

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Bosnič, M., 2014. Ranljivost slovenske obale za onesnaženje z nafto. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Žagar, D.): 38 str.

Datum arhiviranja: 01-07-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Bosnič, M., 2014. Ranljivost slovenske obale za onesnaženje z nafto. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Žagar, D.): 38 pp.

Archiving Date: 01-07-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
HIDROTEHNIČNA SMER

Kandidat:

MITJA BOSNIČ

**RANLJIVOST SLOVENSKE OBALE ZA ONESNAŽENJE
Z NAFTO**

Diplomska naloga št.: 3397/HS

**VULNERABILITY OF SLOVENIAN COASTAL AREA
TO OIL POLLUTION**

Graduation thesis No.: 3397/HS

Mentor:

izr. prof. dr. Dušan Žagar

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Član komisije:

prof. dr. Aleš Krainer

Ljubljana, 30. 06. 2014

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Mitja Bosnič izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »Ranljivost slovenske obale za onesnaženje z nafto«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, junij 2014

Mitja Bosnič

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	502.51(26):504.5:665(043.2)
Avtor:	Mitja Bosnič
Mentor:	izr. prof. dr. Dušan Žagar
Naslov:	Ranljivost slovenske obale za onesnaženje z nafto
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	38 str., 4 pregl., 21 sl.
Ključne besede:	onesnaženje, nafta, morje, obala, Tržaški zaliv

POVZETEK

Evropska zakonodaja od vseh članic zahteva pripravo načrta preprečevanja onesnaženja obalnega pasu in ukrepov ob morebitnem onesnaženju, pri čemer določa, naj država ob pripravi tovrstnega načrta deluje smotno in ne pavšalno. Tudi Republika Slovenija bo tak načrt potrebovala in ta diplomska naloga, ki podaja pregled nad tipi in ranljivostjo celotne slovenske obale, je lahko podlaga za nadaljnje študije z vidika preprečevanja onesnaženja obalnega območja z nafto.

V okviru diplomske naloge smo najprej preučili dve kategorizaciji tipov obale. Fingasova (2000) zajema glavne tipe obal, ki se pojavljajo po svetu, razdelitev obal Catta in Etheridgea (2006) pa se osredotoča na obale Severne Amerike. Na podlagi ocen teh avtorjev smo izdelali svojo kategorizacijo, v kateri smo ocenili ranljivost vseh tipov obale, ki se pojavljajo v Sloveniji z oceno ranljivosti od 1 do 5. Ocene smo naknadno popravili z ozirom na specifične lastnosti vsakega odseka obale – pri tem smo upoštevali dostopnost za procese čiščenja, posebno namembnost odsekov obale in druge lastnosti.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	502.51(26):504.5:665(043.2)
Author:	Mitja Bosnič
Supervisor:	Assoc. Prof. Dušan Žagar, Ph. D.
Title:	Vulnerability of Slovenian coastal area to oil pollution
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Notes:	38 p., 4 tab., 21 fig.
Keywords:	pollution, oil-spill, sea, coastal area, Gulf of Trieste

ABSTRACT

In all EU countries the European legislation demands the preparation of a plan for the prevention of possible coastline contamination and of mitigation measures in such events. The legislation also states that such a plan should be rational and not too general. The Republic of Slovenia will need such a plan and this thesis, offering an overview of the types and vulnerability of the entire Slovene coastline, can be used as the basis for further studies of preventing oil pollution in the coastal area.

We first describe two categorizations of coastline types. The Fingas (2000) categorization covers all major types of world coastlines while Catto and Etheridge (2006) focus on North American coasts. Based on their studies we created a new categorization, which includes vulnerability indexes for every type of coastline present in Slovenia on a scale from 1 to 5. The basic ratings were further improved with regards to some specific properties of each coastline section; the accessibility for cleanup efforts, special uses of the coastline sections and other properties were taken into account.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, izr. prof. dr. Dušanu Žagarju, za spodbudo, pomoč na vsakem koraku in za neverjetno mero potrpežljivosti.

Zahvaljujem se Juretu Baroviču, Aljažu Maslu in Jerneju Peroši za neprecenljivo pomoč na terenu.

Zahvaljujem se tudi mami in Rebeki za neusahljiv vir zaupanja in energije.

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO VSEBINE

IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM	III
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
1 UVOD	- 1 -
2 METODOLOGIJA	- 6 -
2.1 Slovenska obala	- 6 -
2.2 Razlitje nafte	- 7 -
2.3 Odlaganje in sproščanje nafte	- 9 -
3 TIPI OBALE	- 10 -
3.1 Klasifikacija po Fingas	- 10 -
3.2 Klasifikacija po Catto in Etheridge	- 11 -
4 OBSTOJEČE KATEGORIZACIJE SLOVENSKE OBALE	- 13 -
5 UKREPANJE	- 14 -
5.1 Varovanje obale	- 14 -
5.2 Ukrepanje v Sloveniji	- 16 -
6 NOVA KLASIFIKACIJA	- 17 -
6.1 Slovenska obala	- 17 -
6.2 Osnovna ocena	- 18 -
6.2.1 Zelo ranljive obale	- 18 -
6.2.2 Srednje ranljive obale	- 20 -
6.2.3 Nizko ranljive obale	- 21 -
6.2.4 Osnovna ocena odsekov obale v Sloveniji	- 22 -
6.3 Izboljšave ocen ranljivosti	- 26 -
6.3.1 Zelo ranljive obale	- 26 -
6.3.2 Srednje ranljive obale	- 28 -
6.3.3 Nizko ranljive obale	- 29 -
6.4 Končna ocena s popravki	- 30 -
6.5 Predlog ureditve centrov za ukrepanje	- 34 -
7 ZAKLJUČEK	- 35 -
VIRI	- 36 -

KAZALO SLIK

Slika 1 – Plavajoča zavesa oziroma Baraža	-3-
Slika 2 – Skimer	-3-
Slika 3 – Stopnje občutljivosti morja in obale	-13-
Slika 4.1 – Plavajoča zavesa	-14-
Slika 4.2 – Postavitve plavajočih zaves (ravna, U in J)	-14-
Slika 5.1 – Skimer v obliki valja	-15-
Slika 5.2 – Skimer v obliki tekočega traku	-15-
Slika 6 – Debeli rtič 1 - peščena obala (4)	-19-
Slika 7 – Strunjan 1 - poplavna ravnica (5)	-20-
Slika 8 – Strunjan 5 - ozka prodnata ravnica pod vznožjem pečine (3, popravljeno 4)	-21-
Slika 9 – Strunjan 6 - skalnata ravnica pod vznožjem pečine (3, popravljeno 4)	-22-
Slika 10.1 – Osnovne stopnje ranljivosti slovenske obale od meje s Hrvaško do Strunjana	-24-
Slika 10.2 – Osnovne stopnje ranljivosti slovenske obale od Strunjana do Izole	-25-
Slika 10.3 – Osnovne stopnje ranljivosti slovenske obale od Izole do meje z Italijo	-25-
Slika 11 – Piran 4 - Prodnata obala majhnega naklona (3)	-26-
Slika 12 – Rt Madona v Piranu - Umetna obala iz velikega kamna (2, popravljeno 3)	-27-
Slika 13 – Semedela - Umetna obala iz velikega kamna (2)	-28-
Slika 14 – Portorož 3 - Umetna obala (1, popravljeno 2)	-29-
Slika 15.1 – Popravljenе stopnje ranljivosti slovenske obale od meje s Hrvaško do Strunjana	-32-
Slika 15.2 – Popravljenе stopnje ranljivosti slovenske obale od Strunjana do Izole	-33-
Slika 15.3 – Popravljenе stopnje ranljivosti slovenske obale od Izole do meje z Italijo	-33-

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1 – primerjava ocen ranljivosti različnih tipov obale po Fingas (2000) ter po Catto in Etheridge (2006)	-12-
Preglednica 2 – klasifikacije tipov obale v Sloveniji po Fingas, po Catto in Etheridge in naša ocena	-18-
Preglednica 3 – odseki obale v Sloveniji, njihov tip, stopnja ranljivosti in dolžina	-23-
Preglednica 4 – odseki obale v Sloveniji, njihov tip, stopnja ranljivosti, popravljena stopnja ranljivosti in dolžina	-30-

1 UVOD

Razlitja nafte predstavljajo veliko grožnjo za morje in obale, ki skupaj sestavljajo pomembno življenjsko okolje za številne rastline, živali in mikroorganizme, za ljudi pa vir hrane, sprostitve in turistično atrakcijo. Naftni madeži, ki dosežejo morsko obalo, se v večini primerov nanjo odložijo, kar privede do onesnaženja različnih razsežnosti – odvisno od količine razlite oziroma odložene nafte, tipa obale, vremenskih razmer in drugih spremenljivk. Odložena nafta se lahko kasneje spet sprosti v morje, kar privede do ponovnega onesnaženja. Večina ljudi si ob pojmu razlitja nafte predstavlja veliko razlitje iz nasedlega ali kako drugače poškodovanega tankerja, v resnici pa takšna razlitja predstavljajo le okoli 5 % vse razlite nafte (Fingas, 2011). Velika razlitja nafte iz tankerjev se predvsem zaradi poostrenih varnostnih ukrepov in izboljšanja tehnologije dogajajo vse redkeje, prav tako se je skupna količina razlite nafte glede na 60. in 70. leta prejšnjega stoletja približno prepolovila.

Dandanes je večina razlitij majhnih in so posledica netesnosti transportnih sistemov, manjših izpustov, nesreč in naravnega uhajanja nafte. Vseeno pa velike nesreče, kot je eksplozija naftne ploščadi Deepwater Horizon leta 2010, ko je v ocean steklo skoraj 5 milijonov sodčkov nafte (U.S. Coast Guard, 2011), javnost občasno opozorijo na nevarnosti industrije, ki temelji na nafti in njenih derivatih. Taki dogodki navadno vodijo k ostrejšim varnostnim in tehnološkim pogojem vrtnja in transporta, kljub temu pa se velika naftna podjetja srečujejo z nepredvidljivimi in težko rešljivimi težavami ob vsaki nesreči, ki se razlikuje od preteklih. Prav zato je potrebno poleg vse boljše tehnologije preprečevanja tovrstnih nesreč razvijati tudi tehnologijo za zmanjšanje njihovega vpliva – omejevanje širjenja naftnih madežev, preprečevanje njihovega usedanja, očiščenje onesnažene obale in čim hitrejša rehabilitacija osiromašenega živega sveta. Prav preprečevanje stika naftnega madeža z obalo je najbolj zanesljiv način za zmanjšanje vpliva na okolje in za čim manjše stroške. V ta namen potrebujemo čim boljše podatke o smeri in hitrosti vetra ter morskih tokov, premikanje madeža pa modeliramo z različnimi modeli.

Kot navajajo številni avtorji (npr. Žagar, 1994 in Fingas, 2011), se s hitro rastjo zmogljivosti računalnikov v zadnjih desetletjih razvijajo modeli, s katerimi lahko že zelo natančno simuliramo kompleksne situacije premikanja naftnih madežev v naravi. S hidrodinamičnimi modeli, v katere vnesemo podatke o vetru, plimovanju in drugih možnih vsiljevanjih ter topografiji in batimetriji morskega dna, pridobimo rezultate o vodnih tokovih in gostoti vode, nato pa z različnimi transportno-disperzijskimi modeli simuliramo premikanje in širjenje naftnega madeža. Preprosti modeli so dvodimenzijski, pri čemer so parametri povprečeni po globini, hitrost potovanja madeža pa običajno povečamo s koeficientom vpliva vetra (Spaulding, 1988). Tridimenzijski modeli omogočajo bolj natančno simulacijo premikanja naftnega madeža, a zahtevajo več podatkov in so zato bolj uporabni za natančno analizo, ne pa toliko za hitro oceno. Procese razgradnje računamo z modeli, ki lahko simulirajo ustrezne biološke, kemijske in fizikalne procese. Težava pri tovrstnih modelih je pomanjkanje zanesljivih meritev, saj testi v laboratorijih niso ustrezni za preverjanje modelov in modeliranje dogajanja v naravi. Zato se znanstveniki poslužujejo meritev na poizkusnih razlitjih v kontroliranem okolju ter meritev, opravljenih med odzivi na naravne nesreče. Kot navajajo Coppini et al. (2011), meritve širjenja naftnega madeža po razlitju pogosto opravljamo s pomočjo radarjev, montiranih na satelitih. Zaradi nekaterih omejitev tega sistema hkrati uporabljamo še kamere, ki delujejo v infrardečem in vidnem spektru in druge naprave. Z vsem naštetim lahko dobimo zelo kvalitetno sliko premikanja madeža. Nadgradnja, ki jo je omogočil razvoj računalnikov v zadnjih letih, pa je souporaba hidrodinamičnih in biokemičnih modelov, s čimer lahko celovito simuliramo razlitja

nafte – kako velik del nafte bo izhlapel, kje bo madež trčil ob obalo, katere frakcije bodo prešle v vodni stolpec itd. (Kvočka, 2013) Če naftni madež trči ob obalo, postane modeliranje nadaljnega dogajanja zelo kompleksno in v ta namen potrebujemo dodatne modele. Poleg tega moramo od točke trčenja naprej poznati in razumeti tudi možnosti medsebojnega vpliva različnih elementov premikanja nafte – npr. lepljenje nafte na obalo, odlepljanje in pronicanje v material. Potrebno je omeniti tudi, da dandanašnji modeli premikanja nafte ne podajajo več kot sigurnega dogodka, temveč za različne smeri premikanja madeža določajo verjetnost takega premika. Posebno takrat, ko bi drugačno premikanje kot je predvideno lahko ogrozilo območja visokega pomena – na primer kolonije morskih ptic ali sesalcev – je pomembno, da so pristojni organi pripravljeni na ukrepanje, da tovrstna območja zaščitijo. Kot navaja Fingas (2011), je napačno modeliranje in popolno zaupanje modelu med razlitjem leta 1984 blizu Kalifornije povzročilo, da so s plavajočimi zavesami in drugimi sredstvi zaščitili popolnoma napačno območje, naftni madež pa je zadel obalo kakšnih 50 km severneje in na nezaščiteni obali povzročil naravno katastrofo.

Primer numeričnega modela za tovrstne simulacije je model Nafta3d (Žagar in Četina, 2011; Žagar et al. 2012; Ramšak, 2013). Model je bil postopno razvit iz modela SIMON (Žagar, 1994), dopolnjen in prirejen za okolje Windows v programskem jeziku C++ (model Nafta2) v okviru diplomske naloge (Galuf, 2005). Model omogoča celovito simulacijo obnašanja naftnega madeža, kar bi v primeru prave nesreče odgovornim zelo verjetno omogočilo, da ugotovijo kje, kdaj in ali sploh bo madež trčil ob obalo. Za dele obale, kjer bi obstajala velika nevarnost stika z nafto – oziroma na najbolj občutljivih delih, če bi bilo ogroženo preveliko območje – bi bilo mogoče z ustreznimi ukrepi (baraže, pobiranje nafte z gladine) ustaviti napredovanje nafte, preden bi ta dejansko dosegla obalo in povzročila še dosti večjo škodo tako okolju kot tudi ljudem.

