



Kardos Adrienn – Dr. Gálosi-Kovács Bernadett

# **A palagáz szerepe a globális földgázkészletek kiaknázásában és az energiaellátásban 2040-ig**

## **ABSZTRAKT**

Az utóbbi években kiemelt figyelem kíséri a szénhidrogének nem hagyományos úton történő kitermelését és az ehhez kapcsolódó technológia fejlődését. 2040-ig a világon a földgáz lesz az első számú (fosszilis) energiahordozó, a földgáz készleteken belül a palagáz szerepe felértékelődhet. A kitermelési potenciál szempontjából a repesztéses technológia költségei (tőkeigénye) és az ehhez kapcsolódó környezetszennyezés meghatározó tényezők (célzott kutatás-fejlesztéssel próbálják ezeket mérsékelni), ezért a palagáz kitermelésének gyenge a társadalmi elfogadottsága (főként Európában). Globális szinten az USA és a legnagyobb lelőhellyel rendelkező országok pozíciója fogja meghatározni a piacot; az EU várhatóan továbbra is nettó importőr maradhat földgáz tekintetében, azonban az Oroszország-függőség e tekintetben csökkenhet.

A potenciális földgáz-palagáz átrendeződés érzékenyen érintheti a jelenleg legnagyobb klasszikus földgázexportőr országok gazdaságát, a politikai stabilitását is, mely komoly következménye lehet a palagázkitermelés lehetséges növekedésének. Kérdés azonban, hogy a környezeti szempontok felülkerekednek-e a politikai kérdéseken, hogy a palagáz kitermelés valóban megoldható-e emberi egészség veszélyeztetése nélkül?

## **ABSTRACT**

In recent years, special attention has been paid to the non-conventional exploitation methods of hydrocarbons and the development of related technology. By 2040, natural gas is going to be the number one (fossil) energy resource of the world, and the role and position of shale gas among natural gas reserves may become much stronger.

Regarding the production potential, the cost of the fracture technology (capital requirement) and the related factors that determines the intensity of pollution (the mitigation of them is a highlighted with research and development activity) are the most important issues, therefore shale gas production is weakly accepted and supported by the society (especially in Europe). In global, the position of

the USA and the countries with the largest shale gas reserves will determine the market; the EU is expected to remain net importer of natural gas, but its Russia dependency may weaken.

The potential restructuring towards shale gas could be hitting the largest conventional natural gas exporter economies and their political stability as well, which could be a serious impact of the possible growth of shale gas production. However, the question is: will environmental issues overcome the political ones, and shale gas production can be carried out without endangering human health?

*Kulcsszavak: palagáz, földgáz, megújuló energiaforrás, környezetvédelem, repesztéses technológia*  
*Keywords: shale gas, natural gas, renewable energy, environmental protection, fracture technology*

## BEVEZETÉS

A megújuló vagy tiszta energiaforrások (szél-, nap-, geotermikus-, biomassza- és vízenergia) aránya rohamosan növekszik a világ energiafelhasználásán belül: várhatóan az elsődleges energiaforrások iránti keresletbővülés már 40%-át elégítik ki a 2016-tól 2040-ig tartó időszakban.<sup>1</sup> Az elektromos áramtermelésben pedig a súlyuk a jelenlegi 7%-ról kb. 25%-ra növekedhet 2040-ig, és az áramtermelés növekedés forrásának felét a megújulók adhatják.<sup>2</sup>

Azonban ezen az időtávon az emberiség egyre növekvő energiaigénye sajnos összességében még csak részben fedezhető megújuló energiával: az energiaszükséglet közel háromnegyedét továbbra is a kőolaj, kőszén és földgáz (és 5%-ban a nukleáris energia) elégíti ki. Ezen belül is a földgáz lehet a jelenlegi várakozások szerint a „nyertes”: 2040-ig 26%-ra nő a részesedése az elsődleges energiaforrások között (a kőolaj visszaesik ugyan, de 27%-kal még éppen az első helyen maradhat, kvázi holtversenyben a földgázzal), miközben a világ teljes energiaigénye 35%-al nőhet, melynek közel fele elektromos áram formájában kerül majd felhasználásra.<sup>3</sup>

Pusztán a volumen-prognózisok alapján sem tűnik megvalósíthatónak a gyors átállás a fosszilis energiahordozókról túlnyomórészt megújuló energiaforrásokra rövid vagy középtávon, még hosszú ideig egy „átmeneti” sokszínű energiamix várható, ahol továbbra is jelentő szerepe lesz a fosszilis energiahordozóknak, amelyben a főszerep a földgázé lehet. Érdemes kiemelni, hogy a fosszilis tüzelőanyagok között a földgáznak a legalacsonyabb a szén-dioxid lábnyoma (ugyanannyi fűtőértékű földgáz elégetése kb. fele annyi CO<sub>2</sub>-kibocsátással jár, mint a kőszén esetén (MIDDLETON ET AL 2016), így az üvegházhatás kialakulása és a környezetterhelés szempontjából is előnyösebb lehet, mint az egyéb fosszilis tüzelőanyagok (1. táblázat).

<sup>1</sup> IEA World Energy Outlook 2017

<sup>2</sup> BP Energy Outlook 2018 (Evolving Transition Scenario)

<sup>3</sup> BP Energy Outlook 2018 (Evolving Transition Scenario)

1. táblázat. A primer energia és az energiahordozókkal kapcsolatos fogyasztás értéke és százalékos megoszlás 2016-ban és becslés 2040-re

Table 1. Value and percentage distribution of primary energy and energy consumption in 2016 and estimates for 2040

	Fogyasztás (Mtoe)		Részesezés (%)	
	2016	2040	2016	2040
<b>Primer energia</b>	13276	17983	100	100
<b>Energiahordozók:</b>				
kőolaj	4336	4836	33	27
földgáz	3204	4707	24	26
kőszén	3732	3762	28	21
nukleáris	592	912	4	5
víz	910	1241	7	7
megújulók	502	2527	4	14

Forrás/Source: <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2018.pdf>

Emellett a megújuló energiaforrások esetén akadályt jelenthet az elektromos hálózatba és az áramellátásba történő integráció, főleg azoknál a típusoknál, mint a nap vagy szélenergia, ahol jelentős a szezonális vagy ingadozás. Amíg nem fejlődik ki a hosszú távú hatékony tároláshoz szükséges technológia („akkumulátorok”), addig a klasszikus fosszilis erőművek valószínűleg nélkülözhetetlenek lesznek, ezek közül a gázerőművek pedig viszonylag „tisztá” és gyorsan telepíthető megoldást jelentenek (összehasonlítva az atom- vagy szénerőművekkel). Bár utóbbi verzió jelentőségét és elfogadhatóságát különböző kutatások és csoportok vitatják<sup>4</sup>

A földgáz további előnye, hogy a széntüzelésű erőműveknek (azaz a környezetszennyezőbb fosszilis energiahordozóknak) könnyen helyettesítője lehet olyan helyeken, ahol a megújuló energiaforrások még csak korlátozottan állnak rendelkezésre, vagy felhasználásuk és integrálásuk csak nagyon lassan tud megvalósulni, pl. a legnagyobb energiafelhasználó Kína jelentős szénerőmű kapacitásokkal rendelkezik.

