



DIÁKTUDOMÁNY

A MISKOLCI EGYETEM TUDOMÁNYOS
DIÁKKÖRI MUNKÁIBÓL

2016-2017.



MISKOLCI
EGYETEM
UNIVERSITY OF MISKOLC

Nemzeti Tehetség Program NTP-HHTDK-17

DIÁKTUDOMÁNY

A MISKOLCI EGYETEM TUDOMÁNYOS
DIÁKKÖRI MUNKÁIBÓL

**MISKOLCI EGYETEM
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI TANÁCS
X. KÖTET**

Szerkesztők:

Prof. Dr. Kékesi Tamás
Vadászné Prof. Dr. Bognár Gabriella
Dr. Dabasi-Halász Zsuzsanna

* * * * *

Szerkesztő bizottság tagjai:

Dr. Bokányi Ljudmilla, Dr. Németh Norbert
Műszaki Földtudományi Kar
Dr. Szemmelveisz Tamásné dr., Dr. Erdélyi János
Műszaki Anyagtudományi Kar
Dr. Kovács László
Gépészmérnöki és Informatikai Kar
Dr. Páztorné Dr. Erdős Éva, Dr. Varga Zoltán
Állam- és Jogtudományi Kar
Dr. Gadócziné Prof. Dr. Fekete Éva, Dr. Berényi László
Gazdaságtudományi Kar
Kegyesné Dr. Szekeres Erika, Dr. Fekete Sándor
Bölcsészettudományi Kar
Dr. Fodor Bertalan, Dr. Lukács Andrea
Egészségügyi Kar
Széplaki Zoltán, Gáspárné Dr. Tóth Marica
Bartók Béla Zeneművészeti Intézet

* * * * *

Technikai szerkesztő:

Kupcsik Lászlóné
tanácsos
Lehoczkyné Tóth Alexandra
műszaki ügyintéző

Nyomdai kivitelezés:

Miskolci Egyetem KLM Sokszorosító Üzem
A sokszorosításért felelős: Pástor Erzsébet
Miskolc-Egyetemváros, 2017.

TARTALOMJEGYZÉK

	oldal
Ajánlás	5
A XXXIII. OTDK miskolci eredményei	6
Műszaki Földtudományi Kar	7
<i>Gregus Éva</i>	
Különböző örülhetőségű anyagok együttörlésének alapvizsgálata	8
<i>Jakab Zsófia</i>	
A gumi biokéntelenítéséből származó kén flotációs leválasztásának kísérleti vizsgálata	16
<i>Lengyel Tamás</i>	
Repedés konduktivitást befolyásoló tényezők	23
<i>Pusztai Patrik</i>	
Palagázban történő áramlások áttekintése és alkalmazása egy magyarországi ultra magas nyomású és hőmérsékletű (UHPHT) tároló magmintáin keresztül	31
<i>Sebe Emese – Siska Orsolya</i>	
Napraforgó- és szójahéj bioszorpciós képességének vizsgálata	39
Műszaki Anyagtudományi Kar	47
<i>Parragh Dávid Máté</i>	
Légi-köri korom nanomorfológiai vizsgálata és 3D rekonstrukciója	48
Gépezsmérnöki- és Informatikai Kar	55
<i>Erdői Réka</i>	
Műanyag hulladékból tömörített bálák bontására alkalmas gép tervezése	56
<i>Suhaj Anett</i>	
Egyszeresen átlapolt ragasztott kötések vizsgálata statikus és időben változó igénybevételre	64
Állam- és Jogtudományi Kar	71
<i>Harnócz Dorina Lilla</i>	
Az emberkísérletek büntetőjogi vonatkozásai	72
<i>Herczeg Gergő</i>	
A Brexit megállapodás jogi keretei, az EUSZ. 50. cikkelyével összhangban	78
<i>Kardos Sára</i>	
Új államalakulat-új külpolitika – az Osztrák-Magyar Monarchia külkapcsolati rendszerének kiépülése	84
<i>Katona Balázs</i>	
„Virágzik az adóelkerülés. – Mit lép erre a NAV?”	89
<i>Kállai Klaudia</i>	
Külön eljárások a büntető eljárásjogban: A bíróság elé állítás és a tárgyalás mellőzése	95
Gazdaságtudományi Kar	103
<i>Csoma Orsolya Zita</i>	
Új kihívások a munkahelyen! – Jön a Z generáció	104



