

Rudarsko-geološko-naftni zbornik	Vol. 28	str. 1-7	Zagreb, 2014.
----------------------------------	---------	----------	---------------

UDK 553.04
UDC 553.04

Rad priređen iz prezentacije za znanstveni skup „Nekonvencionalna ležišta ugljikovodika – istraživački postupci i pridobivanje“, RGNf, 9. Svibnja, 2014, Zagreb

Language/Jezik: Hrvatski/Croatian

Pregledni rad
Review

RAZLIKA U PRISTUPU EKONOMSKOJ PROCJENI KONVENCIONALNIH I NEKONVENCIONALNIH LEŽIŠTA (S NAGLASKOM NA NEKONVENCIONALNA LEŽIŠTA)

DIFFERENCE IN APPROACH TO ECONOMIC EVALUATION BETWEEN CONVENTIONAL AND UNCONVENTIONAL PROJECTS

IGOR RUSAN¹

¹ INA D.D., Avenija Većeslava Holjevca 10, Zagreb, Hrvatska; e-mail: IGOR.RUSAN@INA.HR

Ključne riječi: procjena resursa, nekonvencionalna ležišta ugljikovodika, rizik, pravni okvir EU-a

Key words: resource estimation, unconventional hydrocarbon resources, risk, EU legal framework

Sažetak

Za razliku od tipične procjene konvencionalnih ležišta ugljikovodika koja se temelji na izračunu volumena ležišne stijene i potencijalno pridobivih resursa, nekonvencionalna ležišta procjenjuju se prema mogućem iscrpku pojedine bušotine. Glavni rizik nekonvencionalnih ležišta nije vjerojatnost nalaza ugljikovodika u podzemlju nego proizvodni profil bušotine, njezino početno davanje i pad proizvodnje temeljem kojeg računamo isplativost projekta. Nekonvencionalna ležišta su uglavnom kontinuirana u prostoru i konačni iscrpak ovisi o mreži proizvodnih bušotina te kvaliteti i metodi obavljenih stimulacijskih radova u njima. Međutim, za konačnu procjenu ekonomičnosti neophodan je pokusni program koji se temelji na minimalno tri bušotine, nakon čega je moguće odrediti i optimizirati moguću razradbu takvih ležišta. Osim geoloških pretpostavki, veliki utjecaj za ekonomičnost projekta imaju također ekološke i fiskalne uredbe i zakoni koji su na snazi u istraživačkom području.

Abstract:

Compared to conventional hydrocarbon resources estimation, which is based on volumes, estimation of unconventional layers is based on the possible recovery of each development well. The main risk in unconventional layers is not the probability of finding hydrocarbons, but instead the well production profile, initial production rate and decline per year, are used as main indicators of the project. Unconventional resources are mainly spread continuously in the subsurface, so the ultimate recovery depends on the size of the development well grid and the quality of performed stimulation jobs. For the final estimation of economics however a test program of at least three wells is necessary after which it would be possible to determine and optimize possible development scenarios. Besides geological parameters large influence on economics has environmental and fiscal laws in force in a given region.

1. Uvod

Ekonomska procjena konvencionalnih i nekonvencionalnih ležišta u suštini je istovjetan postupak u smislu redoslijeda poslova kojih se treba pridržavati kako bi se dobili prihvatljivi i pouzdani pokazatelji pomoću kojih možemo dati konačnu ocjenu o isplativosti nekog projekta (slika 1). Ekonomska procjena uključuje sve faze - od ponude, preko rane faze procjene projekta (npr. zadovoljava li poslovnu strategiju zainteresiranog subjekta), pregleda raspoloživih podataka, tehno-ekonomske ocjene projekta i donošenja konačne odluke o daljnjem statusu projekta. U konačnici postoje znatne razlike u načinu odabira i interpretacije podataka, a također i drugačiji pristup u određivanju ulaznih parametara prema njihovom utjecaju na ekonomičnost projekta. Prva osnovna razlika između ocjene konvencionalnog i nekonvencionalnog ležišta je profitabilnost. Ona je kod konvencionalnih ležišta veća, brži je povrat uloženi sredstava, uglavnom su poznati troškovi ulaganja. Zanimljivo, geološki rizik

