

# Magyarország geotermikus ásványkincse

**Szanyi János – Kovács Balázs**

Geotermikus Koordinációs  
és Innovációs Alapítvány

Miskolci Egyetem  
Hidrogeológia Intézet



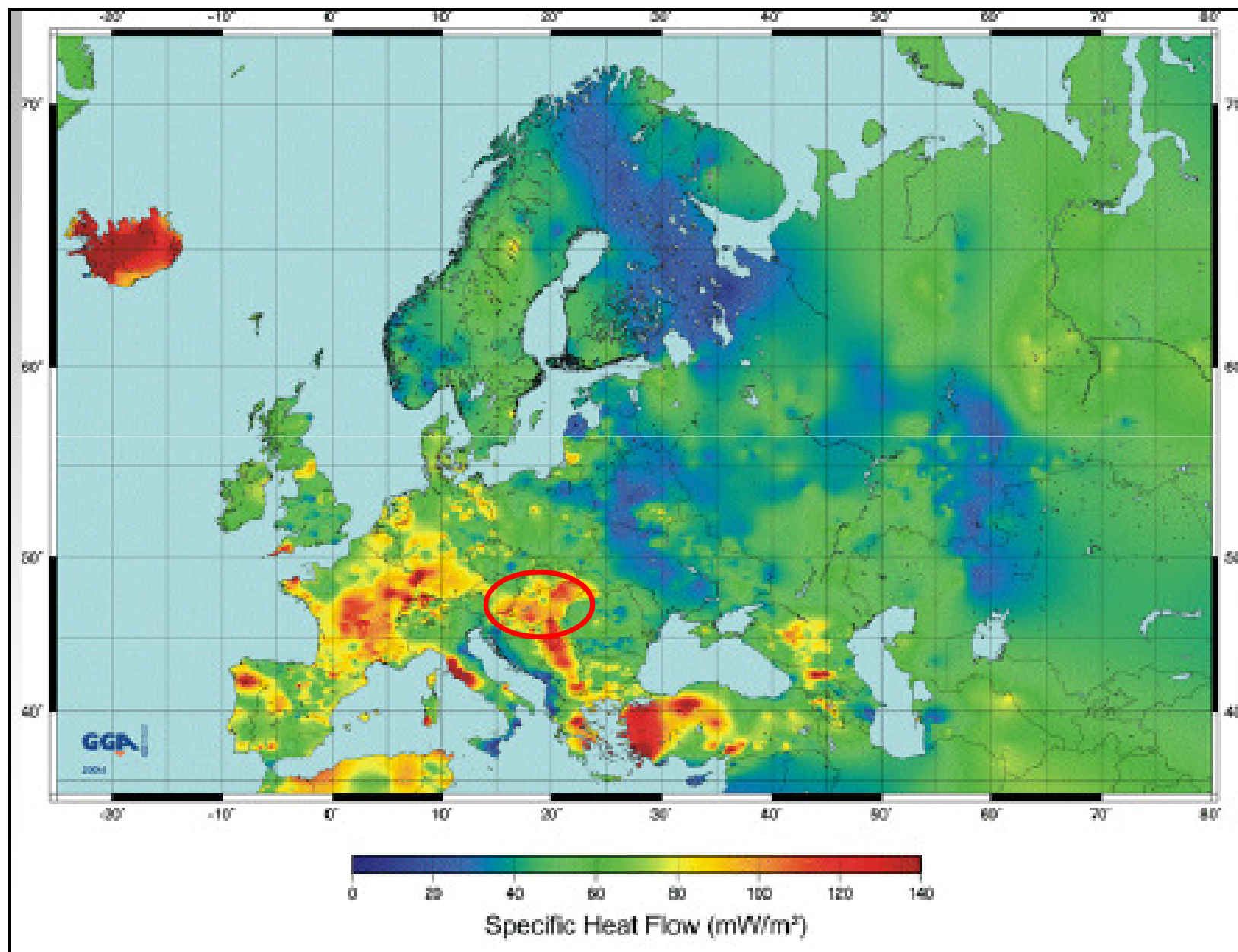
# Bevezetés

- Az energia egyik formája a hő, vagy hőmennyiség
- Ennek földbeli eloszlásával és mennyiségének vizsgálatával a geotermika foglalkozik
- Mivel a Föld hőmérséklet-eloszlása nem homogén, ezért az egyes régiók között hőátmenet/hőterjedés valósul meg. A hőátmenet a különböző hőmérsékletű testek közötti energia átmenet hőenergia formájában.
- A hő (hőmennyiség) egyik testről vagy helyről más testre vagy helyre lényegében háromféle módon juthat. Például a forró teába tett kanál kiálló vége a **hővezetés (kondukción)** folytán melegszik fel, az alulról melegített víz felső rétegei elsősorban a víz áramlásával kapcsolatos **hőáramlás (hőkonvekcion)** miatt válnak meleggé, az izzólámpa vagy napsugarak útjába helyezett hőmérő pedig túlnyomórészt a **hősugárzás (radiáción)** miatt mutat felmelegedést.

# A geotermikus energia

- A földhő tulajdonképpen az astenoszféra felől a litoszféra felé áramló hő
- A hőáram oka: hőmérséklet különbség van (magban kb. 7000 °C hőmérséklet uralkodik). Ez az óriási hőmennyiség két módon keletkezik:
  - 4600 millió éve, bolygónk anyagainak kondenzálódása idején a belső részek rendkívül gyorsan felmelegedtek, mivel a sűrűsödő anyagok kinetikus energiája hőenergiává alakult.
  - a Föld belsejében hosszú bomlási idejű radioaktív izotópok találhatóak, mint a thórium 232, uránium 238, kálium 40. Ezek bomlása során hő szabadul fel, megközelítőleg  $5 \times 10^{20}$  Joule/év. Mivel a radioaktív bomlás mértéke exponenciálisan csökken, a Föld megalakulása után közvetlenül, a bomlásból származó hő ötszöröse lehetett a mainak.
  - az astenoszféra konvekció-surlódása során is hő keletkezik
- A földi hőáram globális átlaga 87 mW/m<sup>2</sup>

# A földi hőáram eloszlása Európában



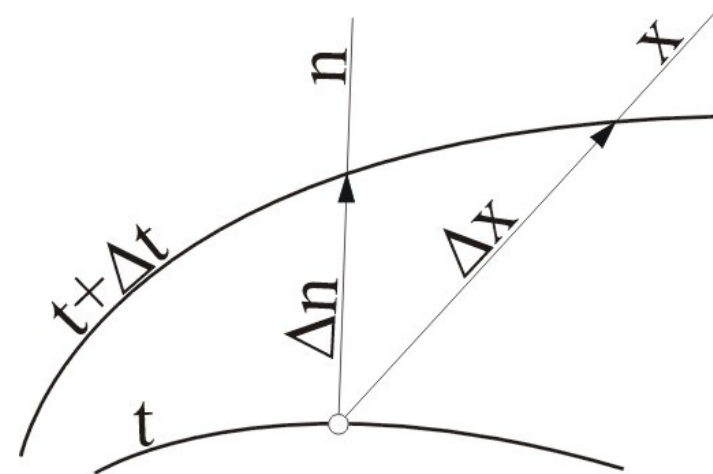
# Geotermikus gradiens

**Izoterma** Az azonos hőmérsékletű pontok mértani helye az izoterma. Mivel a tér egy pontjában nem lehet egyszerre két különböző hőmérséklet ezért az izotermák sohasem metszhetik egymást. A hőmérséklet változás, egy testben, mindig az izotermára merőleges felület pontjai között a legnagyobb (az izotermára fektetett normálison).

**Hőmérséklet gradiens:** a hőmérséklet változás és az izotermák normálisában vett távolság hányadosa. A hőmérséklet gradiens olyan vektor melynek iránya az izotermikus felület normálisának irányával egyezik meg

**Geotermikus gradiens** A litoszférában tapasztalható hőmérsékleti gradienst értjük alatta

Átlag: **2,5-3°C/100m**  
Mo-on **5°C/100m**



$$\lim_{\Delta n \rightarrow 0} \frac{\Delta t}{\Delta n} = \frac{\partial t}{\partial n} = \text{grad } t$$

# A fluidbázisú geotermikus rendszerek

- A hagyományos technológiák mellett a Föld hőjének felszínre hozásához valamilyen közvetítő anyagra van szükség, ami általában a víz (vagy gőz).

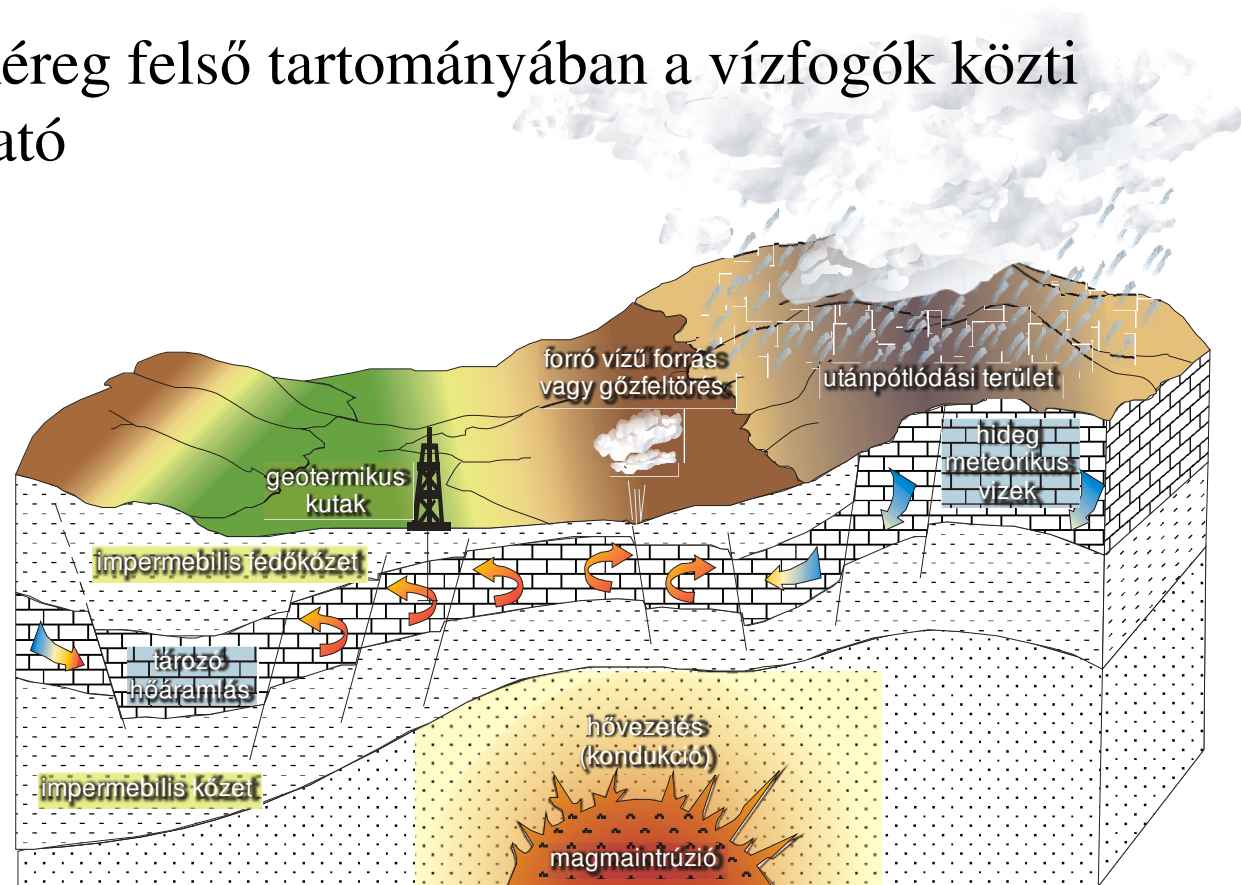
- Ez többnyire a kéreg felső tartományában a vízfogók közti víztartókban található

- Nem csak természetes fluidum lehet

pl:

