Metánhidrát III.
Moundok,pingók,kráterek.

2018 október-november

Valcz Gyula

Okl. geológus

A Metánhidrát III. prezentációt két fontos tanulmány megismerése tette szükségessé

Characterization of Gas Hydrates

Sorin Ignea & Linda Alfvén

Uppsala universitet, Institutionen för geovetenskaper,Kandidatexamen i Geovetenskap, 180 hp Självständigt arbete i geovetenskap, 15 hpTryckt hos Institutionen för geovetenskaper Geotryckeriet, Uppsala universitet, Uppsala, 2013. Sweden.

Origin of pingo-like features on the Beaufort Sea shelf and their possible relationship to decomposing methane gas hydrates.

Charles K. Paull William Ussler III Scott R. Dallimore Steve M. Blasco Thomas D. Lorenson Humfrey Melling Barbara E. Medioli

Geophysical Research Letters **(A cikk 2007-ben jelent meg).**

Mi az a metánhidrát?

A metánklatrát/hidrát metánból és vízből álló molekuláris komplex. Halmazállapota szilárd és csak szilárd halmazállapotban ismert. Meghatározott termodinamikai feltételek mellett 3 kristálytani módozata (sI, sII, sH) ismert. A 3 különböző szerkezetben a vízmolekulák 5 féle kristályos alakzatban fordulnak elő. A víz molekulák meghatározott (szabályos vagy hexagonális) kristálytani szerkezetben helyezkednek el ahol a közrezárt kalickákat a vízmolekulák alkotják amelyben mint egy csapdában metán és egyéb gáz (nemesgáz, nitrogén, széndioxid, stb.) molekula helyezkedik /helyezkedhet el vagy a csapda üres. A metánklatrát csak meghatározott termodinamikai határok között stabil ezen kívül csak metán gáz és víz létezik majd a feltételek megszűnése/változása, a stabilitási zónán kívül esése esetén disszociál és metánra és desztillált vízre esik szét. A gázmolekulák nélkül a szerkezet összeomlana ezért a gáz molekulák a hidrát képzők. Metánhidrátnak akkor nevezhető ha a gázmolekulák 99%-a metán. Tapasztalati képlete (nem sztöchiometrikus):$CH_4 \cdot 5.75 H_2O$ vagy $4CH_4 \cdot 23H_2O$ vagy 8 $CH_4 \cdot 46 H_2O$. Sűrűsége: 42 bar nyomáson és + 5^oC hőmérsékleten=0,9 g/cm3. (Tehát úszik a vízen.)

A metánhidrát nem konvencionális szénhidrogén forrás.

I.Szerkezet

Az I szerkezet két különböző kalicka típusból épül fel a pentagonális dodecahedralis kalickából 5^{12}, amelynek 12 ötszög lapja van és a tetrakaidecahedrális kalickából ($5^{12}6^2$) kalickából, amely 12 ötszögű és 2 hatszögű lapot tartalmaz. Ez a szerkezet **46 víz** molekulából épül fel és **8 ürege** van (ahol gáz molekulák csapdázódnak). Ebben a szerkezetben a kalickák átmérője **4-6 Angström.** A leggyakoribb hidrátképzők ennél a szerkezetnél a metán, etán, széndioxid és hidrogénszulfid, amelyek azok a molekulák melyek molekula mérete belefér ezen szerkezetek kis kalickáiba.

A metán molekulák mérete: 4,26 Angström, így a 4-6 Angstrőm átmérőjű 8 üregben 8 metán molekula fér el. A korábban megadott CH4*5,75 H2O és 4CH4*23H2O mint szerkezeti egység nem létezhet ezért az alapegység a 8CH4*46H2O.

A CO2 molekula 5,12Angström, tehát szintén belefér az I szerkezetbe. (Sorin Ignea&Linda Alfvén)

Az óceáni üledékeknek két különböző típusa van. A legáltalánosabb 99% metánt tartalmaz az I. típusú klatrát szerkezetben és általában az üledéken belül található. Itt a metán izotóposan könnyű (δ^{13} C < -60‰) ami azt jelzi, hogy a metán a CO_2 mikrobiológiai redukciójából származik. A klatrátok ezekben a mély üledékekben in situ mikrobiológiailag termeltek, mivel a δ^{13}C a klatrátban és a körülötte levő metánban hasonló.(Wikipédia)

A **II. szerkezet**

szintén tartalmaz dodekahedrális kalickákat (5^{12}) de ezek a hexacaidehaedralis kalickákkal ($5^{12}6^4$) együtt fordulnak elő, amelyeknek 12 ötszögű és 4 hexagonális lapja van. Ez a szerkezet **136 víz** molekulát és **24 üreget** tartalmaz a gáz molekulák számára. A nagy kalicka átmérője **6-7 Angström** és propán és izobután molekulák foglalják el, míg a kis kalickák az

I.szerkezethez hasonló gáz molekulákat tartalmaznak**.** (Sotin Ignea&Linda Alfvén)

A legkevésbé általános II. tipus az üledékes sorozat felszíne közelében található ahol néhány mintában nagyobb arányban hosszabb láncú szénhidrogén található (< 99% metán) a II. tipusú hidrát formában. A szén ebben a klatrát típusban izotóposan nehezebb ($\delta^{13}C$ = −29 −57 ‰) és úgy tartják, hogy a mélyebb üledékekből migrált fel, ahol a metán a szerves anyag termális dekompozíciójából származik. (Wikipédia)

A **H szerkezet (sH)**

még összetettebb és **3 hexagonális kalicka** kombinációjából épül fel. Egy dodekakahedron (5^{12}), egy szabálytalan dodekahedron három négyzetes lappal, 6 ötszög lap és 3 hexagonális lap építi fel ($4^3 5^6 6^3$) **egy szabálytalan ikozahedront**, és egy **20 oldalas polyhedront 12 ötszögű lappal és 8 hexagonális lappal** ($5^{12} 6^8$) (Koh et al., 2011) tartalmaz. Ez a szerkezet **36 víz** molekulából épül fel és **6 ürege van maximum 8-9 Angström átmérővel** a gáz molekulák számára (Hardage és Roberts, 2006, Koh et al., 2011). A szerkezetben **3 kicsi, 2 közepes és egy nagy üreg** van. A kis kalickákat az első kettőhöz hasonló gáz molekulák foglalják el míg a nagy kalickában bután, neohexan és cyclopentán van.

A 3 féle szerkezet fontosabb adatai

Szerkezet	Vizmolekulák száma	Üregek száma	Üregek mérete, Angström	Hidratizációs szám	Csapdázott gázok
sI.	46	8	4-6	46/8=5,75	metán, etán,széndioxid, kénhidrogén,
sII.	136	24	6-7	136/24= 5,66	u.a.mint I+propán, izobután
sH	36	6	8-9	36/6= 6	u.a. mint I és II.+bután, neohexan, cyclopentán

1 dm3 metánhidrátból a disszociáció során 0,8 l desztvíz és 169 l metán lesz.

