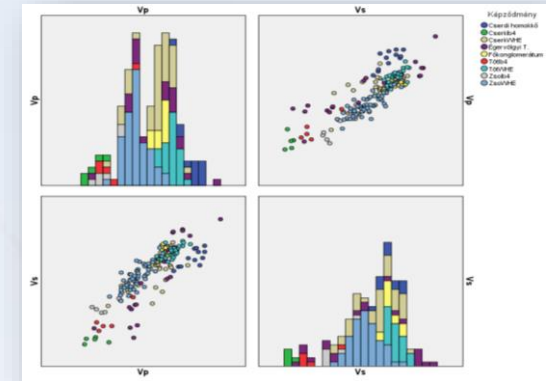
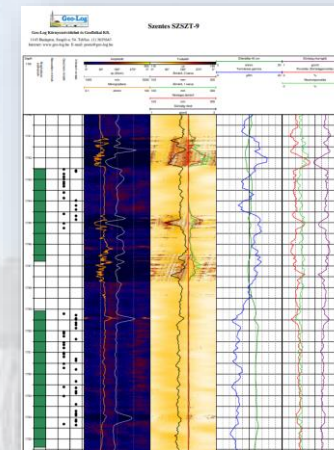


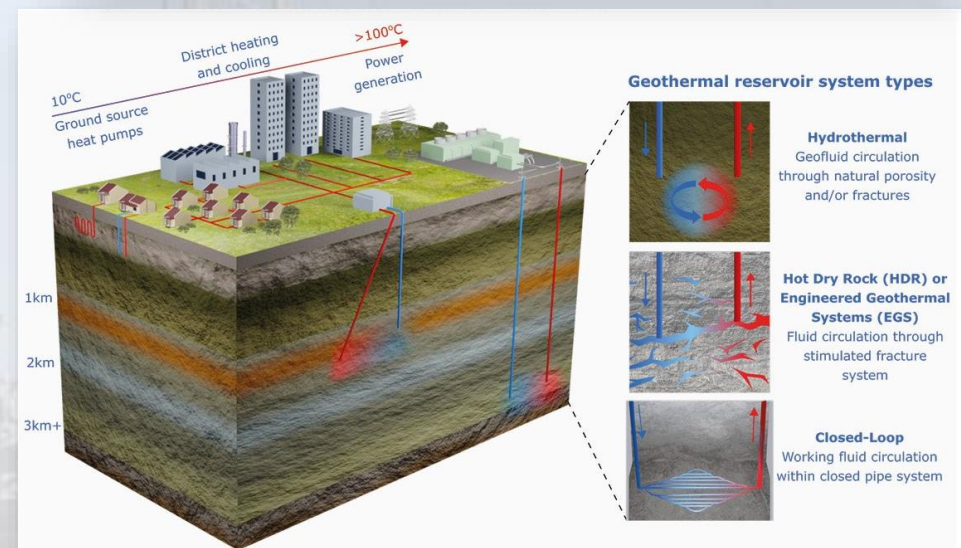
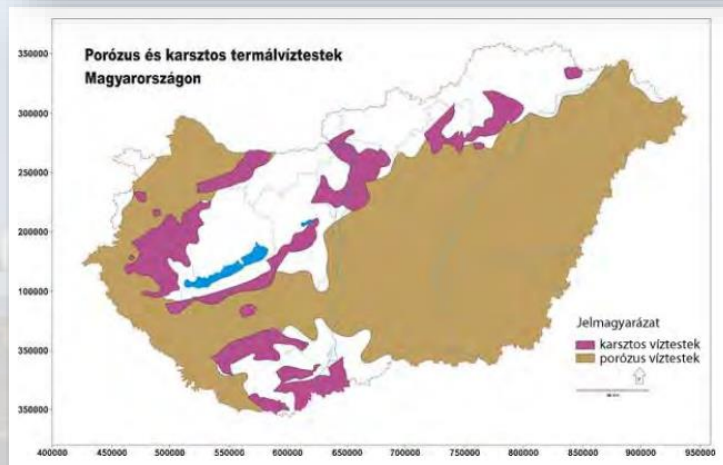
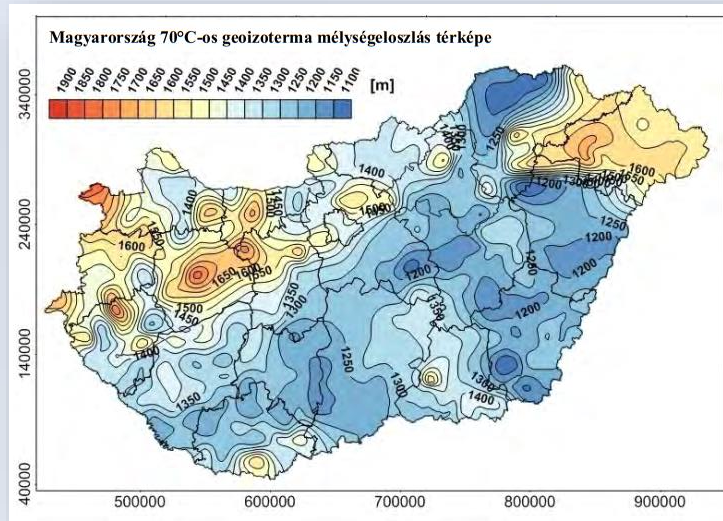
Homokkőbe történő vízvisszasajtolást támogató laboratóriumi vizsgálatok

Fedor Ferenc^{1,2}, Koroncz Péter^{1,2}, Magyar Gábor³, Kovács János¹

¹Pécsi Tudományegyetem, ²Geochem Kft., ³Mecsekérc Zrt.



Magyarországi geotermia – általános áttekintés



Előzmények

Előzmény: GOP-1.1.1-11-2012-0033 – előkészítő fázis (Mecsekérc Zrt.)

Fenntartható és költséghatékony termálvíz visszasajtolás kútkiképzési technológiájának kifejlesztése

Projekt címe, kódszáma: **Fenntartható és költséghatékony termálvíz visszasajtolás kútkiképzési technológiájának kifejlesztése, GINOP-2.2.1-15-2017-00102**

Kedvezményezett neve: **Mecsekérc Környezetvédelmi Zrt.**

Konzorciumi tagok:

- **Pécsi Tudományegyetem**
- ROTAQUA Geológiai-, Bányászati kutató Mélyfúró Kft.;
- Kömérő Műszaki, Tudományos, Kutató-Fejlesztő és Szolgáltató Kft.

A szerződött támogatási összeg: 1 473 956 236 Ft

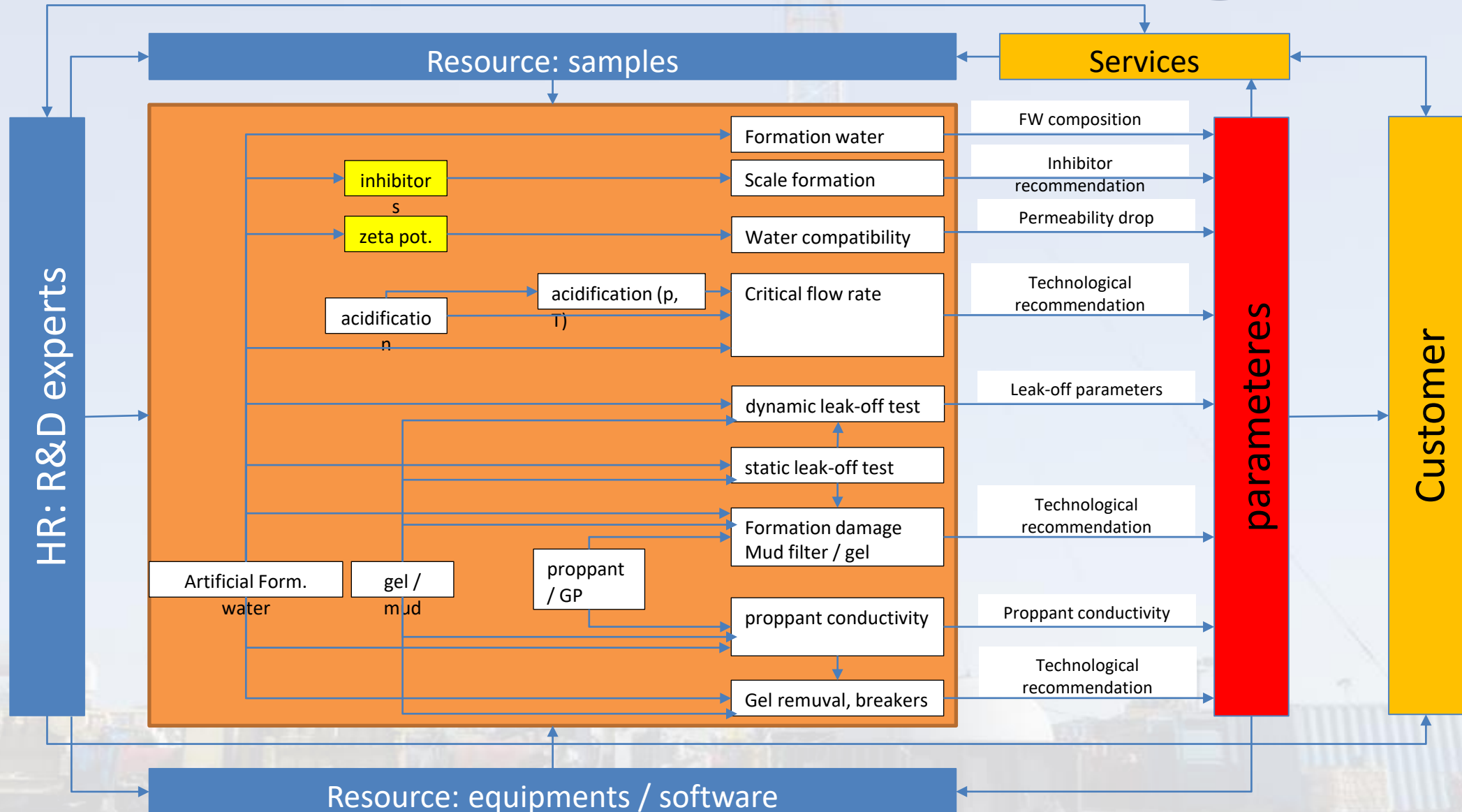
A támogatási mértéke (%): 55,2 %

A projekt kezdési dátuma: 2017. szeptember 1.