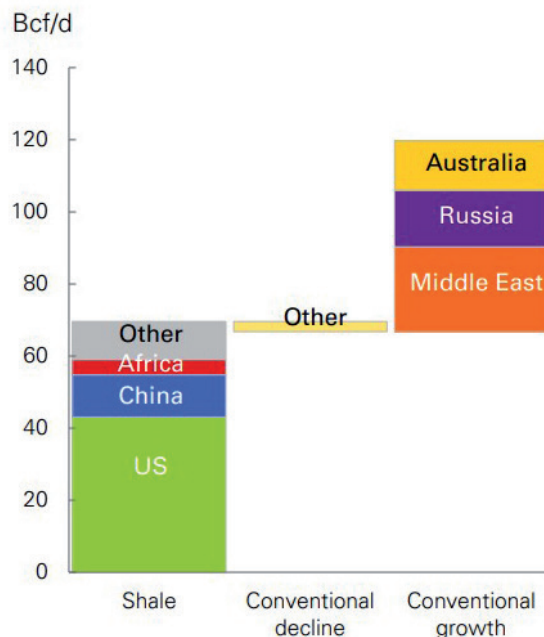
A rendelkezésre álló földgáz kínálaton és a -kitermelésen belül pedig felértékelődik egy nem konvencionális földgáz, a palagáz szerepe: a becslések alapján 2035-ig a földgáz kínálat (és -fogyasztás) növekedés nagyobb részét már a palagáz biztosíthatja elsősorban, az USA domináns pozíciója pedig palagáz piacán pedig tovább erősödik<sup>5</sup> (1. ábra).

<sup>4</sup> <http://www.calmac.com/energy-storage-article-4-signs-that-peaker-plants-are-on-their-way-toward-obsolence>  
<http://www.engienergy.com/energy-storage-sustainable-alternative-natural-gas-peaker-plants/>

<sup>5</sup> IEA 2017 Energy Outlook

1. ábra. Földgáztermelés növekedése 2015-2035 között (milliárd köbláb/nap)

Figure 1. Growth in natural gas supply between 2015 and 2035 (billion cubic feet/day)



Forrás/Source: Energy Outlook, 2017.

Azonban a palagáz kitermeléssel kapcsolatban felmerülő – elsősorban technológiai és ehhez kapcsolódó környezeti és gazdaságossági – problémákat kezelni kell annak érdekében, hogy a prognosztizált felfutás és a rendelkezésre álló jelentős palagáz készletek kihasználása megvalósulhasson.

### CÉLKITŰZÉS, MÓDSZEREK

Jelen elemzésben a palagáz helyzetének általános bemutatásán túl, a kitermelésével és felhasználásával kapcsolatos nyitott, vitás kérdésekkel és aktualitásokkal foglalkozunk, a legfontosabb geopolitikai vonatkozásokra is tekintettel, szekunder kutatás módszerével.

A témát a jövőbe tekintően kifejezetten nehéz kutatni és elemezni ugyanis, habár vannak statisztikai adatok és becslések a palagázvagyon mértékét és kitermelhetőségét illetően, ezek nem megbízhatóak és folyamatosan felülvizsgálják őket<sup>6</sup>, a jelenlegi mérési technológia ugyanis nem ad egyelőre megfelelő becslést, a gazdaságos kitermelhetőség pedig a jövőben várható innovációktól és a társadalmi és politikai támogatottságtól jelentős mértékben függ, ezért minden ezzel kapcsolatos adat, kutatás, prognózis egyelőre sajnos fenntartásokkal kezelendő<sup>7</sup>.

Ahhoz, hogy világos legyen a különbség a palagáz és a konvencionális földgáz között, meg kell vizsgálni a keletkezési módját és elhelyezkedését és a kitermelési módszert, hiszen az anyagukban, összetételükben nincs különbség (de általában a földgáz összetétele, minősége eltérhet a különböző lelőhelyeken), csak a geológiai környezetben, ahonnan végül kinyerhető.

<sup>6</sup> <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-12-01/mit-study-suggests-u-s-vastly-overstates-oil-output-forecasts>

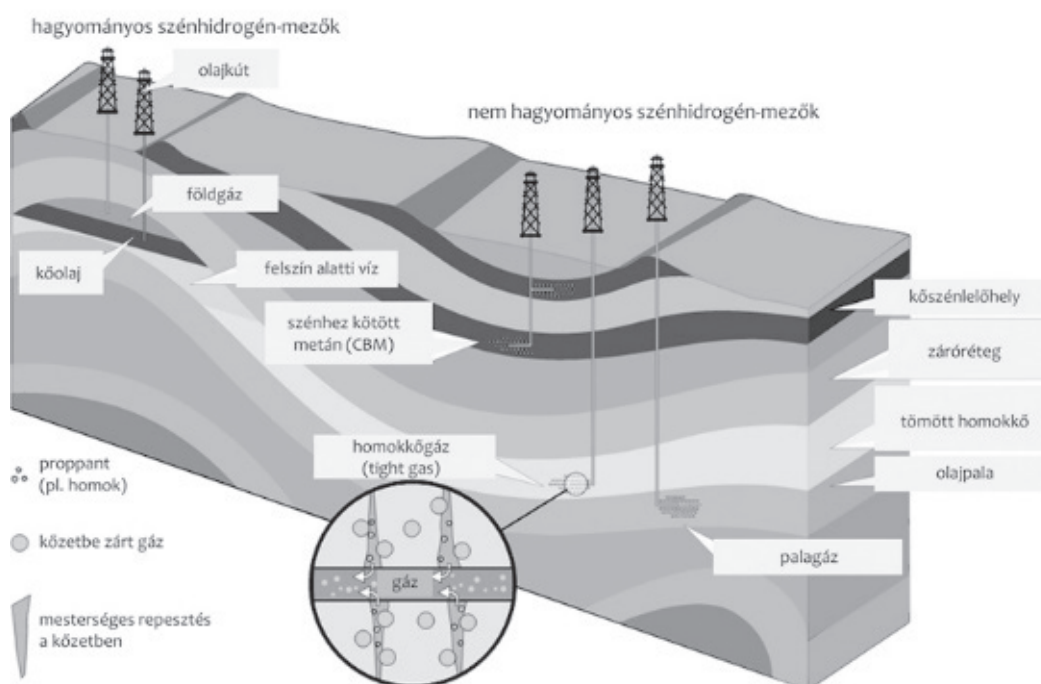
<sup>7</sup> <https://www.geoexpro.com/articles/2010/06/is-the-shale-gale-blowing-itself-out>

## A PALAGÁZ ÉS KITERMELÉSE

A palagáz egy, a természetben nagy mennyiségben előforduló, természetes gáz. A pala aprószemcsés, üledékes kőzet, ami petróleumban és természetes gázokban gazdag. Az utóbbi évtizedben a bányászati technikák fejlődése, a vízszintes fúrások és a hidraulikus töréstechnika elterjedése lehetővé tette, hogy nagy mennyiségű palagázhoz férhessenek hozzá, amit a korábbi módszerekkel nem volt gazdaságos kitermelni (NÉMET B. 2013). Ugyanis a palagáz általában mélyebben található, kemény, jól elzárt kőzet repedéseiben esik csapdába, így nehezebben hozzáférhető, mint a hagyományos földgáz (2. ábra).

