

ELTE GEOFIZIKUS TDK KONFERENCIA

Hidraulikusan vezető vetők numerikus vizsgálata EPM megközelítés segítségével

Egey Bence

Geofizikus MSc, kutató geofizikus szakirány

Témavezetők:

Dr. Galsa Attila
Szijártó Márk



Eötvös Lóránd Tudományegyetem

Geofizikai és Űrtudományi Tanszék

Budapest, 2020. december 10.

Bevezetés

Hasznosítás:

- Medencemodellezés
- Hidrogeológiai modellezés
- Vízellátás

Módszer: ekvivalens porózus közeg (EPM) megközelítés

- Repedezett kőzetek modellezése
- Lokális heterogenitások → medencelépték (10 — 100 km)
- Porózus közeg + összekapcsolt szilárd mátrix
- Korlátok — REV

Cél:

- karsztos repedéshálózatok → nagyobb hosszúságú ($l > 100$ m) hidraulikusan vezető vetők
- vezető vetők „tulajdonságai” → szisztematikus paramétertesztelés

**Numerikus
modell**



Önálló vető:

- Vetőhossz
- Permeabilitás
- Vastagság
- Dőlésirány




Több vető hatásának vizsgálata:

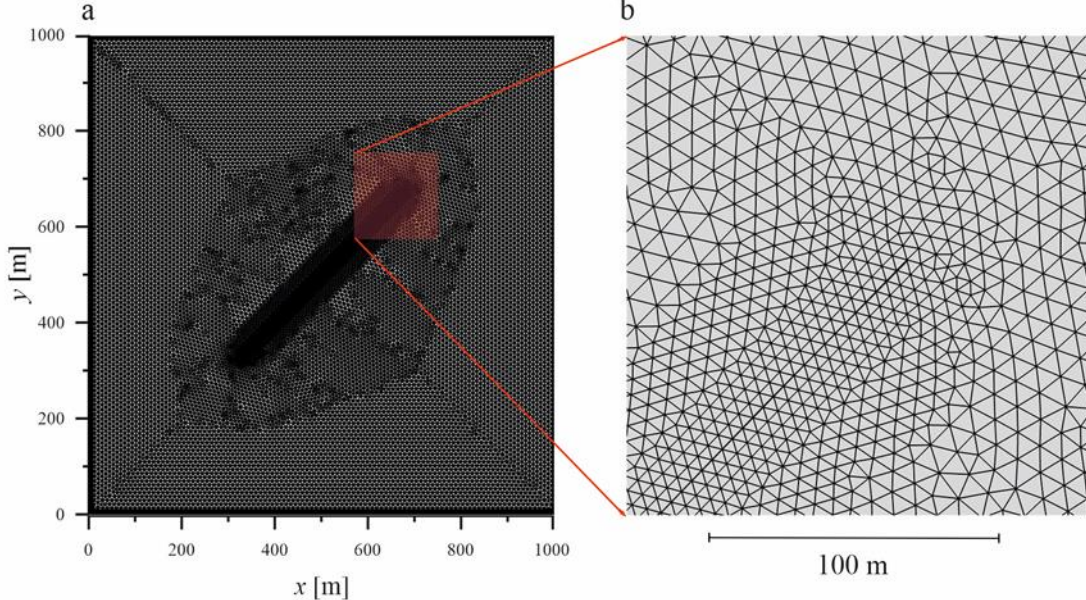
- Véletlenszerűen elhelyezkedő vetők
- **Vetők összekapcsolódásának vizsgálata** – elméleti modellek
– véletlenszerűen generált modellek



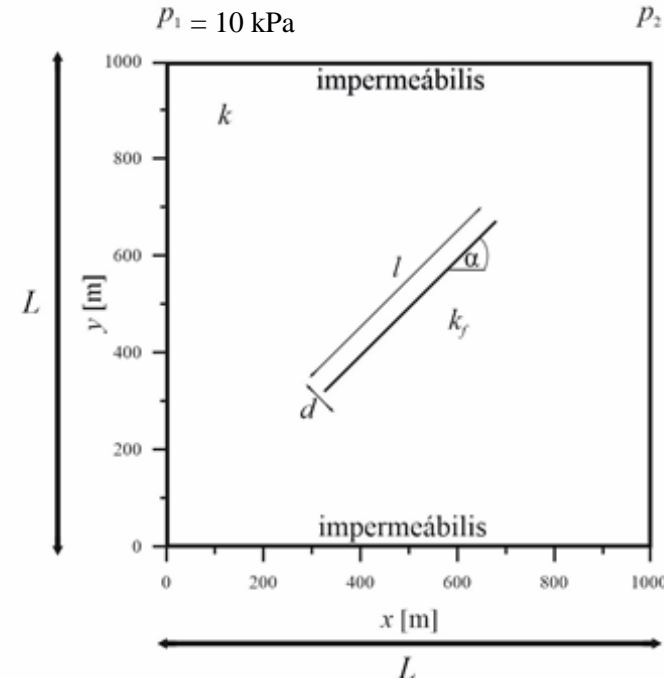
**Valós vetőgeometria –
Riedel-törésrendszer**

A numerikus modell

- Véges elemes módszer — *COMSOL Multiphysics 5.3a* 
- Kétdimenziós, stacionárius modell
- Áramlás „hajtóereje”: nyomáskülönbség
- Vetők → vonalas elem
- Darcy-törvény $\mathbf{u} = -\frac{k}{\eta} \mathbf{grad}p$
- Darcy-fluxusok átlaga → effektív permeabilitás számítás



