



A geotermikus energiahasznosítás környezeti hatásai

Dr. Vadászi Marianna
tanszékvezető egyetemi docens



marianna.vadaszi@uni-miskolc.hu
+36 70 600 6292

2026. 03. 18.

„A BKV Vasúti Járműjavító Kft. Fehér úti telephelyén létesített geotermikus kút kihasználtságának növelése a zuglói távhőközvetben történő hőhasznosítással” című, SM06-GEO-PC7 számú programkomponens

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.



Fúrás, kútkiképzés környezeti hatásai

A termelés hatása a tárolóra és környezetére

A víz visszasajtolás környezeti hatásai

A geotermikus energia használatának légköri hatásai

A hévíz oldottanyag-tartalmának környezeti hatásai

A geotermikus létesítmények terület-igénye

Üzemi balesetek Fábiánsebestyén



A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult





Létesítés

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.

2026. 03. 18.

www.svaicialan.hu



@svaicialan





A feltárni kívánt rezervoár mélysége alapvetően befolyásolja a szükséges terület és időtartam nagyságát.

A fúrás tervezett mélységétől függ a fúróberendezés nagysága, teljesítménye, helyigénye is.

A fúrás helyszínének előkészítése, a helyszínen a fúróberendezés szállítására alkalmas út kialakítása jelentősen megváltoztatja a terület eredeti állapotát.



A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult

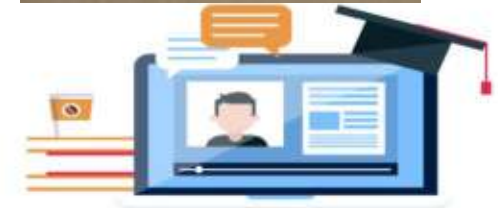
2026. 03. 18.

meg.



www.svaicialan.hu

@svaicialan





Egy EGS-technológia számára készülő, 6000 m mélységű kút fúrásához a helyszínen összeszerelhető, 4-5 MW teljesítményű, 350 tonna tömegű berendezés szükséges, 130-140 m³-es iszaptartállyal, szivattyúval, iszaphűtővel és a nagy mennyiségű csőanyag tárolása, mozgatása is helyigényes.

A fúrás számára időlegesen igénybe vett terület általában 200-2500 m² közé esik.



A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.

A felszínhez közeli, sekély rétegek energiatartalmának kiaknázására fúrt kis mélységű (100-200 m) és átmérőjű (70 mm) hőcserélő kutak mélyítésére könnyű, egy kis teherautóra szerelhető egységeket használnak.

Talajszonda fúrás

Hordozható fúróberendezés

Kevesebb, mint 200 kg súlyú és összecsukva mindössze 58 cm széles és 155 cm magas.



<https://geoprobe.com/drilling-rigs/420m-drill-rig>

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.





Erőmű	Földhasználat (m ² / MW)	Összehasonlítás
110 MW geotermikus flash erőmű (kutak kivételével)	1260	Összehasonlítás alapja
20 MW geotermikus bináris erőmű (kutak kivételével)	1415	1,12
56 MW geotermikus flash erőmű (beleértve a kutakat, csöveket, stb.)	7460	5,92
25 MW szélerőmű (10 × 2.5 MW)	16 000	12,69
670 MW atomerőmű (csak az erőmű helyszíne)	10 000	7,93
47 MW (átl.) napelemes hőerőmű (Mojave-sivatag, CA)	28 000	22,22
2258 MW szénerőmű (including strip mining)	40 000	31,74
10 MW (avg) solar PV plant (Southwestern US)	66 000	52,38

Forrás: Ronald DiPippo

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult

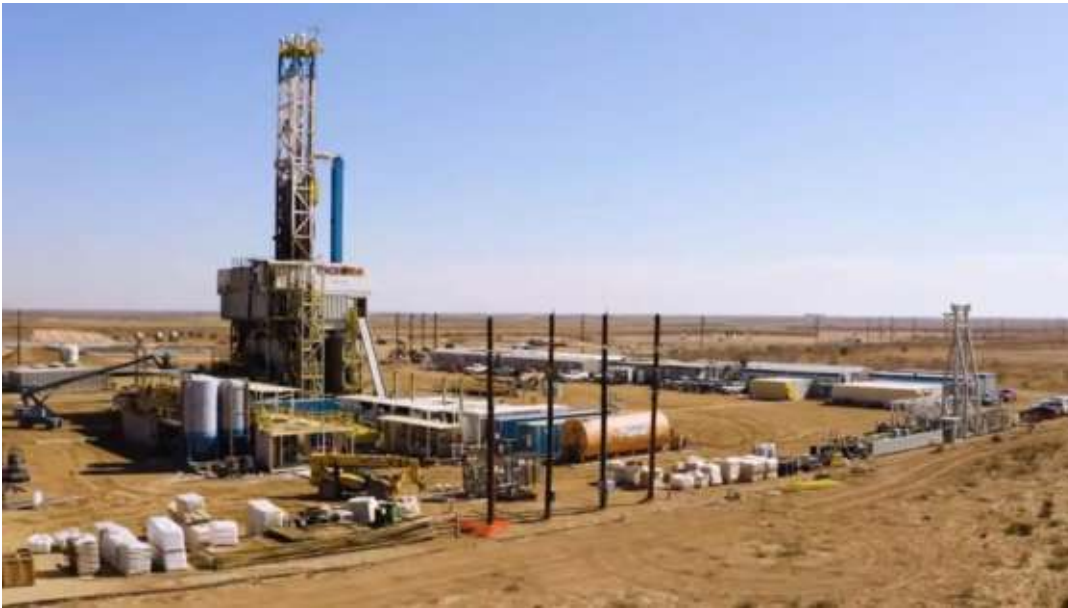




A Geyser's mező több száz MW teljesítményű erőmű-egységei a gépházzal, a hűtőtornyokkal és a segédberendezésekkel



A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.



<https://www.youtube.com/watch?v=j8DYa42X-qk>

Toby Smith, Eden Geothermal Ltd

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult

2026. 03. 18.

meg.



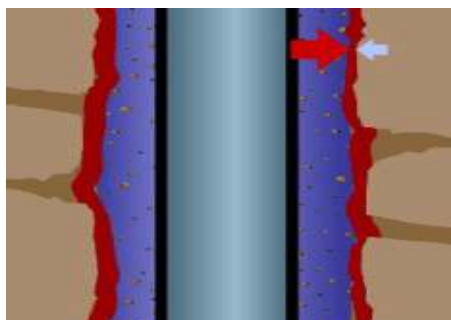
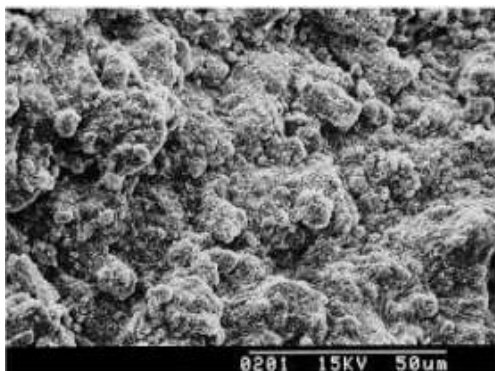
www.svaicialan.hu

@svaicialan



A fúrás előrehaladtával a fúróluk különböző formációkat, különböző vízadó rétegeket harántol.

A fúróiszap behatol a lyukfalán át az azt körülvevő kőzetek pórusjárataiba, azokat eltömi és a kút körül egy csökkent áteresztőképességű réteg alakul ki.



Mirrico; <https://www.youtube.com/watch?v=YCYzAFIKr2g>

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.





A fúróberendezés üzeme zajos. A nehéz diesel motorok még hangszigetelés mellett is 50-55 dB zajszinten működnek.

A fúrás követő kúttisztítás, a furadék és az iszapmaradék eltávolítása 110-120 dB zajszinttel járhat, a kútvizsgálatok zajszintje is elérheti a 80-100 dB értéket.

Fúróberendezés nagy fényerővel való kivilágítása

A helyszínt eredeti állapotába kell visszaállítani a talajfelszíntől idegen szennyeződések, a felhasznált fúróiszap, a furadék, a szennyezett folyadékok elszállítását is beleértve.

A decibel (dB) a hang intenzitásának logaritmikus mértékegysége, amely az emberi hallásküszöb (0 dB) és a fájdalomküszöb (120-130 dB) közötti tartományt írja le.



A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.