**HDR (Hot Dry Rock)**

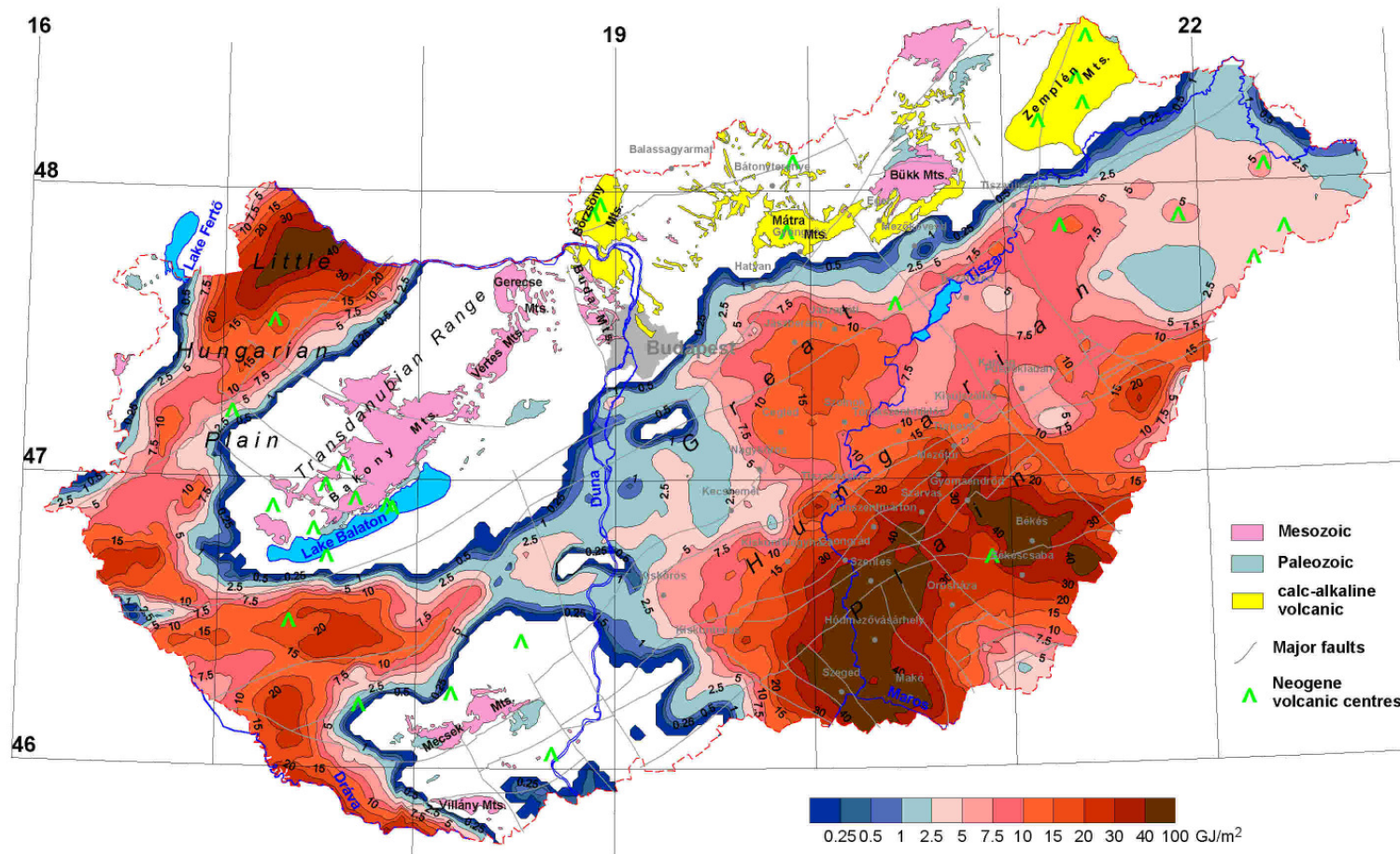
**Hőszivattyú (sekély)**





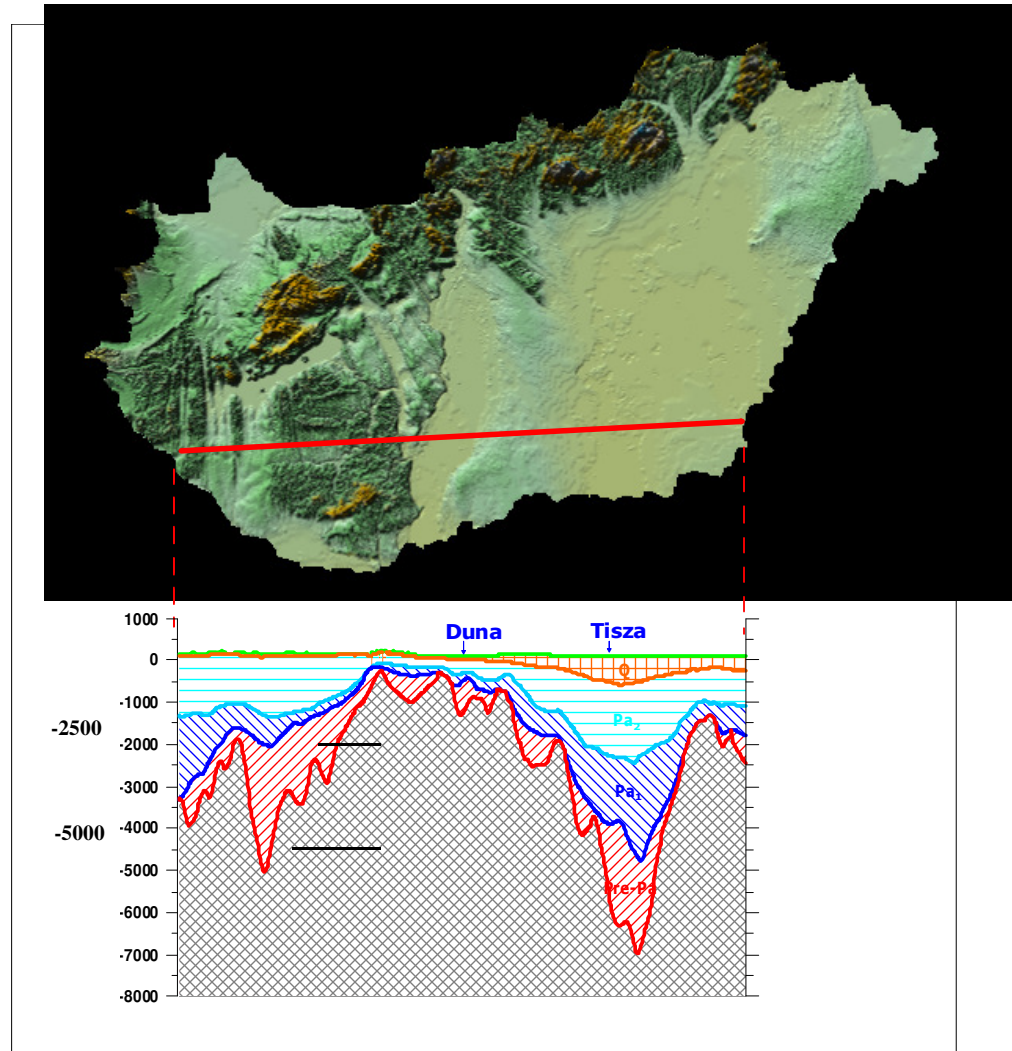
# Magyarország hévíztározó képződményei I.

1. A törmelékes üledékes kőzetekből álló **felső-pannon-kvarter rezervoár**, melynek legnagyobb mélysége ~2500 m. Ebben a mélységben a hőmérséklet 100-120 °C. Az ország kiterjedt részein akumulál jelentős geotermikus energiát, amint azt az ábrából leolvasható.



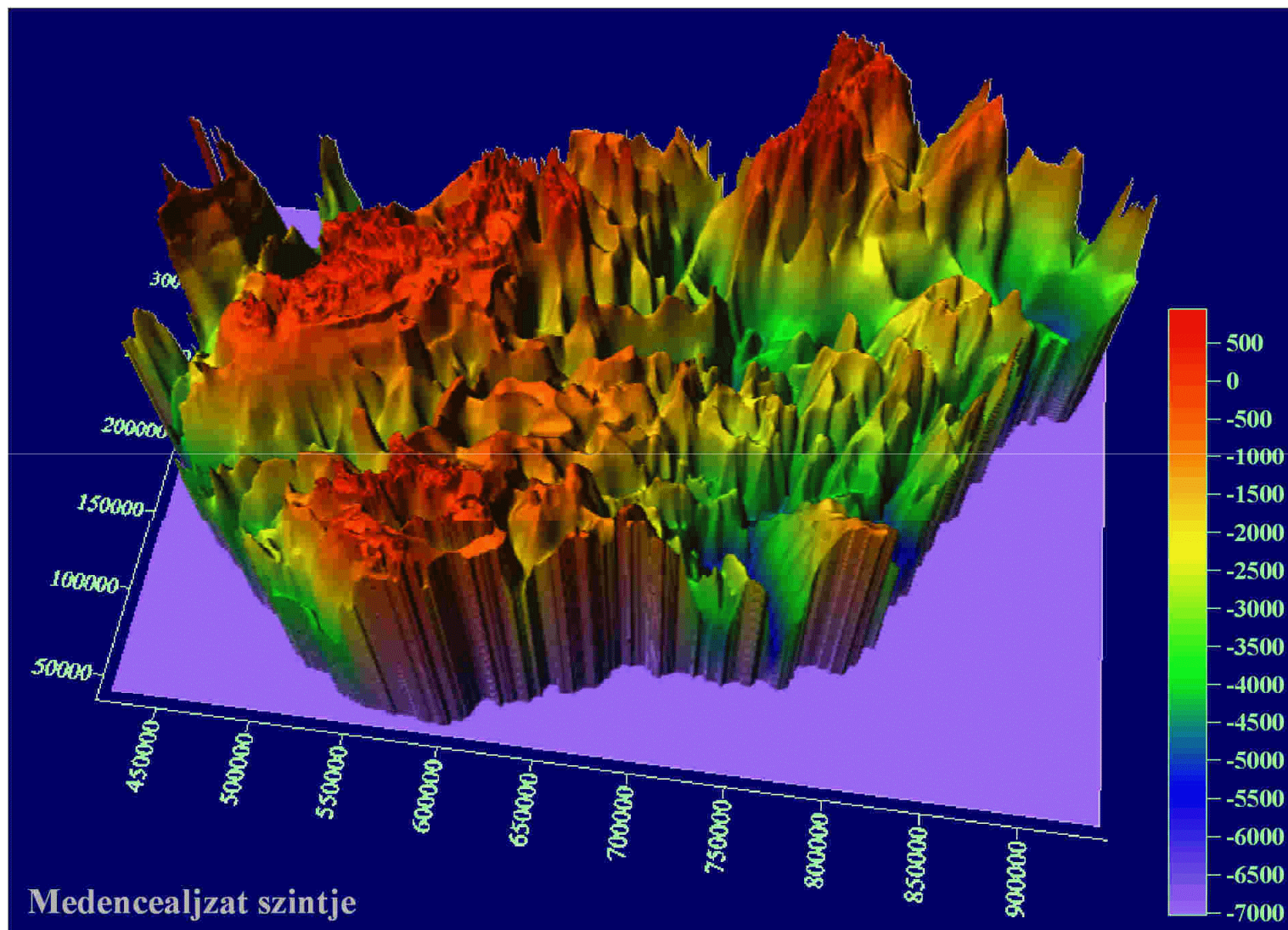
# Hőmérsékleteloszlás az Kárpát-medence üledékeiben

