

Parametri procjene nekonvencionalnih ležišta u EU

Birkić, Vinko

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:360766>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-30**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Preddiplomski studij naftnog rudarstva

PARAMETRI PROCJENE NEKONVENCIONALNIH LEŽIŠTA U EU

Završni rad

Vinko Birkić
N4429

Zagreb, 2022.

PARAMETRI PROCJENE NEKONVENCIONALNIH LEŽIŠTA U EU
VINKO BIRKIĆ

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za naftno plinsko inženjerstvo i energetiku
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Porastom potrošnje energenata kao i nastojanje svake pojedine države za neovisnošću po pitanju istih dovodi do sve većeg fokusa na istraživanje i eksploataciju ugljikovodika iz nekonvencionalnih ležišta. U radu su pobliže opisani tehnološki procesi za pridobivanje takvih ugljikovodika, parametri koji se procjenjuju prilikom izvođenja takvih radova te utjecaj na okoliš kojim su ovakvi radovi u nekim državama prepoznati kao ekološka prijetnja.

Ključne riječi: slabopropusne formacije, nekonvencionalno ležište, omjer propusnosti i viskoznosti

Završni rad sadrži: 19 stranica, 11 slika, i 17 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta,
Pierottijeva 6, Zagreb

Mentori: Dr. sc. Domagoj Vulin, redoviti profesor RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Domagoj Vulin, redoviti profesor RGNF
Dr. sc. Vladislav Brkić, izvanredni profesor RGNF
Dr. sc. Borivoje Pašić, izvanredni profesor RGNF

SADRŽAJ

POPIS SLIKA...	I
POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I PRIPADAJUĆIH SI JEDINICA	II
POPIS KRATICA...	III
1. UVOD	1
2. NEKONVENCIONALNA LEŽIŠTA	2
2.1. Geografski smještaj nekonvencionalnih ležišta u zemljama EU	6
3. TEHNOLOGIJA ZA EKSPLOATACIJU NEKONVENCIONALNIH LEŽIŠTA	9
3.1. Horizontalno bušenje	9
3.2. Hidrauličko frakturiranje	10
3.2.1. Utjecaj frakturiranja na okoliš	10
4. PARAMETRI PROCJENE NEKONVENCIONALNIH LEŽIŠTA	12
5. ZAKONSKA REGULATIVA EU	13
6. PRIHVAĆANJE JAVNOSTI	15
7. ZAKLJUČAK	17
8. LITERATURA	18

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Način slaganja zrna, povezanost pora, poroznost i propusnost stijene.....	2
Slika 2-2. Odnos složenosti pridobivanja i cijene te razine tehnologije kod pridobivanja ugljikovodika.....	3
Slika 2-3. Klasifikacija nekonvencionalnih ležišta prema viskoznosti i propusnosti	4
Slika 2-4. Plin u slabopropusnim pješčenjacima.....	5
Slika 2-5. Metan u metanskim hidratima	6
Slika 2-6. Geografska područja za eksploataciju plina iz nekonvencionalnih ležišta.....	7
Slika 2-7. Slabopropusni pješčenjak male poroznosti iz RH	8
Slika 3-1. Horizontalno bušenje	9
Slika 3-2. Hidrauličko frakturiranje	10
Slika 5-1. Hidrauličko fakturiranje u europskoj	13
Slika 6-1. Prosvjedi protiv frakturiranja.....	15

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I PRIPADAJUĆIH SI JEDINICA

Oznaka	Jedinica	Opis
L	mm	duljina
μ	mPas	viskoznost
k	mD	propusnost

POPIS KRATICA

EIA- Administracija za energetske informacije (engl. *U.S. Energy information administration*)

EU- Europska Unija

IEA- Međunarodna agencija za energiju (engl. *International energy agency*)

SAD- Sjedinjene Američke Države

RH- Republika Hrvatska

PAH- Policiklički aromatski ugljikovodici (engl. *polycyclic aromatic hydrocarbons*)

1. UVOD

Porastom potrošnje energenata kao i nastojanje svake pojedine države za neovisnošću po pitanju istih dovodi do sve većeg fokusa na istraživanje i eksploataciju ugljikovodika iz nekonvencionalnih ležišta.

Što se tiče istraživanja i eksploatacije nekonvencionalnih ugljikovodika, EU je još uvijek u ranoj fazi istraživanja. Aktivnost pridobivanja plina iz škriljavca u EU i dalje je vrlo niska. Od ukupnog broja bušotina iz škriljavca, samo 3% ih se nalazi izvan Sjeverne Amerike. Istodobno, već postoji komercijalna proizvodnja izvora plina iz nisko propusnih (engl. *tight reservoirs*) slojeva te metana iz ležišta ugljena.

Korištenje hidrauličkog frakturiranja horizontalnih bušotina EU bilo je ograničeno, a tome je uglavnom prethodila niska cijena plina i nafte kao i problem s javnošću.

Ipak, preko 130 bušotina za proizvodnju plina iz škriljavca su već izbušene ili se planiraju izbušiti u EU (od čega je najmanje 14 horizontalnih bušotina frakturirano), a stotine bušotina su razmatrane za proizvodnju metana iz ugljena (engl. *coal-bed methane*). Ovaj popis možda nije u potpunosti sveobuhvatan, budući da je prikupljanje podataka prvenstveno bilo usmjereno na bušotine za proizvodnju plina iz škriljavca.

U pogledu dostupnosti tehničkih podataka i podataka o okolišu za identificirane bušotine, neki problemi s povjerljivošću od strane operatera sprječavaju pristup geološkim podacima. Ako se objave, podaci su obično u *sirovom* digitalnom formatu. Što se tiče podataka o okolišu, oni se mogu prikupiti samo za određene lokacije.

Od velike je važnosti prosuditi koji su podaci više, a koji manje važni. U tom bi kontekstu bilo poželjno aktivnije dijeljenje znanja između operatera i istraživačkih centara.