2026. 03. 18.

meg.



www.svaicialan.hu

@svaicialan





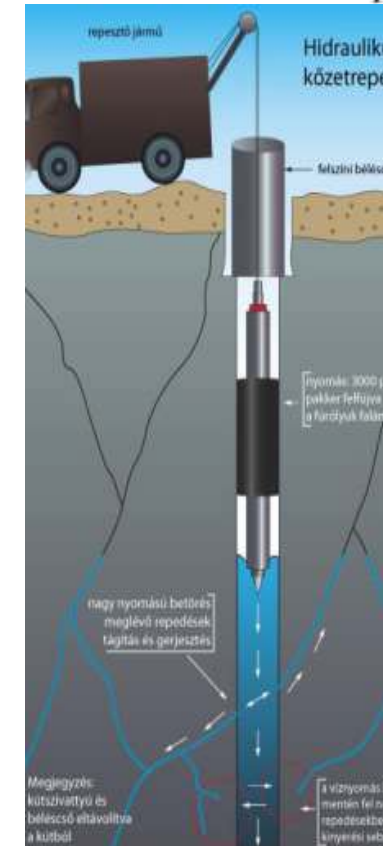
12



A kiválasztott kőzet-tartományban nagyméretű, az áteresztőképességet többszörösére növelő repedés-rendszert hoz létre.

A repedések áthatolnak az eldugult tároló-tartományon, s mind a kitermelhető, mind a beszajtolható vízmennyiség jelentősen megnövekszik.

Ez a technológia arra is alkalmas, hogy porozitás és áteresztőképesség nélküli ún. forró száraz kőzettestben mesterséges, repedezett tároló jölessen létre.



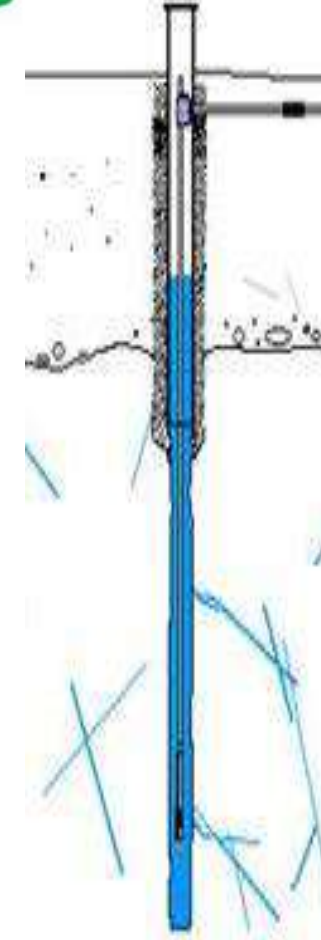
A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.





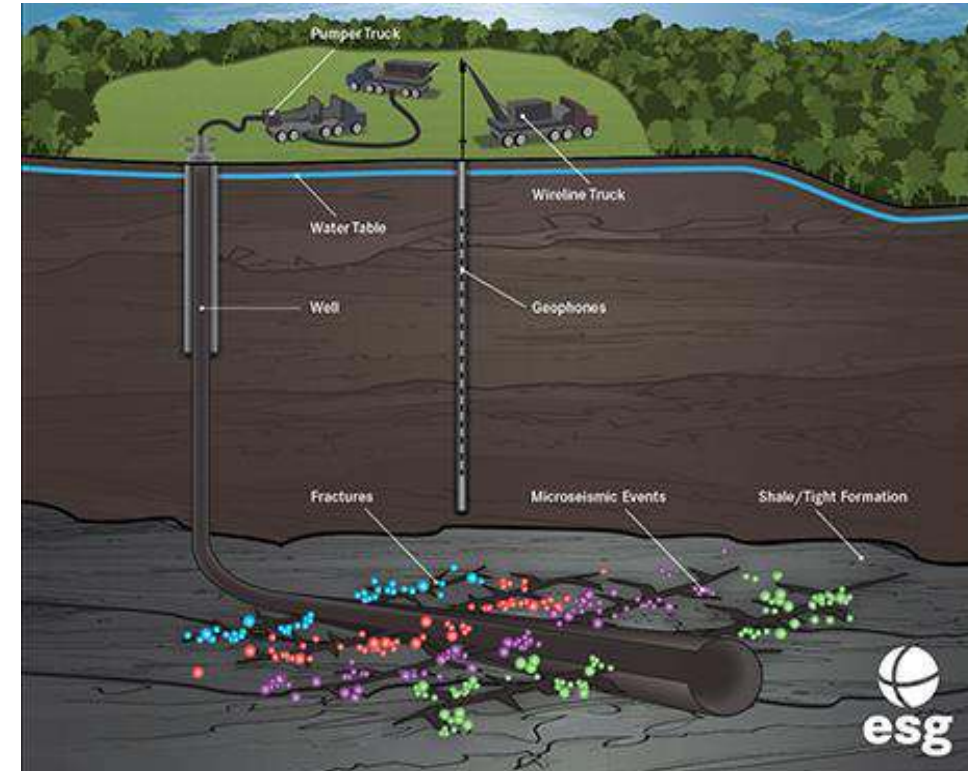
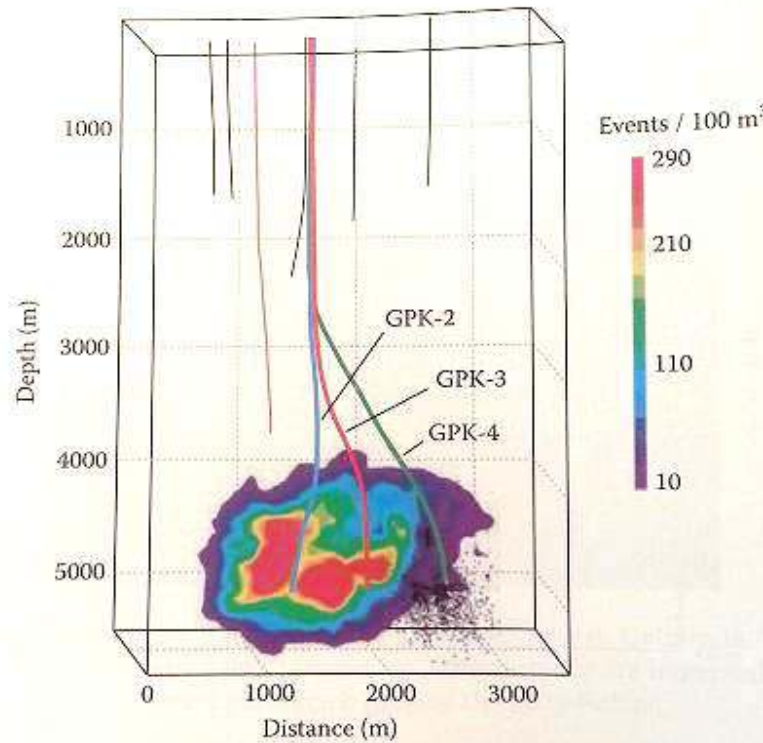
A Richter skálán általában a 2,0 érték alatt maradnak, ezek a külszínen az érzékelési küszöb alatt maradnak, csak műszeresen mutathatók ki.

A repesztés utóhatásaként nagy számban jelentkező mikro-rengések alkalmasak arra, hogy nagy érzékenyséű szeizmométerekkel a repedések helyét, kiterjedését és irányát meghatározhassuk



A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.





A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.