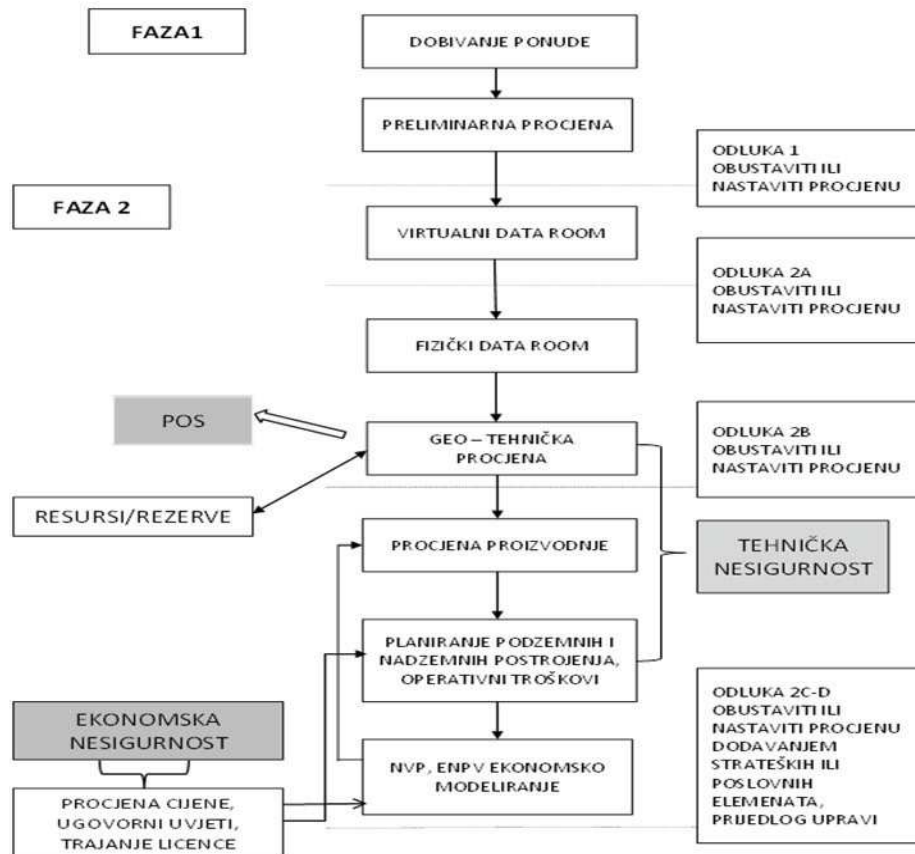
otkrića konvencionalnih ležišta u pravilu je veći negoli kod nekonvencionalnih, posebice kada se istražuju preostala zasićenja u dokazanim matičnim stijenama.

Nekonvencionalni projekti, s druge strane, su često na rubu isplativosti, gdje i manja pogriješka u procjeni veličine i dinamike ležišta ugljikovodika može projekt načiniti neisplativim i zainteresiranim subjektima stvoriti znatne gubitke. Nadalje, geološki rizik, kako je to opisano u MALVIĆ & RUSAN (2009), ovdje je zamijenjen proizvodnim rizikom, odnosno opisom ponašanja bušotine nakon primjene zahvata u bušotini, poput frakturiranja. No, tu treba napomenuti kako se u određenim slučajevima, posebice kada se ocjenjuju potencijalne rezerve u slabopropusnim litofacijesima (koji po definiciji pripadaju nekonvencionalnim ležištima) vezanim uz rubne dijelove struktura u kojima su dokazana konvencionalna ležišta, „klasična“ metodologija POS-a može uporabiti gotovo jednako primjeni u konvencionalnim ležištima ugljikovodika. To je prikazano, npr., u MALVIĆ et al. (2014).

Također, postoje rizici utjecaja na okoliš i stavovi javnosti ili uredbe mogu vrlo brzo prekinuti projekt

istraživanja i crpljena nekonvencionalnog ležišta. Zbog toga je dosta prostora posvećeno regulativama i prijedlozima unutar Europske unije koji se odnose na iskorištavanje takvih ležišta, gdje je s jedne strane naglašena njihova važnost za gospodarski rast,

smanjenje ovisnosti o uvoznim energentima i poboljšanje konkurentnosti, dok se s druge strane zahtijeva kontinuirano praćenje i izvješćivanje javnosti u vezi utjecaja na okoliš i kvalitetu života.