Za preprečevanje stika naftnega madeža z obalo uporabljamo številne metode in opremo. Najbolj preproste in najpogostejše uporabljene so plavajoče zavesе – linearni elementi, ki plavajo na vodi in nafti fizično preprečujejo napredovanje (Fingas, 2000). Primer plavajoče zavesе je prikazan na Sliki 1. Poznamo različne vrste in postavitve plavajočih zaves, ki jih uporabljamo v različnih situacijah. Če ukrepamo dovolj hitro, lahko naftni madež v celoti obkrožimo, preden se preveč razširi od točke razlitja in tako znatno zmanjšamo vpliv na okolje, čiščenje pa je razmeroma enostavno. Če se naftni madež preveč razširi, pa ga ne moremo v celoti zaobjeti, temveč skušamo z zavesami zaščititi najbolj ogrožena območja. Za hitro ukrepanje lahko uporabimo samonapihljive zavesе, ki bistveno zmanjšajo odzivni čas. V uporabi so tudi zavesе, ki lahko vsrkajo oziroma vežejo nase manjše količine nafte, te pa uporabljamo kot zadnjo fazo čiščenja, da z vode odstranimo še preostanek plavajoče nafte. Pri uporabi plavajočih zaves pa moramo biti previdni, saj v določenih pogojih ne bodo ustrezno opravljale svoje funkcije. Pri preveliki hitrosti vodnega toka, ali kadar se na eni strani zavesе nabere prevelika količina nafte, lahko pride do težav zaradi različnih vzrokov, kot so potopitev ali prevrnitev zavesе, ali pa prehajanja nafte pod oziroma nad zaveso (Fingas, 2011). Pri manjših razlitjih in kot zadnjo fazo čiščenja lahko uporabimo tudi različne pivnike, ki na tak ali drugačen način na svojo površino vežejo nafto. Pri tem moramo biti pazljivi, da jih ne vnesemo preveč, saj lahko v tem primeru še dodatno poslabšamo situacijo, saj se moramo zdaj poleg nafte znebiti še njih.



Slika 1 - Plavajoča zavesa oziroma baraža

(Vir: Farley, 2008)

Ko nafto omejimo oziroma ji preprečimo razlivanje na ogrožena območja, jo moramo čim hitreje odstraniti, saj lahko v nasprotnem primeru prične prehajati v vodni stolpec. V ta namen uporabljamo skimerje (Slika 2), ki delujejo na številne različne načine, vsak je prirejen za določen tip nafte, količino, vremenske pogoje in druge specifične lastnosti razlitja. S skimerji nafto odstranimo s površine vode, nato jo navadno uničimo z zažiganjem, saj se ponovna uporaba finančno v večini primerov ne izplača. Pri velikih razlitjih se uporabljajo tudi disperzanti, ki povzročijo, da nafta dispergira v drobne kapljice, te pa se lahko pomešajo v zgornji del vodnega stolpca. Kemijske lastnosti disperzantov in njihov vpliv na okolje niso dobro poznani, zato je njihova uporaba vprašljiva. Nafta je namreč v obliki majhnih kapljic slabše vidna, kot v obliki madeža na površini vode, ali dejansko pride do razgradnje, pa ni povsem jasno. Po porušitvi ploščadi *Deepwater Horizon* je zaradi uporabe disperzantov globoko v vodnem stolpcu ostala velika količina nafte (Reddy et al., 2011).



Slika 2 – Skimer

(Vir: Cleanup oil, 2003)

Rešitev, ki se ne uporablja pogosto, predvsem zaradi nasprotovanja javnosti, je zažiganje naftnega madeža na vodni površini. Tovrsten poseg je mogoč samo takrat, ko je naftni madež dovolj debel (2-3 mm, Fingas, 2000), kar drži le kratek čas po razlitju. Kasneje se naftni madež pod vplivom gravitacije razširi na preveliko območje. Ustrezno debelino za zažiganje lahko dosežemo tudi s plavajočimi zavesami, ki pa morajo biti v tem primeru ognje-odporne, na primer jeklene. Kot navaja Fingas (2011), je zažiganje primerno predvsem zato, ker lahko na ta način hitro, preprosto, poceni in relativno ekološko sprejemljivo odstranimo velike količine nafte. Če namreč naftni madež gori, dokler je njegova debelina vsaj 2 mm in pričnemo z zažigom 1 cm debele plasti nafte, je bo zgorelo približno 80%. Pri sežigu se v zrak sicer res sprostijo veliko škodljivih snovi, a moramo se zavedati, da je razlita nafta v vsakem primeru izgubljena in bo v takšni ali drugačni obliki onesnaževala okolje, saj ponovna uporaba zaradi mešanja z vodo pogosto ni možna, nikoli pa ni ekonomična. Tudi s skimerji odstranjena nafta bo tako najverjetneje končala v skladišču ali zažigalnici. Z zažigom pa lahko bistveno olajšamo preostale procese čiščenja, saj lahko iz okolja odstranimo velik delež nafte in ji preprečimo nadaljnje onesnaževanje morja oziroma obale, če pride v stik z njo. Zažiganje v vodi ne pusti skoraj nobenih ostankov izgorevanja, v vodi pod gorečim madežem pa tudi ne pride do opazne spremembe temperature, saj jo tanka, negoreča plast nafte toplotno izolira. Zažiganje pa ni vedno praktično ali sploh izvedljivo. V nekaterih primerih naftnemu madežu dodajo letalsko gorivo, ki pomaga pri vžigu, a rezultati tovrstnih ukrepov niso gotovi (Fingas, 2011).

Če naftni madež doseže in onesnaži obalo, pa ga moramo na tak ali drugačen način očistiti, razen v primeru, ko ocenimo, da bi bilo čiščenje bolj moteče oziroma škodljivo za okolje kot če situacijo preprosto pustimo. Vsak sistem čiščenja namreč moti prisotne živali, odstranjevanje nafte pa pogosto zahteva tudi odstranitev velike količina obalnega materiala, ali pa uporabo agresivnih metod, ki lahko le še dodatno ogrozijo ekosisteme in naravne habitate (Fingas, 2011). Čiščenje se najpogosteje izvaja mehansko, za kar uporabljamo gradbeno mehanizacijo – bagre, buldožerje, freze in tovornjake – s katero odstranimo celotno zgornjo plast onesnaženega območja. Tako odstranimo vso nafto na površini in tisto, ki ni pronicala pregloboko, zato se uporablja predvsem za čiščenje bolj viskozne nafte. Namesto čiščenja s pomočjo mehanizacije, se predvsem na bolj ranljivih obalah uporablja tudi ročno čiščenje, ki je seveda bolj zahtevno in zamudno, vendar pa je manj moteče za okolje, hkrati pa zaradi večje natančnosti dela odstranimo manj neonesnaženega materiala. Predvsem v primerih onesnaženja z nizko viskozniimi tipi nafte, ki lahko prodrejo globoko v porozen material, moramo odstraniti velike količine materiala, zato nafto pogosto raje pustimo kjer je in počakamo, da jo procesi izhlapevanja, naravnega izplakovanja in biološke razgradnje odstranijo. Za čiščenje zelo lepljive nafte z neprepustnih površin pa lahko uporabljamo tudi kemikalije, na katere se nafta bolj veže kot na površino. Alternativa je spiranje z vročo vodo pod srednjim ali visokim pritiskom, kar pa z materiala spere tudi skoraj vse prisotne organizme in obalo pusti praktično mrtvo. Kot navaja Fingas (2011), si takšna obala opomore šele po zelo dolgem času in te metode se skoraj ne uporabljajo več. Pomembno je torej, da razlitja preprečimo oziroma omejimo, če pa do njih pride, nafto čim prej in čim bolj učinkovito odstranimo iz okolja, pri tem pa pazimo, da s posegi ne povzročimo še dodatne škode že tako prizadetemu okolju.

Evropska zakonodaja se je v preteklih nekaj letih razvila v smer celovitega varovanja priobalnega pasu na morju in na kopnem. Tako Okvirna direktiva o morski strategiji (2008) določa: »Vsaka država članica bi morala zato za svoje morske vode oblikovati morsko strategijo, ki bi ob upoštevanju posebnih značilnosti njenih voda odražala celotno perspektivo zadevne morske regije ali podregije. Morske strategije bi morale voditi k izvajanju programov ukrepov za dosego ali ohranitev dobrega okoljskega stanja. Vendar pa od držav članic ne bi smeli zahtevati, da sprejmejo posebne korake, če ni bistvenega tveganja za morsko okolje ali če bi bili ob upoštevanju tveganja za morsko okolje stroški

nesorazmerni, pod pogojem, da je vsaka odločitev o neukrepanju ustrezno utemeljena« (Okvirna direktiva o morski strategiji, točka 10). Očitno je torej, da naj varovanja priobalnega pasu ne izvajamo pavšalno, temveč je potrebno čim boljše preučiti, kateri deli obale so najbolj ranljivi in kaj lahko storimo ob zmerni in smotrni uporabi sredstev.

Slovenska obala predstavlja dragocen naravni vir, ki ga moramo ohraniti zase in za prihodnje rodove. Ogrožajo jo številne nevarnosti različnih obsegov in verjetnosti pojava, vsako od njih pa moramo razumeti in imeti pripravljen načrt, kako jo bomo presegli. Le tako lahko preprečimo kratko- in dolgoročne negativne vplive na okolje, živalski in rastlinski svet ter na ljudi, ki tam živijo. Ena od groženj slovenski obali, tako kot tudi vsem ostalim obalam po svetu, je onesnaženje z nafto in njenimi derivati.

Diplomska naloga bo predstavljala vpogled v teoretično ozadje naftnega onesnaženja, v procese širjenja, oblepljanja in sproščanja nafte na in z obale, ter v splošne in specifične ukrepe za preprečitev oziroma zmanjšanje onesnaženja. Podala bo jasno in preprosto sliko slovenske obale, na podlagi katere bo mogoče razbrati, kateri odseki so najbolj ranljivi in jih je zato potrebno najprej in najbolj temeljito zaščititi.

V diplomski nalogi bomo primerjali dve kategorizaciji obal glede na njihovo ranljivost na onesnaženje z nafto. Nato bomo sestavili seznam tipov obal, ki se pojavljajo v Sloveniji in uvedli kategorizacijo obal, v katero bodo vključeni vsi tipi obale v Sloveniji. Za vsak tip bomo opisali nevarnosti onesnaženja, možnosti čiščenja in druge posebnosti, ki se pri njem pojavljajo. Nato bomo za vsak tip predlagali tudi sistem varovanja in/ali čiščenja v primeru razlitja nafte, s katerim bomo skušali doseči optimalno razmerje med vloženimi sredstvi in doseženim učinkom z vidika zaščite bistvenih interesov ljudi in narave. Tovrstna razdelitev lahko Agenciji Republike Slovenije za okolje, Službi za varstvo obalnega morja pri VGP Drava Ptuj, Službi za splošno varovanje in varovanje morja pri Luki Koper in drugim organizacijam, zadolženim za ukrepanje v primeru nevarnosti za okolje, omogoči hitrejše odločanje ter bolj smotrno ravnanje v primeru nezaželenega dogodka.

2 METODOLOGIJA

2.1 Slovenska obala

Slovenija ima zelo kratko morsko obalo, ki pa je pomembna iz kulturnih, ekonomskih, ekoloških in drugih razlogov. V Luki Koper se letno pretovori dobre tri milijone ton tekočega tovora (Luka Koper, 2012), torej povsem dovolj, da bi razlitje na naši obali povzročilo hude posledice. Poleg tega mimo naše obale vodi tudi plovna pot v pristanišče Trst, kjer se pretovori še bistveno več naftnih derivatov, in »je lahko vsako večje razlitje nafte kjerkoli v Tržaškem zalivu ob neugodnem vetru katastrofalno za slovensko morje in obalo« (Žagar, 1994). Prav zato, ker je naša obala tako kratka, pa bi bilo vsako onesnaženje še bolj tragično kot drugje – 5 km onesnažene obale se velikim, z morjem obdanim državam skoraj ne bi poznalo, za Slovenijo pa bi pomenilo, da je onesnažene približno 10% naše obale. Za obalne regije predstavljata turizem in ribolov ter gojenje školjk velik vir dohodka, razlitje nafte pa lahko bistveno ogrozi vse tri. Onesnažena obala je neprivlačna, lahko pa tudi nevarna za ljudi. Ribe in drugi morski organizmi, ki plavajo v z nafto onesnaženi vodi, se lahko zastrupijo in umrejo, ali pa se zmanjša njihova plodnost ter spremenijo življenjske navade. Tudi če prisotnost nafte nima direktnega vpliva nanje, se lahko v njihovih telesih kopičijo nevarne snovi. Te dajo mesu neprivlačen vonj, barvo in okus, s potovanjem po prehranski verigi pa se njihova količina s procesom bioakumulacije viša, dokler ne dosežejo nevarnih oziroma celo smrtnih vrednosti (Bryan et al., 1979).

Slovenska obala pa seveda ne predstavlja homogene celote, temveč zelo razgibano območje, ki ga sestavljajo manjše plaže, zalivi, rti, rtiči in pristanišča. Da se pripravimo na potencialno razlitje oziroma ukrepanje v primeru le-tega, moramo razumeti, kateri deli obale so najbolj ogroženi ter kako jih zaščititi. Na ogroženost obale vpliva lokacija razlitja nafte, premikanje naftnega madeža (ta je odvisna predvsem od hitrosti in smeri vetra ter od hitrosti in smeri morskih tokov), tip in nagnjenost obale, vremenski pogoji med odlaganjem nafte, seveda pa tudi pomembnost obale iz različnih vidikov. Tako so na primer peščene obale iz biološkega vidika precej neobčutljive, a jih je potrebno pogosto zaščititi dosti bolj kot druge, saj so zelo popularne kot kopalne plaže.

