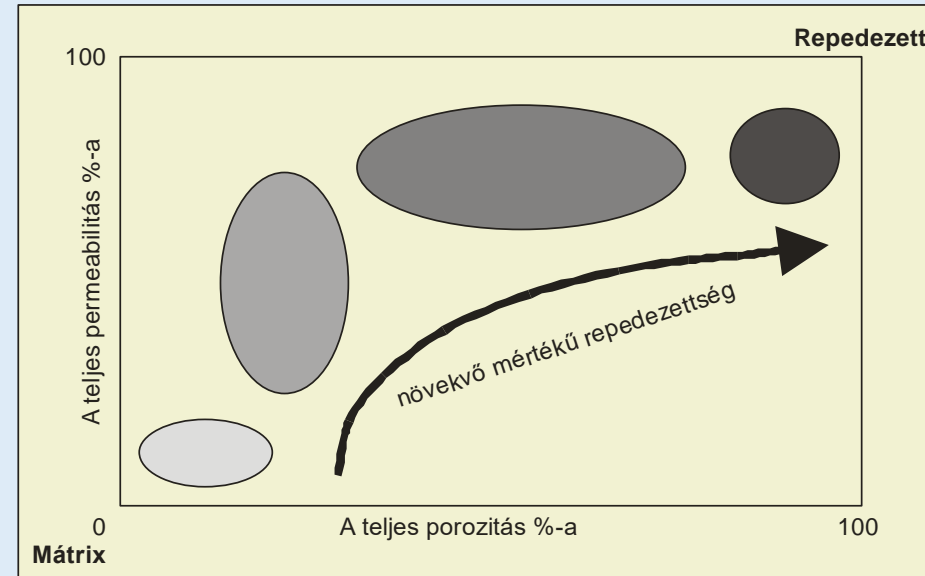


Repedezett fluidumtárolók hidrodinamikai értékelése – a kúthidraulikai és DFN modellek kapcsolt kiértékelésének lehetőségei

M. Tóth Tivadar
Szegei Tudományegyetem

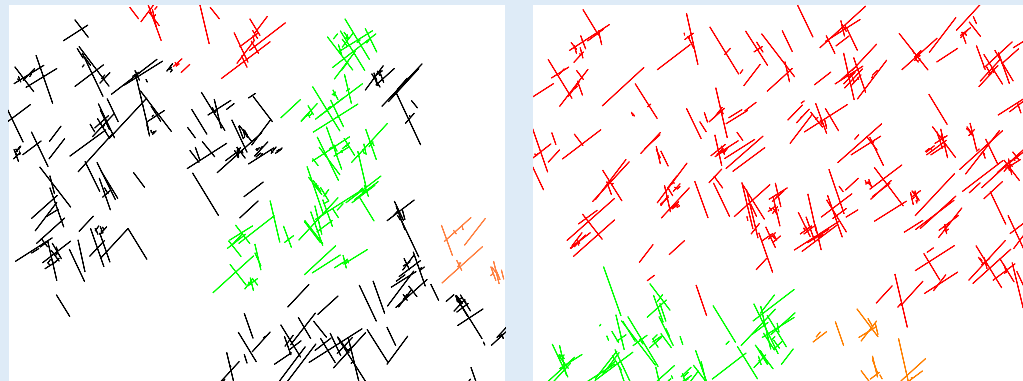
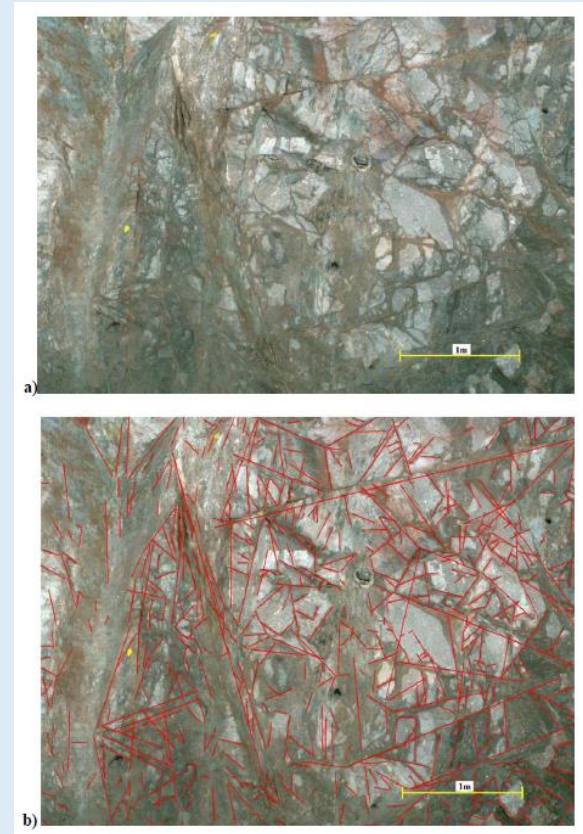