- Vizsgáljuk meg a Kárpát-medence üledékeinek hőmérséklet eloszlását

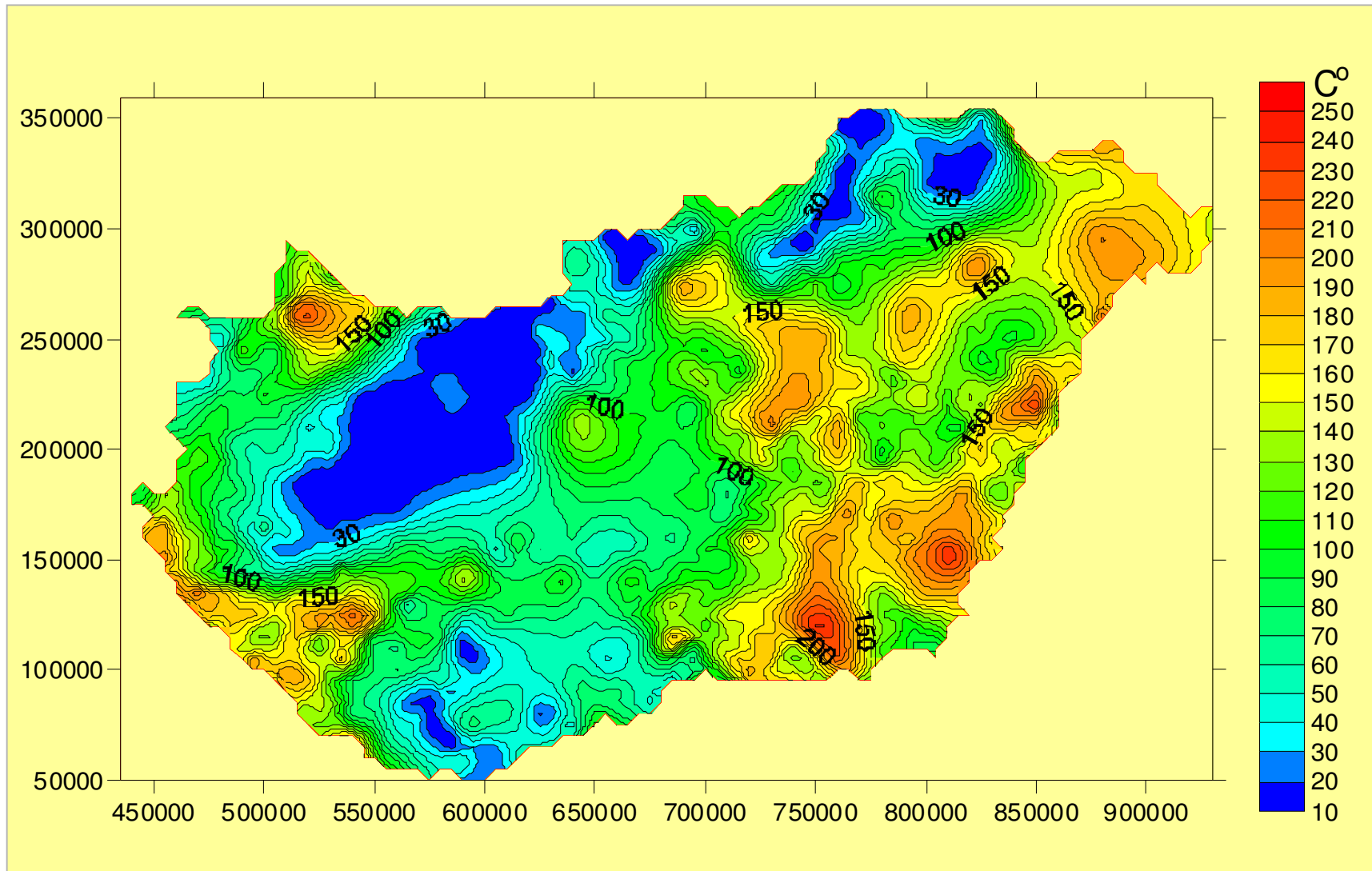




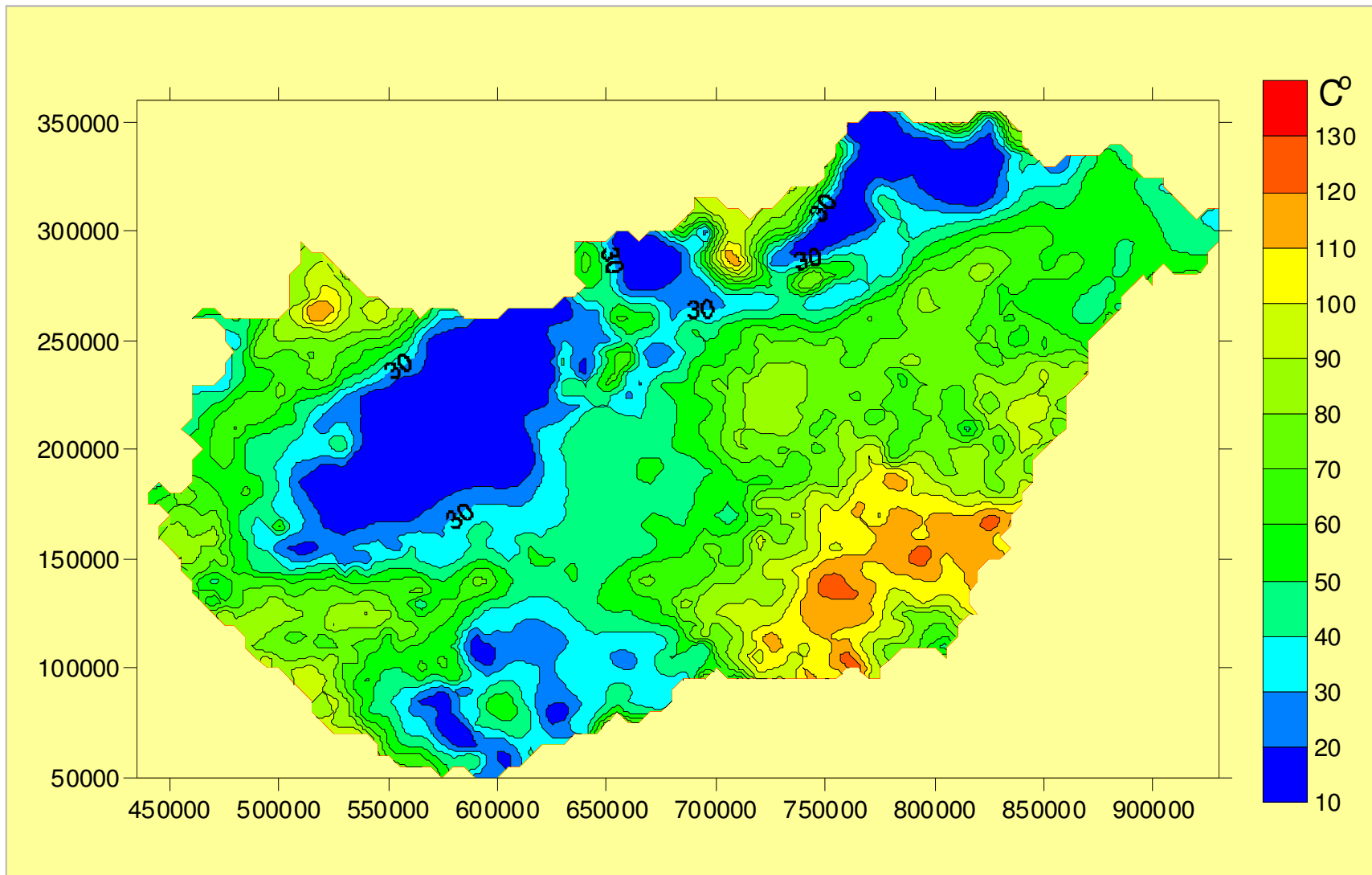
# A Kárpát-medence üledékeinek geometriája



# Hőmérséklet eloszlás az aljzat felszínén

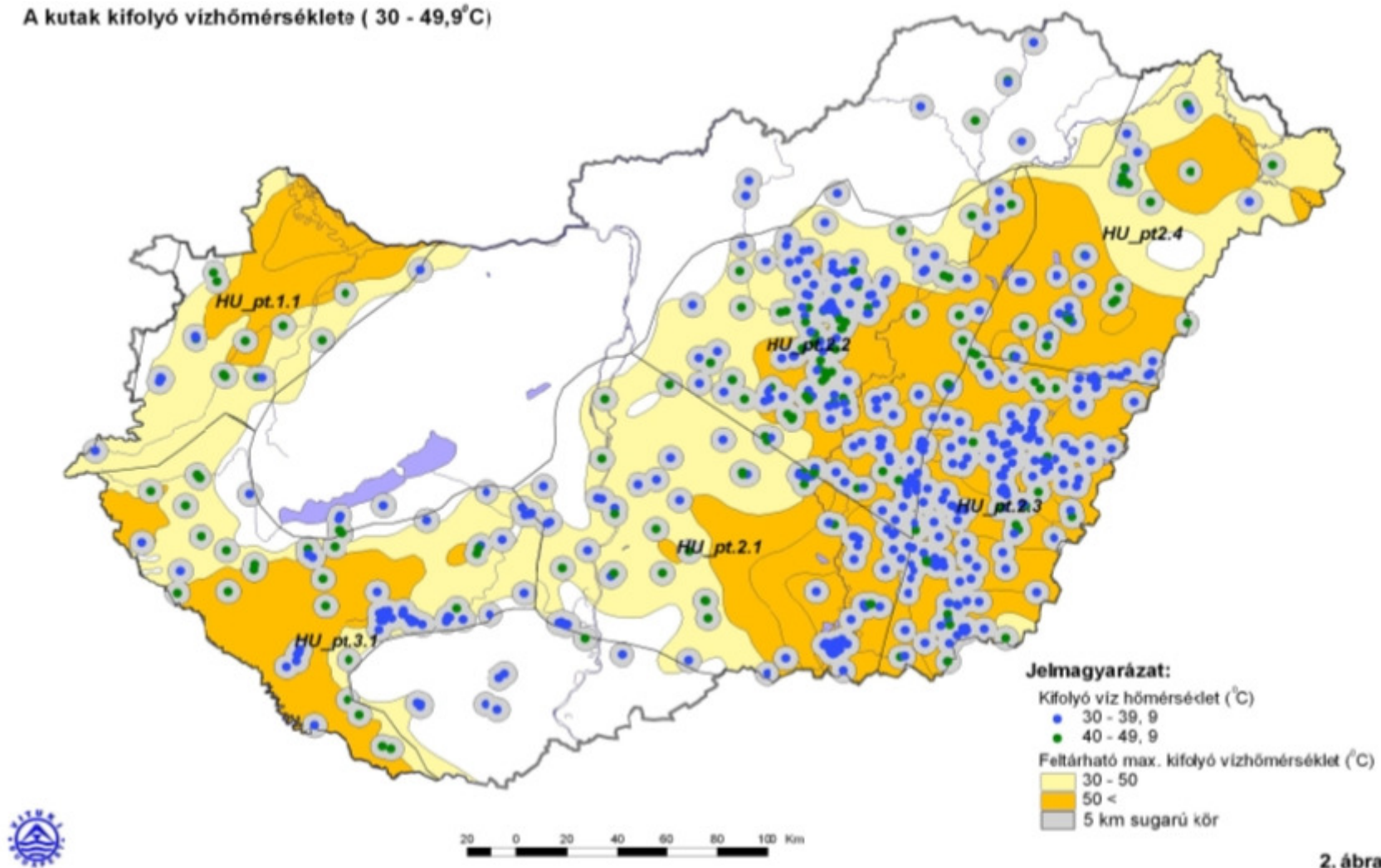


# Hőmérséklet eloszlás a felső-pannóniai réteg feküjében



# Porózus termákvíz testek

A kutak kifolyó vízhőmérséklete ( 30 - 49,9°C)