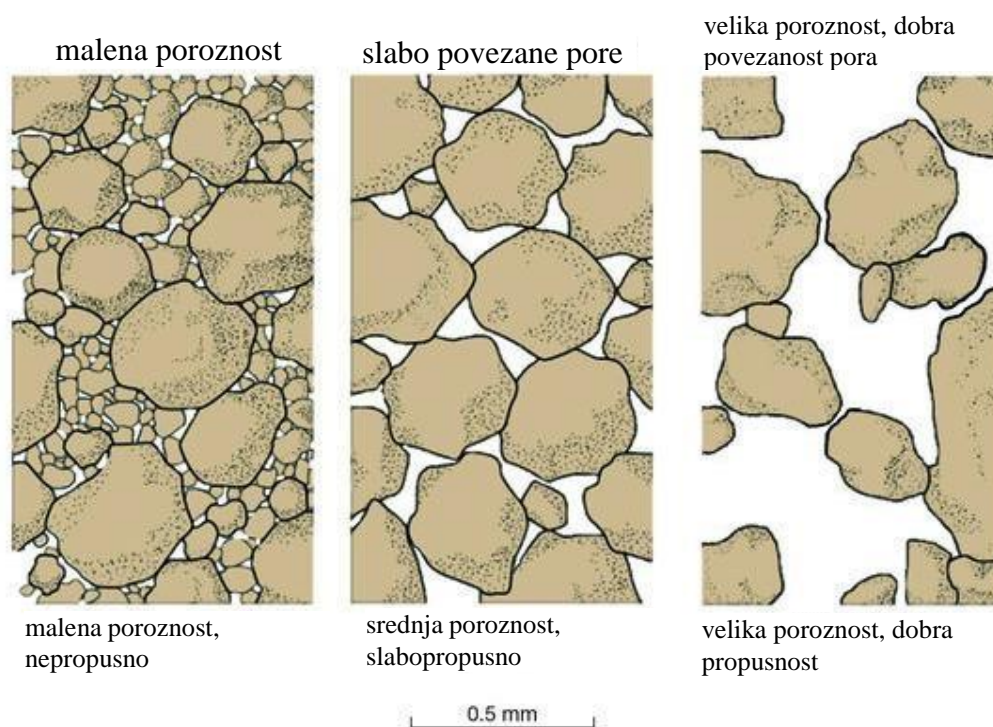
Nekonvencionalni izvori su u EU različito rasprostranjeni, a mogućnost njihovog iskorištavanja ovisi o zakonskom okviru pojedine države.

Cilj rada je izdvojiti parametre na temelju kojih će biti razvidan potencijal nekog ležišta, te mogućnost iskorištavanja istog. Pri tome je najbitniji dio analize procesa hidrauličkog frakturiranja i njegov utjecaj na ležište i okoliš u smislu usporedbe limitirajućih faktora u EU i u SAD te Kanadi, tj. ostalim krajevima svijeta van EU.

Stoga, u radu su pobliže opisani tehnološki procesi za pridobivanje takvih ugljikovodika, parametri koji se procjenjuju prilikom izvođenja takvih radova te utjecaj na okoliš kojim su ovakvi radovi u nekim državama prepoznati kao ekološka prijetnja.

2. NEKONVENCIONALNA LEŽIŠTA

Za razliku od konvencionalnih, nekonvencionalna ležišta nisu se uklopila u ekonomske okvire isplativosti, a u to spadaju ležišta u slabo propusnim pješčenjacima, pretežito pelitnim sedimentima, metan otopljen u dubokim akviferima, plin u ležištima ugljena kao i ležišta metanskih hidrata (slika 2-1.).



Slika 2-1. Način slaganja zrna, povezanost pora, poroznost i propusnost stijene (www.dmp.wa.gov, 2022)

Nekonvencionalna ležišta predstavljaju pravi izazov prilikom njihove eksploatacije zbog svoje niske propusnosti. Neka od takvih ležišta prirodnog plina su slabo propusni pješčenjaci, frakturirani šejlovi, plin iz ležišta ugljena, metan otopljen u dubokim akviferima i ležišta metanskih hidrata (slika 2-2.).

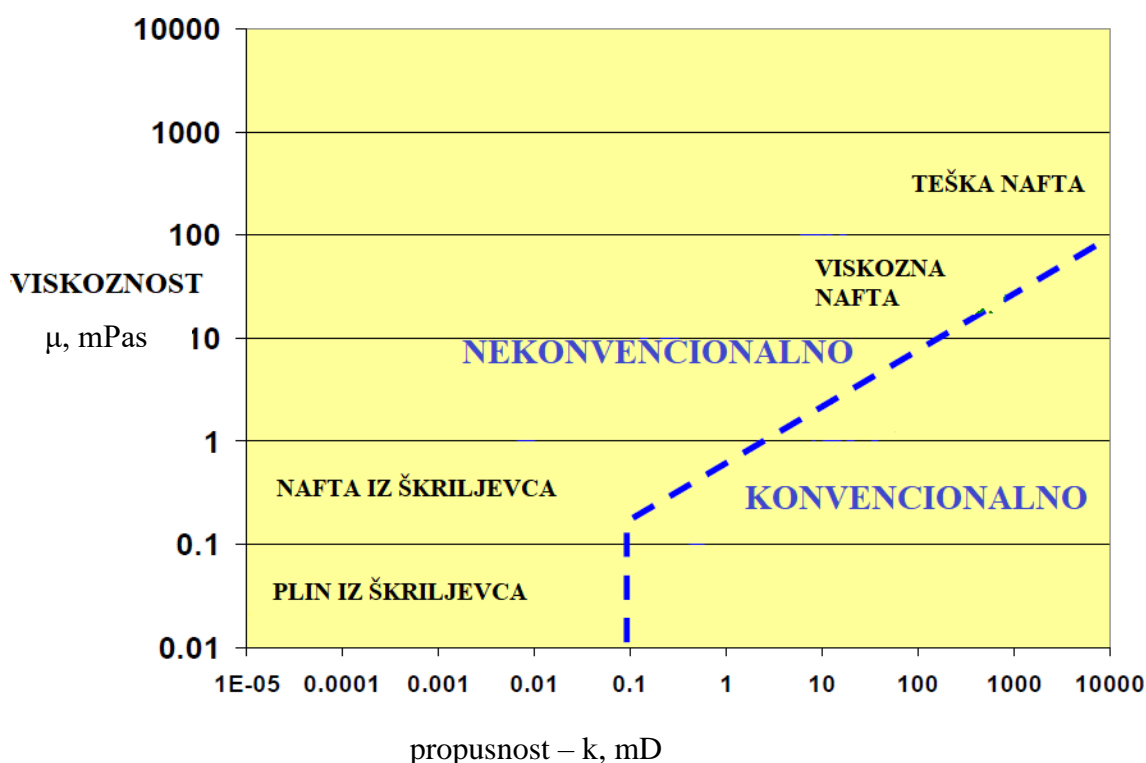
Iako je intuitivno jasno što su to nekonvencionalna ležišta (ležišta iz kojih bi iscrpak konvencionalnim metodama pridobivanja bio neisplativ), jasna definicija nekonvencionalnih ležišta ne postoji. Propusnost manja od 0,1 mD često se uzima kao kriterij za klasifikaciju ležišta u nekonvencionalno. Ovako striktna klasifikacija ima politički karakter i korištena je u Americi za definiranje poreza kod iskorištavanja slabopropusnih ležišta (Cander, 2012). Cander (2012) kritički sagledava definiciju nekonvencionalnih

ležišta, te navodi odnos propusnosti (k) i viskoznosti (μ) koji jasnije uključuje fizikalna svojstva ležišta (tj. i fluida i stijene, slika 2-3).