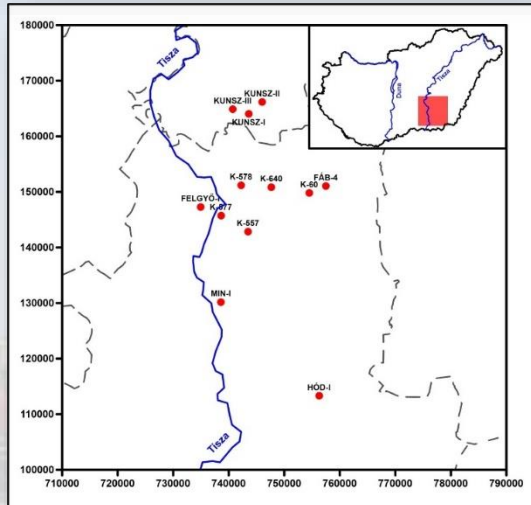
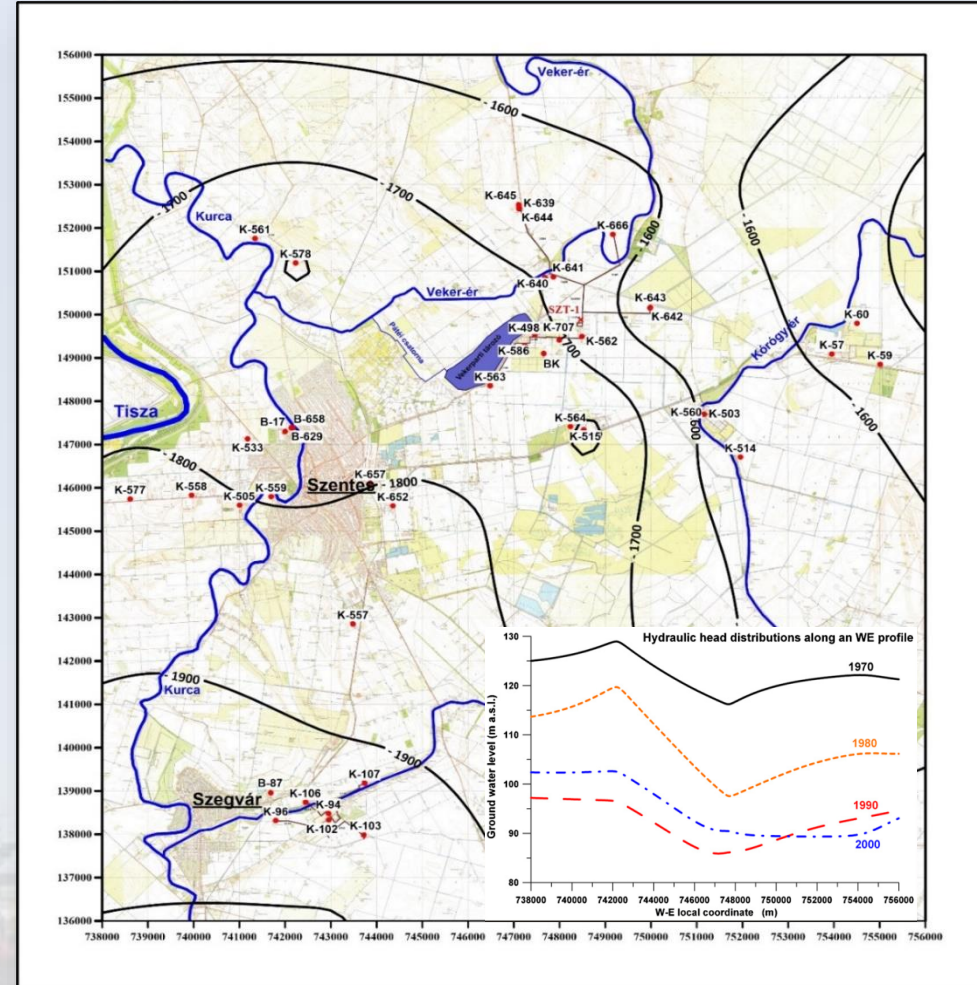
A projekt megvalósításának véghatárideje: 2022. november 30.

Feladatok

1. **A felső-pannon homokkövekben vízvisszasajtolás hatására bekövetkező rétegtkárosodások laboratóriumi vizsgálata, és a rétegtkárosodásokat megszüntető rétegkezelési technológia kidolgozása.**
2. A jelenlegi hazai gyakorlatnál jóval fejlettebb és a hazai költségviszonyoknak megfelelő kavicságyas-szűrős kútkiképzési technológia kidolgozása felső-pannon homokkövekben létesített geotermikus vízvisszasajtoló kutak számára.
3. **Laboratóriumi repesztés vezetőképességi vizsgálatok lefolytatása.**
4. **Speciális, környezetbarát hidraulikus rétegrepestési technológia (Frac&Pack) kidolgozása porózus rendszerekben üzemelő geotermikus visszasajtoló kutak számára.**
5. Új, kavicságyas-szűrős kiképzésű visszasajtoló kút létesítése, valamint egy meglévő geotermikus kút visszasajtoló kúttá történő átképzése Frac&Pack technológiával felső-pannon homokkövekben.
6. **Magvizsgálatok az alkalmazott módszerek hitelesítése céljából.**
7. A kifejlesztett kútkiképzési technológiákkal kiképzett visszasajtoló kutak működésének és a kialakuló besajtolási mechanizmusok 12-18 hónapig tartó vizsgálata, értékelése és hitelesítése.



Célterület – Szentés



Mintavétel, mintaelőkészítés



SZSZT-IX:

1743,6 – 1746,28 m (2,68 m);

1749,68-1755,38 m (5,7 m);

1835-1840,33 m (5,33 m)

Sum: 13,71 m

SZT1:

1740-1749,25 m (9,25 m);

1930,9-1941,93 m (11,03 m);

1949,23-1965,7 m (16,47 m);

1966,5-1972,5 m (6 m)

Sum: 42,75 m



Geophysical logs

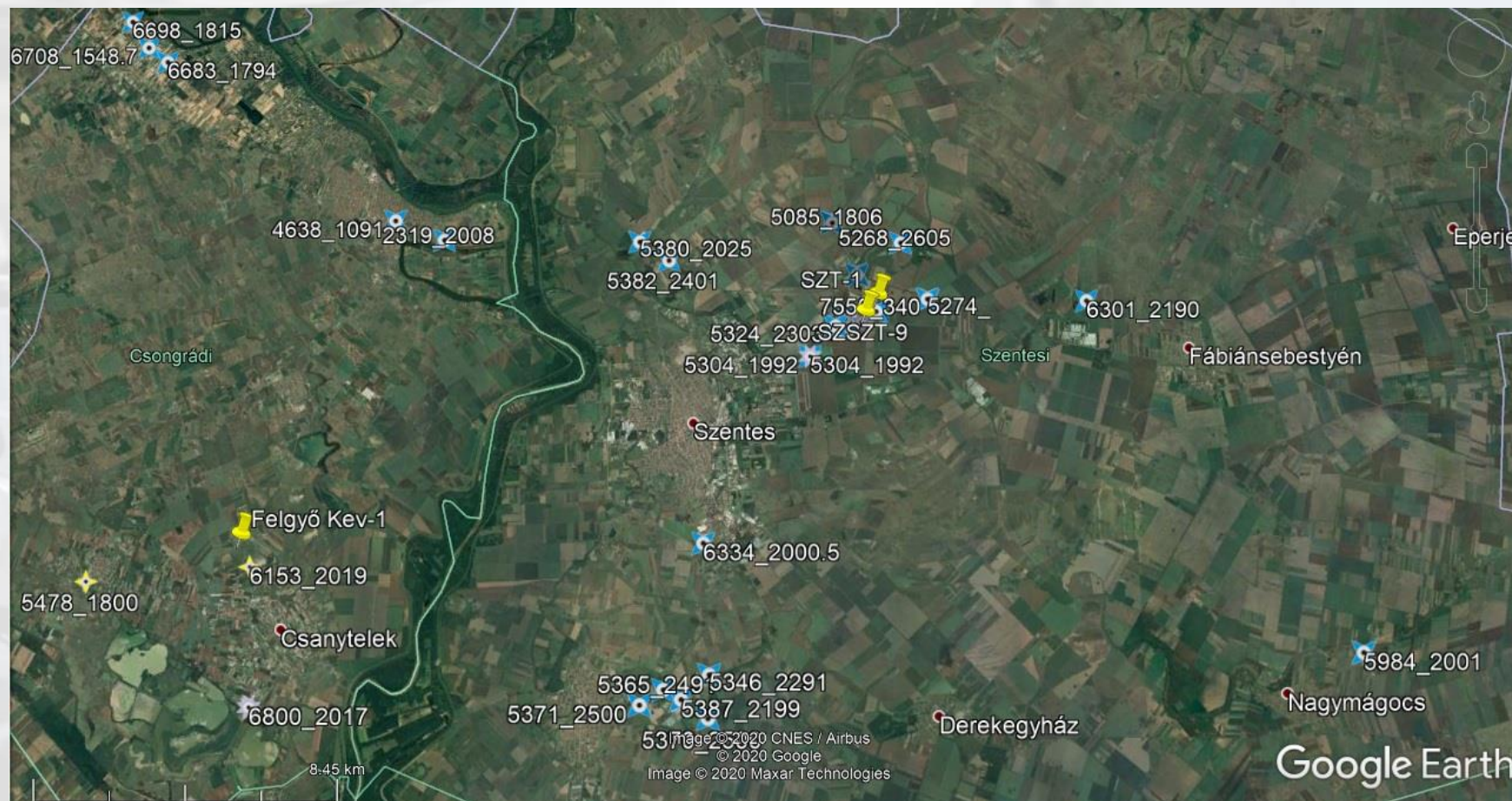
SZT-1:

Dept [m]: 1714,8- 1998,5
GR, SP, E160, E40, BIT, DH, TL,
DIT, VP, NPOR, DEL, DES,
DENest, MRN-09, MRG-09

SZSZT-IX:

Depth [m]: 1717-1864
10 cm -E160, E40, GR, TL, TILT,
Azimuth, DH, BIT,
5 cm - NPOR, VP20, VP40
1 cm – MRG, MRN
3 mm – ABI_Amplitude_mean

