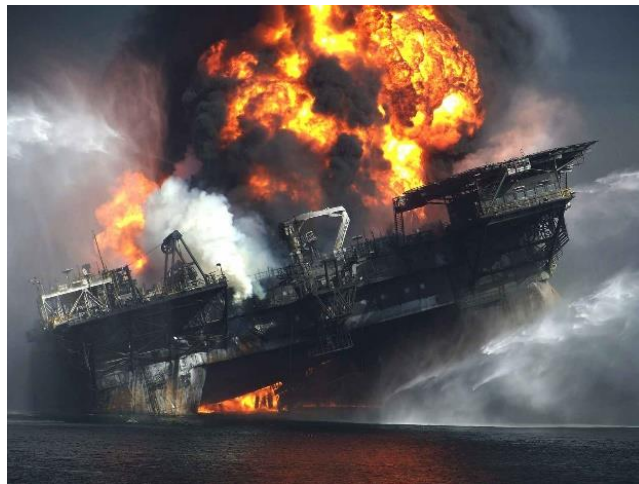
Područje koje je pogođeno važno je ekološko područje koje podupire koraljne grebene i mnoge vrste morskih pasa i ptica, te ribarsku industriju. Teško onečišćenje obale prisililo je vladu regije da suspendira ribolov na obali na šest mjeseci. U početku je vlada mislila da je izgubljeno 17 000 tona nafte od ukupno 77 000 tona, te da će se preostalih 60 000 tona smrznuti i neće doći do istjecanja iz potonulog tankera. Početkom 2003. godine objavljeno je da je polovica nafte ipak izgubljena. U kolovozu 2003. brojka se popela na oko 63 000 tona, više od osamdeset posto od ukupnih 77 000 tona lož ulja izliveno je na španjolsku sjeverozapadnu obalu. U sljedećim mjesecima tisuće volontera pridružilo se javnom poduzeću Tragsa (tvrtki koju je regionalna vlada odabrala da se bavi čišćenjem) kako bi pomogla u čišćenju pogođene obalne crte. Ogromna kampanja čišćenja bila je uspješna, oporavili su većinu dijelova obale ne samo od posljedica izlivanja nafte, već i od akumuliranog "redovnog" onečišćenja. Galicijski aktivisti osnovali su ekološki pokret *Nunca Más* (Galicijski za nikad više), kako bi osudio pasivnost konzervativne vlade u vezi s katastrofom. Izvještaj ekonomskog instituta Barrie de la Maza sa sjedištem u Galiciji 2003. godine kritizirao je španjolsku upravu nad katastrofom. Procjenjivao je troškove čišćenja samo do galicijske obale na 2,5 milijardi eura [6, 22].

5.5. Izljev nafte u Meksičkom zaljevu

Izlijevanje nafte nastalo eksplozijom Deepwater Horizon (slika 14) platforme nafte kompanije Macondo u Meksički zaljev bilo je nesretna i razorna katastrofa. Eksplozija je nastala na bušilici za bušenje nafte na dnu zaljeva. Izlijevanje nafte započelo je 20. travnja 2010. godine. Punih 86 dana je curila nafta na dno mora. Iscurilo je više od 4,6 milijuna litara sirove nafte i onečistilo ne samo more, već i oko 7 tisuća kilometara obale. Stvoreni dim i nepovoljni vremenski uvjeti su onemogućili Obalnoj straži evakuaciju posade i traganje za nestalim. Nakon dva dana platforma je u potpunosti potonula pri čemu je oko 8 000 barela

nafte curilo na dan. Raspadom platforme započelo je masovno izlijevanje nafte po zaljevu. Nekoliko dana nakon eksplozije, obalna straža je zabilježila novo curenje nafte pri čemu je za manje od dva tjedna mrlja dosegla obalu nekoliko američkih saveznih država, pri čemu je izlijevanje u more bilo oko 5 tisuća barela nafte na dan te se taj broj kasnije iz dana u dan povećavao.