Puztai Patrik, a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának (ME-MFK) Petroleum Engineering mesterszakos hallgatója. A 2016-2017-es tanévben megrendezett őszi intézményi Tudományos Diákköri Konferencián, Műszaki Tudományi szekciójába nyújtott be dolgozatot. Témája iránti érdeklődését konzulense Dr. Jobbik Anita a Miskolci Egyetem Alkalmazott Földtudományi Kutató Intézetének igazgatója keltette fel, majd koordinálta kutatómunkája során. Az angol nyelven írt „Overview and Application of Shale Gas Flow Models through a Hungarian Ultra High Pressure High Temperature (UHPHT) Reservoir's Core Samples” című dolgozatával II. helyezést nyert el. Ezt követően a Dunaújvárosi Egyetem által szervezett Országos Tudományos Diákköri Konferencián, a geotechnológia, geodézia, műszaki földtudomány I. alszekciójában I. helyezést szerzett, melynek eredményeiből készítette az alábbi cikket.

PALAGÁZBAN TÖRTÉNŐ ÁRAMLÁSOK ÁTTEKINTÉSE ÉS ALKALMAZÁSA EGY MAGYARORSZÁGI ULTRA MAGAS NYOMÁSÚ ÉS HŐMÉRSÉKLETŰ (UHPHT) TÁROLO MAGMINTÁIN KERESZTÜL

Puztai Patrik

Bevezetés

A világ egyre növekvő energiaigénye, valamint a fosszilis energiahordozók jövőbeli készletnövekedésének, hosszú távú prognózisok alapján jelzett csökkenése magával vonta az egyre nehezebben hozzáférhető fosszilis, illetve a megújuló energiaforrások hasznosításának növekvő trendjét. Szénhidrogének és különösen a földgáz tekintetében a világ termelésében egyre nagyobb mértékben vannak jelen az ún. nem-hagyományos vagy más néven nem konvencionális szénhidrogének. Mely nem-hagyományos szénhidrogén előfordulások kutatása és termelésbe állítása izgalmas, komoly szakmai és műszaki kihívásokat állít a jelen és jövő mérnökei elé.

Ezen nem-hagyományos szénhidrogének (jelen dolgozat esetében természetes földgáz) jellemzően rendkívül kis pórusterekben találhatóak, melyek hatással vannak az áramlásokat leíró egyenletekre és a tárolót jellemző anyagmérleg egyenletre. Magyarországi körülményeket tekintve a kis pórusterek mellett rendkívül magas nyomás és hőmérséklet értékek is jellemzőek. Az alábbi körülmények között lévő földgázt tartalmazó rezervoárok viselkedésének tanulmányozása elengedhetetlen a nem-konvencionális földgáz tárolók (tömött homokkő tárolók, palagáz tárolók) gazdaságos kitermeléséhez.

Ebben a munkában a különböző áramlási modellek összehasonlítása és elemzése kerül bemutatásra egy új bővített anyagmérleg egyenleten keresztül, mely a nem konvencionális földgáz tárolókban jelenlévő mechanizmusok valamennyiét jellemzi. A modellen keresztül egy gazdasági elemzés is bemutatásra kerül, melynek segítségével a tárolók gazdasági elérhetősége különböző hozamnövelő eljárások segítségével vizsgálható. Végezetül egy magyarországi hidraulikus rétegrepszett földgáztároló termelési eredményein keresztül vizsgáltam a modell alkalmazhatóságát.

Átlagvető mechanizmusok

Mivel az átlagos pórust méretek a nem-hagyományos földgáztárolók esetében mindössze 1-2 nagyságrenddel nagyobbak, mint az abban jelenlévő földgáz molekulák (különböző metán molekula), így kimagasló fontosságú a gáztárolás szempontjából jelenlévő mechanizmusok megértése és figyelembe vétele. Jellemzően 5 mechanizmust különböztetünk meg, amelyek sorra [1]:

1. adszorbeálódott gáz a pórusok belső felületén

2. konvencionális (nyomás alatti gáz) tárolás a természetes és hidraulikusan indukált repedésben
3. konvencionális tárolás a porózus mátrixban (szerves és szervetlen)
4. formáció vízben oldott formában jelenlévő földgáz
5. abszorbeálódott földgáz a szerves anyagban

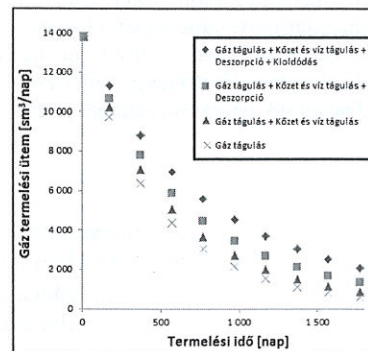
Mivel a meglévő modellek jellemzően alulbecslik az ilyen tárolókból történő termelések értékeit, így dolgozatomban fő célja a lehető legtöbb jelenség integrálása egy modellbe, amely még matematikailag könnyen kezelhető. Ezért a szakirodalomban kidolgozott anyagmérleg egyenletek bővítése a fentebb említett mechanizmusokkal elengedhetetlen fontosságú volt.

Magyarországi rezervoárokat tekintve jellemzően kevésbé repedezett formációk vannak jelen, mint az Egyesült Államokban található kismélységű palagáz tárolók, így a 2. jelenséget elhanyagolhatónak tekintettem. Ezen kívül a repedések inhomogén eloszlása nagymértékű bizonytalanságot eredményezne repedezett formációk esetén, melyeket csak modern geofizikai feltérképezésekkel és összetett rezervoármechanikai modellezésekkel lehetne csökkenteni.

A Miskolci Egyetem Alkalmazott Földtudományi Kutató Intézetében (AFKI) vizsgált magminták általában kismértékű szerves anyag tartalommal rendelkeztek, így az 5. pont, vagyis a szerves anyagban megkötött (abszorbeált) földgáz jelenlétének vizsgálata is elhanyagolható volt. Az 1., 3. és 4. pontok modellbe való megfelelő integrálása elfogadható közelítést adott a magyarországi nem-konvencionális földgáztárolók jellemzésére.

Anyagmérleg egyenlet

Rezervoármechanikai terminológiában az anyagmérleg egyenletek egy anyag megmaradási összefüggést fejeznek ki, melyeknek köszönhetően becslhetővé válik a tároló termeltetéséből eredő nyomáscsökkenés. Tömött kis pórusterekkel rendelkező formációk esetében rendszerint megfelelő pontossággal alkalmazhatóak a zárt tárolókra jellemző anyagmérleg egyenletek. Jelen modellben is ezt alkalmaztam. A kitermelés hatására bekövetkező nyomáscsökkenés következtében az alábbi jelenségek mennek végbe: a porózus mátrixban jelenlévő földgáz tágulása, a közet és a formáció víz tágulása, a pórusok belső felületén adszorbeálódott gáz leválása, valamint a formáció vízben oldott földgáz kiválása. Ezek a jelenségek redukálják a nyomáscsökkenés értékét, ezáltal kisebb mértékű nyomáscsökkenés realizálható egységnyi földgáz kitermelése esetén az ilyen tárolók vizsgálata során.



1. ábra: Termelési ütemek változása különböző mechanizmusok figyelembe vétele mellett