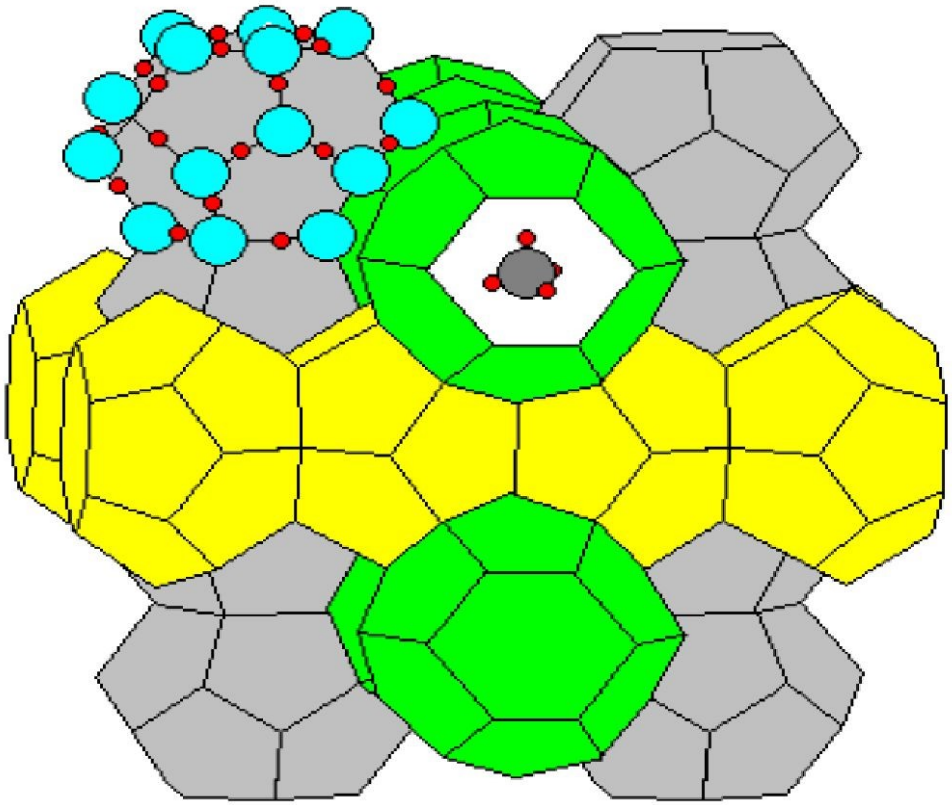
Bizonyítás:
Mólokban kifejezve arányai: CH_4 x 5,75 H_2O.
Tömegarányokat keresve megállapítható,hogy 1 mólnyi klatrát 16 + 5,75x18 = 16 + 104,04 =120,04 gram. A metán súlyaránya a teljes klatrát molekulában 16/104,04= 0.13333=13,4%.A metánklatrát-halmaz mért sűrűsége 0,9 g/cm^3 , 1 liter 100% -os szaturált állapotban lévő metánklatrát tömege 900 gr, ebből 13,4%,azaz 120,6 gr a metán. Mivel a metán molekulasúlya 16 gr, egy molnyi mennyiség 16/22,4=0,71 gr/l, ekkor 120 gr tömeg 169 litert képvisel : 120/0,71 = 169 liter

A metán oldhatósága folyadékban (vízben) a nyomás/hőmérséklet síkban.

Table 6
Predicted CH_4 solubility (mol kg^{-1}) in liquid phase.

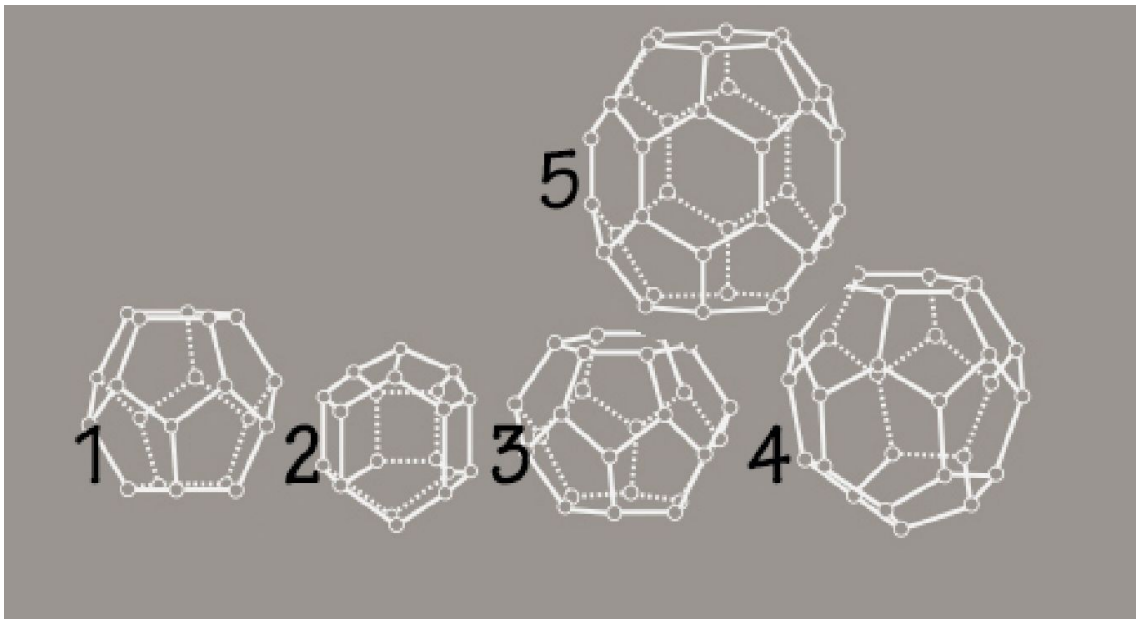
P (bar)	T (K)									
	273.15	298.15	323.15	373.15	423.15	473.15	523.15	573.15	598.15	623.15
1	0.00249	0.00138	0.00091							
50		0.06061	0.04526	0.03884	0.04517	0.05453	0.03042			
100		0.10362	0.07973	0.07162	0.08849	0.12565	0.16899	0.08568		
150		0.13425	0.10612	0.09889	0.12605	0.18858	0.29265	0.36827	0.26100	
200		0.15714	0.12695	0.12193	0.15892	0.24460	0.40342	0.62153	0.66652	0.46154
300		0.19062	0.15870	0.15925	0.21404	0.34007	0.59304	1.05390	1.35699	1.61011
400		0.21581	0.18315	0.18911	0.25917	0.41885	0.74905	1.40616	1.91616	2.53484
500			0.20358	0.21440	0.29754	0.48554	0.87954	1.69585	2.37191	3.28227
600			0.22144	0.23661	0.33111	0.54321	0.99027	1.93609	2.74545	3.88818
700			0.23749	0.25661	0.36110	0.59390	1.08539	2.13674	3.05294	4.38025
800			0.25216	0.27495	0.38833	0.63909	1.16797	2.30532	3.30686	4.78000
900			0.26573	0.29197	0.41336	0.67982	1.24030	2.44764	3.51697	5.10439
1000			0.27839	0.30793	0.43661	0.71690	1.30417	2.56829	3.69100	5.36694
1100			0.29029	0.32301	0.45838	0.75095	1.36100	2.67095	3.83518	5.57852
1200			0.30152	0.33735	0.47893	0.78245	1.41192	2.75859	3.95455	5.74797
1300			0.31218	0.35108	0.49845	0.81183	1.45787	2.83367	4.05328	5.88256
1400			0.32233	0.36428	0.51711	0.83941	1.49965	2.89823	4.13481	5.98828
1500			0.33204	0.37704	0.53505	0.86549	1.53790	2.95401	4.20203	6.07014
1600			0.34135	0.38943	0.55240	0.89030	1.57320	3.00243	4.25737	6.13233
1700			0.35032	0.40150	0.56925	0.91408	1.60605	3.04477	4.30290	6.17838
1800			0.35898	0.41331	0.58571	0.93700	1.63686	3.08207	4.34038	6.21127
1900			0.36737	0.42492	0.60186	0.95924	1.66601	3.11527	4.37132	6.23354
2000			0.37553	0.43636	0.61778	0.98096	1.69385	3.14517	4.39701	6.24737