$$k_{eff} = \frac{u_{av} L \eta}{\Delta p}$$



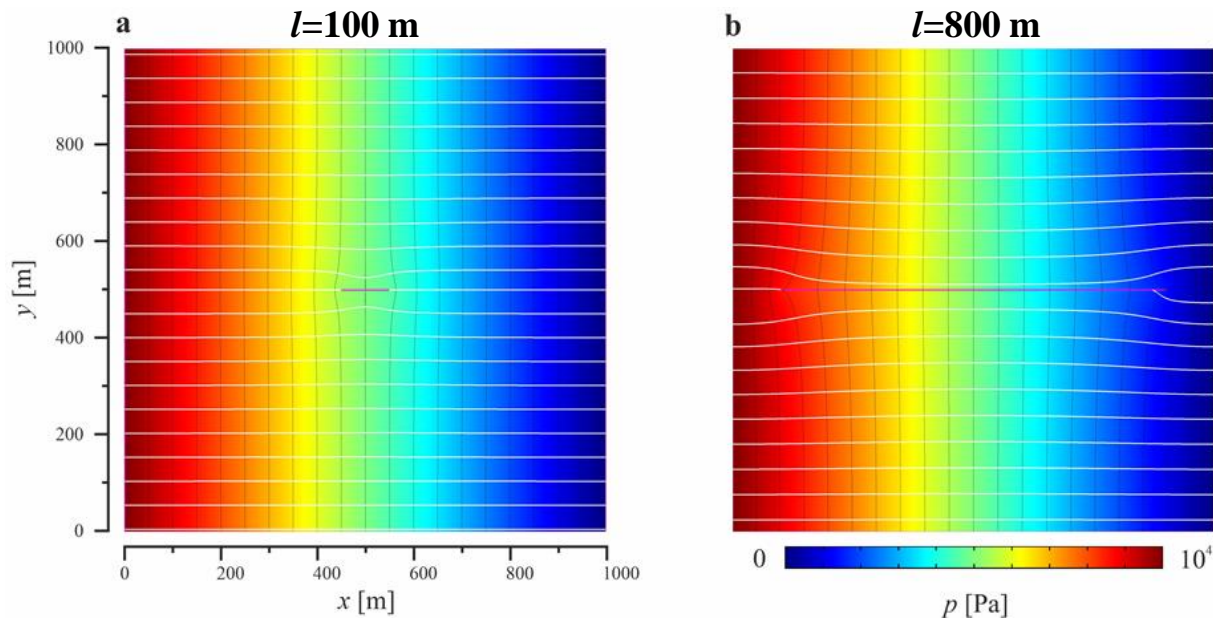
Paraméter	Érték
L	1000 m
l	100 –1000 m
d	1, 2, 5, 10, 20, 50 m
α	0 –180°
k	10^{-12} m^2
k_f	10^{-14} – 10^{-10} – 10^{-6} m^2

1. táblázat: A modellben alkalmazott paraméterek.

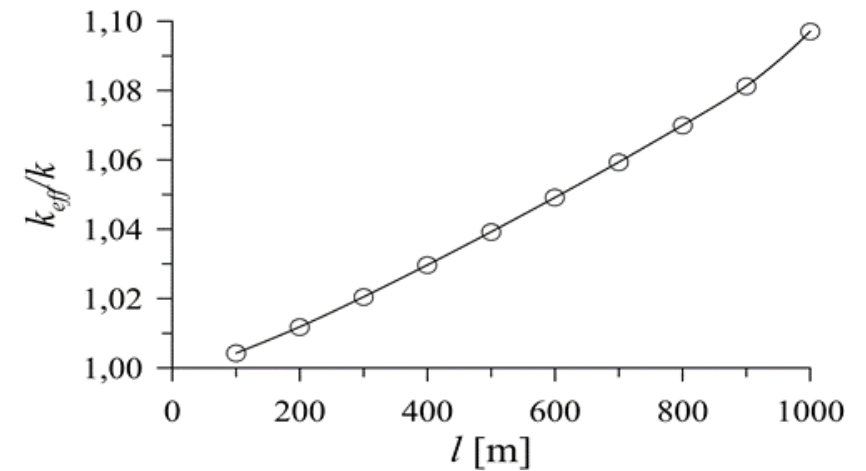
Önálló vető — vetőhossz

- Vizsgált tartomány: $l=100-1000$ m
- Hossz növelése → erőteljesebb HEM torzulás
- Megközelítőleg lineáris trend
- k_{eff}/k : 10% növekedés

3. ábra:

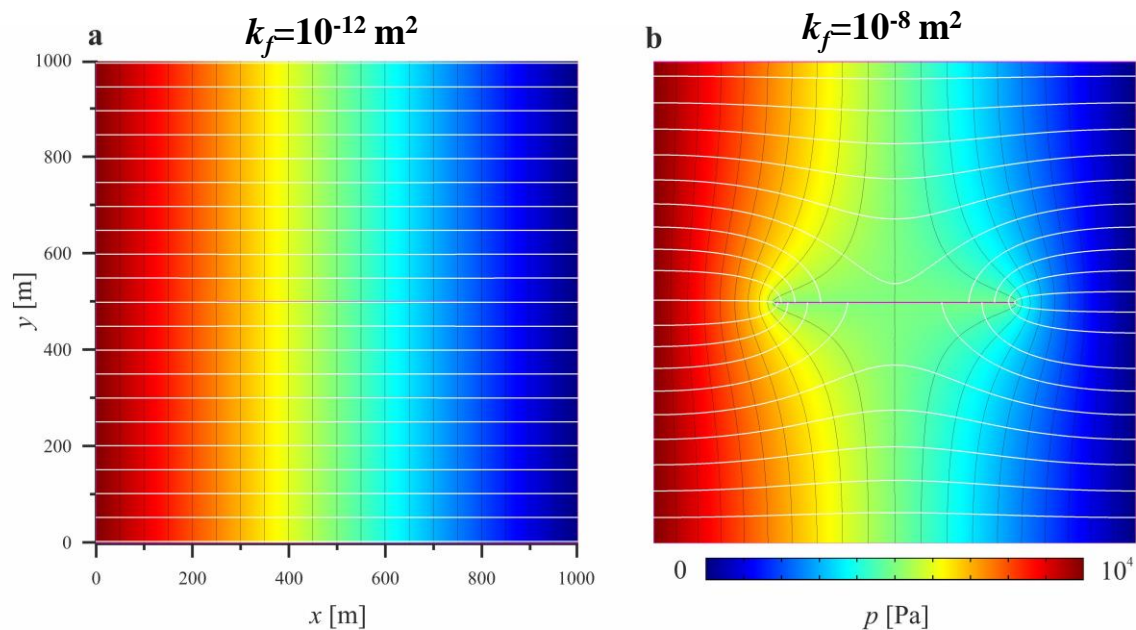


Nyomáeloszlás a vető hosszának változása következtében.