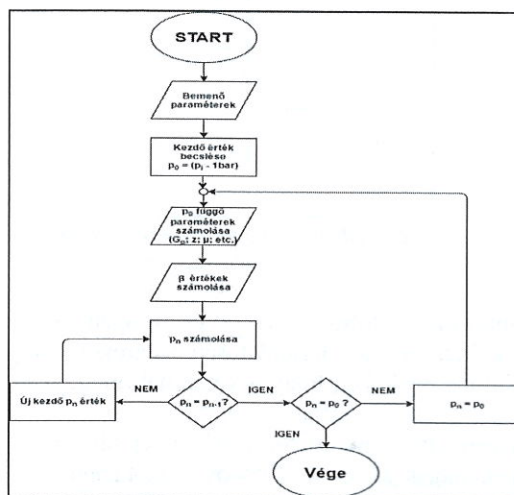
Forrás: saját szerkesztés

Ezek alapján a kumulált gáztermelés megegyezik a nyomáscsökkenés által be-
 következett, egyes mechanizmusok hatásának összegével. Ezek a mechanizmusok ma-
 tematikailag kifejezve egy rendkívül összetett függvényt eredményeznek, mivel a metán
 oldódása vízben csak komplex korrelációval határozható meg magas nyomású és hő-
 mérsékletű tárolók esetében [2]. Valamint az adszorpció figyelembe vételére az egyré-
 tegű adszorpciót feltételező Langmuir izotermát alkalmaztam. Így a nyomáscsökkenés
 értékét csak numerikus közelítéssel lehet meghatározni, amelyhez a Newton módszert
 alkalmaztam. A módszer lényege a következő: kiindulunk egy pontból, amely az igazi
 értékhez elég közel található (jelen esetünkben a kezdő rezervoár nyomástól 1 bar-os
 nyomáscsökkenést feltételezve). A függvényérték ebben a pontban megközelítőleg az
 érték a ponthoz húzott érintőn található (amelyet meghatározhatunk a függvény deri-
 váltjával), majd kiszámoljuk ennek az érintőnek az x tengellyel való metszéspontját. Ezt
 követően a lépést megismételjük a kapott metszéspont értékét tekintve az új kezdőpont-
 nak. Így egy iteratív lépéssorozattal pár számítási ciklust elvégezve megkapjuk a ter-
 més hatására bekövetkezett nyomáscsökkenés értékét (jól konvergáló függvényről lévén
 szó).

$$f(p) = \frac{\beta_{11}}{p} + \beta_{14} - \beta_{13} * p + \frac{\beta_{13}}{p} - \frac{\beta_4}{p} * \frac{V_L * p}{P_L * p} + \frac{\beta_5}{p} * [\beta_6 - p^{\beta_7 - \beta_8 * (p * C_1) + \beta_9 * \ln(p * C_1) + \beta_{10} * \ln(p * C_1)}] - \frac{\beta_{15}}{p}$$

$$P_n = P_{n-1} - \frac{f(p)}{f'(p)}$$

Azonban az alapfüggvényben feltételezett konstans β értékek tartalmaznak ta-
 gokat, melyek szintén függnek a nyomásváltozástól. Így ennek megoldására egy impli-
 cit módszert javasoltam, mely során a kapott, lecsökkent nyomás értékével a konstansok-
 kat újra számolva és ismételten elvégezve a Newton módszert a tényleges nyomáscök-
 kenes értékre, már egy pontosabb megoldást kapunk. Ezt az algoritmust addig kell is-
 mételni, míg a kezdő nyomás érték és a számolt értékek nagy pontossággal megegyez-
 nek. Ez a legtöbb esetben 3-4 számolási lépés után bekövetkezik.



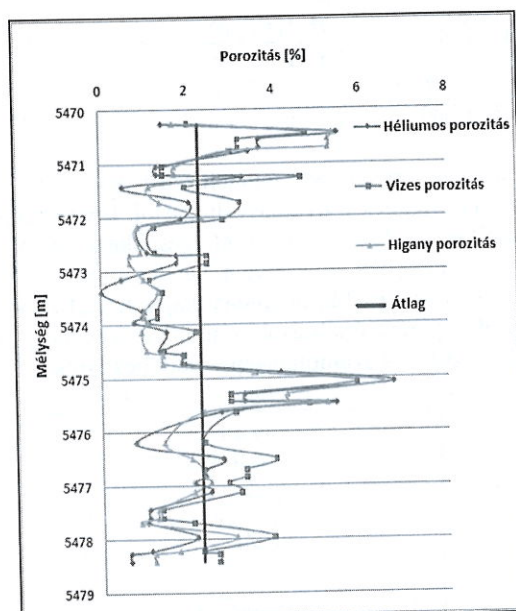
2. ábra: Számolási algoritmus a nyomáscsökkenés meghatározására
 Forrás: saját szerkesztés

Az alábbiakban bemutatott bővített, zárt gáztárolókra jellemző anyagmérleg egyenlettel és annak implicit megoldásának segítségével vizsgáltam számos gázáramlási modell viselkedését, bemenő paramétereknek pedig az AFKI által mért UHPHT tartományból származó magmintáit választva.