2. ábra. Szénhidrogéntípusok elhelyezkedése

Figure 2. Location of hydrocarbon types



Forrás/Source: PAPP K.–PARRAGH D.A. (2015)

Az elmúlt évek-évtizedek *kísérletezései alapján a palagáz jelenleg ismert leghatékonyabb kitermelési módja a horizontális fúrás és a hidraulikus rétegrepsztes kombinációja (repesztés)*. Ez azt jelenti, hogy függőlegesen először lefúrnak addig a rétegig, ahol a palagáz található, majd vízszintes irányba folytatva a fúrást, ezt a palaréteget és annak pórusait nagy mennyiségű vegyszerrel és homokkal kevert víz bepréslésével megrepesztik, így válik hozzáférhetővé maga a gáz.

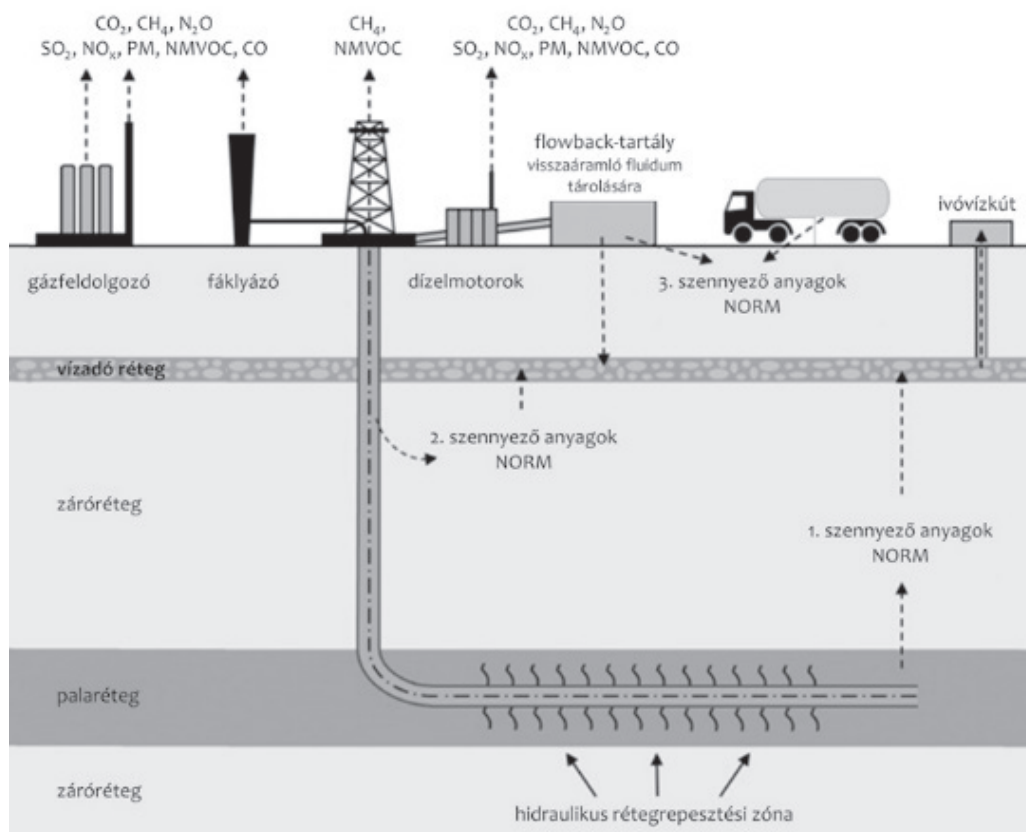
## A PALAGÁZ KITERMELÉSI TECHNOLÓGIA PROBLÉMÁI ÉS AZ EHEZ KAPCSOLÓDÓ FEJLESZTÉSI IRÁNYOK

A földgáz ugyan a „legtisztábban égő” fosszilis energiahordozó, azonban a palagáz kitermeléséhez használt repesztéses technológia drágább, tökeigényesebb és jelentősebb mértékben terheli a környezetet, mint a hagyományos földgázkitermeléshez használt (vertikális) fúrási eljárások. Figyelembe véve a jelentős környezetterhelés miatti társadalmi ellenállást is – a palagáz készletek kiaknázása és

a palagáz felhasználás széleskörű elterjedése egyelőre akadályokba ütközhet. Európa megosztott ezen kérdésben, egyes nyugat-európai országok még a tesztfúrásokat sem engedélyezik környezetvédelmi okokra hivatkozva, így a készletek feltárása nagyon lassú (3. ábra).

3. ábra. Szennyezőanyagok lehetséges terjedési útvonala a palagáz kitermelésénél (NORM: a talajban lévő természetes sugárzás (Naturally Occurring Radioactive Materials); NMVOC: nem-metán illékony szerves vegyület (Non-Methane Volatile Organic Compound)

Figure 3. Possible pathways of contaminants for shale gas extraction



Forrás/Source: PAPP K.–PARRAGH D.A. (2015)

### Üvegházhatású gázok felszabadulása és légszennyezés

A repesztési eljárás során jelentős mennyiségű metángáz szabadulhat fel a frissen megrepesztett palából, ami az eljárás során használt folyadék (víz, homok és egyéb vegyi anyagok elegye) visszatérésekor felszínre kerül, így hozzájárul a globális felmelegedéshez. Ezeket korábban egyszerűen a légkörbe engedték, vagy elégették, melynek során a metán a szintén üvegházhatású széndioxidá alakul át. Ezen felül a fúráshoz és a repesztő folyadék besajtolásához diesel üzemű motorokat és gépeket használnak, ami tovább növeli a légszennyező anyagok kibocsátását a folyamatban ráadásul magas az üzemanyag költsége.