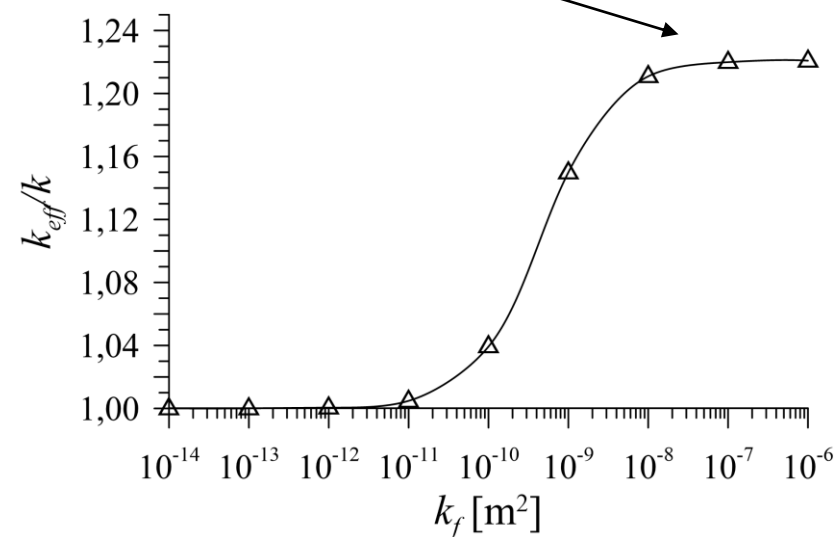


Önálló vető — vetőpermeabilitás

- Vizsgált tartomány: $k_f=10^{-14}$ - 10^{-6} m² ($\leq 10^{-12}$ m²: torlasztó $\Leftrightarrow \geq 10^{-11}$ m²: vezető vető)
- Torlasztó vetők \rightarrow nincs érdemi hatás
- Permeabilitás növelése \rightarrow vető két végénél sűrűsödő HEM kontúrok
- Vezető vetők \rightarrow telítődés jelenség ($\geq 10^{-8}$ m²)
- k_{eff}/k : 22% növekedés

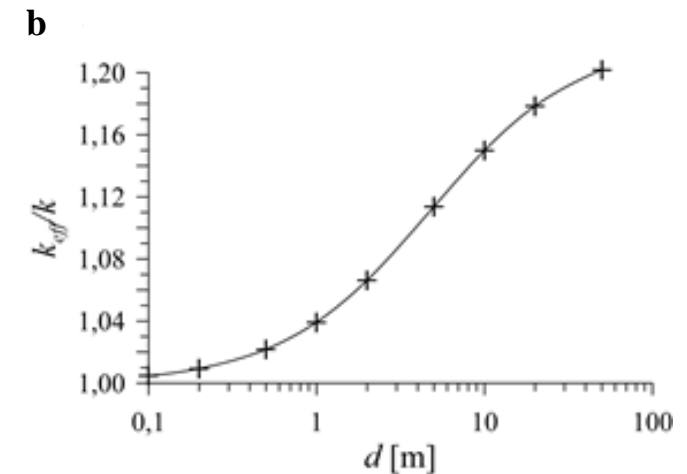
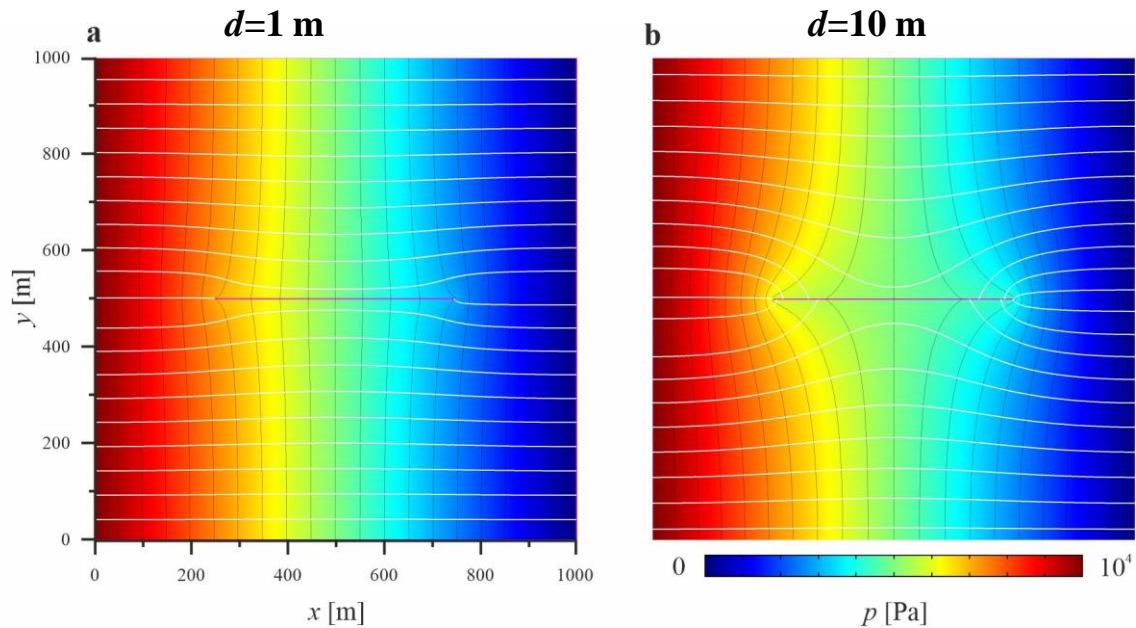
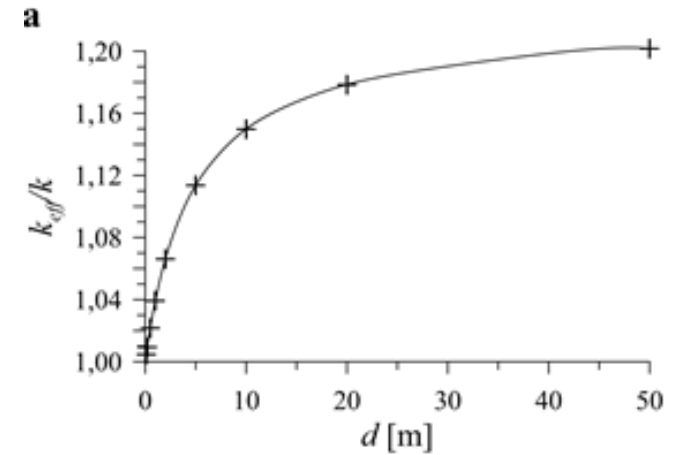


Nyomáeloszlás (a) torlasztó és (b) vezető vető esetén.



