

# Industrija ugljikovodika i utjecaj na okoliš u Hrvatskoj

---

Požar, Željka

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:737011>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-20**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

INDUSTRIJA UGLJIKOVODIKA I  
UTJECAJ NA OKOLIŠ U HRVATSKOJ  
(HYDROCARBON INDUSTRY AND  
ENVIRONMENTAL IMPACT IN CROATIA)

SEMINARSKI RAD

Željka Požar

Preddiplomski studij Znanosti o okolišu

(Undergraduate Study of Environmental Science)

Mentor: prof. dr. sc. Blanka Cvetko Tešović

Zagreb, 2020.

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	2
2. FOSILNA GORIVA – NEOBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE .....	4
2.1. NAFTA .....	4
2.2. PLIN .....	4
3. NAFTNO-PLINSKI POTENCIJAL HRVATSKE .....	6
3.1. PANONSKI BAZEN .....	6
3.2. DINARIDI .....	6
3.3. JADRANSKO PODMORJE .....	7
4. INDUSTRIJA UGLJIKOVODIKA U HRVATSKOJ .....	8
4.1. ISTRAŽIVANJA I EKSPLOATACIJA .....	8
4.1.1. EKSPLOATACIJA NA KOPNU .....	9
4.1.2. EKSPLOATACIJA NA MORU .....	12
5. TRANSPORT I PRERADA UGLJIKOVODIKA .....	15
5.1. JADRANSKI NAFOTOVOD .....	17
5.2. RAFINERIJE .....	18
5.2.1. Rafinerija nafte Sisak .....	18
5.2.2. Rafinerija nafte Rijeka .....	19
6. INDUSTRIJA I OKOLIŠ .....	22
6.1. PROJEKT EOR .....	23
6.2. OPASNOSTI OD HAVARIJA .....	23
7. ZAKLJUČAK .....	24
8. LITERATURA .....	25

## 1. UVOD

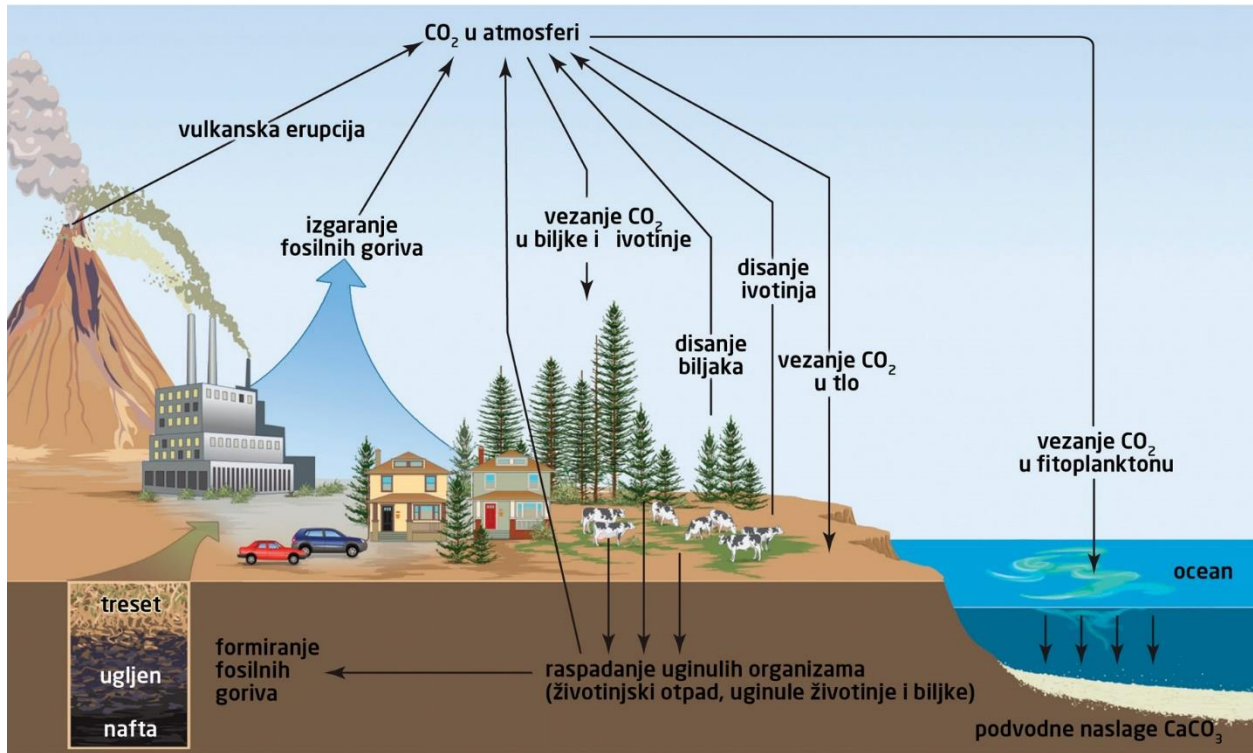
Za izradu ovog rada većinom su korišteni *Okvirni plan i program istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na kopnu, Strateška studija o vjerojatno značajnom utjecaju na okoliš Okvirnog plana i programa istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na kopnu, Okvirni plan i program istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na Jadranu te Strateška studija o vjerojatno značajnom utjecaju na okoliš Okvirnog plana i programa istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na Jadranu.*

Ugljikovodici je zajednički naziv za naftu i prirodni plin, koji su fosilna goriva te se svrstavaju u neobnovljive izvore energije. Prirodni asfalt su ugljikovodici visoke viskoznosti ili polukrutog agregatnog stanja. Nastanak ugljikovodika je vrlo dugotrajan te složen proces, a postoje dvije teorije samog nastanka: organska i anorganska. Danas je široko prihvaćena teorija o organskom porijeklu. (Benac, Č., 2016.)

Industrija ugljikovodika je industrija koja se bavi istraživanjem i određivanjem nalazišta ugljikovodika, njihovom eksploatacijom, transportom, preradom te na samom kraju i distribucijom do krajnjih korisnika. Tijekom cijelog procesa je u neposrednom kontaktu s okolišem te je utjecaj na okoliš vrlo bitan čimbenik.

Iako se u današnje vrijeme sve više teži iskorištavanju obnovljivih izvora energije, kao što su sunce, voda ili vjetar, fosilna goriva su i dalje najveći izvor energije u svijetu te se dnevno troši oko 14 milijardi litara nafte. Izgaranjem naftnih derivata nastaju velike količine stakleničkih plinova te se u naftnoj industriji danas teži k smanjenju emisije plinova u atmosferu.

Kao što im i samo ime govori, ugljik je jedan od dva glavna elementa pa je bitno poznavati i ciklus kruženja ugljika u prirodi (sl. 1.).



Slika 1.: Shematski prikaz kruženja ugljika u prirodi

(Preuzeto s: edutorij.e-skole.hr)

## 2. FOSILNA GORIVA – NEOBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Fosilna goriva su neobnovljivi izvor energije, tj. njihova količina je ograničena i smanjuje se iz dana u dan. U fosilna goriva ubrajaju se ugljen, nafta i zemni plin, a smatra se da je za okoliš najprihvatljivije korištenje zemnog plina zbog znatno manje emisije sumporovog(IV) oksida kod njegovog sagorijevanja.