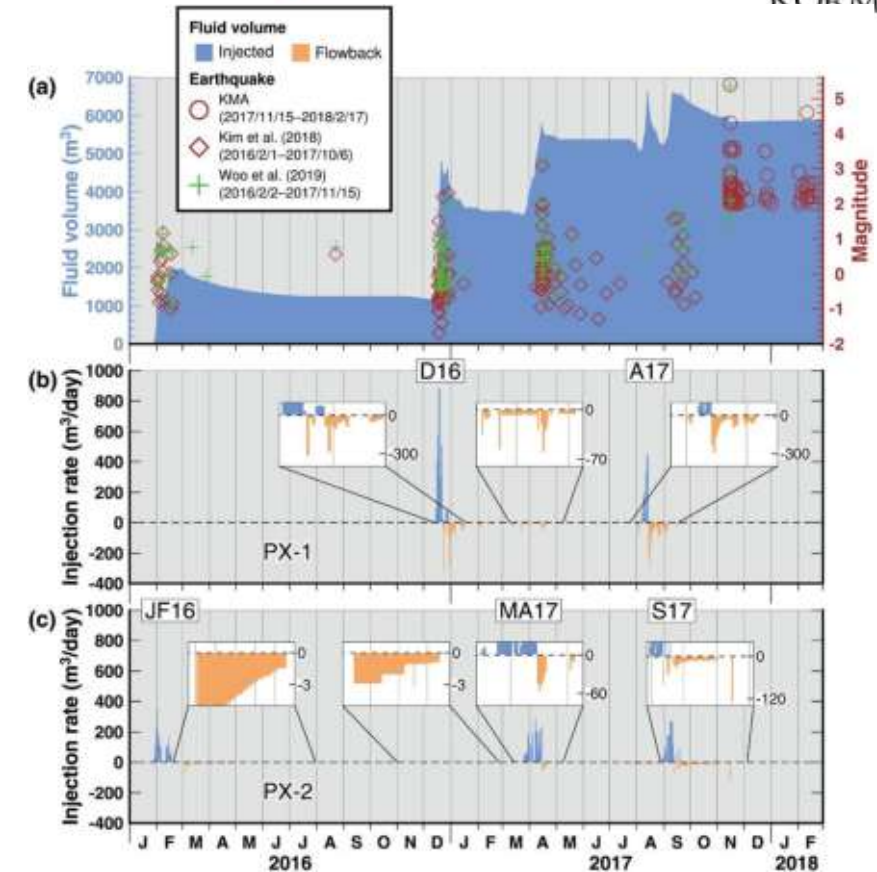
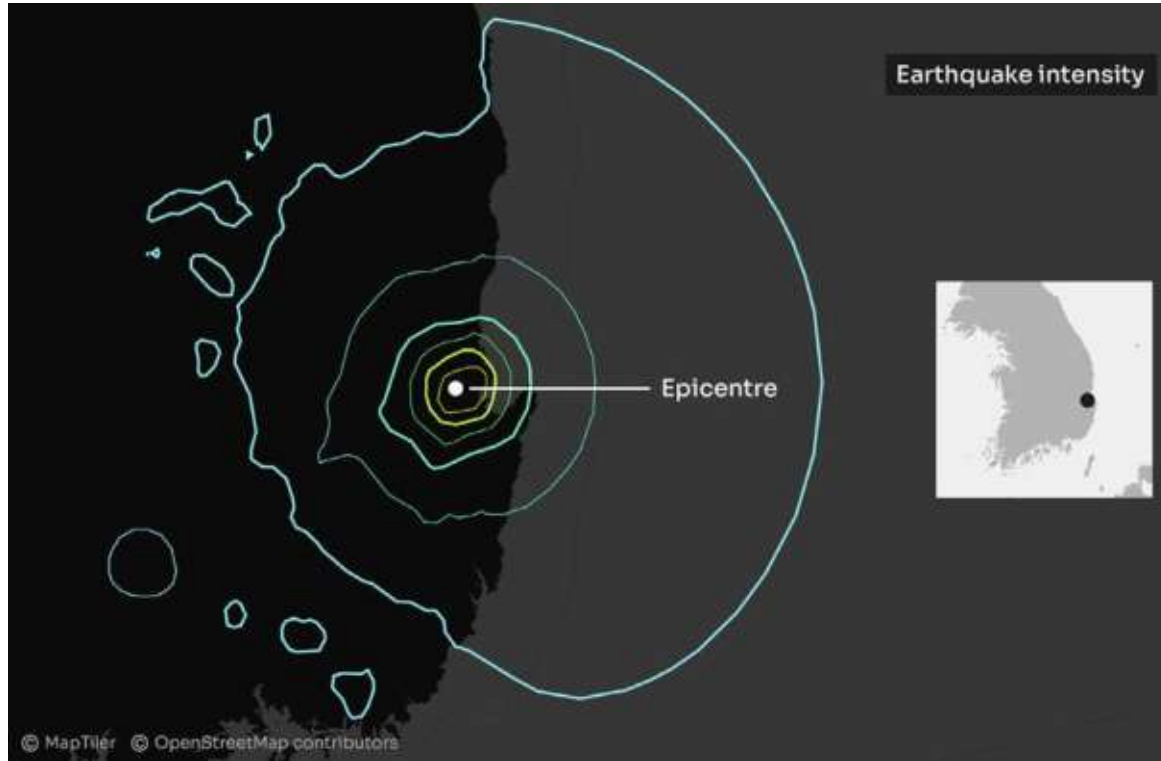
2026. 03. 18.

www.svajcialap.hu

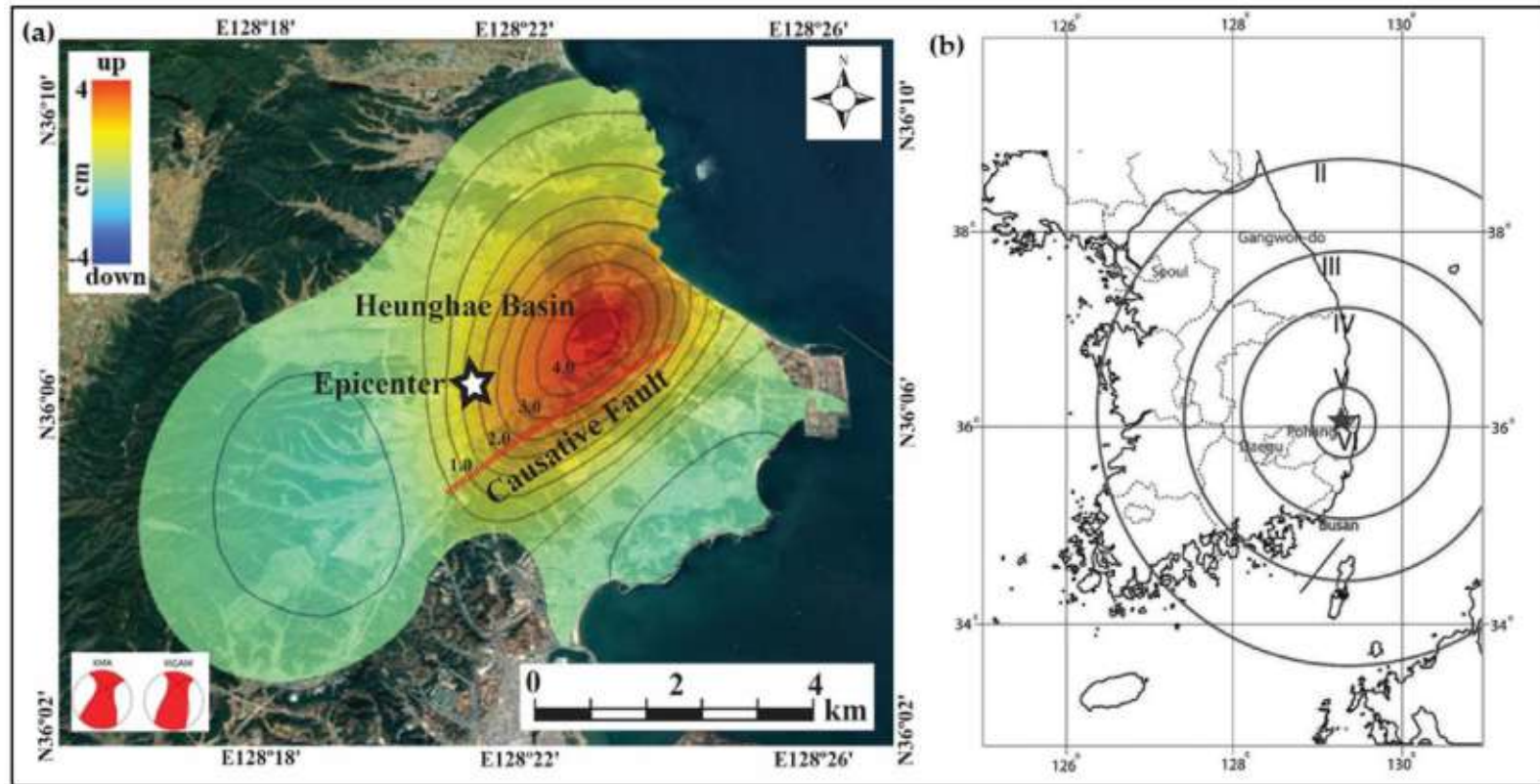


@svajcialap





A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.



<http://sar.kangwon.ac.kr/pohang.htm>

<https://www.youtube.com/watch?v=Hu3C49xh6mc&t=25>

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult

2026. 03. 18.

meg.



www.svaicialan.hu

@svaicialan





Termelés

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.

2026. 03. 18.

www.svaicialan.hu



@svaicialan





Kútvizsgálatok és a rövid távú próbatermeltetés.

A kút beindítása kompresszorozással történik.

Ekkor a sűrített levegő bevezetésének szintje fölött egy kétfázisú, buborékos víz-levegő keverék tölti ki a termelőcsövet.

Mivel ennek átlagos sűrűsége jóval kisebb a tiszta vízénél, a kúttalpra a víz hidrosztatikus nyomásánál kisebb nyomás nehezedik.



A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.

