

A BÁNYÁSZATI FELTÁRÁS NÉLKÜL, FÜGGŐLEGES, ILLETVE MULTILATERÁLIS FÚRÁSOKKAL TÖRTÉNŐ METÁNKITERMELÉS JELLEMZŐI ÉS TAPASZTALATAI

VADÁSZI MARIANNA

*tudományos főmunkatárs, Miskolci Egyetem, Alkalmazott Földtudományi Kutatóintézet,
vadaszi@afki.hu*

1. BEVEZETÉS

A tapasztalatok szerint a földtörténet során az üledékképződési rendszerben, ahol szerves anyagok nagyobb mennyiségben, koncentrációban voltak jelen; szénhidrogének, kőolaj, illetve földgáz, továbbá különböző földtörténeti korokban szénféleségek ágyazódtak be a szerves anyagokba. A hasznos ásványtelepek a szerves anyagok biológiai és a vegyi degradációs folyamataik során, magas hőmérsékleten, nyomás hatására alakultak ki. A befogadó szerves anyag jellemzőitől, a széntartalmú anyag koncentrációjától függően alakultak a kitermelés technikai és gazdasági feltételei. Utóbbi esetén a tároló homokkő, a szénmetán esetén a széntelep porozitása, permeabilitása. Az említett paraméterek, továbbá az előfordulás mélysége, kőzetnyomás, a tárolótér hőmérséklete határozzák meg, hogy a kitermelés során milyen áramlási feltételek, alakulnak ki a feltáró üteg (felület), illetve a tároló elemi részei között. Milyen hatásos áramlási útvonalakat tudunk, lehet létrehozni.

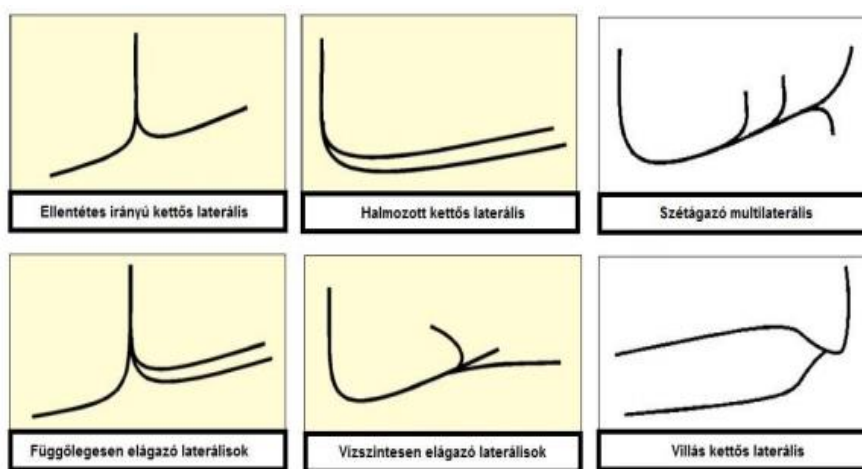
A mecseki területen külszíni fúrásokkal végzett kísérleti kútvizsgálatok eredményei értékelése során olyan eredményt kaptunk, hogy a kis átteresztőképességű széntelegekből (10^{-3} – 10^{-5} mD permeabilitás) számottevő metánhozam nem nyerhető. A széntelegeket függőlegesen harántoló kutak perforálása, „folyékony” széndioxiddal történő rétegrepszttése a létrehozott repedések homokkal történő kitámasztása után rövid ideig adtak (1-2 napig maximum 5–10 000 m³/óra) számottevő gázhozamot, majd 5–10 nap után a metánhozam már 50–100 m³/napra csökkent. Amerikai tapasztalat szerint (Virginia Pocahontas 3–4. telep) a 0,27–0,32 mD permeabilitás mellett függőleges fúrásokkal csak rövid ideig kaptak minimális – 250 m³/nap metánhozamot, majd a kút elvizesedett, a vízszintes – a telepben haladó 200–800 m hosszúságú lyukakkal történő kísérlet során 5730 m³/nap gázhozamot mértek. Szovjetunióbeli kísérlet során 100 mD – ez a hazai hagyományos szénhidrogéni telepek átlagos permeabilitása – átteresztőképesség mellett függőleges harántoló fúrással tudtak gázt termelni.