2.2 Razlitje nafte

Kot navaja Fingas (2011), lahko nafta na poti od točke črpanja do končnega uporabnika potuje tudi po 10 ali 15 različnih transportnih poteh. Kljub izboljšanju tehnologij transporta nafte in njenih derivatov se zaradi vse večje porabe vsako leto še zmeraj razlijejo velike količine teh za naravno okolje škodljivih snovi. Nafta, ki na tak ali drugačen način vstopi v okolje, je za to okolje nevarna, saj je sestavljena iz več sto različnih sestavin oziroma frakcij (Fingas, 2011). Nekatere izmed teh sestavin so strupene za mikro- in makroorganizme, kljub temu pa se moramo zavedati, da veliko nafte vstopi v okolje tudi po naravni poti in da v bližini lokalnega uhajanja nafte naravno okolje ni pretirano prizadeto (Fingas, 2011). Tako lahko ugotovimo, da so posledice razlitja nafte lahko zelo različne glede na količino razlite nafte, njene lastnosti, lastnosti okolja in druge pogosto nepredvidljive dejavnike. Dejstvo pa je, da je naravno okolje prilagojeno na prisotnost določene količine nafte in njenih derivatov, z vnosom prekomerne dodatne količine le-teh pa tvegamo, da bomo presegli odpornost okolja in povzročili veliko in dolgotrajno škodo v naravi.

Za razumevanje obnašanja razlite nafte moramo poznati njene lastnosti, na podlagi katerih lahko ocenimo hitrost njenega širjenja po vodni površini, disperzijo v vodnem stolpcu, izhlapevanje, naravno razgradnjo in samočistilne procese. Nafto sestavlja veliko število sestavin – do zdaj je bilo zabeleženih približno 600 ogljikovodikov, poleg njih pa je v nafti prisotno še neznano število različnih drugih spojin (Šaponja, 2013). Lastnosti nafte zato ne temeljijo na razumevanju lastnosti njenih posameznih sestavin, temveč na obravnavanju nafte kot sicer nehomogene celote s približno enotnimi lastnostmi. Najpomembnejše lastnosti za modeliranje njenega obnašanja in spreminjanja v okolju so viskoznost, gostota, topljivost, točka vžiga, točka točenja, površinska napetost, nastanek emulzije, toksičnost in kako se te lastnosti spreminjajo s časom (Fingas, 2000). Ko določimo te lastnosti, lahko modeliramo, kako se bo nafta obnašala po določenem času. Ker gre za zelo kompleksne modele, se osredotočamo predvsem na dva notranja procesa, na izhlapevanje in nastanek emulzije, ter na premikanje naftnega madeža v okolju.

Kot navaja Kvočka (2013), emulzija, mešanica vode in nafte, nastane takrat, ko se okoli vodnih kapljic v nafti formirajo močni viskozno-elastični asfaltenski filmi, kar bistveno spremeni fizične lastnosti nafte. Tako nastala emulzija ima lahko bistveno večjo viskoznost kot njene sestavine in posledično predstavlja posebno težavo, ko jo je potrebno odstraniti iz narave (Fingas, 2000). Problem pa se bistveno spremeni, če nafta zanese na obalo – tam se ne soočamo več s procesom nastanka emulzije, temveč predvsem z lepljenjem in odlepljanjem od obale ter s procesi staranja in razgradnje nafte. Slednji so pomembni predvsem za težke, goste vrste nafte. Tudi te namreč vsebujejo lahke molekule, ki pod vplivom sonca izhlapijo, na površini madeža pa nastane skorja, ki se lahko popolnoma strdi in tako celoten naftni madež zaščiti pred nadaljnjim spreminjanjem. Tako zaščiten madež lahko ostane v bolj ali manj nespremenjenem stanju tudi več deset let (Fingas, 2000). Po drugi strani pa pri lahkih vrstah nafte, kot je na primer avtomobilsko gorivo, procesov staranja sploh ne modeliramo, saj praktično v celoti izhlapi že v nekaj tednih (Fingas, 2000). Na žalost pa to ne pomeni, da so razlitja lahkih vrst nafte nenevarna, saj so pogosto prav lahke frakcije najbolj toksične.

USEPA nafto glede na njen vpliv na okolje deli na štiri kategorije (U.S. Environmental Protection Agency, 2013).

Razred A: lahka, vnetljiva nafta

Je zelo tekoča, pogosto prozorna, hitro se širi po vodni površini in trdnih snoveh, saj ima nizko viskoznost in površinsko napetost. Ima močan vonj, nizko temperaturo vžiga in hitro hlapi. Pronica v porozen material, kot je pesek ali prod. Običajno se ne lepi na površine, splakovanje z vodo jo hitro odplakne. Pogosto je zelo strupena ljudem in drugim organizmom, saj vsebuje veliko majhnih molekul aromатов. V ta razred spada večina predelanih naftnih derivatov in številni tipi visoko kvalitetne surove nafte.

Razred B: nelepljiva nafta

Je voščena ali oljnata na otip. Je manj strupena, toksične so predvsem lahke frakcije v njej. Prilepi se na površine, a se jo še da odstraniti z intenzivnim splakovanjem z vodo. Pri višjih temperaturah pronica v porozen material in njena odstranitev postane zelo težka. Zaradi izhlapevanja lahko nafta iz tega razreda do takšne mere spremeni svoje lastnosti, da jo uvrščamo v razred C ali D. Srednje težke in težke nafte na parafinski osnovi spadajo v ta razred.

Razred C: težka, lepljiva nafta

Je viskozna, lepljiva, po barvi večinoma rjava ali črna. Splakovanje je ne odstrani s površin, ne pronica v porozen material. Po gostoti je lahko blizu vodi in pogosto potone. Izhlapevanje ali razgradnja hlapljivih frakcij jo lahko strdi v trdno, odporno zmes, ki spada v razred D. Je malo strupena, a živali se lahko v njej zadušijo ali utonejo. V ta razred spadajo težka kurilna olja in srednja ali težka surova nafta.

Razred D: trdna nafta

Je nestrupena in ne pronica v pore med delci, po barvi je temno rjava ali črna. Ob višjih temperaturah zaradi zmanjšane viskoznosti oblepi površine, ki jih je posledično zelo težko očistiti. V ta razred uvrščamo rezidualno nafto, težko surovo nafto, nekatere tipe nafte na parafinski osnovi in nekatere postarane nafte.

2.3 Odlaganje in sproščanje nafte

Kot navajajo Humphrey et al. (1993), se lahko na obalo odloži toliko nafte, da njena količina doseže maksimalno kapaciteto obale. Ta je odvisna od številnih dejavnikov, daleč najpomembnejši pa je poroznost obale oziroma odstotek volumna, ki ga ne zaseda material. Tega težko določamo, za zaokrožene delce približno enakih velikosti znaša med 0,12 in 0,46. Humphrey et al. (1993, po Hardisty, 1990), ocenjujejo, da je poroznost nasutih obal med 0,36 in 0,40. Da pa se ves ta prostor napolni z nafto, morajo biti izpolnjeni določeni pogoji: viskoznost nafte mora biti relativno nizka, da lahko pronica skozi pore med delci; le-te morajo biti dovolj velike, da nafto prepustijo; nafta mora biti dovolj; in nafta mora biti dovolj dolgo v stiku z obalo. Slednje povzročijo valovi oziroma veter, ki naftni madež zadržujejo na obali v času odlaganja. Dejansko pa nafta ne zapolni celotne maksimalne kapacitete, sploh kadar gre za nafto višje viskoznosti, saj ji »kapilarne interakcije v porah, ki povezujejo večje prazne prostore, preprečijo napredovanje« (Humphrey et al., 1993). Kljub temu pa se lahko na prodnatih obalah nafta zaleze tudi več 10 cm globoko (Catto in Etheridge, 2006).

Poleg maksimalne kapacitete moramo poznati še rezidualno kapaciteto, ki nam pove, koliko nafte lahko obala dolgoročno zadrži. Valovanje bo namreč s časom odplaknilo z obale vso nafto, ki je zgolj zapolnila pore med delci in ki je na delcih ne zadržuje površinska napetost. Debelina plasti, ki lahko ovije posamezen delec in ki je pri tem stabilna, je odvisna od tipa nafte – torej od njene površinske napetosti – in od moči valovanja na točki onesnaženja. Razlika med zapolnjeno in rezidualno kapaciteto se bo s časom sprostila nazaj v morje. To je po eni strani koristno, saj lahko tako sproščeno nafto ob obali ujamemo s plavajočimi zavesami in jo odstranimo. Če te nafte ne ujamemo, pa lahko spet onesnaži vodni stolpec, ali pa jo morski tokovi in/ali veter zanesejo na druge dele obale, ki so morda še bolj ogroženi ali pa prej sploh niso bili onesnaženi.

Ugotovimo lahko torej, da imajo skalnate in podobne obale iz velikih delcev največjo maksimalno kapaciteto, ki jo lahko zapolnijo tudi gostejše vrste nafte. Take obale se bodo v pretežni meri s časom same očistile, moramo pa paziti, da tako sproščeno nafto zajamemo in odstranimo, preden ponovno onesnaži okolje. Peščene ali mivkaste obale imajo sicer manjšo maksimalno kapaciteto in se bolje upirajo polni zapolnitvi por, imajo pa tudi večjo rezidualno kapaciteto (Fingas, 2000). Pri takih obalah bodo samočistilni procesi izredno dolgotrajni, saj lahko nafto odstranijo le mikroorganizmi z biodegradacijo. Na podoben način lahko skušamo razumeti tudi procese na obalah, ki niso sestavljene iz nasutih delcev. Kamnite in umetne obale lahko obravnavamo, kot da so sestavljene iz enega velikega delca. Tako sta maksimalna in rezidualna kapaciteta enaki in ju izračunamo preprosto tako, da površino obale množimo z debelino nafte, ki jo površinska kapaciteta še zadrži na materialu. Če obala ni povsem enotna, temveč je razpokana, se njena maksimalna kapaciteta poveča za volumen razpok, rezidualna kapaciteta pa še za zmnožek površine razpok in debeline prilepljene naftne plasti. Obale, ki so povsem prepojene z vodo – na primer poplavne ravnice – nimajo kapacitete za zadrževanje nafte (Fingas, 2000).

3 TIPI OBALE

V Preglednici 1 smo združili ocene ranljivosti tipov obale v primeru onesnaženja z nafto. Pri tem smo za večino tipov uporabili ime oziroma kategorijo, kot jo določa Fingas (2000), kategorije po Catto in Etheridge (2006) pa smo prilagodili glede na to ureditev.

3.1 Klasifikacija po Fingas

Fingas (2011) za vsak tip obale definira njeno ranljivost ob onesnaženju z nafto, pri čemer poleg njene strukture kot pomemben faktor navaja tudi njen pomen za ljudi, živali in rastline.

Skalnate obale so iz velikih blokov skale, ki je za nafto nepredušna, nafta lahko zleze le v razpoke. Na takšnih tipih obale ne uspeva veliko rastlin ali živali. Niso ranljive, valovi bodo večino nafte odstranili v nekaj ciklih plime in oseke tam, kjer je nafta izpostavljena valovanju. Isto velja za **umetne obale** iz betona, kamenja, jekla ali lesa.

Kamnite obale so prekrite z velikim kamenjem premera 25 cm ali več, med katerim so velike špranje, v katerih živi veliko rastlin in živali. Pod kamenjem se nahaja podlaga iz peska ali drugih sedimentov. Nafta lahko pronica globoko po velikih špranjah med kamenjem in onesnaži sedimente ter tam ostane še leta. Take obale so srednje ranljive ob onesnaženju z nafto in se le počasi obnovijo.

Prodne obale (premer 0,2 do 25 cm) niso ranljive, saj med prodom, ki se ves čas premika, ni prav veliko živih bitij. Nafta se hitro razleze po špranjah med prodom, valovi pa jo tudi hitro odnesejo nazaj na morje. Najdlje se ohrani, če jo valovanje zanese nad območje običajnih ciklov plime in oseke.

Prodno-peščene obale se obnašajo podobno kot prejšnje, a nafta tu težje prodre v globino. V primeru razlitja niso ranljive. Največjo težavo predstavlja postarana nafta, ki lahko skupaj z materialom obale tvori neke vrste »naravni asfalt.«

Peščene obale ne prepuščajo nafte (razen npr. dizla in bencina), v njih ne živi veliko živali in rastlin. Težava nastopi tam, kjer so takšne plaže turistično zanimive. Nafta se s peskom pogosto sprime v trdno plast, ki jo prekrije nova plast peska (pesek se hitro premika). Temu pojavu zaradi barve nafte pravimo »plastovita čokoladna torta« (*»chocolate layer cake«*) in nafta v takšni obliki lahko na obali ostane še desetletja.

Peščene poplavne ravnice so podobne kot peščene obale, vendar pa so plitve, ravne in se nikoli popolnoma ne posušijo. Ker so prepojene z vodo, nafta ne more vstopiti v material, razen v luknje, ki jih kopljejo živali. So pomembno naravno okolje za ptice in kot take zelo ranljive. Isto velja za **blatne poplavne ravnice (mud tidal flats)**, je pa proces čiščenja pri slednjih še težji kot pri peščenih poplavnih ravninah, saj večinoma ne nudijo dovolj trdne opore za dostop z vozili, ki bi jih uporabili pri čiščenju.

Močvirja so problematična, ker jih je težko očistiti, saj tam živi veliko živali in rastlin. So zelo ranljiva v primeru razlitij nafte.

Tundra ni pretirano ranljiva v primeru onesnaženja z nafto, saj le-ta ne bo prodrla v tla, bo pa oblepila suhe rastline na površju.

Mangrova je drevo z zračnimi koreninami, po katerem se imenuje tip obale, na kateri prevladuje. Nafta lahko oblepi zračne korenine in drevesa zato odmrejo, poleg tega pa imamo na tovrstni obali tudi vse težave, ki se pojavljajo v močvirjih. Mangrove so izredno ranljive v primeru onesnaženja z nafto.

3.2 Klasifikacija po Catto in Etheridge

Catto in Etheridge (2006) se v članku osredotočata na ranljivost prodnatih obal Nove Funlandije v Kanadi. Ubereta obraten pristop kot Fingas in določita stopnje ranljivosti, v katere nato sortirata tipe obale. Pri tem upoštevata tudi razpored plasti različnih frakcij, strmino obale in energijo valov, ki je tam običajno prisotna. Za različne frakcije smo uporabili sledeče prevode: kamenje (*cobble* – premer nad 64 mm), drobni prod (*pebble* – premer med 4 in 64 mm) in zrnat prod (*granule* – premer pod 4 mm).