Kako je naftu i plin teško odvojeno istraživati, koristi se naziv ugljikovodici. Matične stijene za postanak nafte nalaze se na oko 2000 do 3000 m dubine, a u Hrvatskoj su to stijene miocenske starosti. Ugljikovodici nastaju u tri procesa: dijageneza (50-60 °C), katageneza (60-200 °C), metageneza (više od 200 °C). Molekule nafte i plina mogu biti istisnute iz tih matičnih stijena u neke puno propusnije stijene, tj. rezervoarske (kolektorske, ležišne) stijene. A ležište nafte ili plina nastaje onda kad dođu u zamku, tj. budu okružene nepropusnim stijenama koje im onemogućavaju daljnju migraciju.

### 2.1. NAFTA

Nafta se u prirodi pojavljuje kao goriva tekućina tamnozelene do tamnosmeđe boje, a sastoji se od mješavine ugljikovodika različite molekularne težine i drugih organskih komponenti. Udio ugljikovodika može biti od 50% u teškim uljima i bitumenima, do 97% u lakim uljima. Klasifikacija je prema sastavu te se dijele na parafinske, naftenske i aromatske nafte.

### 2.2. PLIN

Prirodni plinovi sadrže kemijske gorive tvari, a većinski udio u prirodnom plinu ima metan. Plinska ležišta su vezana za ležišta ugljena i naftna ležišta. Najveće gospodarsko značenje imaju biogeni (prirodni) plinovi vezani za naftna ležišta.



### 3. NAFTNO-PLINSKI POTENCIJAL HRVATSKE

Republika Hrvatska smještena je na raskrižju Srednje Europe, Balkanskog poluotoka te Sredozemlja. Geološki je podijeljena na Panonski bazen, Dinaride i Jadransko podmorje. (sl. 2.)

#### 3.1. PANONSKI BAZEN

Nalazišta ugljikovodika dokazana su u svakom dijelu Panonskog bazena kontinentalne Hrvatske te se i aktivno proizvodi nafta. Seizmički i drugih dostupni podatci pokazuje da postoji značajan preostali potencijal. Hrvatski dio Panonskog bazena prostire se na približno 26.000 km<sup>2</sup> te je podijeljen na 4 glavna subbazena: Sava, Drava, Sjeverozapadna Hrvatska i Slavonija. A područje Dinarida nalazi se na jugozapadu, odmah izvan granica bazena. ([www.azu.hr](http://www.azu.hr))

#### 3.2. DINARIDI

Dinaridi su široki sjeverozapadno–jugoistočno postavljeni pojas uzduž hrvatskog dijela Jadranske obale i unutrašnjosti. Formirali su se kao posljedica kolizije i podvlačenja u rubnoj zoni Europske litosferne ploče i Jadranske mikroploče. Istaknute strukture su reverzni rasjedi na granici s Panonskim bazenom. Istraživanja nafte i plina na području Dinarida provode se preko 30 godina, a do sada nisu pronađene komercijalne količine. Područje se zapravo smatra još prilično neistraženim zbog tehnološki zahtjevnog terena. Naime, seizmički profili zadovoljavajuće kvalitete uspješno su snimljeni tek nedavno. Prisutni su i nepovoljni čimbenici za generiranje i nakupljanje ugljikovodika i očuvanje ležišta kao što su: vrlo niski geotermički gradijent, duboko smještene potencijalne kolektorske stijene, vrlo složeni strukturni odnosi, homogene debele karbonatne naslage i okršenost terena do izuzetno velikih dubina. Prisutnost ugljikovodika je zasad dokazana u bušotinama Ravni Kotari 1 i 2, i u bušotini Brač 1. ([www.azu.hr](http://www.azu.hr))



### 3.3. JADRANSKO PODMORJE

Hrvatski dio Jadranskog podmorja je geološki podijeljen na tri naftna sustava. Prvi naftni sustav je pliocensko-miocenski biogeni plinski sustav smješten u sjevernom dijelu Jadranskog podmorja. Drugi naftni sustav je kredni i pretpostavlja se da se nalazi u srednjem i južnom dijelu. U srednjem i južnom dijelu podmorja se nalazi i treći, tj. srednjotrijaski naftni sustav. Prema tome u Jadranskom podmorju postoji izrazit naftni potencijal, ali se dosad eksploatirao samo plin. (www.azu.hr)



Slika 2.: Geološke regije

(Preuzeto s: [www.azu.hr](http://www.azu.hr))

## 4. INDUSTRIJA UGLJIKOVODIKA U HRVATSKOJ

U Hrvatskoj postoji duga tradicija istraživanja i vađenja nafte koja traje i danas u puno modernijem obliku. INA-Industrija nafte je s istraživanjima i eksploatacijom nafte i plina u Panonskom bazenu započela pred više od 60 godina, a nešto kraće traje i eksploatacija plina u Jadranu.

### 4.1. ISTRAŽIVANJA I EKSPLOATACIJA

Istražno razdoblje traje pet godina, a započinje upoznavanjem općega geološkog sastava i geološke građe širega područja. U Hrvatskoj se to odnosi na područje Panonskoga bazena, područje Dinarida i područje Jadranskog podmorja. Za prikaz rezultata koriste se geološke karte. Daljnje pojedinosti o geološkim značajkama u dubini prikupljaju se raznim metodama geofizičkih istraživanja, a nakon toga slijedi bušenje. Na temelju dobivenih podataka radi se na interpretaciji podataka i ažuriranju geoloških studija kako bi se odredila sva potencijalna nalazišta. Ukoliko se potvrdi komercijalno otkriće ugljikovodika, moguće je započeti s eksploatacijom pod određenim uvjetima, odnosno potrebno je napraviti procjenu utjecaja na okoliš koja definira te uvjete i pokazuje je li uopće moguće provoditi eksploataciju. Vrijeme same eksploatacije je maksimalno 25 godina.

Istražni prostor je prostor na kojem je moguće provesti istražne radnje u svrhu istraživanja ugljikovodika pod strogo kontroliranim uvjetima, a eksploatacijsko polje prostor na kojem je utvrđeno komercijalno otkriće nafte ili plina te su potvrđene rezerve i dozvoljena je eksploatacija. U kontinentalnoj Hrvatskoj postoje 54 eksploatacijska polja (sl. 4.), a u Jadranskom podmorju 3. Do današnjeg dana u hrvatskom dijelu Jadranskog mora nije bilo komercijalnih otkrića nafte, iako su bušotine Vlasta – 1 i Jadran 13/1 imale pozitivna otkrića nafte koja iz određenih razloga nije eksploatirana. Istraživački prostori u Jadranu su od 2014. godine pomaknuti minimalno 10 km od obale te 6 km od otoka. (sl. 5.).