2. A VÍZSZINTES FÚRÁS ÉS A MULTILATERÁLIS KUTAK ALKALMAZÁSA SZÉN- HIDROGÉN, ILLETVE SZÉNMETÁN KITERMELÉSÉNÉL

A bevezetőben említett példák szerint bizonyos telepjellemzők mellett a függőleges fúrásokkal csupán a tároló összlet harántoló fúrással az olajpala rétegek, illetve széntelegek hasznos szénhidrogén (CH₄) tartalmának kitermelése – ala-

csony ($<10^{-2}$ – 10^{-4} mD) – permeabilitás esetén nem lehet hatékony. Ezért az évszázadok során a szénhidrogén-bányászatban (1–1000 mD) alkalmazott klasszikus – függőleges („harántoló”) – fúrási technikától hatásosabb eljárást kell alkalmazni.

Az új technológia kifejlesztésénél leginkább a kőzetrepszésről esik szó, pedig azt a vízszintes fúrás időben jóval megelőzte. Az első irányított fúrás szabadalma az 1891. évben született, az első olajipari fúrás 1929-ben Texasban történt, a tényleges olajipari alkalmazás a francia Elf Aquitaine vállalatnál a francia–olasz tengerparti sávban volt. A gáz- és olajiparban a vízszintes kútfúrás folyamatosan fejlődő technológia és alkalmazása gyors ütemben a 2000-es évek eleje óta alakult ki.



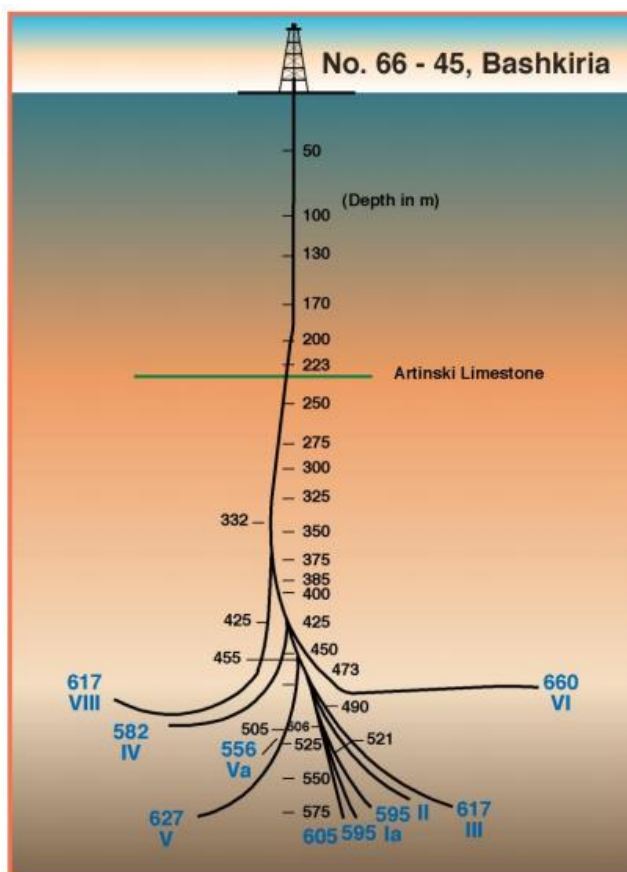
1. ábra

*Napjaink legelterjedtebb multilaterális kútszerkezetei D. Denney
Journal of Petroleum Technology, 1998*

A vízszintes fúrás alapvető előnye az, hogy a tároló képződményt sokkal nagyobb terjedelemben tárja fel. A horizontális fúrás felső része függőleges, a függőleges fúrás irányától való eltérés több száz méterrel van a külszín alatt, az a hajláspontban kezdődik. Egy hidraulikus motorral forgatott fúróhegy végzi a vízszintes (ferde) irányítású fúrás kialakítását. A vízszintes fúrási technológiát hidraulikus repesztés egészíti ki, a repesztés hatása által létrejött repedések teremtenek áramlási útvonalakat az anyakőzettől a kúthoz. A vízszintes fúrások technikai berendezései (fúrószerkezet, nagy teljesítményű szivattyú, csövek, tárolómedencék, víztároló tankok, rakodó hely, szállítási rendszerek stb.) nagyságrenddel nagyobb területet igényelnek, mint a függőleges fúrásé, bár azonos telephelyről több vízszintes fúrás is telepíthető. A repesztési folyadék által létrehozott mikrorepedések megtartása céljából speciális homok kitérítést kell létrehozni. Az elmúlt 20 év során a horizontális kutak fejlődését követően kialakult az ún. multilaterális kutak használata is, ahol nem összefüggő formációk kitermelése a cél. Olyan előfordulások termelésbe vonása, ahol a tárolók területileg megosztottak, például szélelőfordulásoknál az egyes telepek, függőlegesen nem alkotnak összefüggő egységet, hanem mélység-