GR from 20 wells (2010) near
Szentes and Szegvár

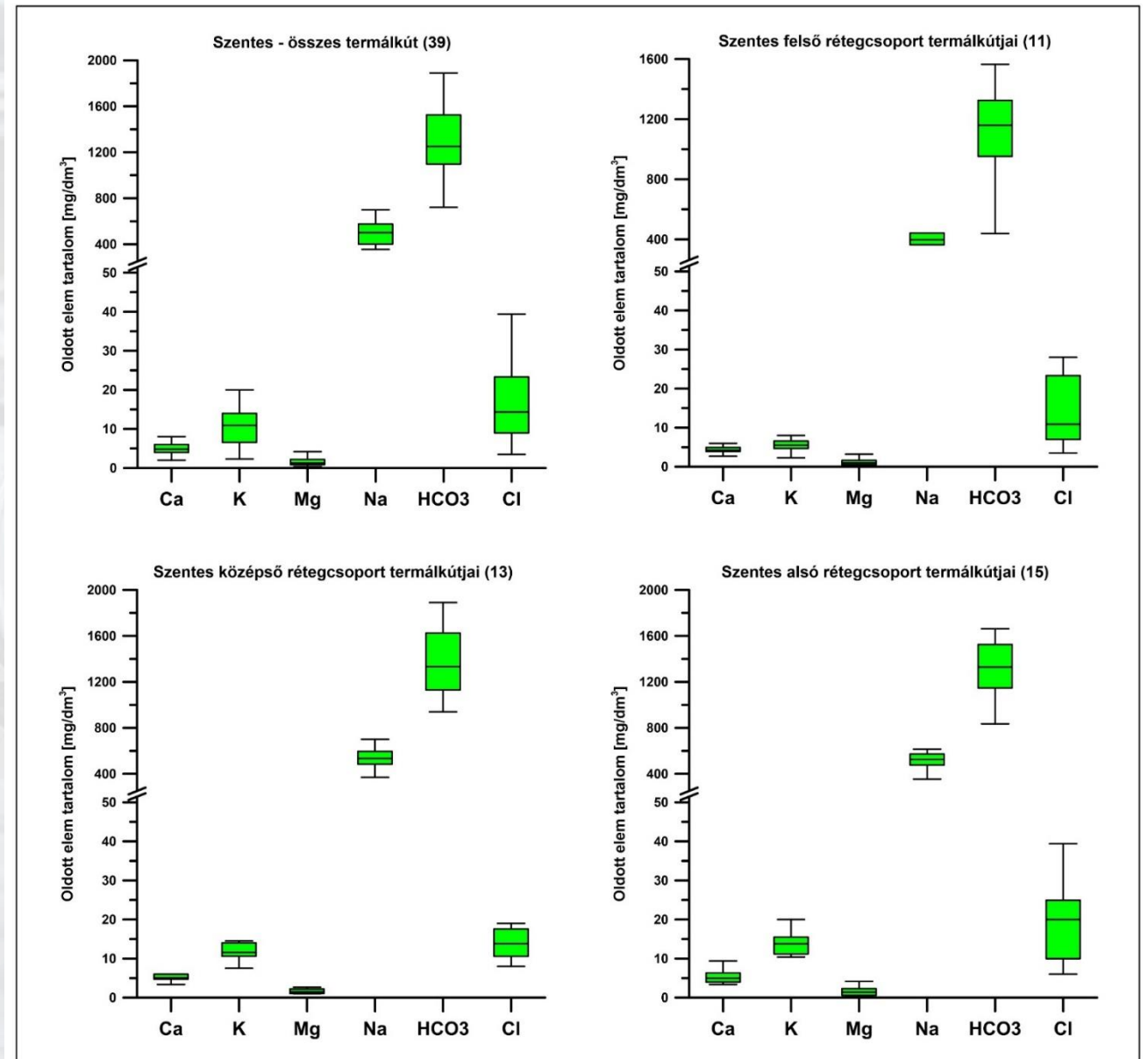


Vízkémia

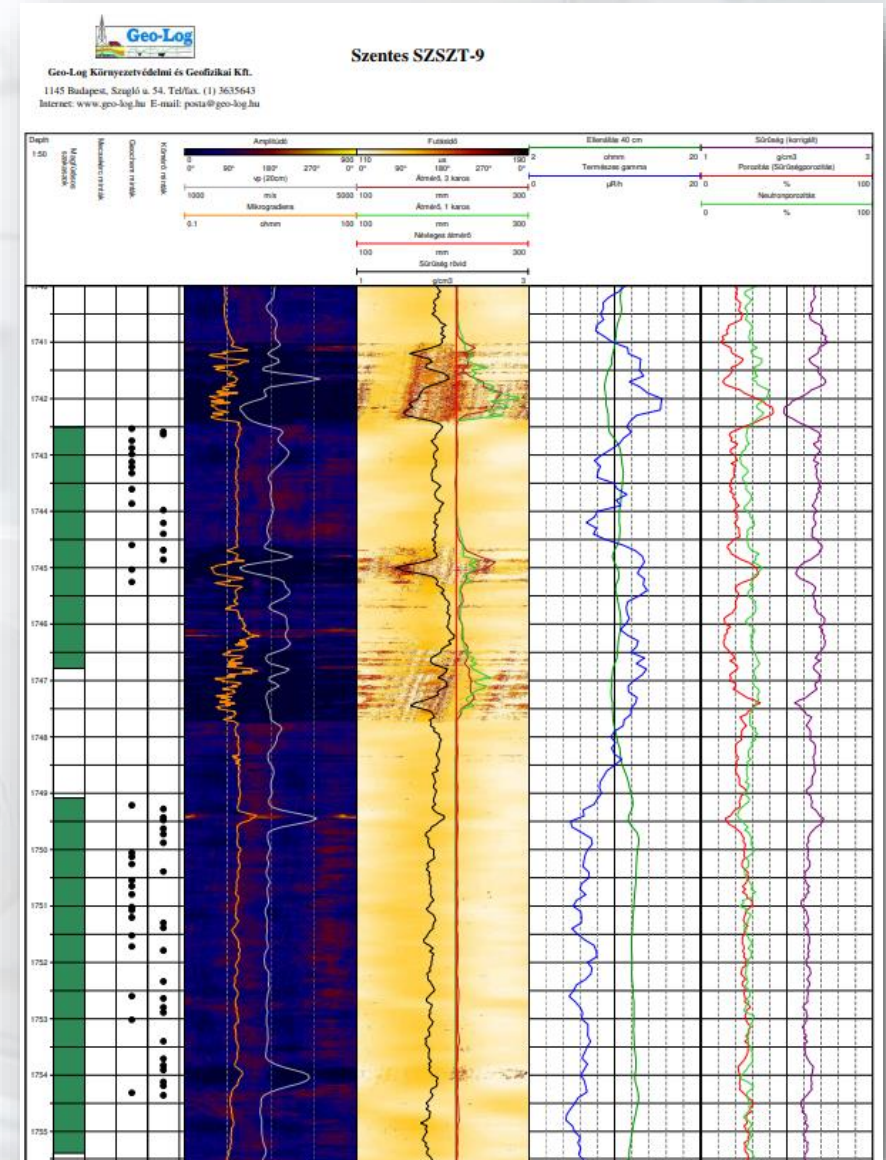
A szentesi geotermikus terület vízföldtani és vízkémiai adatainak értékelése, Bálint András 2020

Részletes vízkémiai adatok 14 kútból
(Szentes, Szegvár) – termelt víz
 δD és $\delta^{18}O$ adatok 9 vízmintából
Gázösszetétel 42 kútból (1977-82, 2006,
2010, 2015, 2018)

A szentesi geotermikus terület
termálvizeinek Box-Whisker-diagramjai
a teljes területre és áramlási egységek
(felső, középső, alsó homokkő) szerint.



Mintavétel, mintaelőkészítés



Fúrás neve	Láda	Kiépítés	Minta hossza [cm]	Minta hossza [m]	Tető [m]	Talp [m]	Minta azonosítója	Mintavétel időpontja	Mintát vette	Tervezett vizsgálatok
SZSZT-IX	1	1	7	0,07	1742,5	1742,57	SZSZT_IX_01	2020.02.03	Lippert K., Vízahányó Zs.	kőzetfizika, szemcseméret
SZSZT-IX	1	1	8,5	0,085	1742,71	1742,795	SZSZT_IX_02	2020.02.03	Lippert K., Vízahányó Zs.	kőzetfizika
SZSZT-IX	1	1	7,5	0,075	1742,845	1742,92	SZSZT_IX_03	2020.02.03	Lippert K., Vízahányó Zs.	kőzetfizika, SEM, XRD
SZSZT-IX	1	1	14	0,14	1742,92	1743,06	SZSZT_IX_04	2020.02.03	Lippert K., Vízahányó Zs.	kőzetfizika, ásványtan (csiszolat)
SZSZT-IX	1	1	12,5	0,125	1743,06	1743,185	SZSZT_IX_05	2020.02.03	Lippert K., Vízahányó Zs.	kőzetfizika, SEM, XRD, ásványtan (csiszolat)
SZSZT-IX	1	1	6	0,06	1743,185	1743,245	SZSZT_IX_06	2020.02.03	Lippert K., Vízahányó Zs.	kőzetfizika
SZSZT-IX	1	1	16	0,16	1743,245	1743,405	SZSZT_IX_07	2020.02.03	Lippert K., Vízahányó Zs.	kőzetfizika
SZSZT-IX	1	1	14	0,14	1743,54	1743,68	SZSZT_IX_08	2020.02.03	Lippert K., Vízahányó Zs.	kőzetfizika, ásványtan (csiszolat)
SZSZT-IX	1	1	16,5	0,165	1743,78	1743,945	SZSZT_IX_09	2020.02.03	Lippert K., Vízahányó Zs.	kőzetfizika, SEM, XRD
SZSZT-IX	1	1	8,5	0,085	1744,555	1744,64	SZSZT_IX_10	2020.02.03	Lippert K., Vízahányó Zs.	kőzetfizika
SZSZT-IX	1	1	7,5	0,075	1745	1745,075	SZSZT_IX_11	2020.02.03	Lippert K., Vízahányó Zs.	kőzetfizika, ásványtan (csiszolat)
SZSZT-IX	1	1	6,5	0,065	1745,225	1745,29	SZSZT_IX_12	2020.02.03	Lippert K., Vízahányó Zs.	kőzetfizika
SZSZT-IX	1	2	13	0,13	1749,15	1749,28	SZSZT_IX_13	2020.02.03	Lippert K., Vízahányó Zs.	kőzetfizika, ásványtan (csiszolat)
SZSZT-IX	1	2	8	0,08	1750,015	1750,095	SZSZT_IX_14	2020.02.03	Lippert K., Vízahányó Zs.	kőzetfizika

Mintavétel, mintaelőkészítés



Laboratóriumi vizsgálatok – K+F

Kőzettani vizsgálatok

- Makroszkópos kőzetleírás
- Petrográfiai csiszolatelemzés
- XRD
- SEM
- Szemcseméret és szemcsealak analízis

Kőzetfizikai vizsgálatok

- Porozitás
- Permeabilitás
- Elektromos ellenállás
- Pórusméret eloszlás
- Ultrahang terjedési sebesség

Kúttechnológiai kísérletek

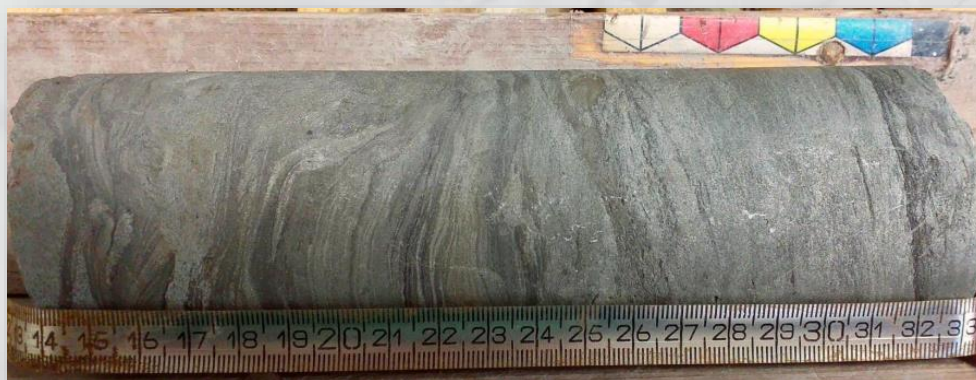
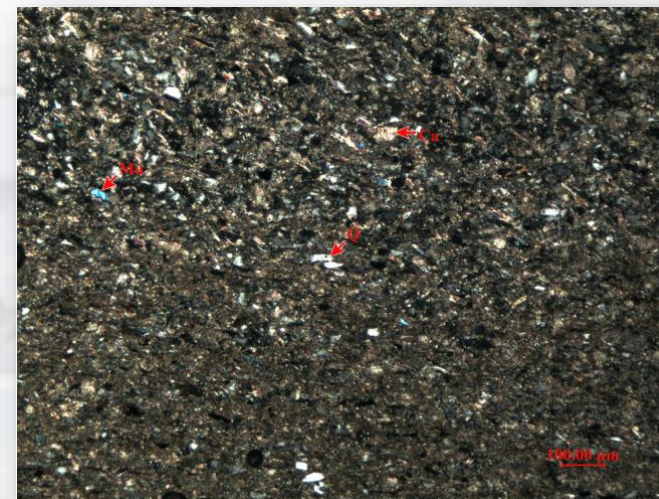
- Kitámasztó anyag (proppant) minősítés
- Kritikus áramlási sebesség mérések
- Víz-kőzet kompatibilitás vizsgálatok
- Géleráztásos kísérletek
- Savazásos kísérletek