- Kis mátrix porozitás
- Migráció, fluidum tárolás a törések 3D hálózatán
- Szénhidrogén, geotermia, ivóvíz, (radioaktív) hulladéktárolás
- Repedezettség
 - szerkezetföldtani értelmezés
 - matematikai értelmezés
 - „mintázat”
- Hidrodinamikai viselkedés
 - Laborban nem mérhető
 - ← a REV (reprezentatív elemi térfogat) nagy
 - nagyságrendileg $10 \times 10 \times 10$ m
 - Hidraulikus vezetőképesség kútban mérhető



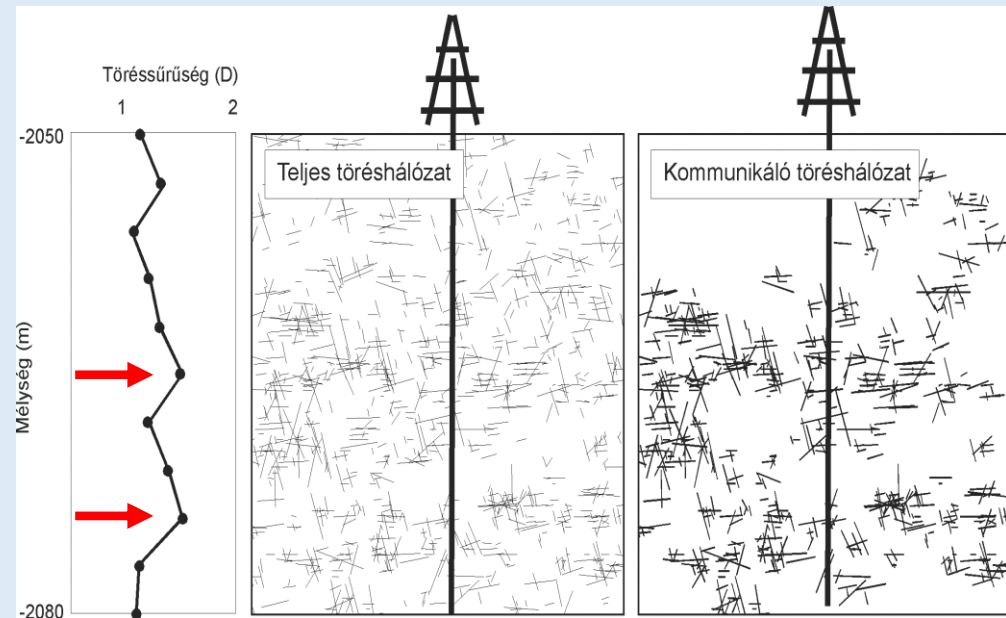
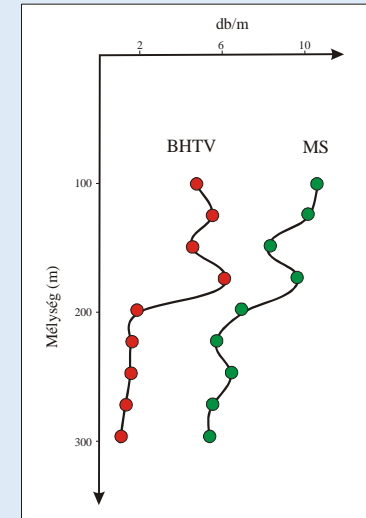
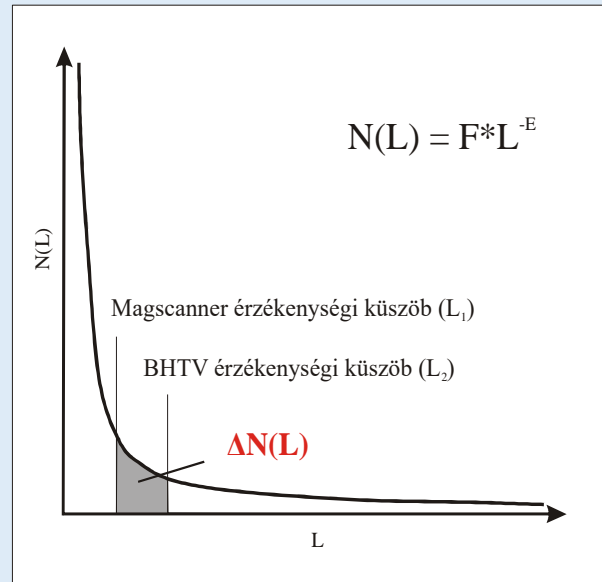


- Repedéshálózat, mint geometriai mintázat
- Mérhető geometriai paraméterek
 - Töréshosszúságok
 - hatványfüggvény eloszlás
 - Törésközéppontok térbeli sűrűsége
 - Fraktál dimenzió (D)
 - Törések orientációja
 - dőlés irány, dőlésszög
- Mindezekkel azonos tulajdonságú mintázat szimulálható
- Tetszőleges számú, azonosan valószínű realizáció
- → Pl. hálózat összefüggősége