Elvégzett mérések

43 magminta érkezett a Miskolci Egyetem Alkalmazott Földtudományi Kutató Intézetébe, 5470-5478,5 m-es mélységű tömött homokkőves formációból, melyeken számos mérést végeztünk el. Valamennyi magmintán kivitelezve lett porozitás mérés, abszolút permeabilitás (áteresztőképesség) mérés, tapadó víztelítettség mérés, valamint pórusméret-eloszlás mérés.

Porozitás mérést három eltérő közeg besajtolásával is elvégeztük, melyek sorra formáció víz (nedvesítő folyadék), hélium gáz és higany (nem nedvesítő folyadék). A különböző fázisokkal kapott kissé eltérő értékeket átlagoltuk majd az egyes magmintákra jellemző értékeknek szintén az átlagát vettük kezdő bemenő paraméternek. Ennek értéke a tömött homokkő tárolókra jellemzően igen alacsony 2,29% lett.



3. ábra: Porozitás mérés eredményei
Forrás: saját szerkesztés

Permeabilitás mérést formáció vízzel és nitrogén gázzal végeztük el, majd a porozitás mérések kiértékeléséhez hasonlóan határoztuk meg a formációra jellemző abszolút permeabilitás értékeket, mely a vártaknak megfelelően igen alacsony 0,0035 mD lett.

Tapadó víztelítettség mérést formáció víz és higany besajtolásával végeztük el, melynek során igen magas, átlagosan 86%-os értéket kaptunk.

Pórusméret eloszlást higany besajtolásával határoztuk meg, mivel ez a közeg nem nedvesíti a kőzetet. Átlagos pórusugárnak 55,22 nm adódott, mely prognosztizálta a Darcy áramlástól eltérő viselkedést.

Áramlási tartományok és áramlási modellek

Az áramlások leírására a szakirodalomban különböző áramlási tartományokat határoztak meg annak függvényében, hogy milyen hatások érvényesülnek [3]. Ezeket a tartományokat egy arányszám segítségével az úgynevezett Knudsen-szám bevezetésével határozták meg. A Knudsen-szám a közepes szabad úthossz és a pórusátmérő aránya. A közepes szabad úthossz a molekulák áramlása során az egymással való ütközések között megtett átlagos távolság. Ennek értéke fordítottan arányos a nyomással és egyenesen arányos a hőmérséklettel, valamint fordítottan és négyzetesen arányos a pórusátmérővel.

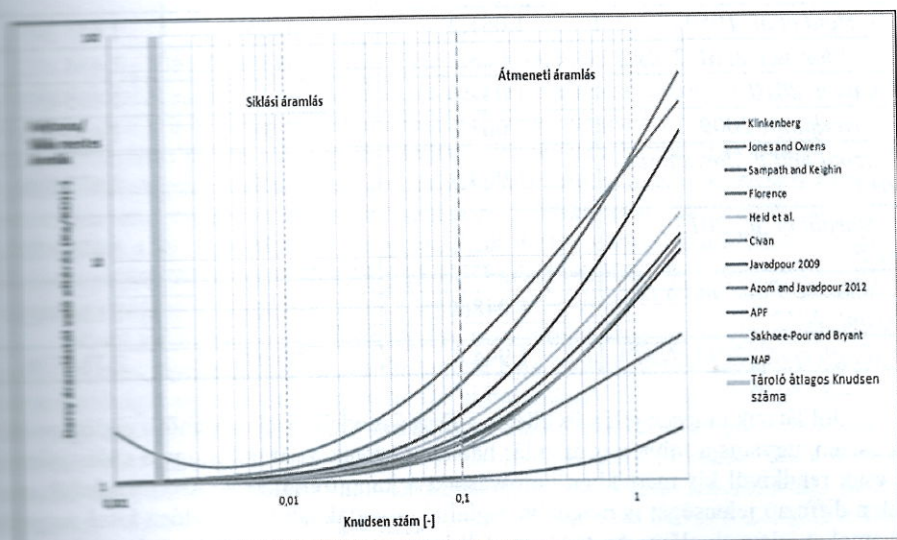
$$\lambda = \frac{K_B \times T}{\sqrt{2} \times d^2 \times \pi \times p}$$

Mivel kisebb a Knudsen-szám értéke annál inkább viszkózus az áramlás és a folyamat könnyen leírható a Darcy egyenlet segítségével. Ebben a tartományba (folytonos áramlási tartomány) a kis arányszám következtében a molekulák egymással való ütközése determináns.