2026. 03. 18.

meg.



www.svaicialan.hu

@svaicialan

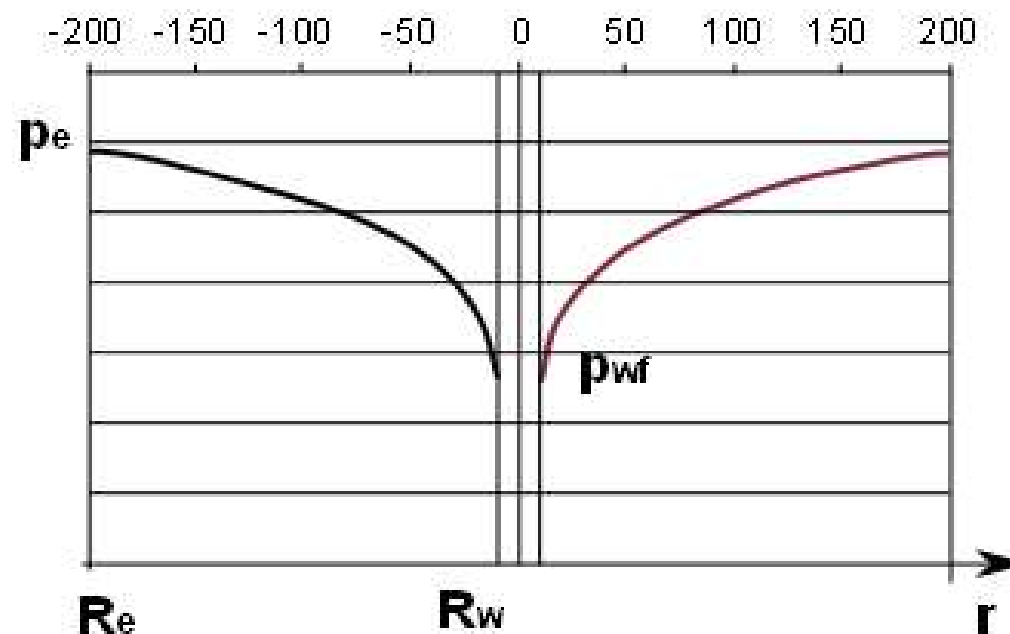


A tároló nyomása az abból kitermelt folyadék tömegével lineárisan csökken.

A tároló nyomáscsökkenése a tároló határain túli víztestek nyomására is kihat. A zárt tárolót határoló rossz áteresztőképességű rétegek ugyanis nem tökéletesen vízzárók, mint egy acéltartály fala.

A nyomás változását gyengítetlenül közvetítik, csupán az átáramló víz számára jelentenek nagy áramlási ellenállást.

A tárolót körülvevő kőzettest pórusaiban megváltoznak a nyomásviszonyok, és a természetes áramlási rendszerek is.

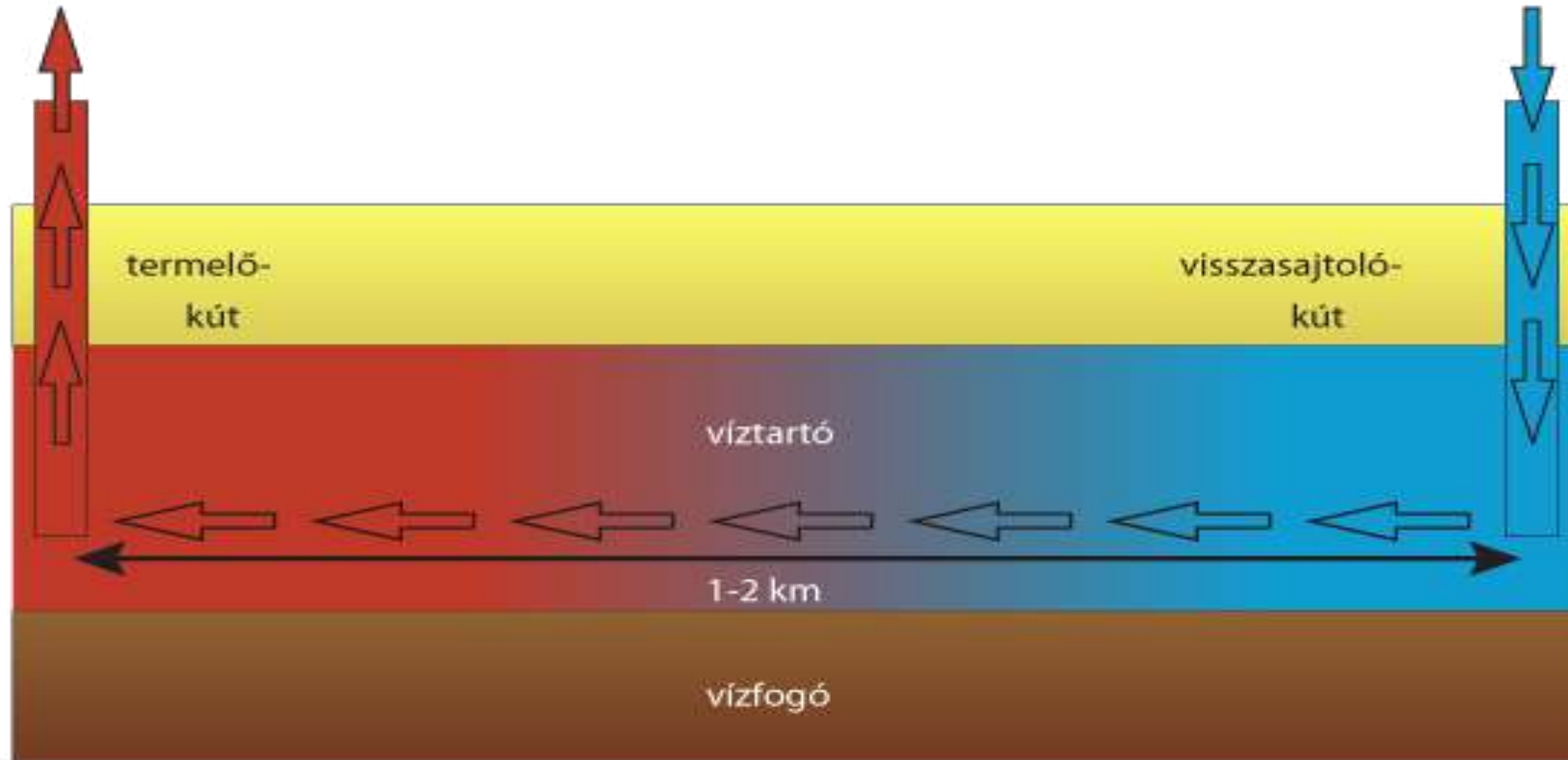


A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.





A víz-visszasajtolás környezeti hatásai



A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.

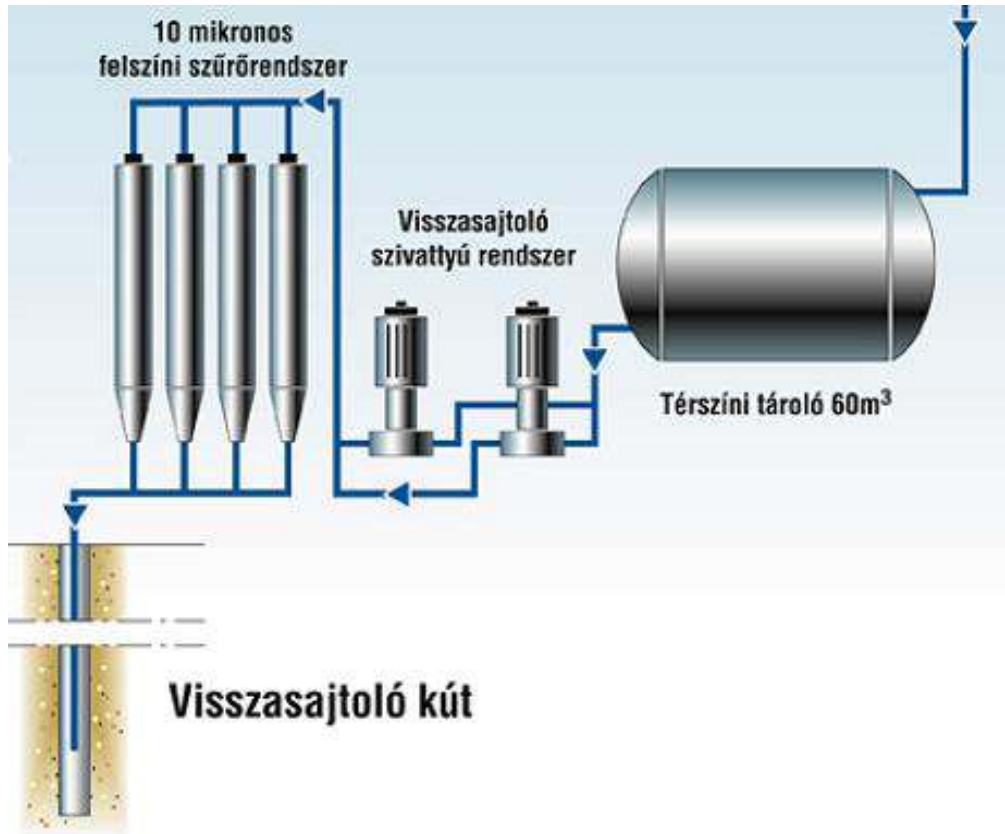
2026. 03. 18.



www.svaicialan.hu

@svaicialan





A visszasajtolási nyomás idővel jelentősen megnövekszik.