Zelo nizka stopnja ranljivosti (1)

- trdne skalne pečine
- kamnite naravne stopnice
- široke ravnice kamenja, ki so z naravno stopnico dvignjene nad gladino morja
- ozke prodnate ravnice, ki so z naravno stopnico dvignjene nad gladino morja

Nizka stopnja ranljivosti (2)

- razpokane skalne pečine
- strme prodnate obale z valovi srednje do visoke energije
- prodnate žepne obale z valovi visoke energije
- strme obale, kjer je nad peskom plast proda; ozke prodnate ravnice
- široke ravnice, pri katerih je nad zrnatim prodom plast kamenja
- obale drobnega proda, ki so z naravno stopnico dvignjene nad gladino morja

Nizka do srednja stopnja ranljivosti (2.5)

- strme prodnate obale z valovi nizke energije
- prodnate žepne obale z valovi srednje energije
- široke ravnice, pri katerih je nad kamenjem plast drobnega proda
- strme obale, kjer je nad prodom plast peska

Srednja stopnja ranljivosti (3)

- ravnice, pri katerih je nad peskom plast proda, ki so z naravno stopnico dvignjene nad gladino morja
- žepne obale peska in proda
- ozke ravnice, pri katerih je nad peskom plast proda
- široke ravnice peska in kamenja
- široke ravnice, pri katerih je nad kamenjem plast zrnatega proda
- žepne obale drobnega proda z valovi nizke energije

Srednja do visoka stopnja ranljivosti (3.5)

- ozke ravnice, pri katerih je nad prodom plast peska
- široke ravnice, pri katerih je nad peskom plast proda
- žepne obale, pri katerih je nad prodom plast peska
- obale, pri katerih je nad prodom plast peska in ki so z naravno stopnico dvignjene nad gladino vode

Visoka stopnja ranljivosti (4)

- poplavne ravnice iz zelo velikega kamenja
- blatne poplavne ravnice

- ozke peščene obale, ki so z naravno stopnico dvignjene nad gladino vode
- peščene obale pod vznožjem skalnih pečin
- široke ravnice, pri katerih je nad prodom plast peska
- žepne obale, pri katerih je nad prodom plast peska
- ozke ravnice, pri katerih je nad prodom plast peska

Zelo visoka stopnja ranljivosti (5)

- široke peščene obale, ki so z naravno stopnico dvignjene nad gladino vode
- peščene obale in ravnice
- rečna ustja
- lagune s koralnimi grebeni

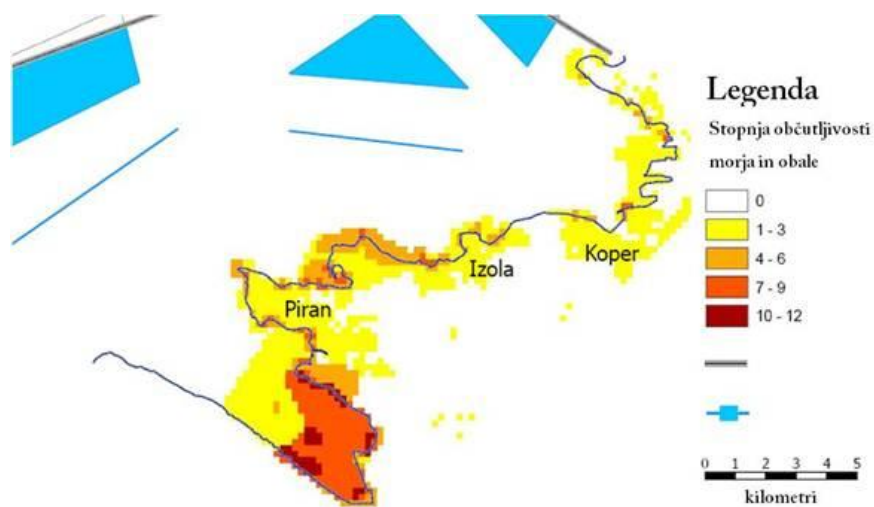
Preglednica 1 – primerjava ocen ranljivosti različnih tipov obale po Fingas (2000) ter po Catto in Etheridge (2006)

Tip obale	Fingas	Catto in Etheridge
Umetna	Ni ranljiva	1
Skalnata	Ni ranljiva	1 do 2, odvisno od razpokanosti
Kamnita	Srednje ranljiva	1
Prodnata	Ni ranljiva	1 do 2,5, odvisno od oblike obale in energije valov
Prodno-peščena	Ni ranljiva	2 do 4, odvisno od oblike obale, energije valov in razporeditve plasti peska in proda
Peščena	Ni ranljiva, pomembno pa je, kako turistično zanimiva je	4 do 5, odvisno od oblike obale
Peščena poplavna ravnica	Zelo ranljiva	5
Blatna poplavna ravnica	Zelo ranljiva	4
Skalna poplavna ravnica	Ne omenja	4
Močvirja	Zelo ranljiva	Ne omenja
Tundra	Ni ranljiva	Ne omenja
Mangrova	Zelo ranljiva	Ne omenja
Koralna laguna	Ne omenja	5

Večina tipov obale je omenjena v obeh klasifikacijah, izjema so tisti tipi obale, ki se pojavljajo predvsem v specifični geografski ali podnebni regiji. Največje razlike pri ocenah ranljivosti se pojavijo pri prodnatih, prodno-peščenih in peščenih obalah. Glavni razlog za tovrstno razhajanje je Fingasovo prepričanje, da se tovrstne obale zlahka očisti tako, da se na njih odstrani zgornjo, onesnaženo plast materiala. Catto in Etheridge pa v tem vidita večjo ranljivost, saj se obale ne da očistiti brez razmeroma velikega posega v naravno okolje. Eden od razlogov za razhajanje pa je tudi v semantiki – Fingas trdi, da peščene obale fizično niso ranljive, njihovo onesnaženje pa pomeni veliko tveganje, če so turistično zanimive. Catto in Etheridge pa peščene obale že takoj obravnavata kot turistično zanimive in jih zato že v osnovi definirata kot ranljive.

4 OBSTOJEČE KATEGORIZACIJE SLOVENSKE OBALE

Na Luki Koper imajo v okviru Službe za splošno varovanje in varovanje morja izdelano karto občutljivosti (ranljivosti) obale in morja v okolici Luke Koper (Barovič, 2013), vendar pa daleč največjo pozornost posvečajo območju same luke, saj je njihova dolžnost le čiščenje tega območja. Za ostala območja imajo izdelano zelo splošno karto (Slika 3). Stopnja občutljivosti (ranljivosti) je definirana na lestvici od 0 do 12, pri čemer 12 predstavlja največjo ranljivost. Obala je razdeljena na pet kategorij ranljivosti, pri čemer so večino obale uvrstili v drugo kategorijo, ki zajema tipe obale ranljivosti 1-3. Kot srednje ranljive (4-6) so definirali območje Naravnega rezervata Strunjan in sosednjega Krajinskega parka Strunjan, kot zelo nizko ranljive (0) pa umetno obalo med Kopro in Izolo. Kot visoko ranljive (7-9) so definirali celotno območje Sečoveljskih solin, nekatere dele le-teh pa kot izredno visoko ranljive: Kanal Sv. Jerneja in estuarij Dragonje.



Slika 3 - Stopnje občutljivosti morja in obale (Barovič, 2013, osebni vir)

Na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo so Steinman et al. (2004) izdelali karto ranljivosti slovenske obale, ki pa predstavlja le natančen popis morskih in obalnih uporabnikov ter območij posebnega pomena z ekološkega, kulturnega ali ekonomskega vidika. Pri tem se niso ozirali na geomorfološke značilnosti obale. Na VGP Drava-Ptuj so pred leti pričeli z izdelavo prave karte ranljivosti celotne slovenske obale, a so kasneje z izdelavo prenehali. Za svoje potrebe uporabljajo prej omenjeno karto Steinmana in sodelavcev, ki pa za njihove potrebe ni dovolj natančna (Maslo, 2013).

Obstaja torej potreba po natančni karti ranljivosti celotne slovenske obale, ki bi zajemala vse pomembne dejavnike, ki na ranljivost vplivajo. Primer takšne karte je karta ranljivosti severne francoske obale, ki nam je služila za zgled (Martin, 2006). Ta poleg rabe in tipov obale vsebuje tudi vremenske in druge naravne pogoje, ki se na različnih delih obale pogosto pojavljajo, pomembne ekološke niše in druge elemente. Obsežno slikovno gradivo nakazuje dostopne točke za mehanizacijo, doseg plime, najbolj ogrožene točke na posamezni obali in druga navodila ter informacije, potrebne za hitro in učinkovito ukrepanje. Poleg tega podaja priporočila za preventivne in kurativne ukrepe v odvisnosti od ogroženega območja, razsežnosti razlitja in pogojev na terenu. Za vsak ukrep predstavi njegove prednosti in slabosti ter primere kdaj in kje bi bili primerni, kdaj in kje pa ne. Služi torej kot celovit pripomoček za vse udeležence v primeru onesnaženja oziroma nevarnosti onesnaženja obale na tistem območju.

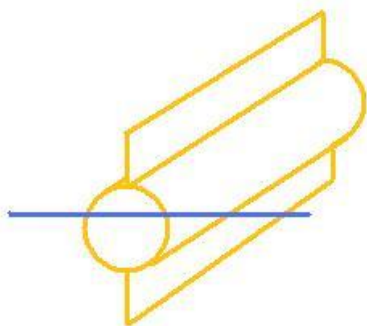
5 UKREPANJE

5.1 Varovanje obale

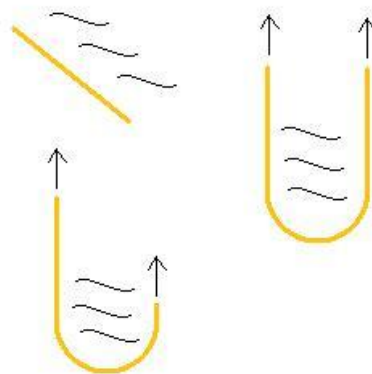
V primeru naftnega razlitja je prvi pomemben ukrep obveščanje pristojnih organov. V idealni situaciji bi razlitje prijavil prvi, ki ga opazi (PZ, ULRS), a temu žal pogosto ni tako. Kapitani ladij se skušajo izogniti plačevanju kazni in ne prijavijo majhnih razlitij, ki so posledica napake ali malomarnosti. Majhna razlitja pa so včasih tudi namerna, saj onesnaženo vodo raje izpustijo med plovbo, kot da bi jo oddali v pristanišču in zanjo plačali ustrezno okoljsko dajatev (Barovič, 2013). Poleg tega je seveda povsem možno, da razlitja nihče ne opazi. V takih primerih je nujno, da imamo razvit dober način opazovanja in kontrole. Opazovanje se lahko izvaja vizualno s kopnega, z ladje ali iz letala oziroma helikopterja. Avtomatsko opazovanje se izvaja s kamerami, radarji ali fluorosenzorji (Coppini et al., 2011). Stacionarni načini opazovanja se uporabljajo v pristaniščih in lukah, radarji pa so pogosto montirani na satelitih in tako omogočajo konstantno spremljanje situacije na večjem območju.

V primeru razlitja se v Sloveniji najprej aktivira koncesionar, zadolžen za varovanje območja, na katerem je prišlo do razlitja. V primeru, da koncesionar ne more sam obvladati posledic razlitja, je dolžan o tem obvestiti Izpostavo Koper Uprave RS za zaščito in reševanje. Ta lahko po potrebi zaprosi za pomoč tudi sosednje države, torej Hrvaško in Italijo (David et al., 2010).

Za preprečevanje premikanja naftnega madeža se uporabljajo plavajoče zavesе oziroma baraže. To je dolg, linijski element, sestavljen iz plavajočega dela – nepredušna posoda z zrakom, ali pa material nizke gostote – in del, ki nafti preprečuje napredovanje. Slednji mora segati dovolj globoko pod vodo in visoko nad njo, da nafta ne more obiti zaves. Za stabilizacijo so tovrstne zavesе navadno obtežene na spodnjem koncu, pritrjene pa na stranskih točkah. Shema plavajoče zavesе je prikazana na sliki 4.1. Lahko jih postavimo v ravno črto za zaščito ogroženega dela, uporabljamo pa jih lahko tudi za zajem nafte, v ta namen zaveso postavimo v obliko črke U ali J med dvema ladjama (Fingas, 2011). Na sliki 4.2 so prikazane različne postavitve plavajočih zaves glede na položaj naftnega madeža.

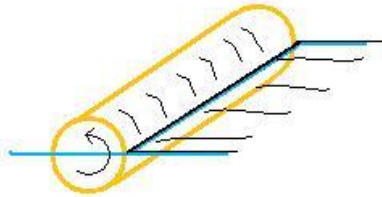


Slika 4.1 - Plavajoča zavesa
(Povzeto po Fingas, 2011.)

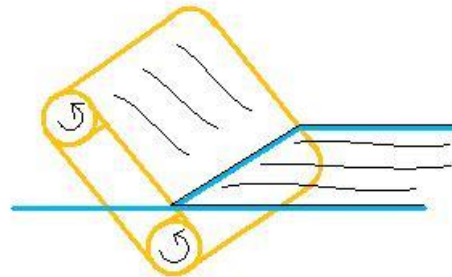


Slika 4.2 - Postavitve plavajočih zaves (ravna, U in J)
(Povzeto po Fingas, 2011.)

Za odstranjevanje nafte z vodne površine večinoma uporabljamo skimerje, naprave, ki nafto zajamejo, ločijo od vode in shranijo. Za zajem nafte se uporabljajo ščetine, bobni, plošče, ali tekoči trakovi, delujejo pa po principu, da ima nafta večjo površinsko napetost kot voda in se zato prime na površine. Na slikah 5.1 in 5.2 sta prikazani shemi dveh tipičnih zasnov skimerjev. Za zajem se lahko uporablja tudi direktno črpanje, če je plast nafte dovolj velike debeline. Nafta se nato shranjuje v tankih na ladji, ali pa se prečrpa direktno v cisterne na obali, če se je razlitje zgodilo dovolj blizu le-tej (Fingas, 2011).



Slika 5.1 - Skimer v obliki valja
(Povzeto po Fingas, 2011.)



Slika 5.2 - Skimer v obliki tekočega traku
(Povzeto po Fingas, 2011.)

5.2 Ukrepanje v Sloveniji

Po Zakonu o vodah (ZV-1, ULRS) in koncesijah spada priobalni pas pod javno dobro in ga je potrebno ščititi. Leta 1975 je bila v okviru vodnogospodarskega sektorja podjetja Hidro Koper d.o.o. ustanovljena Služba za varstvo obalnega morja, ki pa ima tekom let vse manj sredstev. Od leta 2005 službo za varovanje morja opravlja koncesionar (Trobec, 2007). Po koncesijski pogodbi je za čiščenje obale in ukrepanje v primeru manjših (do 1 m³ nafte) in srednjih (1 do 10 m³ nafte) razlitij zadolženo podjetje VGP Drava-Ptuj, na območju Luke Koper pa podjetje Luka Koper, d.d., ki ima v ta namen ustanovljeno hčerinsko podjetje Luka Koper INPO, d.o.o. V primeru večjih razlitij (nad 10 m³ nafte) oziroma razlitij, za katera se lahko upravičeno domneva, da jih koncesionar ne bo mogel sam obvladati, pa se aktivira tudi Civilna zaščita Republike Slovenije (PZ, ULRS). Če obstaja možnost, da se bo onesnaženje razširilo tudi preko državnih mej, oziroma da Republika Slovenija sama ne premore zmogljivosti za preprečitev posledic razlitja, se za pomoč zaprosi tudi sosednje države (Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, 2011).

