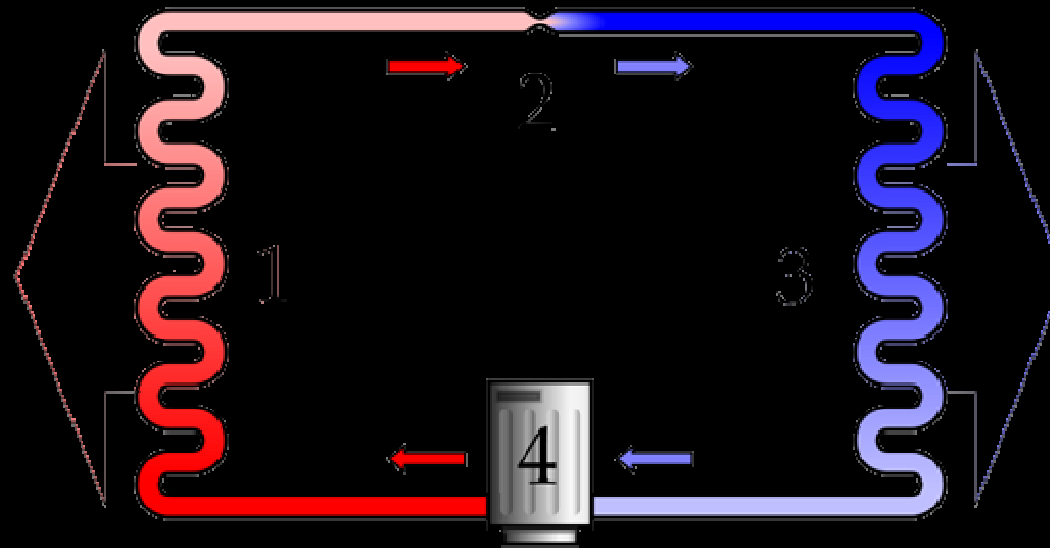


# Alacsony és közepes entalpiájú geotermális rendszerek hőtranszport-modellezése

Tari Csilla<sup>1</sup> III. évf. PhD. hallgató

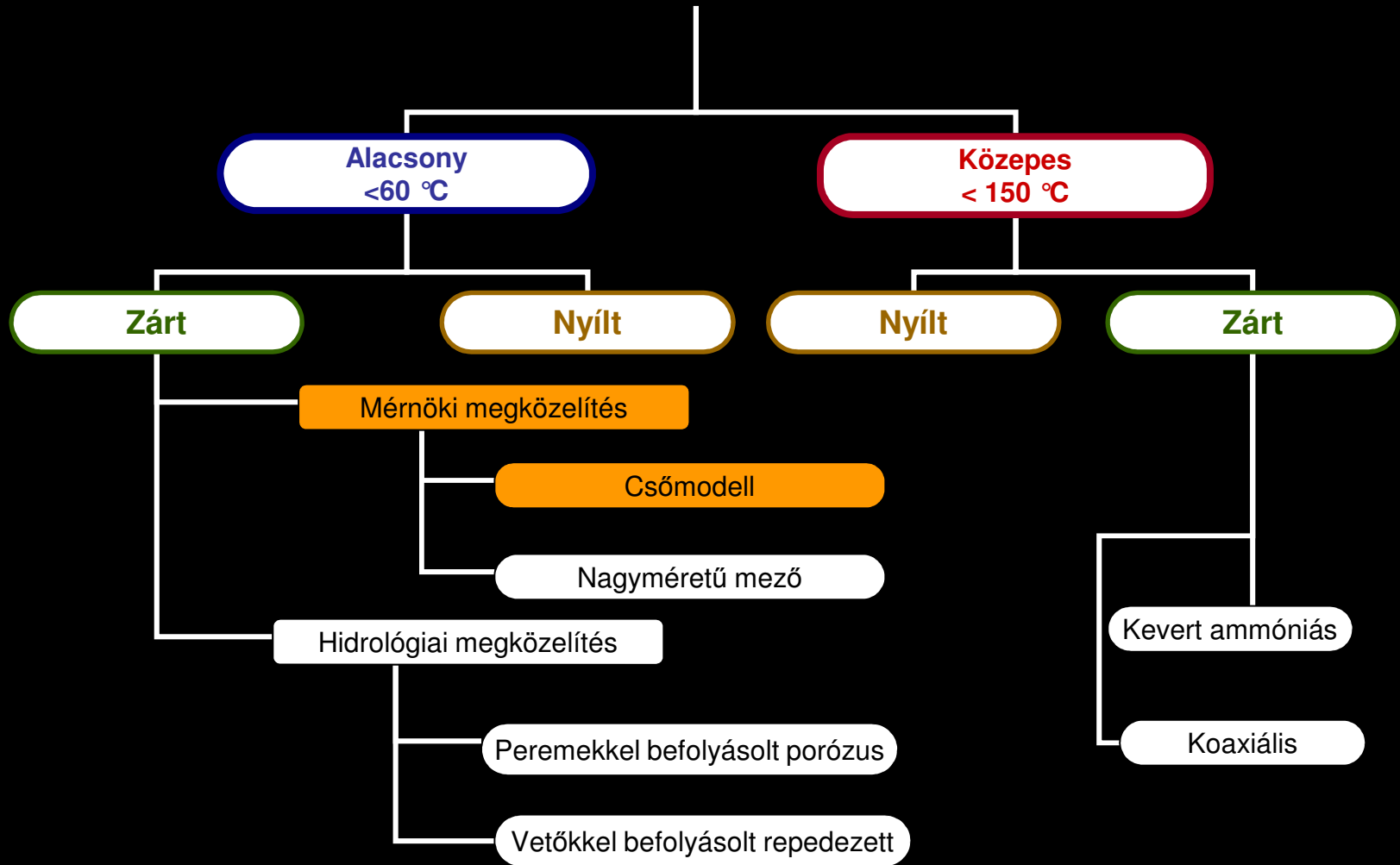
Témavezetők: Szanyi János<sup>1</sup> és  
Kovács Balázs<sup>2</sup>



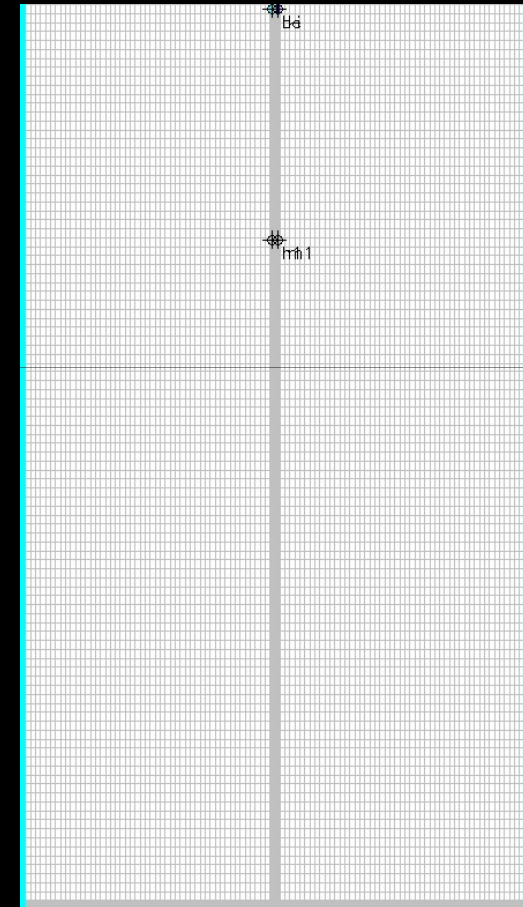
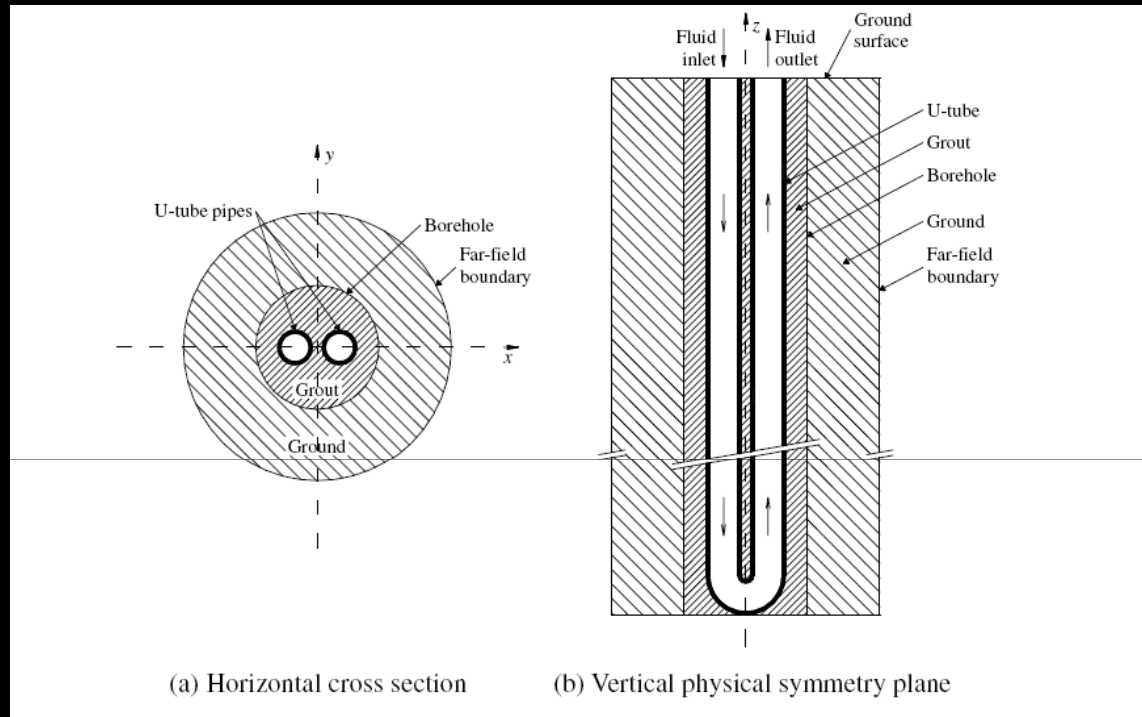
<sup>1</sup>Szegedi Tudományegyetem Ásvány Kőzettani és Geokémiai Tanszék