Slika 1. Proces tehničke procjene istraživačkih projekata

Figure 1. Technical evaluation process flow in exploration projects

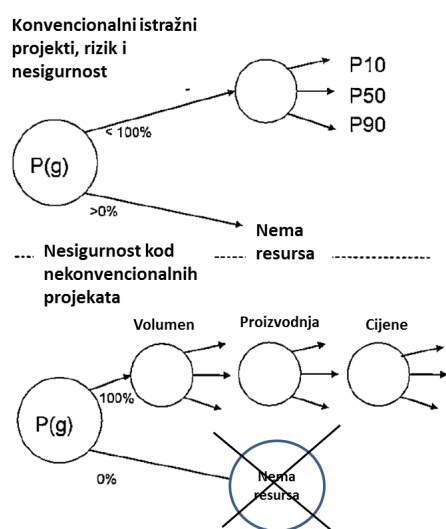
2. Karakteristike konvencionalnih i nekonvencionalnih ležišta

Konvencionalna ležišta ugljikovodika karakterizira prostorna ograničenost svojstava koja određuju prirodni protok u njima, te postojanje izolatorske krovinske stijene, te dodira s vodom u podini. Bilo da se radi o strukturnoj, strukturno-stratigrafskoj ili stratigrafskoj zamci, konvencionalna ležišta su uvijek omeđena približno jasnom litološkom ili tektonskom granicom te gravitacijskom separacijom fluida. Prostorno rasprostiranje konvencionalnih ležišta moguće je u većini slučajeva odrediti korištenjem seizmičkih snimaka podzemlja (naravno ne treba zanemariti ni druge geološko-geofizičke metode kao npr. magnetometriju ili gravimetriju). Seizmikom možemo odrediti granice ležišta, promjenu facijesa ili karakteristike stijena, i zato

je uvijek koristimo u ranim i kasnijim fazama istraživanja za ugljikovodike. Cijena izvođenja tih radova ulazi u istraživački rizik a u konačnici ima velik utjecaj i za izračun očekivane vrijednosti projekta.

Često smo u mogućnosti jednostavno izračunati njihov volumen i rezerve (npr. MacKEY, ured., 1994). Kod istraživačkih projekata resurse procjenjujemo uzimajući u obzir nesigurnost ulaznih parametara, pridružujemo im odgovarajuće raspodjele kako bismo opisali njihovo rasprostiranje unutar ležišta ili granice samog ležišta, simuliramo Monte Carlo metodom i kao rezultat dobivamo lognormalnu distribuciju rezervi/resursa (prema SPE klasifikaciji) promatranog prospekta ili stratigrafskog intervala (engl. lead, prospect), uz vjerojatnosti proizvodnje označene kao P10, P50, P90 ili srednjom vrijednošću. Ako postoji određena korelacija između parametara računa rezervi/resursa svakako je treba uzeti u obzir. Osim

nesigurnosti samih parametara za račun rezervi/resursa trebamo uzeti u obzir i geološku vjerojatnost (POS) kojom procjenjujemo da li su stvoreni potrebni uvjeti za nastanak ležišta, što čini umnožak individualnih vjerojatnosti za postojanje matičnih stijena, ležišne stijene, pokrovne stijene, put da su ugljikovodici mogli migrirati u zamku i konačno očuvanost ugljikovodika u ležištu (npr. MALVIĆ & RUSAN, 2009; NEWENDROP & SCHUYLER, 2000). Također, relativno je lako procijeniti buduće troškove ulaganja i proizvodnje, a sam tehnološki rizik je sveden na minimum, jer je tehnologija opće poznata, a radovi su rutinski, osim ako se ne izvode u ekstremnim klimatskim uvjetima ili vrlo dubokom moru.