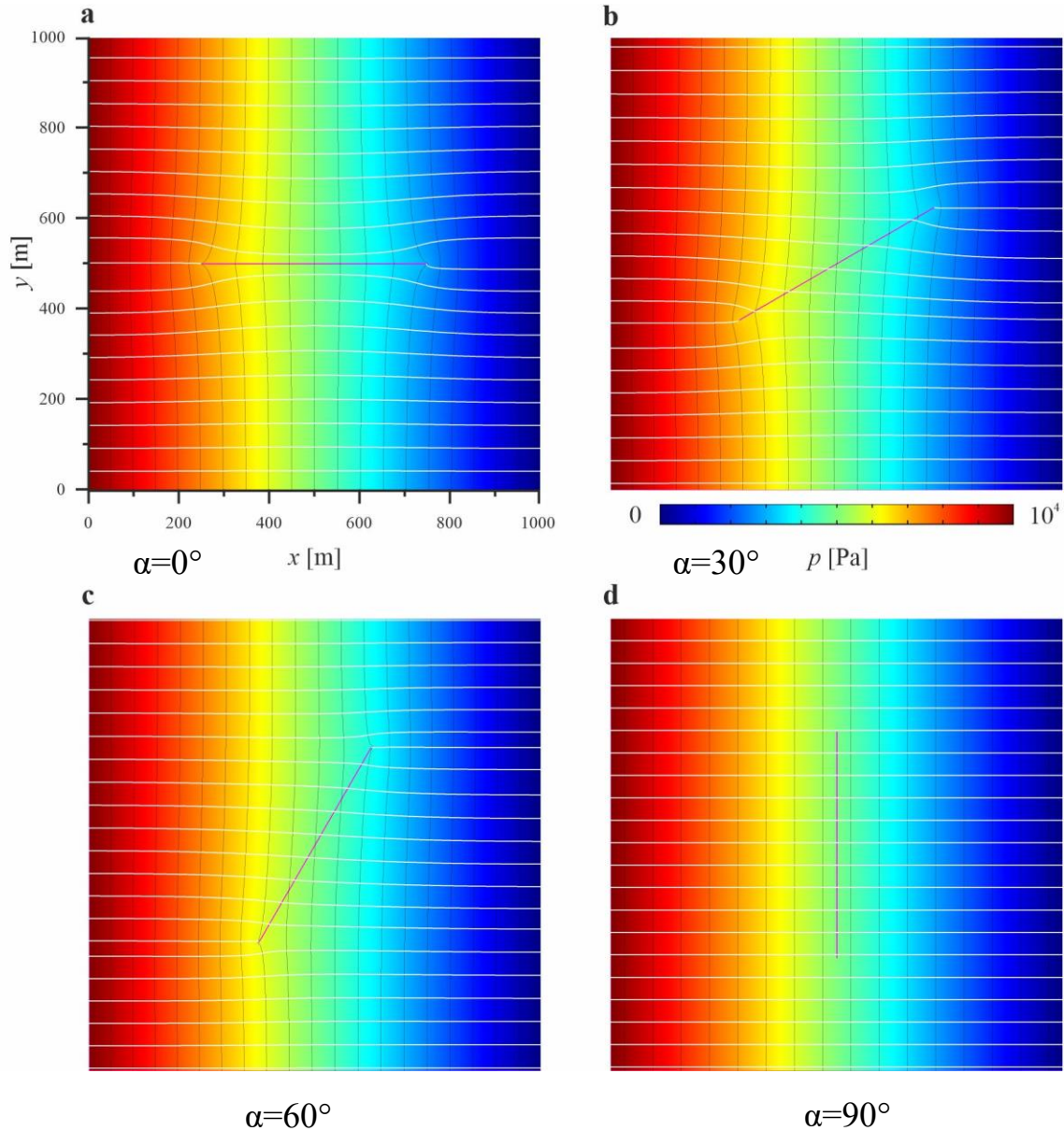
Önálló vető — vetővastagság

- Vizsgált tartomány: $d=0,1; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50$ m
- vastagság növelése \rightarrow permeabilitással hasonlóság
- telítődés jelenség (l függvénye)
- k_{eff}/k : 20% növekedés

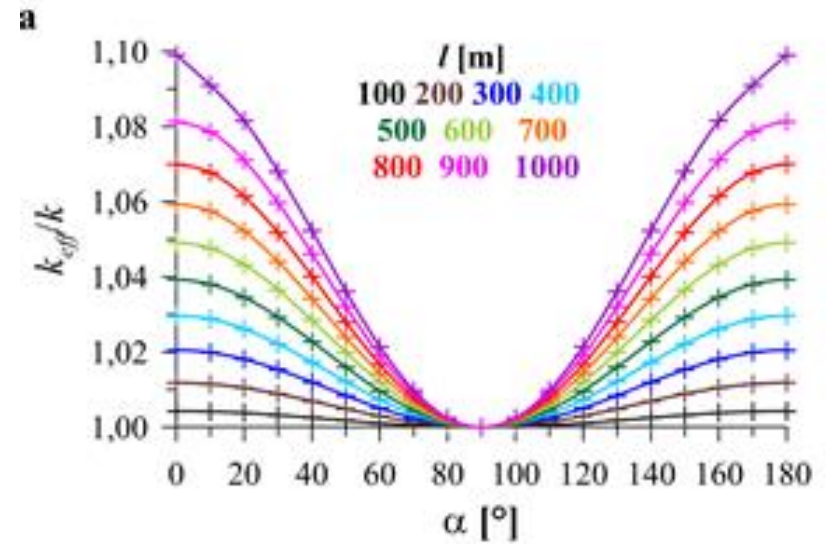


Nyomáseloszlás a vető vastagságának változása
következtében.

Önálló vető — dőlésirány

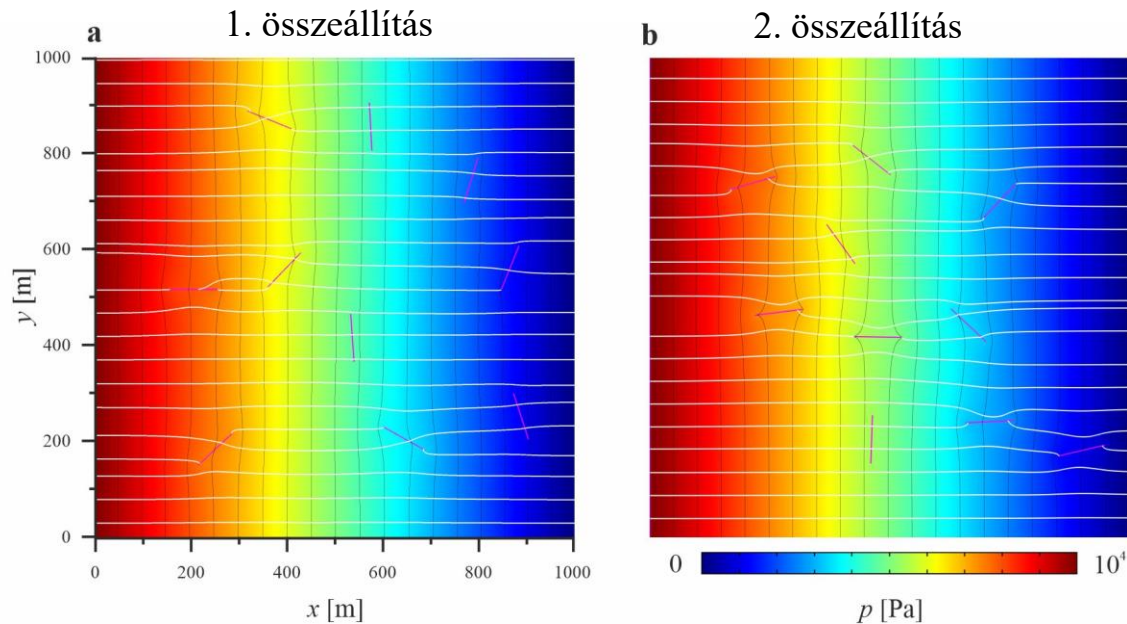


- Vizsgált tartomány: $\alpha=0-180^\circ$
- $\alpha=90^\circ \rightarrow$ közegre jellemző permeabilitás
- $\alpha=0^\circ/180^\circ \rightarrow$ maximális effektív permeabilitás
- Szimmetria jelenség