10^{-3} feletti Knudsen-szám esetében a siklás jelenségét is figyelembe kell venni [4], amely azért alakul ki, mivel a molekulák pórusfallal való ütközése többé nem elhanyagolható. Ennek köszönhetően az áramlás sebességprofilja a pórus falok mentén nem azonos, így átlagosan nagyobb az áramlás sebessége. Ezen tartomány vizsgálatára hat, a mikrocsatornáknak fellelhető modellt alkalmaztam.

0,1 érték felett az úgynevezett tranzienst áramlási tartományba lépünk át. Ebben az esetben a molekulák pórusfallal történő ütközése a meghatározó és egy nyomás vezérelt folyamat irányából, egy koncentráció vezérelt folyamat (úgynevezett Knudsen difúzió) irányába tolódik az áramlás. Ennek leírása összetett matematikai modelleket követel, melyeket rendszerint a Navier-Stokes összefüggések esetében alkalmazott különböző határfeltételek bevezetésével érnek el. Dolgozatomban öt tranzienst áramlási tartományra javasolt modell viselkedését vizsgáltam.

10-től nagyobb Knudsen-szám esetében az áramlási tisztán diffúzió útján megy



4. ábra: Különböző modellek viselkedése eltérő Knudsen-szám esetén
Forrás: saját szerkesztés

Jól látszik minden modell az abszolút permeabilitástól eltérő, egyre nagyobb látszólagos permeabilitás értéket jelez előre a Knudsen-szám növekedésével. A modellek, melyek a diffúzió jelenségét is vizsgálják, a siklás jelensége mellett átlagosan magasabb látszólagos átteresztőképességet határoznak meg azonos Knudsen-számok esetében. Az NAP [5] modell viselkedése azért ambivalens a többi modellhez képest, mivel teljes mértékben elhanyagolja a siklási jelenséget. Rózsaszínnel emeltem ki a vizsgált tároló átlagos Knudsen-szám tartományát, amely jól látszik a folytonos és a siklási tartomány határán van. Ez az érték a kis pórusméretek ellenére azért lehetséges, mivel ultra magas nyomás tartomány (közel 1100 bar) jellemzi a formációt.

Úgy tűnhet nincs lényegi eltérés az egyes modellek között a tárolóra jellemző tartományban, azonban több éves nagymértékű gáztermelést feltételezve számottevő eltérések alakulhatnak ki.

Eredmények

Első esetben nyitott lyuktalpi termelést feltételezve (mely során radiális áramlás alakul ki a kút környezetében) a termelések alakulását és a Darcy modelltől való eltérések arányát az alábbi táblázat tartalmazza. Minden egyes modell esetében le lett futtatva a program 1 napos időléptéket választva alapul, 5 éves termelési periódust feltételezve.

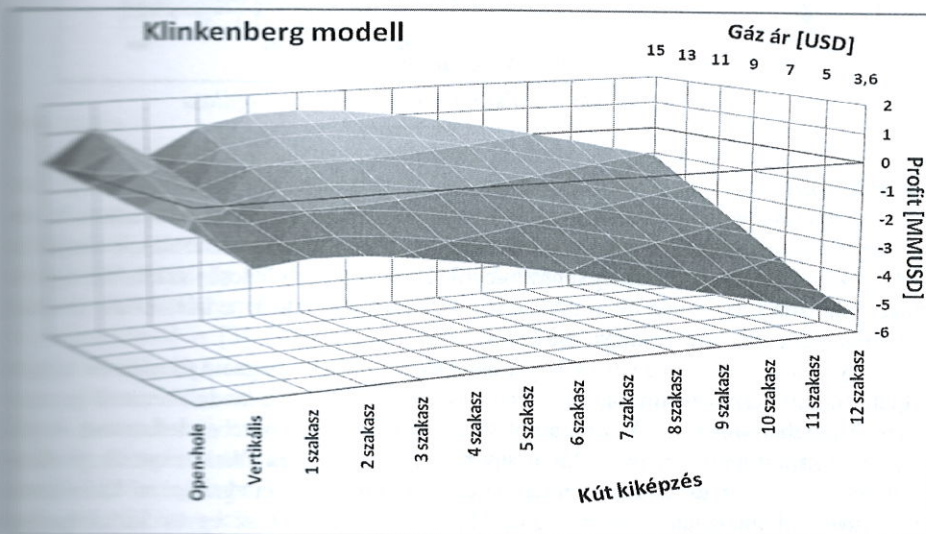
1. táblázat:
Nyitott lyuktalpi termelés esetén az eredmények