Eksplozija uzrokovana slučajnim paljenjem plina metana pod visokim pritiskom, rezultiralo je nizom događaja koji su na kraju uzrokovali potonuće naftnih instalacija i uzrokovalo istjecanje nafte iz cijevi otprilike 5 000 metara ispod vodene površine. Ova katastrofa je pogodila najbližu saveznu državu Louisianu pri čemu se havarija meksičkog zaljeva proglasila najvećom ekološkom katastrofom američke povijesti. Došlo je do strašnih posljedica koje uključuju onečišćenje vode, zraka pa čak i životinjskog svijeta te je stvorilo najveći problem za lokalno gospodarstvo. Implikacije ovog izlijevanja bile su šire od pukog utjecaja na okoliš. Izlijevanje je također pridonijelo zdravstvenim, ekonomskim i političkim posljedicama. Posljedice po zdravlje bile su kratkoročne i dugoročne posljedice u kojima su kratkoročni učinci uzrokovali preko 143 zdravstvenih slučajeva povezanih s izlijevanjem, a dugoročni učinci izlaganja mogu se javiti i nakon 5 godina na pogođenim područjima. Procjenjuje se da je oko 300 000 tona nafte ispušteno u meksički zaljev. Radi velike otpornosti tereta, izlivena nafta se zadržavala na površini mora dulje vrijeme. Prvo je zahvatila i onečistila stjenovitu obalu Galicije pa se širila prema Biskajskom zaljevu te zahvatila španjolsku sjevernu obalu. Kada se protok konačno zaustavio 15. srpnja 2010., procijenjeno je da je oko 171 milijuna litara nafte iscurilo u visoko produktivni i biološki raznolik Meksički zaljev. Od ove katastrofe provedena je značajna količina istraživanja koja pokriva mnogo različitih aspekata izlijevanja nafte, uključujući, ali ne ograničavajući se na, učinak površinskih raspršivača, mikrobnu aktivnost u Meksičkom zaljevu, onečišćenje vode, oštećenje morske obale te transport i raspršivanje izlivena nafte. Istraživanje različitih aspekata transporta i disperzije nafte posebno je važno jer je temeljni aspekt svakog događaja izlijevanja nafte [35, 36].



Slika 14. Platforma Deepwater Horizon [37]

Na kraju, kada se ustanovilo da je izljev u potpunosti prekinut procjenjuje se da je u more isteklo između 500 tisuća i milijun tona nafte pri čemu je zahvaćeno ukupno 9 900 km² površine. Posljedica ove katastrofe uključivala je tragičan gubitak života radnika, štete zdravlju mnogih stanovnika zaljevske obale i ekološku i ekonomsku katastrofu koja se osjeća i danas. Na površinu je postavljeno otprilike 20 tona disperziva kako bi razdvojili čestice nafte, olakšali biorazgradnju nafte te smanjili utjecaj na onečišćenje obale. Otprilike 17 %

nafte zarobljeno je u podzemlju zaljeva tijekom izlivanja. Oko 88 500 kvadratnih milja saveznih voda bilo je zatvoreno za komercijalni i rekreacijski ribolov. Vjetrovi i valov mrlje nafte s vremenom stvaraju kuglice katrana u obliku malih, tvrdih, crnih kuglica koje mogu biti postojane u morskom okruženju i putovati na velike udaljenosti [36].

6. Marpol konvencija

Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s brodova, MARPOL (eng. Maritime pollution) (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships). glavna je međunarodna konvencija koja uključuje propise sprječavanja onečišćenja morskog okoliša brodovima iz operativnih ili slučajnih uzroka koju je donijela Međunarodna pomorska organizacija (IMO), odboru za zaštitu morskog okoliša [38, 39]. Nakon nesreće tankera „Torry Canyon“ (1967. godine) doneseno je nekoliko konvencija, među kojima i 1973. MARPOL—konvencija koja nije odmah stupila na snagu. Na međunarodnoj konferenciji o sigurnosti tankera održanoj u Londonu 1978. donesen je Protokol koji čini sastavni dio MARPOL-konvencije. Za razliku od prijašnjih konvencija koje su regulirale samo sprječavanje onečišćenja mora naftom, MARPOL-konvencija regulira sprječavanje onečišćenja svim štetnim tvarima koje se s brodova ispuštaju ili izbacuju, namjerno ili slučajno. Konvencija uključuje propise usmjerene na sprečavanje i smanjenje onečišćenja s brodova i slučajnog onečišćenja iz redovnog rada i trenutno uključuje dva Protokola i šest tehničkih priloga [38, 39].