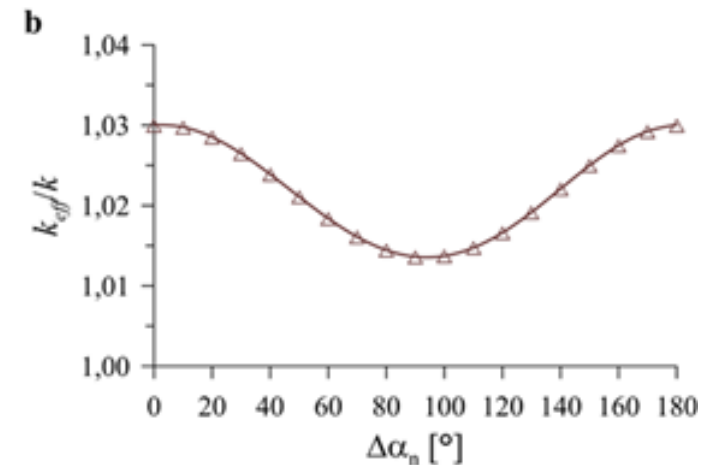
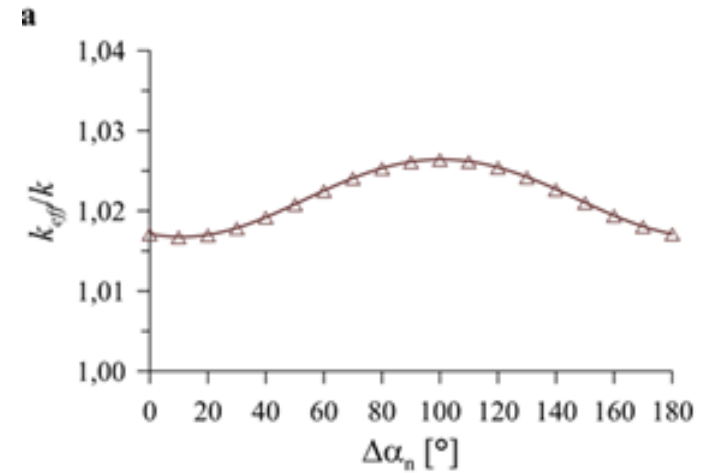


Több vető — véletlenszerűen elhelyezkedő vetők

- Vizsgált tartomány: $\alpha=0-180^\circ$
- 10 db véletlenszerűen elhelyezett vető
- Kezdeti helyzet fontossága
- k_{eff}/k : 1–2% változás



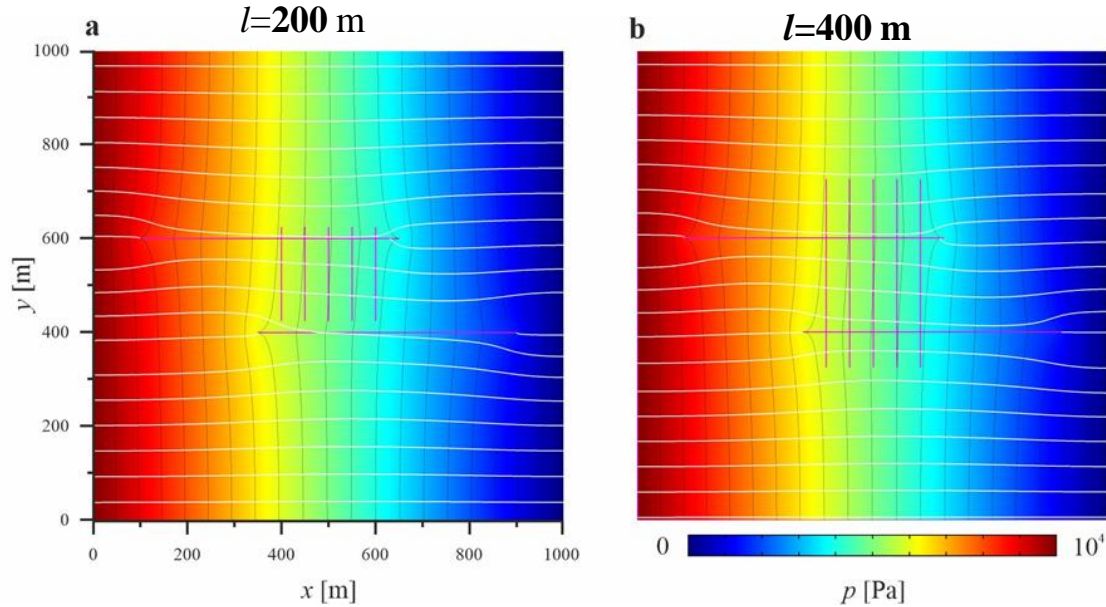
Nyomáseloszlás döntően (a) áramlásra merőleges és (b) párhuzamos vetők esetén.