Üledékes medencék, porózus hévíztárolók.

Ha a térfogatáram, tehát a szivárgási sebesség meghalad egy kritikus értéket, a kőzetváz szemcséit elmozdíthatja helyükről.

A kút homokol

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.





Kémiai okok is okozhatják az áteresztőképesség csökkenését.

A vízkőképződés és lerakódás elsősorban a pórusjáratok beszűkülését okozza, de a besajtoló kútban és az ahhoz vezető csővezetékben is okozhat keresztmetszet-csökkenést, a súrlódási nyomásveszteség és a besajtolási nyomás növekedését.

Áteresztőképesség-csökkenést okoz az agyagásványok duzzadása is.

A besajtolási nyomás növekedése a réteg megrepesztése is előfordulhat.

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult





Légköri hatások

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.

2026. 03. 18.

meg.



www.svaicialan.hu

@svaicialan





Nem-kondenzálódó gázok kibocsátásában jelentkeznek.

A geotermikus tárolókat megtöltő forró víz, vagy gőz jelentékeny mennyiségű oldott gázt tartalmaz.

A leggyakoribb komponensek a szén-dioxid és a kén-hidrogén, de metán, kén-dioxid, hidrogén vagy ammónia is előfordulhat kisebb koncentrációban.

Az erőművi folyamatok a nyomás és a hőmérséklet csökkenése irányában haladnak, s így az oldott gáz a szeparátorban a kondenzátorban vagy a hűtőtoronyban a munkavégző közegből kiválik és a légkörbe kerül.

Ez a gázkibocsátás a fosszilis tüzelésű erőművek emisszió értékei mellett elhanyagolhatóan kicsiny.

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult

2026. 03. 18.

meg.



www.svaicialan.hu

@svaicialan





Erőmű típus	CO2 [kg/MWh]	SO2 [kg/MWh]	Nox [kg/MWh]	Szálló por [kg/MWh]
Széntüzelésű	994	4,71	1,995	1,012
Olajtüzelésű	758	5,44	1,814	NA
Gáztüzelésű	550	0,0998	1,343	0,0635
Geotermikus forró víz	27	0,1588	0	0
Geotermikus száraz gőz	40	0,0001	0,000458	0

Az olaszországi Larderello esetében ez 380 kg/MWh, a Fülöp-szigeteki Tiwi kibocsátása 272 kg/MWh, a mexikói Cerro Prieto pedig 175 kg/MWh értékkel jellemezhető.

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult

2026. 03. 18.

meg.



www.svaicialan.hu

@svaicialan

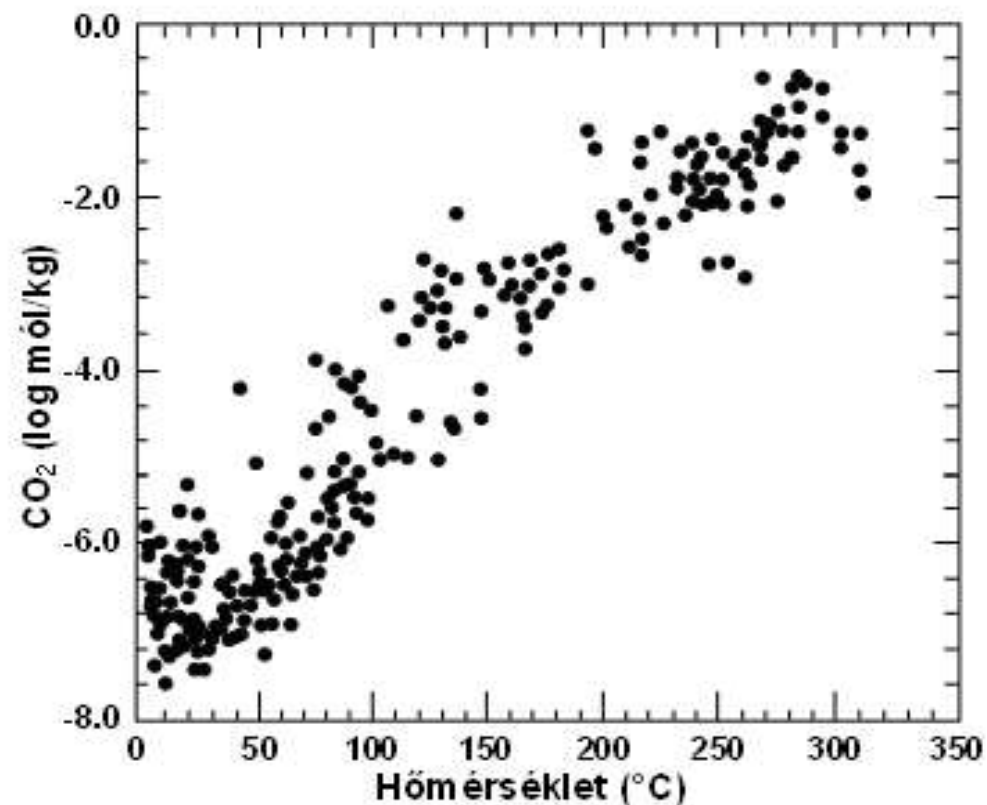




A legnagyobb szén-dioxid kibocsátású egységek is lényegesen kevesebb CO₂-vel terhelik a légkört, mint amennyi a fosszilis energiahordozók közül a legkedvezőbb földgáz elégetésekor kerül a légkörbe.

A nem-kondenzálódó gázok közül a legtöbb gondot a kén-hidrogén okozza. Már viszonylag kis koncentrációban is mérgező és rendkívül kellemetlen szagú.

Világszerte egyre szigorúbb határértékeket írnak elő a kén-hidrogén-kibocsátás megengedett értékére.



A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult

2026. 03. 18.

meg.



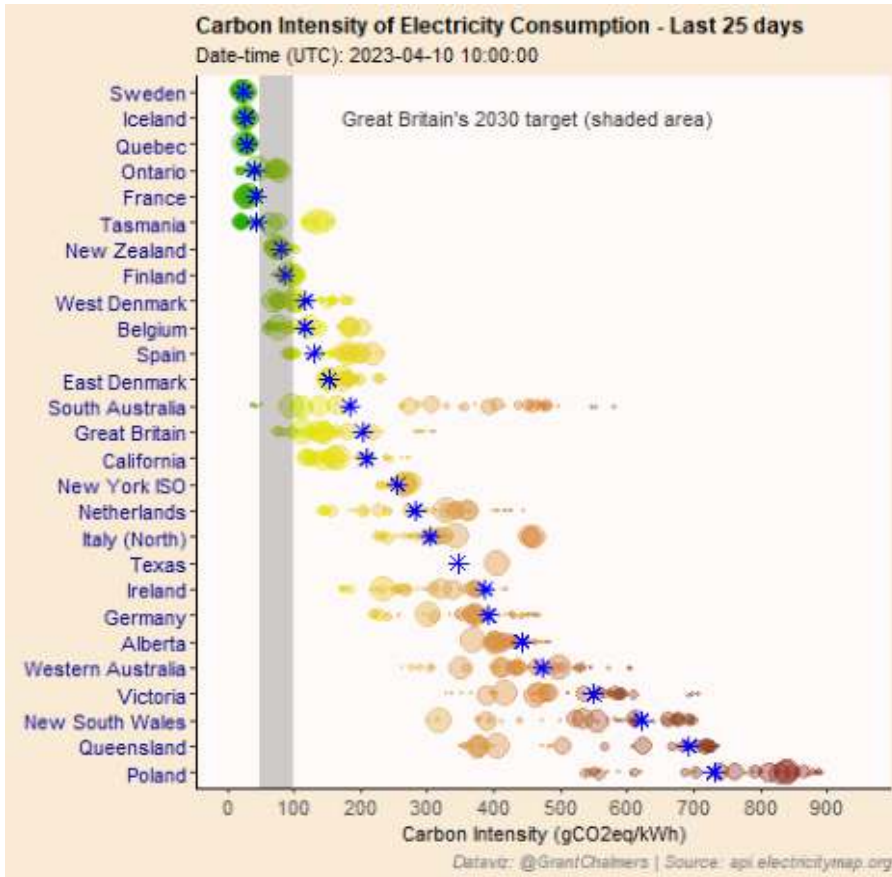
www.svaicialan.hu

@svaicialan





CO₂ vs CH₄



A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult

2026. 03. 18.

meg.