Za potrebe zavarovanja in čiščenja obale je dobro opremljena Luka Koper, saj se v luki pri normalnem ali izrednem obratovanju pogosto razlijejo manjše količine onesnažil v morje, ki jih morajo v kar najkrajšem času očistiti. V ta namen imajo v pripravljenosti nekaj čolnov, dva skimerja, ladjo za črpanje nafte s površine, okrog 5 km plavajočih zaves, pivnike, delovne ladje in drugo opremo (Barovič, 2013). Koncesionar ima na voljo le dve plovili, ki pa ne zadostujeta niti za čiščenje manjših onesnaženj (Trobec, 2007). V primeru večjih razlitij s svojo opremo ukrepa tudi Civilna zaščita in po potrebi tudi Slovenska vojska (PZ, ULRS). Na voljo je torej dovolj opreme, da bi lahko v primeru razlitja zaščitili nekatere najbolj ogrožene predele, ne pa dovolj, da bi zaščitili celotno obalo. Tudi zato je pomembno vedeti, kateri deli obale so najbolj ranljivi in na kakšen način jih je najbolj smiselno zaščititi.

6 NOVA KLASIFIKACIJA

6.1 Slovenska obala

Slovenska obala leži ob Jadranskem morju, natančneje jo uvrščamo v Severni Jadran in Tržaški zaliv. Geografsko je del polotoka Istra in širše Sredozemlja. Na severu meji z italijansko, na jugu pa na reki Dragonji s hrvaško obalo. Obalo si delijo občine Koper, Izola in Piran, skupna dolžina obale je 46,6 km. Območje ima submediteransko podnebje, geološko pa prevladujejo trde karbonatne kamnine. Določeni deli obale so pomembni iz turističnega vidika, za pridelavo hrane, z vidika rekreacijskega in gospodarskega pomorskega prometa ter drugih dejavnosti. Piranski zaliv je pomemben zaradi solin ob meji s Hrvaško, gojišč školjk in rib ter turistično zanimivih plaž v Portorožu. Turistično zanimivi sta tudi obali okoli Pirana in Izole, slednja vsebuje tudi pomembno območje kulturne dediščine, območje Strunjana pa je zaščiteno kot naravni rezervat. Reka Rižana se v morje izteka na območju Luke Koper, predstavlja pa pomembno in ranljivo okolje. Obale na Debelem rtiču ob meji z Italijo so turistično zanimive, spadajo pa tudi v območje naravne dediščine.

Slovenska obala tudi geomorfološko ni homogena celota, temveč jo sestavljajo številni različni tipi obale, ki predstavljajo v oziru ranljivosti za onesnaženje z nafto različne probleme in stopnje težavnosti čiščenja. Najpogosteje se pojavljajo muljaste in prodnate obale, v okolici Strunjana pa skalne pečine. Veliko je tudi umetno zgrajene obale, najbolj znan in najdaljši primer je umetna kamnita obala med Koprom in Izolo. Za začetno razdelitev smo uporabili podobno metodo kot Catto in Etheridge, saj smo določili pet osnovnih kategorij ranljivosti in na kratko opisali, v katero spadajo posamezni tipi slovenske obale..

Zelo nizka (1)

- umetne betonske obale
- široke ravnice kamenja, ki so z naravno stopnico dvignjene nad gladino morja

Nizka (2)

- umetne obale iz velikega kamenja
- skalnate ravnice

Srednja (3)

- žepne obale mulja in proda
- prodnate obale majhne strmine
- ozke ravnice, pri katerih je nad muljem plast proda
- ozke prodnate ravnice pod vznožjem pečin

Visoka (4)

- ozke ravnice, pri katerih je nad prodom plast peska
- turistično zanimive kopalne plaže, ki sicer ne spadajo v višjo kategorijo
- ribogojnice in gojitvena območja školjk

Izredno visoka (5)

- peščene obale in ravnice
- estuariji in poplavne ravnice
- soline

6.2 Osnovna ocena

Pri prvi oceni upoštevamo le tip obale ob njenem stiku z morjem, ne pa tudi drugih dejavnikov, ki lahko vplivajo na njeno dejansko ranljivost. V Preglednici 2 podajamo našo oceno ob ocenah po Fingas in po Catto in Etheridge.

Preglednica 2 – klasifikacije tipov obale v Sloveniji po Fingas, po Catto in Etheridge in naša ocena

Tip obale	Fingas	C & E	Naša ocena
Umetna obala	1	1	1
Umetna obala iz velikega kamna	2 do 3	-	2
Zatravljen nasip	1	-	2
Skalnata ravnica	1	1	2
Prodnata obala majhnega naklona	2	3	3
Ozka prodnata ravnica	2	3	3
Ozka prodnata ravnica pod vznožjem pečine	2	4	3
Skalnata ravnica pod vznožjem pečine	1	-	3
Prodno-peščena obala	2 do 3	2 do 4	3
Kanal	-	-	3
Peščena obala	2 do 3	4 do 5	4
Poplavna ravnica	5	5	5

6.2.1 Zelo ranljive obale

Ob kakršnem koli razlitju je daleč najboljša rešitev, da nafto ustavimo na samem mestu razlitja, torej ob tankerju oziroma drugem viru onesnaženja, in na ta način zmanjšamo posledice na najmanjšo možno raven. V ta namen lahko uporabljamo plavajoče zaves, s katerimi v celoti obkrožimo vir onesnaženja, nafto pa prečrpamo ali kako drugače očistimo s površja vode. Žal pa to pride v poštev le pri majhnih razlitjih in še to le takrat, ko po razlitju ukrepamo dovolj hitro, da se naftni madež ni mogel preveč razširiti. Že majhna količina nafte se namreč lahko razširi na območje, ki je daleč preveliko, da bi ga lahko v celoti obkrožili (Fingas, 2011). Tovrstni ukrepi so zato najbolj praktični v pristaniščih in drugje, kjer vnaprej vemo, da obstaja precejšnja nevarnost razlitja, uporabljamo pa jih kot preventiven ukrep. Ko se nafta enkrat preveč razširi, pa moramo poskrbeti, da ne doseže najbolj ranljivih delov ogrožene obale.

V primeru, da je ogroženo območje kategorije ranljivosti 4 ali 5, moramo storiti vse, kar je v naši moči, da preprečimo stik naftnega madeža z obalo. Ukrepi za zaščito tovrstnih obal bi prav gotovo zajemali veliko plavajočih zaves, ki bi zaprle celotno območje, v primeru velikih razlitij ali negotovih vremenskih razmer pa še sekundarne ukrepe, kot je druga linija zaves z možnostjo vezanja nafte.

Peščene ali prodnate kopalne plaže (na Sliki 6 je prikazana peščena kopalna plaža na Debelem rtiču), ki jih izven turistične sezone onesnaži lahka ali nelepljiva nafta (na primer dizel), lahko prepustimo samočistilnim procesom, saj se bo nafta zalezla globoko v pore materiala, valovi pa jo bodo precej hitro odplaknili. Kadar pa bi se tovrstno onesnaženje zgodilo med, ali pa tik pred začetkom turistične sezone, bi lahko odstranjevanje nafte pospešili z umetnim spiranjem, ki sicer ni priporočljivo na obalah, bogatih z življenjem (Fingas, 2011). V primeru onesnaženja s težko, lepljivo nafto, pa samočistilni procesi in spiranje ne bi prišli v poštev. Ob majhnih razlitjih bi lahko nafto odstranili ročno, za večje količine pa je hitrejše strojno čiščenje, s katerim pa izgubimo velik del obalnega materiala. Strojno čiščenje je dosti manj natančno kot ročno, saj s strojem odstranimo ves material do

globine, za katero ocenimo, da bomo tako odstranili večino oziroma vso nafto (Fingas, 2000). Če je razlita nafta veliko, moramo v vsakem primeru preveriti, koliko je bo izhlapelo in koliko bi je lahko še naprej onesnaževalo morje. V primeru, da je slednje preveč, jo moramo po vrnitvi v morje ustaviti, jo s skimerji ali vpijajočimi zavesami zbrati in tako odstraniti iz okolja.



Slika 6 - Debeli rtič 1 - peščena obala (4)

Ribogojnice in gojišča školjk so za Slovenijo pomembna iz ekonomskega vidika, pa tudi z vidika samopreskrbe s hrano. Kot taka jih je potrebno zaščititi pred onesnaženjem z nafto, saj lahko le-ta organizme zastrupi ter pomori, ali pa se v njihovih telesih nakopiči do te mere, da niso več primerni za zaužitje. Ribogojnice, ki so fizično ločene od odprtega morja, pogosto niso ogrožene, paziti pa moramo, da jih ne zalije onesnažena voda med neurjem, ki lahko povzroči visoke valove. Školjčišča pa so večinoma na odprtem morju in nekoliko odmaknjena od obale, zato ne smemo pozabiti nanje pri pripravi načrtov varovanja obale. Na srečo pa pri školjkah do zastrupitve ne pride tako hitro, kot pri pticah in drugih živalih v poplavnih ravninah, zato je pomembno predvsem to, da nafto hitro odstranimo s površja morja, saj tako nima časa v veliki količini preiti v vodni stolpec.

Rečna ustja in poplavne ravnice so izredno ranljive, ker v njih prebiva veliko ptic in drugih živali, ki jih lahko nafta zastrupi, utopi, ali pa bistveno spremeni njihove navade, od prehranjevanja do skrbi za mladiče. Na srečo pa je material tovrstnih obal prepojen z vodo in zato nepredušen za nafto, zaradi česar le-ta ne povzroči dolgoročnega onesnaženja okolja. Ob onesnaženju takšnih območij mora biti glavna pozornost usmerjena najprej v preprečitev dodatnega dotekanja nafte, nato pa čim hitrejši zaščiti in očiščenju ogroženih živali. Tovrstno početje je sicer manj uspešno, saj lahko ujamemo le živali v tako slabem stanju, da ne morejo pobegniti in tudi med najboljše očiščenimi pticami smrtnost dosega 99% (Spiegel, 2010). Pri nas se v morje stekata reki Rižana in Dragonja ter nekaj manjših vodotokov. Rižana vstopa v morje na območju Luke Koper, kjer v umetnem okolju ne tvori klasičnega estuarija. Rečica Badaševica v svojem spodnjem toku sicer tvori aluvialno ravnico, a se tik pred njenim izlivom v morje nahaja manjša marina, ki preprečuje tok vode in morebitne nafte po rečici navzgor. Reka Dragonja in sosednji Kanal Sv. Jerneja pa vstopata v morje na območju Sečoveljskih solin. Na Sliki 7 je prikazana poplavna ravnica v naravnem rezervatu Strunjan, enem najbolj ranljivih predelov slovenske obale.



Slika 7 - Strunjan 1 - poplavna ravnica (5)

6.2.2 Srednje ranljive obale

Kadar so ogrožene obale srednje ranljivosti (kategorije 3), postane zelo pomembno, katere druge obale so še ogrožene. Če lahko na primer z gotovostjo trdimo, da je ogrožena samo obala kategorije ranljivosti 3, ki meji na obale nižje ranljivosti, lahko posvetimo zaščiti te obale veliko pozornost in preprečimo, da bi naftni madež vanjo trčil. Če pa je ogroženo veliko območje, ki vsebuje tudi bolj ranljive obale, ali pa je pot naftnega madeža nepredvidljiva in ne moremo z gotovostjo trditi, kje bo trčil ob obalo, moramo najprej zaščititi najbolj ranljive dele in šele nato skrbeti za srednje ranljive obale.

Žepne obale so dovolj kratke, da jih brez posebnih težav v celoti zavarujemo s plavajočo zaveso, ki nafti preprečuje vdor v celoten zaliv. Prodnate obale in ozke ravnice peska nad prodnato podlago se precej težko očisti, saj se nafta sprime z materialom v trdno zmes, iz katere ju ni več možno ločiti. Pod vplivom vremenskih pogojev se gostejša in bolj lepljiva nafta lahko strdi v tako trdo snov, da govorimo celo o nastanku naravnega asfalta (Fingas, 2000). V vsakem primeru je večina odpadnega materiala, ki nastane pri ukrepanju ob razlitju nafte, posledica čiščenja obale (Fingas, 2011). Ozke prodnate ravnice pod vzhodjem pečin predstavljajo posebno kategorijo ogroženosti, saj se po ranljivosti ne razlikujejo bistveno od klasičnih prodnatih obal, njihova lokacija pa lahko precej oteži očiščenje, če dejansko pride do onesnaženja obale. Za odstranjevanje in odvoz večjih količin onesnaženega materiala se uporablja klasična gradbena mehanizacija, za katero pa na takšni lokaciji preprosto ni prostora, niti je do tja ne bi mogli pripeljati. Za čiščenje takšnih obal je potrebno predvideti drugačne ukrepe čiščenja, kot je na primer srkanje ali ročno odstranjevanje nafte. Tovrstni ukrepi so bolj zahtevni in dražji od klasičnih, zato so takšne obale nekoliko bolj ogrožene. Po drugi strani pa pečina pomeni nepremostljivo oviro za nafto in je zato onesnaženo območje ozko, kar lahko olajša postopke čiščenja.

Po svojem tipu spadajo med srednje ranljive predvsem prodnate obale, ki jih je zaradi geomorfološke sestave tal na Primorskem veliko, vendar pa na njihovo dejansko ranljivost vplivajo tudi drugi

dejavniki, zato so nekatere med njimi uvrščene v višje kategorije ranljivosti. Slika 8 prikazuje prodnato obalo blizu Fiese.