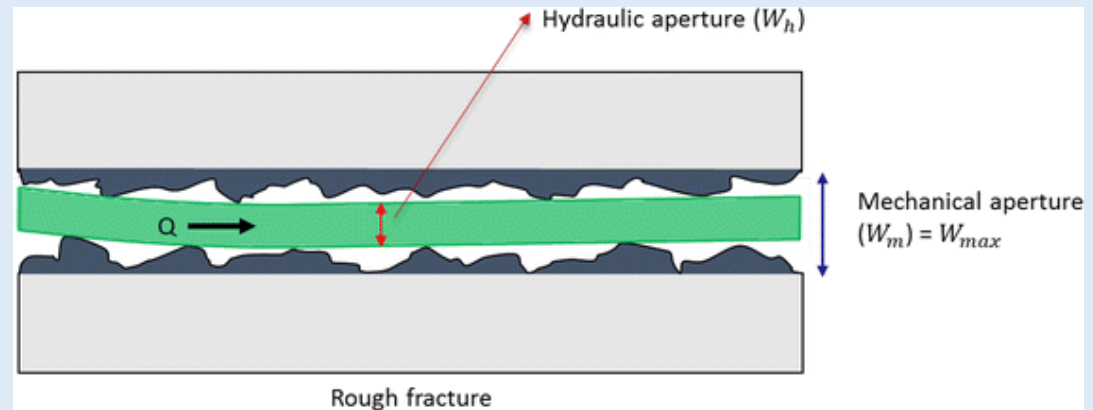


- Korábbiak szerint...
- Megfelelő lyukgeofizikai alapadok birtokában (pl. BHTV)
- Térbeli sűrűség (D)
 - Frakcionális Brown mozgás
- Méreteloszlás (E)
 - Két különböző érzékenyséű repedezettség log alapján
- Mélységhelyes
 - D -log
 - E -log
- Mélységhelyes törésmodell
- Tetszőleges számú azonosan valószínű realizáció
 - → Porozitás?
 - → Permeabilitás?





- Repedezett porozitás
- Repedezett permeabilitás
 - Anizotróp
 - Tenzor mennyiség
 - Belső permeabilitás
- → Minden egyes töréshez térfogatot kell rendelni
- → Törések nyitottsága
- → **Apertúra**
- Legegyszerűbb esetben minden egyedi törésre
- $a = A * L$, ahol
 - a az apertúra
 - L a törés hossza
 - A az apertúra koefficiens



Az apertúráról

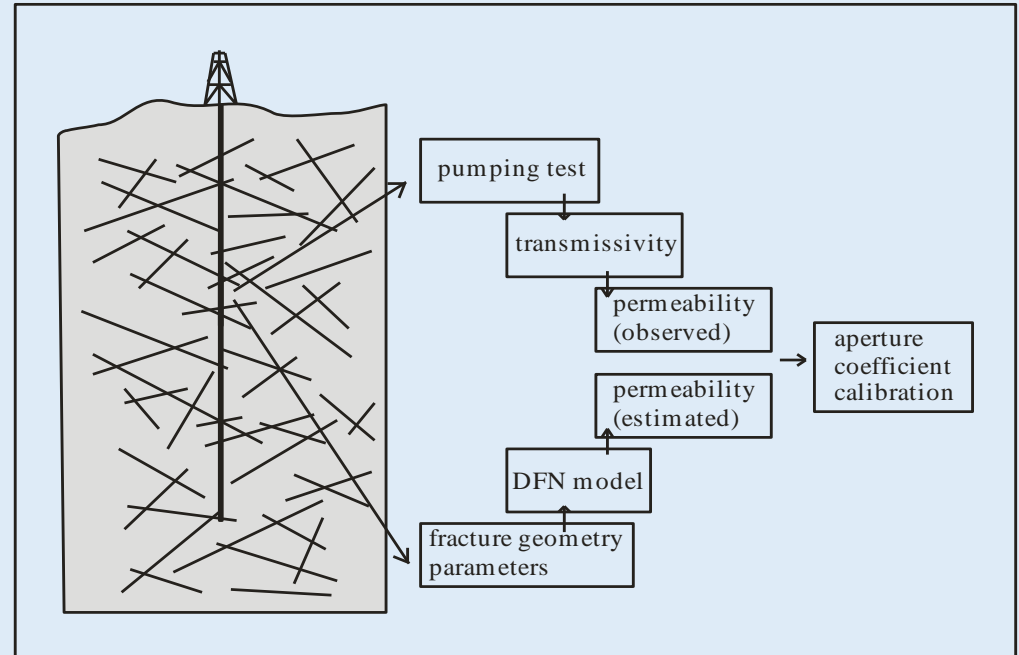


- $a = A * L$ – eddig oké
- De a törés
 - Záródik a mélységgel
 - A csökken
 - Záródik cementáció hatására
 - A csökken
 - Nyílik oldódás hatására
 - A nő (Cherchez la femme!)
 - Záródik/nyílik a recens feszültségtérben
 - A viselkedése irányfüggő
- Mindezek hatása komplexen érvényesül