<sup>2</sup>Miskolci Egyetem Hidrogeológiai - Mérnökgeológiai Tanszék

**Alacsony és közepes entalpiájú geotermikus rendszerek hőtranszport modellezése**

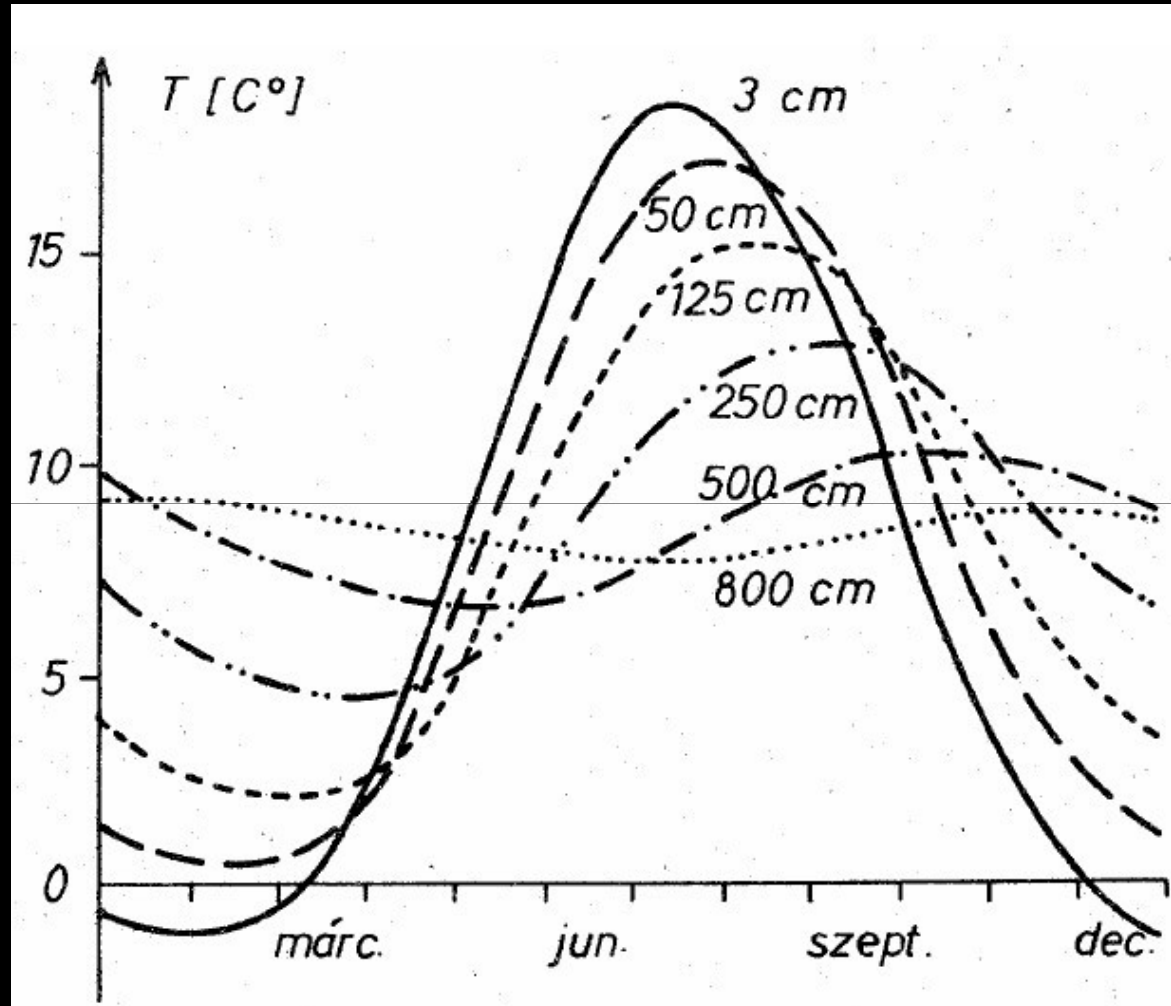


# 1 db U – alakú cső hőtranszport modellezése véges differencia módszerrel

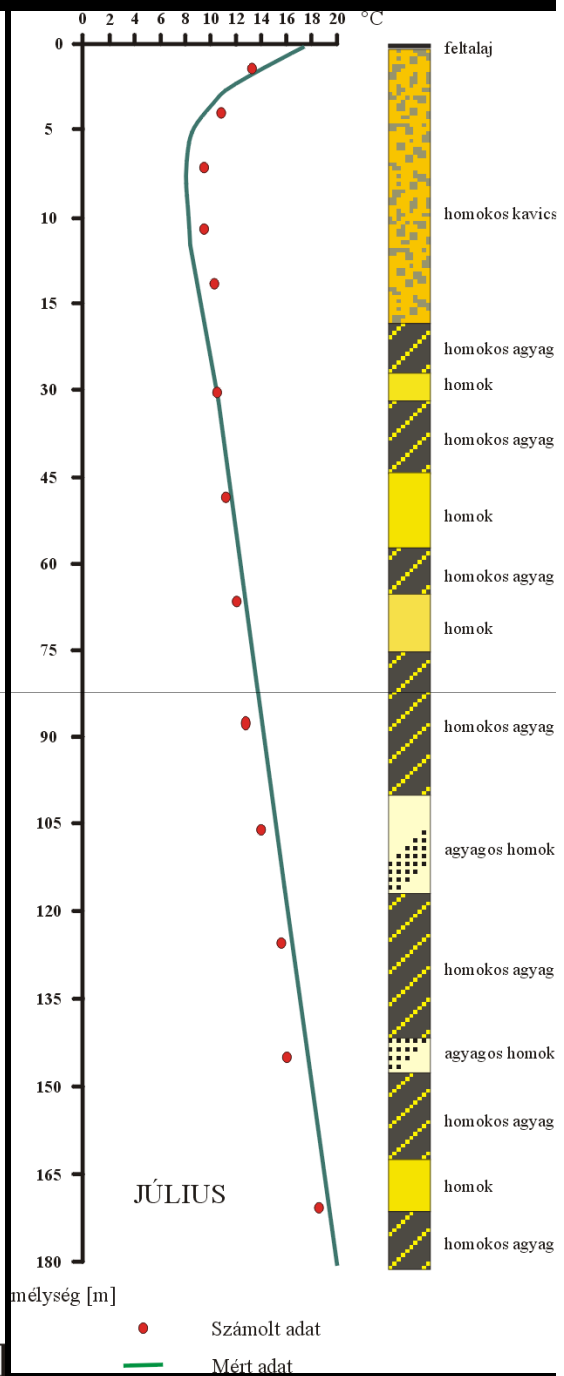
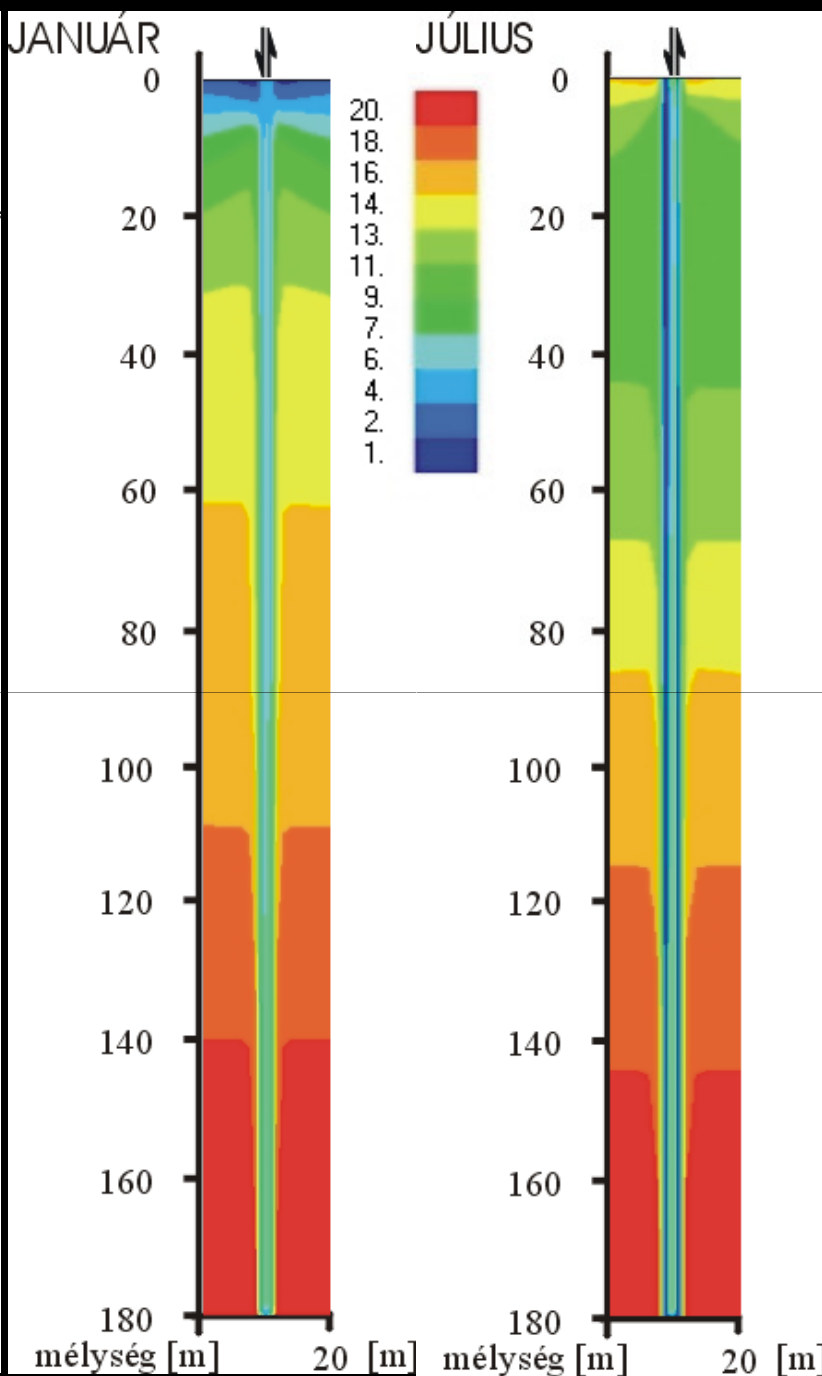
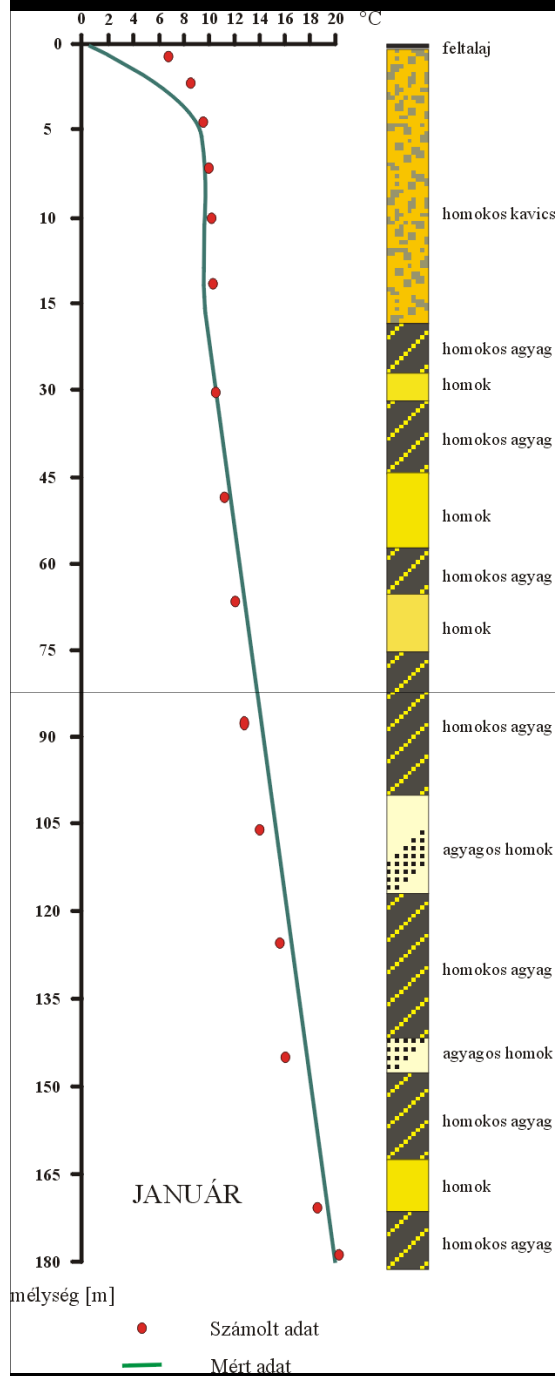