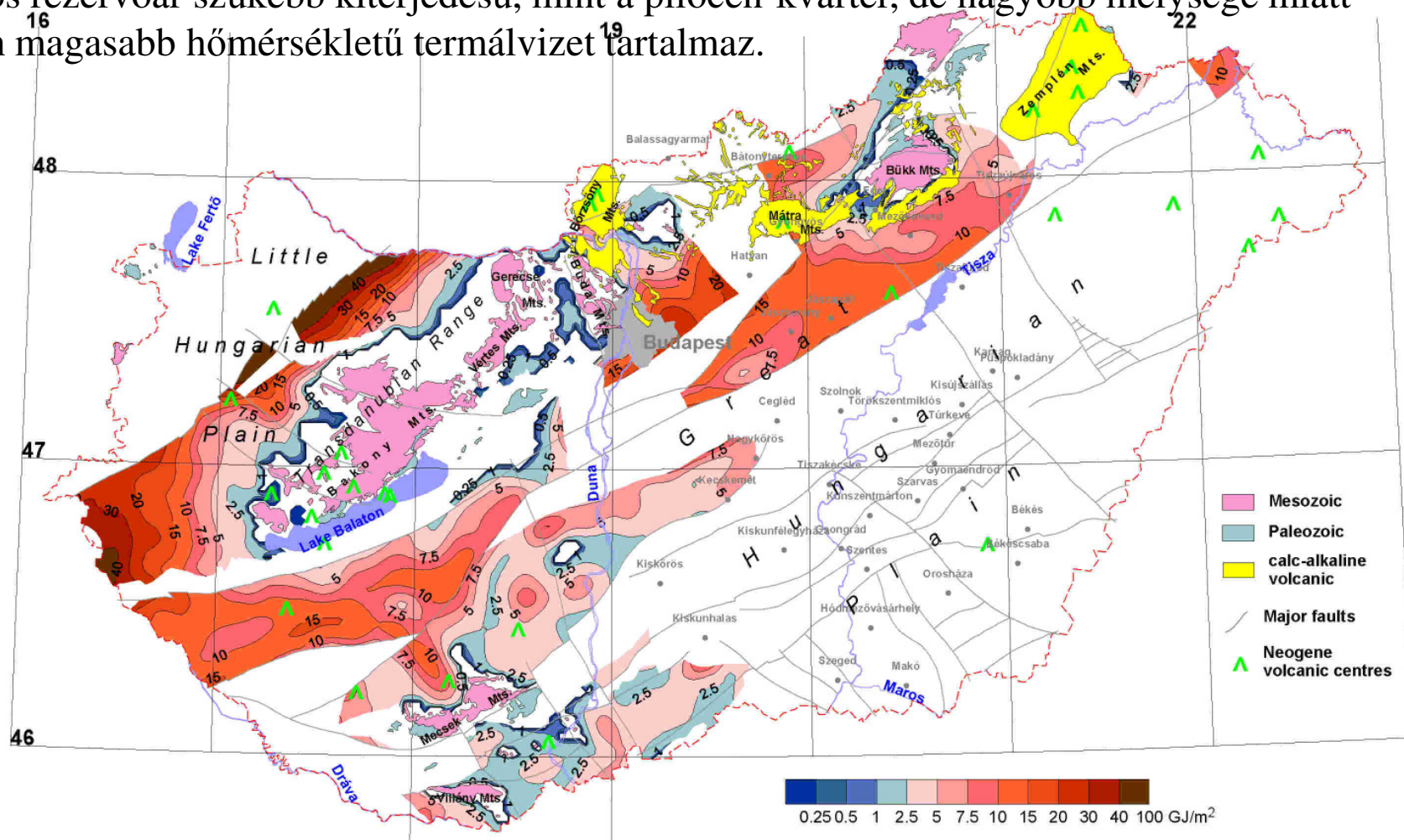


2. ábra



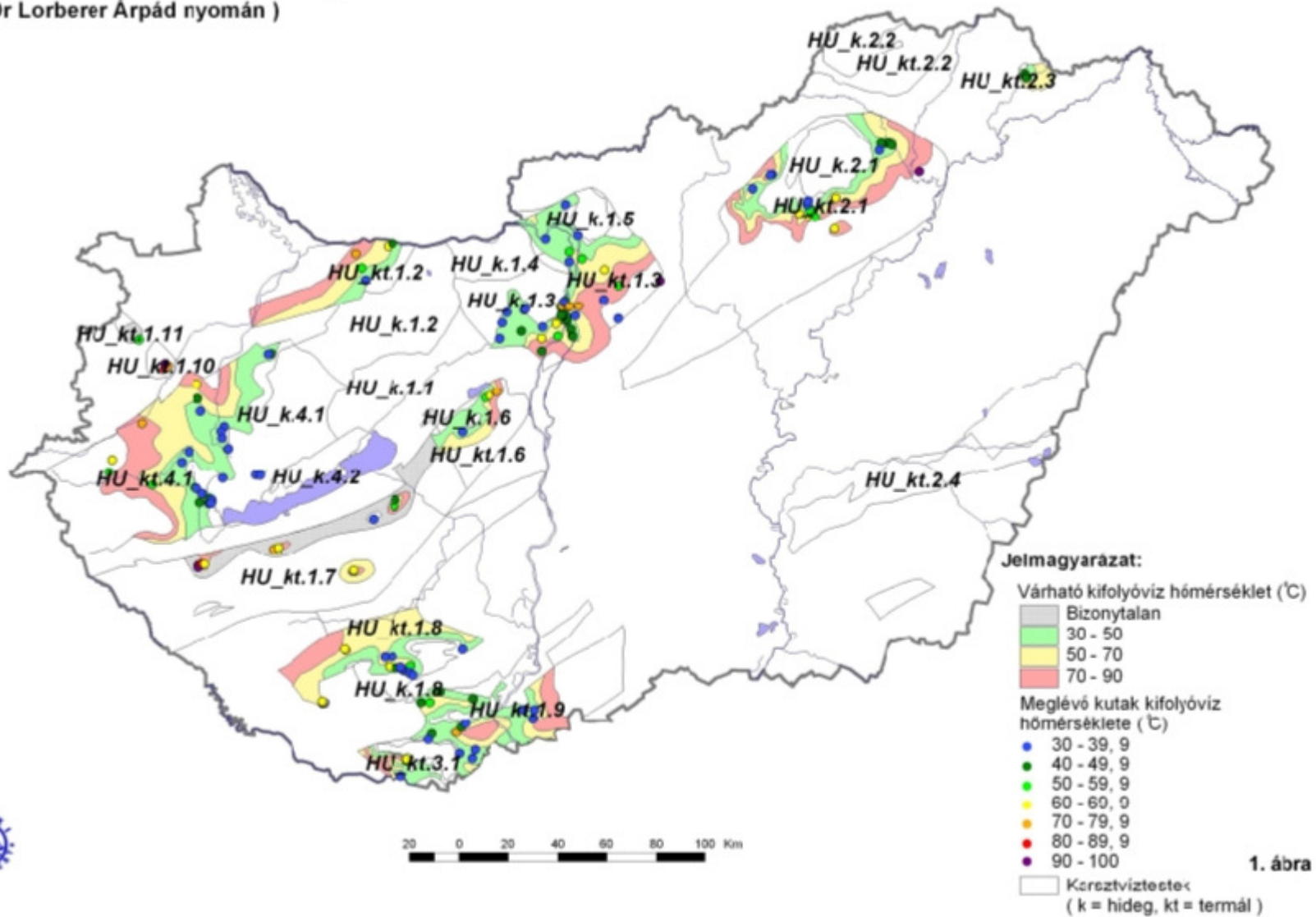
# Magyarország hévíztározó képződményei II.

2. A repedezett, karsztosodott **mezozóos karbonátok** alkotta **rezervoár**, amely az előzőnek az aljátát képezi. 3000 m-nél mélyebben található részein a hőmérséklet legalább 120 °C, de geokémiai termométerek szerint pl. Fábiansebestyénél a hőmérséklet 200 °C is lehet. A mezozóos rezervoár szűkebb kiterjedésű, mint a pliocén-kvarter, de nagyobb mélysége miatt általában magasabb hőmérsékletű termálvizet tartalmaz.



# Karsztos termálvíz testek

( Dr Lorberer Árpád nyomán )



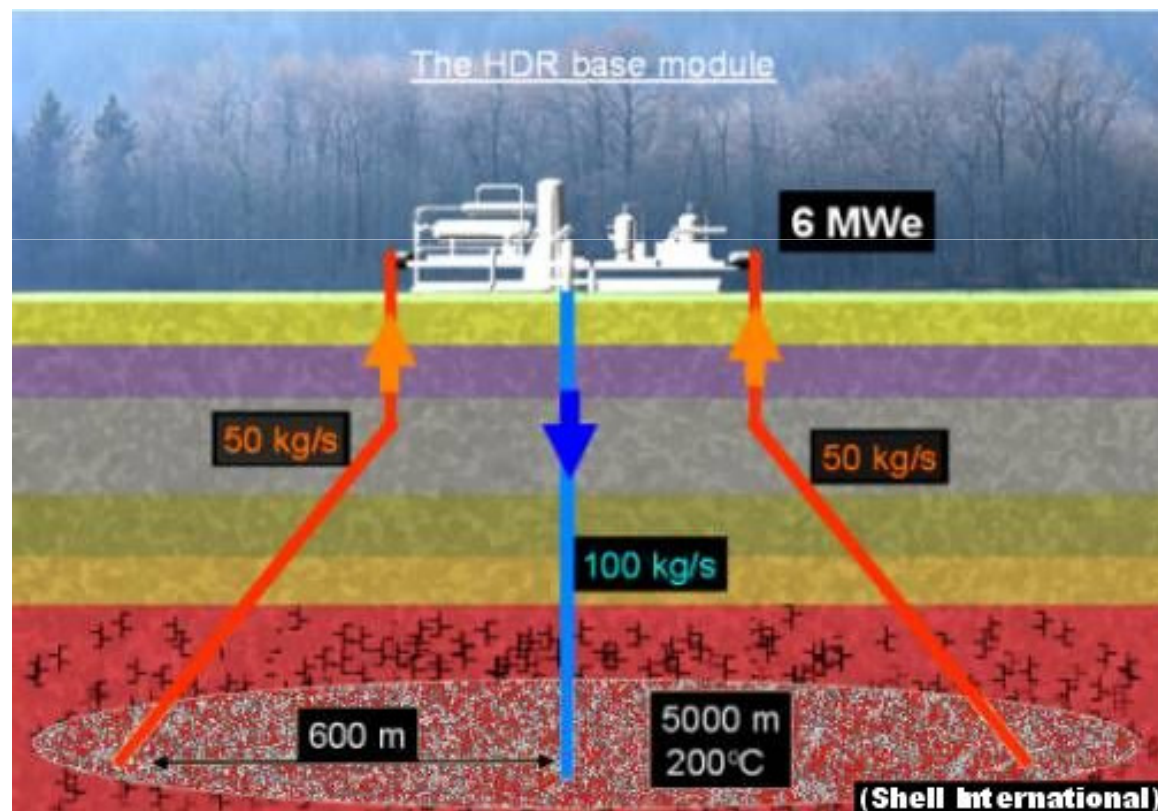


# Magyarország hévíztározó képződményei III.

## 3. Mesterségesen kifejlesztett földhőrendszer (Enhanced Geothermal Systems, EGS)

Jelentősebb elektromos teljesítményt leadó (többször 10 Mw) geotermikus erőműveket a jelenleg ismert technológiákkal csak  $>200\text{ °C}$  rezervoárokból lehet termelni.

Ehhez a hőmérséklethez tartozó mélységtartományban azonban általában már nincs elegendő kitermelhető termálvíz. Ezekben az esetekben a nagy mélységben repesztéssel összenyitott kutakból a felszínről keringetett folyadékkal hozhatjuk fel a hőt. Hasonló EGS projektre a térkép tanúsága szerint Magyarország nagy területein kedvezően sekély (3500-4000 m) mélységben nyílhat lehetőség.



# Geotermikus energiahasznosítás I. hőszivattyúk.

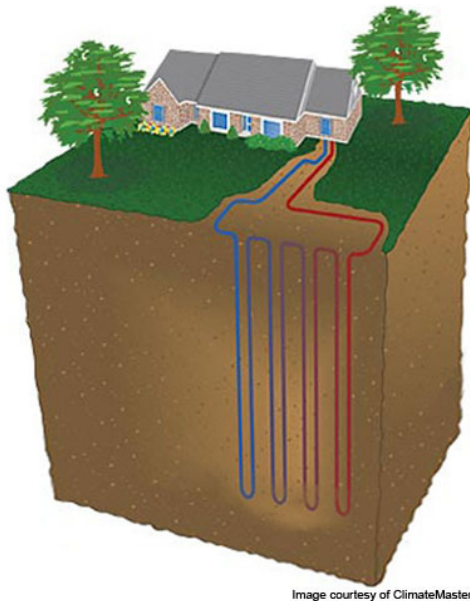
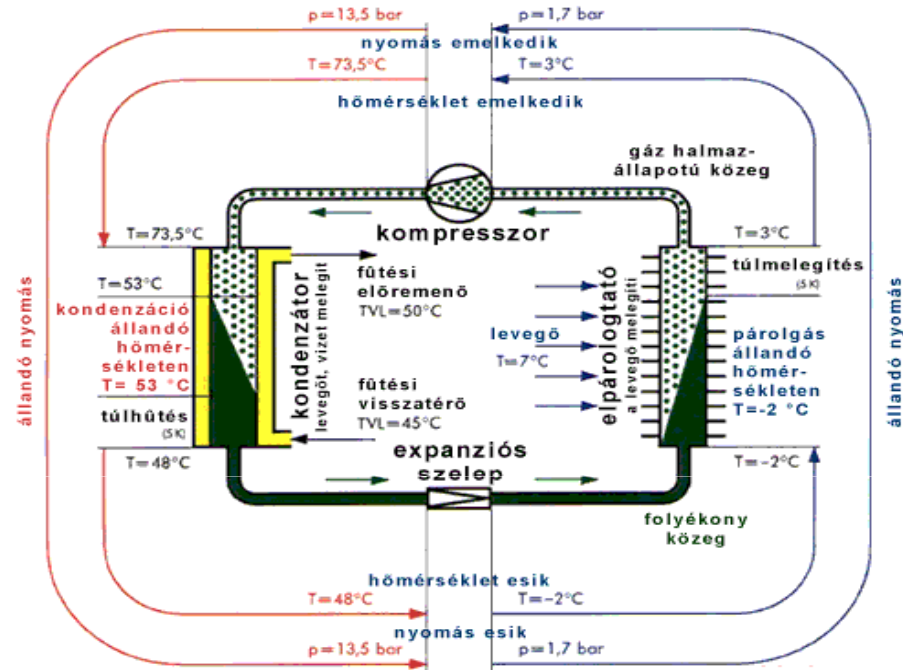


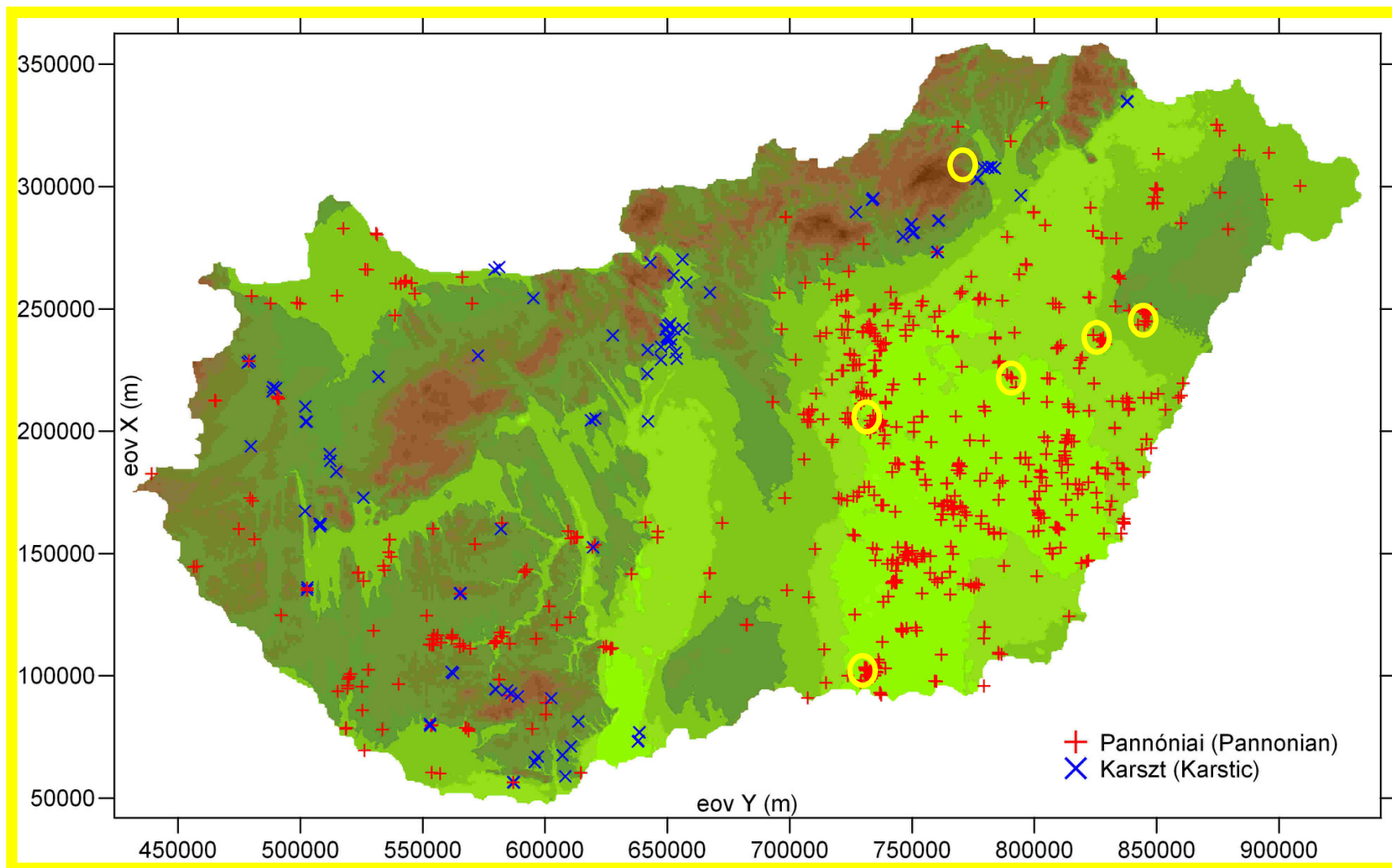
Image courtesy of ClimateMaster



Az alacsony hőfokú geotermikus energia hasznosítása leggyakrabban hőszivattyúval történik.