Kako bi se povećalo crpljenje koriste se sekundarne metode, tj. u ležišta se utiskuje voda na 10 eksploatacijskih polja u Hrvatskoj. Metoda frakturiranja koristi se u propusnim ležištima koja se nalaze na velikim dubinama te ne dolazi do kontakta s vodonosnicima. Ne koriste se visoki tlakovi i velike količine vode jer masivno hidrauličko frakturiranje u Hrvatskoj nije dozvoljeno. Tijekom zadnjih nekoliko godina provode se pokusi s utiskivanjem ugljičnog dioksida i to u ležištima polja Ivanić-Grad i Žutica. (www.azu.hr)

#### 4.1.1. EKSPLOATACIJA NA KOPNU

Primjeri velikih naftnih polja na kopnu su: Beničanci, Stružec, Žutica, Šandrovac, Ivanić, Lipovljani, Jamarice, Đeletovci, Jagnjedovac i Bilogora, a neka od velikih plinskih polja su Molve, Bokšić, Kalinovac, Stari Gradac i Okoli. (OPP istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na kopnu, 2015). Glavna plinska ležišta sa 70% od ukupnih rezervi nalaze se u tri najveća plinska i plinsko-kondenzatna polja, a to su Molve, Kalinovac i Stari Gradac u zapadnom dijelu Dravske depresije. Molve daju od 70% do 75% plina i kondenzata godišnje u Hrvatskoj, te tako zadovoljavaju 50% domaćih potreba. Jedno od starih plinskih polja, Okoli, u Savskoj depresiji, pretvoreno je u podzemno skladište plina kapaciteta 500 milijuna m<sup>3</sup>.

Bušaće postrojenje (sl. 3.) sastoji se od noseće strukture, tj. bušaćeg tornja, koloturnog sustava, dizalice, pogonskih motora, prijenosnika, gornjeg (vršnog) pogona, vrtaćeg stola, isplačnih sisaljki, isplačne glave, sustava za pripremu i pročišćavanje isplake, sustava za zaštitu od erupcije, tj. preventerskog sklopa, cijevnih alatki (radna šipka, bušaće i teške šipke) i dlijeta te drugog alata. (OPP istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na kopnu, 2015). Za sprječavanje nekontroliranog izbacivanja slojnog fluida (nafte, plina i vode) kroz niz bušaćeg alata koriste se unutarnji preventeri, i to ako je potrebno u svim fazama izrade kanala bušotine. Vode koje se tijekom bušenja razliju po bušotinskom radnom prostoru, odvodnim betonskim kanalima skupljaju se u betonskom bazenu za izdvajanje krhotina stijena, tj. čvrstih čestica iz isplake. Iz bazena odvođe se u isplačnu jamu koja je privremena deponija za nabušeni materijal (stijene). Sanitarne otpadne vode se skupljaju u sabirnu jamu, a njeno pražnjenje izvodi

ovlaštena tvrtka. Ovakvim sustavom sprječava se onečišćenje okoliša koje bi uzrokovale otpadne vode.



Slika 3.: Primjeri bušačih postrojenja

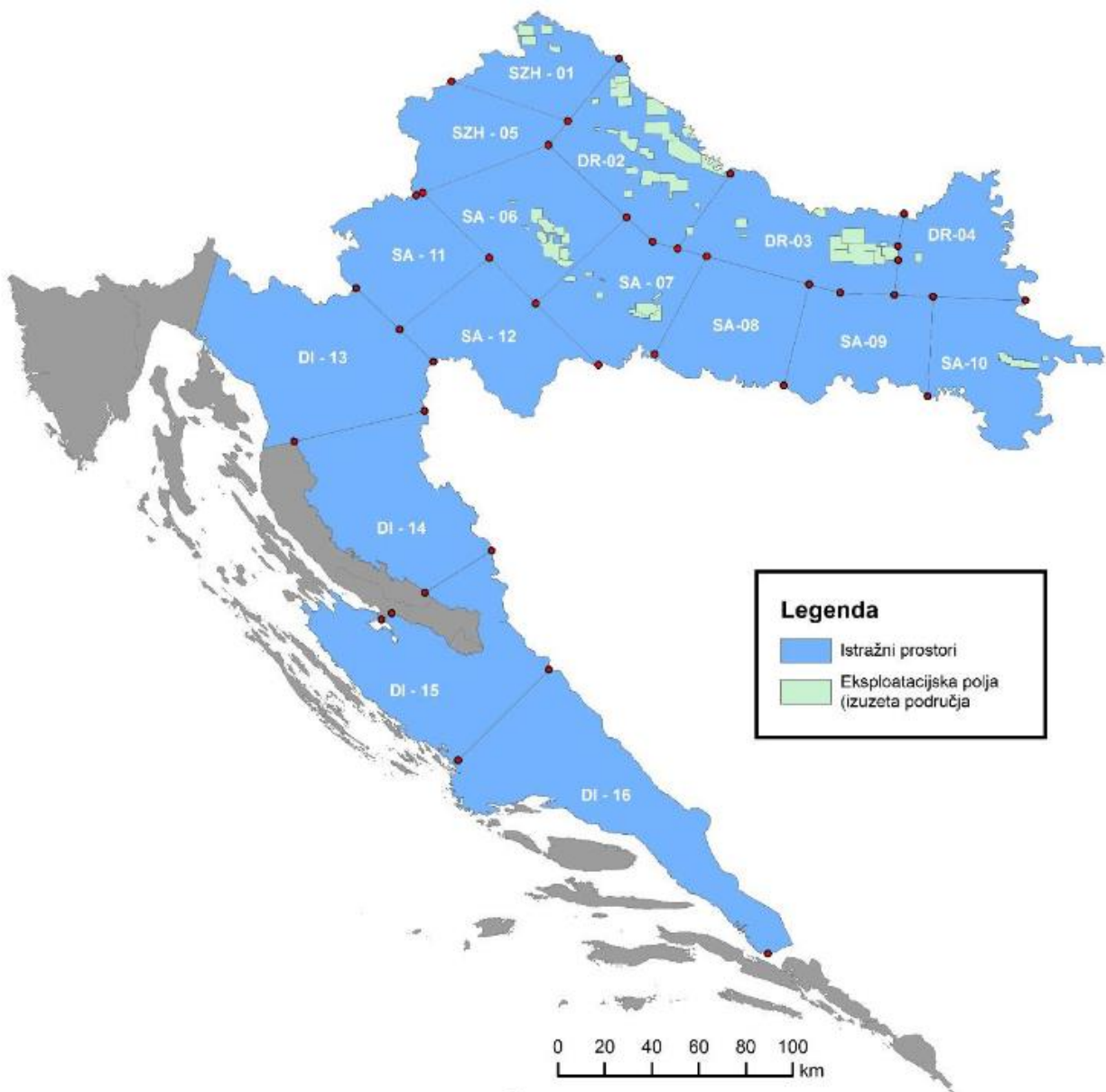
(OPP istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na kopnu)