Parameter	Value	Unit
U-tube outside diameter	32.5	mm
U-tube inside diameter	26.5	mm
Leg spacing	36.5	mm
Borehole diameter	11.5	cm
Borehole depth	47.6	m
Ground thermal conductivity	1.88	W/(m °C)
Ground thermal diffusivity	0.0691	m <sup>2</sup> /day
Grout thermal conductivity	1.29	W/(m °C)
Grout thermal diffusivity	0.0475	m <sup>2</sup> /day
Pipe thermal conductivity	0.42	W/(m °C)
Water volumetric flow rate	0.67	m <sup>3</sup> /h
Initial ground temperature	8.5	°C

# Hőmérséklet évszakos váltakozása a mélységgel



Völgyesi L.



# 1 db U – alakú cső hőtranszport modellezése véges elemes módszerrel

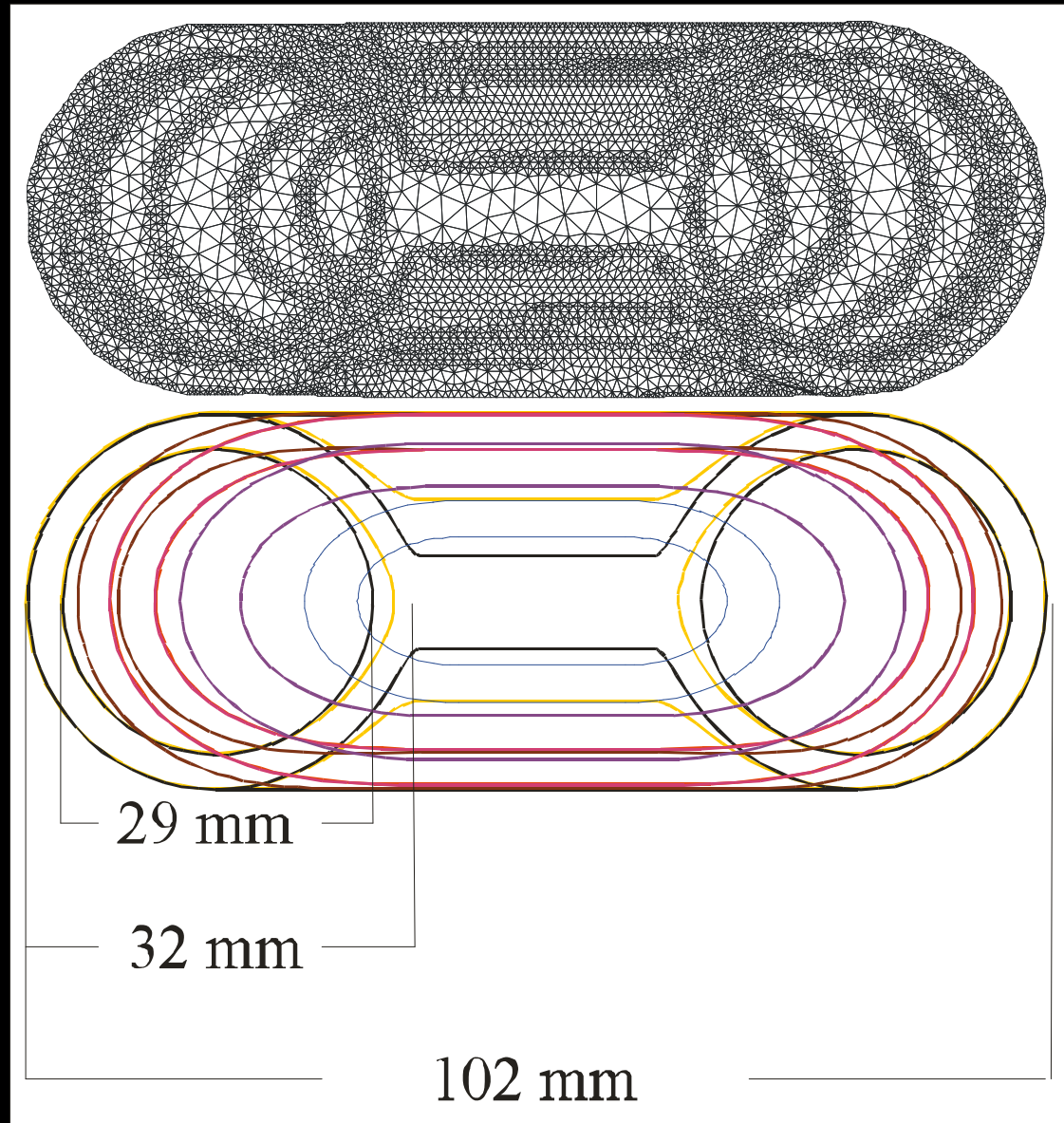
- Véges-elem módszer

- A módszer során  
alapfeladat:

a modellezett teret  
tetszőleges számú  
csomópontra, és az  
azokat összekötő  
vonalak által határolt  
elemekre osztjuk fel



alap adatrendszer  
hozzáigazítható a  
geometriához



# Modell tesztelése az első 9.5 nap alatt

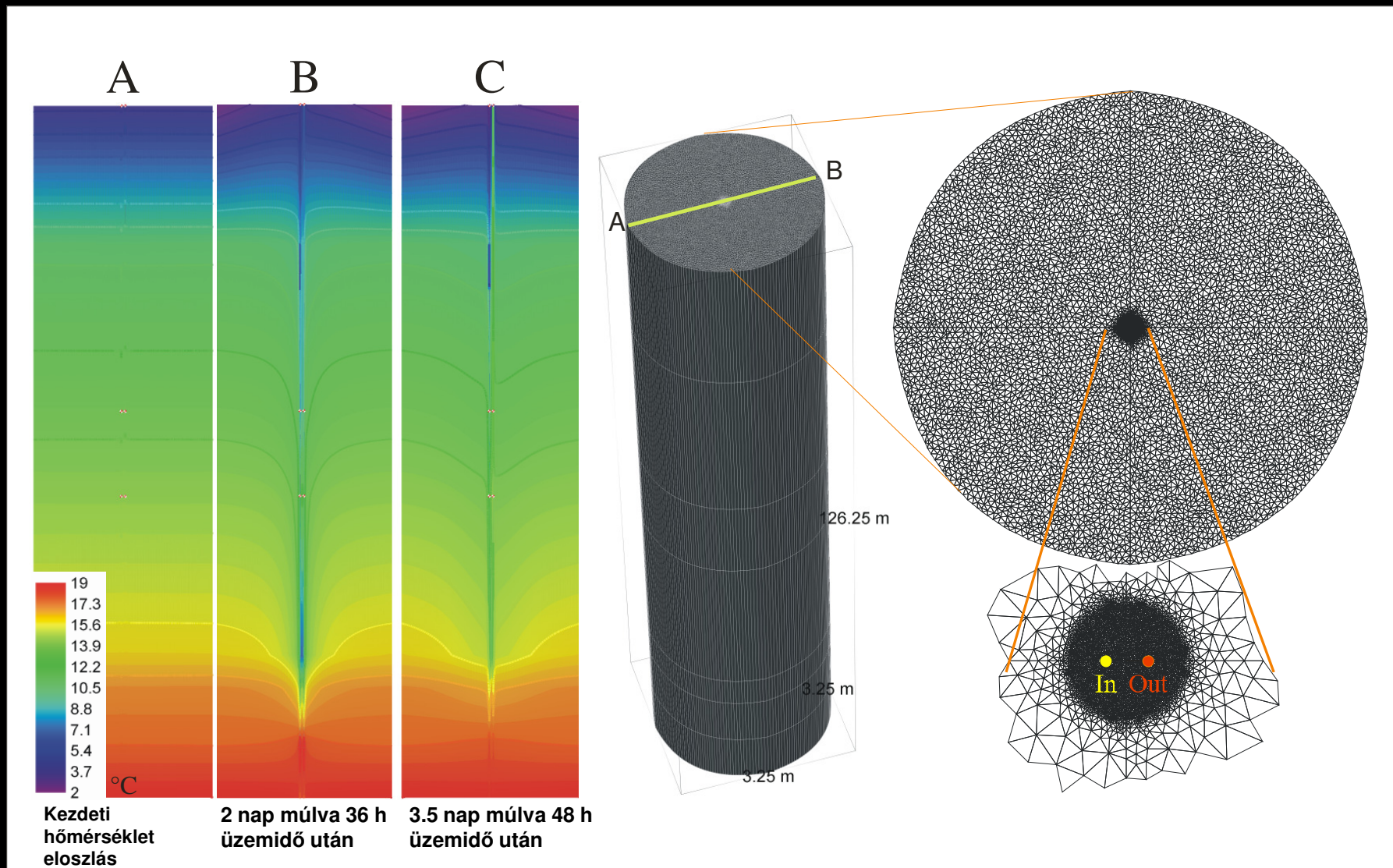
eltelt napok száma	Időtartam (h)	Üzem mód	átlagos teljesítmény [W/m]
1	24	üzemelő	51.78
1.5	12	szünetelő	0
2	12	üzemelő	39.36
2.5	12	szünetelő	0
3	12	üzemelő	40.44
3.5	12	szünetelő	0
4	12	üzemelő	48.04
4.5	12	szünetelő	0
5	12	üzemelő	41.22
5.5	12	szünetelő	0
6	12	üzemelő	42.82
6.5	12	szünetelő	0
7	12	üzemelő	43.03
7.5	12	szünetelő	0
8	12	üzemelő	42.26
8.5	12	szünetelő	0
9	12	üzemelő	41.62
9.5	12	szünetelő	0