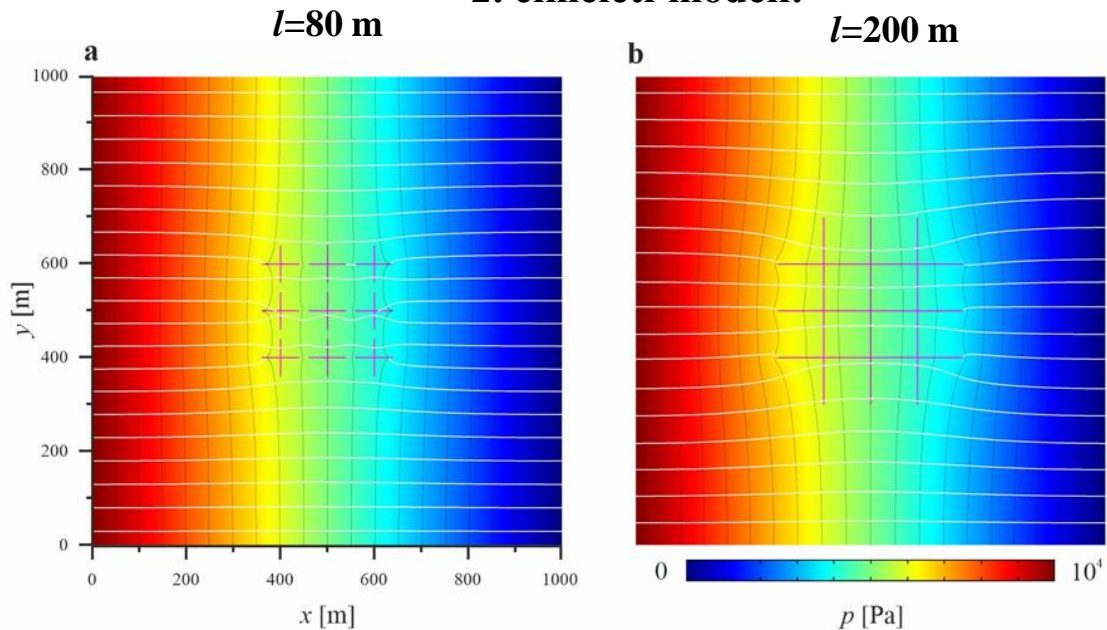
Vetők összekapcsolódásának vizsgálata

elméleti modellek

1. elméleti modell:



2. elméleti modell:



1. elméleti modell:

- Vizsgált tartomány: $l=10-400$ m
- 5 db vertikális ($\alpha=90^\circ$), ún. „köztes” vető vizsgálata
- Összekapcsolódásnál töréspontok
- k_{eff}/k : csekély változás (0,1%)



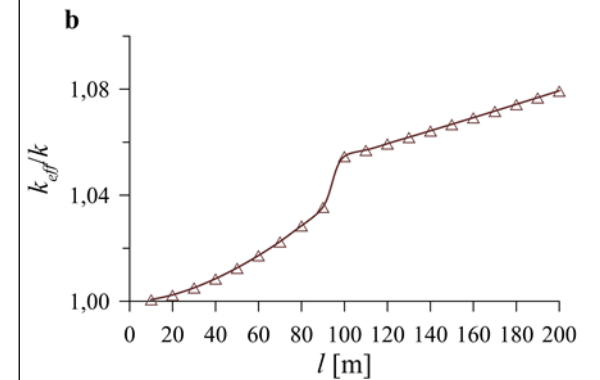
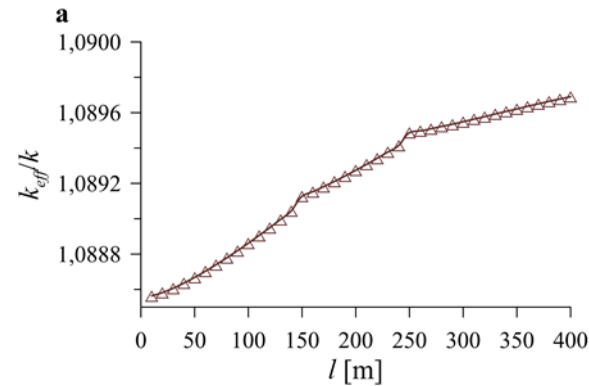
Vetők vertikális helyzete



Mérhető hatás

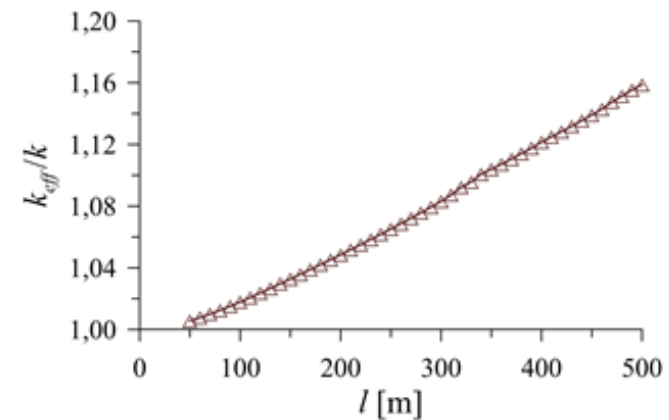
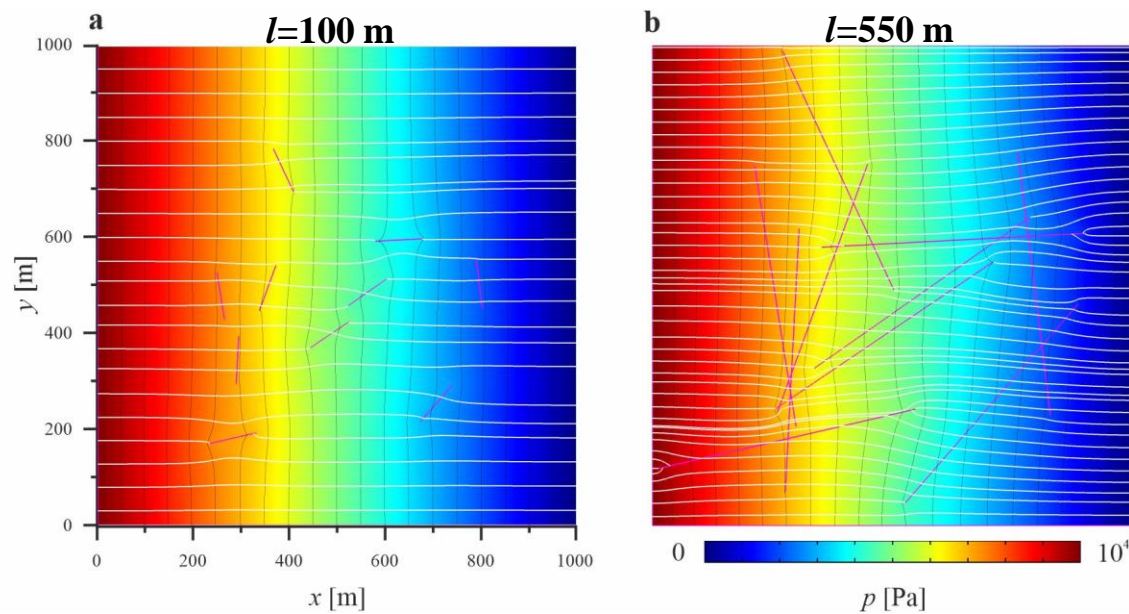
2. elméleti modell:

- Vizsgált tartomány: $l=10-200$ m
- 9 db páronként merőleges vető vizsgálata
- Egyszerre összeérés ($l=100$ m)
- k_{eff}/k : 2%-os változás