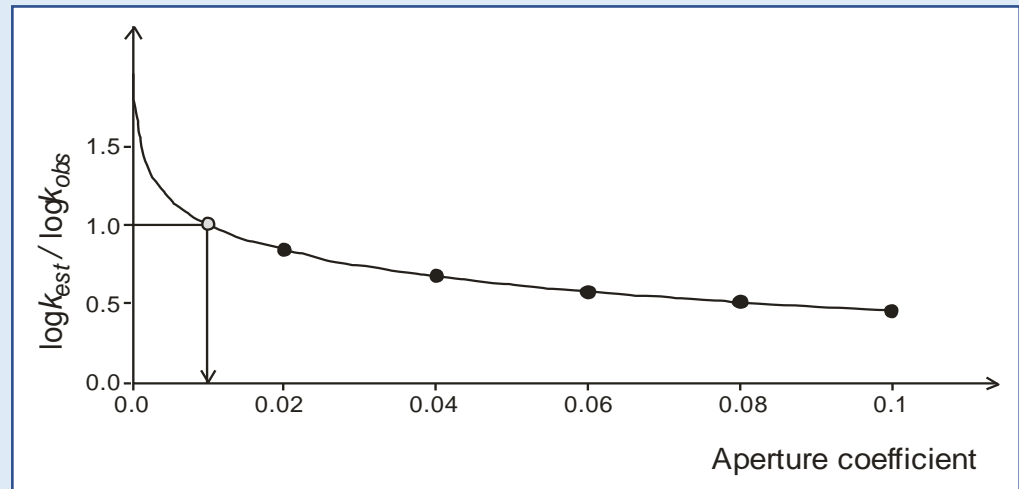




- Adott DFN modell esetében
 - bármely térfogatra,
 - bármely A apertúra koefficiensre
- számolható permeabilitás tenzor
- Kútteszt során mért hidraulikus vezetőképesség alapján számolható
 - → Transzmisszivitás
 - → Permeabilitás



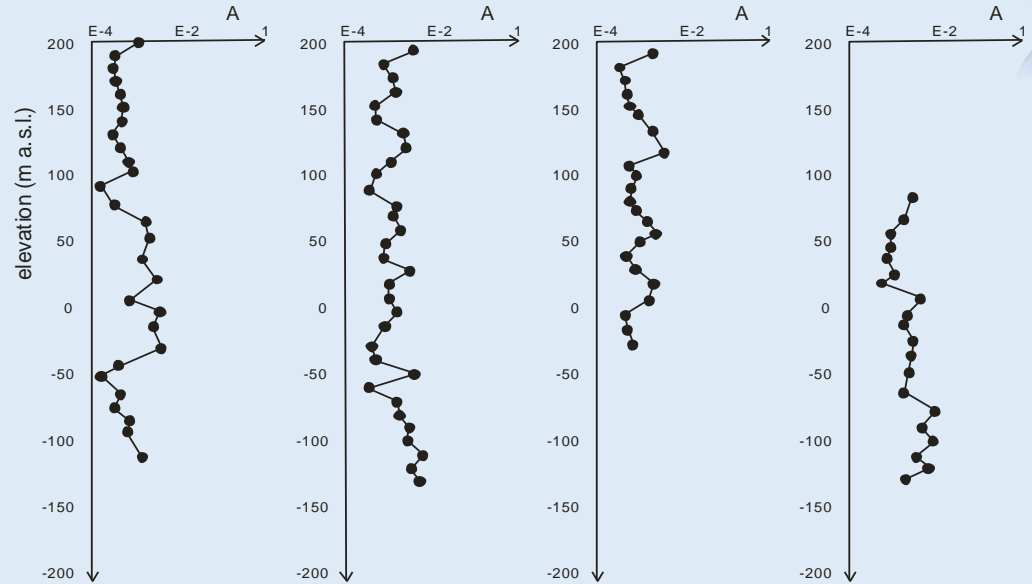
- Mért permeabilitás (kútteszt)
- Becsült permeabilitás (DFN)
- Keressük azt az A apertúra koefficienst, melyre
 - $\log k_{\text{obs}} = \log k_{\text{est}}$