- A modellt 9.5 napra teszteltük
- Általában 12 h üzemidő után 12 h nyugalmi időszak következett, kivéve az első periódus után
- Teljesítmény kiszámítása:

$$P = c_m \cdot T \cdot Q$$

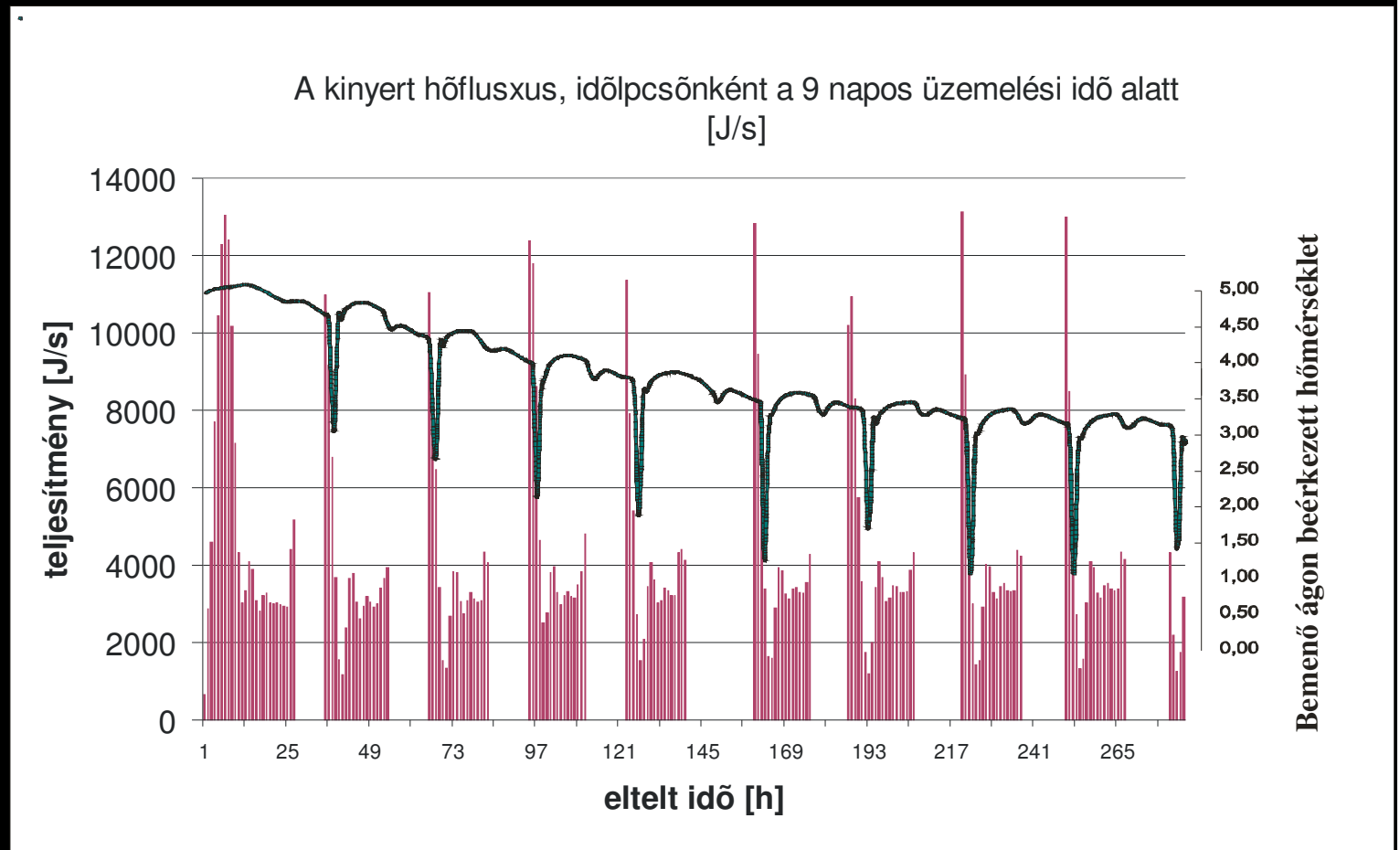
- Melyből az átlagos teljesítmény: A bemenő és kimenő ág közti hőmérséklet különbség \* etilénlikol térfogati hőkapacitása \* átlagos tömegáram (1 m<sup>3</sup>/h) alapján lett kiszámítva

# A használt végelelem háló és a cső menti hőmérséklet eloszlás

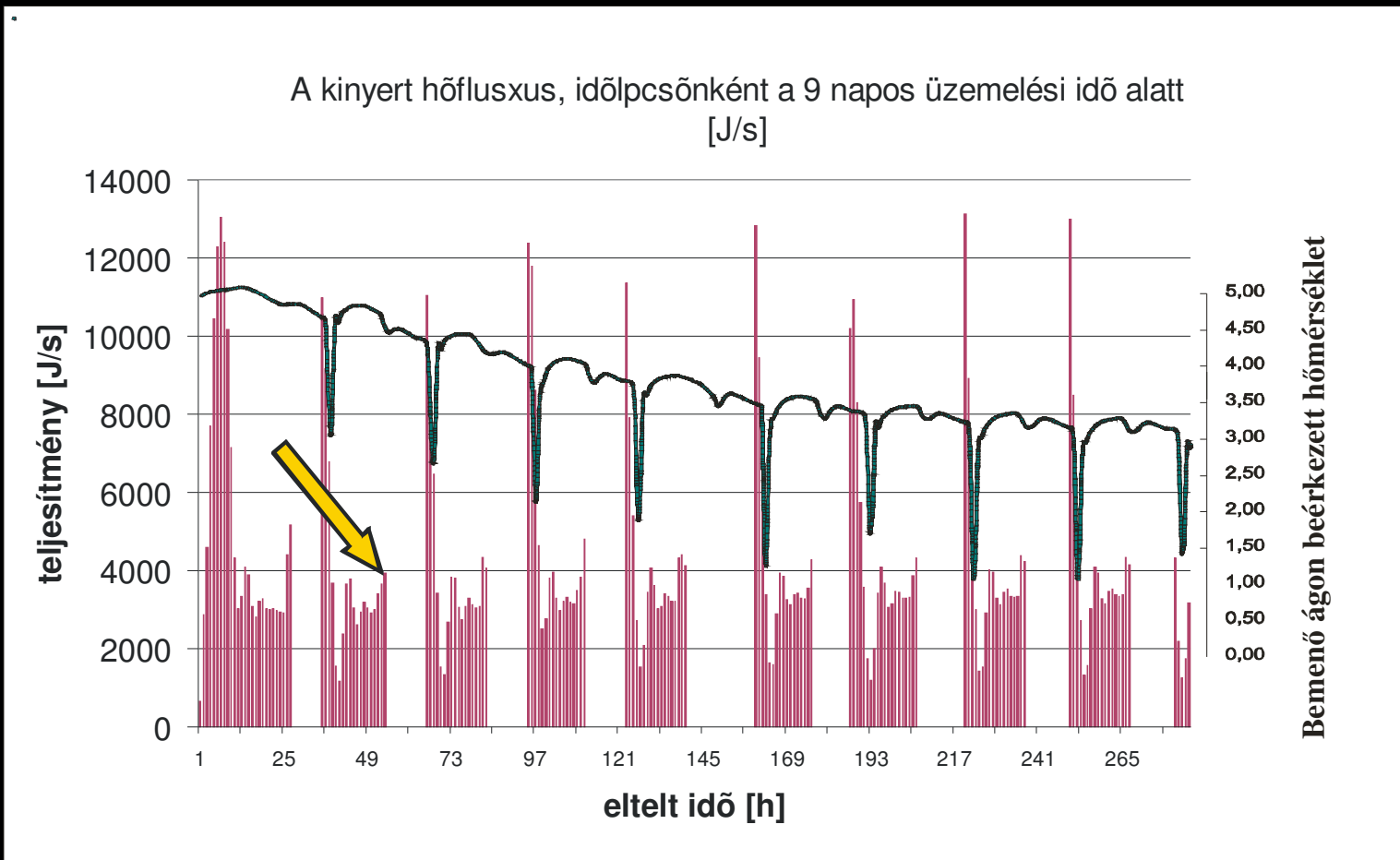
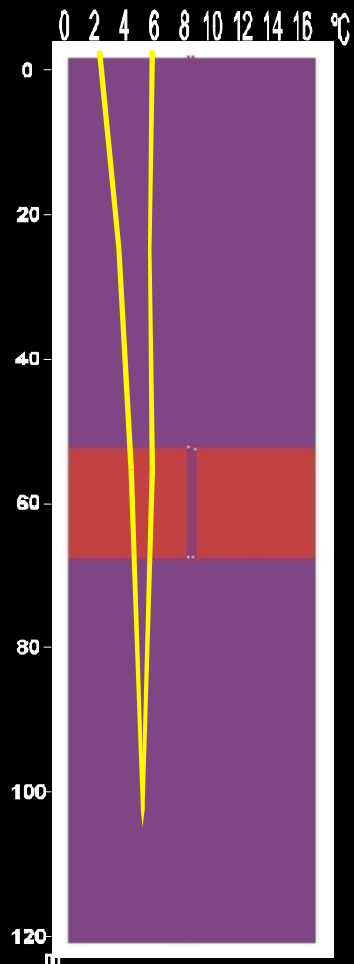