Slika 2-2. Odnos složenosti pridobivanja i cijene te razine tehnologije kod pridobivanja ugljikovodika (Holdtich, 2006; Rahim, 2012; Perkins, 2013)

Kod slabo propusnih pješčenjaka prirodni plin zarobljen je unutar vrlo tijesnih šupljih prostora stijena, točnije unutar pora koje su nepravilno raspoređene ili slabo povezane uskim kapilarama kojima plin ne uspijeva migrirati kroz stijenu, a samim time eksploatacija plina iz takvih ležišta nije moguća bez uporabe sekundarnih metoda proizvodnje.

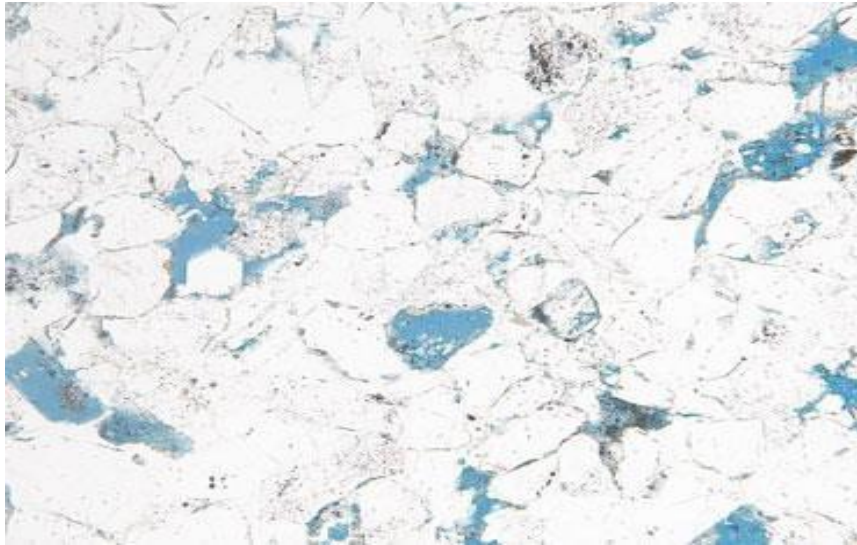


Slika 2-3. Klasifikacija nekonvencionalnih ležišta prema viskoznosti i propusnosti (Cander, 2012)

Plin zarobljen u slabo propusnim pješčenjacima star je i po 250 milijuna godina čime je mnogo stariji od plina iz slobodnih plinskih ležišta, a plinonosna stijena samim time dulje izložena utjecaju zbijanja čime se propusnost smanjila (www.rigzone.com, 2022).

Tipična konvencionalna ležišta prirodnog plina okarakterizirana su razinom propusnosti od 0,01 do 0,5 Darcy-a ($D, 10^{-12} \text{ m}^2$), ali propusnost takvih ležišta koje sadrže ne konvencionalne zalihe plina mnogo su manjih dimenzija, mjereći u rasponu milidarcyja ($mD, 10^{-15} \text{ m}^2$) ili mikrodarcyja ($\mu D, 10^{-18} \text{ m}^2$).

Slika 2-4. Prikazuje nekonvencionalno ležište plina u slabopropusnim pješčenjacima u kojem plave konture predstavljaju porni prostor unutar kojih se može nalaziti plin. Eksploatacija iz ovakvih ležišta nije najpovoljnija bušenjem uobičajenih vertikalnih bušotina već je potrebno primijeniti tehnologiju horizontalnog bušenja čime se dopire do mnogo izoliranih ležišta. S obzirom da se radi o plinu zarobljenom u slabo povezanim ili nepovezanim porama, da bi se omogućilo pritok plina u kanal bušotine potrebno je primijeniti hidrauličko frakturiranje.



Slika 2-4. Plin u slabopropusnim pješčenjacima (Corelab, 2016)

Šejlovi su smatrani nepropusnim stijenama, no ipak sadržavaju sitne pore unutar kojih se mogu nalaziti zalihe prirodnog plina. Eksploatacija plina iz takvih ležišta nailazi na niz tehnoloških poteškoća koje se temelje na nemogućnosti stvaranja usmjerenih fraktura što nam nalaže uporabu eksploziva za stimulaciju komunikacije plinonosnih pornih prostora i bušotine.

Akviferi kroz koje je migrirao prirodni plin mogu biti zasićeni metanom tj. sadržavati značajne količine otopljenog plina. Problematika eksploatacije takvog plina temelji se na velikom iscrpku vode koja je ekonomski i tehnološki (zbog zbrinjavanja i korozije) nepovoljan faktor prilikom realizacije takvih bušotina, a otegotni faktor je i velika dubina na kojima se takva ležišta nalaze.

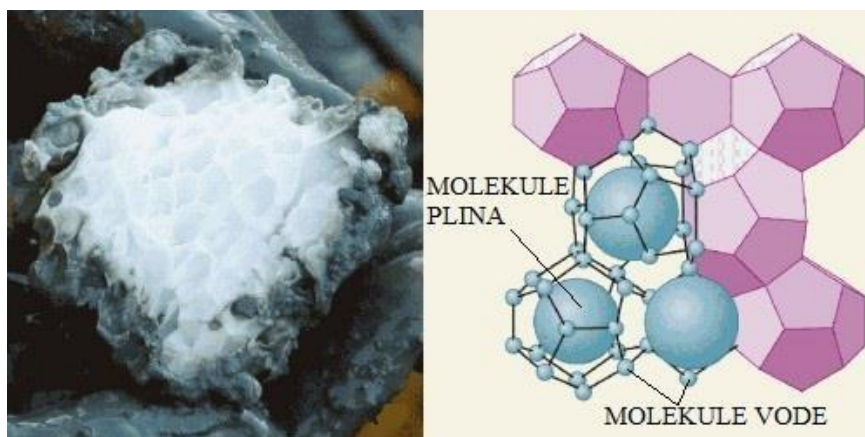
U ležištima ugljena nailazi se na značajne količine prirodnog plina čije je postojanje tamo uvjetovano makroskopskom i mikroskopskom poroznošću ugljena koji ga veže za sebe.