1 baron, 298,15^{O}K, (25^{O}C) 0,00138 mol/kg metán
1 baron, 323,19^{O}K, (50^{O}C) 0,00091 mol/kg metán
A metán adhéziós állapotú.



Az metánhidrát I (sI) kristálytani szerkezete (szürke:dodekaéder, sárga és zöld: tetrakaihexaéder, kék:oxigén, sötétszürke:C, piros:H).A dodekaéder testek csak a tetrakaihexaédereken keresztül képesek egymáshoz kötődni, hogy egy térben kiterjedtebb halmazt alkossanak.

Metánklatrát



Az 5 különböző klatrát szerkezet, amelyeknek üregeiben a gáz molekulák csapdázódnak.

A klatrát kutatások helyzete eddig és a jövőben, Carolyn Ruppel nyomán, 2011

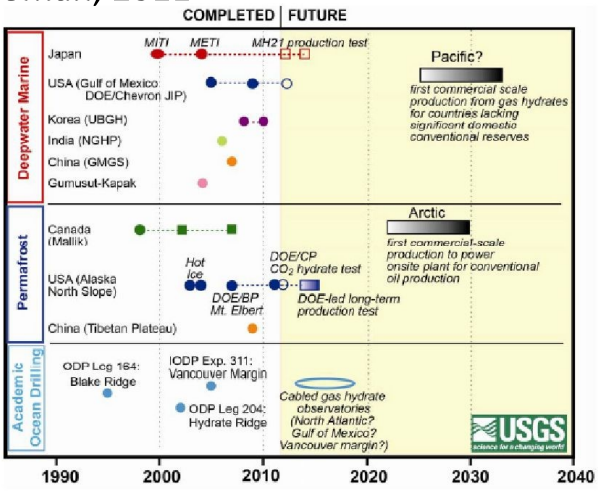


Figure 5. Timeline of major post-1990 gas hydrate field programs and future activities. Circles correspond to logging and/or coring, while squares/rectangles denote activities that included/will include production testing. Solid symbols denote completed activities, and open symbols are potential or planned activities. Rectangles filled with shaded pattern refer to longer term production activities that remain prospective. The deepwater marine programs are delineated by country and program name, with components of the Japanese activities labeled with their respective acronyms for easy cross-referencing with the literature. JIP denotes the DOE/Chevron Joint Industry Project. Permafrost activities are labeled by location, not by participants in the activities. For example, Japanese entities have been major participants and co-sponsors of some of the Mallik drilling. The DOE programs are labeled for ease of searching the associated literature, and CP and BP refer to ConocoPhillips and British Petroleum, respectively. Only the three academic drilling expeditions with an exclusive gas hydrates focus are shown in the bottom panel. Ocean Drilling Program (ODP) Legs 164 (Paull et al., 1996) and 204 (Trehu et al., 2003) investigated gas hydrates on passive and active margins, respectively. Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Expedition 311 (Riedel et al., 2006) drilled a transect to research gas hydrate occurrences across the Vancouver margin. In the coming years, academic groups are likely to succeed in installing subseafloor gas hydrate observatories linked to seafloor cables with sufficient bandwidth to provide real-time data access to researchers.

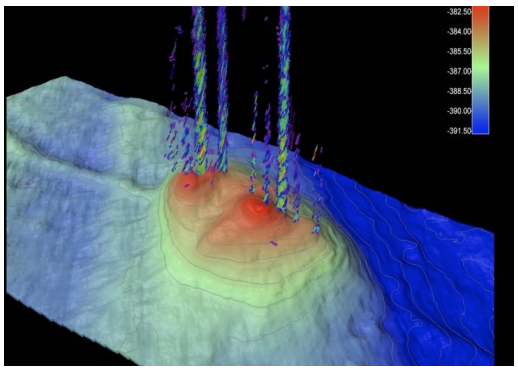
Mi a konvencionális szénhidrogén?

A „konvencionális” CH telepszerűen felhalmozódott, gravitációsan elkülönült, fázishatárokkal elválasztott CH felhalmozódást jelent, amely ismert vagy ismeretlen anyakőzetből gravitációs migráció révén jutott a felhalmozódási és kitermelési helyére (CH telep). A felhalmozódást egy csapda segíti elő, amelyen keresztül a CH nem képes gravitációs úton (kisebb sűrűsége miatt) áthaladni. A gravitációs migráció útvonalát a nagyobb nyomásról az alacsonyabb nyomású hely felé történő áramlás jelöli ki és teszi lehetővé. A konvencionális szerkezet szeizmikusan kutatható (felszín alatt jellegzetes térbeli alakzatot és határokat mutat).

A konvencionális-nem konvencionális megkülönböztetést a CH bányászat alkalmazza. A „szénhidrogének” –re vonatkozó definició (Wikipédia) túl általános és magába foglalja a konvencionális és nem konvencionális CH-kat egyaránt.
A dr Pápay József által megadott definició (művelésbeli különbség) nem jó, mivel itt nem a kitermelési módok közötti különbségről van szó hanem a kutatás-feltárási módszerek különböznek.

Mi az a mound?

A mound tenger/óceán fenekén/vagy a szárazföldön megjelenő halom/domb/dóm, amelyet a túlnyomásos metán gáz alakít ki felnyomva a tengerfenék/szárazföld laza üledékeit.