Zakonskim mjerama se regulira i pokušava smanjiti utjecaj na okoliš. Neke od tih mjera su da udaljenost osi bušotine od zaštitnog pojasa plovnog kanala, željeznice, dalekovoda opće namjene, javnih objekata i stambenih zgrada, mora iznositi najmanje visina tornja uvećana za 10%. Od ruba pojasa autoceste i cesta prvog i drugog reda udaljenost osi bušotine treba iznositi najmanje 30 metara, a od drugih javnih prometnica i industrijskih, šumskih i poljskih putova najmanje 15 metara. Udaljenost osi bušotine od šume određuje se za svaku bušotinu individualno jer ovisi o podneblju, području, konfiguraciji terena i vrsti šume. Objekti za eksploataciju nafte, zemnih plinova i slojnih voda ne smiju biti bliže od 30 metara od ruba javnih objekata i stambenih zgrada, bliže od 10 metara od ruba pojasa, javnih prometnica i zaštitnog pojasa dalekovoda i telefonskih linija. Uređaj s otvorenim ložištem mora biti udaljen barem 30 metara od

ruha bilo kojeg postrojenja ili objekta za eksploataciju nafte, zemnih plinova i slojnih voda. Takvi uređaji, kao što su grijalo vode, grijalo nafte i sl. moraju se postaviti van zone opasnosti od požara. (Pletikapić, Z. i sur., 2015)

Likvidacija, tj. napuštanje bušotina provodi se po završetku izrade bušotine, temeljem ocjene postignutih i projektiranih vrijednosti istražne ili razradne bušotine (negativne bušotine), ako bušotina predstavlja opasnost i rizik za sigurnost ljudi, imovine i okoliša, ako je tehnički neispravna za daljnje korištenje, ako se smatra da postojeće bušotine nisu za daljnju upotrebu u procesu istraživanja i proizvodnje nafte i plina te u slučaju trajnog obustavljanja eksploatacije. Način likvidacije bušotina na kopnu propisan je Pravilnikom o tehničkim normativima pri istraživanju i eksploataciji nafte, zemnih plinova i slojnih voda. Radovima na likvidaciji bušotine mora se osigurati međusobna izolacija slojeva ugljikovodika i vodonosnih slojeva, odsijecanje kolone zaštitnih cijevi do dubine od najmanje 1,5 metar te zatvaranje ušća bušotine zaštitnom kapom. Okolina se mora očistiti te omogućiti da se zemljište upotrebljava za drugu namjenu. Međusobna izolacija slojeva ugljikovodika i vodonosnih slojeva postiže se postavljanjem cementnih čepova u kanal bušotine. Broj, duljina, mjesto i način postavljanja cementnih čepova definira se za svaku bušotinu posebno. (Pletikapić, Z. i sur., 2015)

U ljeto 2016. godine započela je probna proizvodnja plina na dva eksploatacijska plinska polja, Vučkovec i Zebanec, a početkom 2017. pokrenuta je proizvodnja na eksploatacijskom polju Vukanovec. Preduvjeti za novu proizvodnju bili su izgradnja potrebnih rudarskih i pratećih objekata. Izbušeno je i opremljeno pet proizvodnih bušotina te je izgrađeno 100 kilometara novih cjevovoda. Najveći dio cjevovoda otpada na otpremni plinovod kojim se proizvedeni plin iz Međimurja otprema prema Centralnoj plinskoj stanici Molve na daljnju obradu i čišćenje. Proizvodnja plina u sinergiji je s proizvodnjom nafte u Moslavini tako što se ugljikov(IV) oksid izdvajan iz međimurskog plina cjevovodom transportira do naftnih ležišta Žutica i Ivanić gdje se utiskuje u naftna ležišta radi pridobivanja dodatnih količina nafte u sklopu EOR (Enhanced Oil Recovery) projekta. Takav zatvoreni sustav proizvodnje koji se koristi na ovim postrojenjima bitan je za očuvanje okoliša jer se jaki staklenički plin ne ispušta u atmosferu. (www.ina.hr)



Slika 4.: Istražni prostori i eksploatacijska polja na području Panonskog bazena i Dinarida

(OPP istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na kopnu)

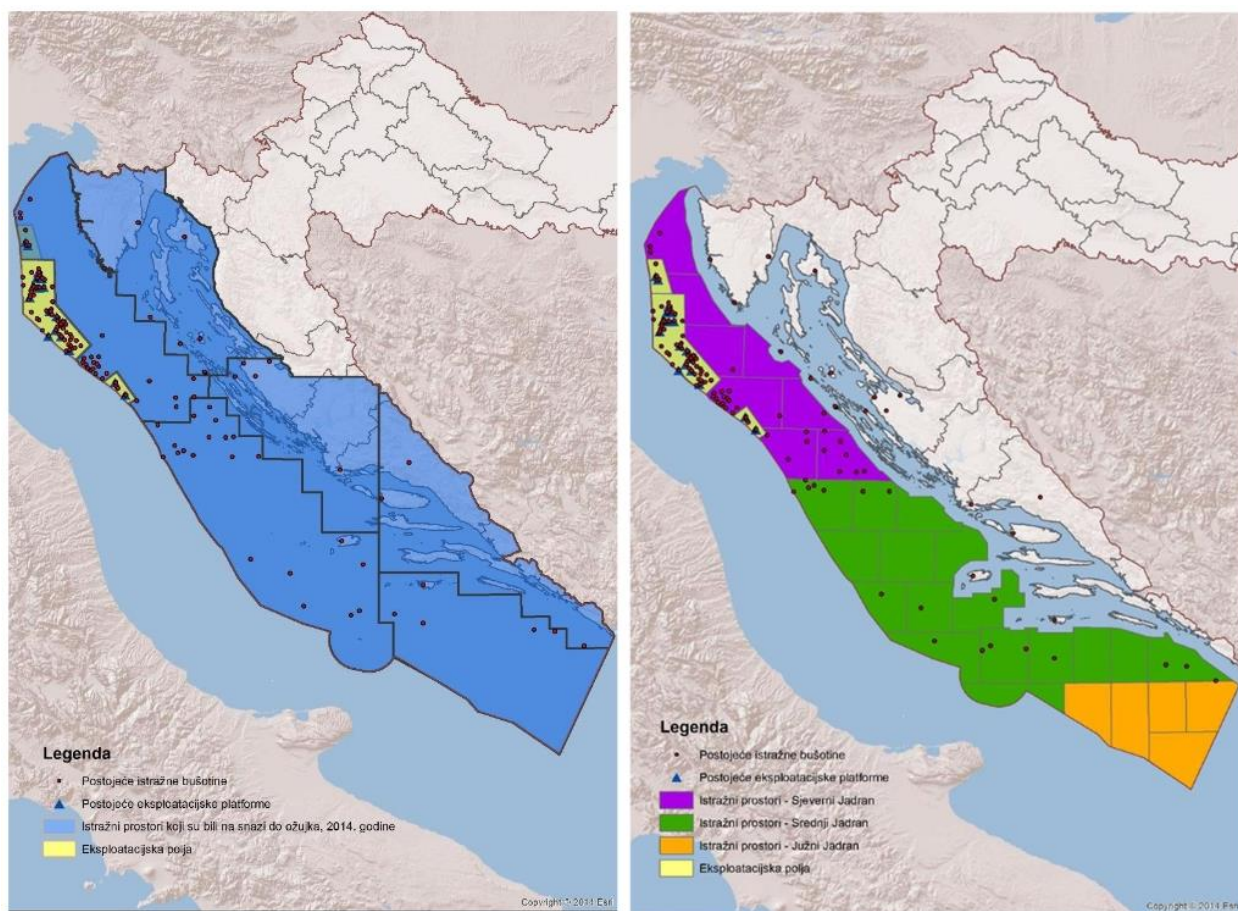
#### 4.1.2. EKSPLOATACIJA NA MORU

Platforme su tehnički plovni objekti, tj. pokretni odobalni objekti za istraživanje i eksploataciju podzemlja ili nepomični odobalni objekti za istraživanje i eksploataciju