gi különültségben egymást követve, ún. többtelepes előfordulást, meddőrétegekkel elválasztva telepösszletet alkotnak. Ilyen telepek közé tartoznak az alacsony porozitású és kis permeabilitású (tight oil) szénhidrogéntelepek is. Az ún. multilaterális kutak a horizontális kutak lehetőséget kínálnak a vertikálisan tagolt, többtelepes kis permeabilitású szénelődulások esetében a szén kitermelése nélkül is a metángáz kihozatalára. A multilaterális kútnál a külszínről induló fúrólukból kettő vagy több ág tárja fel a kitermelésre tervezett telepeket. Az elágazás utáni kutak természetesen lehetnek tovább is függőlegesek, az általános cél természetesen ferde, illetve vízszintes – a telepdőlést – avagy a telep csapását követő ágak. A halmozott laterális kettő vagy több laterális elágazást jelent ugyanabból a fúrólukból különböző mélységű rétegben. Az általában elterjedt multilaterális kútrendszer elvi változatait az 1. ábra szemlélteti.

A gyakorlati megvalósítást az 1953-ban Bashkiriában 375 méteres mélységben telepített tíz ággal kialakított kútszerkezet szemlélteti a 2. ábrán.



2. ábra

Az első multilaterális kút Bashkiriában
Oil and Gas Journal, 1998

Az Amerikai Egyesült Államokban (Texas) 1979-ben, Franciaországban (Eschau) 1984-ben telepítettek multilaterális kutakat. Az eddigi világcsúcs Észak-Louisianában a Garoles Directional drilling cég 10 laterális szakaszt fűrt ugyanaból a vízszintes kútból. Az 1994–2003-ig terjedő tíz évben több mint 600 multilaterális kutat telepítettek, többségük 3-as és 6-os elágazású kút, a kutak 75%-a szárazföldi, 5%-a mélytengeri telepítésű kút.

A multilaterális kutak fő előnye szerkezetükből fakad. Egy fúrólyukból a normál termelés többszörösét tudják adni a nagyobb telep-lefedettségükből adódóan. Egyetlen kút képes egy telep több partjáról, vagy több telepből egyszerre, vagy igény szerint felváltva termelni. A több telep egy függőleges kútból multilaterális rendszerrel való termelése szén-előfordulásoknál lehet különösen előnyös, ahol általában a széntelepes összletben több középvastag/vastag széntelep található. A multilaterális kutak telepítése során jelentősen csökken a felszínen szükséges eszközök száma, a felszíni létesítmények költsége.

Alkalmazásuk legfőbb területe az ún. tight telepekből való termelés. A mecseki szénterület erősen tektonizált, többtelepes (10–15 m szén-összvastagság) előfordulása mellett a szénmetán kinyerése során példaként tekinthető.

3. HOSSZÚ VÍZSZINTES SZÉNMETÁN LECSAPOLÓ FÚRÁSOK IRÁNYÍTÁSÁNAK TAPASZTALATAI KÜLSZÍNI FÚRÁSBÓL

Az alábbi bekezdésben a waynesburgi Emerald Mine bánya szénmetán kitermelését célzó külszínről indított ferdefúrás feltáró, továbbá a 700–750 m közötti mélységben települt Waynesburg és Washington, illetőleg az 1000–1450 m mélységben települt Sewickley és Pittsburgh széntelepekben fűrt vízszintes metánkinyerést szolgáló fúrások tapasztalatairól adok tájékoztatást. William P. (Diamond)–David C. Oyler (U.S. Bureau of Mines) szerzőpáros felszínről indított CBM-kutak kialakításával kapcsolatos tanulmányában részletezik a fúróberendezések, a fúrások technológiai megvalósítását, valamint a fúrások irányítása során szerzett tapasztalatokat.