- Protokol I – Odredbe o izvještavanju o nezgodama s štetnim tvarima.
- Protokol II – Arbitraža

Posebna područja sa strogim nadzorom operativnih pražnjenja uključena su u većinu Priloga.

- Prilog I. Pravilnika o sprečavanje onečišćenja uljem
- Prilog II. Pravilnih o sprečavanju onečišćenja štetnim tekućim tvarima koje se prevoze u trupu
- Prilog III. Pravila o sprečavanje onečišćenja štetnim tvarima u pakiranom obliku
- Prilog IV. Pravila o sprečavanje onečišćenja fekalijama
- Prilog V. Pravila o sprečavanju onečišćenja otpacima
- Prilog VI. Pravila o sprečavanju onečišćenja zraka s brodova

MARPOL konvencija je temeljni preventivni međunarodni akt za zaštitu morskog okoliša. Cilj ove konvencije je potpuno eliminirati nastalo namjerno ili slučajno onečišćenje morskog ekosustava s brodova, štetnim tvarima za ljude, životinje, biljni svijet korištenja mora na bilo koji način – pražnjenjem, izlivanjem, izbacivanjem, curenjem, izbacivanjem. Prema MARPOL konvenciji potrebno je voditi evidenciju, detaljnu istragu o svakoj nesreći koja se dogodila a pri čemu je uslijedilo onečišćenje s brodova. Konvencija obuhvaća sva područja koja se odnose za pomorski promet i sve nesreće i nezgode koje se mogu dogoditi prilikom prijevoza tereta i same plovidbe [13, 40].

Konvencija određuje i posebna područja za koja je potrebna posebna zaštita s obzirom na njihovu ekološku osjetljivost. U posebna područja ubrajaju se: Sredozemlje, Baltičko more, Crno i Crveno more, Arapski zaljev, Sjeverno more i šire područje Kariba. Obzirom da je jako teško provoditi stroge zabrane Konvencija ipak dopušta tankerima manja ispuštanja, postavljajući određene, jasne uvjete kao što je da se brod mora nalaziti izvan posebnih područja, mora biti udaljen od obale najmanje 50 nautičkih milja, biti u vožnji, brzina ispuštanja ne smije biti veća od 30 l na 1 nautičku milju, te brod mora imati uređaje kojima se kontrolira količina i brzina ispuštanja. Konvencija nalaže da se sve operacije na tankeru moraju bilježiti u već poznate brodske knjige, te osim nje potrebno je voditi i knjigu ulja, knjigu smeća, plan za rukovanje smećem, te brodski plan pri pojavi onečišćenja [38, 39].

7. Zaključak

Održavanje morskog ekosustava čistim vrlo je značajan za životinjski i biljni svijet te za ljudski život u cijelosti. Onečišćenje mora postao je sve veći problem u današnjem svijetu. Naša mora i oceani susreću se s dvije glavne vrste onečišćenja: onečišćenje kemikalijama i onečišćenje smećem. Posljedice onečišćenja mora donose zdravstvene, ekološke a i ekonomske probleme.

Problemi nastali onečišćenjem voda, mora i oceana naftom i njenim derivatima u svijetu je svakim danom u neželjenom porastu. Neželjene posljedice izlivanja nafte donose negativne učinke na okoliš koje se najčešće događaju pri vađenju, transportu, obradi te spremanju nafte. Čak 60 % svjetskog transporta nafte i derivata se koristi pomorskim putem pri čemu upravo morski ekosustav postaje najugroženiji.