podzemlja. Koriste se za istraživanje i za eksploataciju ugljikovodika iz podzemlja, a dijele se prema namjeni na bušaće, eksploatacijske i kompresorske platforme. Bušaće platforme se koriste za izradu, opremanje i ispitivanje bušotina, teremontne, SIMOPS i stimulacijske radove. U tijeku bušenja, palube platforme opremljene su sustavom skupljanja kišnice s palube što sprječava otjecanje zagađene kišnice u more. Tako skupljeni fluidi stavaljaju se u specijalne spremnike te zbrinjavaju na način koji isključuje i najmanje zagađenje mora. Cijeli proces izrade bušotine temelji se na sprečavanju nastanka opasnih situacija i konstantnom nadzoru kako bi se moglo intervenirati u što kraćem roku. Eksploatacijske platforme koriste se za pridobivanje, pripremu za transport i transport. Kompresorske platforme se koriste za oplemenjivanje te također za pripremu za transport i transport ugljikovodika. Platforme se smještaju prema pomorskim propisima i s obzirom na prirodne čimbenika. Metalna konstrukcija platforme, metalna postrojenja, instalacije i uređaji se propisno štite od korozije. U zonu sigurno, koja je određena oko svake platforme, zabranjen je pristup neovlaštenim plovilima. Nije dozvoljeno sidrenje plovila, ribarske aktivnosti i uplov unutar zabranjenog područja – perimetar 500 m mjereno od osi platforme, odnosno na rutama podmorskih cjevovoda. Platforme za proizvodnju nafte i plina se međusobno ne razlikuju. Imaju istu tehnologiju i bazirane su na zatvorenom sustavu, tzv. „zero pollution“. Na jednu platformu može biti spojeno nekoliko eksploatacijskih bušotina ovisno o samom ležištu. Na primjer na sjevernom Jadranu u Hrvatskoj otkriveno je dvadeset dva nalazišta plina te postoji devetnaest plinskih proizvodnih platformi i jedna kompresorska na koje je spojeno pedeset jedna eksploatacijska bušotina unutar tri eksploatacijska polja iz kojih se godišnje proizvede oko 1,2 milijarde m<sup>3</sup> plina. (Mesarić, M. i sur., 2015.)

Proces crpljenja i upravljanje radom svih platformi je automatski i samoregulirajući. Upravljanje cijelim procesom eksploatacije odvija se putem platformi Ivana A i Annamaria A koje su jedine platforme sa stalnom posadom. Na svakoj platformi postavljen je sustav za unutarnje čišćenje i kontrolu cjevovoda te sustav ispuha platforme kroz hladni ispuh. Ugrađeni su visokotlačni i niskotlačni vertikalni sustavi ispuha u funkciji rasterećenja postrojenja te horizontalni sustav ispuha koji služi kao baklja za spaljivanje plina kod pokretanja eksploatacije ili tijekom remonta opreme. Sustav zaustavljanja procesa u slučaju nužde ima mogućnost djelovanja na sve ventile

za zaustavljanje, ventile sustava ispuha i sustav zaštite od požara. Imaju ugrađene vatrozaštitne sustave za detekciju vatre i plina koji ručno ili automatski detektira i provodi postupke u svrhu zaštite od vatre i zapaljivih plinova. Proces zbrinjavanja slojne vode obuhvaća separaciju prirodnog plina i slojne vode na svakoj od eksploatacijskih platformi, transport slojne vode podmorskim cjevovodima do platformi na kojima se provodi postupak pročišćavanja do razine ukupnih ugljikovodika od 40mg/L, nakon čega slijedi ispuštanje u more kroz uronjeni keson. U slučaju potrebe sadržaj kesona se uronjenom pumpom prazni u servisni brod koji sadržaj otprema ovlaštenoj pravnoj osobi na zbrinjavanje. Uređaji za pročišćavanje slojne vode nalaze se na platformama Ivana A, Ika A, Marica, Katarina i Annamaria A. (Mesarić, M. i sur., 2015.)



Slika 5.: Istražni prostori u Jadranu prije i nakon 2. travnja 2014. godine  
(OPP istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na Jadranu)



## 5. TRANSPORT I PRERADA UGLJIKOVODIKA

Sustav skupljanja proizvedenog fluida podrazumijeva spajanje proizvodne bušotine (sl.6.) i postrojenja za obradu priključnim cjevovodom. Postoje tri sustava prikupljanja, a to su pojedinačni sustav, grupni sustav i zbirni sustav. Nakon odvajanja tekuće i plinske faze, fluidi se cjevovodima transportiraju do središnjeg postrojenja za obradu. Cjevovodi se međusobno razlikuju po karakteristikama kao što su promjer, debljina stijenke i kakvoća materijala izrade. Priključni cjevovodi kojima se fluid transportira od bušotine do mjerne stanice obično su manjeg promjera od cjevovoda za transport fluida od mjerne do sabirne ili centralne plinske stanice. Najčešće su izrađeni od čelika, iako mogu biti i od plastike. Magistralni cjevovodi kojima se nafta ili plin transportiraju od otpremne odnosno centralne plinske stanice u pravilu su čelični i većeg promjera te se njihov rad konstantno nadzire. (Pletikapić, Z. i sur., 2015.)



.)

Slika 6.: Naftna bušotina s dubinskom sisaljkom

(OPP istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na kopnu)

Naftne bušotine su na površini spojene naftovodima na mjerne stanice na kojima se u separatorima odvajaju pojedine komponente – nafta, voda i plin. Nakon obrade nafta se naftovodima otprema na otpremnu stanicu gdje se izdvaja preostala voda te se skladišti u rezervoarima prije otpreme na konačnu preradu u rafineriju. Sirova nafta se naftovodima prevozi do Siska, a zatim se dio željeznicom prevozi do Rafinerije nafte Rijeka. U rafineriji se prerađuje u konačne produkte za tržište. Izdvojeni naftni plin se plinovodima s mjernih stanica doprema do kompresorskih stanica gdje se preostala količina vode dodatno odvaja postupkom dehidracije te povećava tlak kako bi plin bio spreman za otpremu u dva smjera – u transportni sustav Republike Hrvatske ili prema Objektu frakcionacije Ivanić Grad. (Pletikapić, Z. i sur., 2015)

Plinske bušotine na kopnu su plinovodima spojene na plinsku stanicu gdje se odvajaju plin, plinski kondenzat i voda. Nakon toga, plin potrebne kvalitete otprema se u transportni sustav Republike Hrvatske, a plinski kondenzat na daljnju obradu. Postupci pripreme plina za transport zahtijevaju često kompleksnije aktivnosti – u Objektu prerade plina Molve, izvode se složeniji postupci čišćenja plina od štetnih primjesa (uglični dioksid, spojevi sumpora, živa te merkaptani) i mehaničkih nečistoća prije otpreme u transportni sustav Republike Hrvatske ili prema Objektu frakcionacije Ivanić Grad čija je osnovna namjena obrada prirodnog plina do razine pogodnosti za plinski transportni sustav ili izdvajanje ukapljenih naftnih plinova za kućanstva i vozila, kao i drugih proizvoda za industrijske kupce. (Pletikapić, Z. i sur., 2015)