Barents Tengeri mound

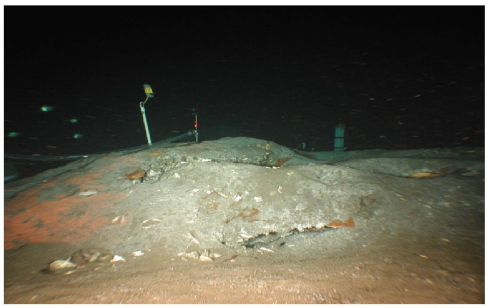


FIGURE 3.6 Gulf of Mexico methane hydrate deposit on the seafloor. A remotely operated vehicle was used to take photographs over a 350-day time series to document methane hydrate occurrences and the drivers for their stability, including bottom water temperatures and the water temperature profile. SOURCE: MacDonald (2009).

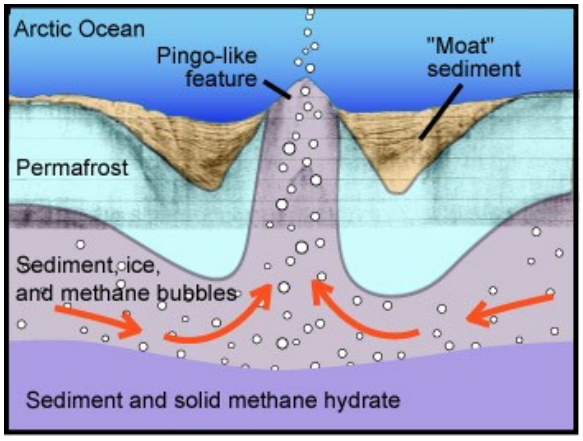
Mound a Mexikói Öbölben

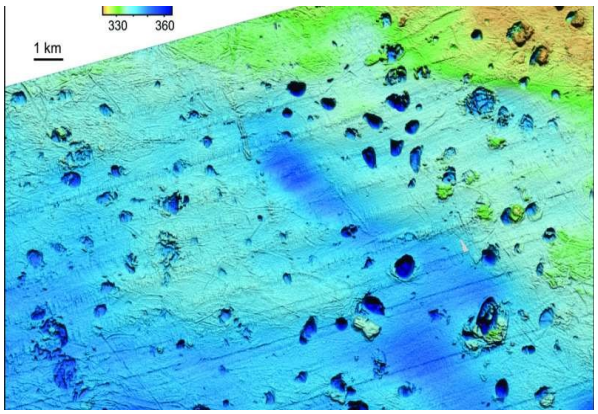
Szárazföldi mound
2016 A
Jamal- és **Gidan félsziget Szibéria**

Jamal. Terresztrikus mound.

Mi az a pingó?

A pingó metán gáz ventillálásához kialakult mound. Képződhet a tengerfenéken vagy a szárazföldön.



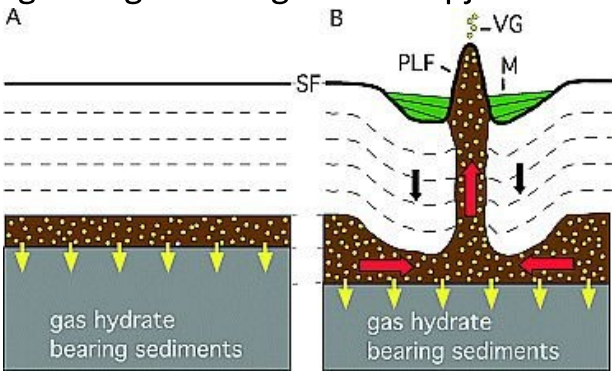


A pingó kialakulása a tengerben. Pingóból fejlődött kráterek százai a Barents tengerben. A Beaufort Tenger menti parti síkság kb. 1350 pingót tartalmaz amelyek a permafrosttal borított korábbi megolvadt tavak medencéiben alakultak ki.

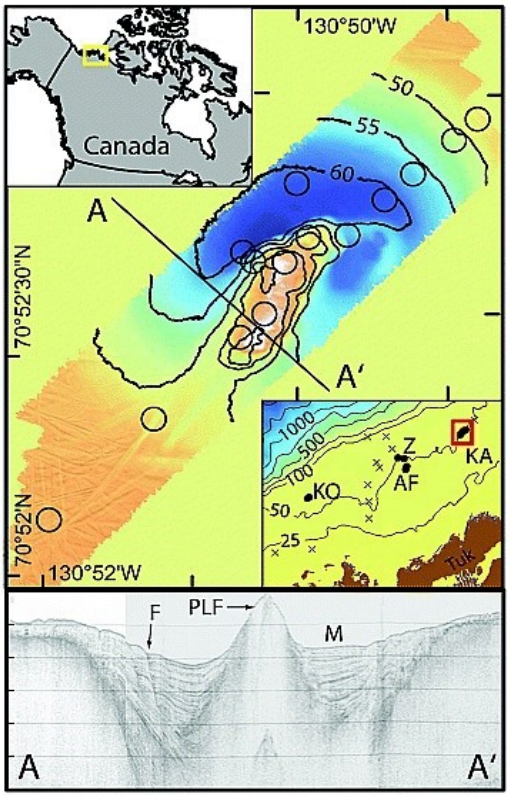
Origin of pingo-like features on the Beaufort Sea shelf and their possible relationship to decomposing methane gas hydrates **(A cikk 2007-ben jelent meg)**

Charles K. Paull William Ussler III Scott R. Dallimore Steve M. Blasco Thomas D. Lorenson Humfrey Melling Barbara E. Medioli

A PLF (pingo like feature) eredete a Beaufort Tengeri shelfen és ennek lehetséges összefüggése a disszociálódó metán gáz hidráttal. A cikk részletesen elemzi a pingók keletkezésének mechanizmusát 8 Beaufort tengeri pingón végzett vizsgálatok alapján.



Pingó a Beaufort tengerben szeizmikával és magokkal vizsgálva AGU 100



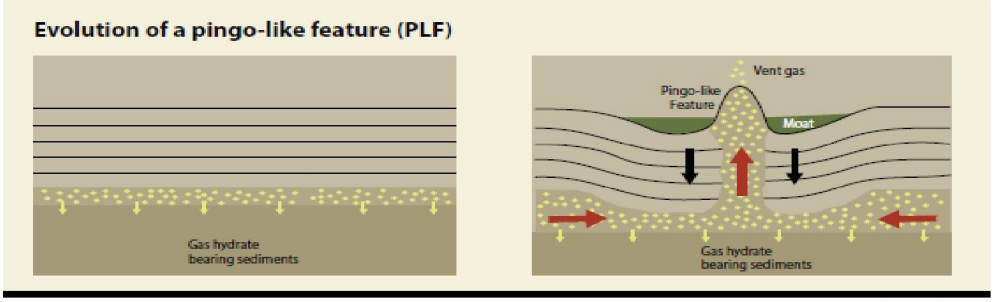


Figure 3.9: Evolution of a pingo-like feature (PLF). As the subsurface warms, the top of the gas hydrate stability zone moves downward (yellow arrows in the left panel). Warming results in gas hydrate dissociation in a gradually thickening zone (brown), releasing gaseous methane into the sediments (yellow bubbles). Bubble formation associated with this phase change creates overpressured conditions. The right-hand panel shows how material may flow (red arrows) both laterally and vertically in response to overpressure. Displaced sediments rise upward to form the PLF and allow the gas to vent. As the pressure is dissipated through both the transfer of solids and degassing, subsidence in the area immediately surrounding the PLF (black arrows) creates the moat.