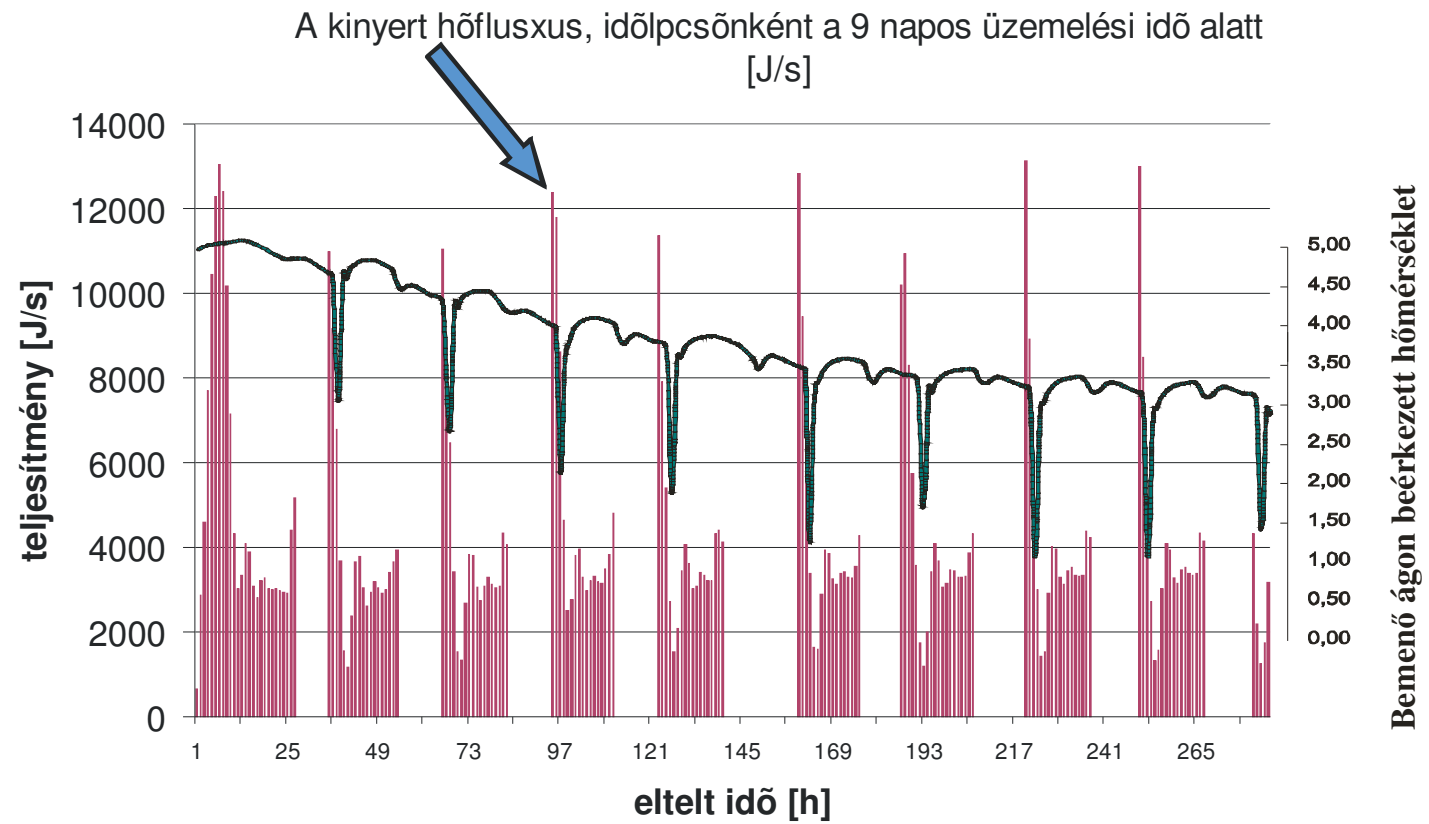
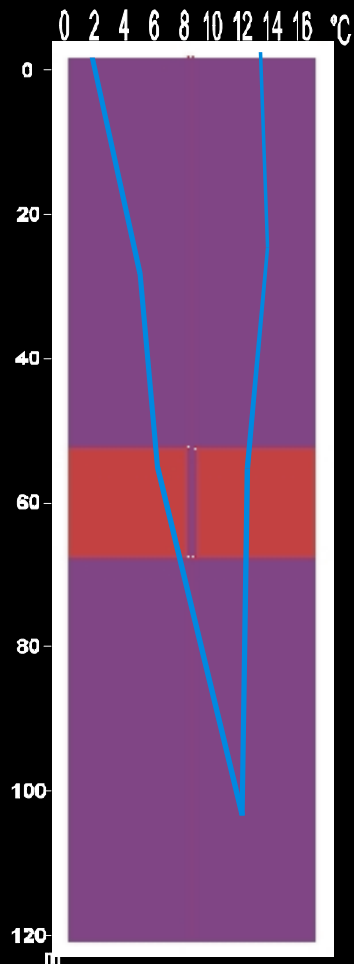
# Teljesítmény és vertikális hőmérséklet eloszlás



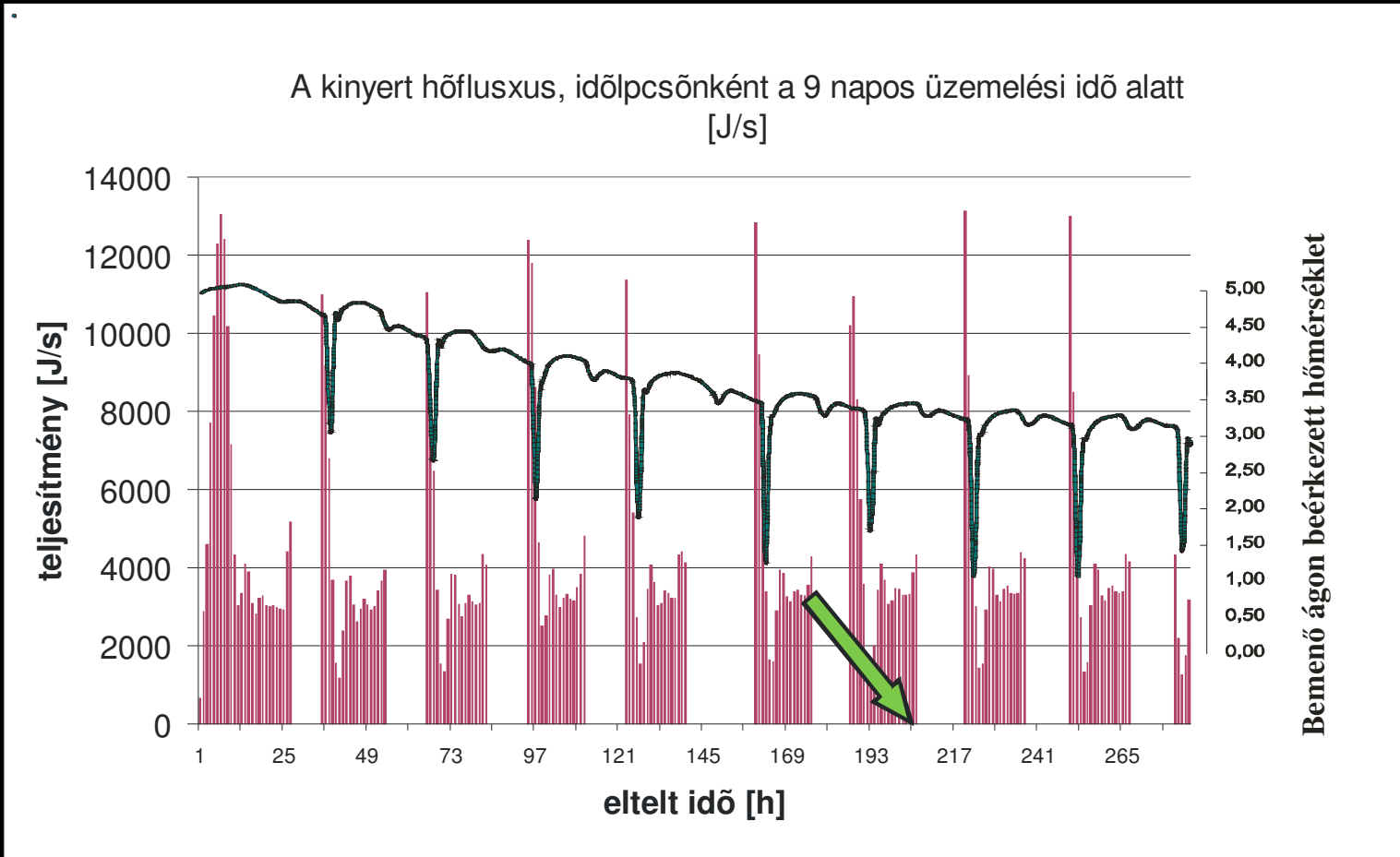
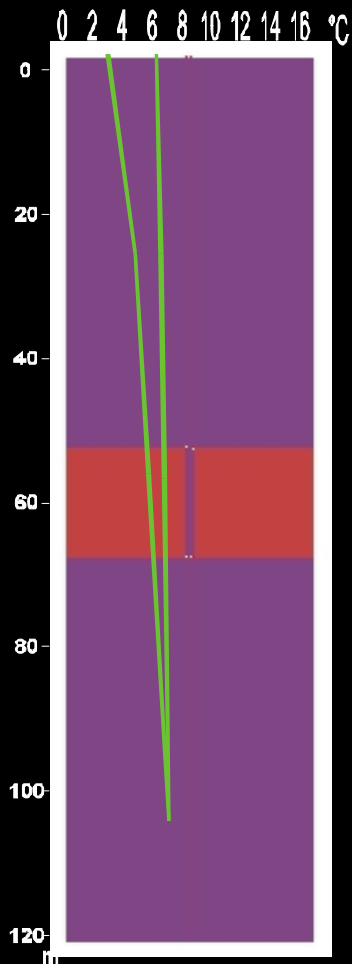
# Teljesítmény és vertikális hőmérséklet eloszlás