A houstoni Apache cég az elsők között jelentette be, hogy átáll földgáz meghajtású motorokra (kompresszorokra) a repesztési folyamat során és jelentősen csökkenti a diesel üzemanyag felhasználását. A Halliburton pedig napelemes meghajtású silókat (SandCastle<sup>8</sup>) fejlesztett a repesztéshez használt homok tárolására és kezelésére, és a fluidum befecskendéséhez és kompressziójához használt

<sup>8</sup> [http://www.halliburton.com/public/pe/contents/Data\\_Sheets/web/H/H08478.pdf](http://www.halliburton.com/public/pe/contents/Data_Sheets/web/H/H08478.pdf)



földgáz üzemű gépeket is kifejlesztett, ezek segítségével akár 60-70%-al csökkenthető a diesel üzemanyag fogyasztás egy kitermelési helyen és jelentősen csökken a károsanyag kibocsátás.

Továbbá már léteznek olyan új eljárások, melyek csapdába ejtik és feldolgozzák a felszínre érkező metángázt, melyet a bevételüket növelve értékesíteni tudnak (REC-Reduced Emmission Completions<sup>9</sup>).

A kitermelési folyamatban jelentős mennyiségű gáz szivárog, ennek kiküszöbölésére már rendelkezésre áll olyan infravörös kamera melynek segítségével feltérképezhetők a szivárgások és betömhetőek a rések.<sup>10</sup>

Lehetnek olyan megoldások, melynek során a már kimerült palagáz lelőhelyeket a CO<sub>2</sub> tárolásra használhatják fel, ezáltal kevesebb üvegházhatású gáz kerülhet a légkörbe, mint ami a kitermelési folyamat során felszabadul (Wang, Middleton)<sup>11</sup>

### Földrengések

A (nagy nyomású) hidraulikus rétegrepezstés milliányi mikrorengéssel párosul melyet erre a célra kifejlesztett eszközzel mérnek, és vizsgálnak. Kérdéses, hogy ezek a mikrorengések okozhatnak-e nagyobb rengéseket, és erősödő szeizmikus aktivitást. Tény, hogy dokumentáltak több olyan esetet, amikor a repezstést szeizmikus mozgások követték (pl. Lancashire 2011-ben<sup>12</sup>, illetve a bázeli (Svájc) hőbányászati célú Deep Heat Mining Project felfüggesztésre került, miután 2006-ban 5 km-es mélységben történő rétegrepezstési célú, magas nyomású vízbesajtolás 3,4 magnitúdójú földrengést idézett elő).

A geotermikus energia előállítása során – ahol szintén hidraulikus repezstést használnak a folyamat serkentéséhez - ennek csökkentésére már vannak tapasztalatok, melyek felhasználhatóak a palagáz kitermelés esetén, azonban a palaréteg mechanikus tulajdonságaira vonatkozóan korlátozott adatok és stressz tesztek állnak rendelkezésre, ezért ez egy bonyolult és nagy kihívást jelentő feladat.<sup>13</sup>

### Jelentős tisztavíz-felhasználás és vízszennyezés

A repezstési eljárás óriási vízigényű folyamat. A technológia fejlődésével ezt már valamilyen szinten tudják orvosolni azzal, hogy a repezstésnél használt, vegyi anyagokkal szennyezett folyadékot megtisztítják, és a következő repezstésnél újra felhasználják. Vannak olyan régiók, ahol már a vízigény még így is megterhelő, ezért az együttműködés a helyi vízművekkel elengedhetetlen.

A repezstés miatti vízszennyezés és annak mértéke is problémát jelent. A különböző vegyi anyagokkal szennyezett repezstőfolyadék beszivárog a talajba, azon keresztül a felszín alatti, illetve feletti vizekbe. Ennek helyes kezelése, zárt rendszerben történő szállítása tehát elengedhetetlen. A felszínre visszatérő folyadék nem csak a befecskendezett vegyszereket tartalmazza, hanem sót, fémeket és egyéb káros anyagokat (radionuclid) is kiold a talajból és a közetrétegekből a folyamat során.

<sup>9</sup> [https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/reduced\\_emissions\\_completions.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/reduced_emissions_completions.pdf)

<sup>10</sup> [http://energyblog.nationalgeographic.com/2014/03/19/simple-fixes-could-plug-methane-leaks-from-energy-industry-study-finds/?\\_ga=2.162344767.2082627909.1520249995-616633746.1519912345](http://energyblog.nationalgeographic.com/2014/03/19/simple-fixes-could-plug-methane-leaks-from-energy-industry-study-finds/?_ga=2.162344767.2082627909.1520249995-616633746.1519912345)

<sup>11</sup> Wang J, Ryan D, Anthony EJ. Reducing the greenhouse gas footprint of shale gas. Energy Policy 2011;39:8196–9.

<sup>12</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378016306446>

<sup>13</sup> <http://www.shale-gas-information-platform.org/what-are-the-risks.html>

Emellett viszont vannak olyan tanulmányok is az EPA, illetve a Talajvizeink védelmében eljáró Bizottság (Ground Water Protection Council) részéről, melyek egyértelműen igazolják, hogy nincs direkt kapcsolat a hidraulikus repesztés és a vízszennyezés között.

Több cég már elkezdett olyan technológiákkal kísérletezni, mely nem vagy csak kevés vizet használ a repesztési folyamathoz. Ebben élen jár a GasFrac, de a GE és a Halliburton is folytat hasonló kutatásokat. Az alternatív eljárás lényege, hogy zselés propán tartalmú anyagot használnak a repesztéshez (Hill). A folyamathoz nyolcad annyi víz szükséges mint a klasszikus módszer esetén és a homokot is jobban megtartja (retain) és csak olyan arányban tartalmaz szénhidrogéneket, mint a talaj.

A Halliburton kifejlesztett és piacra dobott egy olyan adalékanyagot (UniStime), mellyel magas viszkozitású folyadékot készít gyakorlat bármilyen minőségű vízből, ami segít a folyadék újra hasznosítását és csökkenti az addicionális tiszta víz igényt a folyamatban.<sup>14</sup>

### **Egyéb szempontok, gazdasági hatások**

Fentiekén kívül a zajártalom, és a kitermelési régióban a megnövekedett teherautó forgalom (kitermelt gáz és a keletkező szennyezett folyadék elszállítása) is hatást gyakorol a környezetre és a lakosságra, mely szintén nem elhanyagolható negatív hatás. Az ingatlanpiacra gyakorolt hatásoknál vegyes a képe: egy Pennsylvania-i adatokra épülő kutatás kimutatta, hogy a talajvízfüggő otthonok esetén jelentős negatív hatás volt az házára, míg a vezetékes vízzel ellátott otthonok esetén mérsékelt pozitív hatás figyelhető meg.<sup>15</sup>

Gazdaságossági oldalról ki kell emelni, hogy a repesztéses kitermelés jelenetős tőkeigényű technológia, ami alacsony világpiaci gázárak mellett nem biztos, hogy megtérül.