Egy pingó (PLF) kialakulása. Amint a felszínalatti rész melegedik, a gáz hidrát stabilitás zónája lefelé mozog (sárga nyilak a balodali panelben). A melegedés a gáz hidrát disszociációját váltja ki egy fokozatosan vastagodó zónában (barna nyilak, jobboldali panel) kiváltva a metán gáz bejutását az üledékbe. (sárga buborékok) A buborékos formációval kapcsolatos fázis változás túlnyomást alakít ki. A jobb oldali panel mutatja hogyan áramlik (a gáz, vörös nyilak) mind laterálisan mind vertikálisan a túlnyomás miatt. Az üledék felemelkedik és egy pingó-szerű alakulatot formáz amelyből a gáz távozik (kiszellőzik, ventillál). Amint a nyomás csökken szilárd és gázos anyag áramlása(kiürülése) lesüllyeszti a PLF körüli üledéket (fekete nyilak) és körárkot (moat) alakít ki.

A módszerek

Multidisciplináris terepi vizsgálatokat végeztek 2003 folyamán a Kanadai Parti Őrség hajóit igénybe véve. A CCG Nahidik hajót használták a multibeam (többcsatornás?) batimetrikus és szeizmikus vizsgálatokra és a CCG Sir Wilfrid Lauriert az üledék magok vételére melyhez egy Rossfelder vibracore-t használtak. Összesen 81 magot vettek max. 5,63m hosszban, 8 PLF-ből (14 db Kagulik, 19 db Admirals Finger Pingo A, B, C, 13 db Kopanoar és 3 db 2 PLF-ből a Z complex Pingóból. Háttér magokat vettek a shelfet keresztező szelvényből és más helyszíneken amint a tengerjég és az időjárás engedte. A magkiszedés után a magokat gyorsan feldolgozták a talajjég és a pórusvíz jelenlétének megállapítására 50cm-es és 1m-es intervallumokban. Üledék mintákat dobozoltak headgáz összetétel mérésekhez. Klorid és szulfát koncentrációt határoztak meg a hajón egy Dionex DX-100 ion kromatograph használatával és kiegészítő mintákat tartósítottak a parti analizáláshoz. A metán koncentrációt a hajón mérték egy Shimadzu mini-2 gázkromatograph használatával egy láng-ionizátor detektorral. Rövid merüléseket folytattak egy Phantom ROV-vel a Kaglulik, Kopanoar, Admirals Finger B és a legtávolabbi Pingo Z komplexben. Helyszíni gázmintákat vettek egy ROV köldöke mentén futó tubingal összekötött felfordított tölcsér segítségével.

Egy labor programban részletes szedimentológiai és talaj-jég leírásokat és geokémiai tanulmányokat végeztek. Az üledék minták diszpergált szerves anyag tartalmát egy Accelerator Mass Spektroráf (AMS) végezte a Lawrence Livermore National Laboratories-ben, Livermore, CA. A kagyló teknő minták AMS datálását a University of California, Irvine végezte. A headspace gáz mintákat a metántól a heptánig egy Shmadzu GC 14-A gáz kromatograf végezte a USGS, Menlo Park-ban.A karbon izotóp vizsgálatokat a CH gázokból egy GC-IR-MS készülékkel a University of Victoria, British Columbia végezte. A ^{14}C tartalom a metán emannációkból a Z Pingóból a Zymax Forensics, San Luis Obispo, CA készítette.

A cikk következtetései

A javasolt új (2007-ben) model a PLF kialakulására tartalmazza a gázzal-hajtott szediment expanziót és mozgást. A metán gázhidrát dekompozíció által generált nyomás a felszín alatt a permafroszton belül kipréselte a viszonylag hideg, pleisztocén korú jéggel kötött üledékeket a tengerfenék fölé és felemelte azokat a környező tengerfenék fölé, PLF-et formálva. Miután a felszín alatti üledék veszteség és a gáztalanodás bekövetkezett, a tengerfenék lesüllyedt a PLF körül és kialakult a moat-szerű (körárok) depresszió. A PLF tetején levő ventilláló metán, édesvízi jég és kipréselt idősebb üledékek jelenléte és a depresszió (moat) a fiatalabb üledékeket tartalmazó PLF körül létrejöhetett úgy, hogy a felszín alatti gázhidrát disszociálódott a permafroszt termális felmelegedésének következményeként az Arktikus Shelf holocén (melegebb vízű) transzgresszójával kapcsolatban.

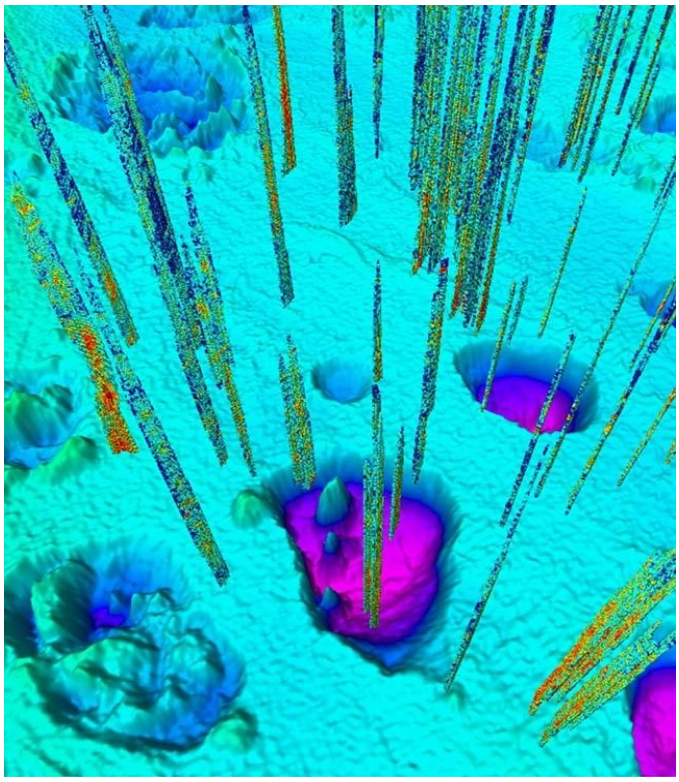
A metánhidrát disszociáció mint klimatikus veszély