Modellek	Kezdeti termelés [m ³ /nap]	Eltérés [%]	Kumulált termelés [m ³]
<i>L.J. Klinkenberg, 1941</i>	1 048,9	0,43	1 657 087
<i>F.O. Jones and W.W. Owen, 1979</i>	1 049,8	0,51	1 658 349
<i>K. Sampath and C.W. Keighin, 1981</i>	1 044,8	0,03	1 651 003
<i>J.G. Heid et al, 1950</i>	1 051,2	0,65	1 658 349
<i>F. A. Florence et al, 2009</i>	1 048,1	0,35	1 655 882
<i>F. Civan, 2010</i>	1 048,0	0,34	1 655 657
<i>F. Javadpour, 2009</i>	1 063,8	1,86	1 677 526
<i>P. Azom and F. Javadpour, 2012</i>	1 063,8	1,85	1 677 500
<i>H. Darabi et al., 2012 (APF)</i>	1 062,8	1,76	1 676 472
<i>A. Sakhaee-Pour and S.L. Bryant, 2012</i>	1 048,8	0,42	1 656 902
<i>H. Singh et al., 2014 (NAP)</i>	1 994,6	90,97	2 714 736

Jól látszik nincsen jelentős eltérés a Darcy modell viselkedésétől a siklási modellek esetén, ugyanis a folytonos áramlás határán történik az áramlás, így a siklás jelensége csak rendkívül kis mértékben befolyásolja a kapott értékeket. Azon modellek, melyek a diffúzió jelenségét is magukba foglalják a vártaknak megfelelően kissé nagyobb hozamokat jeleznek előre. Az NAP modell lényegesen nagyobb hozamokat jelez előre,

amint ennek a modellnek a viselkedése az előzőekben részletezettek alapján megkérdőjelezhető.

A kezdeti hozamok és az 5 éves termelési ciklusra kumulált hozamok minden modell esetén rendkívül alacsony értékeket prognosztizálnak. Ez okból kifolyólag a programot lefutattam vertikális és többszörösen repesztett horizontális, transzverzális kútkiképzés esetére is. Hidraulikus rétegrepesztés segítségével egy lényegesen nagyobb termelési felület érhető el, melyen keresztül már egy közel lineáris áramlás alakul ki, így lényegesen nagyobb hozamok érhetőek el az adott tárolókból. Ezen eredményeket szintén csak a Klinkenberg modell esetén prezentáljuk, mely modell esetén a siklási társulási értéke nem korreláció segítségével számolt, hanem egy mért érték, így pontosabban ábrázolta a siklás jelensége.

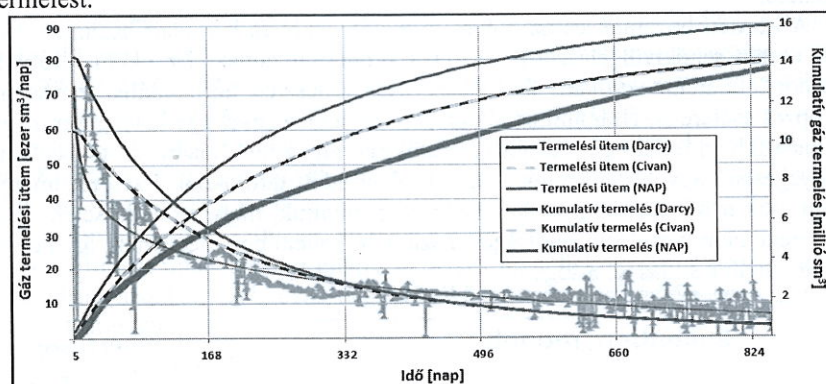


5. ábra: Különböző kútkiképzések gazdasági vizsgálata az algoritmmussal
Forrás: saját szerkesztés