Folyadéktechnológiai vizsgálatok

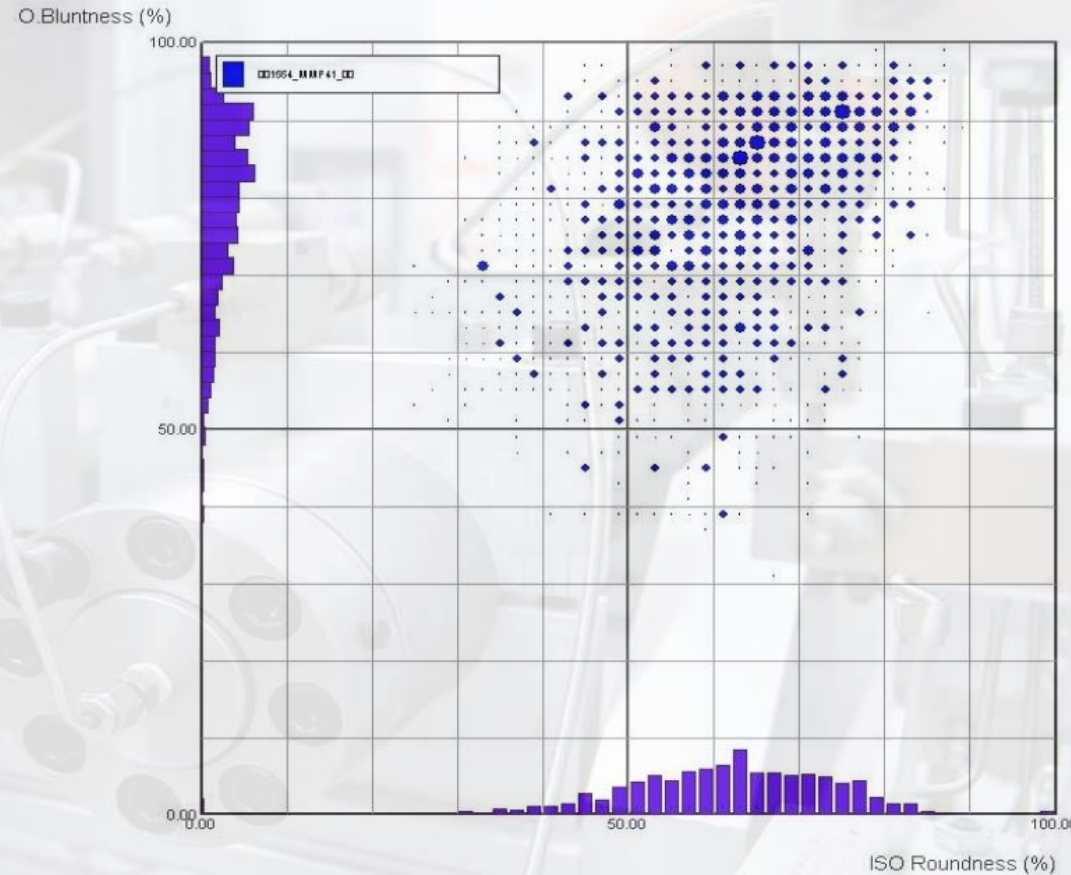
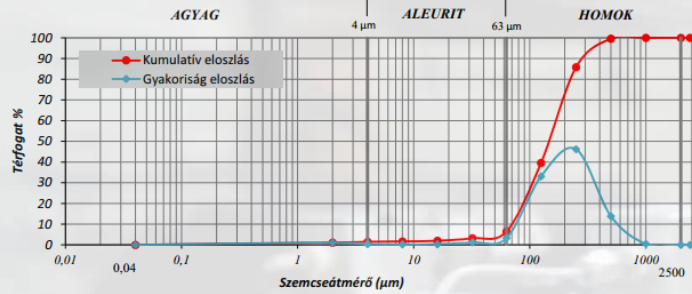
- Folyadékreológiai mérések
- Kiszűrődés vizsgálatok

Kőzettani vizsgálatok

Makroszkópos és mikroszkópos petrográfiai vizsgálatok

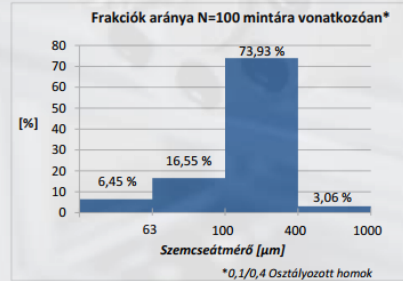
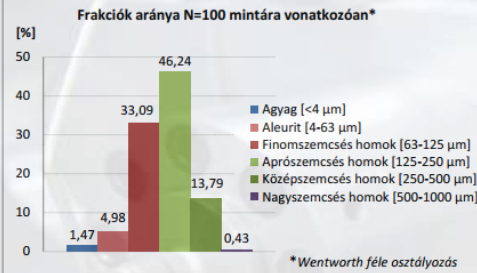


Szemcseméret és szemcsealak elemzések



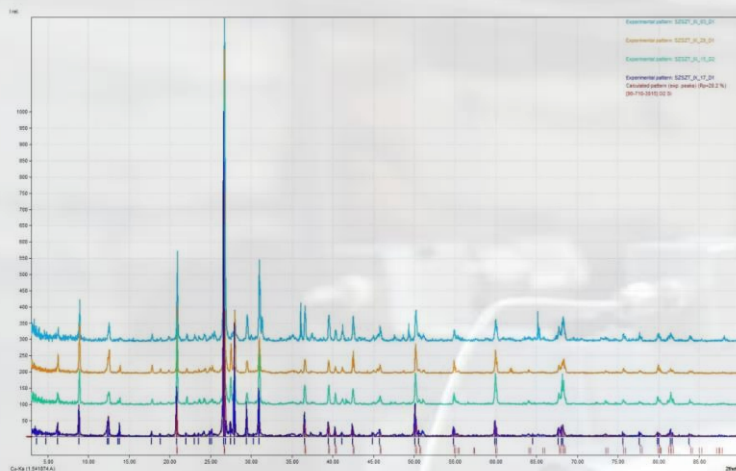
Bivariate Plot by Volume

Frakciók	Kum. térfogat%	Térfogat %	
>2000 μm	100,00	0,00	Kavics
1000-2000 μm	100,00	0,00	
500-1000 μm	100,00	0,43	
250-500 μm	99,57	13,79	
125-250 μm	85,78	46,24	Homok
63-125 μm	39,54	33,09	
32-63 μm	6,45	3,25	
16-32 μm	3,20	1,23	Aleurit
8-16 μm	1,97	0,32	
4-8 μm	1,65	0,18	
2-4 μm	1,47	0,39	Agyag
0,04-2 μm	1,08	1,08	
<0,04 μm	0,00	0,00	

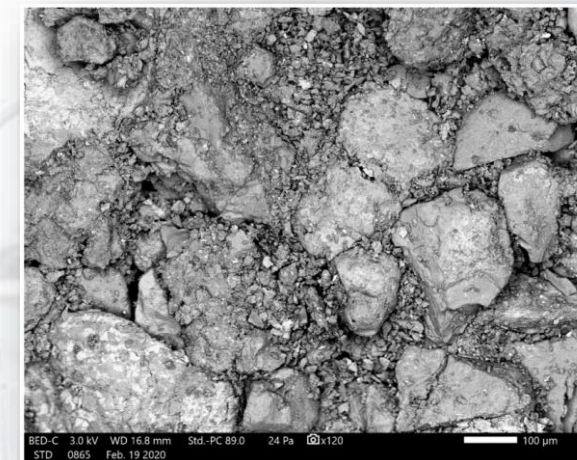


	Frakciók	térfogat % **
KAVICS	> 2000 μm	0,00
HOMOK	63-2000 μm	93,55
ALEURIT	4-63 μm	4,98
AGYAG	< 4 μm	1,47
		100,00

XRD & SEM analízis

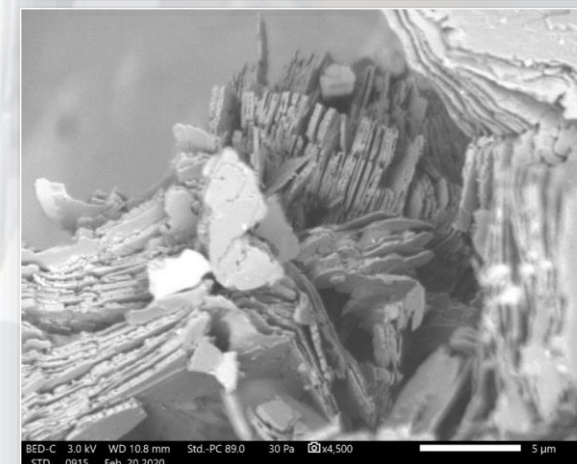
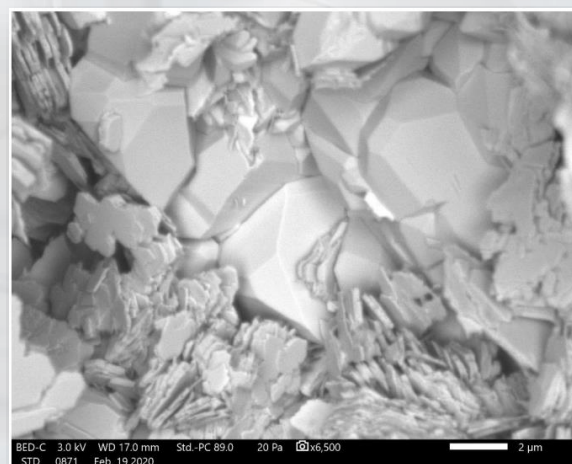


1. ábra. Az SZSZT IX fűrőmagminták XRD felvétele.