Táblázatos formában közlöm a fúrásokkal elért külszín alatti mélységet, a fúrások vízszintes hosszát, a szénben, illetve a meddőrétegekben haladó fúráshosszakat a csatlakoztató fúráshosszakkal együtt.

1. táblázat

A fúrások vízszintes hossza közzétípusonként.

A fúrás száma	A felszín alatti teljes mélység [m]	Vízszintes hossz (a kapcsolódó szakasz) [m]	Szénfúrás (+ a mellékfúrások) [m]	Kőzetfúrás (+ a mellékfúrások) [m]
H1	1025	539	413	253
H2	1463	978	1018	181
H3	1398	912	915	74
H4	751	265	158	95
H5	702	216	180	30

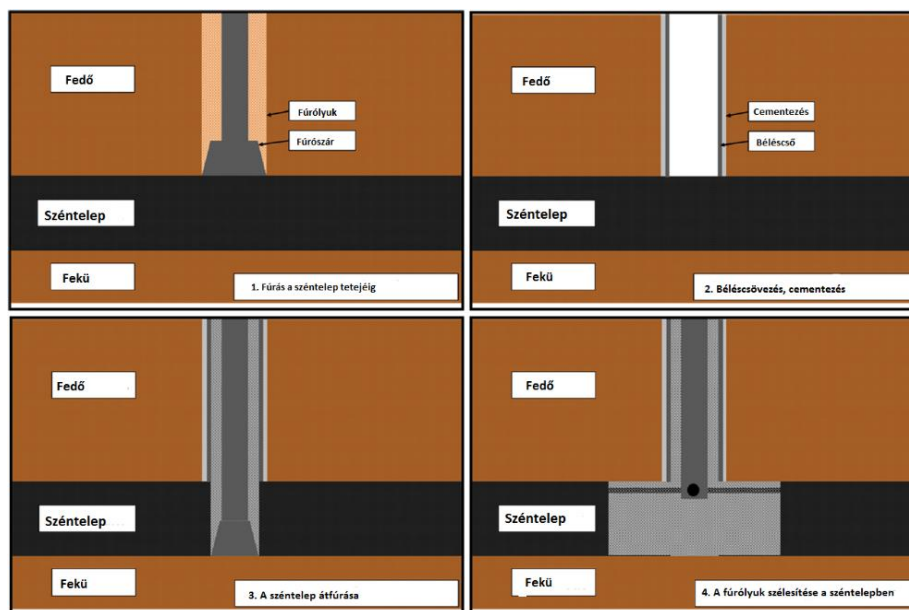
A kétéves munka értékelése alapján rögzítették többek között, hogy ferde fúrás irányítása igen pontos tevékenységet, széles körű tapasztalatokat igényel. Tapasztalat volt, hogy ferdefúrás esetén a telepvastagságok meghatározása a legjobb esetben is csak 0,6–0,9 m pontossággal volt lehetséges. A réteg helyzetének, vastagságának pontos meghatározása céljából, a telepet függőlegesen harántoló fúrások telepítése indokolt. (A ferdefúrás nem alkalmas a térbeli helyzet, ill. telep/rétegvastagság meghatározására.) A vízszintes telepben haladó fúrásoknak nem kellene mellékközetbe érnie. Ennek veszélye különösen lyukferdítéseknel, tereléseknél áll fenn. A vízszintes fúrásoknál tartani kellene a telepdőlést (a telepben haladást). A vízszintes fúrások tisztításához speciális fúrófejek alkalmazása szükséges. A hagyományos típusú/méretezésű csövek szilárdsága nem volt megfelelő, a csatlakozások szétnyíltak, a kapcsoló szerkezetek szétestek.