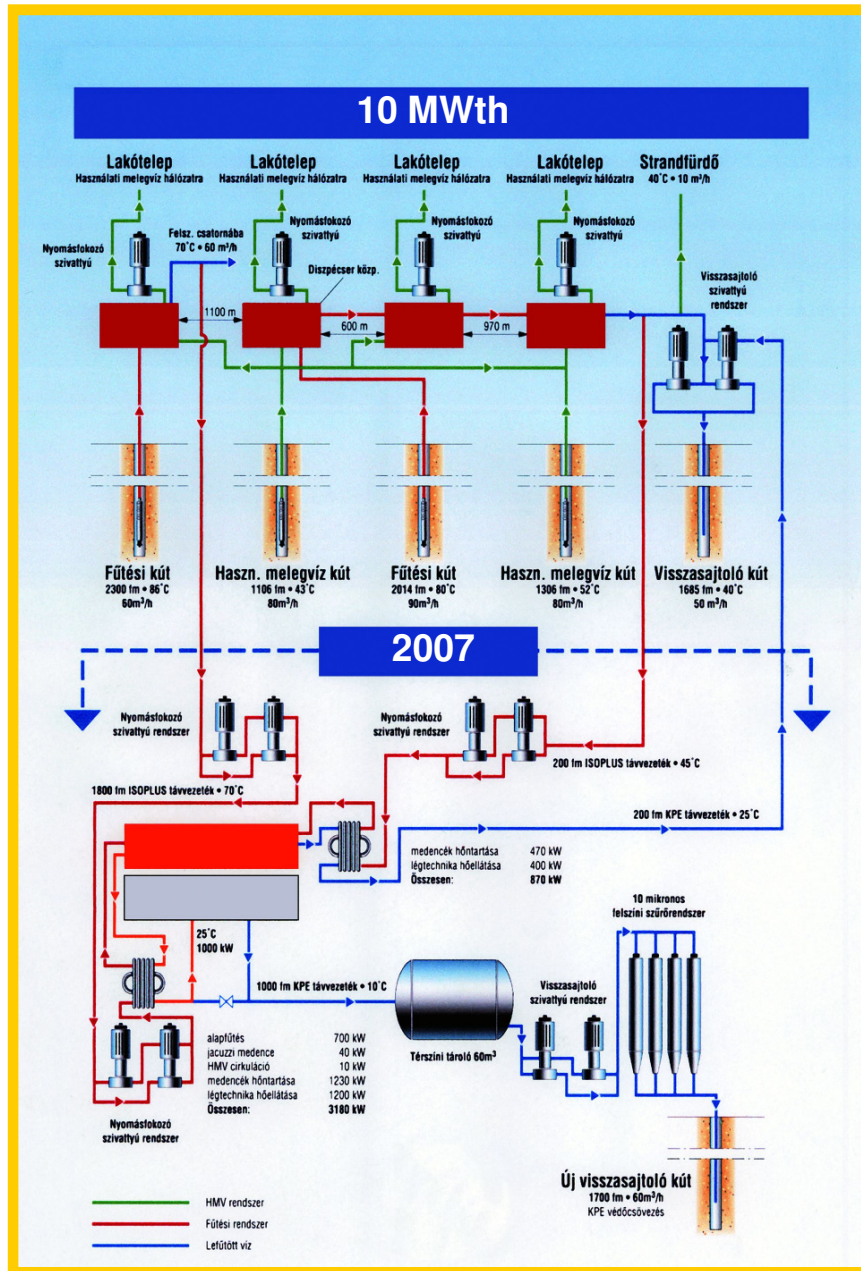
A hőszivattyú egy nagy teljesítményű klímagép, amely az alacsonyabb hőmérsékletű közegben felvett hőt – elektromos áram felhasználásával – magasabb hőmérsékletű közegben adja le.

# Geotermikus energiahasznosítás I. termálkutak



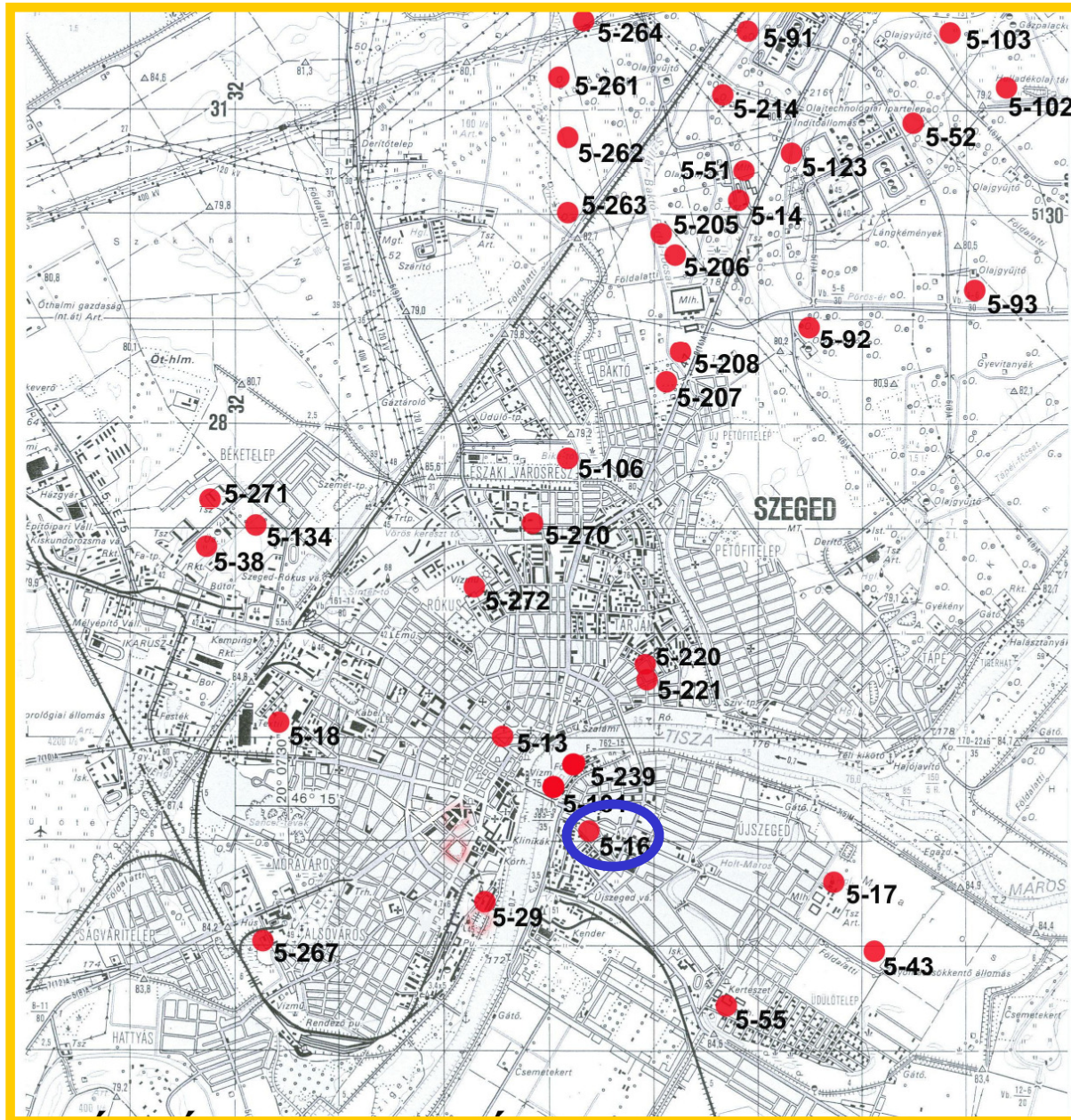


# Geotermikus közműrendszer Hódmezővásárhelyen





# Termálkutak Szegeden





# Geotermikus projekt terv a Szegedi Tudományegyetemen



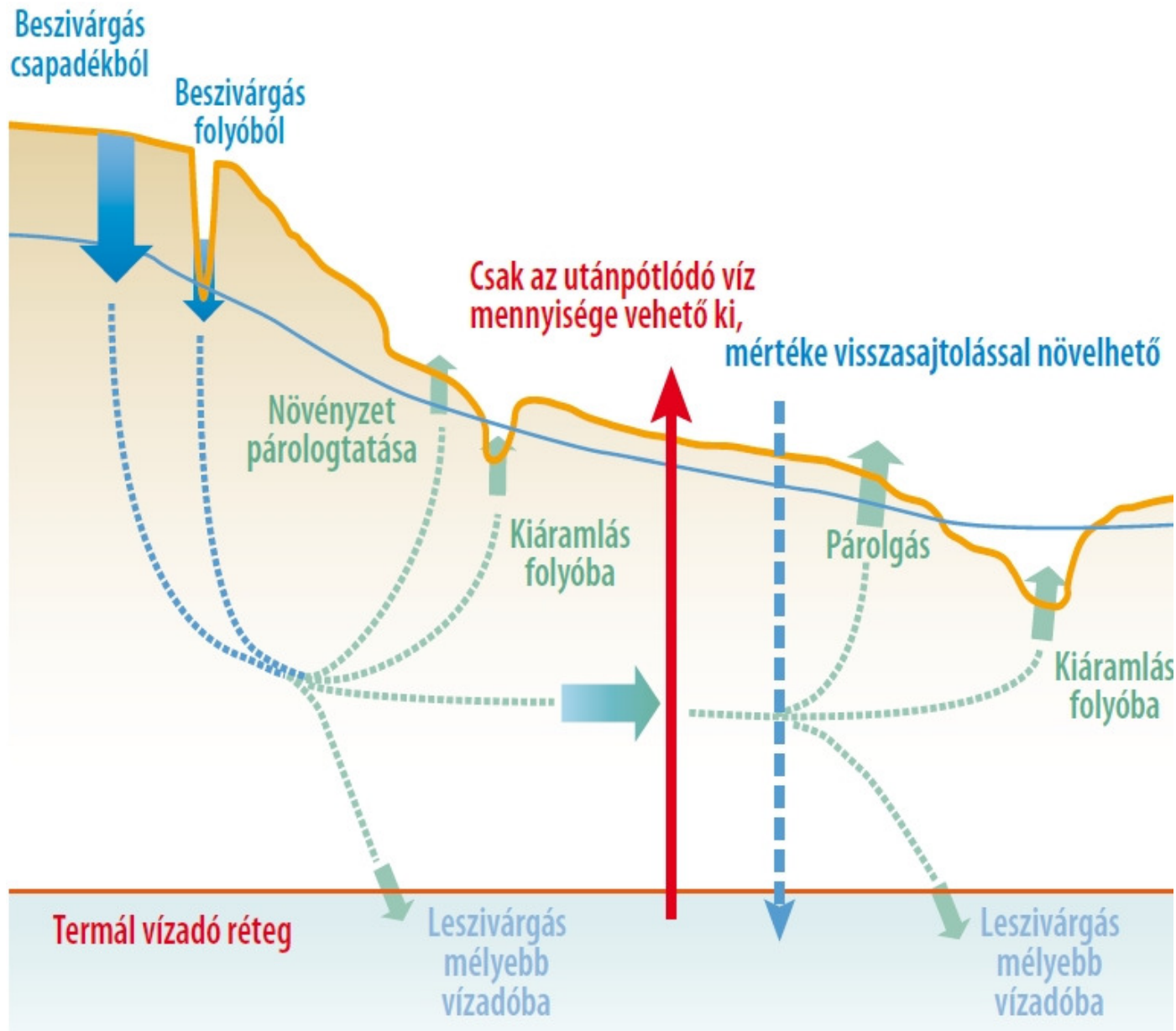
## Szegedi geotermikus kaszkád rendszer

Komplex geotermikus energiahasznosítás és közös magyar-szerb termásvíz-bázis-monitoring tervezés