Megfigyelhető, hogy a földgáz jelenlegi világpiaci ára (5 USD) mellett semmilyen kútkiképzés esetében sem gazdaságos a kút termeltetése. Azonban a gázár alakulása nem csak a profit változását eredményezi, hanem meghatározza az optimális kútkiképzési módszert is. 3,6 USD gázár mellett a legkevésbé veszteséges eljárás a nyitott kútkiképzés esetén lehetséges, mivel a hidraulikus rétegrepesztéssel elért többtermelés nem fedezi az eljáráshoz szükséges többlet kiadásokat. Azonban 9 USD gázár mellett a kút termeltetése már gazdaságos, illetve vertikálisan kivitelezett hidraulikus rétegrepesztés az optimális. Míg 15 USD gázár mellett a 4 szakaszban kialakított vízszintes rétegrepesztés eredményezi a legnagyobb profitot.

Mivel a kút hosszú távú termeltetése nem történt meg gazdasági okokból, így a modell pontos viselkedését ezen tároló esetére nem tudtuk megvizsgálni. A modell alkalmazhatóságát egy másik magyarországi hidraulikusan rétegrepesztett gáztároló esetén vizsgáltam. Ez a formáció nagyobb pórusterekkel és kisebb formációnyomással rendelkezik, mint az előbbieken vizsgált. A tárolóra jellemző Knudsen-szám folytonos tartományt feltételez. Valós termelési adatokhoz képest hasonlítottam össze az algoritmus működését különböző áramlási modelleket feltételezve. Jól látszik a Darcy modell és a siklási tartományra ajánlott Civan modell viselkedése között nincs eltérés és

nagy pontossággal jelzi előre a termelési értékeket, míg az NAP modell felülbecsli a gáztermelést.



6. ábra: Modell alkalmazhatóságának vizsgálata

Forrás: saját szerkesztés

Összefoglalás

Tanulmányomban a már meglévő anyagmérleg egyenleteket bővítettem ki, ennek segítségével a micro- és nanoméretű pórusterekben történő gázáramlások vizsgálhatóak. A bővített anyagmérleg egyenlet megoldására egy több lépcsős számolási algoritmust dolgoztam ki, melynek segítségével összehasonlíthatóak a különböző áramlási tartományokra jellemző áramlási modellek.

Számos mérést végeztünk egy magyarországi ultra magas nyomású és hőmérsékletű tömött homokkő formációból származó magmintákon a modell bemenő paramétereinek meghatározására. A programot valamennyi modell esetében lefutattam és elemeztem a kapott eredményeket. Az olajiparban leggyakrabban alkalmazott rétegszerkeztető eljárás, vagyis a hidraulikus rétegrepesztés programba való integrálásával kiterjesztetem annak alkalmazhatóságát. Gazdaságilag megvizsgáltam az egyes kútkiképzések esetét és összegeztem eredményeimet.

Végezetül az algoritmus alkalmazhatóságát vizsgáltam meg egy magyarországi hidraulikusan rétegrepesztett tároló esetében, mellyel bebizonyítottam annak megfelelő működését és gyakorlati alkalmazhatóságát.

Felhasznált irodalom:

1. Haghshenas, B.; Clarkson C.R.; Chen, S.: "New Models for Reserve Estimation and Non-Darcy Gas Flow in Shale Gas Reservoirs", SPE 167789, 2014, University Calgary Bulletin, 93, 329-40 (2014)
2. Blount, C.W. and Price, L.C.: "Solubility of Methane in Water under Natural Conditions a Laboratory Study", Department of Geology, Idaho State University, Pocatello, Idaho 83209, <https://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/5281520/> (1982)
3. Rezaee, R. (eds): "Fundamental of gas shale reservoirs", Wiley, New Jersey (2015)
4. Klinkenberg, L.J.: "The permeability of porous media to liquids and gases." (1941)
5. Singh, H.; Javadpour, F.; Ettehadtavakkol, A.; Darabi, H.: "Nonempirical apparent permeability of shale", SPE-170243-PA, SPE Journal Paper Reservoir EvalEng; 17(03):414-24. (2014)

Lektorálta:

Prof. Dr. Lakatos István
akadémikus