4. A FÚRÁS ÉS A SZÉNMETÁN TERMELŐ KUTAK BEFEJEZÉSÉNEK MŰSZAKI MEGOLDÁSA

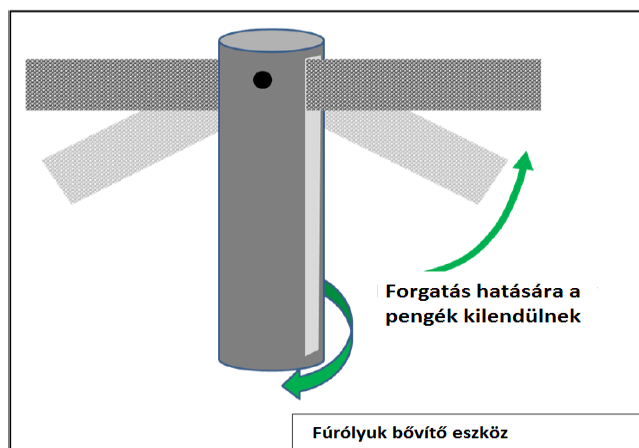
Szénhez kötött metán termelések nagy volumenben az USA-ban (San Juan, Southern Appalachia, Black Warrior, Raton Basin), ill. Ausztráliában, Kínában és Indiában folynak. A fúrás, ill. komplett kitermelési technológia megoldását alapvetően meghatározó paraméterek az alábbiak:

- a rezervoár (telepek, telepösszlet) vastagsága,
- a szén permeabilitása,
- a szén porozitása,
- telepnyomás,
- gáztartalom (fajlagos gáztartalom), gáz-összetétel,
- a telepek száma,
- a földtani felépítés változékonysága,
- a termelésre vonatkozó minimális telepvastagság,
- réteg-, telepdőlés,
- a széntelep állékonysága (szilárdsága),
- felszíni hozzáférés a fúrási-kitermelési munkák során,
- gazdasági környezet, beruházási lehetőség, üzemviteli költség.

A munkálatok tervezésénél és a megvalósításnál követelt alapelveket figyelembe véve több, az általános realitásnak tekinthető technológiai változat született. A 3. ábra egytelepes előfordulás függőleges fúrással történő feltárásának fázisait mutatja. A széntelep fedősíkjáig a meddőben történt a fúrás, majd béléscsővezés történt, cementezéssel rögzítve. A széntelepet kisebb átmérőjű koronával harántolták, majd a 4. ábra sematikus rajza szerinti bővítő eszközzel nagy átmérőre (4 láb; 1,3 m) történt a bővítés. Az eljárás magas permeabilitású széntelepekben lehet eredményes egyszerű technológiai megoldással, alacsony költséggel.

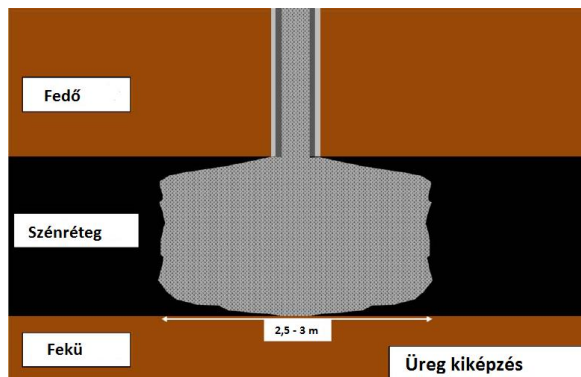


3. ábra
Lyukbővítéses függőleges kútkiképzés



4. ábra
Fűrőlyuk bővítő eszköz szemléltetése

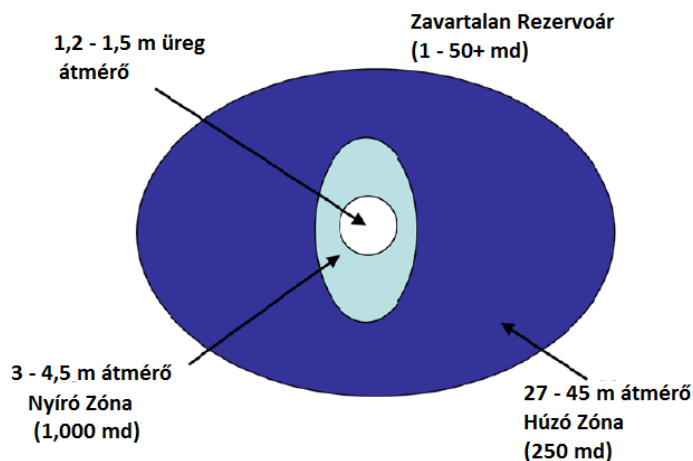
Az 5. ábra ugyancsak nyitott függőleges fúrással történő feltárást szemléltet. Az egyteleges előfordulás vastag széntelepét külszíni fúrással becementált, béléscsővezéssel ütik meg. A szénteleg szilárdsága lehetőséget ad a kimosatással történő üregelésre.