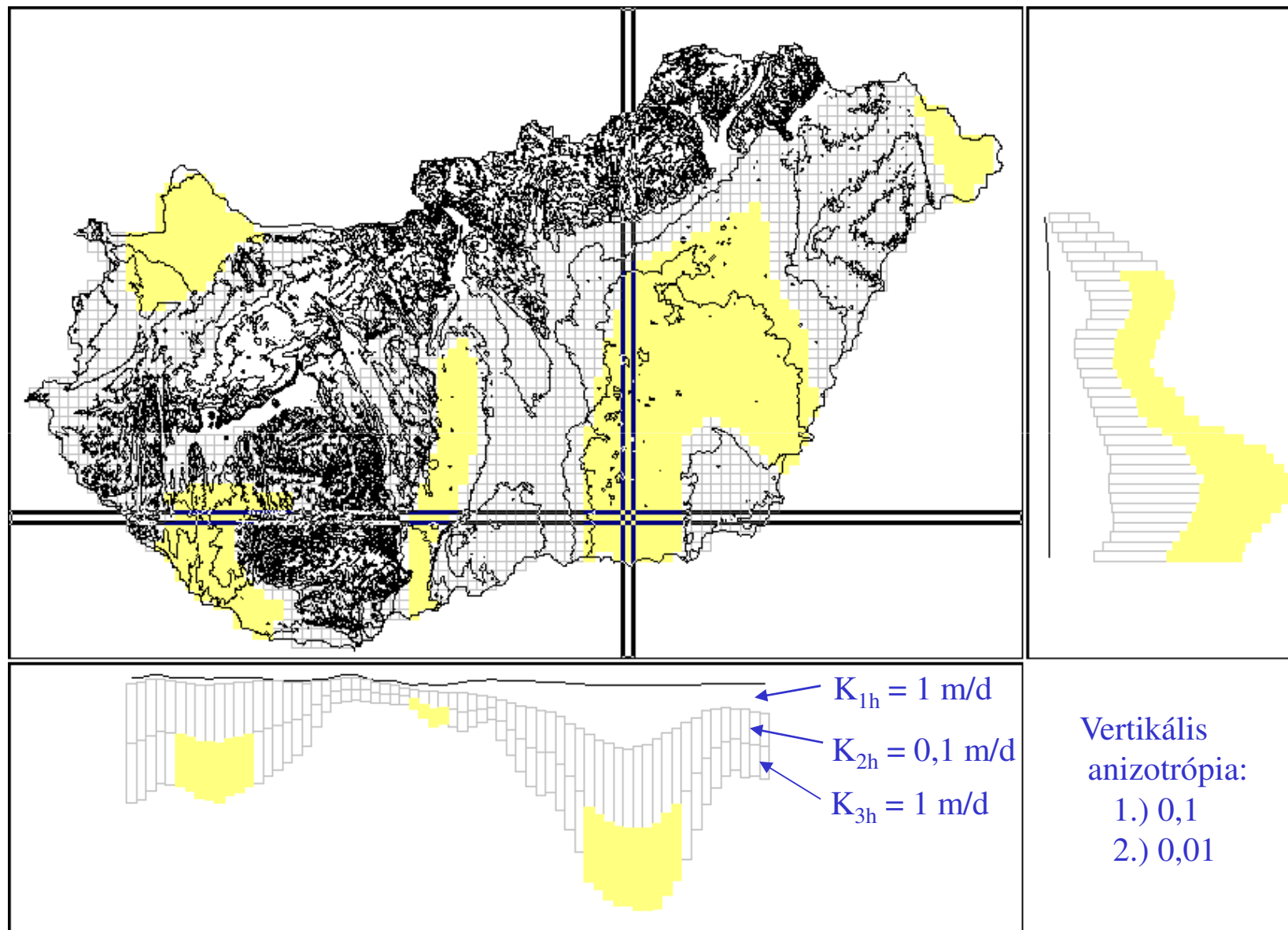
A projekt a Magyarország–Románia és Magyarország–Szerbia és Montenegró Határon Átnyúló Együttműködési Programban, az Európai Unió és a Magyar Kormányosság társfinanszírozásával valósul meg.



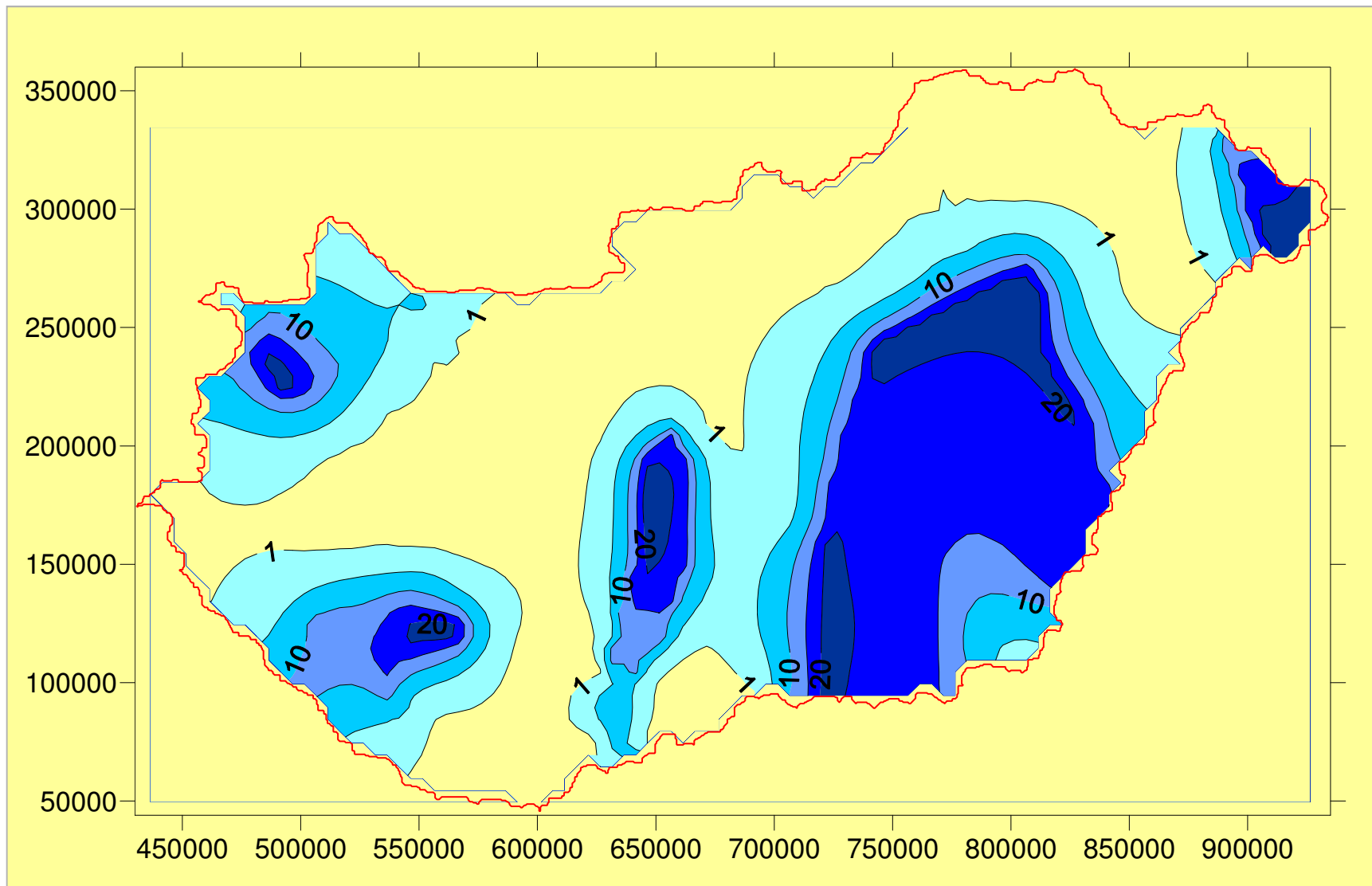
# Megújuló-e a geotermikus energia Visszasajtolás I.



# Mennyi víz vehető ki a felső- pannóniai rétegekből?



# Vízszintcsökkenés mértéke a felső-pannóniai rétegekben (m) ideális eset



## Kivett vízmennyiség

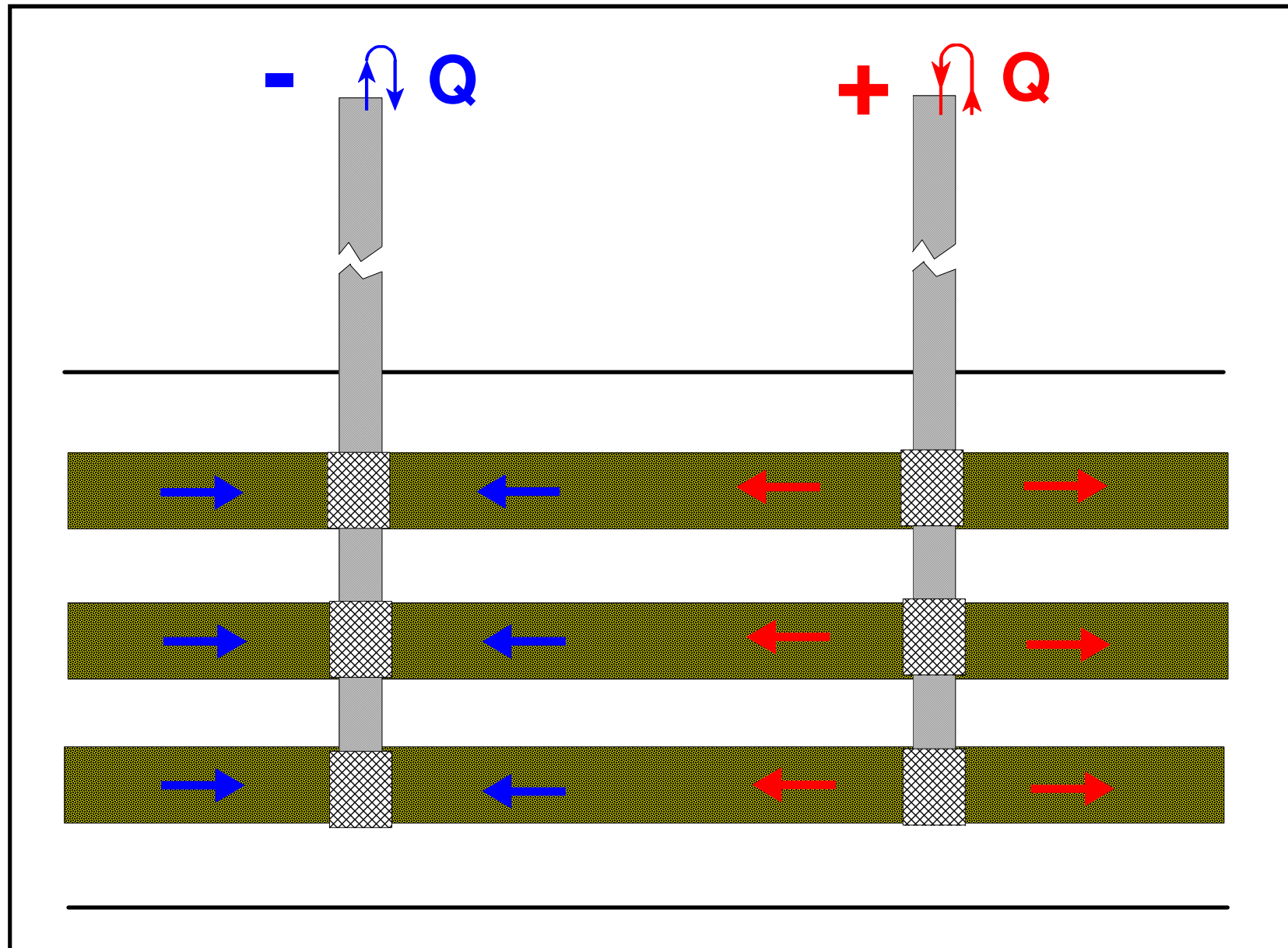
	<b>1.) eset</b> anizotrópia = 0,1	<b>2.) eset</b> anizotrópia = 0,01
<b>vízki vétel</b> m <sup>3</sup> /nap	7 560 000	1 180 000
<b>vízki vétel</b> m <sup>3</sup> /év	2,8 milliárd	430 millió
<b>beszivárgás</b> mm/év	35	5,2