Da bi se oslobodilo prirodni plin iz takvih ležišta potrebno je sniziti tlak plina skoro na atmosferski tlak. Prilikom izrade kanala bušotine potrebno je voditi računa o očuvanju integriteta ležišta ugljena što ovisi o odabiru isplaka, a problematika isplativosti eksploatacije iz takvih ležišta temelji se i na velikoj količini proizvedene vode koju se mora utisnuti u ležište ugljena.

Metanski hidrati uglavnom se nalaze u blizini kontinentalnih rubova na dubinama između 350 do 5000 metara, na dubinama na kojima se metanski hidrati nalaze u stabilnom stanju

radi visokih tlakova i niskih temperatura koje su ujednačene na tako velikim dubinama oceana (Stauber, 2016).

Mikroskopski organizmi koji žive u dubokim slojevima sedimenata razgrađuju organske tvari koje pretvaraju u metan koji se vremenom „ugrađuje“ unutar kristalne strukture vode, vidljivo na slici 2-5., što je uvjetovano visokim tlakom i niskom temperaturom, čime nastaje kruta faza, nalik kristalnoj strukturi leda.



Slika 2-5. Metan u metanskim hidratima (worldoceanreview.com, 2022)

Metan sadržan u metanskim hidratima ne mora nužno biti podrijetlom produkt mikrobiološke razgradnje, već je mogao migrirati iz okolnih konvencionalnih ležišta prirodnog plina.

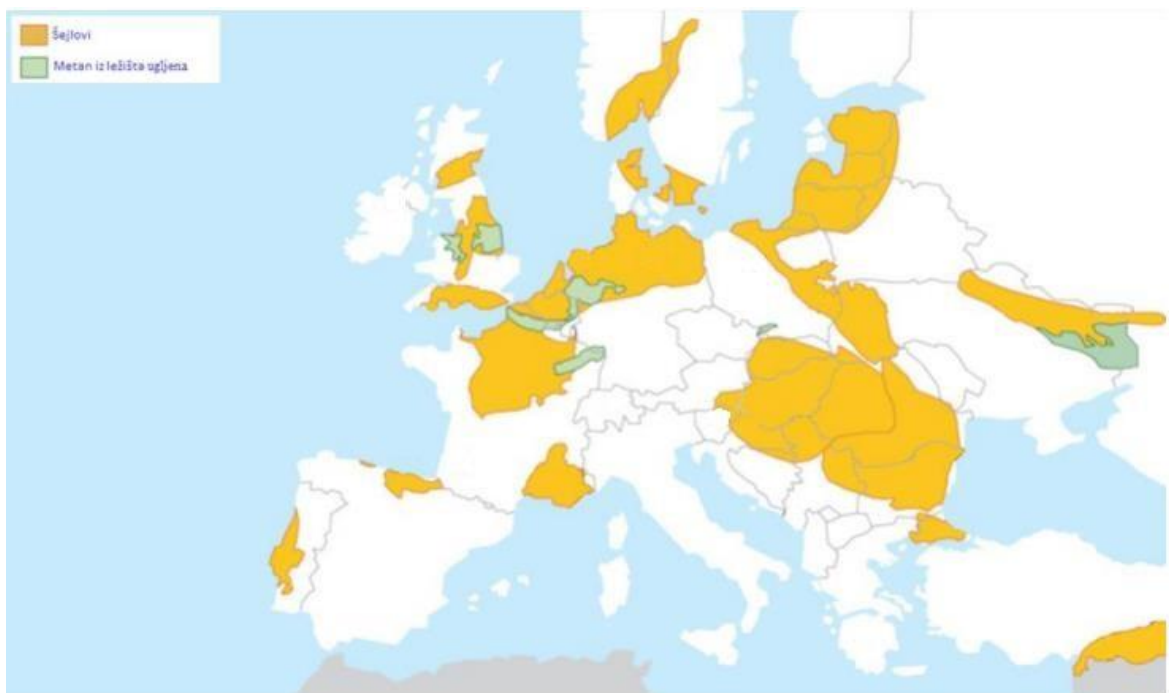
2.1. Geografski smještaj nekonvencionalnih ležišta u zemljama EU

Za EU se može smatrati kako je još uvijek u ranoj fazi istraživanja mogućnosti eksploatacije nekonvencionalnih ugljikovodika. Eksploatacija iz takvih ležišta u EU je i dalje jako niska u odnos na Sjedinjene Američke Države.

Na području Europe nalaze se mnogobrojna potencijalna ležišta nekonvencionalnih ugljikovodika, posebice u srednjim i istočnim zemljama, vidljivo na slici 2-6. Vođeni uspjehom u istraživanju i eksploataciji plina iz nekonvencionalnih ležišta u Sjedinjenim Američkim Državama, brojne europske zemlje potaknule su istraživanje plina iz takvih ležišta. Plin iz frakturiranih šejlova nalazi se na području Francuske, sjevera Njemačke, Mađarske te Ujedinjenog Kraljevstva.

Plin iz slabopropusnih pješčenjaka prisutan je na prostorima Hrvatske (slika 2-7), Mađarske, Poljske, Francuske, no najveće rezerve prirodnog plina iz škriljavca ima Poljska od 22.45 trilijuna kubičnih metara.

Najveće zalihe prirodnog plina iz ugljena nalaze se na područjima koja su do sada bila poznata po eksploataciji ugljena, čime se ističe Njemačka sa najvećim zalihama ugljena, iza koje je Ukrajina, Francuska te Ujedinjeno Kraljevstvo (The U.S. Energy Information Administration, 2019).