Repedezett poro-perm diagramok

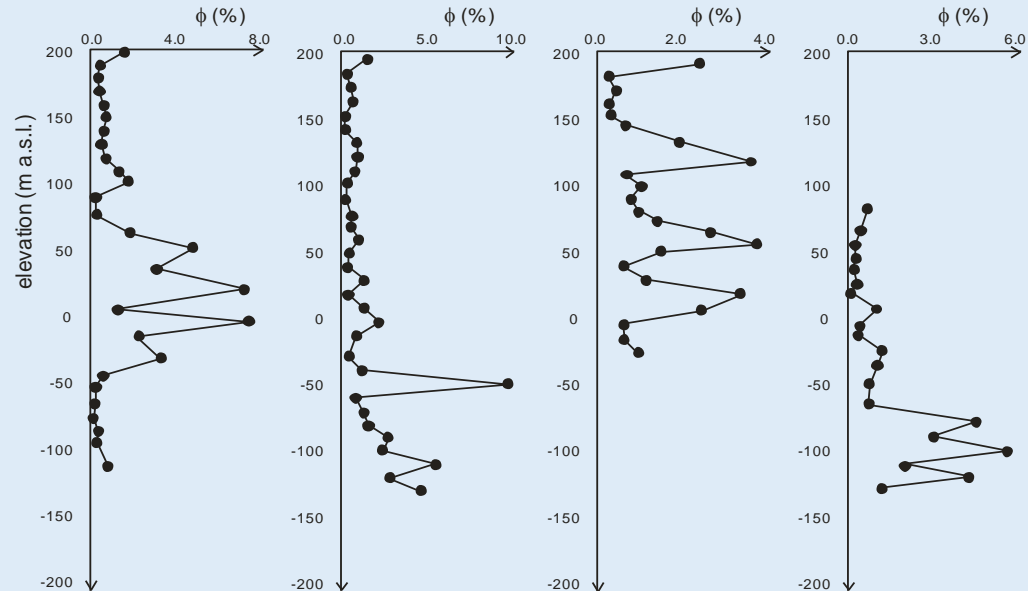


- Fúrás mentén A-log
 - Rendellenesen zárt, nyitott szakaszok
- A ismeretében adott intervallumra a repedezett porozitás számolható



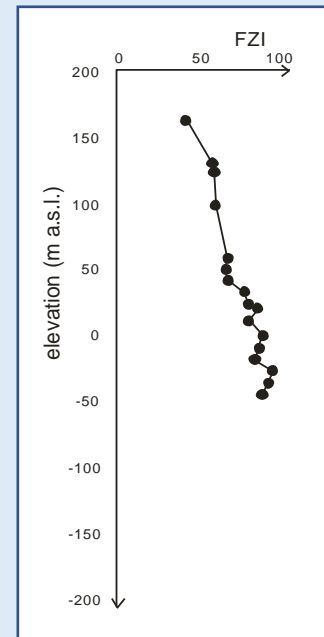
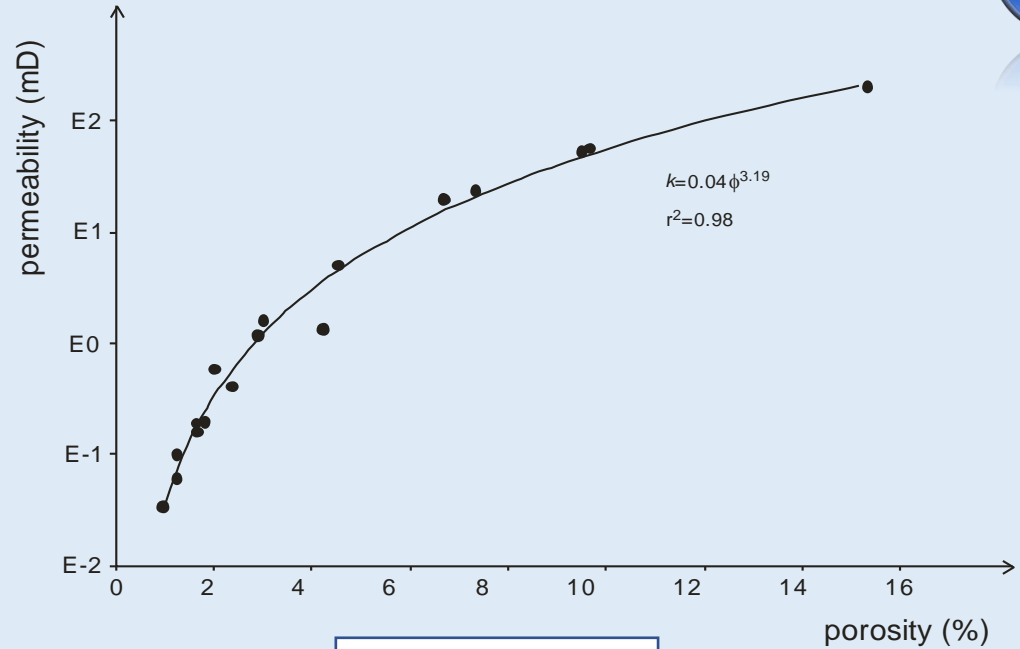
- $$\Phi = \frac{V_f}{V}$$

- → Fúrás mentén porozitás-log
- A számított porozitás és a mért permeabilitás összevetésével
- → Poro-perm diagramok