Za sabiranje i otpremu plina na moru izgrađena je mreža podvodnih plinovoda i ostalih cjevovoda koja čini odobalni sabirno-transportni sustav spojen na hrvatski plinski transportni sustav i indirektno na talijanski plinski sustav. Protok plina iz ležišta se kontrolira površinskim erupcijskim uređajem i ručno podesivom sapnicom te ulazi u separator gdje se odvaja kapljevina od plina. Bušotine na platformama su opremljene dubinskim sigurnosnim ventilom koji se ugrađuje na oko 50 metara od dna mora što osigurava zatvaranje bušotine u slučaju poremećaja. Eksploatacijski odobalni objekti bez posade potpuno su automatizirani, a kontrola i upravljanje izvodi se bežičnom vezom s platformama Ivana A i Annamaria A. Srce tog sustava je kompresorska platforma Ivana K (sl. 7.) gdje se provodi komprimiranje i dehidracija proizvedenog plina

te osigurava potrebna kvaliteta plina za ulazak u plinski transportni sustav Hrvatske. (Mesarić, M. i sur., 2015.)



Slika 7.: Eksploatacijska platforma Ivana A i kompresorska platforma Ivana K  
(OPP istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na Jadranu)

## 5.1. JADRANSKI NAFOTOVOD

Naftovodno-skladišni sustava pušten je u rad 1979. godine te je strateški značajan čimbenik sigurnosti opskrbe rafinerija u šest država jugoistočne i srednje Europe. Osnovne djelatnosti JANAF-a uključuju transport nafte te skladištenje nafte i naftnih derivata. Naftovodni sustav zatvoren je industrijski objekt koji pri normalnom radu nema krutih, tekućih ni plinovitih emisija te uz provedene mjere zaštite ne onečišćuje okoliš. Naftovod prolazi kroz područja različitih karakteristika - more, šume, ravnice, naseljena i nenaseljena područja, vodoopskrbne zone, prolazi ispod cesta, rijeka i željeznica te se sukladno području primjenjuju i mjere zaštite okoliša. Sigurnost sustava temelji se na sprječavanju mogućih nesreća prije nego se dogode s obzirom da tek kod nesreća i poremećaja u radu dolazi do onečišćenja i značajnog utjecaja na okoliš. Za Terminal Omišalj, Terminal Sisak, Terminal Virje i Terminal Žitnjak vrijedi *Politika sprječavanja velikih nesreća koje uključuju opasne tvari*. Osim grešaka u radu, poremećaju u samom tehnološkom procesu u obzir se uzimaju i jače prirodne nepogode. (www.janaf.hr)

Osim naftovodima, transport se odvija i kopnenim putem i to vlakovima i kamionima te morskim putem tankerima. Kod ovih načina transporta postoji i velika opasnost za okoliš u vidu nesreća koje se teško mogu predvidjeti iako postoje strogi propisi ponašanja i upravljanja takvim vozilima. Izlijevanje nafte iz tankera, vlaka i kamiona dovelo bi do velikih problema za okoliš s obzirom da naftni derivati imaju veliku sposobnost penetracije u tlo i vezanja organske tvari, a na površini mogu stvoriti nepropusni film što dovodi do onemogućavanja normalnog kruženja vode i plinova u prirodi. Isto tako se stvaraju masne mrlje na površini vode koje mogu biti velikih dimenzija i ugroziti život u vodi ispod njih. Tu do izražaja dolazi sustav spremnosti brzih reakcija u rješavanju i sprječavanju zagađenja.

## 5.2. RAFINERIJE

Rafinerije su industrijski pogoni za preradu nafte i dobivanje naftnih derivata te zapravo imaju najviše utjecaja na okoliš u cijeloj industriji ugljikovodika. Iz procesnih postrojenja rafinerija dolazi do emisija u okoliša, u vode, zrak te opterećenja okoliša bukom uz nastajanje različitih vrsta otpada. Sve to narušava zdravstvenu isplavnost vode, zraka, tla te na kraju i čovjeka stoga su potrebne stroge kontrole kvalitete izlaznih produkata iz rafinerija te kontrolirano odlaganje i pročišćavanje.

### 5.2.1. Rafinerija nafte Sisak

Rafinerija nafte Sisak je smještena u južnom dijelu industrijske zone grada Siska uz ušće rijeke Kupe u Savu. Sa istočne strane graniči s Termoelektranom Sisak, a sa svoje zapadne strane je omeđena prometnicom i željezničkom prugom. Rafinerija nafte Sisak se nalazi na relativno velikom prostoru i predstavlja zaokruženu tehnološku cjelinu prerade nafte koja obuhvaća: dopremu sirove nafte, preradu nafte, namješavanje proizvoda, otpremu proizvoda, proizvodnju struje, vode i pare te obradu otpadnih voda. Rafinerija neposredno graniči s naseljima Grada Siska, a planira se i novo postrojenje za proizvodnju 2G bietanola koje će biti smješteno u novom dijelu rafinerije. Dio postojećih postrojenja će se ukloniti kako bi se dobio slobodni prostora za izgradnju Biorafinerije. (Budiša, M., i sur., 2017)

Prema karti seizmičke mikrorajonizacije seizmičnost varira u granicama VII do VIII stupnjeva MCS skale. Nalazi na osjetljivom vodnom području „Dunavski sliv“, ali ne na ranjivom vodnom području. Temeljem nacionalne klasifikacije staništa nalazi se na industrijskom i obrtničkom području. Najbliža zaštićena područja su udaljena više kilometara. (Budiša, M., i sur., 2017)

Prema karti buke, izloženost stanovništva naselja Caprag razinama buke koja potiče iz industrijskih postrojenja Rafinerije nafte Sisak može se okarakterizirati kao znatna dok je izloženost stanovništva izvan naselja Caprag niska. Otpad iz rafinerije je procesni otpad koji nastaje tijekom prerade, manipulativni otpad koji nastaje kod skladištenja i transporta proizvoda, otpad od obrada otpadnih voda, otpad nastao tijekom remonta procesnih jedinica i čišćenja rezervoara. Otpad se privremeno skladišti na tri lokacije unutar rafinerije. U Rafineriji nafte Sisak godišnje nastaje oko 2500 tona opasnog otpada i oko 1300 tona neopasnog otpada. Otpad zbrinjavaju ovlaštene pravne i fizičke osobe. Rafinerija ima pet jedinica za obradu otpadnih voda i pet ispusta za ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u Kupu i Savu. Za potrebe rada većinu vode dobiva iz vlastitog vodozahvata. Mjerenje kvalitete zraka u okviru državne mreže provodi se na automatskoj mjernoj postaji Sisak-1, a u okviru lokalne mreže, mjerenje kvalitete zraka provodilo se na dvije automatske mjerne postaje Sisak-2 i Sisak-3, koja više ne provodi mjerenja. (Budiša, M., i sur., 2017)