## Kutatás – kút teszt



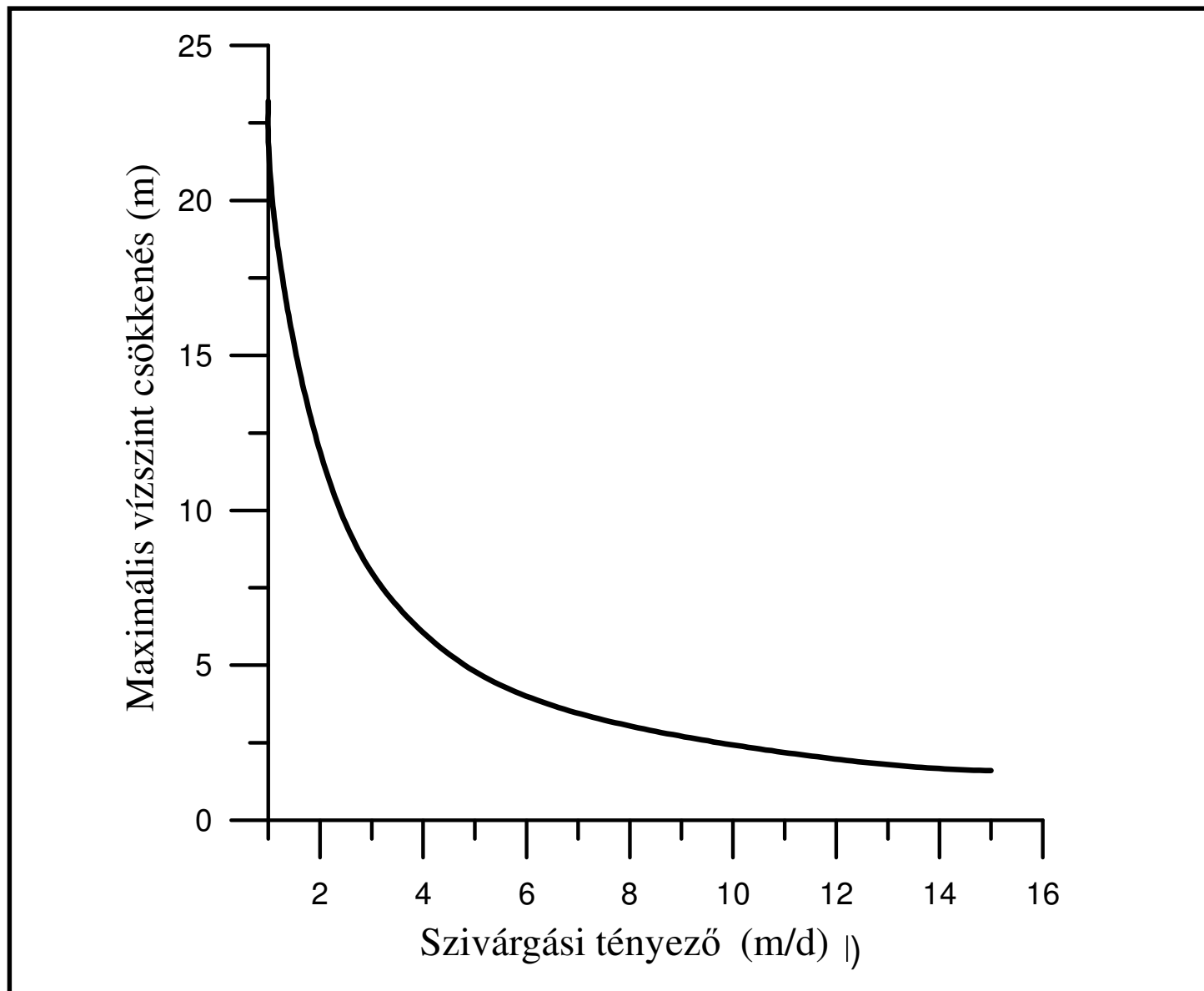


# Sematikus modell

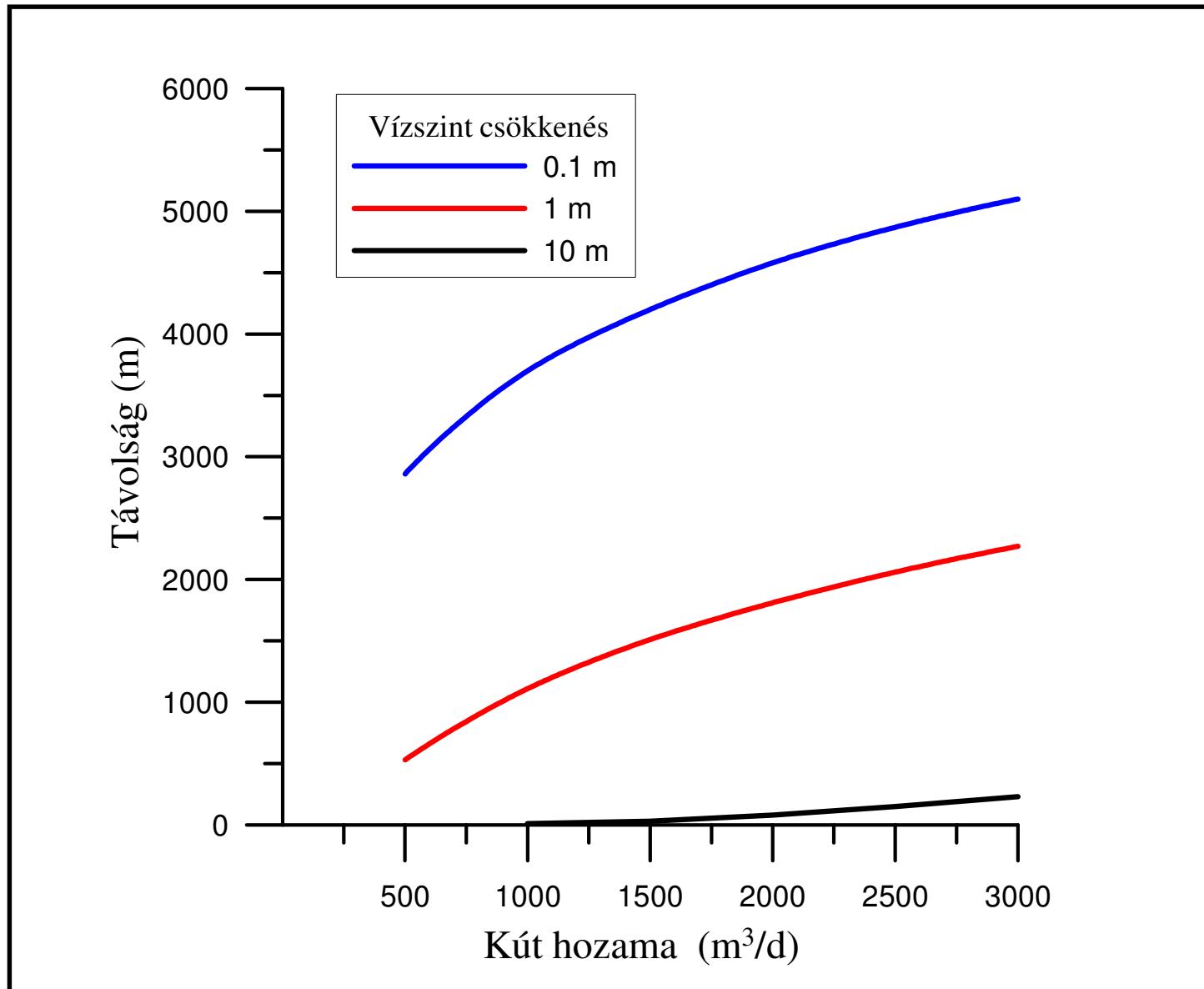




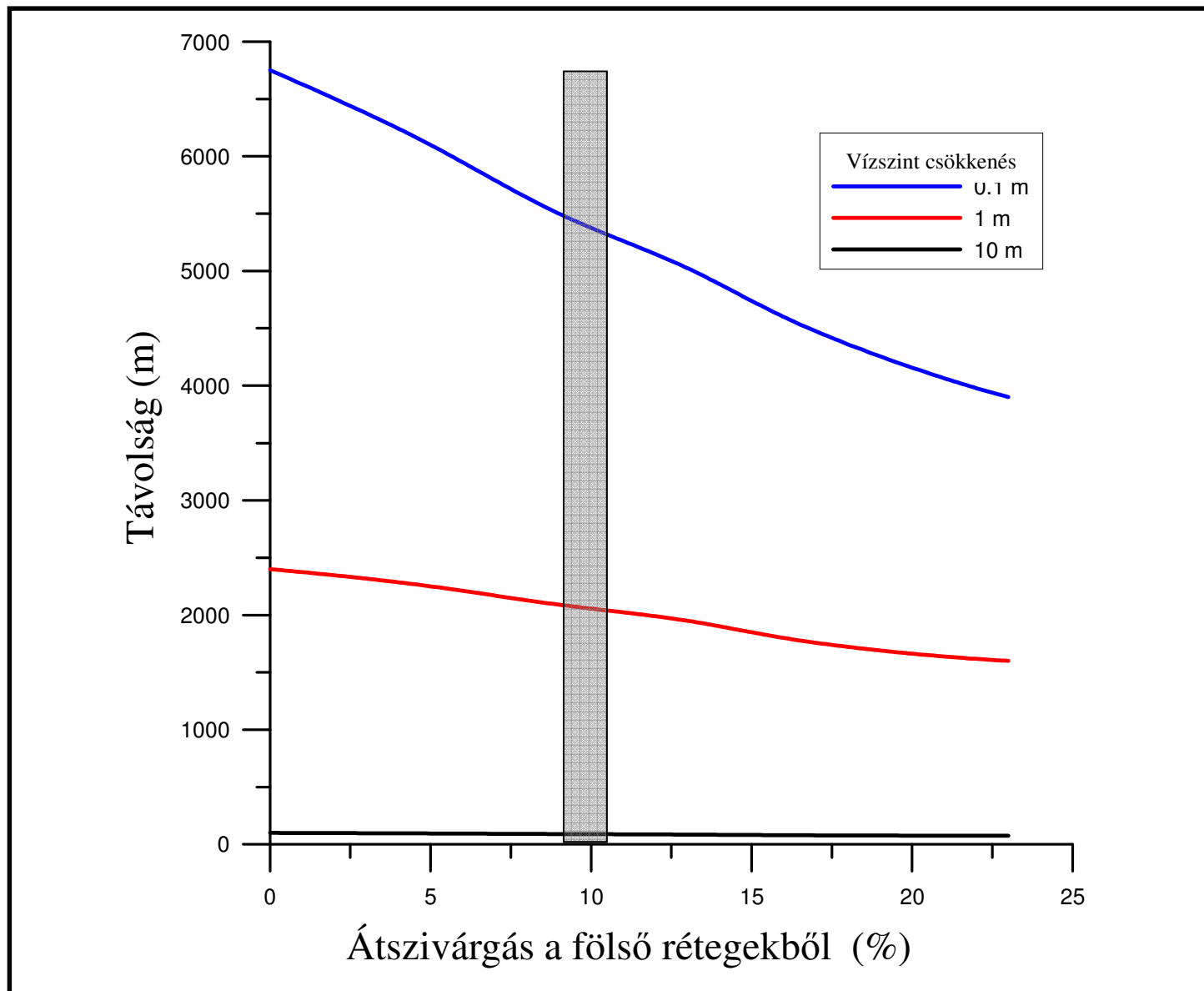
## Szivárgási tényező szerepe a depresszió kialakulásában



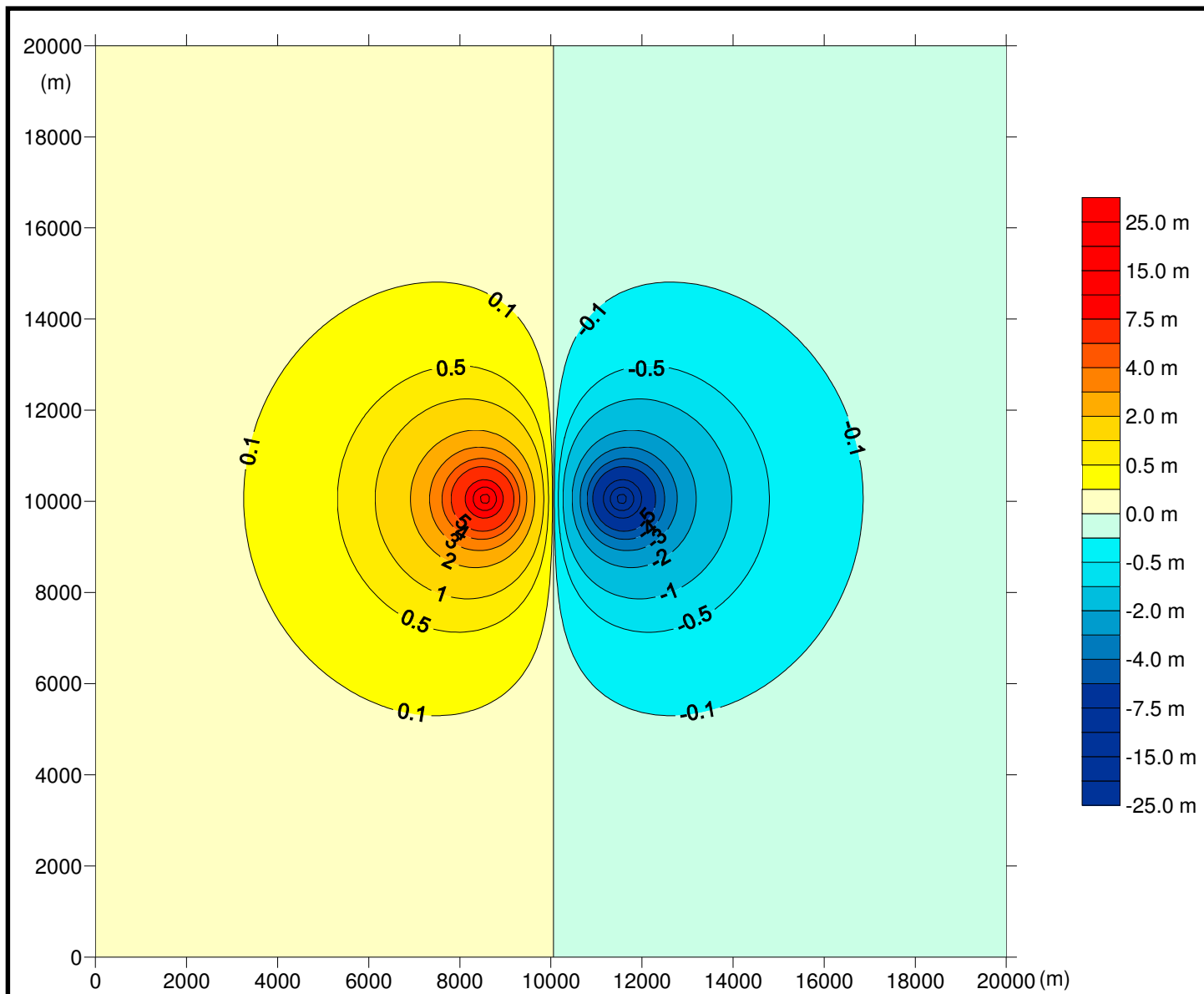
## A vízszint csökkenés értéke a kút hozama függvényében