Slika 2. Rizik i nesigurnost kod konvencionalnih i nekonvencionalnih projekata (prema HASKETT & BROWN 2005)

Figure 2. Risk and uncertainty comparison of conventional vs. unconventional projects

Ponešto drugačija je odredba nekonvencionalnih ležišta. To su ona ležišta ugljikovodika kod kojih ležište zbog manjih propusnosti i dominacije sitnozrnastih čestica detritusa (pelita) u stijeni, ona ne mogu biti privedena proizvodnji ekonomskih količina ugljikovodika bez dodatnih zahvata u bušotini (npr. HASKETT & BROWN, 2005). Većinom su to litološki heterogene jedinice više taložnih sekvencija, gdje postoje prostorno kontinuirani nepropusni dijelovi, ili čak homogene, ali u cjelosti nepropusne jedinice (poput članova i formacija). Stoga kod nekonvencionalnih ležišta geološka vjerojatnost nalaza ugljikovodika nije glavni rizik, jer jednom kada se u nekom većem području (stratigrafskom intervalu, engl. play) dokažu ugljikovodici regionalna vjerojatnost njihova otkrića iznosi 100 %. Međutim, rizik da pojedina bušotina unatoč tome neće proizvoditi ugljikovodike i nakon stimulacije ležišta i dalje je gotovo nazočan, jer su heterogenosti ležišta ili njegovo ponašanje kod frakturiranja vrlo izražene, pa tako ekonomični mogu biti samo dijelovi ležišta. Uz to, postoji i mehanički

rizik nastanka problema tijekom izrade bušotine ili naknadne stimulacije. Slika 2 prikazuje rizik i nesigurnost kod konvencionalnih i nekonvencionalnih projekata.

3. O rizicima kod proizvodnje iz nekonvencionalnih ležišta

Dva su glavna rizika proizvodnje kod nekonvencionalnih ležišta. Prvi je da ležišna stijena neće omogućiti proizvodnju (bilo zbog nedostatka ugljikovodika, bilo zbog iznimno malih propusnosti čak i nakon stimulacije). Drugi je vezan uz toliko male proizvodne količine pridobivene iz toga ležišta, da one nisu dovoljne za ekonomsku uspješnost projekta. Stoga pozornost treba biti usmjerena na nesigurnosti vezane uz dinamiku i količine moguće proizvedenih ugljikovodika. To ovisi o litološkim svojstvima ležišne stijene, vrsti fluida, tehnologiji pridobivanja i ekonomskoj isplativosti. Samim time i izračun očekivane vrijednosti projekta (engl. *expected value*, skr. *EV*) procijenjen je drugačije od onoga kod konvencionalnih ležišta.

Od ostalih rizika treba spomenuti procjenu kapitalnih troškova. Za točniju procjenu broja i rasporeda bušotina trebamo što točniji proizvodni profil prema kojem se utvrđuje očekivani konačni iscrpak bušotine, što ne možemo procijeniti u početnom razdoblju istraživanja već tek nakon završetka pilot-projekta. Kako se on radi tek u kasnijoj fazi istraživanja nemoguće je te troškove predvidjeti unaprijed.

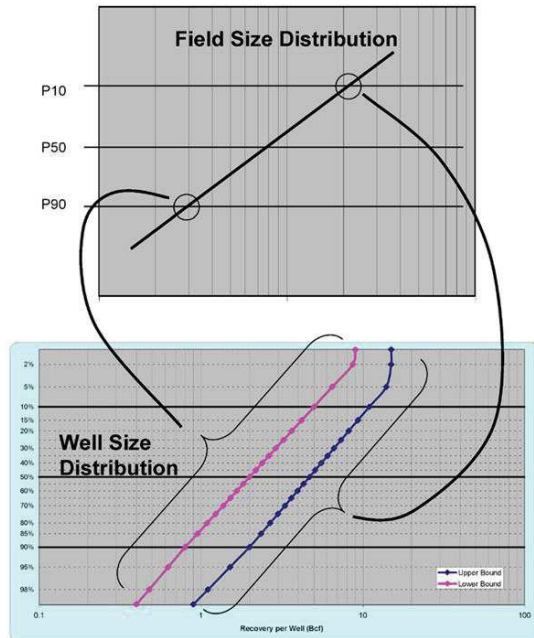
Poseban problem kod proizvodnje iz nekonvencionalnih ležišta može biti očuvanje okoliša gdje razne regulative i izrada studija utječu osim kako na troškove tako i na dinamiku radova. To ima izravan učinak na moguće kašnjenje radova i kasniji povrat uloženi sredstava dok se ne prikupe sve dozvole i ne zadovolje svi zahtjevi, od propisa na razini države pa sve do lokalne zajednice.