Nesreće pri transportu nafte danas imaju vrlo velike i ozbiljne posljedice kako na ljude tako i na životinjski i biljni svijet te cjelokupni okoliš. Tankerskih nesreća je danas u svijetu, nažalost, sve više. Vrijeme da se ugroženi ekosustav oporavi, ovisi o veličini izlivanja nafte što znači što je veća količina izlivena nafte to je duži period, pa čak je potrebno i do 20 godina da se živi svijet oporavi. Sve dok je nafta primarni energent, događat će se nažalost i dalje nesreće tankera, te ostala onečišćenja oceana i mora s teškim posljedicama na sami morski ekosustav.

Važno je svakodnevno voditi brigu kako bi zaštitili ljudski život na moru a i morski okoliš u cjelini. Svi smo mi dio našeg morskog ekosustava i ovisimo o njemu. Danas, zahvaljujući Međunarodnoj pomorskoj organizaciji (IMO), odboru za zaštitu morskog okoliša u primjeni je Marpol konvencija s ciljem smanjivanja mogućih namjernih ili slučajnih onečišćenja morskog ekosustava s brodova, štetnih tvari za ljude, životinje i biljni svijet.

8. Literatura

- [1] L. I. Povyakel', I. V. Boltina, V. E. Krivenchuk O. P. Zhmyn'ko (2009) The analysis of the hazard of polluting a marine area with oil products for the natural environment and population, *Journal of Water Chemistry and Technology*, 32(2), 127-130.
- [2] <https://www.nationalgeographic.com/environment/oceans/critical-issues-marine-pollution/> (08.07.2020.).
- [3] L. Adzighli, D. Yuewen (2018) Assessing the impact of oil spills on marine organisms, *Journal of Oceanography and Marine Research*, 6(1), 179.
- [4] B. M. Alberts, *Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects*, National Academies Press, Washington, 2003.
- [5] D. Kindersley, *Onečišćenje, Velika dječja enciklopedija, Mozaik knjiga, Zagreb, 2003*, pp. 478-479.
- [6] M. Popović, Ž. Kurtels (2012) Analiza većih tankerskih nesreća, *Naše more*, 59 (1-2), 12-21.
- [7] Z. Kafol, *Onečišćenje mora, Zemlja, Velika ilustrirana enciklopedija, Mozaik knjiga, Zagreb, 2006*, pp. 108-112.
- [8] J. S. Weis, *Marine pollution. What everyone needs to know*, Oxford University Press, New York, 2005.
- [9] <https://www.tehnoeko.com.hr/1304/Oneciscenje-Jadranskog-mora-otpadom?cctest&> (08.07.2020.).
- [10] S. Sharma, S. Chatterje (2017) Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and humanhealth: a short review, *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 21530–21547.
- [11] <https://www.biom.hr/vijesti/mikroplastika-u-morima/> (20.07.2020.).
- [12] A. Jukić, *Sirova nafta-sastav i svojstva, interna skripta, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2019*.
- [13] <https://magazinplus.eu/nafta-ispod-50-dolara-po-barelu/> (22.07.2020.).
- [14] <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/petroleum/12th-grade/> (24.07.2020.).
- [15] <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/hydrocarbon> (25.07.2020.).
- [16] J. Čavar, *Specifičnosti prijevoza naftnih derivata na području Republike Hrvatske, diplomski rad, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2018*.