A minta összetétele (félkvantitatív) a következő:

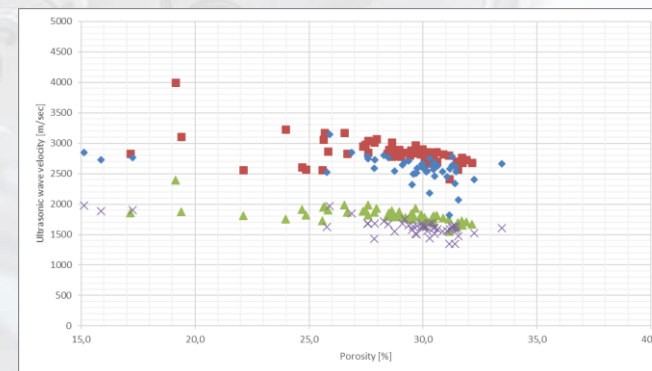
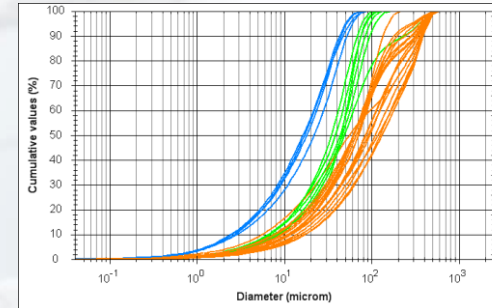
- kvarc: 60,0%
- dolomit: 11,3%
- plagioklász (An16): 16,4%
- illit/szmektit: 0,1 %
- kaolinit: 5,2%
- klorit: 4,7%
- kalcit: 2,3%



Kőzetfizikai, kőzetmechanikai vizsgálatok

Kőzetfizikai magvizsgálatok

- Mintakialakítás
- Porozitás mérés
- Gázos permeabilitás mérés
- Vizes permeabilitás mérés
- Elektromos ellenállás mérés
- Pórusméret eloszlás mérések
- Ultrahang terjedési sebesség mérés



SZSZT-IX

Samples from 2 layer:

- cylindrical: 49 pc (31+18)
- debris: 64 pc
- special geom. (for frac. cond. meas.): 1 pair (damaged)

Measurements from debris

Hg-porosimetry	10+5 pc (RS)
Grain size analysis	35+45 pc (RS)
Petrography (thin section) (Mecsekérc Zrt.)	15 pc
SEM (PTE)	4 pc
XRD (PTE, MTA CsFk on behalf of the Mecsekérc Zrt.)	4+4 pc



Measurements and results (sandstone samples)										
Petrophysical properties	Layer 1					Layer 2				
	Count	Statistics				Count	Statistics			
		Average	Standard dev.	Mode 1	Mode 2		Average	Standard dev.	Mode 1	Mode 2
He-porosity [%]	26	34.2088	2.13	36.00	-	18	33.5978	1.01145	34.5	-
He-permeability [mD]	26	888.95	415.85	900	100	18	752.072	253.523	750	-
P wave velocity [m/s]	26	2538.08	253.7	2500	-	18	2637.35	112.565	2600	-

SZT-1

Measurements from debris	
Hg-porosimetry	6 pc
Grain size analysis	74 pc

Samples from 2 layer:

- cylindrical: 74 pc (13+61)
- debris: 80 pc
- special geom. (for frac. cond. meas.): 3 pair



Measurements and results (sandstone samples)										
Petrophysical properties	Layer 1					Layer 2				
	Count	Statistics				Count	Statistics			
		Average	Standard dev.	Mode 1	Mode 2		Average	Standard dev.	Mode 1	Mode 2
He-porosity [%]	13	31.6638	8.00495	35	-	50	32.12	1.85	33	29
He-permeability [mD]	13	988.093	463.735	1150	-	50	944.071	753.544	550	1550
P wave velocity [m/s]	13	2962	649.804	2575	-	50	2882.02	140.508	2833.33	-
Water permeability [mD]	2	405.59	223.95	-	-	5	436.72	498.72	-	-
Formation Factor	2	13	1.82	-	-	4	14.57	4.14	-	-

Mesterséges mintatestek - MMDR

Samples:

- cylindrical: 155 pc
- debris: 5 pc
- special geom. (for frac. cond. meas.): 10 pair



Measurements and results					
Petrophysical properties	Count	Statistics			
		Average	Standard dev.	Mode 1	Mode 2
He-porosity [%]	155	28.0118	0.823737	27.5	-
He-permeability [mD]	102	51.9347	18.9608	42.86	-
P wave velocity [m/s]	102	1566.88	38.8963	1550	-
Water permeability [mD]	5	11.05	3.17	-	-

Measurements from debris	
Hg-porosimetry	5 pc
Grain size analysis	32 pc

Mesterséges mintatestek - MMF

Samples:

- cylindrical: 156 pc
- debris: 5 pc
- special geom. (for frac. cond. meas.): 10,5 pair



Measurements and results					
Petrophysical properties	Count	Statistics			
		Average	Standard dev.	Mode 1	Mode 2
He-porosity [%]	90	32.44	0.97	31.71	-
He-permeability [mD]	80	62.28	17.72	53.57	-
P wave velocity [m/s]	90	1562,11	103,83	1595,71	-

Measurements from debris

Hg-porosimetry	5 pc
Grain size analysis	33 pc

Mesterséges mintatestek SZSZT-IX

Samples:

- cylindrical: 16 pc
- debris: 3 pc
- special geom. (for frac. cond. meas.): 8 pair



Measurements and results					
Petrophysical properties	Count	Statistics			
		Average	Standard dev.	Mode 1	Mode 2
He-porosity [%]	16	25.23	0.39	25.25	-
He-permeability [mD]	16	4.99	1.07	4.40	6
P wave velocity [m/s]	16	2404.47	45.68	2400	-
Water permeability [mD]	16	0.97	0.16	1.07	-
Formation Factor	16	21.57	7.49	20	-

Measurements from debris

Hg-porosimetry	3 pc
Grain size analysis	16 pc

Mesterséges mintatestek SZT-1

Samples:

- cylindrical: 38 pc
- debris: 6 pc
- special geom. (for frac. cond. meas.): 4 pair
- passed to Rock Study Ltd for mechanical properties: 25 pc



Measurements and results					
Petrophysical properties	Count	Statistics			
		Average	Standard dev.	Mode 1	Mode 2
He-porosity [%]	38	24.2782	0.596027	24	26
He-permeability [mD]	13	3.91245	1.03868	3.5	-
P wave velocity [m/s]	13	2383.82	199.081	2575	-
Water permeability [mD]	8	0.83	0.3	0.625	-
Formation Factor	8	22.78	2.76	19.25	25.5

Measurements from debris	
Hg-porosimetry	6 pc
Grain size analysis	13 pc

Mesterséges minták

GEOCHEM Földtani és Környezetvédelmi Kutató, Tanácsadó és Szolgáltató Kft. ISO 9001, ISO 14001

MMF

MŰSZAKI ADATLAP
mesterséges mintatest kalcitos kötőanyaggal

ALAPADATOK
 Mintatest alapja (n=99) Oszályozott homok (OH 0,1-0,4 mm)
 Mintatest mérete (n=75) Átmérő (1,5") 36,22 ± 0,68 mm
 Hossz 57,70 ± 4,80 mm
 Térfogat 59,50 ± 5,58 cm³

SZEMCSEMÉRET (n=99)

500-1000 µm	0,43 ± 0,08 v/v%	X _{av}	163,15 ± 10,73 µm
250-500 µm	13,74 ± 2,50 v/v%	X ₅₀	75,50 ± 5,94 µm
125-250 µm	46,21 ± 2,94 v/v%	X ₉₀	141,82 ± 9,34 µm
63-125 µm	33,16 ± 4,14 v/v%	X ₉₅	286,25 ± 21,06 µm
4-63 µm	5,00 ± 1,24 v/v%	modus	112 µm
< 4 µm	1,47 ± 0,12 v/v%		

SZEMCSEALAK (n=69)

ISO Roundness 0,622 ± 0,008
 O. Bluntness 0,824 ± 0,007
 ISO Circularity 0,837 ± 0,005
 ISO Aspectratio 0,688 ± 0,007

KÖZTIFIZIKAI TULAJDONSÁGOK

Vázsűrűség (n=75) 2,667 ± 0,006 g/cm³
 Fajlagos sűrűség (Bulk sűrűség) (n=75) 1,798 ± 0,028 g/cm³
 He-porozitás (n=75) 32,60 ± 1,07 %
 Gázpermeabilitás (n=64)
 He-permeabilitás (400 psi, 27 bar) 64,2 ± 16,80 mD
 Akusztikus hullámterjedési sebesség (400 psi, 27 bar)
 p-hullám terjedési sebesség (kompressziós) (n=75) 1572 ± 75 m/s
 s-hullám terjedési sebesség (nyíró) (n=75) 1034 ± 67 m/s

ÁSVÁNYTANI ÖSSZETÉTEL (n=5)

Kvarc 97,4-97,8 %
 Kalcit 2,2-2,6 %

5. ábra: Jellemző pórustorokméret eloszlás

3. ábra: Szemcseméret-eloszlás

4. ábra: Sűrűség és porózitás heterogenitási vizsgálata CT-vel

2. ábra: SEMF mesterséges mintatest

1. ábra: A szemcsék gömbölyűsége (ISO Roundness) és görgetetősége (O. Bluntness)

A fenti adatok tájékoztató/bemutató jellegűek, egy adott mintacsoportra és recepturára vonatkoznak.
 A fenti termék minimális rendelési száma: 50 db
 Minden minta esetén átadásra kerül a mintatestre mért He-porozitás és gázpermeabilitás jegyzőkönyv.
 Ár: 100 EUR/minta, szállítás 50 minta esetén a megrendeléstől számított két hónap.
 Új termék előállítása előzetes egyeztetés alapján, K+F fejlesztési szerződés keretében történhet.

7761 Kozármisleny, Viola u. 55. fsz. 1. 7673 Kővágószőlős, Hrsz.: 0222/35 +36 72/564 892
 geochem@geochem-td.eu www.geochem-td.eu

GEOCHEM Földtani és Környezetvédelmi Kutató, Tanácsadó és Szolgáltató Kft. ISO 9001, ISO 14001

MMDR

MŰSZAKI ADATLAP
mesterséges mintatest kalcitos kötőanyaggal

ALAPADATOK
 Mintatest alapja (n=100) Oszályozott homok (OH 0-1 mm)
 Mintatest mérete (n=80) Átmérő (1,5") 35,98 ± 0,44 mm
 Hossz 64,81 ± 1,18 mm
 Térfogat 65,91 ± 2,16 cm³

SZEMCSEMÉRET (n=100)

500-1000 µm	2,86 ± 0,07 v/v%	X _{av}	289,20 ± 2,83 µm
250-500 µm	62,26 ± 1,12 v/v%	X ₅₀	82,23 ± 3,47 µm
125-250 µm	20,39 ± 1,02 v/v%	X ₉₀	302,01 ± 3,51 µm
63-125 µm	6,88 ± 0,29 v/v%	X ₉₅	455,85 ± 1,40 µm
4-63 µm	6,56 ± 0,32 v/v%	modus	300 µm
< 4 µm	1,07 ± 0,05 v/v%		

SZEMCSEALAK (n=100)

ISO Roundness 0,635 ± 0,008
 O. Bluntness 0,754 ± 0,008
 ISO Circularity 0,844 ± 0,004
 ISO Aspectratio 0,700 ± 0,007

KÖZTIFIZIKAI TULAJDONSÁGOK

Vázsűrűség (n=80) 2,689 ± 0,008 g/cm³
 Fajlagos sűrűség (Bulk sűrűség) (n=80) 1,924 ± 0,017 g/cm³
 He-porozitás (n=80) 28,44 ± 0,60 %
 Gázpermeabilitás (n=80)
 He-permeabilitás (400 psi, 27 bar) 49,7 ± 11,6 mD
 Vízpermeabilitás (n=5)
 Vízpermeabilitás 1. (725 psi, 50 bar) 15,8 ± 4,5 mD
 Vízpermeabilitás 2. (1450 psi, 100 bar) 13,7 ± 4,0 mD
 Vízpermeabilitás 3. (2176 psi, 150 bar) 12,4 ± 3,5 mD
 Vízpermeabilitás 4. (2901 psi, 200 bar) 11,1 ± 3,2 mD
 Vízpermeabilitás 5. (3626 psi, 250 bar) 9,9 ± 2,8 mD
 Akusztikus hullámterjedési sebesség (400 psi, 27 bar)
 p-hullám terjedési sebesség (kompressziós) (n=80) 1559 ± 26 m/s
 s-hullám terjedési sebesség (nyíró) (n=80) 1034 ± 40 m/s

ÁSVÁNYTANI ÖSSZETÉTEL (n=4)

Kvarc 75,0-91,0 %
 Földpát (albit) 5,5-12,5 %
 Muszkovit 0,6-5,7 %
 Kaolinit 0,5-4,6 %
 Kalcit 0,6-3,2 %
 Klorit 0,5-4,1 %

2. ábra: Vízpermeabilitás

3. ábra: Sűrűség és porózitás heterogenitási vizsgálata CT-vel

4. ábra: Szemcseméret-eloszlás

1. ábra: SEMDR mesterséges mintatest

2. ábra: A szemcsék gömbölyűsége (ISO Roundness) és görgetetősége (O. Bluntness)

A fenti adatok tájékoztató/bemutató jellegűek, egy adott mintacsoportra és recepturára vonatkoznak.
 A fenti termék minimális rendelési száma: 50 db
 Minden minta esetén átadásra kerül a mintatestre mért He-porozitás és gázpermeabilitás jegyzőkönyv.
 Ár: 100 EUR/minta, szállítás 50 minta esetén a megrendeléstől számított két hónap.
 Új termék előállítása előzetes egyeztetés alapján, K+F fejlesztési szerződés keretében történhet.