4. Procjena mogućih količina ugljikovodika

Da bismo točno procijenili moguće količine ugljikovodika (resurse), a samim time i postavili temelje ekonomske procjene nekonvencionalnih ležišta, moramo se usredotočiti na pojedinačnu bušotinu. Površina moguće zone pridobivanja, kao jedan od parametara za izračun volumena stijene, je konstanta utvrđena drenažnim radijusom bušotine, tj. dosegom do kuda stimulacijski radovi utječu na povećanje propusnosti. Na taj način površina prestaje biti nesigurna varijabla, a ostale varijable za račun količina ugljikovodika (zasićenje, šupljikavost, efektivna dubljina, volumni faktor za ugljikovodike) podijeljenje su u dvije skupine. Jedna je opisana krivuljom s nižim, a druga s višim rubnim vrijednostima (slika 3).

Tako smo metodu procjene mogućih količina ugljikovodika sveli s razine istraživačkog lokaliteta na razinu bušotine. Ta metodologija (HASKETT & BROWN, 2005) nazvana je *EUR Envelope* ili „raspon očekivanog konačnog iscrpka“. U osnovi je to raspon

određen rasponom između minimalne i maksimalne raspodjele unutar kojeg postoji intervalni rezultat.



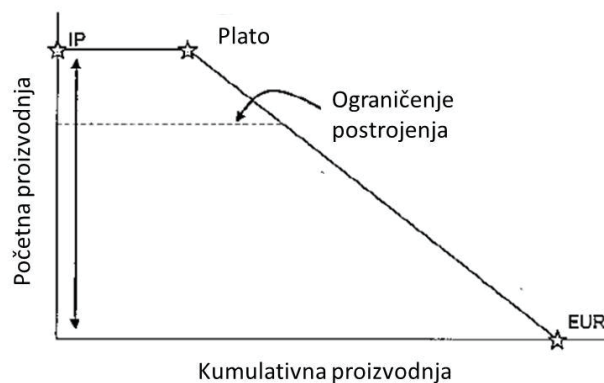
Slika 3. Raspodjela ležišnih nasuprot raspodjeli bušotinskih resursa (iz HASKETT& BROWN 2005)

Figure 3. EUR Envelope concept, prospect vs. well resources distribution (HASKETT & BROWN 2005)

Za razliku od rezultata simulacije konvencionalnih ležišta, gdje je rezultat uglavnom predstavljen log-normalnim raspodjelom rezervi, ovdje to nije slučaj. Određivanje granica za EUR Envelope vrši se na način da se pojedinačne granične raspodjele mogu odrediti procjenjivanjem dobrog i lošeg skupa bušotina, na način da se variraju isključivo obilježja ležišta, a ne i površina jer se račun izvodi na skali pojedinačne bušotine. Ulazne vrijednosti za šupljikavost, zasićenost ugljikovodika, volumni faktor za ugljikovodike i iscrpak unose se dva puta u model određen raspodjelom distribucija. Ta dva unosa predstavljaju „dobar“ i „loš“ slučaj, čije se vrijednosti upotrebljavaju kao donja i gornja granica izračuna. Važno je kod postavki modela izbjeći preklapanje tih dviju krivulja, tj. „najbolja loša“ vrijednost ne može biti bolja od „najgore dobre“. Rizik povezan za veličinu prospekta kod konvencionalnih ležišta na taj način smo zamijenili rizikom vezanim za proizvodne karakteristike i konačnim iscrpkom po bušotini.

5. Proizvodni profili

Proizvodni profili u slučaju konvencionalnih i nekonvencionalnih ležišta uvelike se razlikuju. Prvi su određeni početnim davanjem, gornjim iznosom proizvodnje nakon kojeg slijedi pad proizvodnje (uglavnom eksponencijalni) te postizanje konačnog iscrpka, koji je određen ekonomičnošću bušotine, tj. vremenom do kada su operativni troškovi manji od prihoda ostvarenog proizvodnjom ugljikovodika. Vršna proizvodnja, tzv. plato, može trajati više godina (slika 4).