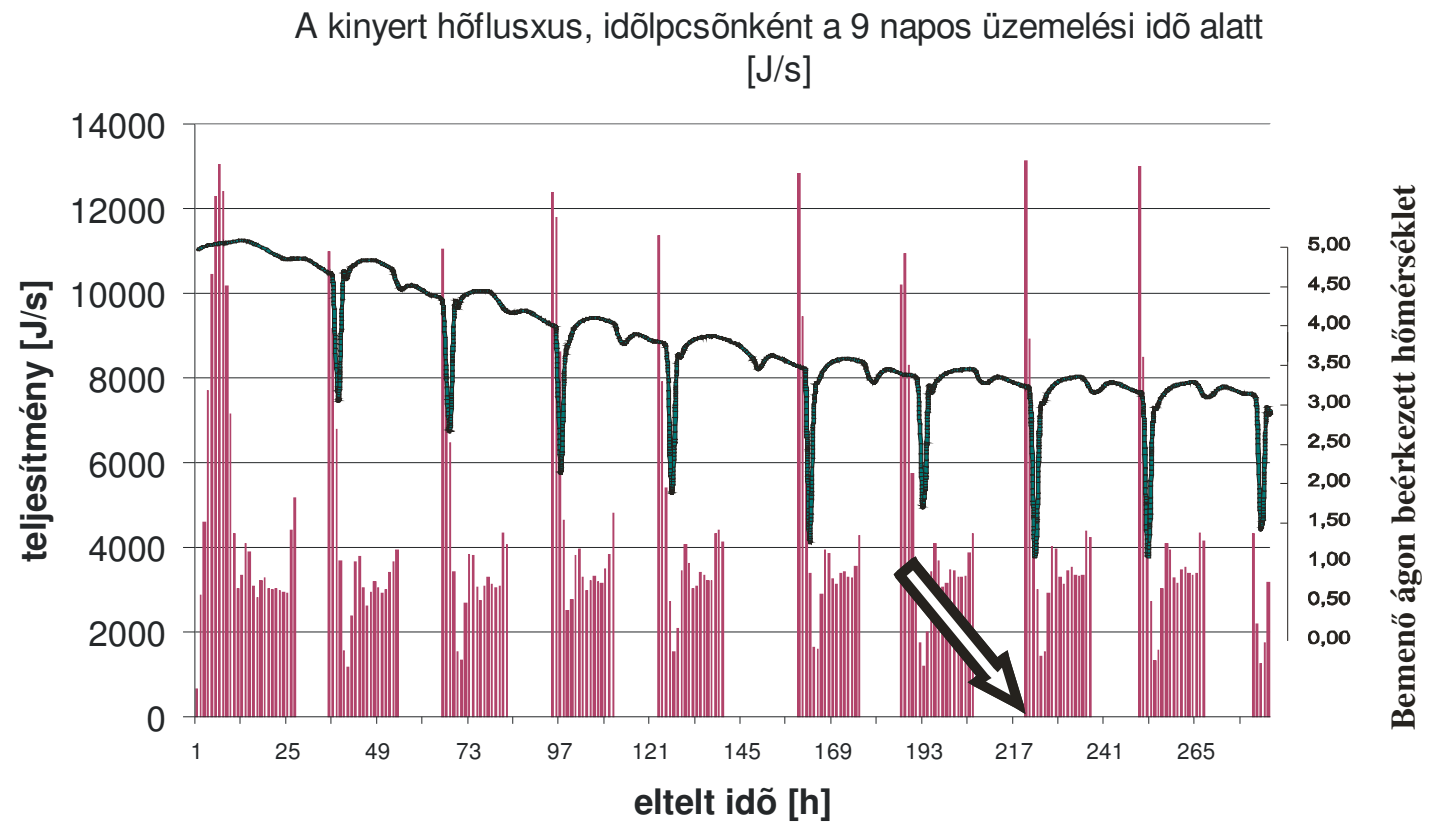
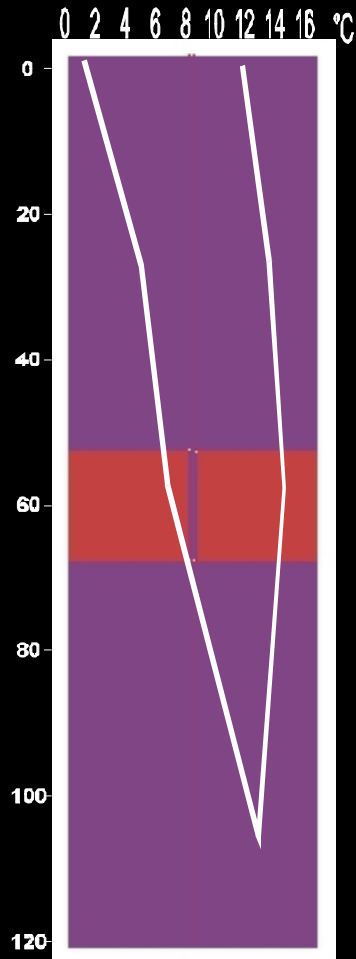
# Teljesítmény és vertikális hőmérséklet eloszlás



# Teljesítmény és vertikális hőmérséklet eloszlás



# Teljesítmény és vertikális hőmérséklet eloszlás



## Véges elemek számának csökkentési lehetőségei I.

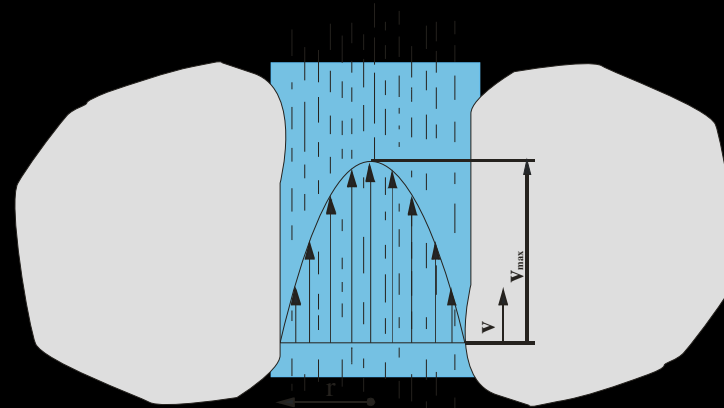
- Folyadék sebességvektorának kiszámítása – Re szám – Meghatározza a konvektív hőátadással átadható hő mennyiségét

- Porózus környezetben  $Re < 1$

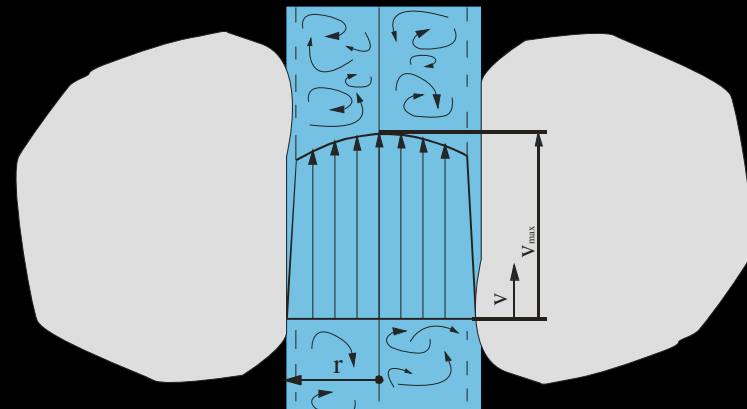


Darcy törvény

- Csövekben  $Re < 2300$   
Lamináris áramlás –  
Hagen - Poiseuille törvény

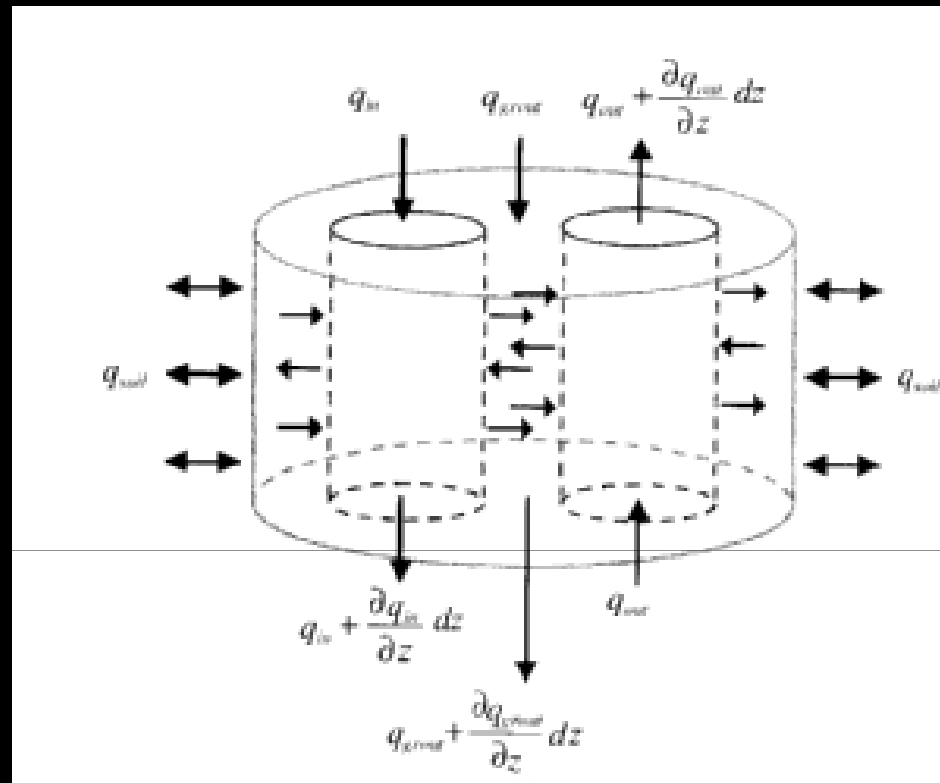


- Csövekben  $Re > 2300$   
turbulens áramlás –  
részecskék rendezetlen mozgása



## Véges elemek számának csökkentési lehetőségei II.

- 2D cella alkalmazása
  - csőben a sugár irányú hőmérséklet változások elhanyagolása
  - a cső hőt szállít vertikális irányban
  - a csőfal hőt ad le és vesz föl horizontális irányban
- A hőátadási tényező a Pe szám függvényében változik – ily módon egyszerűsödik és érvényesül a konvektív és konduktív hőátadás alapegyenlet rendszere

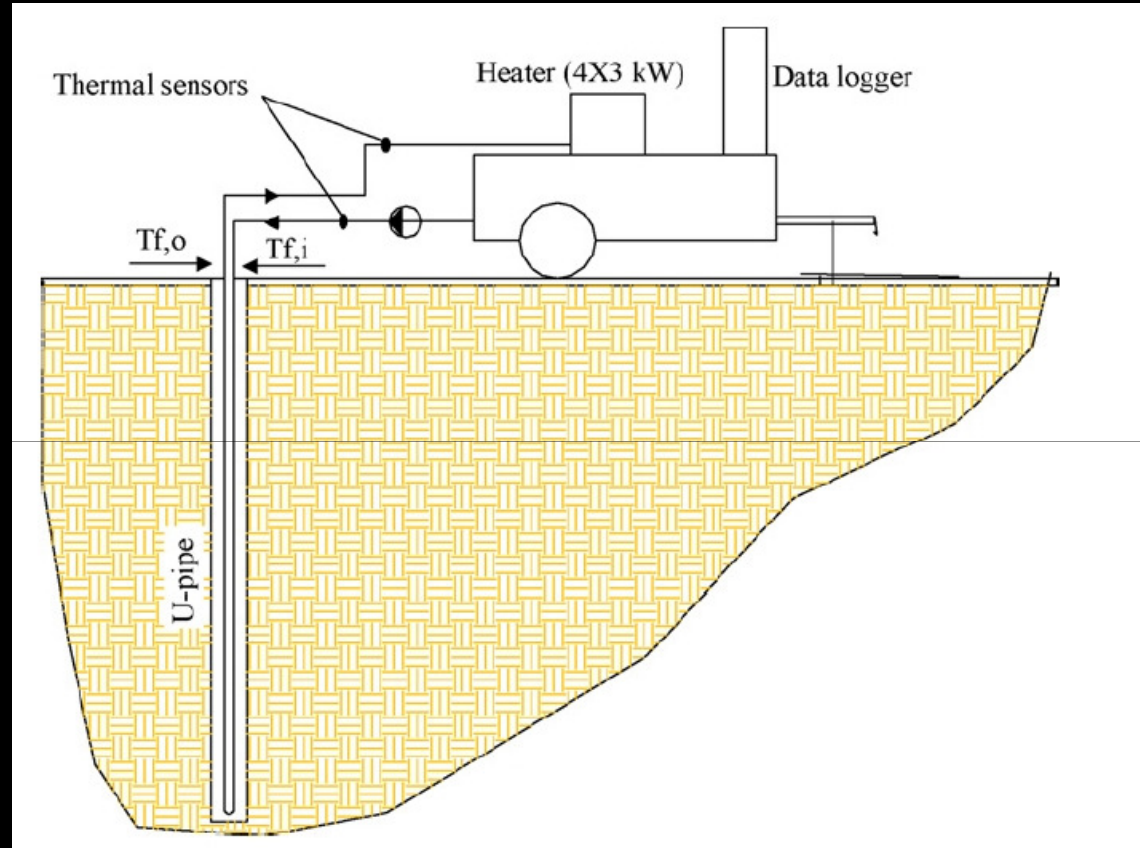


# TRT – teszt, kiértékelés, szélesebb körű kalibrációs lehetőségek

A teszt során előzetesen felmelegített folyadék a telepített földhő szondában kering és a hőmérsékletváltozást folyamatosan mérik.