Slika 8 - Piran 4 - Prodnata obala majhnega naklona (3)

6.2.3 Nizko ranljive obale

Velik del slovenske obale uvrščamo v kategoriji ranljivosti 1 ali 2. Tako je na primer celotna obala od Kopra do Izole izvedena v umetno utrjenem nasipu iz velikega kamenja, katerega premer znaša okrog 40 cm in več (Slika 9). Po Fingasovi klasifikaciji se obale iz velikega kamenja po ranljivosti sicer uvrščajo višje, a ker gre za umetne obale, smo jih postavili v nižjo kategorijo. V primeru onesnaženja, ki ga ni mogoče omejiti na mestu razlitja, ni potrebno posvetiti velike pozornosti zaščiti takšne obale, saj jo lahko hitro in učinkovito očistimo, tudi če jo nafta onesnaži. Takrat se moramo bolj osredotočiti na druge, bolj ranljive dele obale, v okolici zgoraj navedene obale na primer na kopališke plaže v bližini Izole ali Ankarana. Če nafta dejansko onesnaži katero od umetnih obal, pa moramo paziti, da ob očiščenju – naravnem ali umetnem – nafta ne bo spet prešla v vodni stolpec in od tam onesnažila drugih, bolj ranljivih obal, kjer bi lahko povzročila večjo škodo. S pomočjo plavajočih zaves jo moramo v takem primeru omejiti, s površin pa jo lahko odstranimo tudi s postopki, ki na drugih tipih obale ne bi bili sprejemljivi, na primer s curki vode pod pritiskom. Tovrstne ukrepe izvajamo v času, ko vremenski vplivi nafte ne bodo takoj spet potisnili na obalo, temveč se bo nabrala ob v ta namen postavljenih zavesah, tam pa jo lahko zberemo s skimerji.



Slika 9 - Semedela - Umetna obala iz velikega kamna (2)

Kot dokazuje obilica podmorskega življenja v razmeroma močno onesnaženih bazenih Luke Koper in velika biotska raznovrstnost npr. ob obalah Mehiškega zaliva, kjer je veliko črpanja nafte, se organizmi lahko navadijo na majhne količine nafte v vodi. Nekateri organizmi molekule nafte izrabijo kot vir hrane in tako na območjih povečane koncentracije nadpovprečno uspevajo, na čemer temelji t.i. biodegradacija nafte (Fingas, 2011). Ker ne poznamo dejanskih mejnih koncentracij na posameznih območjih, lahko zelo hitro pride do nevarnega vpliva na živo okolje, zato je pomembno, da hitro očistimo tudi razlitja, ki se zgodijo v pristaniščih in marinah. Ker je madež v takšnih primerih dobro viden in omejen, zaradi bližine vse infrastrukture pa razlitje tudi ne more trajati dolgo, ukrepanje ni zelo zahtevno. Težavo lahko predstavljajo ostala zasidrana oziroma prisotna plovila, ki ovirajo manevriranje skimerjev, zato je bolj smiselno čiščenje z absorbenti oziroma ročno odstranjevanje nafte. Pri čiščenju moramo biti pozorni tudi na nafto, ki oblepi ostala prisotna plovila. Čeprav je količina tako vezane nafte običajno majhna, bi lahko v primeru, da plovil pred izplutjem ne očistimo, predstavljala še dodatno obremenitev okolja.

6.2.4 Osnovna ocena odsekov obale v Sloveniji

Odseke slovenske obale smo (od juga proti severu) razvrstili v preglednico, pri čemer smo za ločnice med posameznimi odseki uporabili spremembo tipa obale, ali pa drugo očitno fizično ločnico. Nato smo za vsak odsek določili njegovo stopnjo ranljivosti glede na našo oceno iz Preglednice 2 in rezultate združili v Preglednici 3. Prve ocene ranljivosti so prikazane na Slikah 10.1, 10.2 in 10.3.

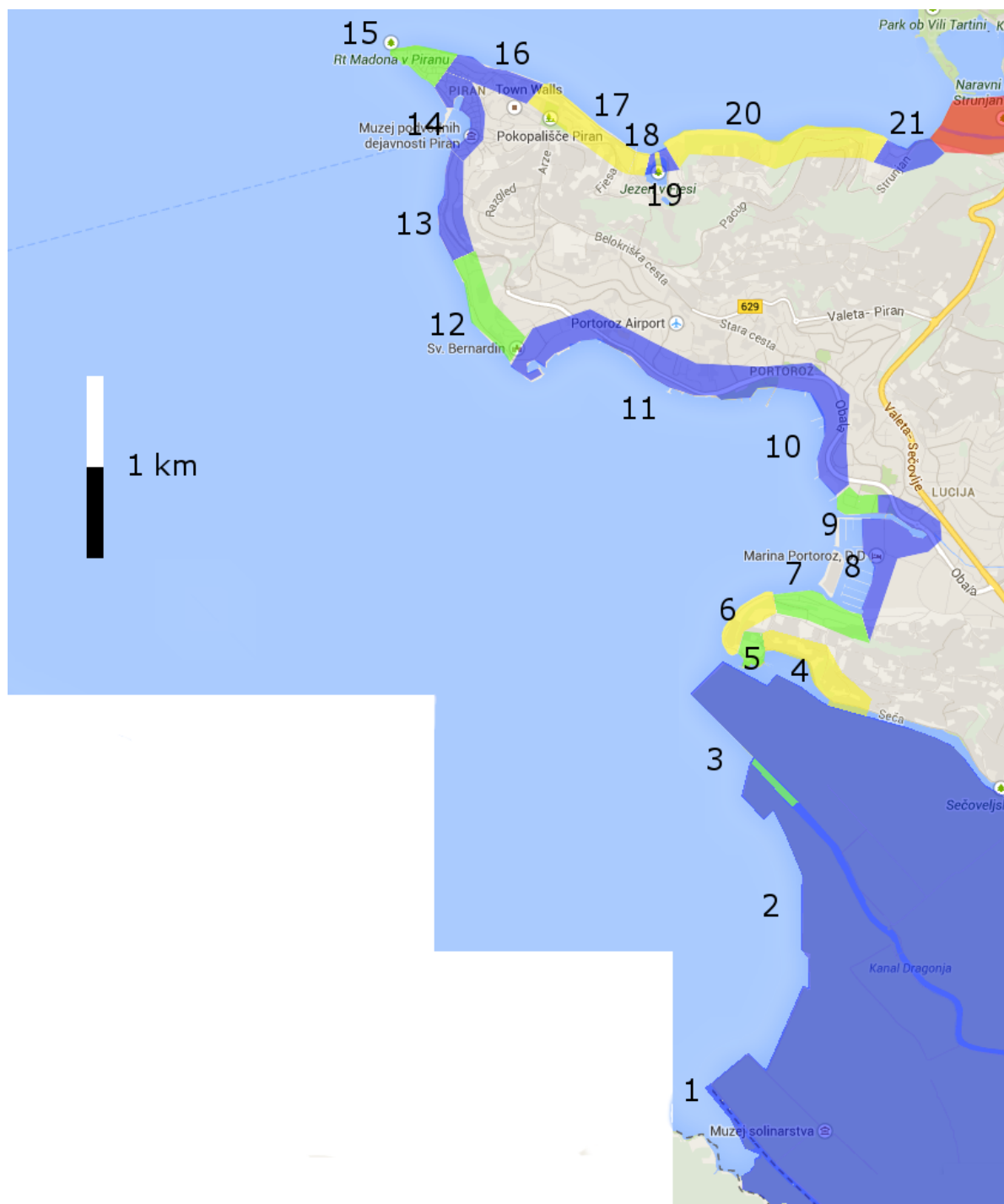
Preglednica 3 – odseki obale v Sloveniji, njihov tip, stopnja ranljivosti in dolžina. Z modro barvo je označena stopnja ranljivosti 1, z zeleno stopnja 2, z rumeno 3, z oranžno 4 in z rdečo 5.

	Ime obale	Tip obale	Stopnja ranljivosti (brez popravkov)	Dolžina (km)
1	Izliv Dragonje	Umetna obala	1	0,1
2	Soline	Umetna obala	1	4,6
3	Izliv Kanal Dragonje	Zatravljen nasip	2	0,1
4	Izliv Seče	Prodnata obala majhnega naklona	3	0,6
5	Seča 2	Umetna obala iz velikega kamna	2	0,3
6	Seča 3	Ozka prodnata ravnica	3	0,7
7	Lucija	Umetna obala iz velikega kamna	2	0,6
8	Marina Portorož	Umetna obala	1	1,3
9	Portorož 2	Umetna obala iz velikega kamna	2	0,3
10	Portorož 3	Umetna obala	1	0,7
11	Portorož 4	Umetna obala	1	2
12	Piran 1	Umetna obala iz velikega kamna	2	0,7
13	Piran 2	Umetna obala	1	0,6
14	Marina Piran	Umetna obala	1	0,8
15	Rt Madona v Piranu	Umetna obala iz velikega kamna	2	0,7
16	Piran 3	Umetna obala	1	0,5
17	Piran 4	Prodnata obala majhnega naklona	3	0,7
18	Fiesa 1	Umetna obala	1	0,1
19	Jezera v Fiesi	Kanal	3	0,1
20	Pacug 1	Ozka prodnata ravnica pod vznožjem pečine	3	1,6
21	Pacug 2	Umetna obala	1	0,3
22	Strunjan 1	Poplavna ravnica	5	0,3
23	Strunjan 2	Zatravljen nasip	2	1,9
24	Strunjan 3	Umetna obala	1	0,5
25	Strunjan 4	Prodnata obala majhnega naklona	3	0,7
26	Strunjan 5	Ozka prodnata ravnica pod vznožjem pečine	3	0,4
27	Strunjan 6	Skalnata ravnica pod vznožjem pečine	3	1,6
28	Strunjan 7	Ozka prodnata ravnica pod vznožjem pečine	3	1,3
29	Izola 1	Umetna obala iz velikega kamna	2	0,8
30	Marina Izola	Umetna obala	1	1,5
31	Izola 2	Prodnata obala majhnega naklona	3	1,1
32	Izola 3	Umetna obala	1	0,2
33	Izola 4	Skalnata ravnica	2	0,6
34	Semedela	Umetna obala iz velikega kamna	2	4,8
35	Luka Koper	Umetna obala	1	5,4
36	Ankaran 1	Umetna obala	1	2,2
37	Sv. Katarina	Močvirje	5	0,6
38	Ankaran 3	Prodno-peščena obala	3	1

se nadaljuje ...

...nadaljevanje Preglednice 3

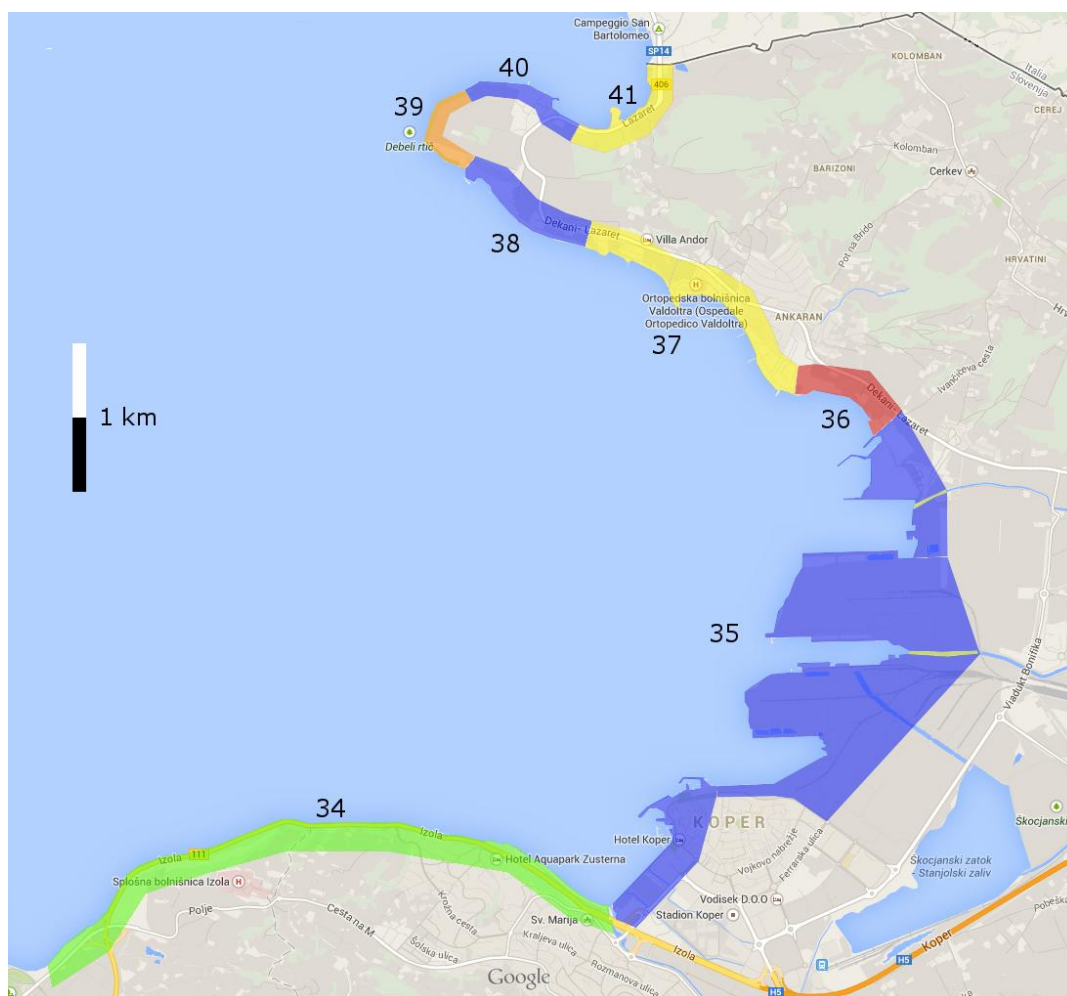
39	Ankaran 4	Prodната obala majhnega naklona	3	0,5
40	Ankaran 5	Umetna obala	1	1,2
41	Debeli rtič 1	Peščena obala	4	0,9
42	Debeli rtič 2	Umetna obala	1	0,8
43	Debeli rtič 3	Prodno-peščena obala	3	0,9



Slika 10.1 - Osnovne stopnje ranljivosti slovenske obale od meje s Hrvaško do Strunjana



Slika 10.2 - Osnovne stopnje ranljivosti slovenske obale od Strunjana do Izole



Slika 10.3 - Osnovne stopnje ranljivosti slovenske obale od Izole do meje z Italijo

6.3 Izboljšave ocen ranljivosti

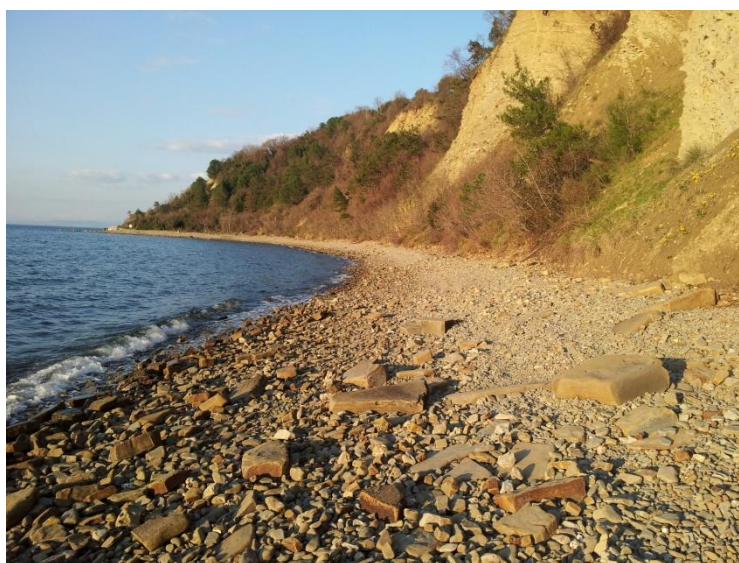
Dejansko ranljivost posameznih odsekov obale popravimo glede na njihove individualne značilnosti, ki ranljivost osnovnega tipa obale danih odsekov zvišajo ali znižajo. Faktorji tovrstnih popravkov, ki smo jih upoštevali najpogosteje, so turistična, ekološka ali ekonomska vrednost obale in njena dostopnost.