### 5.2.2. Rafinerija nafte Rijeka

Rafinerija nafte Rijeka (sl. 8.) je jedno od danas najstarijih aktivnih svjetskih postrojenja za preradu nafte, treća je po starosti djelatna rafinerija na europskom kontinentu. U sklopu Rafinerije izgrađene su ceste i željeznica, sa svim uređajima za otpremu naftnih derivata. Otprema se odvija i morskim putem preko luke. Rafinerija ima vlastite luke, priveze i uređaje na moru za dopremu i otpremu roba, nafte i naftnih derivata. Povezana je podmorskim naftovodom i naftnim terminalom u Omišlju na otoku Krku. Osim željeznicom iz Siska, u Riječku rafineriju nafta dolazi i s međunarodnih tržišta, tj. brodom do JANAF-ovih terminala u Omišlju na Krku te naftovodom do rafinerije. Moguća je prerada različitih nafti, a trenutačno u najvećoj

mjeri prerađuje nisko sumpornu, laganu, slatku naftu (npr. Azeri) koja u usporedbi s naftom s domaćih polja daje bolju strukturu proizvoda (više dizela) i ne sadrži živu.

U rafineriji se nafta skladišti u spremnicima, odakle se pumpa u rafinerijska postrojenja za primarnu preradu nafte. U tim postrojenjima koristi se proces atmosferske destilacije kako bi se sirova nafta razdvojila na pojedine komponente, tj. frakcije. Najlakše frakcije nafte koriste se za proizvodnju ukapljenog naftnog plina. Benzinske frakcije nafte prerađuju se u nekoliko sekundarnih postrojenja koje podižu kvalitetu frakcija tako da se mogu primijeniti za namješavanje benzina odgovarajuće kvalitete za pogon automobilskih motora. Srednje frakcije nafte se prerađuju u sekundarnim postrojenjima s ciljem postizanja kvalitete potrebne za proizvodnju avionskog goriva (kerozina), dizela za pogon automobila i kamiona, te ekstra lakog lož ulja koje se koristi u sustavima grijanja kućanstava. Najteže frakcije nafte se dalje prerađuju u postrojenjima za preradu teških frakcija, gdje se dio najtežih komponenata nafte kemijskim procesima prerađuje u lakše frakcije, koje se mogu koristiti u proizvodnji benzina, kerozina i dizela. Dio najtežih frakcija nafte koje se ne mogu dalje preraditi koriste se za proizvodnju teških lož ulja koja se koriste kao brodska goriva, te kao gorivo u termo elektranama. Kontinuirano se provodi praćenje stupnja zagađenja zraka (direktno na izvoru zagađenja, ne u naseljima), tla i vode, a rafinerija ima vlastiti pročišćivač voda. (Bilić, S. i sur., 2020)

Nedavno je s radom započelo novo postrojenje Propan propilen splitter gdje ukapljeni naftni plin iz rafinerijske prerade prolazi proces pročišćavanja i razdvajanja na propan i propilen visoke čistoće. Ovako razdvojene faze se zatim skladište u četiri ukopana spremnika koji su preko nove pumpne stanice spojeni s instalacijama za otpremu. U 2023. godini s radom će započeti postrojenje za obradu teških ostataka, a modernizacija rafinerije se provodi i rekonstrukcijom postojećih postrojenja, novom lukom sa zatvorenim skladištem za naftni koks te većom ukupnom složenosti. ([www.ina.hr](http://www.ina.hr))



Slika. 8: Panoramski pogled na postrojenje Rafinerije nafte Rijeka

(Elaborat zaštite okoliša: Rekonstrukcija INA-Rafinerije nafte Rijeka-izgradnja koking kompleksa: segment luke, skladišta i transportnog sustava za koks)

## 6. INDUSTRIJA I OKOLIŠ

Strateška studija utjecaja na okoliš je stručna podloga koja obuhvaća sve potrebne podatke, obrazloženja i opise. Studijom se određuju, opisuju i procjenjuju vjerojatno značajni utjecaji na okoliš koji mogu nastati provedbom plana ili programa uključujući različita rješenja koja uzimaju u obzir ciljeve i obuhvat plana i programa. Namjera je osigurati da posljedice po okoliš i zdravlje budu unaprijed analizirane i svedene na minimum.

Sigurnosni sustav eksploatacijskih naftnih i plinskih bušotina sastoji se od izvršnih organa (dubinski sigurnosni ventil i zasuni s hidrauličkim aktuatorima) i upravljačkog uređaja (kontrolno-blokadni uređaj). Kontrolno-blokadni uređaj služi za automatsko zatvaranje bušotine u slučaju poremećaja u radu koji može ugroziti bilo bušotinu ili njezin okoliš. Blokada bušotine će nastupiti kod visokog ili niskog tlak u priključnom plinovodu, kod niskog tlaka na vrhu erupcijskog uređaja te kod daljinske ručne blokade. ([www.azu.hr](http://www.azu.hr))

Iako kod pravilnog rada platforme nemaju emisiju štetnih tvari, značaj utjecaj na okoliš se događa kod bušenja, tj. seizmičkih aktivnost zbog razine buke koja izuzetno loše djeluje na morske životinje, pogotovo kitove i kornjače. S obzirom na visoku razinu buke u Jadranu treba provoditi mjere za smanjenje buke i prije i tijekom samih seizmičkih aktivnosti. I kako je općenito veliki pritisak na morski ekosustav od strane različitih djelatnosti u Jadranskom moru ne smije se vršiti seizmička aktivnost na više od tri istražna polja odjednom. (Mesarić, M. i sur., 2015)

Rafinerije su same po sebi veliki zagađivači, ali se u današnje vrijeme sve više pozornosti posvećuje zaštiti okoliša pa tako se i rad rafinerija strogo kontrolira zakonima. Iako je teško eliminirati zagađivanje, teži se smanjenu svih vrsta emisija štetnih tvari. Izgrađeni su pročišćivači voda i zraka, rade se studije utjecaja na okoliš



## 6.1. PROJEKT EOR

INA je prva u primjeni EOR (EOR – enhanced oil recovery) metode proizvodnje nafte u Hrvatskoj. Naime, od 2014. godine utiskuje se ugljični dioksid u polje Ivanić, a od 2015. godine u polje Žutica, s ciljem povećanja proizvodnje nafte i plina. Ekološka dimenzija ovog projekta je u tome što je u podzemlju trajno skladište značajne količine CO<sub>2</sub> čime se smanjuju emisije u zrak. (www.ina.hr) Ovakvo trajno skladištenje CO<sub>2</sub> je globalna ideja za smanjenjem efekta staklenika, a smatra se da su upravo ležišta ugljikovodika pogodna jer su kroz vrlo dugo razdoblje zadržavala naftu i plin što pokazuje da bi trebala tako zadržavati i CO<sub>2</sub>. (www.ina.hr)