„A metán nem egy olyan gáz, amiből többet szeretnénk találni a Föld felszínén. Bár sokkal gyorsabban bomlik el az atmoszférában mint a CO2, a bolygót 28-36-szor hatásosabban melegíti egységenként hosszútávon, ami erős katalizátora a globális felmelegedésnek. Ezt állítja egy új tanulmány melyet a Qeen Mary College, London (QMUL)-ban kutatói folytatnak a Csendes Óceán csúcs csapdahelyeiről (cache). Az állítják az International Society for Microbial Ecology című folyóiratban hogy ez a világ legnagyobb tengeri metán üledéke. Ez a hatalmas metán telep az ami Qutemala nyugat partjától Hawai partjaiig található, amelynek hossza kb. 8000 km(majdnem 5000 mérföld). A QMUL geofizikusai akik üledékeket gyüjtöttek a tenger fenékről először is azt állítják, hogy ez a metán forrás főleg biológiai eredetű: kicsiny mikrobák szedték össze ennek a jelenleg szilárd, gyúlékony gáznak a gigantikus óceánját. A metán forrásai változatosak. Az állatállomány sokat termel ebből, mint azt a termeszek teszik. Bár a világon sok metán képződése természetes forrásból származik, amelyek Szibéria és É-Amerika permafrost vidékein csapdázódtak de ebben az esetben a mély óceáni üledékben vagy a sekélyebb kontinentális selfben záródtak be. Ezek a csapdahelyek általában akkor képződtek amikor a mikrobák a szerves anyagot felbomlasztották de vannak bizonyos geológiai folyamatok amelyek hasonló eredménnyel járnak. Az idő múlásával ezek a metán képződések „felépülnek” és gyakran megfagynak mint szilárd halmazok amelyeket „ metán hidrátnak” neveznek. Amikor az őket fedő víz vagy jég melegebbé vagy savasabbá válik ezek a raktárak instabillá válnak és elkezdenek kilyukadni. Norvégia tengerpartja mentén kiderült,hogy amikor ez a metán nagyon instabillá válik, akkor feltör vagy legalábbis nagyon gyorsan kiválik. Ez nemcsak sebhelyeket hagy a tengerfenéken: hanem sok metánt átalakít széndioxiddá a klimaváltozás elsődleges hajtóerejévé. Még nem világos, hogy mennyi metán nyomul az atmoszférába, de a klimatológusokban maradt egy elképzelés ami kifejezi a bizonytalanságukat. Egy jelenlegi tanulmány állítja, hogy jelentősebb mennyiség valószinűtlen, hogy az égbe szökik - de ezek a folyamatok jelenleg még nem tisztázottak, és egy hirtelen jelentős metán felszabadulás lehetőségének lehetséges fenyegetése nem tagadható.”

Hawaitól Quatemaláig-metán hidrát előfordulás.

Kráterek

Metán kráterek a A Barents tengerben és a szivárgó metán.

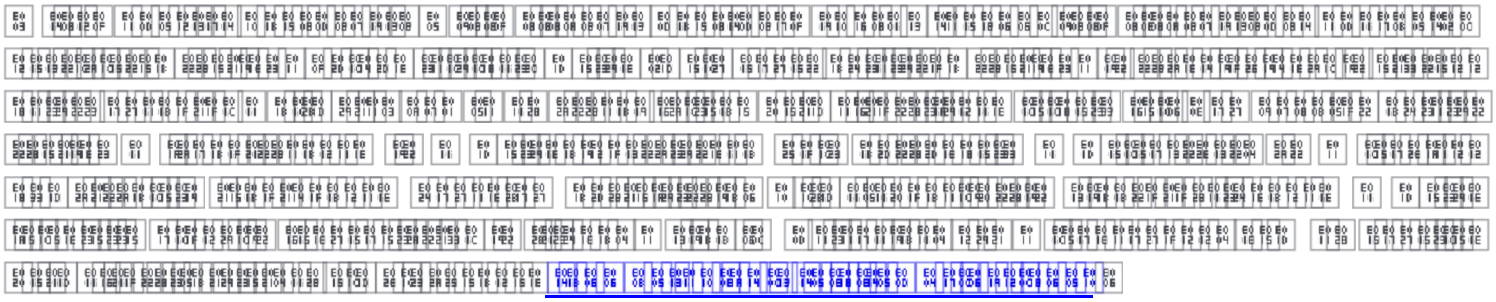


A Patomsky kráter, Szibéria

Jamal félszigeti kráter, Szibéria

A Batagayka kráter

Kelet-Szibériában található Batagaika-kráter a klímaváltozás okozta permaforszt (örökfagy talaj) olvadás eredményeként évente 10 métert növekszik. Az üreg - melyet már jelenleg is az egyik legnagyobb földi kráterként tartanak számon - jelenleg körülbelül 1 kilométer hosszú és 85 méter mély. A helyiek tartanak tőle, nem mernek a közelébe menni. Bölcsen is teszik.



é ü í é é á á á

Két hatalmas lyukat hozott létre Szibériában a föld alól kirobbanó metángáz – állítja szemtanúk elbeszélése alapján a Siberian Times és az Orosz Tudományos Akadémia.

Permafrosztnak számít az olyan talaj, amely legalább két éven át fagyott állapotban van. Bármilyen organikus anyag – legyen az növény vagy állat -, ha elpusztul, a jég csapdájába esik. Az Arktisz felmelegedésével ez a talaj azonban egyre vékonyabb lesz, ezzel párhuzamosan pedig a fagyott szerves anyag is felenged és bomlani kezd, a folyamat gyúlékony gázokat – például metánt – szabadít fel. Néhány esetben a metánkibocsátás lassan megy végbe, más esetekben a talaj drámai pusztulása következik be és úgynevezett termokarsztok jönnek létre. E képződmények földcsuszamlásoknak, gödröknek, krátereknek tűnhetnek, egyes termokarsztokban pedig tavak is keletkezhetnek. Korábbi kutatások már kimutatták, hogy az erőteljes felmelegedés szó szerint robbanásszerű változásokat idézhet elő a tájképben.

Idén júniusban a Spitzbergák és a Norvégia közötti régióban tömegével fedeztek fel krátereket, amelyek közül több mint száznak 300-1000 méter közötti az átmérője, mélységük pedig a 30 métert is eléri. Az arktiszi tengerfenéken a jég nagyjából 12 ezer évvel ezelőtt visszahúzódott ami destabilizálta az alatta lévő metánkészleteket. Az ilyen, 50 métert is meghaladó, pingóknak nevezett kidudorodások pusztulása akár 1 kilométer széles krátereket is létrehozhat az óceán fenekén.