7761 Kozármisleny, Viola u. 55. fsz. 1. 7673 Kővágószőlős, Hrsz.: 0222/35 +36 72/564 892
 geochem@geochem-td.eu www.geochem-td.eu

Kőzetmechanikai vizsgálatok – SZSZT-IX

Brasil test n=21

	Volume of specimen (cm ³)	Bulk density (kg/m ³)	Breaking load (kN)	Brasil tensile strength (MPa)
MIN	38,01	1836,29	0,18	0,08
MAX	43,43	2254,55	5,99	2,63
Mean	41,07	1975,55	1,69	0,75
Std. Deviation	1,41	130,96	1,99	0,87

Dilatational resonance frequency
N=30

	Dilatational resonance frequency (Hz)	Dilatational vibrating velocity (m/s)	Dynamic Young's modulus (GPa)	Arbitrary Poisson ratio (-)	Dynamic shear modulus (GPa)	Temperature (°C)
MIN	2955,26	567,51	0,63	0,33	0,24	18,70
MAX	10855,42	2661,10	13,15	0,33	4,94	24,50
Mean	5401,74	1095,00	2,79	0,33	1,05	20,10
Std. Deviation	2047,79	524,84	3,15	0,00	1,19	1,25

Kőzetmechanikai vizsgálatok – SZSZT-IX

Multiple Failure State
- or “Kovári”-method
n=12

	Characteristic parameters of uploading failure envelope under the Mohr-Coulomb failure criterion			Characteristic parameters of uploading failure envelope under the Hoek-Brown failure criterion				Characteristic parameters of uploading failure envelope under the Hoek-Brown failure criterion	
	Cohesion (MPa)	Internal friction angle (°)	Backcalculated UCS (MPa)	m_i (-)	Backcalculated UCS (MPa)	Cohesion (MPa)	Internal friction angle (°)	Cohesion (MPa)	Internal friction angle (°)
MIN	3,06	16,42	9,62	3,48	2,07	4,29	18,05	3,36	23,90
MAX	6,65	29,42	22,77	49,99	12,70	7,18	29,14	4,22	34,25
Mean	4,76	22,10	14,17	15,36	7,33	4,87	22,21	3,82	25,90
Std. Deviation	0,98	3,82	3,20	13,58	3,26	0,77	3,00	0,26	2,77

Methodological development of MFS (Kovári-) measurement is paralelly in progress

Uniaxial compressive Strength test
n=10

	Volume of specimen (cm ³)	Bulk density (kg/m ³)	Breaking load (kN)	Uniaxial compressive strength (MPa)	Young-modulus (GPa)	Poisson-number (-)
MIN	324,67	1771,70	10,67	3,51	0,61	2,47
MAX	389,33	2305,76	72,97	25,20	38,17	12,11
Mean	356,03	1917,48	25,22	8,53	4,50	6,05
Std. Deviation	18,37	141,77	15,86	5,39	8,67	3,11

Uniaxial Compressive Strength test
coupled with cyclical hysteresis
measurement
n=8

Kőzetmechanikai vizsgálatok – SZT-1

Brasil test n=24

	Volume (cm ³)	Bulk density (kg/m ³)	Breaking load (kN)	Brasil tensile strength (MPa)
MIN	161,69	1793,52	0,24	0,04
MAX	210,95	2526,71	20,75	3,49
Mean	183,43	2271,85	4,27	0,72
Std. Deviation	10,68	199,52	5,07	0,86

Dilatational resonance frequency
N=47

	Dilatational resonance frequency (Hz)	Dilatational vibrating velocity (m/s)	Dynamic Young's modulus (GPa)	Arbitrary Poisson ratio (-)	Dynamic shear modulus (GPa)	Temperature (°C)
MIN	1055,39	236,77	0,14	0,33	0,05	19,00
MAX	10654,72	2593,15	12,82	0,33	4,82	22,80
Mean	4299,26	883,45	2,19	0,33	0,84	21,28
Std. Deviation	2213,38	466,54	2,45	0,00	0,92	0,74

Kőzetmechanikai vizsgálatok – SZT-1

Multiple Failure State
- or “Kovari”-method
n=23

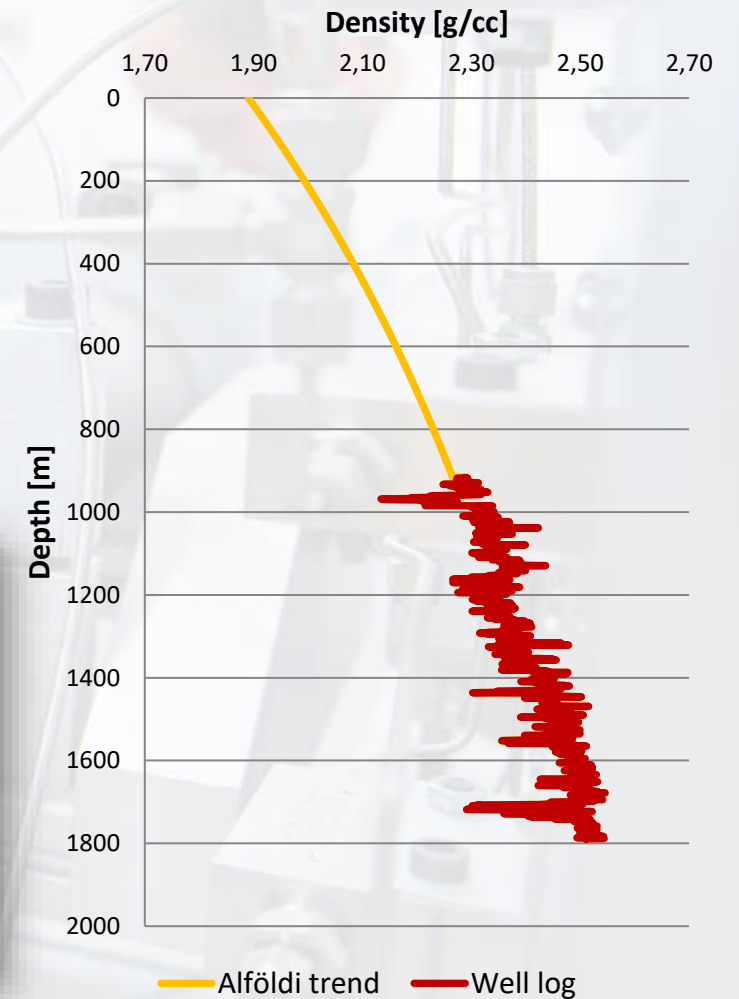
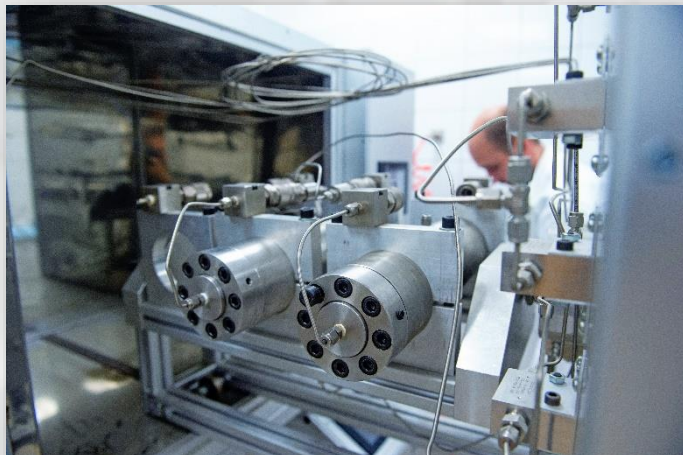
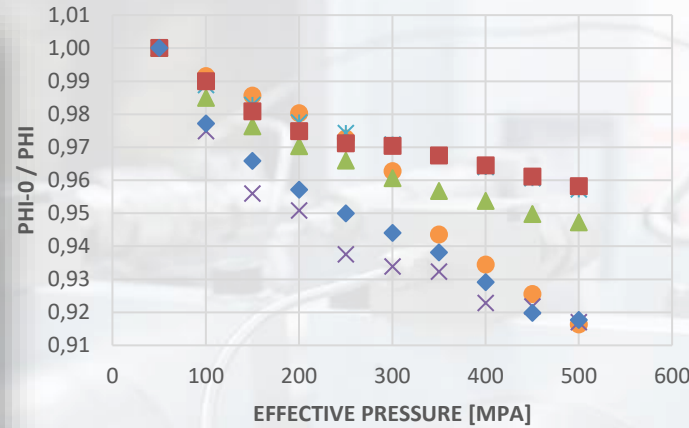
	Characteristic parameters of uploading failure envelope under the Mohr-Coulomb failure criterion			Characteristic parameters of uploading failure envelope under the Hoek-Brown failure criterion				Characteristic parameters of uploading failure envelope under the Hoek-Brown failure criterion	
	Cohesion (MPa)	Internal friction angle (°)	Backcalculated UCS (MPa)	m_i (-)	Backcalculated UCS (MPa)	Cohesion (MPa)	Internal friction angle (°)	Cohesion (MPa)	Internal friction angle (°)
MIN	2,42	26,79	7,85	7,78	3,58	2,36	27,38	0,68	14,78
MAX	16,07	42,52	70,70	35,90	44,61	12,14	43,95	5,06	45,25
Mean	8,90	31,98	33,09	14,53	23,41	7,89	33,10	3,64	32,17
Std. Deviation	4,38	3,79	17,92	7,04	13,64	3,32	4,30	0,80	6,07

Uniaxial compressive Strength test
n=14

	Volume (cm ³)	Bulk density (kg/m ³)	Breaking load (kN)	Uniaxial Compressive Strength (MPa)	Young's modulus (GPa)	Poisson's number (-)
MIN	308,42	1786,65	6,82	2,29	0,39	2,14
MAX	391,94	2566,45	161,35	53,62	28,04	7,64
Avg.	350,57	2319,78	53,01	17,71	6,07	4,21
Std. Deviation	19,03	187,96	42,52	13,87	6,93	1,44