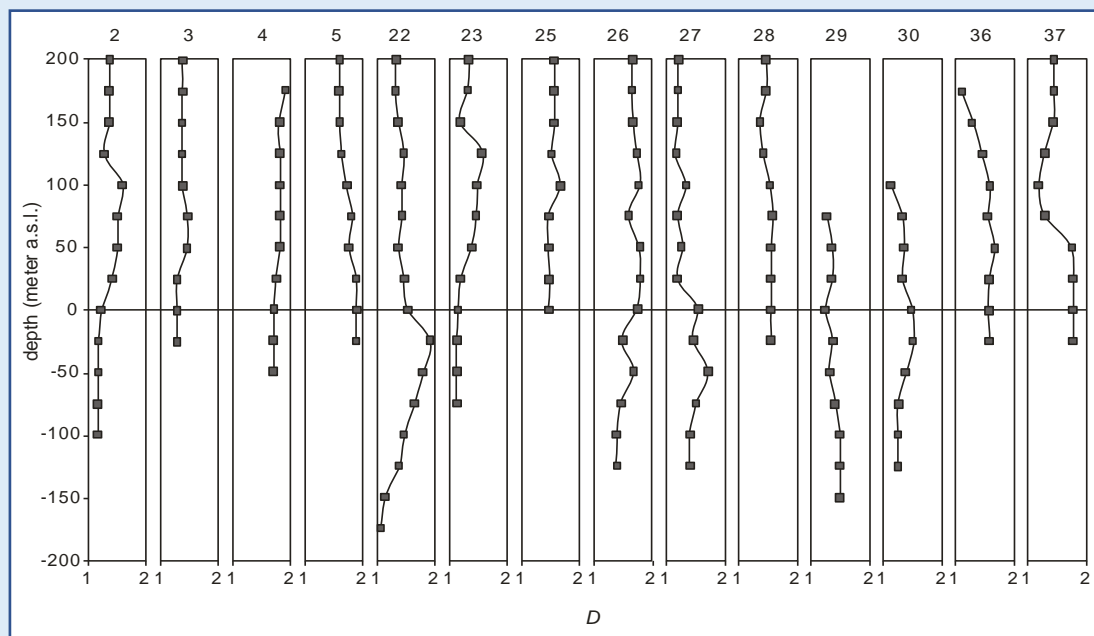
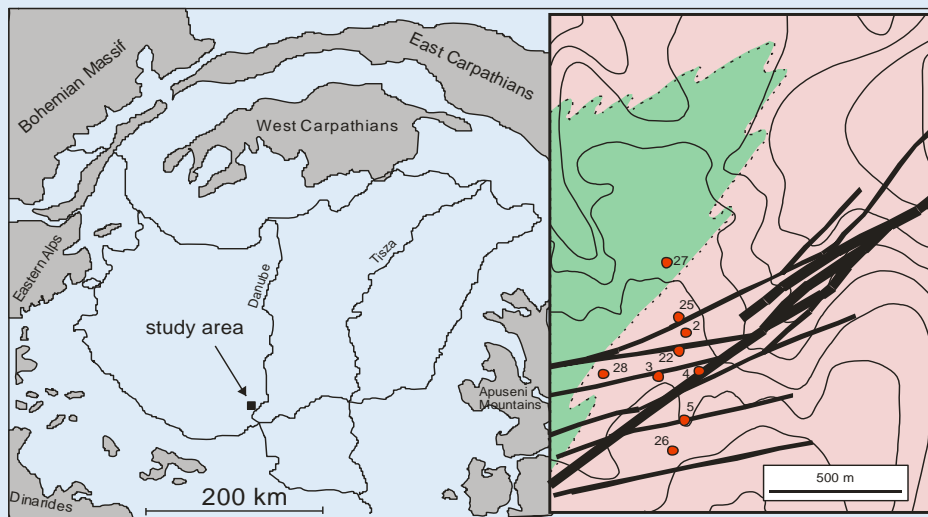


- A poro-perm diagramokon $k=\alpha*\phi^\beta$ trendek
- Rendszerint nagyon erős kapcsolat ($r>0,9$)
- Kis β érték viszonylag zárt töréseket, nagy β érték nyitott töréseket jelez
- Minden mért pontra számolható az
- $FZI = \sqrt{k/\phi}/\phi$ „Flow Zone Indicator” (*FZI*, Amaefule et al., 1993)
- *FZI* minél nagyobb, annál nyitottabbak a törések
- Fúrás menti *FZI*-logok