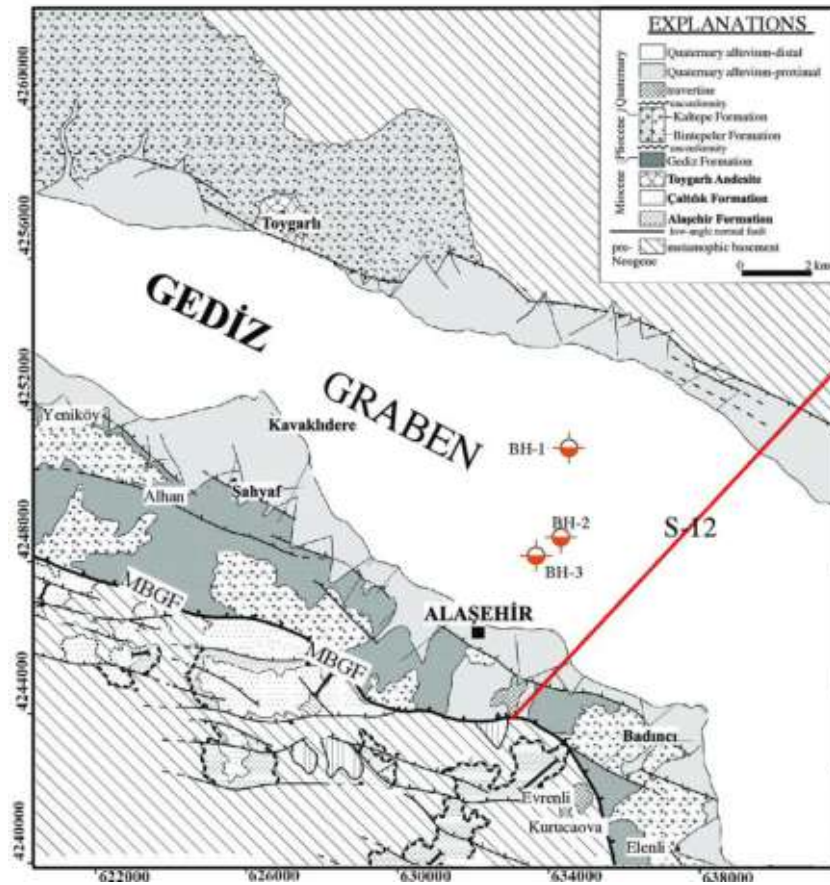
www.svaicialan.hu

@svaicialan





Mount Amita

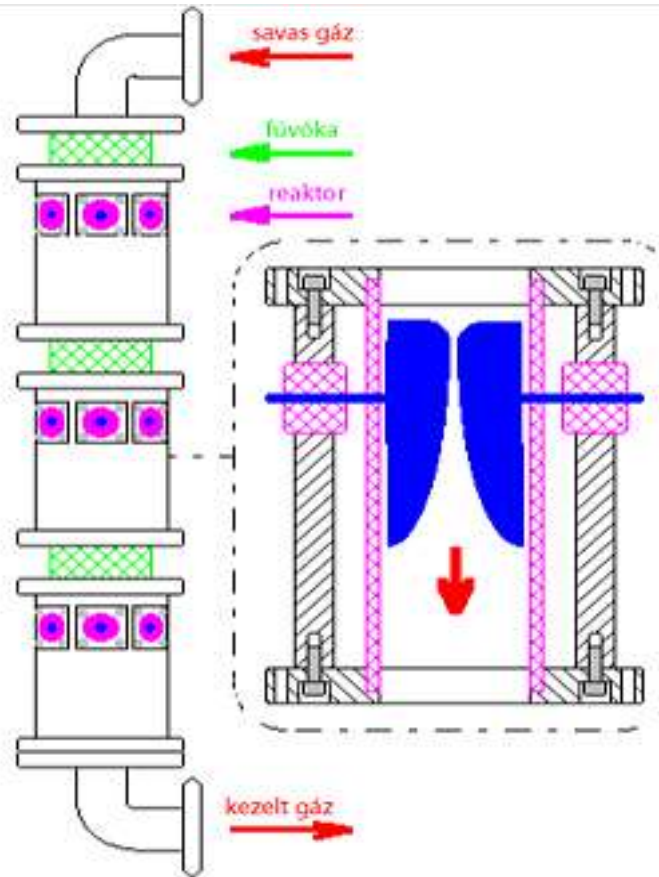
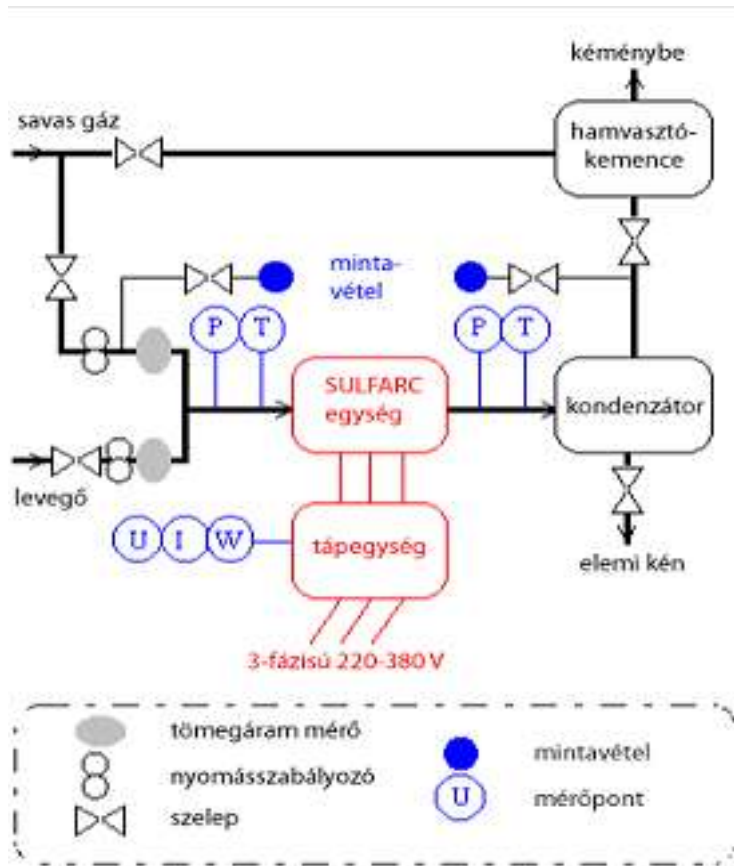


A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.



Metántartalom 20°C-on 1013 miliibar nyomáson	A víz gáztartalom szerinti fokozata	Ellenőrző vizsgálatok gyakorisága	Szükséges biztonsági intézkedés
0,8 l/m ³ határérték alatt	„A” fokozat határérték alatt	5 évenként	Nem kell gázmentesítést végezni
0,8-10 l/m ³ között	„B” fokozat	3 évenként	A gázmentesítésről üzemeltetési módszerek és biztonsági intézkedések alkalmazásával kell gondoskodni
10 l/m ³ fölött	„C” fokozat	2 évenként	Az MSZ-10-226. szerint gázmentesítő berendezés telepítéséről és üzemeltetéséről kell gondoskodni, kivéve ha a) a teljes vízfelhasználás legfeljebb 5 m ³ /nap b) a kitermelt vizet szabadtéren használják fel, de a biztonságtechnikai védelemről gondoskodni kell

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.



A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.



Oldott anyag tartalom

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.

2026. 03. 18.