## 6.2. OPASNOSTI OD HAVARIJA

Kao što je već rečeno, bušotine, platforme i naftovodi, ako rade normalno i prema pravilima nemaju skoro nikakvih štetnih emisija u okoliš te su jedine opasnosti velike nesreće. To uključuje požare, eksplozije, pucanja dijelova postrojenja i sl. što bi dovelo do emisije velike količine štetnih tvari u zrak, vodu ili tlo. Kod transporta se te nesreće obično manifestiraju u vidu razlijevanje nafte po tlu ili vodi (ovo je problem i kod običnih prometnih nesreća kad iz vozila iscure gorivo, ali to zahvaća puno manje površine). Kod razlijevanja nafte iz cisterni dolazi do prekrivanja velike površine tla ili kopnenih voda slojem nafte. Nafta ima veliku mogućnost penetracije u tlo i vezanja za organske tvari, uz to nastaje i nepropusni film na površini koji sprječava kruženje vode i kisika. Dolazi do izravnog utjecaja na biljke i životinje. Ako dođe do tekućih voda, osim što narušava uvjete u vodi, zagađenje se i širi dalje po vodotoku. Havarije tankera na moru su vjerojatno i najpoznatije nesreće koje se vežu uz naftu. Očituju se u vidu velikih naftnih mrlja na površini mora koje se prošire na velike površine te onemogućuju prodor svjetlosti i kisika što izravno utječe na podvodni živi svijet. Osim na živi svijet u Hrvatskoj bi havarija velikih razmjera direktno utjecala i na turizam u slučaju širenja nafte uz obalu. A kao dodatni problem javlja se činjenica da Hrvatska nema vlastiti brod specijaliziran za čišćenje nafte već na raspolaganju ima brod čistač stacioniran u Italiji.

## 7. ZAKLJUČAK

Iako cjelokupna industrija ugljikovodika pridonosi zagađenju okoliša, ona je još uvijek neophodna za funkcioniranje suvremenog svijeta te kao takvu ju treba prihvatiti i što više prilagoditi prirodi. Napredak je očit kako u samim zakonima tako i u poslovanju. Posljednjih godina, Republika Hrvatska je postrojila uvjete zaštite okoliša prilikom izvođenja istraživanja i eksploatacije ugljikovodika. Maksimalna razina zaštite okoliša i odgovornost investitora ugrađeni su u *Zakon o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika*, u uvjete javnih nadmetanja, dozvole za istraživanje i eksploataciju te ubuduće ugovore o istraživanju i podjeli eksploatacije ugljikovodika. Iako polako, ali napreduje se prema smanjenju emisija štetnih tvari u zrak, vodu i tlo. Pozitivno je to što Hrvatska ne dozvoljava nikakve aktivnosti u zaštićenim područjima, a iz istražnih prostora su isključeni otoci i more unutra deset kilometara od obale.

Prema dosadašnjem iskustvu u Hrvatskoj najveći utjecaj na okoliš imaju rafinerije, i to ne samo okoliš nego i na zdravlje ljudi. Vidljivo da se radi na modernizaciji i prilagodni postrojenja, ali svakako ima još mjesta za napredak. Što se tiče Jadranskog mora koje je mnogima predmet zabrinutosti jer je zatvoreno i malo more, činjenica je da dosad na Hrvatskim platformama nije bilo nikakvih nesreća koje bi dovele do velikih zagađenja što pokazuje da se održava određena sigurnost. Ali tu dolazi druga strana priče jer Jadransko more nije samo Hrvatsko te ovisimo o drugim zemljama (Italija) koje već, osim plina, eksploatiraju i naftu u svom dijelu podmorja. Dakle, ne ovisi Jadran samo o hrvatskoj industriji već o zajedničkoj svijesti o pravilnom upravljanju prirodnim resursima.

Najbolji način je svakako preventivno djelovanje u spriječavanju katastrofa koje se temelji na tome da se ne može početi ni sa kakvim aktivnostima ukoliko nisu osigurani svi resursi koji u trenutku mogu reagirati i spriječiti nesreću. U ovoj industriji je zaista uvijek bolje spriječiti štetu na vrijeme nego kasnije popravljati. A kako je novac danas ono što pokreće svijet investitore se najlakše motivira kaznama, tj. ukoliko do štete dođe, sve troškove za nastalu štetu kao i saniranje iste snosi investitor.

## 8. LITERATURA

- Matić, J., Gaurina-Međimurec, N., Prpić, D. i Novak Mavar, K. (2020) *Eksploatacija ugljikovodika na kopnu Hrvatske i procjena utjecaja na okoliš*. U: Brkić, M. & Mikulić, N. (ur.) Četvrta regionalna konferencija o procjeni utjecaja na okoliš
- Bilić, S., Salopek, A., Vučković Klarić, A., Mandić, J., Bajsić, M., Kralj, E., Vidović, D., Gatar, D., Zdolec, I., Čondić, D. (2020.): *Elaborat zaštite okoliša: Rekonstrukcija INA-Rafinerije nafte Rijeka-izgradnja koking kompleksa: segment luke, skladišta i transportnog sustava za koks*. Primorsko-goranska županija. 180 str.
- Budiša, M., Mikulić, K., Vasiljević, R., Burela, S., Strsoglavec, D., Petrić, M. (2017.): *Ne – tehnički sažetak studije o utjecaju na okoliš za postrojenje za proizvodnju bioetanola druge generacije u Rafineriji nafte Sisak*. Zagreb. 22 str.
- Benac, Č. (2016.) *Rječnik pojmova u općoj i primjenjenoj geologiji*. Građevinski fakultet u Rijeci, 191 str.
- *Okvirni plan i program istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na kopnu*, Zagreb, 2015., 95 str.
- Pletikapić, Z., Kereković, A., Mišetić, S., Mesarić, M., Likić, J., Peleš, P., Božić, B., Safner, T., Mesarić, M., Lekić, A., Dobroš, M., Gredelj, M., Delić, D., Gudac, I., Fundurulja, D., Gaurina-Međimurec, N., Simon, K., Velić, J., Velić, I., Gašparović, I., Tolić, I., Dumbović Bilušić, B., Vekić, A., Husnjak, S., Herak, M., (2015.): *Strateška studija utjecaja na okoliš za Okvirni plan i program istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na kopnu*. Zagreb, 557 str.
- *Okvirni plan i program istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na Jadranu*, Zagreb, 2015. (str. 4., 7.-9.)
- Mesarić, M., Likić, J., Safner, T., Peleš, P., Dobroš, M., Božić, B., Gredelj, M., Delić, D., Gudac, I., Harmel, M., Strmšnik, K., Privšek, A., Gaurina-Međimurec, N., Velić, J., Zec, D., Gelo, B., Holcer, D., Mackelworth, P.C., Lazar, B., (2015.):

Industrija ugljikovodika i utjecaj na okoliš u Hrvatskoj

*Strateška studija o vjerojatno značajnom utjecaju na okoliš Okvirnog plana i programa istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na Jadranu. Zagreb, 624 str.*

Internetski izvori:

- [www.azu.hr](http://www.azu.hr) (26.9.2020.)
- [www.ina.hr](http://www.ina.hr) (26.9.2020.)
- [www.janaf.hr](http://www.janaf.hr) (26.9.2020.)