5. ábra

Fügőleges nyitott fúróluk szakasz – kiüregelés kialakítás

Az üreg átmérője 7–10 láb, 2,5–3,5 méter. A kimosatás után a kutat (üreget) lehet nyitottan hagyni, vagy perforated linerrel felszerelni. A kiszélesített üreg alkalmas geofizikai eszközök befogadására, a széntelep, ill. a mellékkőzetek (fedü, fekü) kőzetjellemzőinek meghatározása céljából. A kiüregelés utáni üreg bővülő átmérőjű szektoraiban – a lyuk, ill. az üreg méreteitől is függő távolságban, a távolságtól függően, adott esetben fordított arányban – mértékben – változnak a telep jellemzői, a 6. ábrán szemléltetett módon, adott esetben a permeabilitás jellemző. Az üreg tipikus átmérője 1,2–1,5 méter (4–5 láb), a sötétkék zónán kívüli tároló rezervoár 1–50 mD közötti értékkel jellemzett zavartalan, in situ rezervoár, a sötétkék színű zóna 27–45 m átmérőjű húzott zóna, permeabilitása mintegy 250 mD értékre nőhet, a 3,0–4,5 m átmérőjű nyírásnak kitett, nagyobb alakváltozást szenvedett (repedezett) zóna permeabilitása 1000 mD lehet.

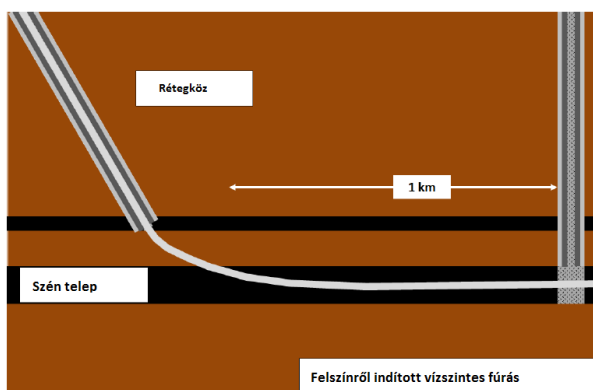


6. ábra

Kiüregeléses kútkiképzés egyszerűsített felülnézeti rajza

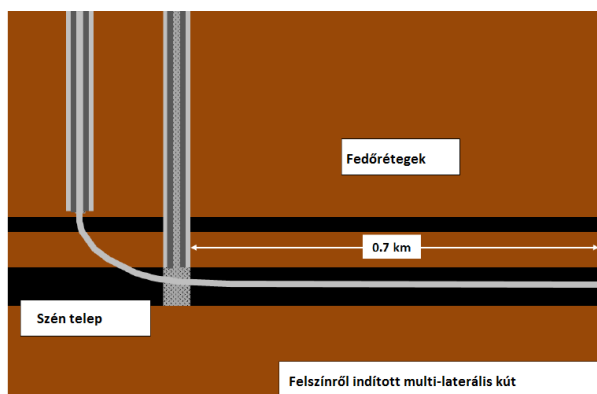
Általában a 0,1–100 mD közötti permeabilitással jellemezhető többtelepes – a permeabilitás telepenként jelentősen eltérhet – előfordulások kitermelése külszínről indított függőleges fúrással, perforációs – hidraulikus repesztés alkalmazásával lehet hatásos. A kút kivitelezése több lépcsőben becementált csökkenő átmérőjű rendszerrel történik, majd becementált béléscső telepenkénti perforálással, telepenként hidraulikus rétegreperesztéssel. A legelső művelt telep mélysége a termelő kút talpa fölött legalább 15–30 méterrel legyen, a rendszer maximális mélysége adott esetben 1200 m.

A 7. ábra függőleges kúttal – mint korábban vertikális kút, nyitott kút, egytelep a fedü alatt – és hozzá tartozóan a külszínről indított (lejtős) vízszintes kúttal történő feltárását szemlélteti.