6.3.1 Zelo ranljive obale

Soline bi bile v primeru onesnaženja z nafto zelo ranljive, saj le-ta ne bi uničila le enoletnega pridelka soli, temveč bi ogrozila tudi izredno raznovrstno rastlinstvo in živalstvo, ki se je razvilo na tem območju in ki je delno tudi endemično. Soline smo zato uvrstili v najvišjo kategorijo ranljivosti, čeprav je njihova dejanska ogroženost majhna, saj so z umetnimi nasipi, brez katerih sploh ne bi bila mogoča njihova osnovna funkcija pridelave soli, ločene od odprtega morja. Še najbolj ogroženi so stari, opuščeni deli solin, katerih se že dolgo več ne uporablja za pridelavo soli. Vzdrževanje zaščitnih nasipov okoli teh se skoraj ne izvaja več, zato tudi njihova fizična ločitev od odprtega morja ni več zagotovljena. Zaščitni teh območij moramo nameniti isto stopnjo pozornosti kot izlivom rek in kanalov.

Na slovenski obali med zelo ranljive obale po njihovem tipu uvrstimo poplavno ravnico v Krajinskem parku Strunjan, močvirje Sv. Katarina v bližini Ankarana in peščeno obalo na Debelem rtiču. Zaradi potencialne nevarnosti, da bi ob visoki vodi le-ta preplavila nasipe in vdrla v same soline, tudi celotno območje solin obravnavamo kot zelo ranljivo obalo. Pri tem je potrebno poudariti, da so soline zasnovane tako, da umetni nasipi preprečujejo vdor morske vode na območje samih solin, zato je dejansko onesnaženje z nafto malo verjetno.

Poleg tega so kljub nizki oceni ranljivosti tipa obale zelo ranljive tudi tiste obale, katerih lokacija je takšna, da je čiščenje obale po stiku z naftnim madežem izredno težavno. Zaradi tega uvrščamo med zelo ranljive obale ravnice pod pečinami na območju Krajinskega parka Strunjan. Tam se pod pečinami pojavljajo prodnate in skalnate ravnice, prikazane na Slikah 11 in 12. V kategorijo ranljivosti 4 spada tudi območje okoli kanala, ki morje povezuje z jezeri v Fiesi, saj ju lahko zaradi njune biotske raznovrstnosti in počasne izmenjave vode obravnavamo podobno kot močvirja. Prodnata obala v Izoli pade v višjo stopnjo ranljivosti zato, ker bi njeno onesnaženje predstavljalo veliko degradacijo vizualne podobe turistično zanimivega območja, ki bi ga srednje težko očistili.



Slika 11 - Strunjan 5 - ozka prodnata ravnica pod vzhodnim pečino (3, popravljeno 4)



Slika 12 - Strunjan 6 - skalnata ravnica pod vnožjem pečine (3, popravljeno 4)

Po tipu obale predstavljajo zelo ranljive obale majhen del celotne slovenske obale, saj je njihova skupna dolžina le 1,8 km oziroma 4 % skupne dolžine obale. Vključno s popravki glede na zgoraj našteje izjeme se njihova skupna dolžina poveča na 10,3 km oziroma 22 % obale, skoraj polovico tega pa predstavljajo Sečoveljske soline.

Območja največje ranljivosti niso skoncentrirana na enem območju, temveč so približno enakomerno razporejena po celotni slovenski obali. V primeru onesnaženja, ki lahko ogrozi ta območja, je potrebno čim hitrejša ukrepanja, zato po našem mnenju en center za ukrepanje, od koder bi se pričele vse zaščitne akcije, ni primerna rešitev. Z vzpostavitvijo dveh centrov, enega v Kopru in drugega v Piranu bi zagotovili, da nobena kritična točka ne bi bila oddaljena od kriznega centra več kot 5 km plovbe. Poleg tega gre za precej kratke odseke obale, zato za prvo ukrepanje, v katerem bi želeli zaščititi samo najbolj ogrožene dele obale, ne bi potrebovali zelo dolgih odsekov plavajočih zaves. Izjema so soline, ki predstavljajo dolg odsek obale, a za onesnaženje teh je potrebna izredno neugodna kombinacija pogojev – visoka voda in razlitje velike količine nafte. V takem primeru bi bilo na voljo dovolj časa, da se iz glavnega centra pripelje večja količina plavajočih zaves. Onesnaženje zidanih nasipov, ki obkrožajo soline, ni problematično.

6.3.2 Srednje ranljive obale

V srednjo kategorijo ranljivosti spadajo tudi številne obale, katerih tip sicer ni tako ranljiv, bi pa njihovo onesnaženje pomenilo vizualno degradacijo turistično pomembnega območja. S tem razlogom se med srednje ranljive uvrščajo najbolj priljubljene obale v Piranu (Slika 13), Strunjanu in Ankaranu.



Slika 13 - Rt Madona v Piranu - Umetna obala iz velikega kamna (2, popravljeno 3)

Skupna dolžina srednje ranljivih obal po osnovni klasifikaciji znaša 11,2 km oziroma 24 % slovenske obale, s popravki pa se ta dolžina zmanjša na 7,4 km oziroma 16 %, saj smo velik del obale pod pečinami v Krajinskem parku Strunjan prestavili v višjo kategorijo. Območja srednje ranljivosti se pojavljajo ob celotni slovenski obali z izjemo najbolj industrializiranega dela na območju Kopra. Večinoma gre za odseke dolžine do enega kilometra, ki jih na obeh straneh obdajajo obale nižje ranljivosti. S smiselno postavitvijo plavajočih zaves bi lahko ob manjših razlitjih nafte tovrstne odseke brez težav zaščitili. Izjema v tem primeru je obala v okolici Naravnega rezervata Strunjan, kjer srednje ranljiva prodnata obala meji na dolgo in zelo ranljivo prodnato obalo pod vznožjem pečine. Slednja bi imela v primeru onesnaženja večjega obsega prednost.

6.3.3 Nizko ranljive obale

Zgolj po tipu kar 33,6 km oziroma 72 % slovenske obale kategoriziramo kot nizko ranljivo. To je posledica dejstva, da je naša obala močno poseljena, v različne namene pa jo uporabljajo turistična, gospodarska, prometna infrastruktura in tudi druge gospodarske panoge. Večinski del obale je tako grajen umetno – zidan, ali pa urejen v obliki skalometa, umetne obale iz velikega kamenja. Slednja je nekoliko bolj ranljiva, saj je v praznih prostorih med kamenjem, kjer se nafta lahko zadrži, veliko življenja. A tovrstno obalo je še zmeraj relativno preprosto očistiti in tudi onesnaženje z nafto tukaj ne predstavlja velike katastrofe, če večjo pozornost namenimo zaščiti območij višje stopnje ranljivosti. Številne po osnovni klasifikaciji nizko ranljive obale spadajo v višjo kategorijo zaradi turistične privlačnosti območja, na katerem se nahajajo in po popravkih znaša skupna dolžina nizko ranljive obale 17,2 km oziroma 58 % slovenske obale. Na sliki 14 je prikazana umetna obala v Portorožu, ki pa je turistično zanimiva in ima zato nekoliko višjo popravljeno stopnjo ranljivosti.



Slika 14 - Portorož 3 - Umetna obala (1, popravljeno 2)

6.4 Končna ocena s popravki

V končni oceni ranljivosti posameznih odsekov slovenske obale torej upoštevamo tudi druge dejavnike, ki lahko vplivajo na ranljivost obale. Za vsak odsek obale smo, kakor smo opisali na primerih premikanja posameznih odsekov med bolj ali manj ranljive od osnovne klasifikacije, preučili številne dodatne dejavnike in popravljene ocene ranljivosti združili v Preglednici 4. Karta ranljivosti slovenske obale je prikazana na slikah 15.1, 15.2 in 15.3.

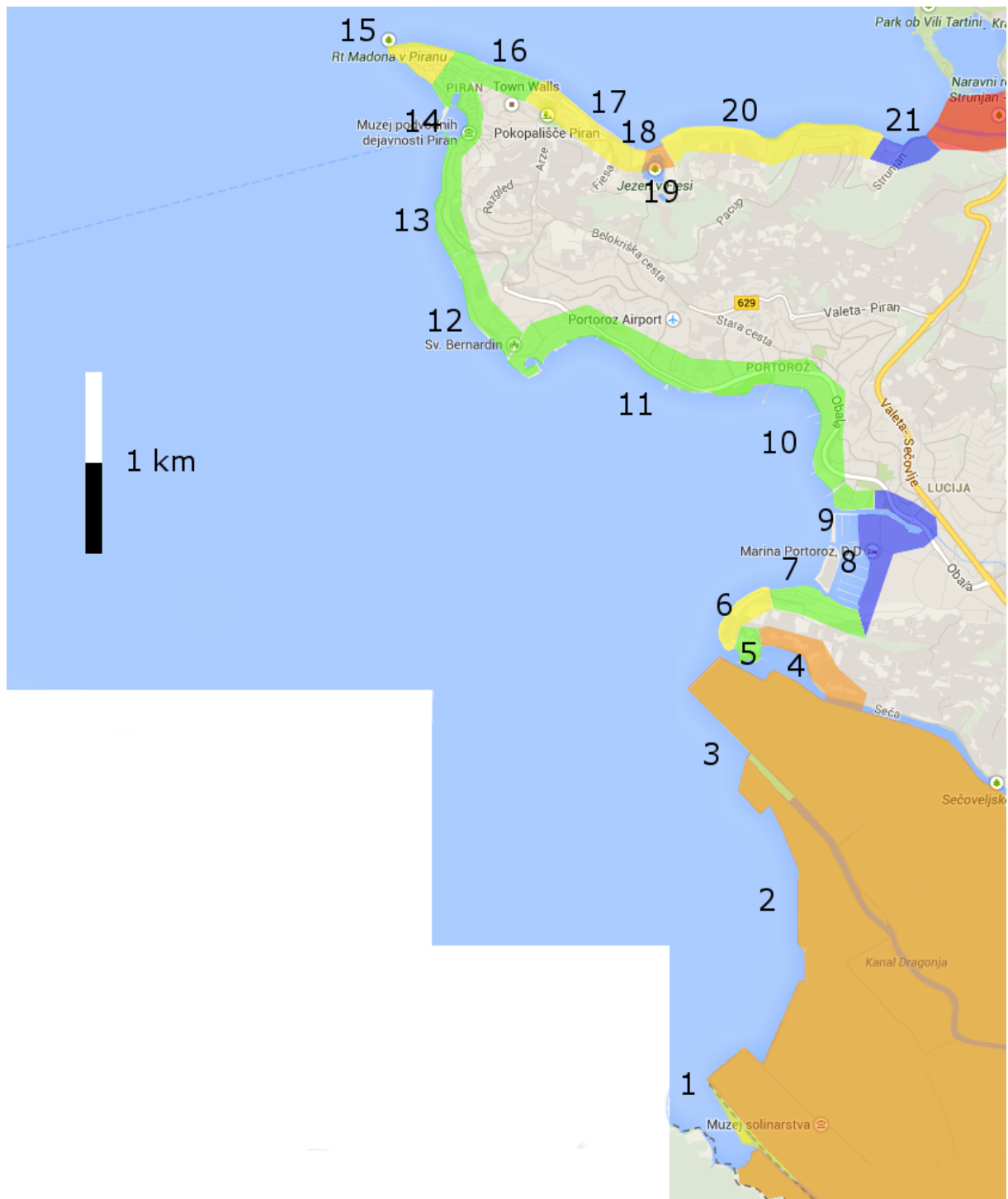
Preglednica 4 - odseki obale v Sloveniji, njihov tip, stopnja ranljivosti, popravljena stopnja ranljivosti in dolžina. Z modro barvo je označena stopnja ranljivosti 1, z zeleno stopnja 2, z rumeno 3, z oranžno 4 in z rdečo 5.