Az egyik legfontosabb módszer a költségek lefaragására és a hatékonyság növelésére a már meglévő lelőhelyek újra repesztése (MIDDLETON 2016). Ez hozzájárul a lelőhelyek hosszú távú hatékony kiaknázáshoz, az USA-ban ezt a módszert már több éve használják, és a jelentős pozíciója a palagáz piacon részben ennek a technológiának köszönhető.

Számos amerikai tanulmány bebizonyította a palagáz ipar új munkahelyeket teremtett, és egyéb pozitív gazdasági hatása is volt, mint pl. a háztartások elektromos és gáz árainak csökkenése, gazdasági növekedésre gyakorolt jótékony hatása (stimulál), valamint a kormányzati adóbevételek növekedése<sup>16</sup>.

<sup>14</sup> <https://news.nationalgeographic.com/news/energy/2014/03/140319-5-technologies-for-greener-fracking/>

<sup>15</sup> <http://www.rff.org/files/sharepoint/WorkImages/Download/RFF-DP-13-39-REV2.pdf>

<sup>16</sup> The Economic and Employment Contributions of Shale Gas in the United States, published in December, 2011 by IHS<sup>8</sup>, an update of the report was published in June, 2012 (“The Economic and Employment Contributions of Unconventional Gas Development in State Economies”)

Ohio’s Natural Gas and Crude Oil Exploration and Production Industry and the Emerging Utica Gas Formation - Economic Impact Study, published in September, 2011,

“America’s New Energy Future: The Unconventional Oil and Gas Revolution and the US Economy. Volume 2 – State Economic Contributions” published in December, 2012 by IHS



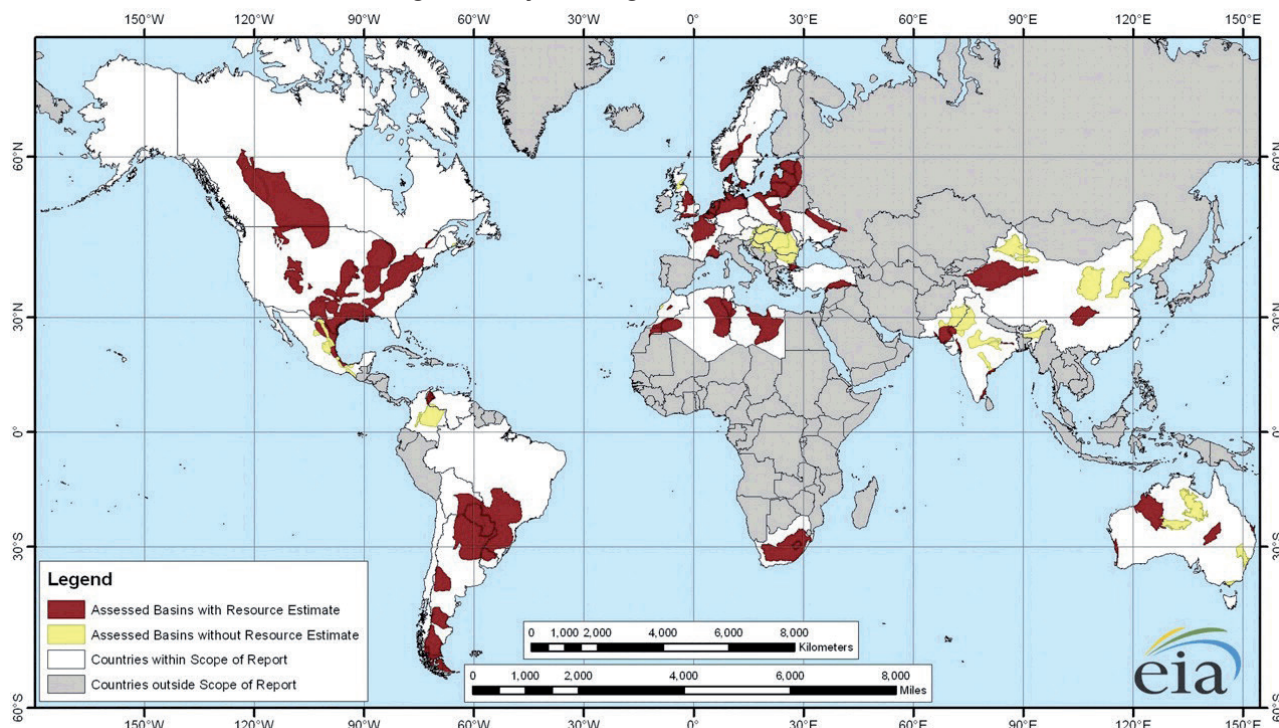
## GEOPOLITIKAI TÉNYEZŐK

### Importfüggőség versus palagáz készletek

A palagázt számos ország – az USA példáját látva - az energiatartalom csökkentéséhez vezető rögzös út egyik eszközének tartja, mivel a palagáznak köszönhetően az USA a világ legnagyobb gázkitermelőjévé lépett elő (4. ábra).

4. ábra: Nagy palagáz-medencék a Föld 32 országában

Figure 4. Major shale gas basins in 32 countries



Forrás/Source: <https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/archive/2011/pdf/fullreport.pdf>

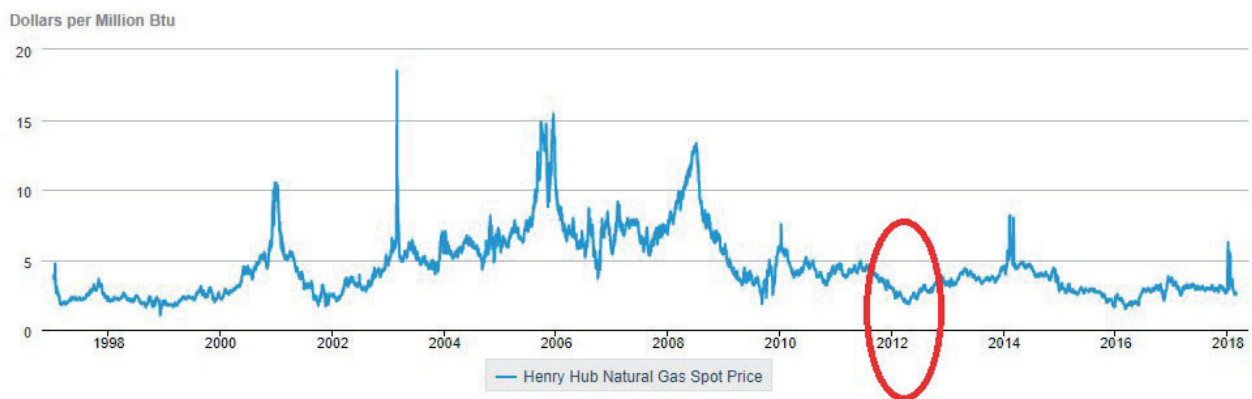
### Palagáz forradalom az USA-ban<sup>17</sup>

Palagáz készletek kiaknázásában jelenleg az USA élenjár, tulajdonképpen innen indult az ún. „palagáz forradalom”, aminek köszönhetően a XXI. században meghatározó tényezővé és reális alternatívává vált ez az energiahordozó a globális földgáz és fosszilis energiahordozó piacon. A palagáz kitermelés hatására az USA földgáz kitermelése (mely csak a negyedik legnagyobb palagáz készlettel rendelkezik a Földön) 2013-ban 1982 óta először haladta meg Oroszországét, és hozzájárult ahhoz, hogy ugyanebben az évben az azonnali piaci földgáz árfolyam (U.S Henry Hub) 2.75 \$/mBTU-ra süllyedt a többlet kínálat következtében (összevetésként 2005-ben még 8.69\$/mBTU volt). Továbbá a palagáz készletek kiaknázása miatt az USA jelenleg már nettó földgáz exportőr (5. ábra).