Vetők összekapcsolódásának vizsgálata véletlenszerűen generált vetők

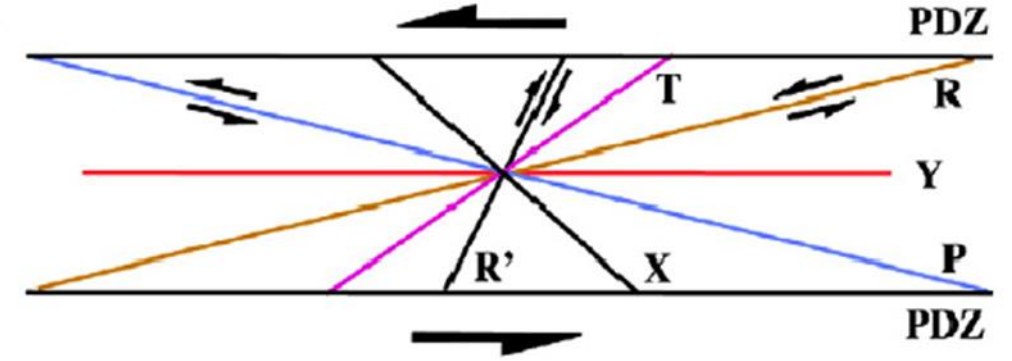
- Vizsgált tartomány: $l=100-550$ m
- 10 db véletlenszerűen elhelyezett vető — összeérés megengedett
- Görbe monoton növekedése
↓
- Egyszerre összeérő vetők száma — kezdeti helyzet fontossága
- k_{eff}/k : 16% változás (elsősorban l változásának következtében)



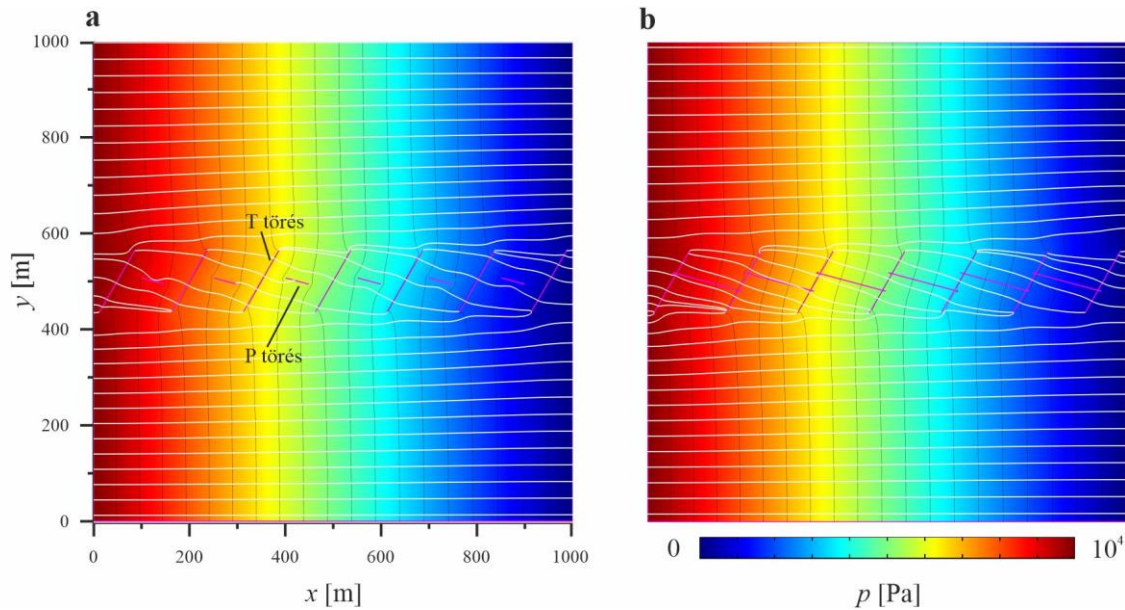
Vető összekapcsolódás hatása az áramlási képre.

Valós vetőgeometria – Riedel-törésrendszer

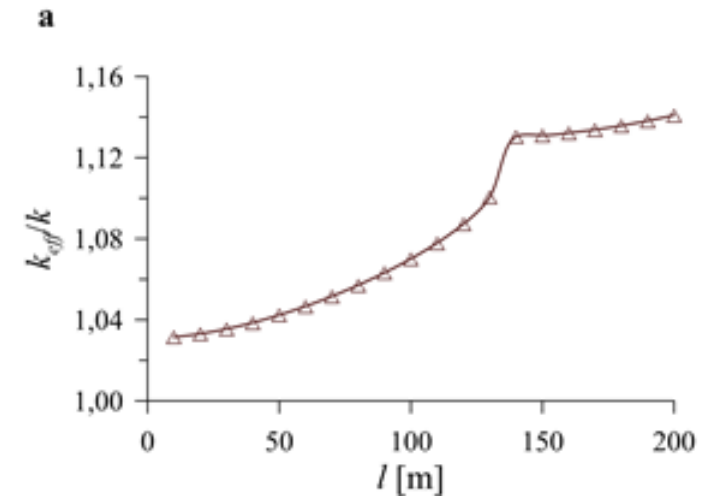
- Vizsgált tartomány: $l=10-200$ m
- T és P törések modellezése
- Összeéréskor jelentősebb ugrás
↓
- hidraulikai kapcsolat fontossága
- k_{eff}/k : 3–4% ugrás (összeéréskor)



PDZ: Principal Displacement Zone (Rao et al., 2011)



T és P törések hatása az áramlási képre.



Összefoglalás

Eddig...

- Egyszerűsített megközelítés — előny
- Háttérközeg — szerkezeti elemek kapcsolata
- Permeabilitás és vastagság: jelentős hatás ($> 20\%$)
- Kezdeti helyzet meghatározó — bezárt szög
- Hidrogeológiai összekapcsolódás — ugrás

Továbbiakban...