www.svajcialap.hu



@svajcialap

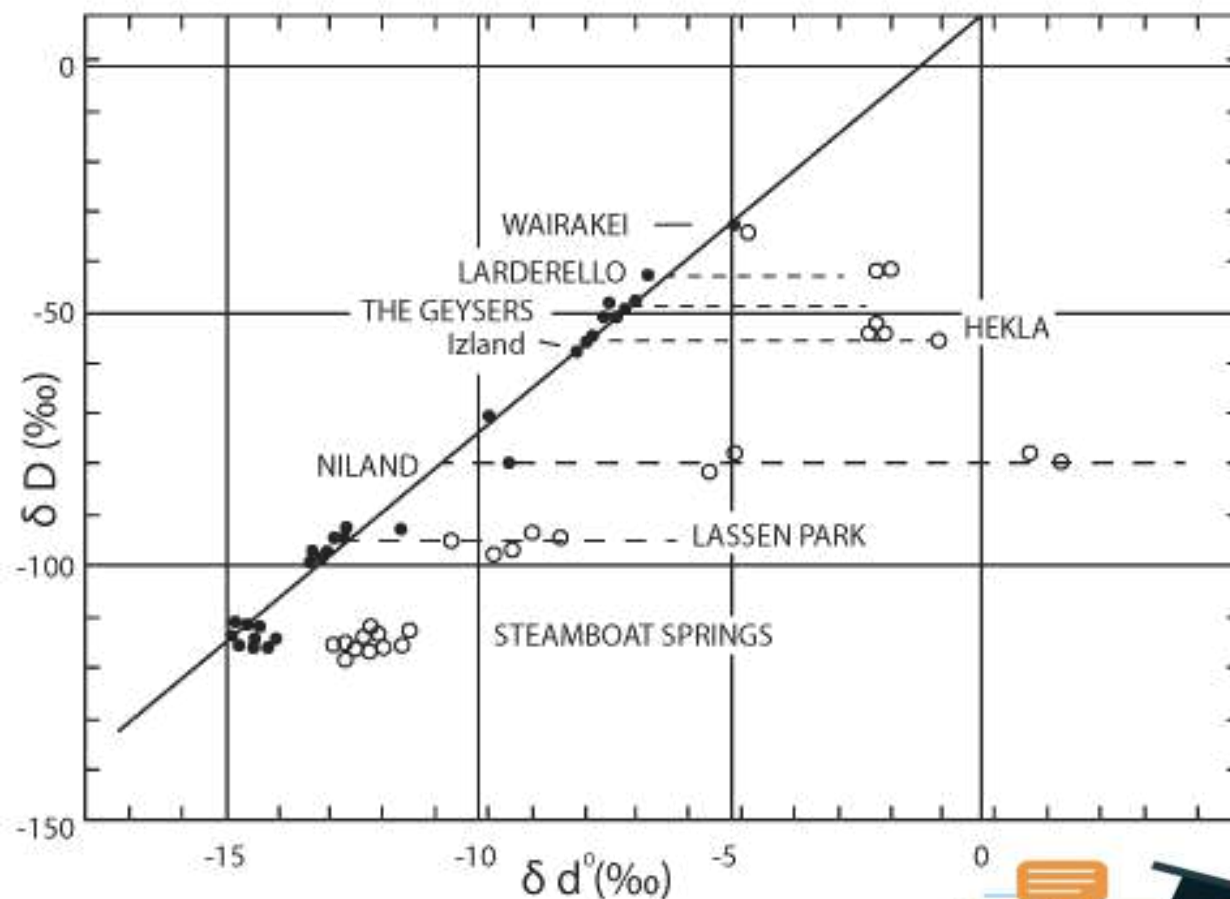




A hévizek mintegy 90 százaléka csapadékvíz-eredetű, míg a maradék 10 százalék lehet vulkáni eredetű ún. juvenilis víz.

Azonos földrajzi környezetből származó hévíz- és csapadékvíz-minták hidrogén és deutérium (nehéz hidrogén) izotópjainak megegyező aránya támasztja alá

Különböző telepfolyadékok deutérium-aránya látható az ábrán



A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.





1. Nátrium-kloridos vizek:

pH értékük a semlegeshez közeli, de enyhén lúgossá válnak, ahogy a víz a felszínre kerül. A leggyakoribb anion a klorid, a klorid-szulfát arány mindig magas. A koncentráció mértéke tág határok között változhat.

2. hidrogén-karbonátos hévizek alkotják

A felső-pannon hévizek túlnyomórészt nátrium-hidrokarbonátosak.

Legnagyobb töménységűek a hasadékos, karbonátos tárolókból származó hidrogénkarbonátos vizek.

Ha felszínre hozott nyersanyagnak tekintjük, nagyrészt piacképes, százmillió dolláros nagyságrendű értékhez jutunk.

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult

2026. 03. 18.

meg.



www.svaicialan.hu

@svaicialan



A kitermelt hévíz oldottanyag-tartalmának egyik káros környezeti hatása a vízkőkiválás illetve a korrózió.

A rétegvizekben szoros összefüggés áll fenn a víz szabad szénsav és kalcium-hidrokarbonát tartalma között.

A vízben oldott kalcium-hidrokarbonát



egyenletnek megfelelően bomlik a vízben gyakorlatilag oldhatatlan kalciumkarbonátra, vízre és széndioxidra.

Azt a szabad széndioxidot, amely a feloldódott $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ oldatban tartásához szükséges, tartozékos, vagy egyensúlyi szénsavnak nevezzük.

Ha a víz szabad szénsav-tartalma kevesebb, mint amennyi a mész-szénsav egyensúlyhoz szükséges, a vízből kalcium-karbonát válik ki mindaddig, míg a kalcium-hidrokarbonát koncentráció az egyensúlyi értékre nem csökken.

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult

Ha a víz szabad szénsav-tartalma a kalcium-hidrokarbonát koncentrációjának megfelelő egyensúlyi értékkel egyenlő az áramló hévízből vízkő nem válik ki.

Az agresszív hévíz okozta korrózió a kútban, a felszíni berendezésekben: csövekben, hőcserélőkben okozhat súlyos károkat.



A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.



**A lerakódott vízkő eltávolítása
mechanikai és kémiai módszerek
egyaránt használatosak: kaparás,
leforgácsolás, savazás, majd a furadék
vagy zagy eltávolítása bő vízzel történő
öblítéssel.**

Megelőzés inhibitorok használatosak

Polifoszfát

Seeding



A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult

2026. 03. 18.

meg.



www.svaicialan.hu

@svaicialan





Felszíni süllyedés

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.

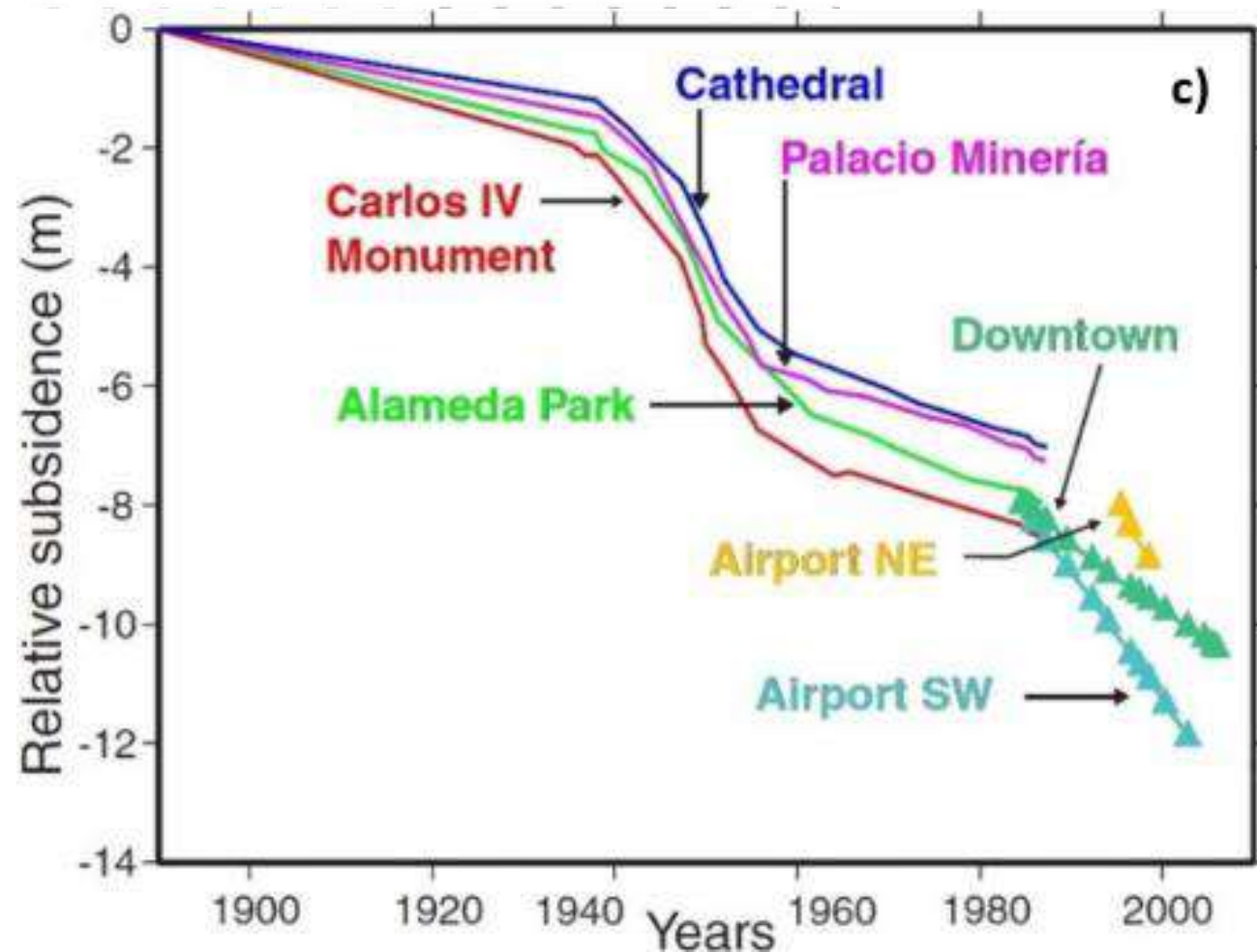
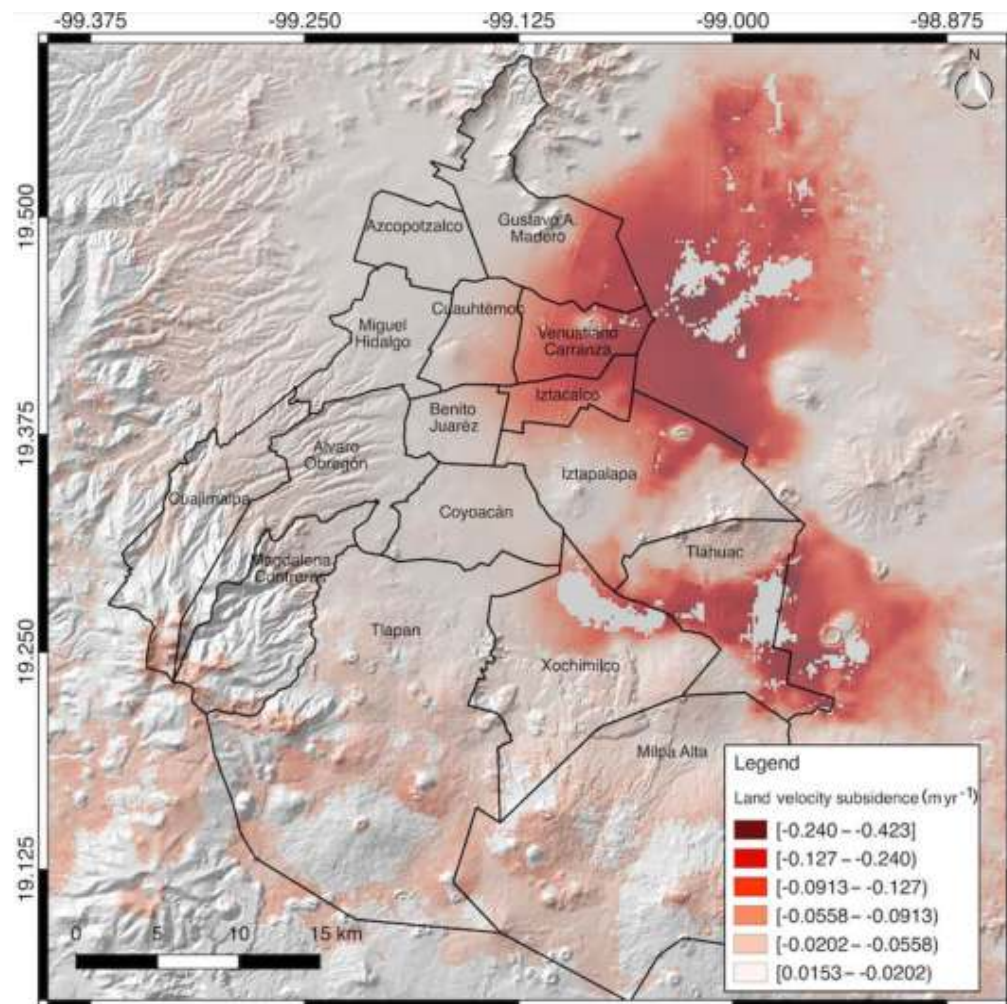
2026. 03. 18.