<sup>17</sup> Shale gas: Analysis of its role in the global energy market, Mehmet Melikoglu 2014

5. ábra: A Henry Hub elnevezésű, Észak-Amerikában kinyerhető földgáz árfolyam változása (\$/millió brit hőegység)

Figure 5. U.S. Henry Hub Natural Gas Spot Price ( \$/million british thermal unit)



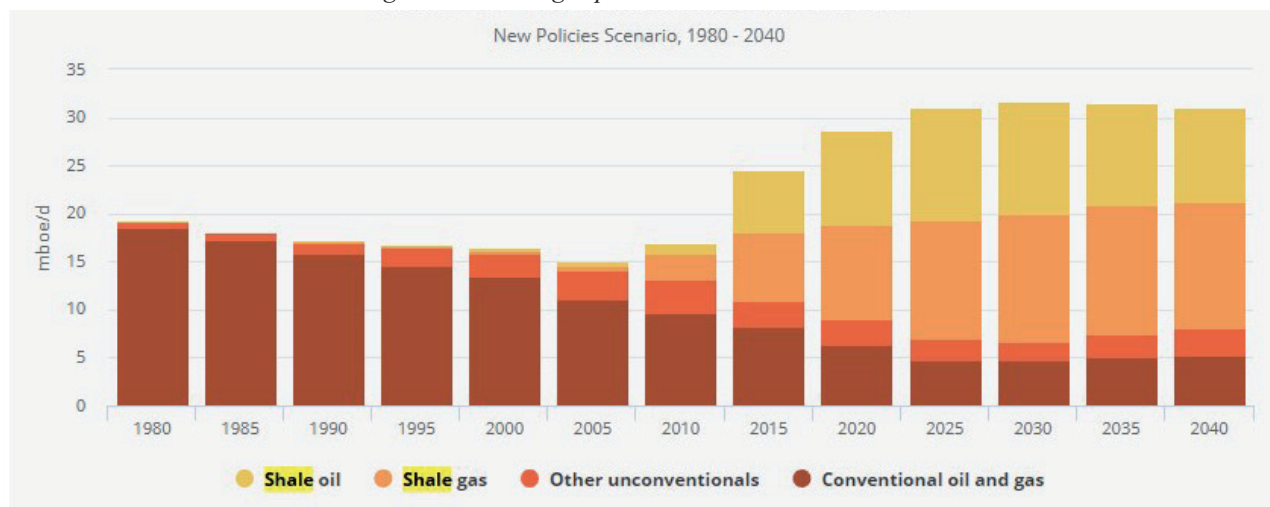
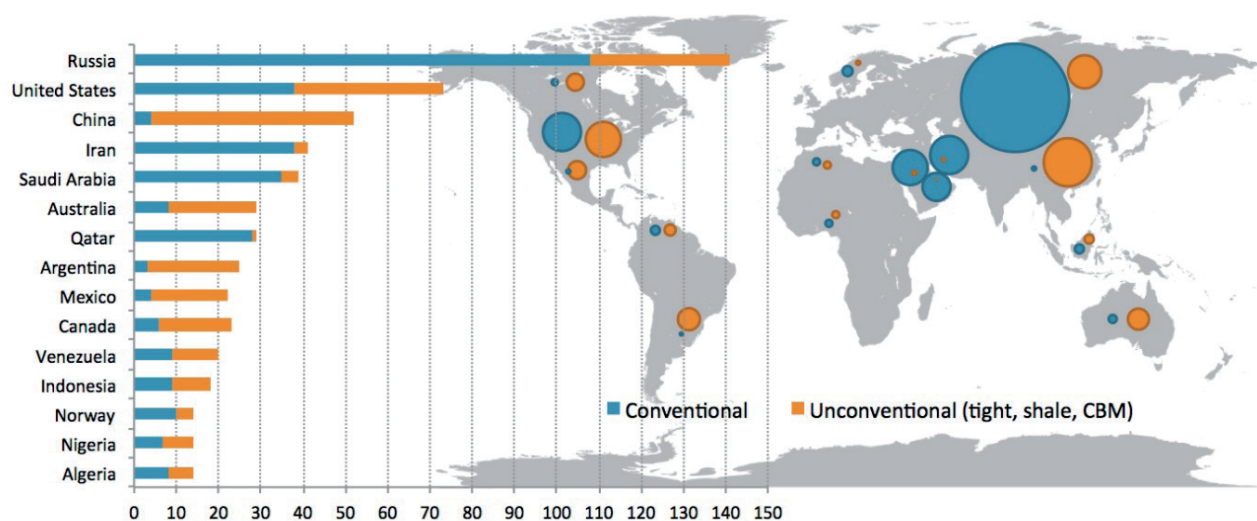
Forrás/Source: <https://www.investingdaily.com/31276/natural-gas-market-update>

2013-as adatok alapján 2.7 billió tonna köbméterre becsülik már a jelenlegi technológiákkal az aktuális piaci és szabályozói környezetben is biztosan kitermelhető globális palagáz mennyiséget (*proved technically recoverable reserve*), és 206.7 (EIA, 2013) trillió tonna köbméterre a jövőben potenciálisan kitermelhető készleteket (*unproven technically recoverable reserves*). Ez is mutatja a palagázban rejlő óriási potenciált, aminek kiaknázásáért az USA sikerét is látva – *ahol a palagáz kitermelés előrehaladott szakaszban van, olcsóbb mint a klasszikus földgáz kitermelés átlagos költsége a Föld többi részén* - nagy verseny indult. Azonban a fenti számok alapján a készletek 99%-a „unproven reserve”, mutatva a nagyfokú bizonytalanságot a palagáz jövőjét illetően.

Fontos megemlíteni, hogy a környezetterhelés és negatív hatások tekintetében a palagáz kitermelése kedvezőtlenebb, mint a konvencionális földgázé, viszont a palagáz készletek kitermelése nélkül 2040-ig a hagyományos földgáz készletek 66%-át várhatóan felhasználásra kerülne a földgáz iránti növekvő kereslet kielégítése következtében. A kereslet-kínálati egyensúly eltolódása miatt várhatóan jelentős földgáz-árnövekedés következne be. Emiatt a szakértői vélemények szerint a palagáz hatékony kiaknázása nem csupán lehetőség, hanem szükséges feltétele a piaci turbulencia-mentes, zavartalan földgáz- és energiaellátásnak (MELIKOGLU, 2014), (6. ábra).