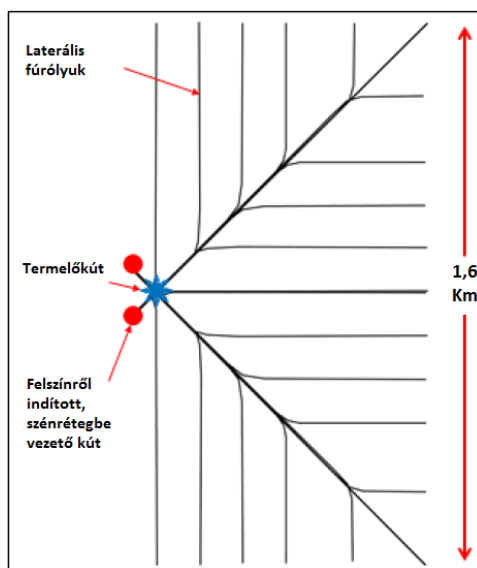
7. ábra
Felszínről a szénrétegbe indított vízszintes kút

A 8. ábra pedig függőleges kúttal történő feltárást mutat, multilaterális kút kiszolgálásához.



8. ábra
Felszínről indított multilaterális kút

A 8. ábra szerinti egytelep multilaterális kútszerét – adott esetben – mutatja a 9. ábra. A feltáró és a „termelő” kúthoz csatlakozik a fenyőág alakú multilaterális rendszer. A felszínről indított két függőleges kúttal feltárt rendszer kb. 1 km² területet fed le.



9. ábra

Kétirányú multilaterális „fenyőág/toll” mintázatú kutak sematikus tervrajza

Az alacsony permeabilitású, nagy szilárdságú széntelepben lehetőség van 1 km hosszúságú fúrások kivitelezésére, megtartására is. (Általában tektonikamentes területen).

5. ÖSSZEGZÉS

A fent részletezett irodalmi adatok alapján megállapítható, hogy a szénmetán ki-termelésnél több technológiát kell összeilleszteni. Az előfordulás kritikus paramé-tereikhez igazodva gazdasági elemzést is végezve kell az optimális rendszert megvá-lasztani. A kívánatos eredmény elérése céljából az egyszerű fúrást, ill. a komplex technológiákat együtt kell számításba venni, hogy optimális eredményt kapjunk.

A vízszintes fúrásokkal dolgozó rendszer költségei általában 2-3-szorosan megha-ladják a függőleges fúrásokkal (a telepeket harántolva) dolgozó megoldásokét. Ugyanakkor a vízszintes fúrások rendszerét alkalmazó megoldások gyorsabb gázki-hozatalt, magasabb kezdeti gázhozamot, nagyobb összegzett végső kihozatalt ered-ményeznek, a rendszer visszarendezése alacsonyabb költségeket jelent. A nagyobb összkihozatal – a magasabb össz(fúrás, üzemvitel)-költség „ellenére” kisebb fajlagos termelési költséget (USD/m³) eredményezhet. A vízszintes aknákkal történő gáztala-nítás egyik jelentős előnye, hogy nem igényel rétegrepesztést, ami a függőleges ak-

nás rendszer összköltségének 30%-át is elérheti. (Nagy nyomású, nagy teljesítményű, hosszú ideig üzemelendő hidraulikus rendszer, CO₂, N₂ gáz alkalmazása). A multilaterális rendszer aknája több függőleges akna működtetését helyettesítheti. A vízszintes rendszer alkalmazása természetesen bizonyos mélység, kőzetnyomás, telep-paraméterek mellett – a fúrások megtarthatósága miatt – lehetséges.