Slika 2-6. Geografska područja za eksploataciju plina iz nekonvencionalnih ležišta (www.iea.org, 2012)



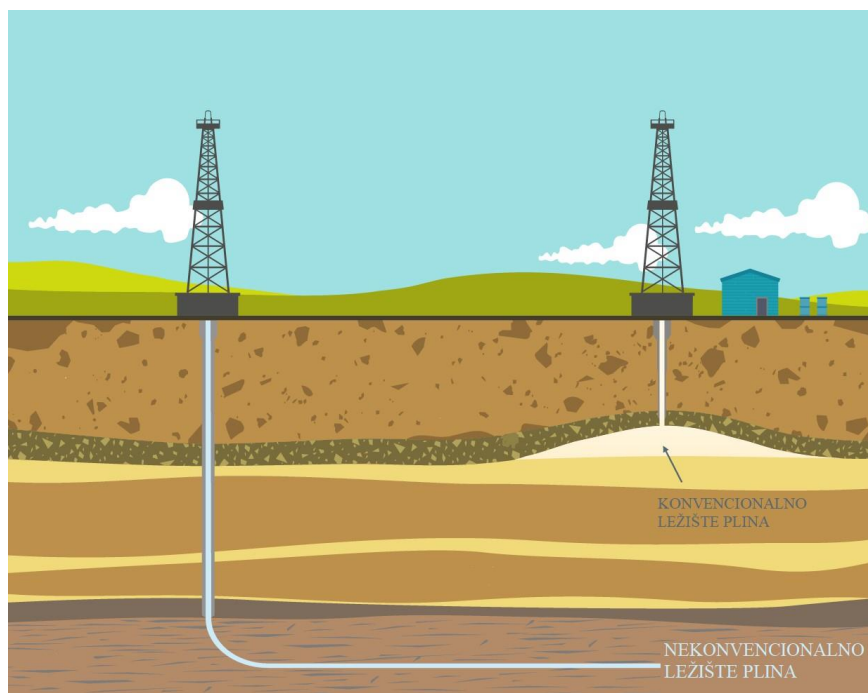
Slika 2-7. Slabopropusni pješčenjак (engl. *tight-sand*, finozrnati muljnjak) male poroznosti iz RH

3. TEHNOLOGIJA ZA EKSPLOATACIJU NEKONVENCIONALNIH LEŽIŠTA

Kod pridobivanja ugljikovodika iz nekonvencionalnih ležišta potrebno je korištenje specifičnih tehnologija koje omogućuju dopiranje do samih ležišta, kao i stimulaciju dotoka ugljikovodika (koji se nalaze u slabo povezanim pornim prostorima) u kanal bušotine.

3.1. Horizontalno bušenje

Horizontalna bušotina nastaje primjenom tehnika višesmjernog bušenja i buši se pod nagibom od najmanje 80 stupnjeva kako bi se poboljšala učinkovitost ležišta (CFI Team, 2021). Tehnike horizontalnog bušenja koriste se kao alternativne metoda za bušenje nafte i plina u situacijama kada je nemoguća izrada vertikalnog kanala bušotine ili kada je oblik ležišta takav da je fluid teško dostupan. Prikaz horizontalnog bušenja vidljiv je na slici 3-1. Na bušenje pod kutovima koji nisu okomiti odlučuje se kad ležišta nafte i/ili prirodnog ne bi bila efikasno crpljena iz okomitih bušotina. Horizontalne bušotine u kombinaciji s hidrauličkim frakturiranjem mogu se koristiti za bušenje prirodnog plina u zonama koje su do sada bile smatrane neproduktivnim.



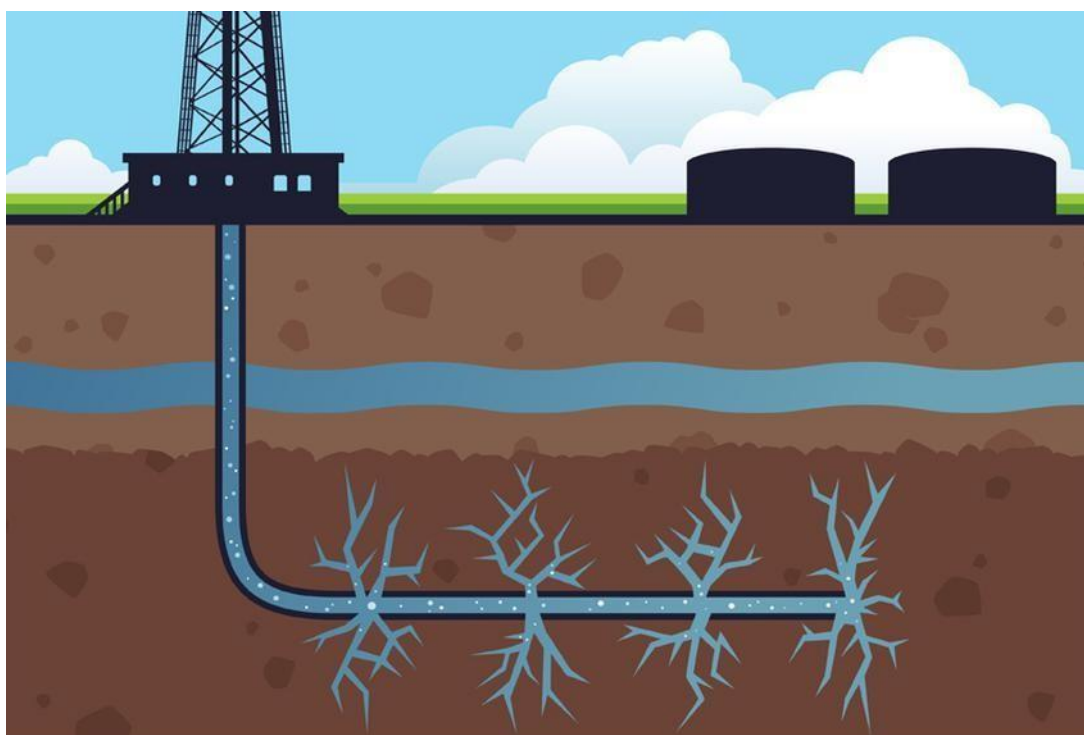
Slika 3-1. Horizontalno bušenje (rigzonenews, 2015)

3.2. Hidrauličko frakturiranje

Najčešća metoda kojom se olakšava iskorištavanje nekonvencionalnih ležišta je hidrauličko frakturiranje, prikazano na slici 3-2., koje radi na principu vrlo visokog tlaka koji nastaje pomoću opreme na lokaciji bušotine i kojim se utiskuje fluid za hidrauličko frakturiranje koji se sastoji od smjese vode, propanata i, prema svojstvima proizvodne zone, posebno odabranih kemikalija. (King, 2012; GWPC i ALL Consulting, 2019)

Odabrana smjesa fluida za frakturiranje dizajnirana specifično za svaku bušotinu prenosi generirani tlak u proizvodni sloj u svrhu stvaranja pukotina.

Budući da tlak značajno premašuje čvrstoću (preciznije, lomnu žilavost) stijene, pukotine se otvaraju ili povećavaju, a nakon što je formacija frakturirana, te se sredstvo za „podupiranje“ (podupirači, engl. *proppant*) poput keramičkih kuglica ili pijeska upumpava u pukotine da bi se spriječilo njihovo zatvaranje.