6. ábra. USA kőolaj és földgáz termelése (mboe/d= millió hordó kőolaj-egyenérték per nap)

Figure 6. Oil and gas production in the United States

Forrás/Source: <https://www.iea.org/weo2017/>7. ábra. Kitermelhető földgázkészletek (2011. billió m<sup>3</sup>)Figure 7. Recoverable natural gas reserves (2011, trillion m<sup>3</sup>)

Forrás/Source: IEA, BP, Reuters

A 7. ábra mutatja, hogy jelentős készletekkel rendelkezik az USA mellett Kína, Dél-Amerika (főleg Argentína), Afrika és Európa egyes részein is fellelhető palagáz. Európában jelenleg is folynak a kutatások, mivel Európán is nagy a nyomás, hogy importfüggőségünk mérsékeljük – az Eurostat 2014-es adatai alapján az Unió energiaszükségletének fedezésére szolgáló energiahordozók 54%-át importból oldotta meg, főleg orosz forrásokra támaszkodva –, és egy potenciális új forrás bevonásának lehetőségét mérlegeljük.

Ez az út azonban rögzös, a feltárások nehezen haladnak előre, a közvélemény megosztott, egységes Uniós szabályozás jelenleg még nincs, az egyes országok saját szuverén joga, hogy eldöntse engedélyezi-e a fúrásokat a környezetvédelmi aggályok ellenére. A hagyományos földgáz esetében

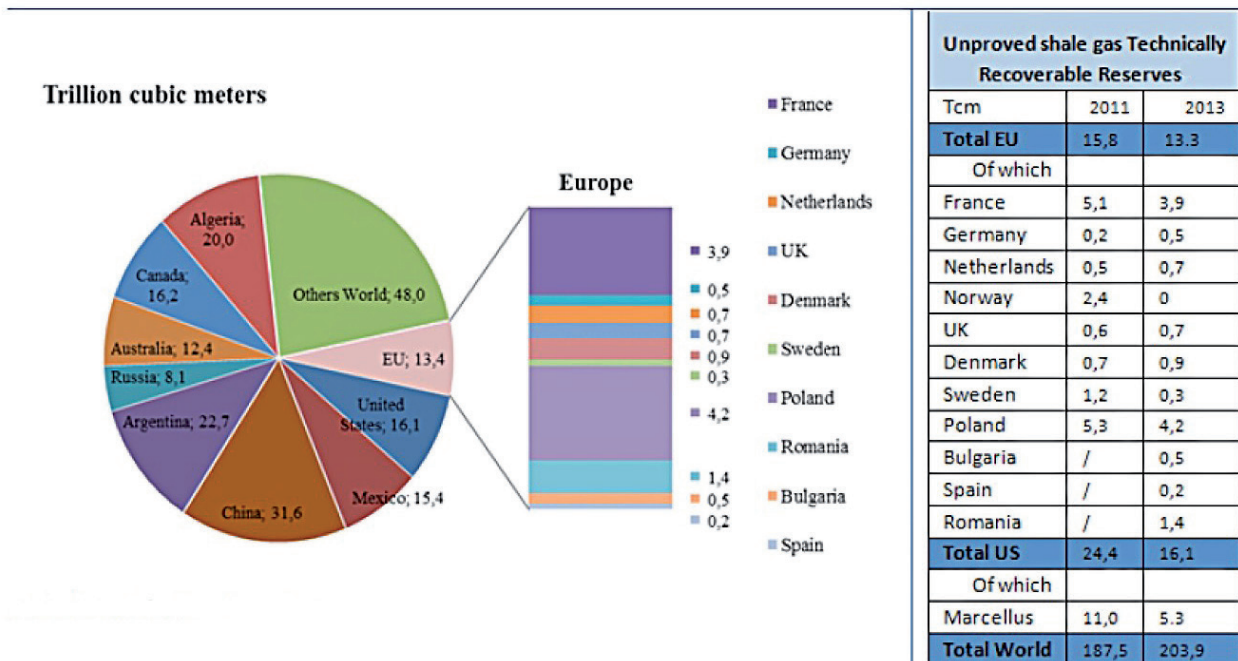
már létezik egyébként egységes direktíva (2014 március), melyben szigorú környezetvédelmi előírásokat határoztak meg, de a palagáz nem tartozik ezen direktíva hatálya alá.

### Stabilitási kockázatok, szempontok

Luping (et al.) 2016-os tanulmányában arra a következtetésre jutott, hogy az USA-ból kiinduló palagáz boom közvetett hatást gyakorol az általuk vizsgált azon országok gazdasági és politikai stabilitására, melyek bevétele túlnyomórészt a „klasszikus” fosszilis energiahordozók export árbevételétől függ (Oroszország, Algéria, Azerbajdzsán, Katar, Szaúd-Arábia, Kazahsztán), mivel a palagázkészletek jelentette többletkínálat következtében csökkenhet a földgáz világpiaci ára. A gazdaságpolitikai és energiapolitikai döntéshozóknak ezeket figyelembe kell venniük a következő 20 évben.

8. ábra. Technikailag kinyerhető palagáz-tartalékok

Figure 8. Unproved shale gas Technically recoverable reserves



Forrás/Source: Energy Economic Developments in Europe, European Commission, 2014

A technikailag kinyerhető palagáz-tartalék Európában 14 billió m<sup>3</sup>, meghaladják a hagyományos földgáztartalékokat (5,2 billió m<sup>3</sup>). Becslések szerint Lengyelországban és Franciaországban állnak rendelkezésre legnagyobb palagáz lelőhelyek (8. ábra).



## ÖSSZEFOGLALÁS

2040-ig a Földön a földgáz lesz az első számú (fosszilis) energiahordozó, az átállás a megújulóakra csak lassan tud megvalósulni, addig is sokszínű energiamix várható.

A földgáz készleteken belül a palagáz szerepe felértékelődhet, mivel – igaz a becslések bizonytalanok – a készletek mérete jelentős, és amennyiben ezek nem termelhetők ki hatékonyan, illetve nem integrálhatóak az energiafogyasztásba, akkor várhatóan túlkereslet lesz a földgáz piacán, ami jelentősen növelné a földgáz világpiaci árát és zavart okozna a globális energiapiacra.