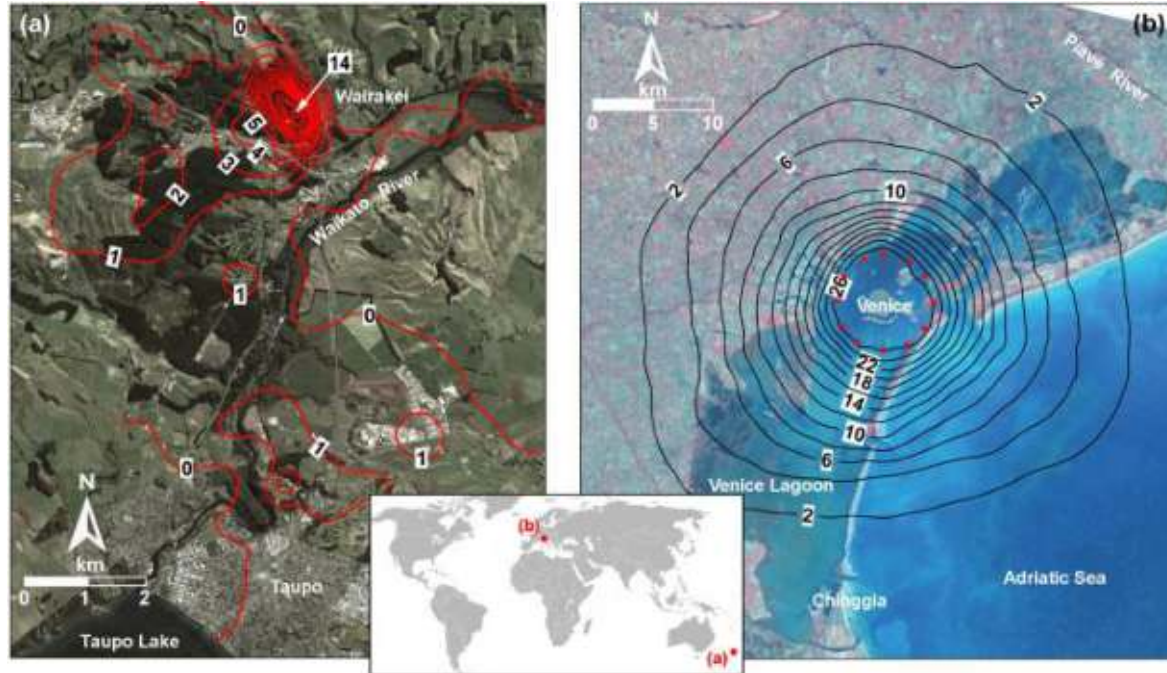
www.svaicialan.hu



@svaicialan







A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.

2026. 03. 18.



www.svaicialan.hu

@svaicialan



A kőzetekben kialakuló feszültségek átrendeződése gyakran jár együtt mikro-szeizmikus jelenségekkel. Ezek káros hatásai a felszínen nem érzékelhetők, csak nagy érzékenységű műszerekkel mutathatók ki.

A tároló nyomáscsökkenése a magasabban fekvő víztartó képződményekre is áttérjedhet, a talajvíztükör süllyedését, a természetes források elapadását is előidézhetheti.

A termelés okozta nyomáscsökkenés a forróvíz tárolóból a felszínre áramló vízben víz-gőz fázisváltozást idézhet elő. A forráspont mélysége megnő, akár a kúttalp közelébe is kerülhet. Az így kialakuló gőzsapkát a telepfoliadékból nagy mennyiségű nem-kondenzálódó gáz kiválása kíséri. Ez akár súlyos robbanásokhoz, a termelő berendezést sőt emberéletet is veszélyeztető ipari katasztrófához vezethet.

A nagy hőmérsékletű, kis mélységű forróvíz-rezervoárookban fordulhatnak elő nagyobb valószínűséggel gőzkitörések, ha a tároló gőzsapkájának nyomása meghaladja a litosztatikus terhelést. A legsúlyosabb ilyen katasztrófa El Salvadorban történt 1990-ben. Több mint 15 kevésbé súlyos kitörést jegyeztek fel Új-Zélandon a Wairakei-mezőben.

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult





Üzemi balesetek

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.

2026. 03. 18.

www.svaicialan.hu



@svaicialan



Fábiánsebestyén-4-es kút

1985 december

4259 m mélységnél (2,13 kg/l
sűrűségű iszap mellett)
kiépítés volt fúrószercsere
céljából

180 °C

Nagy entalpiájú telep



A baleset nem csupán tragikus emberi veszteséggel járt, hanem műszaki és geológiai szempontból is egyedülálló tapasztalatokat szolgáltatott a túlnyomásos, mélyfekvésű tárolórétegek viselkedéséről.

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.

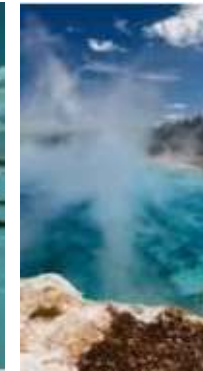


SVÁJCI ALAP

Svájci-Magyar Együttműködési Program



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA



Köszönöm a figyelmet!

marianna.vadaszi@uni-miskolc.hu
+36 70 600 6292



2026. 03. 18.
„A BKV Vasúti Járműjavító Kft. Fehér úti telephelyén létesített geotermikus kút kihasználtságának növelése a zuglói távhőközvetben történő hőhasznosítással” című, SM06-GEO-PC7 számú programkomponens

A programkomponens a Svájci Alap támogatásával és Magyarország Kormányának társfinanszírozásával valósult meg.

www.svajcialap.hu



@svajcialap