A függőleges fúrások, rétegrepesztéssel történő alkalmazása során – a bányászati tevékenységet megelőző időben – jelentősen lehetett csökkenteni a fejtési munkák időszakában megjelenő gázhozamot. A függőleges fúrásokban alkalmazott (repesztés, kimosatás) 10 éves leszivatással, 23 fúrással (Alabama Oak Grove bánya) az in situ telepgáz tartalom 73%-át, a Mary Lee és New Castle telepeken pedig 79%-át, ill. 73%-át sikerült kitermelni.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunka a Miskolci Egyetemen működő Alkalmazott Földtudományi Kutatóintézet GINOP-2.3.2-15-2016-00010 jelű *Földi energiaforrások hasznosításához kapcsolódó hatékonyság növelő mérnöki eljárások fejlesztése* projektjének részeként – a Széchenyi 2020 program keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Strukturális és Beruházási Alapok társfinanszírozásával valósul meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- RADÓ A. (1977): *Széntelepek metánjának lecsapolása*. (Drenázs motama, szogyerzsacseyoszju v plasztah) Budapest.
- SZÜCS F. (2014): Vízszintes fúrás és hidraulikus kőzetrepesztés. Első rész. *Természet Világa*, pp. 344–346.
- NAGY M. (2011): *Multilaterális szénhidrogén kutak tervezése*. pp. 1–26.
- DIAMOND, W. P. (1995): *The influence of gob gas venthole location on methane drainage: A case study in the Lower Kittanning coalbed*. PA. Proceedings of the 7th U.S. Mine Ventilation Symposium.
- GRAY, I. (2002): *Coal seam methane in Australia*. Published in *Oil and Gas Australia*. www.sigra.com.au/ppr_csmart.html
- KRECKEL, K. (2007): *Directional drilling: The key to smart growth of oil and gas development in the Rocky Mountain region*. www.wilderness.org/files/directional-drilling.pdf
- American Longwalls Magazine (2007): *Target Drilling Hits Bullseye*. Aspermont Limited. *CDX Gas. Unconventional Plays: Enhancing performance with new technologies*.
- BARKER, C. E. (1996): *The Geology of Coal Bed Gas: The perspective from coal and thermal history studies*. U.S. Geological Survey, Denver, Colorado, p. 125.

- Coal Mine Methane Recovery – A Primer, U.S. Environmental Protection Agency, EPA- 430-R-09-013, September 2009.
- HARRIS, B. T.–ALLISON, M. F. et al. (1990): *Amoco Coal Degas. Review Worldwide New Ventures*. Manuscript. p. 78.
- FODOR, B. (2005): *Coalbed gas estimation, Mecsek Coal Basin*. Manuscript, Review pp. 48–56.
- FODOR, B. (2002): *A possible technical solution for methane production from low permeability coal seams*. Coalbed Methane Resource Potential in Hungary. September 23–26. 2002, Budapest–Pécs. Hungary.
- FÜCHTBAUER, H. (1988): *Sedimente und Sedimentgestellte*. Stuttgart Schweizerbart'sche Verlagbuchhandlung, p. 1141.
- HARTAI É. (2004): *Teleptani alapismeretek*. Alkalmazott földtan I. Miskolci Egyetem.
- DIAMOND, W. P.–OYLER, D. C. (1980): *Drilling Long Horizontal Coalbed Methane Drainage Holes From A Directional Surface Borehole*. SPE/DOE 8968, Symposium on Unconventional Gas Recovery.
- DUBOIS, G.–KRAVITS, S. J.–REILLY, J. M.–MUCHO, T. P. (2006): *Target Drilling's Long Boreholes Maximize Longwall Dimensions*. 11th U.S and International Ventilation Conference; Penn State University.
- MARICIC, N.–MOHAGHEGH, S. D.–ARTUN, E. (2005): *A Parametric Study of on the Benefits of Drilling Horizontal and Multilateral Wells in Coalbed Methane Reservoirs*. SPE 96018, Society of Petroleum Engineers Annual Technical Conference and Exhibition.
- MITCHELL DRILLING (2005): *Coal seam gas drilling*. Mitchell Drilling contractors' presentation 16, June 2005 to Drillsafe forum <http://www.drillsafe.org.au/2005-Presentations.htm>,
- STEINBAUER, V. (1991): *Exploration the coal bed gas in preexisting deep gas wells above the gas field Molve* (Podravina, Croatia). Coalbed Methane Workshop. September 23–26. 2002, Budapest–Pécs.
- THAKUR, P. C. (2006): *Handbook for methane control in mining: Chapter 6 – Coal seam degasification*. Information Circular No. 9486, U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Pittsburg, PA.
- TEICHMÜLLER et al. (1975): *Stach's Textbook of Coal Petrology*. Gebrüder Borntraeger. Berlin, Stuttgart, p. 428.