A kitermelési potenciál szempontjából a repesztéses technológia költségei (tőkeigénye) és az ehhez kapcsolódó környezetszennyezés meghatározó tényezők. Ezek célzott kutatás-fejlesztéssel mérsékelhetőek, az innováció jelenleg is folyamatos, melyet a profit elvárások és a szabályozások is kikényszerítenek (környezetvédelmi előírások, CO<sub>2</sub> kvóták)

A legígéretesebb technológia-fejlesztések lehetővé teszik, hogy a kimerült palagáz mezőket CO<sub>2</sub> raktározásra használják, illetve a már létező kutaknál alkalmazott újra-repesztés esetén is jelentős mennyiségű palagáz nyerhető (ennek a módszernek a hatásait az USA kitermelési adatai már mutatják)

A palagáz kitermelés társadalmi elfogadottsága gyenge a technológiához kapcsolódó környezeti terhelés miatt, Európában az ezzel kapcsolatos vita különösen hangsúlyos. Viszont globális szinten az USA és a legnagyobb lelőhellyel rendelkező országok pozíciója fogja meghatározni a piacot, az EU várhatóan továbbra is nettó importőr maradhat földgáz tekintetében, azonban az orosz függőség csökkenhet. A lehetséges földgáz-palagáz átrendeződés befolyásolhatja a jelenleg legnagyobb klasszikus földgáz exportőr országok helyzetét és gazdaságát, politikai stabilitását is.

A palagáz kitermeléséhez használt repesztéses technológia drágább, tőkeigényesebb, jelentősebb mértékben terheli a környezetet, mint a hagyományos földgázkitermeléshez használt (vertikális) fúrési eljárások. A jelentős környezetterhelés miatti társadalmi ellenállás miatt a palagáz készletek kiaknázása és felhasználásának széleskörű elterjedése egyelőre akadályokba ütközhet.

*Kardos Adrienn, PhD hallgató*

*Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar,*

*Földrajzi és Földtudományi Intézet Doktori Iskola*

*e-mail: palanek.adrienn@gmail.com*

*Dr. Gálosi-Kovács Bernadett, adjunktus*

*Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajzi és Földtudományi Intézet, Politikai*

*Földrajzi, Fejlődési és Regionális Tanulmányok Tanszéke*

*e-mail: detty@gamma.ttk.pte.hu*

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- “Annual Energy Outlook 2014.” (n.d.): n. pag. U.S. Energy Information Administration, Apr. 2014. Web. Oct. 2014.
- ANSCOMBE, N.: “Fracking for Shale Gas: Geologists Demand More Data for UK.” Editorial. Engineering & Technology Magazine n.d.: n. pag. The Institution of Engineering and Technology, June 2014. Web. Oct. 2014.
- AUPING, W.L.–PRUYT, E.–DE JONG, S.–KWAKKEL, J.H. (2016): „The geopolitical impact of the shale revolution: Exploring consequences on energy prices and rentier states” Energy Policy Volume 98, November 2016 pp. 380-399
- BRADSHAW, M.–WAITE, C. (2017): „Learning from Lancashire: Exploring the contours of the shale gas conflict in England” Global Environmental Change Volume 47. November 2017 pp. 28–36.
- BROOKS, D.: “Shale Gas Revolution.” The New York Times – The Opinion Pages. The New York Times, 03 Nov. 2011. Web. Oct. 2014.
- Eleni Apostolatos, Shale Gas: The Future of Energy Production?  
<https://www.energy.gov/fe/science-innovation/oil-gas-research/shale-gas-rd>
- GOLDEN, J.M.–WISEMAN, H.J. (2015): „The Fracking Revolution: Shale Gas as a Case Study in Innovation Policy” Emory Law Journal Volume 64. Issue 4. pp.955-1040
- “Global Frackdown: World Protests Shale Gas Production.” RT News. Autonomous Nonprofit Organization “TV-Novosti”, 24 Dec. 2013. Web. Oct. 2014.
- HOLODA, A. (2016): „Kihívások a hazai gázellátásban – Magyarország energiahelyzete és lehetőségei”. Műszaki és Gazdasági Közlemények. ISD Dunaferr. LIV. évfolyam 4. szám (183)
- „Hydraulic Fracturing for Oil and Gas: Impacts from the Hydraulic Fracturing Water Cycle on Drinking Water Resources in the United States (Final Report)”. U.S. Environmental Protection Agency, December 2016.
- International, Kpmg. “Shale Gas – A Global Perspective.” (n.d.): n. pag. KPMG International Cooperative, 2011. Web. Oct. 2014.
- LEHR, J. H.–KEELEY, J.–KINGERY, T. B. (2016): „Alternative Energy and Shale Gas Encyclopedia”. Wiley Series on energy.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781119066354.ch14>
- MELIKOGLU, M. (2014): „Shale gas: Analysis of its role in the global energy market” Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 37, pp. 460–46., September 2014
- MIDDLETON, R.S.–GUPTA, R.–HYMAN, J.D.–VISWANATHAN, H.S. (2017): „The shale gas revolution: Barriers, sustainability, and emerging opportunities” Applied Energy Volume 199, 1 August, pp. 88–95.
- MUEHLENBACHS, L.–ELISHEBA, S.–TIMMINS, C. (2015): „The Housing Market Impacts of Shale Gas Development” American Economic Review, Volume 105 (12), December 2015 (pp. 3633-59)
- NEWELL, R.G.–PREST, B.C. (2017): „How the Shale Boom Has Transformed the US Oil and Gas Industry” Resources for the Future, 29 November 2017
- NÉMET B. (2013): Ipari technológiák  
[http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2011\\_0025\\_kor\\_3/ch03s02.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2011_0025_kor_3/ch03s02.html)



- “North America Leads the World in Production of Shale Gas.” U.S. Energy Information Administration – Today in Energy. U.S. Department of Energy, 23 Oct. 2013. Web. Oct. 2014.
- PAPP K.–PARRAGH D.A. (2015): Magyarországi palagáz-forradalom az USA-beli sikerek nyomán? A környezetvédelmi felvetések mérlegelése és vizsgálata. Magyar Tudomány <http://www.matud.iif.hu/2015/11/06.htm>
- SCHRAG, D. P. (2012): “Is Shale Gas Good for Climate Change?” *Dædalus, the Journal of the American Academy of Arts & Sciences* (n.d.): pp. 72-80. American Academy of Arts & Sciences, Spring 2012. Web. Oct. 2014.
- “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States.” U.S. Energy Information Administration – EIA – Independent Statistics and Analysis. U.S. Department of Energy, 13 June 2013. Web. Oct. 2014.
- “The Once and Future U.S. Shale Gas Revolution.” Knowledge@Wharton. Wharton School of the University of Pennsylvania., 29 Aug. 2012. Web. Oct. 2014.
- „The Geopolitics of Shale Gas”: The Hague Centre For Strategic Studies (HCSS) And TNO, Paper No. 2014/17
- WANG, J.–RYAN, D.–ANTHONY, E.J. (2011): „Reducing the greenhouse gas footprint of shale gas.” *Energy Policy* Volume 39: pp. 8196–9. October