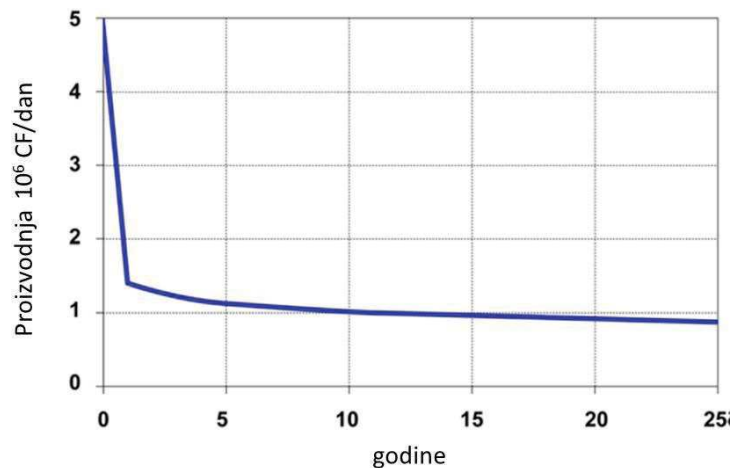


Slika 4. Tipičan proizvodni profil konvencionalnih ležišta (prema JAHN et al., 2008)

Figure 4. Typical conventional prospect production profile (JAHN et al., 2008)

Međutim, kod nekonvencionalnih ležišta, iako je volumen osnova procjene, početno davanje bušotine i proizvodni profil su ti koji određuju konačni uspjeh projekta. Tipična krivulja ima kontinuirani pad proizvodnje, vrlo nagli u prvih nekoliko mjeseci, tako da u godini dana može biti i veći od 50 %, nakon čega

relativno mala proizvodnja može trajati i dvadesetak godina. U pravilu ne postoji višegodišnji gornji iznos proizvodnje već pad proizvodnje kreće odmah nakon dosezanja vršnog iznosa. Konačni iscrpak najviše ovisi o padu proizvodnje unutar prve godine (slika 5).



Slika 5. Tipičan proizvodni profil nekonvencionalnih ležišta (prema HASKETT & BROWN, 2005)

Figure 5. Typical unconventional production profile (HASKETT & BROWN, 2005)

Pilot-projektom ustanovljuje se broj bušotina koji je potrebno izbušiti glede postizanja sigurnosti u ocjeni da će prosječna bušotina biti ekonomski isplativa. Time se određuje i isplativost projekta. Upravo prosječni konačni iscrpak po bušotini i „neto sadašnja vrijednost“ proizašla iz njega određuje takvu vrijednost. Konačni broj bušotina koji se treba izbušiti ovisi o više čimbenika. Između ostalog, to su tolerancija na rizik tvrtke i postizanje određene razine sigurnosti (prosječno se to postiže s 3 do 6 bušotina).

6. Troškovi ulaganja

Osim načina računa resursa/rezervi, POS-a i proizvodnih profila, značajan utjecaj na račun ekonomičnosti otpada na procjenu kapitalnih troškova (ulaganja). Za razliku od konvencionalnih projekata gdje su, zbog iskustva i poznavanja tehnologije, male nesigurnosti u procjeni ukupnih troškova, kod nekonvencionalnih ležišta postoji veliki tehnološki rizik, naročito uspješnosti stimulacijskih radova.



Slika 6. Raspodjela nesigurnosti nasuprot „neto sadašnje vrijednosti“ kod nekonvencionalnih projekata (iz HASKETT & BROWN 2011)

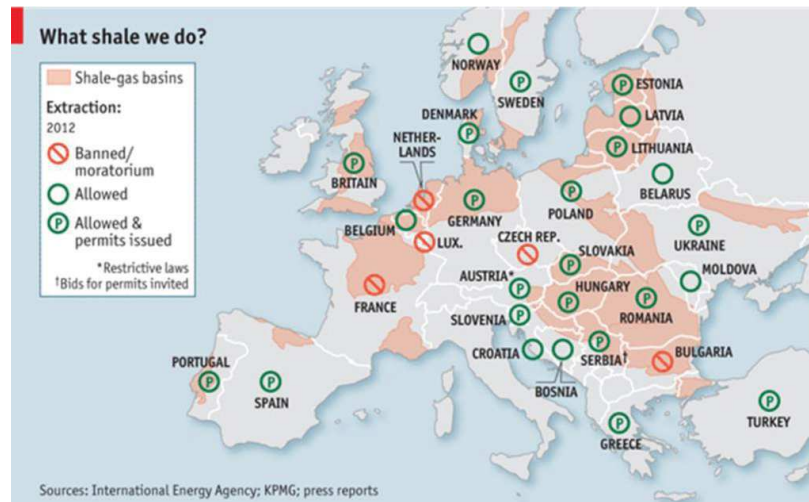
Figure 6. Contribution of uncertainty of principal elements in Net Present Value (NPV) calculation of unconventional projects

Raspodjela nesigurnosti nekonvencionalnih projekata koje utječu na isplativost projekta dana je na slici 6.