A teszt során regisztrálják a belépő és kilépő folyadék hőmérsékletét, a külső hőmérsékletet és a fűtési teljesítményt.

Mindez lehetővé teszi, az adatok felhasználását kalibráció céljára

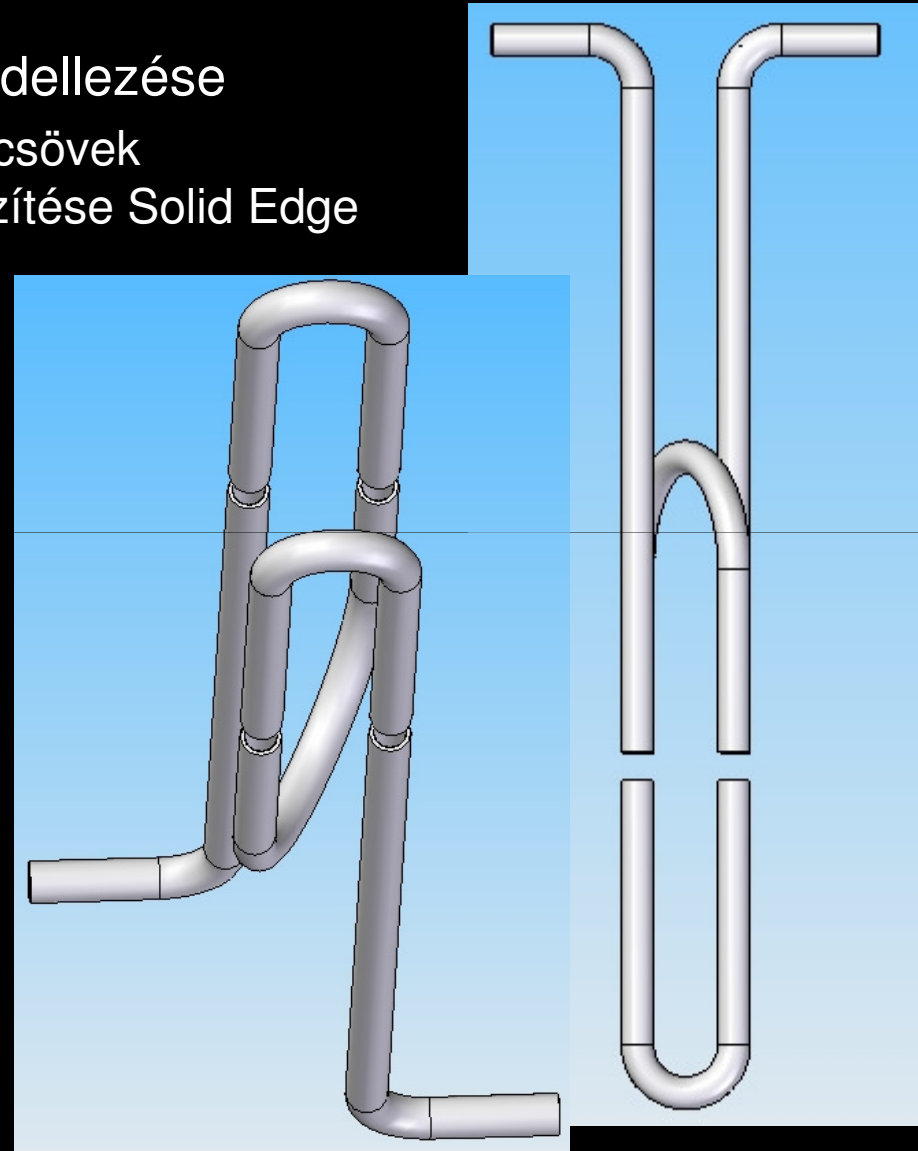
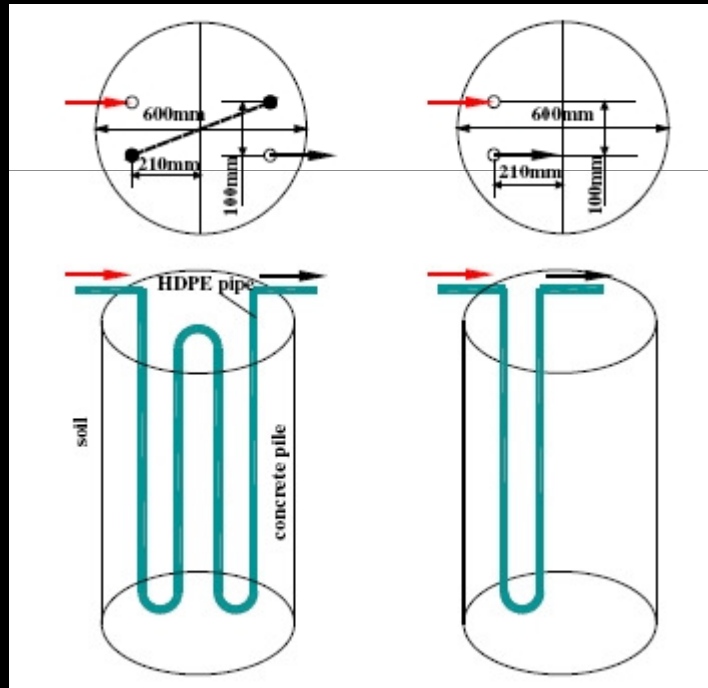


$$T_f(t) - T_0 = \frac{q_c}{4\pi\lambda} \left( \ln\left(\frac{4\alpha t}{r_b^2}\right) - \gamma \right) + q_c \times R_b = \frac{q_c}{4\pi\lambda} \ln(t) + q_c \left[ R_b + \frac{1}{4\pi\lambda} \left( \ln\left(\frac{4\alpha}{r_b^2}\right) - \gamma \right) \right]$$



# További tervek

- Csőgeometria szerepének modellezése
  - Ehhez különféle geometriájú csövek méretarányos rajzának elkészítése Solid Edge programmal.