Ajtó a pokolba – a lángoló türkmenisztáni Darvaza-kráter

1971-ben szovjet geológusok hatalmas gáz és olajmezőkre bukkantak a környező sivatag alatt. A falu határában is felépítettek egy fúrótornyot a földgéz kinyerésére. Ez a torony viszont egy feltáratlan föld alatti üregre épült, ami be is szakadt a ránehezedő súly alatt, és a környékről szivárgó metángáz azonnal meg is töltötte a frissen keletkezett krátert.
Csodával határos módon a baleset idején senki nem tartózkodott a fúrótorony közelében. A geológusok úgy döntöttek, hogy a drága lefojtás és kitermelés helyett inkább meggyújtják az üregben elhalmozódott metángázt, az majd pár nap alatt úgyis ki fog égni. Ezt – az, úgy tűnik, elhibázott – döntést több, mint negyven éve hozták, a kráterben a metán azóta is kitartóan ég

Mud volcanoes hydrates and methane seepage in the Levantine basin
Iszap vulkán hidrátok és metán szivárgás a Levante medencében

Dr. V. Lykousis
Research Director
Institute of Oceanography-HCMR

Iszapvulkánon belüli gáz hidrát képződés

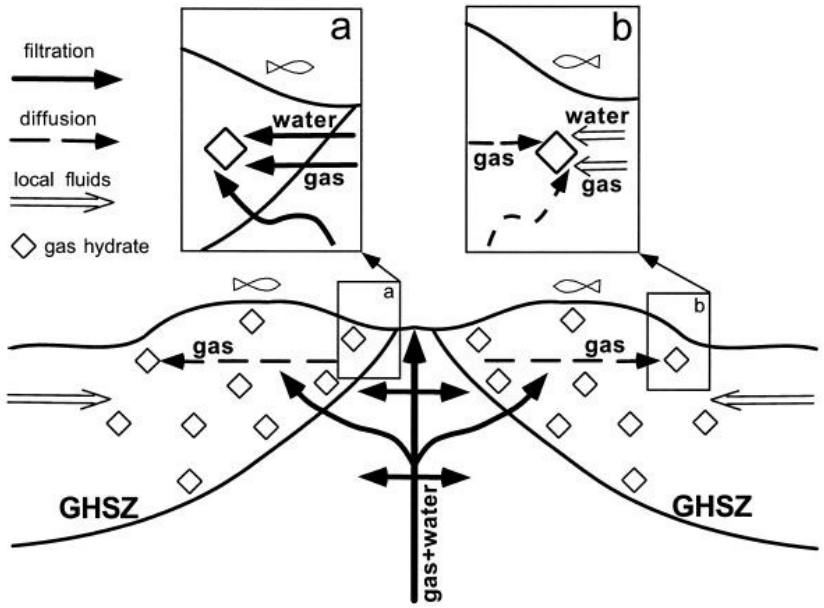
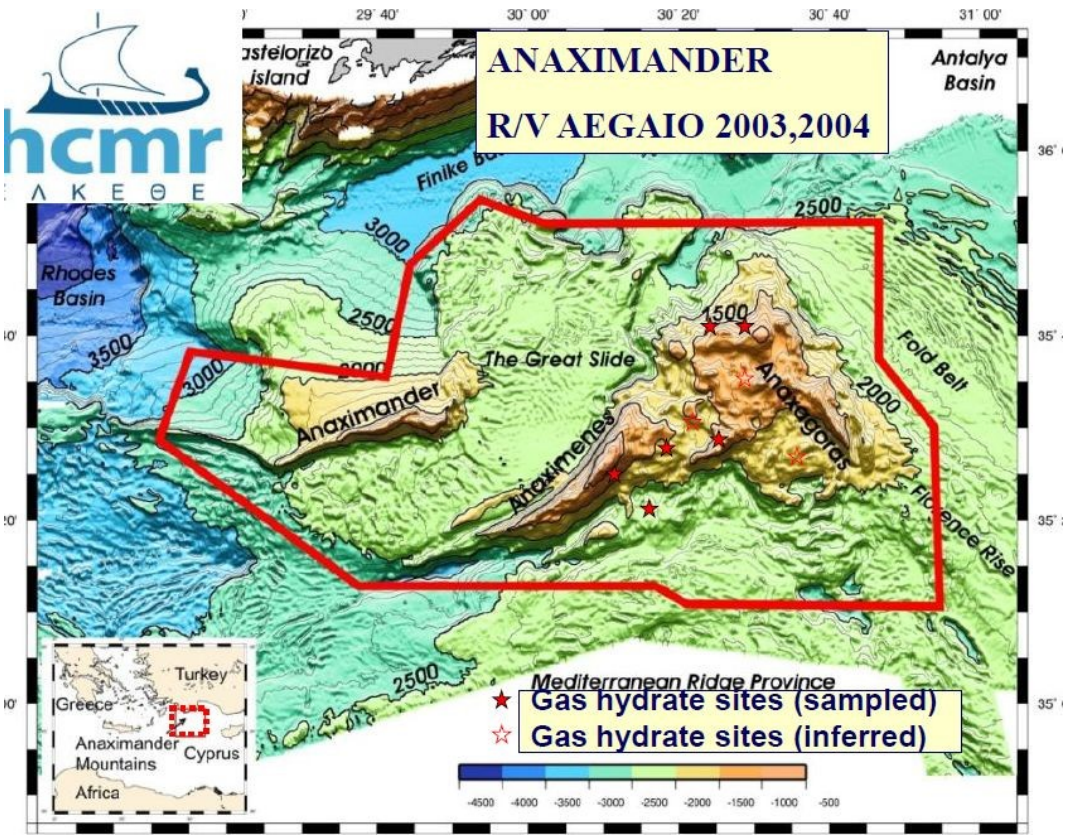


Fig. 3. Cartoon showing the proposed model of the formation of gas hydrates within a mud volcano: (a) hydrothermal process dominates around the central part of the mud volcano; (b) metasomatic process dominates at the peripherical part of the mud volcano.

A.V. Milkov :Marine Geology, 2000



Gáz hidrát előfordulások a K-i Földközi Tenger-i régióban. A piros csillaggal jelöltek a megmintázottak.

MEREWETHER kráter, Kanada **by:Charles O'Dale**
Képződésének egyik leheséges módozataként metán kitörést jelölik meg.