7. Projekti iskorištavanja nekonvencionalnih ležišta u Europskoj uniji

U zadnje vrijeme puno je prostora posvećeno mogućem utjecaju nekonvencionalnih ležišta na energetska budućnost Europske unije. Za razliku od Sjeverne Amerike, koja je doživjela svojevrsan gospodarski procvat nakon što je plin iz nekonvencionalnih ležišta polako zauzeo sve veći udio u ukupnoj proizvodnji i potrošnji ugljikovodika, u Europi se još vode rasprave kako uskladiti istraživanje i buduću eksploataciju nekonvencionalnih ležišta jer se zakonodavstvo zemalja članica neujednačeno odnosi prema tom pitanju (slika 7).

U nekim državama u potpunosti je zabranjeno frakturiranje slabopropusnih plinskih ležišta zbog mogućeg utjecaja na okoliš ili se pak zahtjeva izrada predetaljnih studija utjecaja na okoliš još u ranim istraživačkim fazama kad postoji puno nepoznanica o postojanju samih ležišta i njegovim proizvodnim karakteristikama. To u konačnici odbija ulagače i trenutno ne postoji značajniji broj nekonvencionalnih projekata (uz izuzetak Poljske). Stoga je Europska komisija izdala Preporuku o minimalnim načelima u pogledu istraživanja i proizvodnje ugljikovodika (poput plina iz škriljavaca) primjenom postupka hidrauličkog lomljenja s pomoću velikog volumena fluida (Službeni list Europske Unije, veljača 2014) na koju bi države članice nakon 6 mjeseci trebale dati osvrt o mjerama koje su poduzele u odnosu na ovu Preporuku.



Slika 7. Različiti pristupi nekonvencionalnim projektima u Europi (iz The Economist 2.2.2013.)

Figure 7. Different approaches regarding unconventional projects in Europe (The Economist 2.2.2013.)

Neke značajnije teme koje su u Preporuci navedene uključuju:

- Izbjegavanje nepotrebnih zahtjeva kod istraživanja i proizvodnje ugljikovodika, a nova pravila će jamčiti da svaki razvoj, uključujući istraživanje iz škriljavaca, bude podvrgnuto strogim ekološkim standardima.
- Postojanje razlika između istraživanja i proizvodnje tako da se zaštita okoliša postrožava kako projekt napreduje, a detaljna studija utjecaja na okoliš se izrađuje tek nakon potvrđivanja ekonomskoga potencijala projekta.
- Predetaljni zahtjevi glede zaštite okoliša u ranoj fazi projekta mogu potpuno onemogućiti velike investicije, a da pritom nemaju dodatnu korist za očuvanje okoliša.
- Preporuka nadopunjuje postojeće zakonodavstvo u EU i pokriva teme kao što su strateške procjene utjecaja na okoliš, procjena rizika u podzemlju, izvješćivanje i praćenje o operacijama u bušotini i kemikalijama koje se koriste kod frakturiranja, te praćenje emisije metana.

Očekuje se potpuna transparentnost svih radova koji uključuju bilo kakve postupke vezane za nekonvencionalna ležišta, a naročito izvješćivanje svih razina vlasti i javnosti o metodama radova, vrsti kemikalija, njihovom utjecaju na okoliš i saniranju nakon uporabe štetnih sastojaka i naknadnih proizvoda koje se rabe u tim postupcima ili su rezultat istih. Prepoznajući potencijalnu važnost nekonvencionalnih projekata istraživanja i proizvodnje ležišta ugljikovodika na gospodarstvo Europske unije također je naglašeno:

- Kako je njima moguće smanjiti ovisnost o uvozu prirodnog plina (npr. u 2011. godini 67 %) i postići veću energetska nezavisnost.
- Smanjiti razliku u cijeni između EU i konkurencije.