Alacsony és közepes entalpiájú geotermikus rendszerek hőtranszport modellezése

Alacsony <math>< 60 \text{ }^\circ\text{C}</math>

Közepes <math>< 150 \text{ }^\circ\text{C}</math>

Zárt

Nyílt

Nyílt

Zárt

Mérnöki megközelítés

Csőmodell

Nagyméretű mező

Hidrológiai megközelítés

Peremekkel befolyásolt porózus

Vetőkkkel befolyásolt repedezett

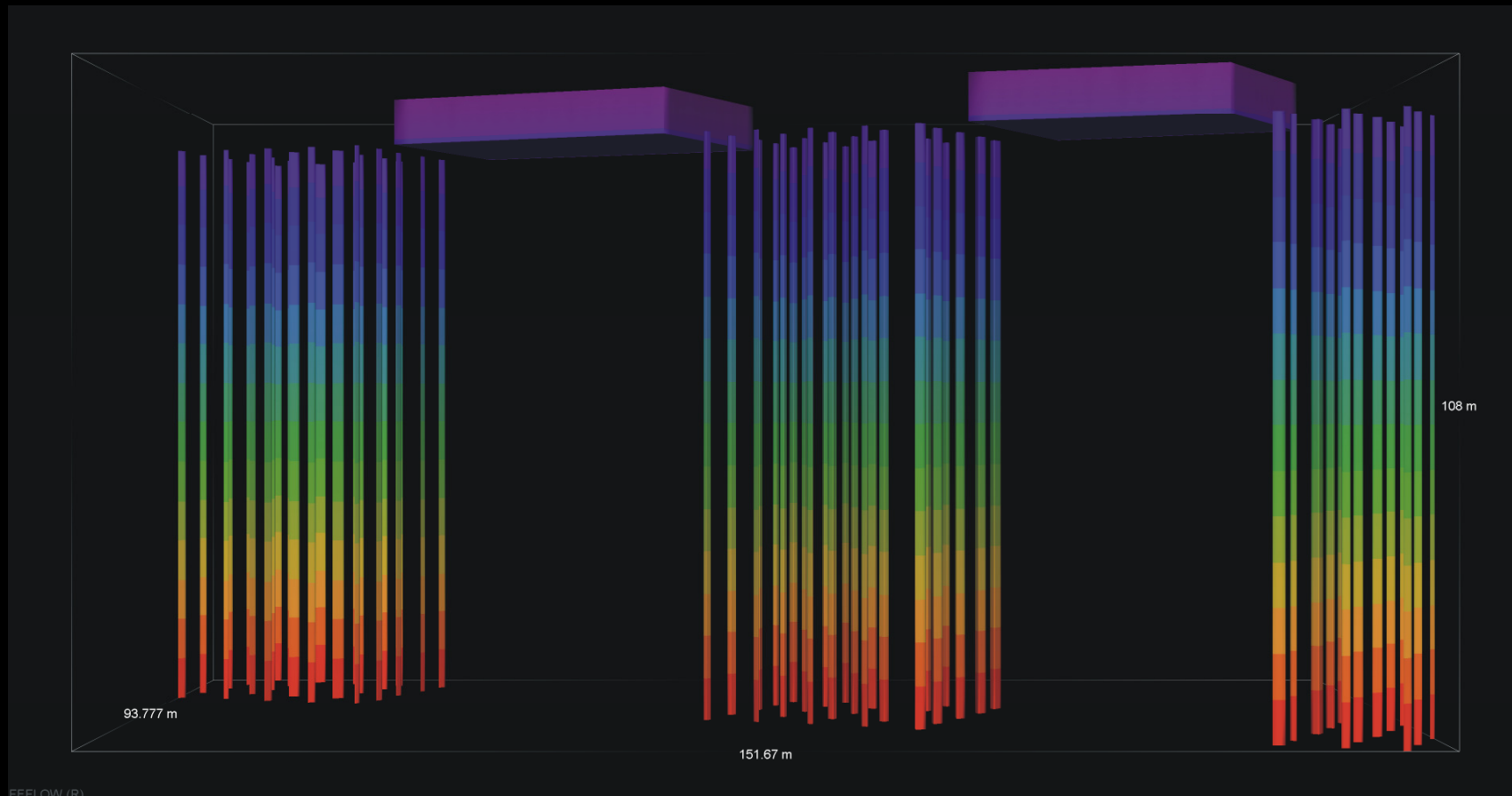
Kevert ammóniás

Koaxiális

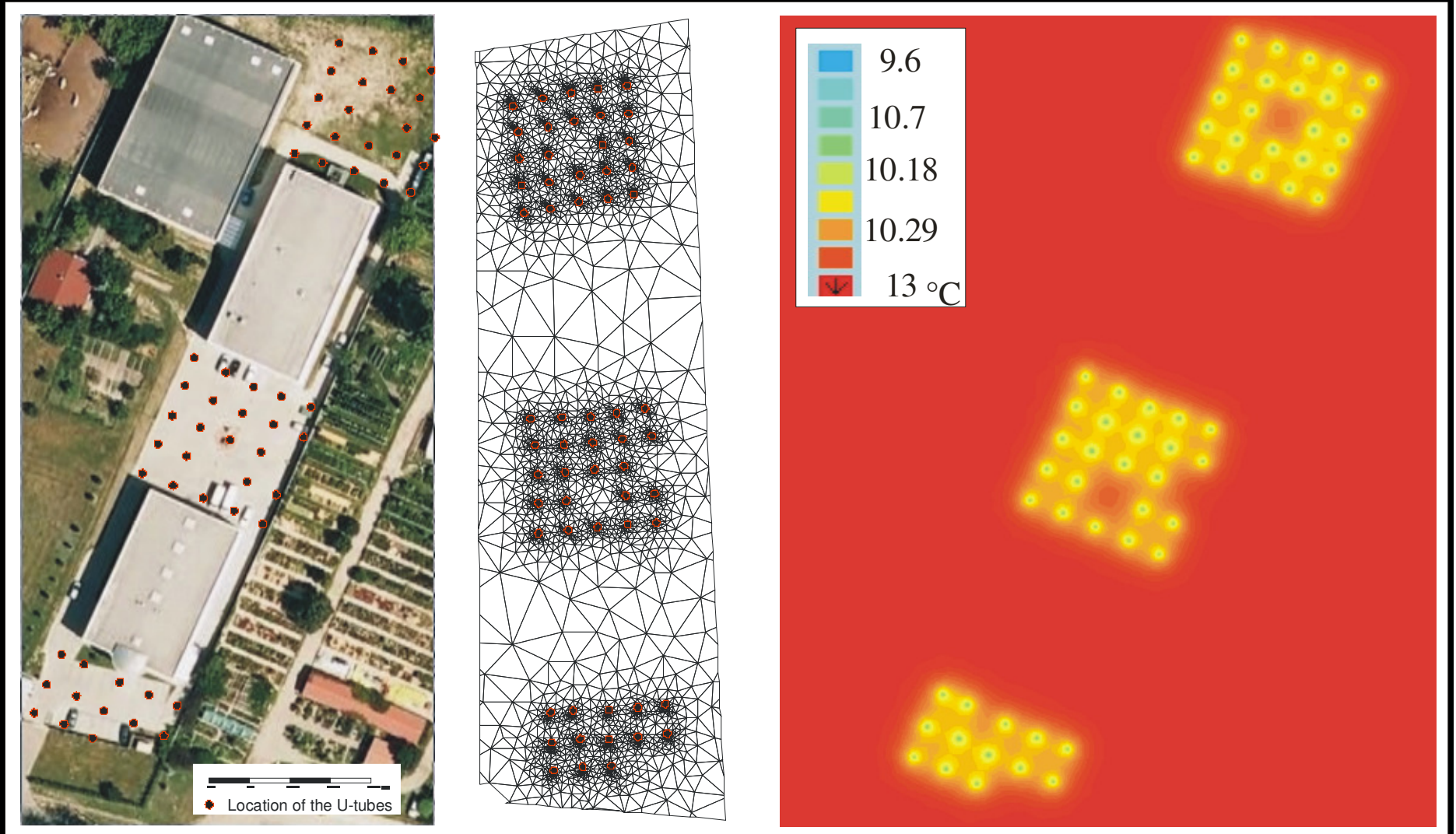
# Budapest X. ker. 60 szondás hőszivattyúmező modellezése véges elemes rendszerben

Hidro-Geodrilling Kft. –által létesített

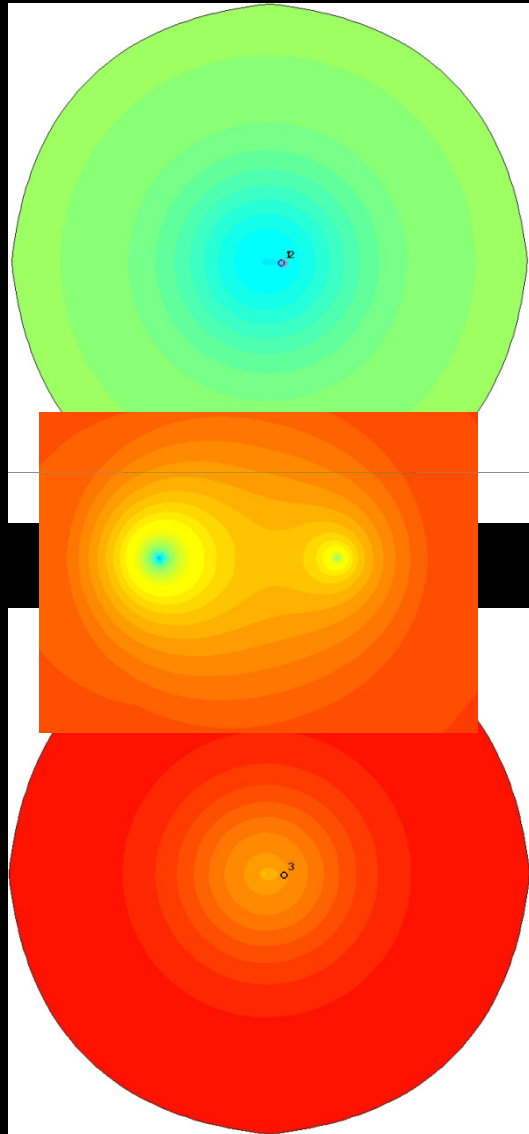
64 szondából álló hőszivattyú mező, több éven keresztül tartó folyamatos hőmérséklet méréssel (talajszonda monitoring rendszer) (Mo. –on ilyenből 3 db van)



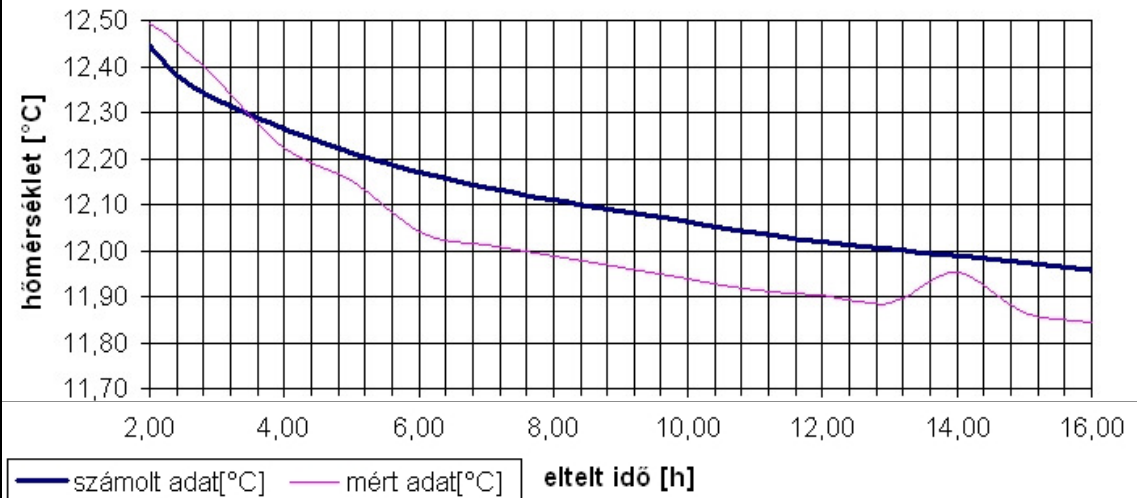
# Szondák egymásra hatásának vizsgálata



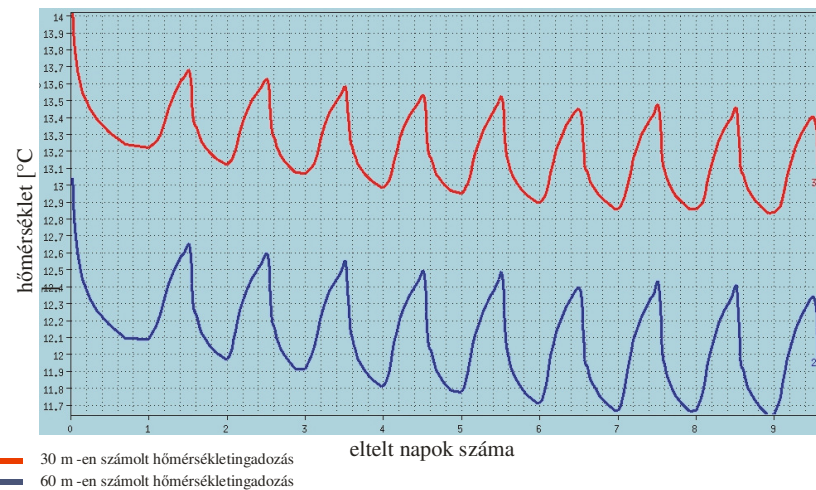
# Mért számolt adatok összevetése



Mért és számolt adatok összevetése 30 m mélységben, egy működési periódus alatt



A 9 napos működési idő alatt számolt hőmérsékletértékek, a hőcserélőcső mentén, 12 h működő és 12 h szünetelő üzemmódban



**Köszönöm a figyelmet!**