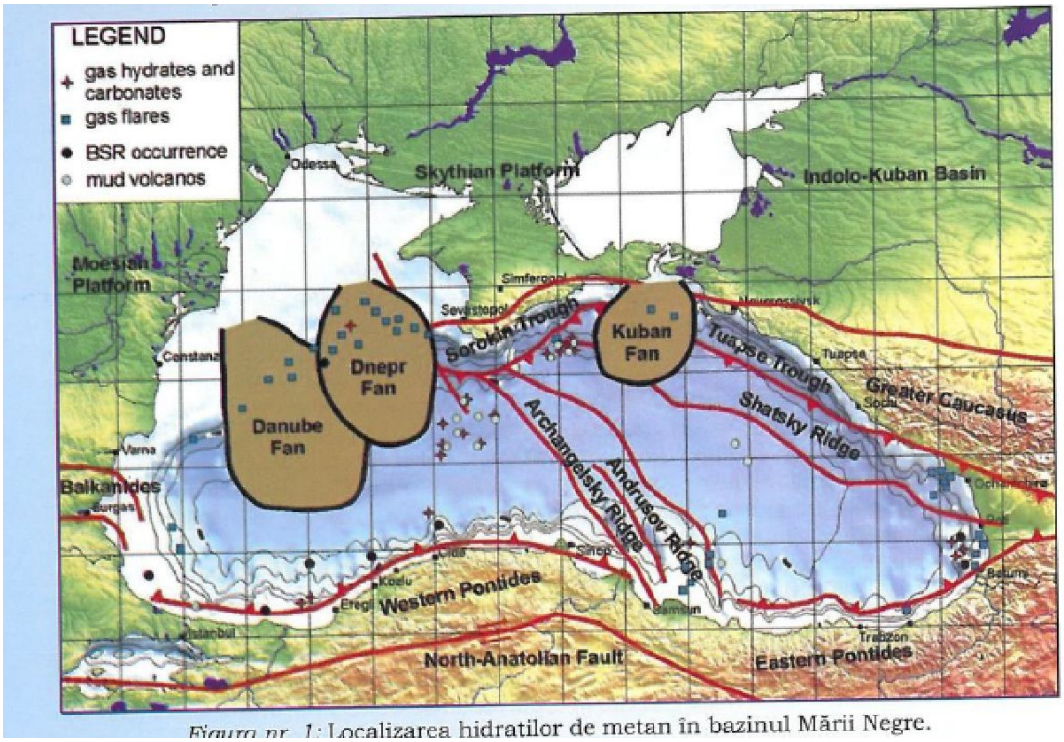
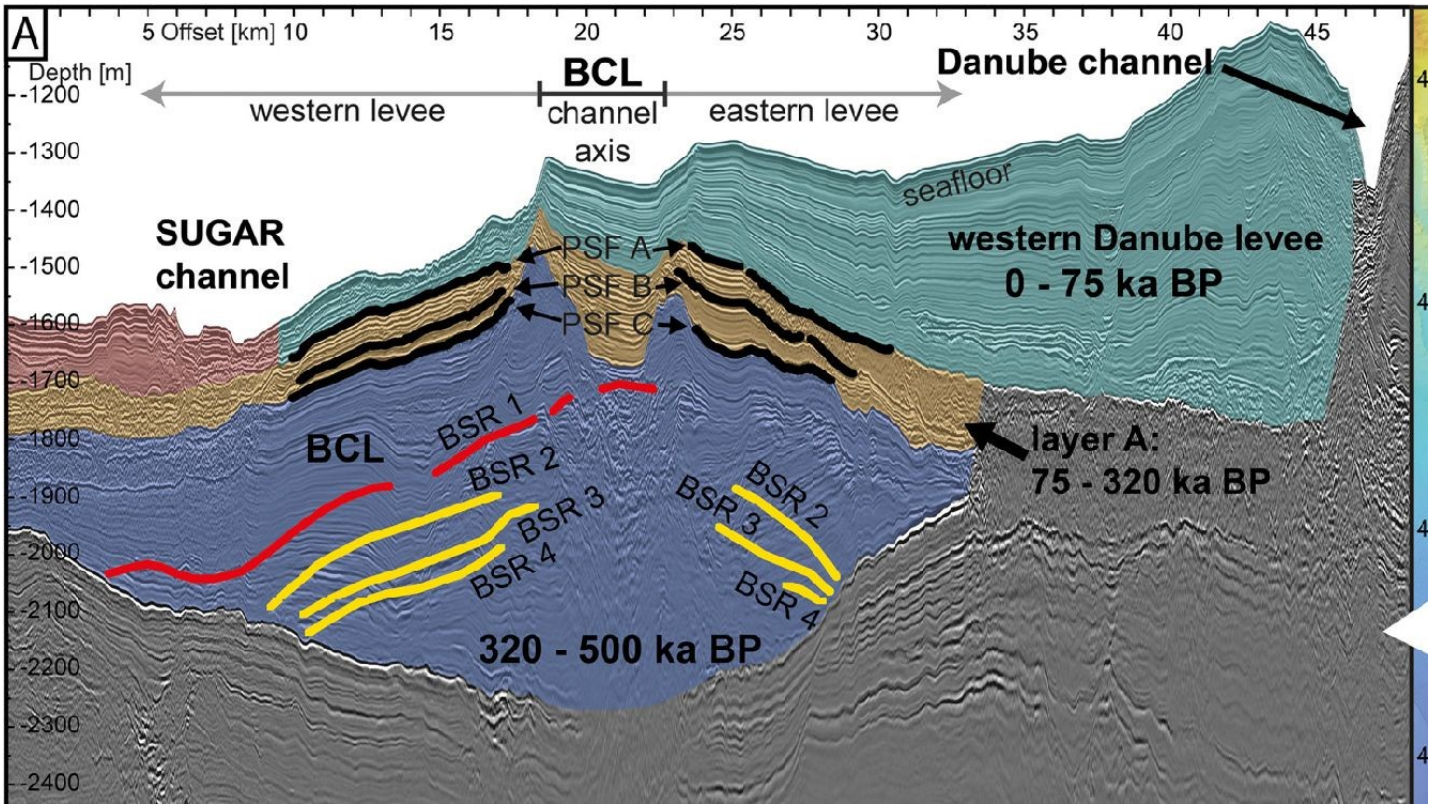


Figura nr. 1: Localizarea hidratilor de metan în bazinul Mării Negre.

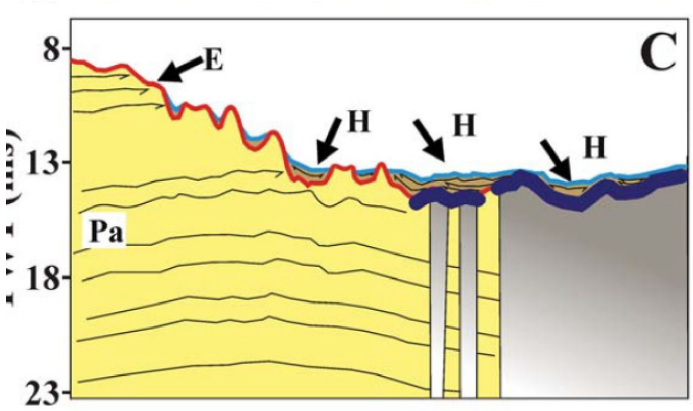
A metánhidrát lelőhelyek a Fekete Tengerben. A román Kőolaj és Földgáz cikke.



Metánhidrát a Fekete Tengerben.

Kiss A.1,2,@ , Visnovitz F.1 , Timár G.1 , Hámori Z.3 ,
Horváth F.1,3

A Tihanyi kút-pingó a Balatonban?



Köszönöm a figyelmet!