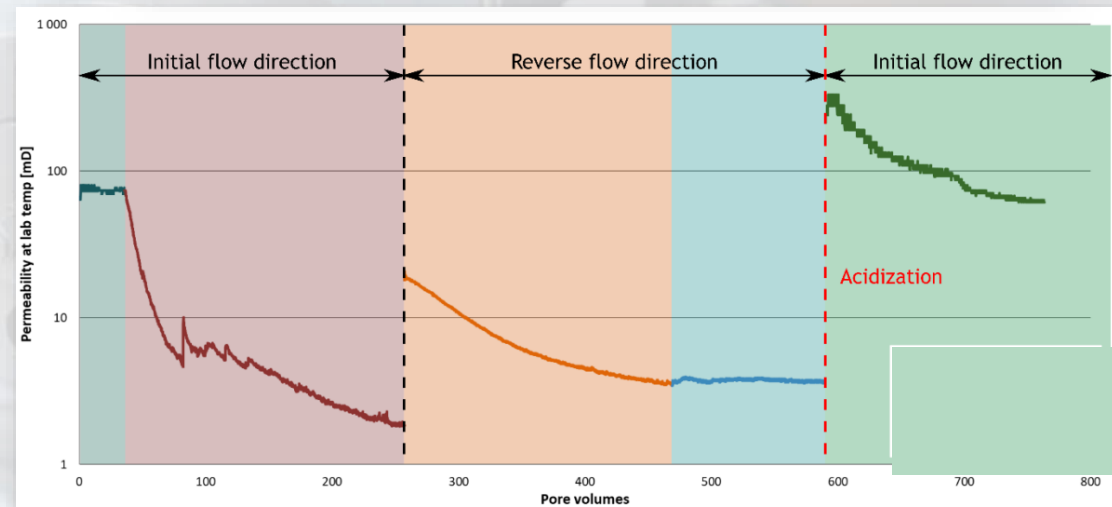
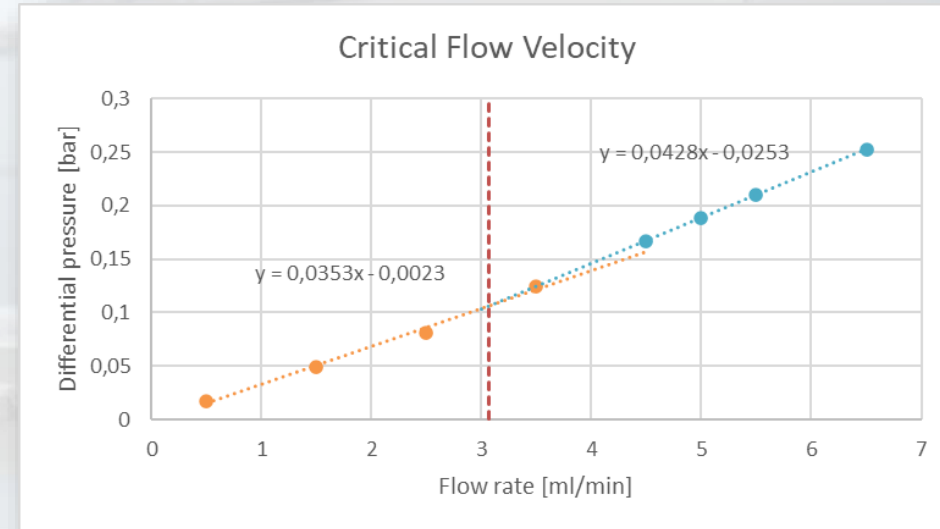
Uniaxial Compressive Strength test
coupled with cyclical hysteresis
measurement
n=11

Vizsgálati körülmények



Kúttechnológiai vizsgálatok

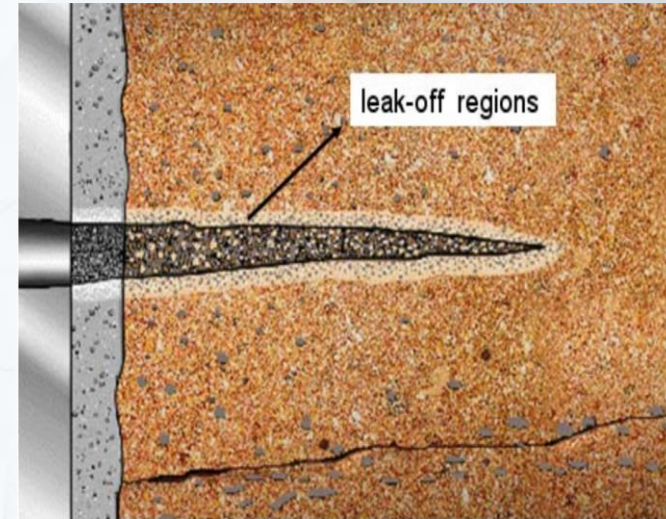
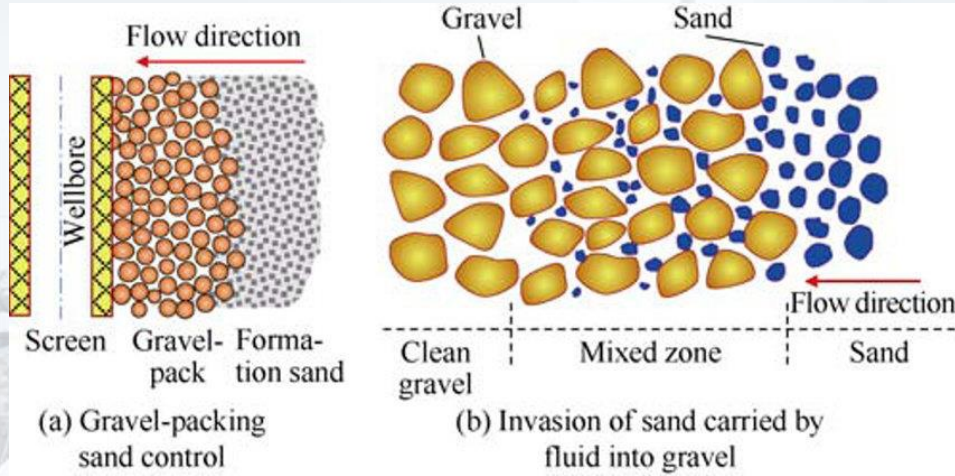
- Kritikus áramlási sebesség mérések
- Víz-kőzet kompatibilitás vizsgálatok
- Gélerasztásos kísérletek
- Savazásos kísérletek



Kitámasztó anyag vizsgálatok



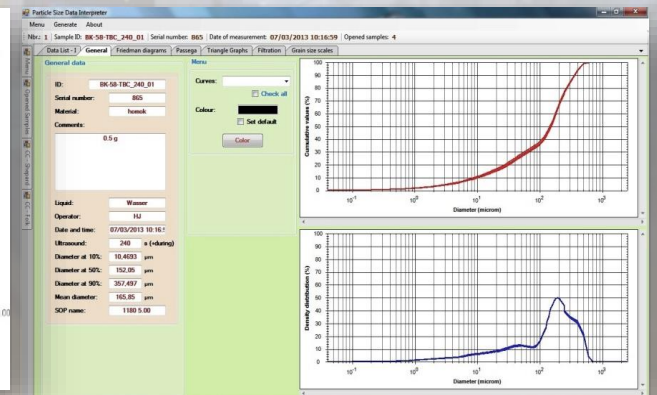
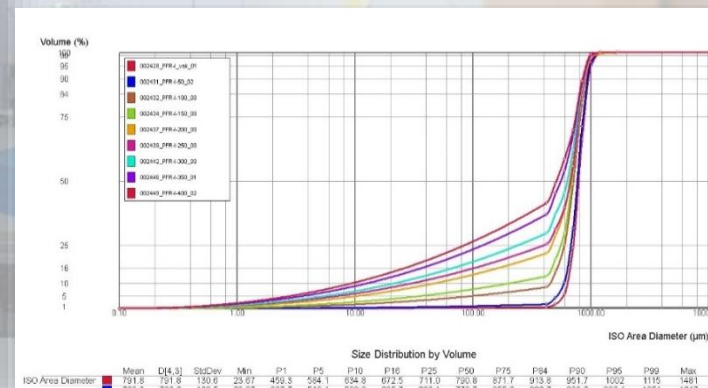
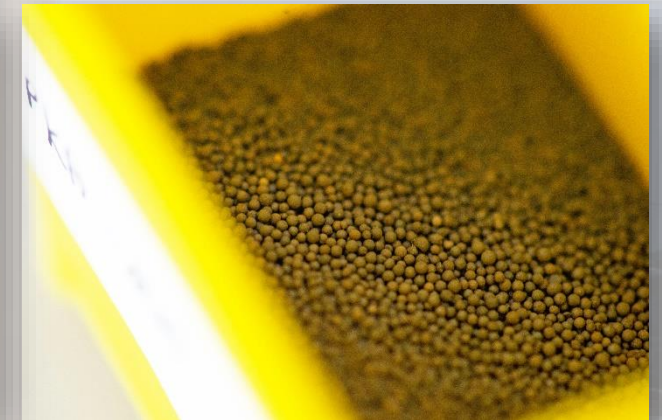
Kitámasztó anyag (proppant) vizsgálatok



Kitámasztó anyag vizsgálatok

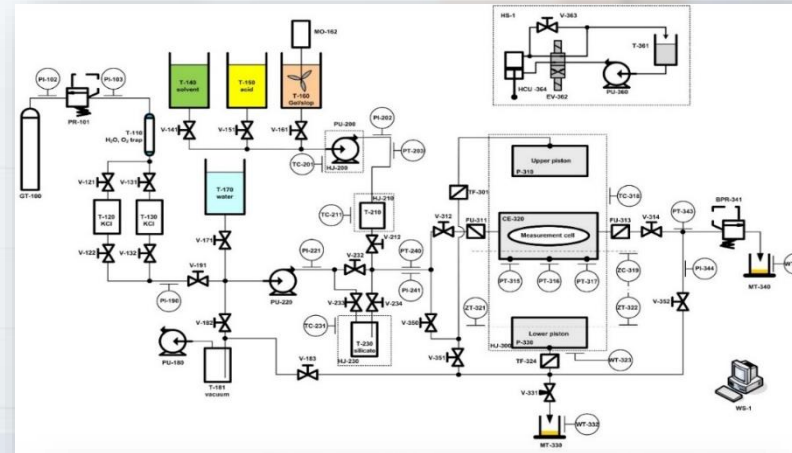
ISO 13503-2: Measurement of properties of proppants used in hydraulic fracturing and gravel-packing