Slika 3-2. Hidrauličko frakturiranje (www.texastribune.org, 2011)

3.2.1. Utjecaj frakturiranja na okoliš

Nedvojbeno, postoje rizici negativnih utjecaja hidrauličkog frakturiranja na okoliš. Do sada su identificirani sljedeći rizici:

- Hidrauličko frakturiranje ima ozbiljne utjecaje na zauzimanje zemljišta zbog svojih instalacija koje zauzimaju oko 60 % više od konvencionalnog prostora bušotine na tlu.
- Spremnici za vodu, kemikalije i otpadne vode zauzimaju 30.000 m³ a formacije plina iz škriljavca zauzimaju desetke tisuća četvornih kilometara te koncesija takvih instalacija pokrivaju čak 6000 km² (Chen i dr., 2014)
- Pristup zemljištu i korištenje zemljišta vjerojatno će biti važna pitanja u gusto naseljenim područjima EU i otvaraju mnoga pitanja javne potpore u projektima pridobivanja plina iz nekonvencionalnih ležišta.
- Hidrauličko frakturiranje predstavlja veliku potrebu za slatkom vodom koja se natječe s ostalim domaćim i drugim industrijskim potrebama, ovisno o lokaciji projekta.
- Otpadne vode u velikim količinama dovode do onečišćenja podzemnih voda ako se pažljivo ne zbrinu.
- Cijela operacija ostavlja tragove povećanog prometa kamiona i buke, zagađivača i potražnje u korištenju zemljišta za postavljanje infrastrukture za projekte.
- Životinje, biljke i ljudi u okolišu oko mjesta bušenja izloženi su riziku migracije ili mogućeg izumiranja zbog svih potencijalnih utjecaja kao što su zauzimanje zemljišta, buka od prometa i strojeva na gradilištu, vizualni utjecaj okoliša i sve veći rizik od seizmičkih pojava oko proizvodnog područja (Tawonevzi. 2017).

Uz mnoge prednosti koje hidrauličko frakturiranje nudi, sam proces izaziva prijetnju za kvalitetu slatke vode, a samim time i za ljudsko zdravlje prvenstveno radi procesa poznatog kao „povratni tok“ kod kojeg vrlo velike količine vode dođu na površinu tijekom procesa bušenja gdje najveću prijetnju predstavljaju kemikalije koje se koriste u samom procesu, a klasificirane su kao toksične odnosno kancerogene i mutagene.

Podzemne vode u Europskoj Uniji visoko su regulirane kroz Direktivu o podzemnim vodama (Direktiva 2000/60/EZ Europskog parlamenta i vijeća, 2000)

Putem svog izvješća EPA (8. prosinca 2011), prikazuje rezultate testiranja kvalitete vode u području Pavillon, Wyoming nakon primljenih pritužbi zbog neugodnog mirisa i okusa vode, a istraživanjem je utvrđena prisutnost visokih koncentracija ksilena, benzena, organskih tvari u benzinu, dietilen glikola i trietilen glikola.

4. PARAMETRI PROCJENE NEKONVENCIONALNIH LEŽIŠTA

Prilikom razmatranja eksploatacije ugljikovodika iz nekonvencionalnih izvora susreće se s nizom izazova čija se problematika temelji na samim parametrima pri kojima se razmatra samu mogućnost tehničke izvedbe do isplativosti takvih projekata.

Parametri koje se razmatra moraju biti jasno definirani kod svakog projekta i kao takvi se moraju uklopiti u zakonsku regulativu pojedine zemlje.

Polaznim studijama se utvrđuju sami parametri neposredno prije početka radova, a odnose se na sam sastav tla, odnosno biosferu te se procjenjuje utjecaj na okoliš.

Jedan od polaznih parametara su kvaliteta i značajke površinske i podzemne vode kao i broj vodonosnih stijena i njihovi međusobni odnosi te udaljenost između mjesta frakturiranja i najbližeg toka površinskih i podzemnih voda što je od velike važnosti te iz kojih proizlaze i parametri kvalitete vode na mjestima zahvata vode za piće kojima se prati potencijalno prisustvo benzena, policikličkih aromatskih ugljikovodika, inhibitora korozije kao i prisutnost teških metala.

Kao i kod voda, potrebno je voditi računa i o parametrima kvalitete zraka pri čemu se prati prisustvo sumpornog dioksida, ugljičnog monoksida, sumporovodika, ali i same prašine.

Jedna od težnja same izrade projekta je i očuvanje gornjeg sloja tla što se ostvaruje praćenjem parametara stanja tla na način da se evidentira sadržaj ugljikovodika, količina PAH-a, aromatskih ugljikovodika kao i cijanida (European Commission, 2015).

Često se promatraju ležišta koja su u samoj blizini urbanističkih naselja gdje treba voditi računa o udaljenost samog gradilišta od stambenih naselja, veličini zauzetog zemljišta kao i napraviti istraživanje o stanju infrastrukture prije i poslije bušenja, odnosno postupka frakturiranja.

S obzirom da se frakturiranje postiže utiskivanjem fluida koji uz vodu sadrži i dodatne spojeve te čestice kojima se pospješuje samo frakturiranje, dolazi se do niza parametara koji proizlaze iz samog sastava fluida kao što su količina upotrijebljenog propanta i ostalih kemijskih spojeva koji se koriste, količina vode koja se koristi za frakturiranje, a analogno s time i ukupna količina tekućine upotrijebljivane u cjelokupnom procesu frakturiranja (European Commission, 2015).

Također potrebno je voditi i evidenciju o fluidima koji izlaze na površinu nakon hidrauličkog frakturiranja gdje se uz sam volumen povratnog fluida prate i kemijske karakteristike poput pH vrijednosti.