- Smanjiti emisiju stakleničkih plinova (dekarbonizacija).
- Plin trenutno čini četvrtinu primarne potrošnje energije u EU.
- Procjenjuje se da unutar EU pridobive rezerve plina iz „škriljavaca“ iznose $16 \times 10^{12} \text{ m}^3$, iz slabopropusnih stijena $3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ i metana iz ugljenih slojeva $2 \times 10^{12} \text{ m}^3$. Nepoznato je koliko je toga ekonomski isplativo.
- Različita regulativa kod zemalja članica (zabrane i moratoriji).
- Potencijal za otvaranje više od milijun radnih mjesta te gospodarski rast ostvaren nekonvencionalnim projektima.
- Izvješćivanje, praćenje i kontrola utjecaja na okoliš moraju biti transparentni i dostupni javnosti.
- Pozornost je usmjerena na bojazan o utjecaju na kvalitetu površinskih i podzemnih voda.
- Potreba za čvrstim i jasnim pravilima kao podlogama za te projekte, a kako bi se smanjili rizici i negativan utjecaj.

U skoroj budućnosti mnogo toga biti će jasnije o statusu nekonvencionalnih projekata. Za sada još treba naglasiti da postojeći fiskalni uvjeti ne potiču nekonvencionalne projekte jer ih tretiraju na isti način kao svaki projekt vezan za nafto-plinsko poslovanje. Međutim, oni bi u stvarnosti pomogli smanjivanju količine stakleničkih plinova i bili poticaj razvoju gospodarstva te zapošljavanju. Stoga bi trebalo razmisliti o poticajima ili olakšicama s obzirom na marginalnu ekonomičnost takvih istraživanja, a posebice nasuprot konvencionalnih projekata, što je u domeni zemalja članica EU kako će se odnositi prema istraživanju nekonvencionalnih ležišta.

Kako je opisano da postoji znatna razlika u istraživanju i razradi, pa i samoj ekonomskoj procjeni ležišta iz škriljavaca, zaključak je i da bi tretiranje istih kako prema očuvanju okoliša tako i fiskalnim uvjetima trebao biti zasebno reguliran, na način da se omogući moguća korist za sve zainteresirane strane.

8. Literatura

- Haskett, W.J. & Brown, P.J. (2005): Evaluation of Unconventional Resource Plays. SPE Annual Technical Conference and Exhibiton, Dallas, Texas, SPE 96879.
- Haskett, W.J. & Brown, P.J. (2011): Recurrent Issues in the Evaluation of Unconventional Resources. Search and Discovery Article #40674, Adapted from oral presentation at AAPG International Conference and Exhibition, Calgary, Alberta, Canada, September 12-15, 2010
- Jahn, F., Cook, M. & Graham, M. (2008): Hydrocarbon exploration and production. 2nd edn., Elsevier, 456 p., Amsterdam, Oxford.
- MacKey, V. (ured.) (1994): Determination of Oil and Gas Reserves. The Petroleum Society of the Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, Calgary Section, Monograph, no. 1, D. W. Friesen Ltd., 362 p., Altona.
- Malvić, T. & Rusan, I. (2009): Investment risk assessment of potential hydrocarbon discoveries in a mature basin. Case study from the Bjelovar Sub-Basin, Croatia. Oil, gas - European Magazine, 35, 2, 67-72, Hamburg.
- Malvić, T., Sučić, A., Cvetković, M., Resanović, F. & Velić, J. (2014): Low permeable Neogene lithofacies in Northern Croatia as potential unconventional hydrocarbon reservoirs. Central European Journal of Geosciences, – u tisku.
- Newendrop, P.D. & Schuyler, J.R. (2000): Decision Analysis for Petroleum Exploration. 2nd Edn., Planning Press, pp. 86-89, Colorado.
- PREPORUKA KOMISIJE od 22. siječnja 2014. o minimalnim načelima u pogledu istraživanja i proizvodnje ugljikovodika (poput plina iz škriljevca) primjenom postupka hidrauličkog lomljenja s pomoću velikog volumena fluida (2014/70/EU), dostupno na www.sabor.hr/lgs.axd?t=16&id=26660 (13. lipnja 2014.)
- <http://www.economist.com/news/business/21571171-extracting-europes-shale-gas-and-oil-will-be-slow-and-difficult-business-frack-future>