	Ime obale	Tip obale	Stopnja ranljivosti (brez popravkov)	Stopnja ranljivosti (s popravki)	Dolžina (km)
1	Izliv Dragonje	Umetna obala	1	3	0,1
2	Soline	Umetna obala	1	4	4,6
3	Izliv Kanal Dragonje	Zatravljen nasip	2	3	0,1
4	Izliv Seče	Prodnata obala majhnega naklona	3	4	0,6
5	Seča 2	Umetna obala iz velikega kamna	2	2	0,3
6	Seča 3	Ozka prodnata ravnica	3	3	0,7
7	Lucija	Umetna obala iz velikega kamna	2	2	0,6
8	Marina Portorož	Umetna obala	1	1	1,3
9	Portorož 2	Umetna obala iz velikega kamna	2	2	0,3
10	Portorož 3	Umetna obala	1	2	0,7
11	Portorož 4	Umetna obala	1	2	2
12	Piran 1	Umetna obala iz velikega kamna	2	2	0,7
13	Piran 2	Umetna obala	1	2	0,6
14	Marina Piran	Umetna obala	1	2	0,8
15	Rt Madona v Piranu	Umetna obala iz velikega kamna	2	3	0,7
16	Piran 3	Umetna obala	1	2	0,5
17	Piran 4	Prodnata obala majhnega naklona	3	3	0,7
18	Fiesa 1	Umetna obala	1	4	0,1
19	Jezera v Fiesi	Kanal	3	4	0,1
20	Pacug 1	Ozka prodnata ravnica pod vzhodjem pečine	3	3	1,6
21	Pacug 2	Umetna obala	1	1	0,3
22	Strunjan 1	Poplavna ravnica	5	5	0,3
23	Strunjan 2	Zatravljen nasip	2	2	1,9
24	Strunjan 3	Umetna obala	1	2	0,5
25	Strunjan 4	Prodnata obala majhnega naklona	3	3	0,7

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 4

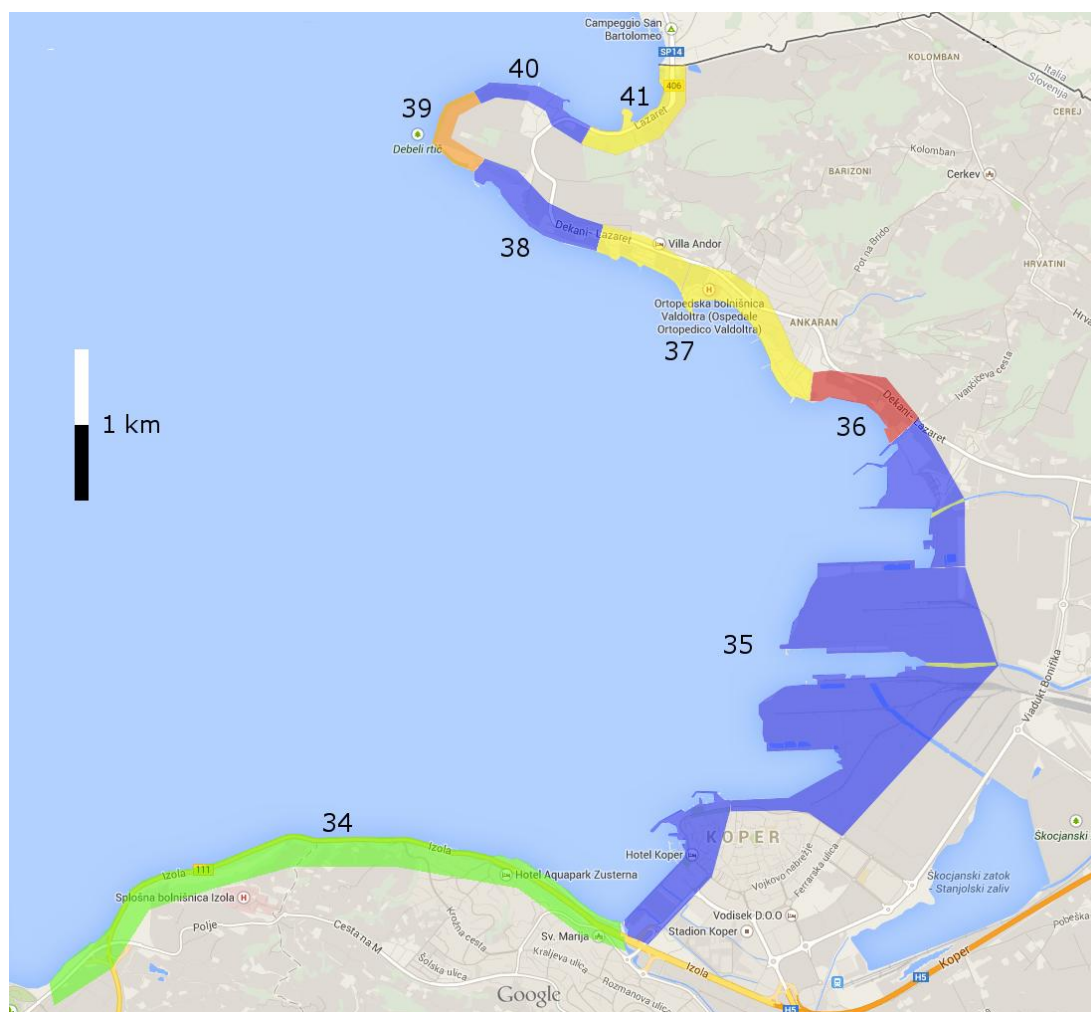
26	Strunjan 5	Ozka prodnata ravnica pod vznožjem pečine	3	4	0,4
27	Strunjan 6	Skalnata ravnica pod vznožjem pečine	3	4	1,6
28	Strunjan 7	Ozka prodnata ravnica pod vznožjem pečine	3	3	1,3
29	Izola 1	Umetna obala iz velikega kamna	2	2	0,8
30	Marina Izola	Umetna obala	1	1	1,5
31	Izola 2	Prodnata obala majhnega naklona	3	4	1,1
32	Izola 3	Umetna obala	1	2	0,2
33	Izola 4	Skalnata ravnica	2	2	0,6
34	Semedela	Umetna obala iz velikega kamna	2	2	4,8
35	Luka Koper	Umetna obala	1	1	5,4
36	Ankaran 1	Umetna obala	1	1	2,2
37	Sv. Katarina	Močvirje	5	5	0,6
38	Ankaran 3	Prodno-peščena obala	3	3	1
39	Ankaran 4	Prodnata obala majhnega naklona	3	3	0,5
40	Ankaran 5	Umetna obala	1	1	1,2
41	Debeli rtič 1	Peščena obala	4	4	0,9
42	Debeli rtič 2	Umetna obala	1	1	0,8
43	Debeli rtič 3	Prodno-peščena obala	3	3	0,9



Slika 15.1 - Popravljene stopnje ranljivosti slovenske obale od meje s Hrvaško do Strunjana



Slika 15.2 - Popravljen stopnje ranljivosti slovenske obale od Strunjana do Izole



Slika 15.3 - Popravljen stopnje ranljivosti slovenske obale od Izole do meje z Italijo

6.5 Predlog ureditve centrov za ukrepanje

V primeru razlitja nafte je bistvenega pomena, da je ukrepanje hitro, usklajeno in učinkovito. S hitrim posredovanjem lahko namreč ustavimo napredovanje naftnega madeža oziroma mu preprečimo stik z obalo, kar bistveno zmanjša vpliv na okolje in zmanjša potrebo po fizičnem čiščenju, če lahko nafto poberejo in odstranijo na morju. Zato je pomembno, da imamo izdelane natančne načrte ukrepanja, s čimer zmanjšamo logistične zaplete in administrativne ovire ter zmanjšamo odzivni čas.

Območja visoke ranljivosti so razsejana po celotni dolžini obale, zato je težko določiti eno točko, kamor bi postavili center za ukrepanje, od koder bi ekipe posredovale v primerih onesnaženja ali nevarnosti le-tega. Zato se nam zdi smiselna ustanovitev dveh centrov, s čimer bi zagotovili hiter prihod ekip do vsake točke obale, sploh pa do najbolj ranljivih predelov. Zaradi majhne dolžine naše obale bi bil primeren en večji center, kjer bi bile nameščene ladje s skimerji in črpalkami. Tam bi bile tudi plavajoče zavese skupne dolžine vsaj 4 km, kar bi zadoščalo za zaprtje vseh najbolj ranljivih območij v primeru zelo velikega razlitja (na primer nesreče tankerja v bližini Trsta), ko bi morali zaščititi čim več obale in ko bi imeli na voljo dovolj časa za ukrepanje. V manjšem centru bi bili nameščeni čolni za hitro posredovanje, plavajoče zavese skupne dolžine vsaj 500 m, kar zadošča za zaprtje večine najbolj ranljivih območij v primeru manjšega, lokalnega razlitja. Z vidika razpoložljivega prostora in v izogib dodatnemu obremenjevanju obale, bi lahko glavni center, za katerega je potrebno več prostora, postavili v Koprju. Manjši center bi bil lahko v Piranu ali Strunjanu, saj bi zasedel manj prostora, od tam pa bi lahko ekipe v relativno kratkem času posredovale na ranljivih območjih okoli solin in Krajinskega parka Strunjan. V večjem centru bi bila seveda potrebna tudi vsa oprema iz manjšega centra.

7 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo se osredotočili na ranljivost slovenske obale ob morebitnih razlitjih nafte. Kot osnova sta nam služili kategorizaciji drugih avtorjev (Fingas, 2000; Catto in Etheridge, 2006), ki pa so prirejene za druga območja. Zato smo izdelali lastno klasifikacijo tipov obale glede na ranljivost. Najprej smo razdelili obalo na območja samo glede na tip in pokazali, da imamo 1,8 km zelo ranljive, 11,2 km srednje ranljive in 33,6 km nizko ranljive obale. Potem smo kategorizacijo dopolnili še z okoljskim pomenom in s pomenom posameznega dela obale za gospodarstvo, turizem in druge ekonomske panoge, ki se odvijajo na slovenski obali. Popravljen kategorizacija daje 10,3 km zelo občutljive obale, kamor smo premaknili območja Sečoveljskih solin in pečin v Krajinskem parku Strunjan. Imamo 7,4 km srednje ranljivih obal, med katere štejemo turistično zanimiv odseke obale v Piranu. Preostalih 27,2 km obale je nizko ranljive.

Diplomska naloga lahko koristi vladnim organizacijam in podjetjem, ki se ukvarjajo z ureditvijo zaščite slovenske obale, saj identificira najbolj ranljive predele in podaja možnosti za njihovo zaščito. Poleg tega lahko služi tudi nevladnim organizacijam in posameznikom, ki jim je zaščita naše obale v interesu. Končno lahko služi tudi kot morebitna podlaga za uradni načrt preprečevanja onesnaženja obalnega pasu, ki ga mora Republika Slovenija v razmeroma kratkem času pripraviti po zahtevah evropske zakonodaje.

VIRI

Barovič, J. 2013. Varovanje morja v Luki Koper. Osebna komunikacija. (29. 10. 2013)

Bryan, G., Waldichuk, M., Pentheat, R., Darracott, A. 1979. Bioaccumulation of Marine Pollutants [and Discussion]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, The Royal Society, Series B, Biological Sciences* 286, 1015, 504–505.

Catto, N., Etheridge, B. 2006. Sensitivity, Exposure, and Vulnerability to Petroleum Pollution of Gravel Beaches, Avalon Peninsula, Newfoundland, Canada. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 88, 3; 209–220.

Cleanup oil. 2003. Oil skimmer.

http://www.cleanupoil.com/oil_skimmer.htm (Pridobljeno 21. 4. 2014.)

Coppini, G., De Dominicis, M., Zodiatis, G., Lardner, R., Pinardi, N., Santoleri, R., Colella, S., Bignami, F., Hayes, D., Soloviev, D., Georgiou, G., Kallos, G. 2011. Hindcast of oil-spill pollution during the Lebanon crisis in the Eastern Mediterranean, July–August 2006. *Marine Pollution Bulletin* 62, 1; 140–153.

David, M., Vidmar, P., Perkovič, M. 2010. Ocena ogroženosti in načrt zaščite in reševanja Luke Koper d.d. za industrijske nesreče. Koper, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet: 78 f.

Farley, P. 2008. Harbour Buster high-speed oil containment system.

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Harbour_Buster_high-speed_oil_containment_system.jpg
(Pridobljeno 21. 4. 2014.)

Fingas, M. 2000. Basics of oil spill cleanup. Florida, CRC Press: 256 str.

Fingas, M. 2011. Oil spill science and technology: prevention, response, and clean up. Massachusetts, Elsevier: 1156 str.

Galuf, S. 2005. Simulacija razlitja nafte v Tržaškem zalivu. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba S. Galuf): 71 f.

Hardisty, J. 1990. Beaches: Form and Process. London, Springer: 324 str.

Humphrey, B., Owens, E., Sergy, G. 1993. Development of a stranded oil in coarse sediment (SOCS) model. *International Oil Spill Conference Proceedings* 1, 575–582.

<http://dx.doi.org/10.7901/2169-3358-1993-1-575>

- Kvočka, D. 2013. Emulzifikacija nafte in izdelava modela EMU. Raziskovalna naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba D. Kvočka): 64 f.
- Luka Koper. 2012. Struktura pretovora po blagovnih skupinah.
<http://lp2011.luka-kp.si/index.php?page=static&item=78> (Pridobljeno 8. 1. 2014)
- Martin, E. 2006. Atlas Polmar du Nord, Inventaire des zones sensibles du littoral et préconisations environnementales pur le nettoyage. Brest, OTRA: 122 f.
- Maslo, A. 2013. Karte ranljivosti slovenske obale. Osebna komunikacija. (29. 10. 2013)
- Okvirna direktiva o morski strategiji. Uradni list L 164/2008: 19.
- Pomorski zakonik (PZ). Uradni list RS št. 120-5102/2006: 12677.
- Ramšak, V. 2013. Numerično modeliranje tokov onesnažil med okoljskimi segmenti. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba V. Ramšak): 26 f.
- Reddy, C., Arey, J., Seewald, J., Sylva, S., Lemkau, K., Nelson, R., Carmichael, C., MyIntyre, C., Fenwick, J., Ventura, G., Van Mooy, B., Camilli, R. 2011. Composition and fate of gas and oil released to the water column during the Deepwater Horizon oil spill. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109, 50; 20229–34.
- Spaulding, M. 1988. A state-of-the-art review of oil spill trajectory and fate modelling. *Oil and chemical pollution* 4, 1; 39-55.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0269-8579\(88\)80009-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0269-8579(88)80009-1)
- Spiegel. 2010. Gulf of Mexico Spill Expert Recommends Killing Oil Soaked Birds.
<http://www.spiegel.de/international/world/gulf-of-mexico-spill-expert-recommends-killing-oil-soaked-birds-a-693359.html> (Pridobljeno 15. 12. 2013.)
- Steinman, F., Gosar, L., Banovec, P. 2004. Preparation of sensitivity maps of the Slovenian coast: (within the framework of the camp Slovenia): final report. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 22 f.
- Šaponja, M. 2013. Izhlapevanje nafte iz morja. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Šaponja): 68 f.
- Trobec, A. 2007. Onesnaževanje slovenskega morja z nafto. Diplomaska naloga. Koper, Univerza na Primorskem, Fakulteta za humanistične študije (samozaložba A. Trobec): 104 f.

Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje (URSZR). 2011. Državni načrt zaščite in reševanja ob nesrečah na morju.

<http://www.sos112.si/db/priloga/izpostava/p16317.pdf> (Pridobljeno 2. 6. 2014.)

U.S. Coast Guard, National Response Team. 2011. On Scene Coordinator Report: Deepwater Horizon Oil Spill. U.S. Department of Homeland Security, U.S. Coast Guard: 22 str.

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2013. Types of crude oil.

<http://www2.epa.gov/emergency-response/types-crude-oil> (Pridobljeno 30. 12. 2013)

Zakon o vodah (ZV-1). Uradni list RS št. 67-3237/2002: 7648.

Žagar, D. 1994. Matematični model za simuliranje razlitja nafte na morju in njegova aplikacija. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo (samozaložba D. Žagar): 68 f.

Žagar, D., Četina, M. 2011. Končno poročilo o izdelavi strokovne naloge NAFTA3d. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin: 22 str.

Žagar, D., Ramšak, V., Ličer, M., Petelin, B., Malačič, V. 2012. Uporaba numeričnih modelov ob razlitjih nafte na morju. Ujma 24, 1; 168–174.