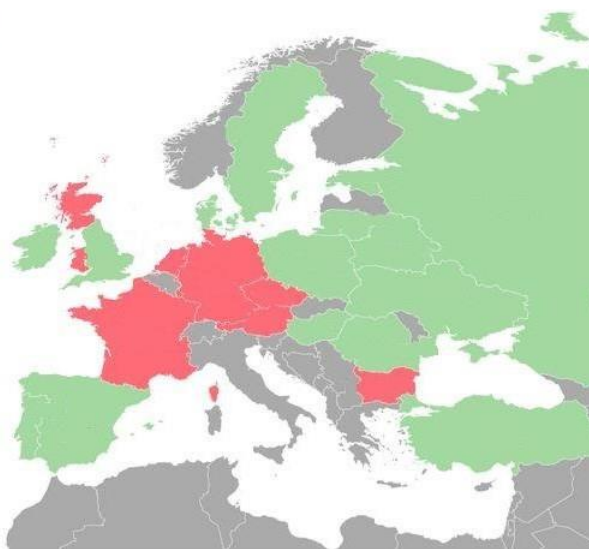
5. ZAKONSKA REGULATIVA EU

Prema procjenama, Europa ima više plina iz škriljavaca koji se može iskoristiti nego SAD (U.S. Energy Information Administration, 2015) no nisu provedena opsežnija istraživanja. Njemačka, Francuska, Nizozemska, Škotska i Bugarska zakonski su zabranili hidrauličko frakturiranje, vidljivo na slici 5-1. (Bloomberg, 2016).

Jedina velika aktivnost je u Ukrajini, koja se po pitanju energenata nastoji osamostaliti, to jest prestati biti ovisna o ruskom plinu, i u Ujedinjenom Kraljevstvu, gdje vlada promiče tehnologiju koja će pomoći zamijeniti pad domaće proizvodnje iz Sjevernog mora. Godine 2013. stotine prosvjednika kampiralo je u malom selu južno od Londona sve dok tvrtka nije napustila svoju bušotinu tamo. Ljudi u Zurawlowu, gradu u istočnoj Poljskoj, uspješno su blokirali bušotinu na kojoj se trebalo izvoditi hidrauličko frakturiranje. Loša reputacija od strane društva zajedno s regulatornim kašnjenjima, poreznim problemima i lošom proizvodnjom iz nekolicine probnih bušotina - otjerao je ulagače iz Poljske. Chevron, Exxon Mobil i Total napustili su projekte u Poljskoj nakon što su se istraživanja pokazala razočaravajućima. Oskudni protok plina također je zaustavio napredak radova i u Danskoj, gdje je Total prestao s bušenjem plina iz nekonvencionalnih izvora.

Države Europe i njihova politika prema hidrauličkom frakturiranju

- Dozvoljeno
- Zabranjeno
- Područja gdje hidrauličko frakturiranje nije upotrebljavano



Slika 5-1. Hidrauličko fakturiranje u Europi (www.bloomberg.com, 2016)

Čak i nakon desetljeća provođenja hidrauličkog frakturiranja u SAD-u, mnogi euroljani još uvijek ovu tehnologiju smatraju neprovjerenom stoga organiziraju i prosvjede što je vidljivo na slici 6-1. Ali odustajanje od nekonvencionalnih ležišta udaljava Europu od ključnog cilja

po pitanju energije, a to je proizvodnja vlastite energije te smanjenje ovisnosti Europe o ruskom plinu, čija opskrba se pokazala u (ovom) vremenu sukoba Rusije i Ukrajine kao nepouzdana te ekonomski neisplativa.

Energetski intenzivne industrije poput čelika i petrokemije također su u opasnosti jer niži troškovi plina u SAD-u tjeraju globalne proizvođače da tamo preusmjere ulaganja. (Gilblom i Patel, 2016)

Trenutačno ne postoji jedinstveni zakon koji bi posebno regulirao aktivnosti hidrauličkog frakturiranja, osim raznih uredbi (*engl. directive*) EU-a koje su donesene za reguliranje pitanja okoliša i rudarskih aktivnosti u EU-u.

Dakle, ni Sjedinjene Države, niti EU nemaju sveobuhvatni regulatorni okvir za rudarske aktivnosti iz nekonvencionalnih ležišta, a nedostatak takvog regulatornog sustava predstavlja značajan problem jer su ciljevi svake države promicanje profitabilnog energetskog sektora, održavanje pouzdane opskrbe energijom, energetska neovisnost te zaštita okoliša i zdravlja građana.

Neobuhvatnost europskih zakonskih okvira može se jasno uočiti kod studija procjena utjecaja na okoliš čija je izrada obavezna samo kada je obujam proizvodnje bušotine veći od 500 m³, što brojni stručnjaci smatraju previše visokom granicom.

Također zakonskim direktivama nije precizno definirana uporaba goleme količine kemikalija, vrste kemikalija, povratni tok kontaminirane vode i količinu potrebne vode za bušenje bušotine.

6. PRIHVAĆANJE JAVNOSTI

Veliko je pitanje jesu li neodređene tj. nedorečene direktive dovoljno učinkovite da pomognu u stjecanju društvenog prihvaćanja novih projekata eksploatacije iz formacija niske propusnosti. U mnogim EU državama ne postoji takav socijalni tj. društveni preduvjet za nesmetano provođenje kampanja frakturiranja. Naprotiv, sve je veći broj uspješnih kampanja i prosvjeda protiv hidrauličkog frakturiranja u EU.



Slika 6-1. Prosvjedi protiv frakturiranja (www.neweurope.eu, 2019)

Ovakva medijska eksponiranost različitih pokreta podržava opću sliku o eksploataciji ugljikovodika, kao prljavom skupu tehnologija, u sklopu kojih se izvode zaključci (uključujući tehničke i zakonske) *secundum quid et simpliciter*.

Ovakav princip opasan je i ometa energetska sigurnost i planove tranzicije EU. Naime, geotermalna energija, kao jedini konstantni izvor obnovljive energije koji ne ovisi o dnevnim i vremenskim izmjenama uvjeta. Takve bušotine trebaju imati dnevne brzine protjecanja od 100 do 1000 puta veće, nego one naftne, a da bi se geotermalna energija koristila za pretvorbu u električnu energiju.

Tako je pred kraj 2020. u blizini Strasbourga došlo do induciranih potresa –uzrokovanih ljudskom aktivnošću tj. tijekom ispitivanja u regiji Alsace u geotermalnom postrojenju kojim upravlja Fonroche, francuska energetska tvrtka.