- [17] <http://maritime-connector.com/ship/hrvatska-9249087/> (25.07.2020.).
- [18] J. Delić, Značenje tankera u pomorskom transportu, završni rad Fakultet prometnih znanosti Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.
- [19] <https://ezadar.net.hr/ostalo/galerije/2735085/oneciscenje-mora-velika-naftna-mrlja-od-mula-do-bivseg-hotela-zagreb/?slika=3849231> (26.07.2020.).
- [20] Ž. Markulin, Opasnosti prijevoza tereta (onečišćivača) morem, završni rad, Veleučilište u Karlovcu Odjel Sigurnosti i zaštite, Karlovac, 2019.
- [21] <https://www.klix.ba/vijesti/svijet/zivotinje-se-guse-i-umiru-u-nafti-u-meksickom-zaljevu/100605066> (27.07.2020.).
- [22] <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/ballast-water> (01.08.2020.).
- [23] B. Koludrović, Balastiranje i de - balastiranje broda u eksploataciji, završni rad, Pomorski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, 2018.
- [24] T. Bralić, M. Slišković (2006), Najveće tankerske nezgode, Naše more, 53(3-4), 104-111.
- [25] E. Leacock, The Exxon Valdez Oil Spill Environmental Disasters, Facts on File Inc, United States, New York, 2005.
- [26] <https://www.history.com/topics/1980s/exxon-valdez-oil-spill> (02.08.2020.).
- [27] <https://www.wired.com/2011/03/0324exxon-valdez-oil-spill/> (05.08.2020.).
- [28] H. A. Siddiqi, F. A. Ansari, A. Munshi (2009) Assessment of hydrocarbons concentration in marine fauna due to Tasman Spirit oil spill along the Clifton beach at Karachi coast, Environmental Monitoring and Assessment, 148(1-4), 139-48.
- [29] <http://www.naviearmatori.net/ita/foto-220600-4.html> (06.08.2020.).
- [30] <https://www.bbc.com/news/uk-england-39223308> (07.08.2020.).
- [31] C. W. Koburger (1974) The shadow of Torrey Canyon: A status report on the U.S. Coast Guard's pollution R & D, Naval Engineering Journal, 86(1), 28-32.
- [32] <https://www.bbc.com/news/uk-england-39223308> (08.08.2020.).
- [33] <https://wwz.cedre.fr/en/Resources/Spills/Spills/Torrey-Canyon> (10.08.2020.).
- [34] <https://pomorac.net/2013/07/15/sudenje-slucaj-prestige/attachment-prestige-oil-spill-300x200/> (20.08.2020.).

- [35] V. Khade, J. Kurian, P. Chang, I. Szunyogh, K. Thyng, R. Montuoro (2017) Oceanic ensemble forecasting in the Gulf of Mexico: An application to the case of the Deep Water Horizon oil spill, *Ocean Modelling*, 113, 171-184.
- [36] <https://protectingtheatlanticcoast.org/deepwater-horizon-spill-summary/> (20.08.2020.).
- [37] <https://www.maritimecyprus.com/2018/04/21/flashback-in-maritime-history-and-infographic-deepwater-horizon-explosion-and-fire-20-april-2010/> (21.08.2020.).
- [38] Pravilnik o Zaštiti morskog okoliša u zaštićenom ekološko-ribolovnom pojasu Republike Hrvatske, NN 47/08
- [39] Međunarodna konvencija - o sprečavanju onečišćenja s brodova, MARPOL Konvencija, Službeni list SFRJ: Međunarodni ugovori 2/85, 1973.
- [40] L. Dragun, Zaštita morskog okoliša prema konvenciji ujedinjenih naroda o pravu mora, završni rad, Pomorski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, 2017.

Životopis

Osobni podaci

Ime i prezime: Kristijan Liščinski

Datum i mjesto rođenja: 24. prosinca. 1997. Sisak

Adresa: Josipa Kozarca 30, 44322 Lipovljani

Telefon: 0977436401

E-mail: kristijanlnsk65@gmail.com

Obrazovanje

2001. – 2009. – Osnovna škola Josipa Kozarca Lipovljani

2009. – 2013. – Tehnička škola Kutina, tehničar za računarstvo

2014. – 2018. – Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, preddiplomski sveučilišni studij

Metalurgija, smjer Industrijska ekologija

Vještine

Strani jezik: Engleski jezik

Osnovno znanje elektrotehnike

Rad na računalu (MS Office, AutoCAD, programiranje C itd.)

Vozačka dozvola: B kategorija