- Határfeltételek hatásának vizsgálata
- Anizotrópia
- Háromdimenziós modellgeometria
- Egyéb transzportfolyamatokkal (tömeg, hő stb.) való összekapcsolás

Összefoglalás

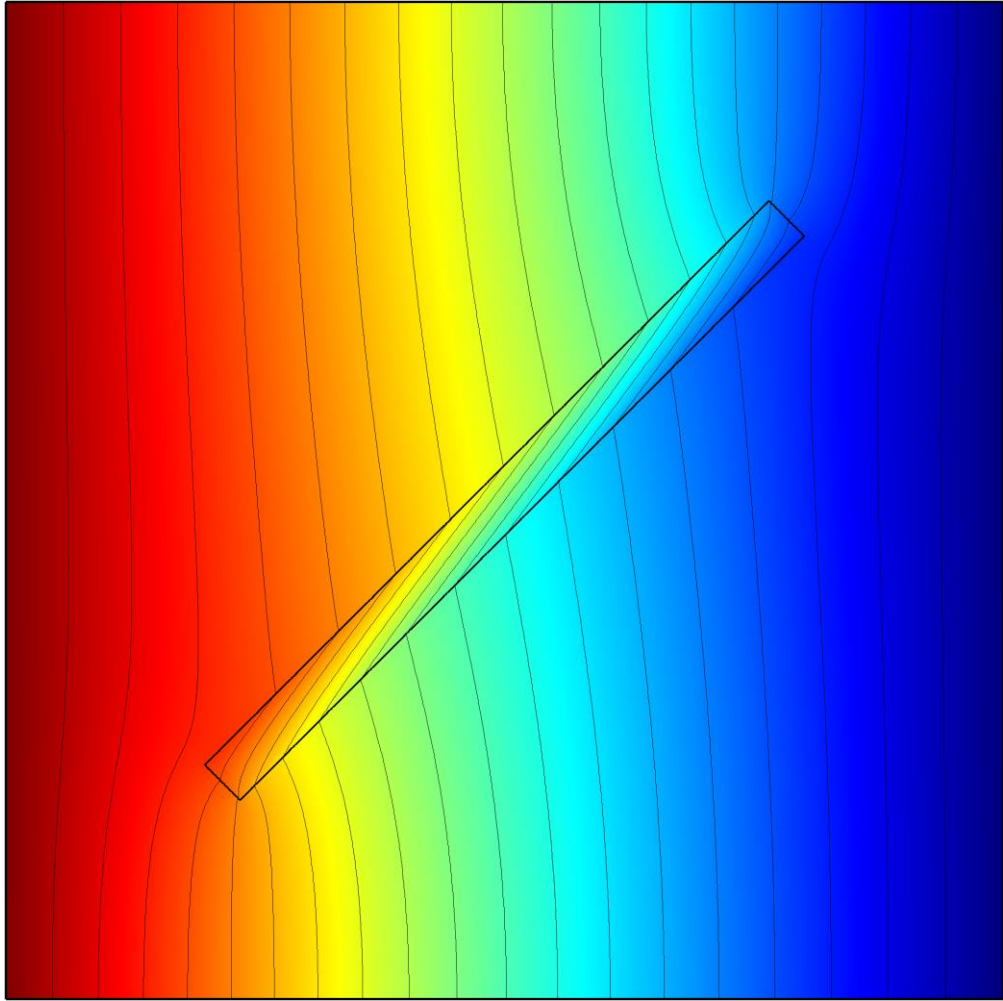
Eddig...

- Egyszerűsített megközelítés — előny
- Háttérközeg — szerkezeti elemek kapcsolata
- Permeabilitás és vastagság: jelentős hatás ($> 20\%$)
- Kezdeti helyzet meghatározó — bezárt szög
- Hidrogeológiai összekapcsolódás — ugrás

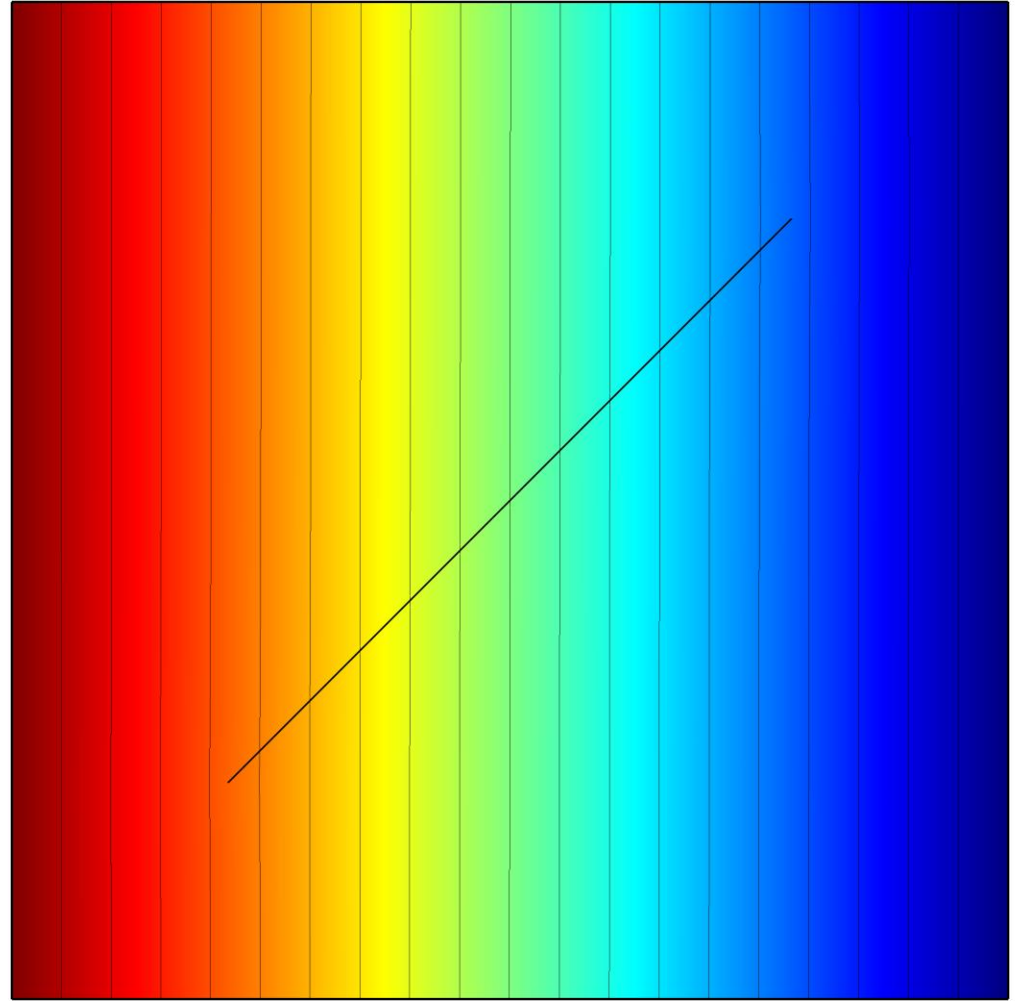
Továbbiakban...

- Határfeltételek hatásának vizsgálata
- Anizotrópia
- Háromdimenziós modellgeometria
- Egyéb transzportfolyamatokkal (tömeg, hő stb.) való összekapcsolás

Köszönöm a figyelmet!



$$k_{eff} = 8.77 \cdot 10^{-9}$$



$$k_{eff} = 1 \cdot 10^{-8}$$