- Szemcseméret
- Szemcsealak
- Vázsűrűség
- Térfogatsűrűség
- Szilárdság teszt



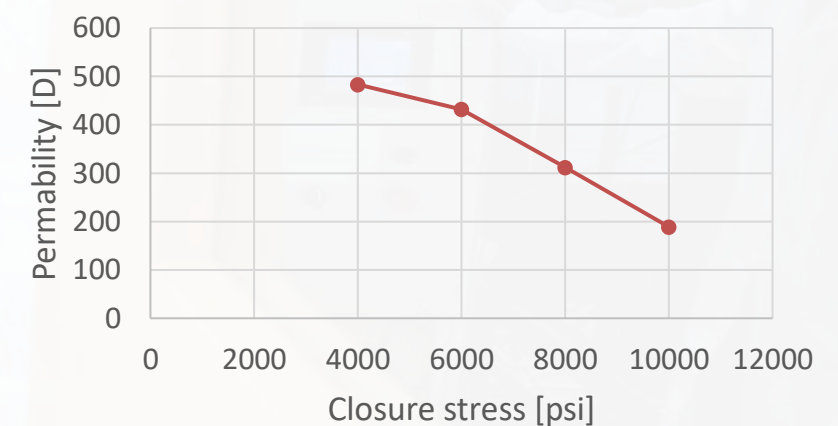
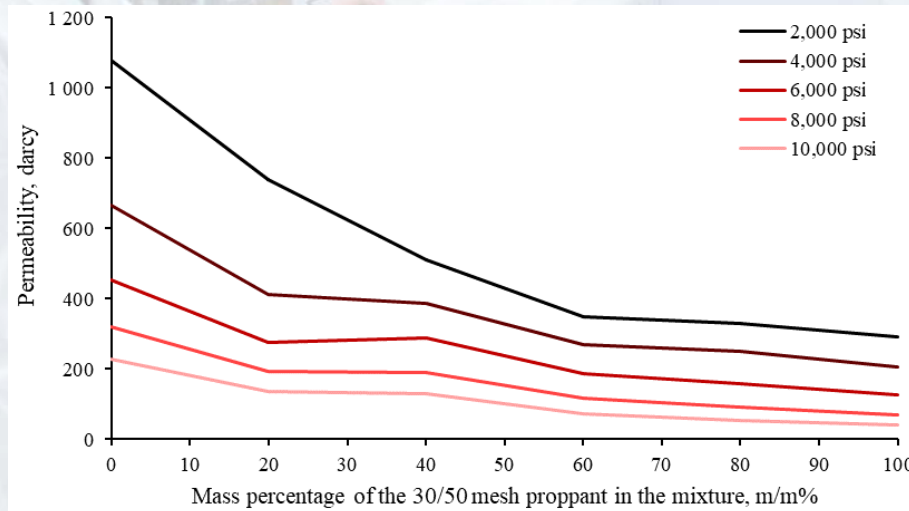
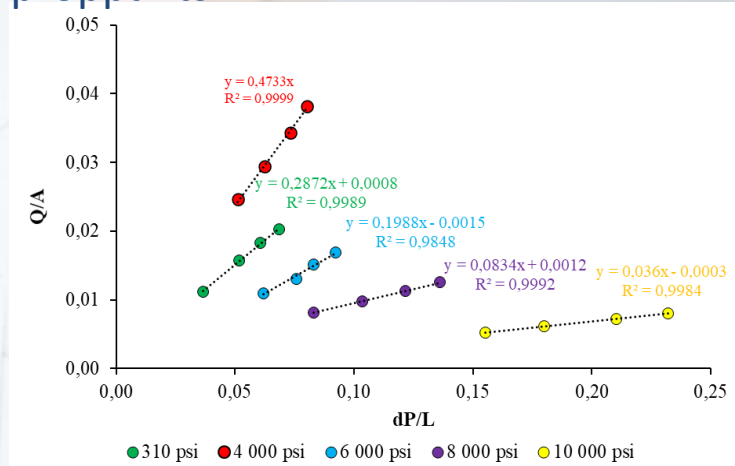
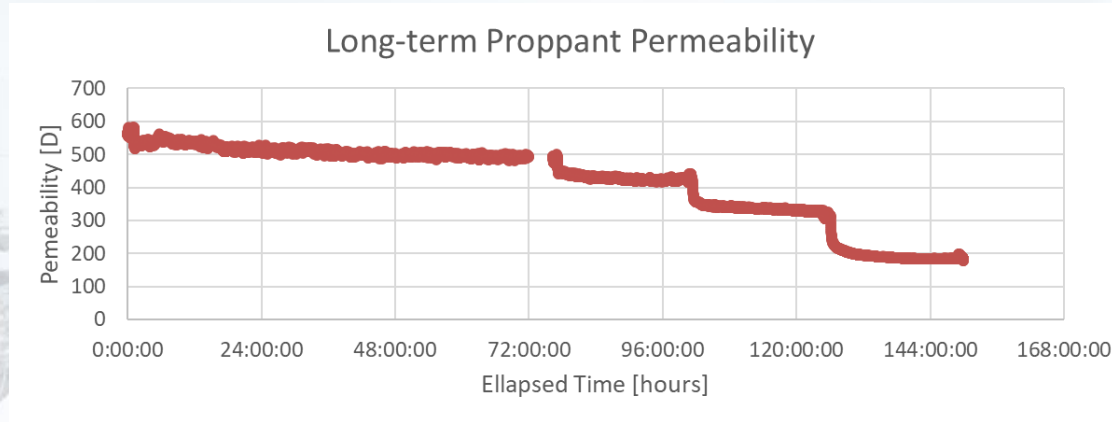
Kitámasztó anyag vizsgálatok

ISO 13503-5: Procedures for measuring the long-term conductivity of proppants



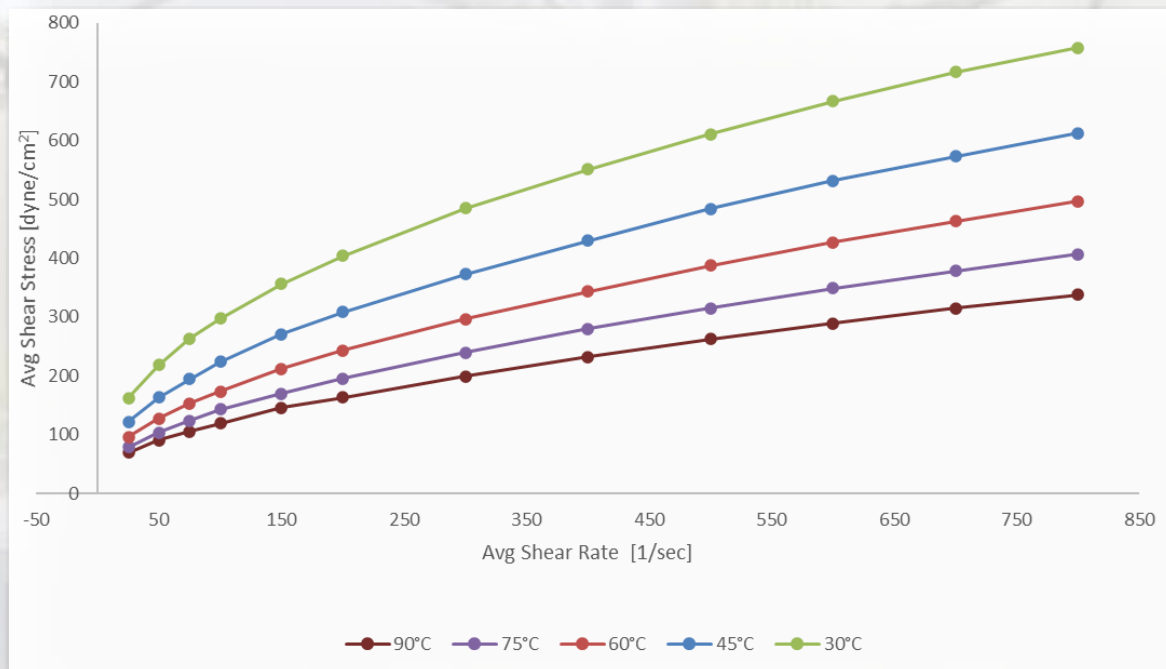
Kitámasztó anyag vizsgálatok

ISO 13503-5: Procedures for measuring the long-term conductivity of proppants



Folyadéktechnológiai vizsgálatok

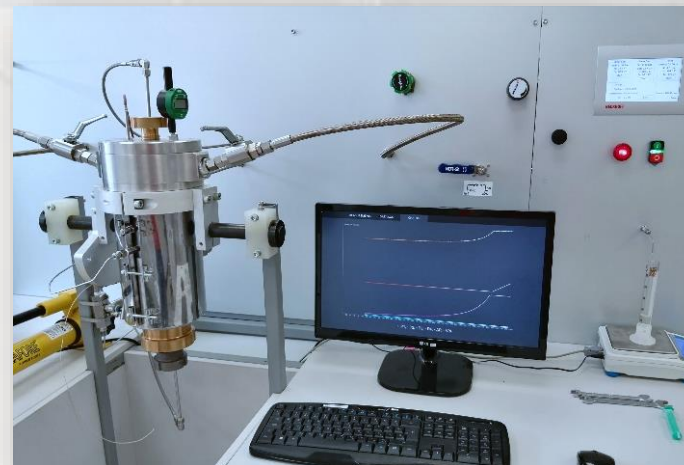
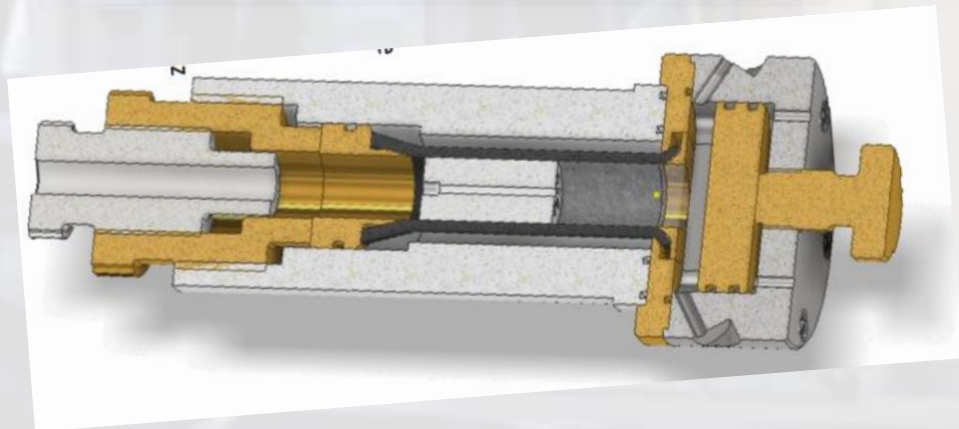
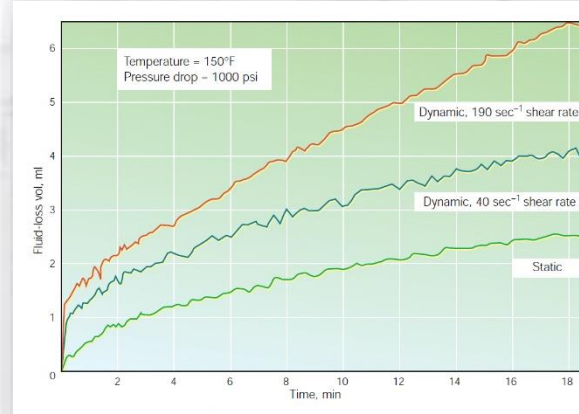
Folyadékreológiai vizsgálatok



T [°C]	K'	n'	τ	μ^* @170 s ⁻¹ [cP]
30	3,823	0,446	37,77	222
45	2,59	0,47	28,95	170
60	1,939	0,481	22,93	135
75	1,576	0,481	18,64	110
90	1,458	0,464	15,80	93

Dinamikus kiszűrődés vizsgálatok - Műszerfejlesztés

ISO 13503-6: Procedure for measuring leakoff of completion fluids under dynamic conditions



Köszönöm a figyelmet!