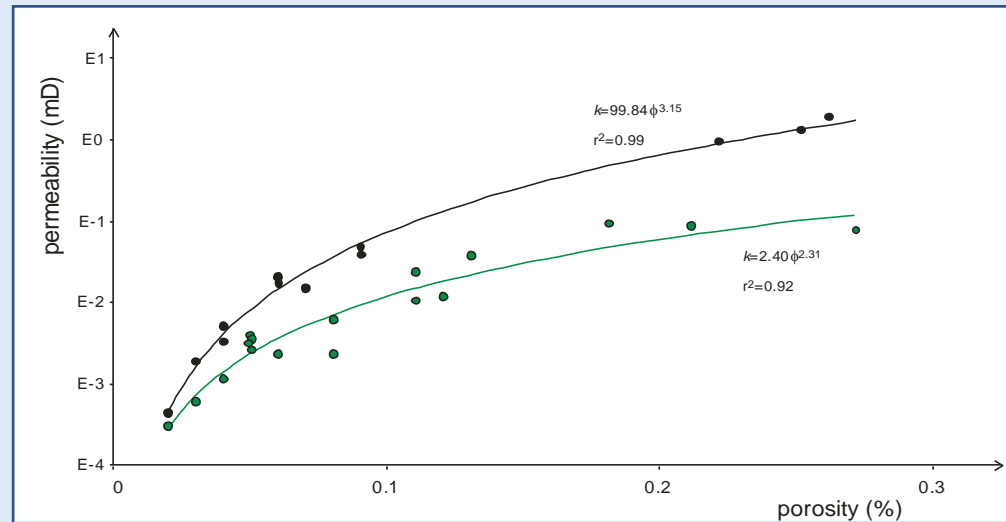
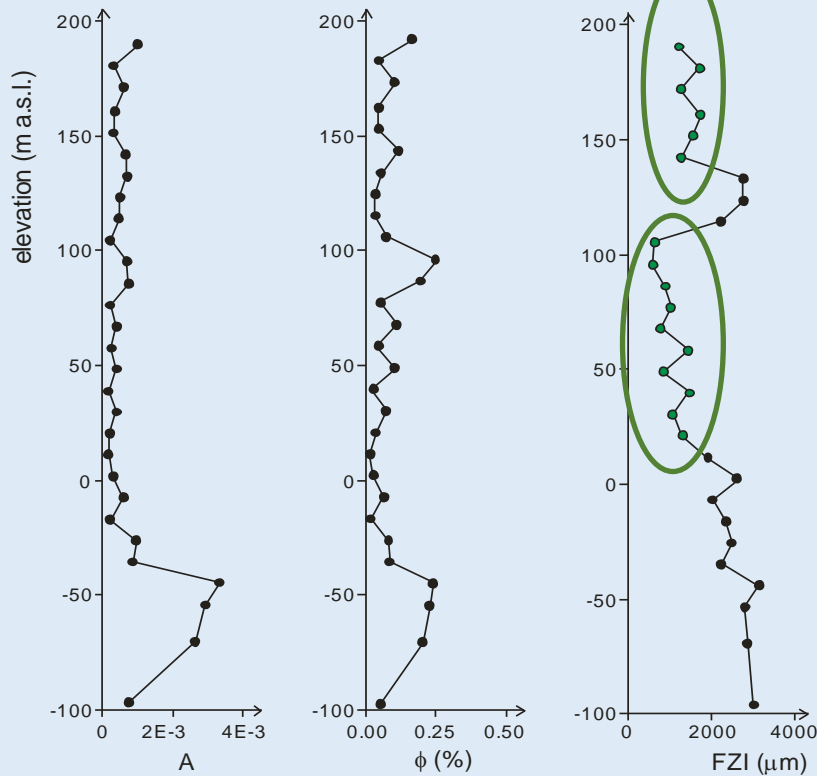
- Intenzíven repedezett monzonit, monzodiorit
- Kis-, közepes aktivitású radioaktív hulladéklerakó
- 14 fúrás részletes elemzése
- BHTV és magszkenner adatok alapján fúrás menti DFN modellek
- Kúthidraulikai mérések közel 250 mélységben
 - 250 mért permeabilitás
 - 250 DFN modell
 - 250 apertúra koefficiens
 - 250 számított porozitás
 - 14 A-log
 - 14 ϕ -log
 - 14 FZI-log





- A fúrás alsó szakaszán megnő A értéke
- Itt nő a porozitás és a permeabilitás is
- → De *FZI* közel állandó
- → Intenzív repedezettség számottevő utólagos hatás nélkül