Potresi su bili izravno povezani s aktivnostima pokretanja elektrane, rekla je Francuska udruga geotermalnih stručnjaka, AFIG. Nakon spomenutog potresa, francuske su vlasti zatražile od operatera da zatvori elektranu. Zaustavljanje cirkulacije geotermalnog fluida između bušotina dubokih 5 km uzrokovalo je još jedan potres magnitude 2,8 stupnjeva Richtera 10. travnja 2021. Ovo je trebao biti najambiciozniji geotermalni projekt u Francuskoj, s ulaganjem od 90 milijuna eura koje bi opskrbljivalo 15 000 do 20 000 domova električnom energijom i 26 000 izravnim grijanjem. Ovakav slučaj uzrokovao je vjerojatno nepopravljivu štetu, iako se znanstvenim pristupom utvrdila povezanost geotermalnih aktivnosti i potresa, ali ne i stopostotno sigurna uzročno-posljedična veza (Schmittbuhl et al., 2021)

Opća uprava za energiju Europske komisije izvijestila je 2011. g. da je zakonodavstvo o zaštiti okoliša u EU također primjenjivo u svakoj fazi aktivnosti vezanih uz plin iz škriljavca što je potaknulo pokretanje niza studija koje pokrivaju različite aspekte aktivnosti plina iz škriljavca u vezi s ekonomikom plina iz škriljavca, emisijama metana i primjerenišću regulatornog okvira kako bi se osiguralo da su okoliš i ljudsko zdravlje zaštićeni od utjecaja uzrokovanih proizvodnjom plina iz takvih ležišta.

Do sada je identificiran niz potencijalnih tehničkih i ekoloških problema u proizvodnji plina iz škriljavca a, kako bi se postiglo ravnotežu između stvarnosti, legislativnog okvira i javnosti, rizici povezani s eksploatacijom plina iz škriljavca zahtijevaju regulatorni režim na europskoj razini koji se temelji na "načelu predostrožnosti (Tawonevyi, 2017).

7. ZAKLJUČAK

Prilikom razmatranja eksploatacije ugljikovodika iz nekonvencionalnih izvora susrećemo se s nizom izazova čija problematika seže od samih parametara pri kojima razmatramo samu mogućnost i isplativost takvih projekata.

Metode koje se koriste u eksploataciji takvih ležišta (horizontalno bušenje i hidrauličko frakturiranje) su i dalje smatrane kao nedovoljno istražene čime u brojnim zemljama imaju negativnu reputaciju, no ona ne bi smjela zasjeniti i brojne pogodnosti koje pojedina država može imati prilikom njihovog korištenja za proizvodnju ugljikovodika iz takvih ležišta. Parametri koji se procjenjuju prilikom planiranja eksploatacije ugljikovodika variraju po državama unutar zakonskih okvira koji se za svaku državu ili regiju mogu razlikovati. Današnjim trendovima zaštite okoliša i sprječavanju emisija stakleničkih plinova razvoj ovakvih tehnologija nailazi na sve više prepreka, kako zakonskih tako i društvenih ne uzimajući u obzir prednosti koje ovakve tehnologije mogu imati u širim spektrima ekonomskog razvoja, potičući razvoj industrije pa sve do opskrbe krajnjih potrošača energije.

8. LITERATURA

1. CANDER H., 2012. What are unconventional resources? A simple definition using viscosity and permeability. *AAPG Annual convention and exhibition. Tulsa, us: American Association of Petroleum Geologists and Society for Sedimentary Geology.*
2. CHEN, J., AI-WADEY, M.H., KENNEDY, R., ERRY, P.D., 2014. Hydraulic fracturing: paving the way for a sustainable future? *Journal of environmental and public health.*
3. HOLDTICH, S.A., 2006. Tight gas sands. *Journal of petroleum technology*, 58(06), pp.86-93.
4. PERKINS, G., DU TOIT, E., KONING, B., ULBRICH, A., 2013, November. Unconventional oil production from underground coal gasification and gas to liquids technologies. *In SPE Unconventional Resources Conference and Exhibition-Asia Pacific.*
5. RAHIM, Z., AL-ANAZI, H., AL-KANNAN, A., 2012. Maximizing postfrac gas flow rates from conventional, tight reservoirs. *Oil & gas journal*, 110(3).
6. SCHMITTBUL, J., LAMBOTTE, S., LENGLINE, O., GRUNBERG, M., JUND, H., VERGNE, J., CORNET, F., DOUBRE, C., MASSON, F., 2021. Induced and triggered seismicity below the city of Strasbourg, France from November 2019 to January 2021. *Comptes Rendus. Géoscience*, 353(S1), pp.561-584.
7. STAUBER, J.L., CHARITON, A., APTE, S., 2016. Global change. In *Marine Ecotoxicology* (pp. 273-313). Academic Press.

Web izvori:

8. GOVERNMENT OF WESTERN AUSTRALIA, 2019. Introduction to unconventional resources, <https://www.dmp.wa.gov.au/Petroleum/Introduction-to-unconventional-25621.aspx> (2.9. 2022.).
9. RIGZONE, 2017. What Is Tight Gas, and How Is It Produced? (n.d) https://www.rigzone.com/training/insight.asp?insight_id=346&c_id (28.8. 2022.)
10. CORELAB, 2018. Unconventional Reservoir Services - Tight Gas Sands (n.d) www.corelab.com/ps/tight-gas-sands (28.8. 2022.)
11. THE U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (2019.) Coal reserves - Country rankings
12. WORLD OCEAN REVIEW, 2010. Methane hydrates https://www.theglobaleconomy.com/rankings/coal_reserves/Europe (30.8.2022.)

12. CFI TEAM, 2021. Horizontal Well

<https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/other/horizontal-well/>

(30.8.2022.)

13. NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE, 2014. Hydraulic Fracturing: Paving the Way for a Sustainable Future

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3984842/> (30.8.2022.)

14. BIN CHEN, 2017. Energy, Ecology and Environment

<https://link.springer.com/article/10.1007/s40974-016-0044-5> (30.8. 2022.)

15. EUROPSKA UNIJA, 2017. Direktiva 2000/60/EZ Europskog parlamenta i vijeća

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex%3A32000L0060> (30.8. 2022.)

16. EU ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2015. World Shale Resource Assessments (2015.)

<https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/> (30.8. 2022.)

17. BLOOMBERG, 2016. Fracking in Europe

<https://www.bloomberg.com/quicktake/fracking-europe?leadSource=verify%20wall>

(30.8.2022.)

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno na temelju znanja stečenih na Rudarsko – geološko – naftnom fakultetu služeći se navedenom literaturom.



Vinko Birkić



KLASA: 602-01/22-01/113
URBROJ: 251-70-12-22-2
U Zagrebu, 14.09.2022.

Vinko Birkić, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/22-01/113, URBROJ: 251-70-12-22-1 od 01.05.2022. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

PARAMETRI PROCJENE NEKONVENCIONALNIH LEŽIŠTA U EU

Za mentora ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Prof.dr.sc. Domagoj Vulin nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Mentor:

(potpis)

Prof.dr.sc. Domagoj Vulin

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Luka Perković

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Borivoje
Pašić

(titula, ime i prezime)