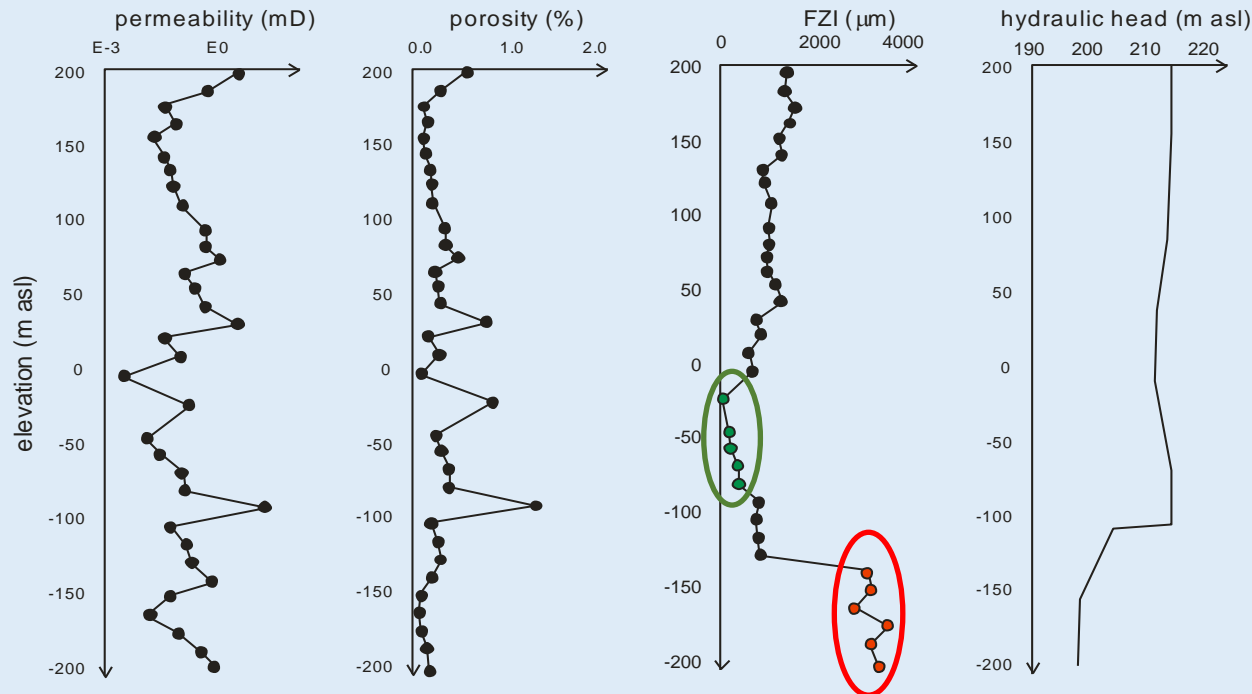
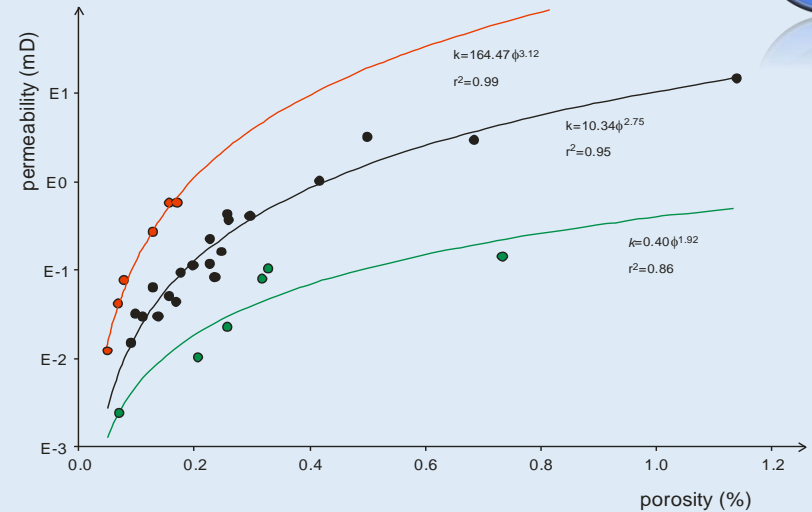
- Két intervallumon kis *FZI*
- → Zárt (cementált?) törések
- A teljes fúrás mentén 4 HFU (Hydraulic Flow Unit) jelölhető ki



Egy másik fúrás esete – Üh-22



- Három eltérő hidraulikai viselkedés
- 4 HFU (Hydraulic Flow Unit)
- Legalul anomálishan nagy *FZI*
- Nagy permeabilitás, átlagos porozitás
- → kevés nagy, nyitott törés
- Egy zónában kis *FZI*
- → cementált törések?
- Itt változik a hidraulikai viselkedés





- Lyukgeofizikai (BHTV) adatok alapján a töréshálózat mélységhelyes geometriai paramétereit meghatározhatók
- Töréssűrűség, méreteloszlás változás fúrás mentén ábrázolható (D -log, E -log)
- Tetszőleges számú azonosan valószínű töréshálózat (DFN) generálható
- Ezek kiértékelése alapján a töréshálózat összefüggősége, ennek bizonytalansága becsülhető
- Bármely apertúra koefficiens (A) választása mellett repedezett porozitás és permeabilitás tenzor tetszőleges térfogatra számítható
- **Kúthidraulikai adatok és a DFN modellek összevetésével tetszőleges intervallumra az apertúra koefficiens kalibrálható úgy, hogy $\log k_{\text{obs}} = \log k_{\text{est}}$**
- A mélységmenti változása (A -log) utal a törések nyitott/zárt jellegére
- A ismeretében mélységhelyes porozitás és permeabilitás adható (ϕ -log, k -log)
- A poro-perm diagramok kiértékelésével FZI (Flow Zone Indicator) számolható
- Az FZI -logok alapján kijelölhetők a fő hidraulikai egységek a repedezett rendszeren belül (HFU – Hydraulic Flow Unit)



Köszönöm a figyelmet!