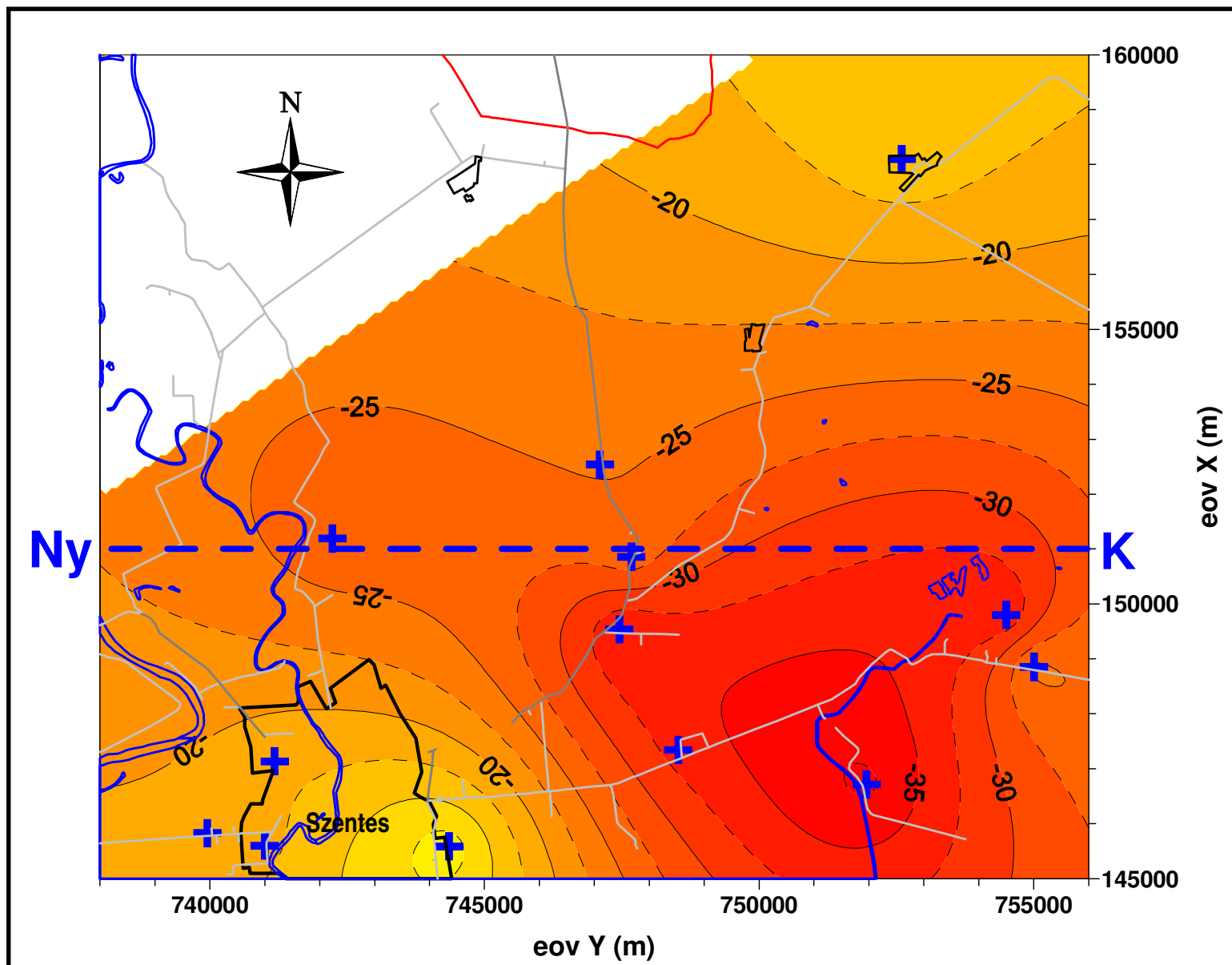
# Átszivárgás vizsgálat



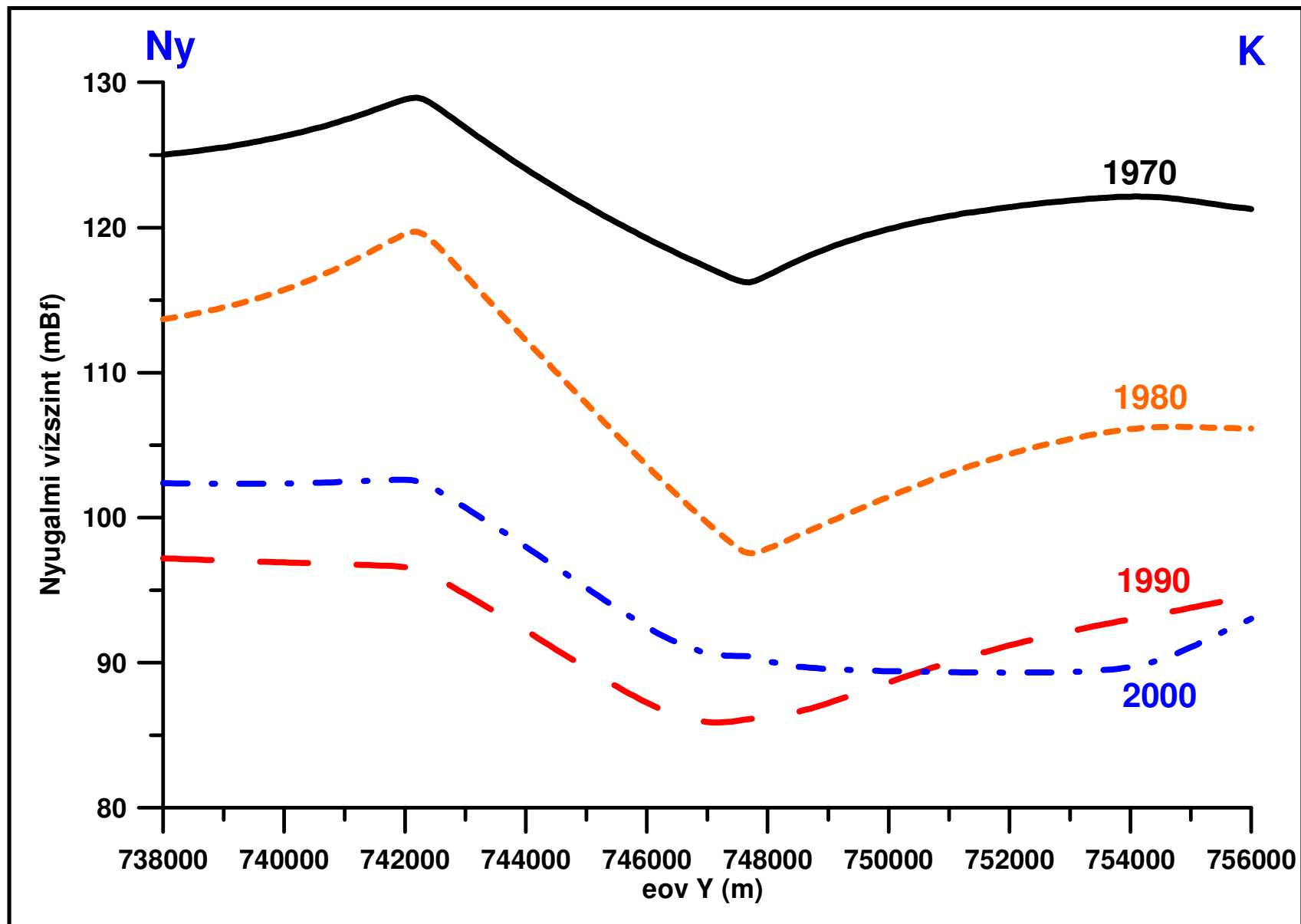
# Vízszint-csökkenés az 9. esetben ( $Q=3000\text{m}^3/\text{d}$ ; kút-távolság=3000 m)



# Mért vízszint-csökkenés Szentes térségében 1970-2000 között

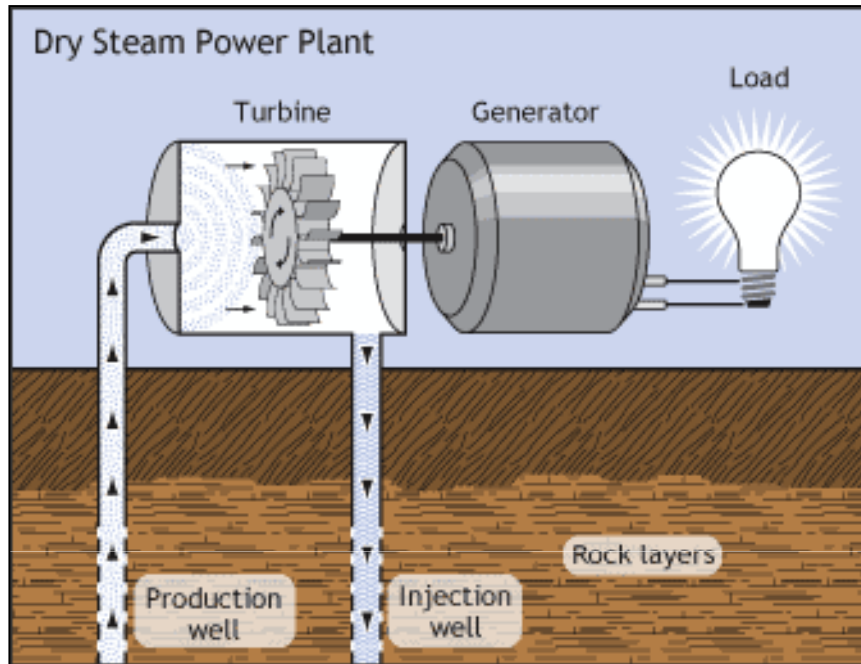


# Mért nyugalmi vízszint-változás Szentes térségében 10 évenként





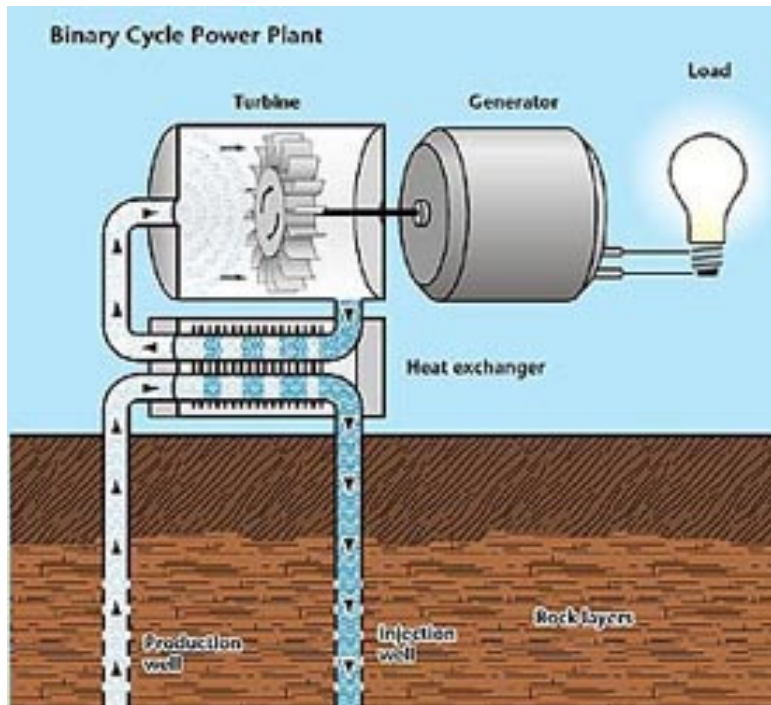
# Geotermikus energiahasznosítás III. erőművek



The Geysers - California

<http://www.rise.org.au/info/Tech/geo/index.html>

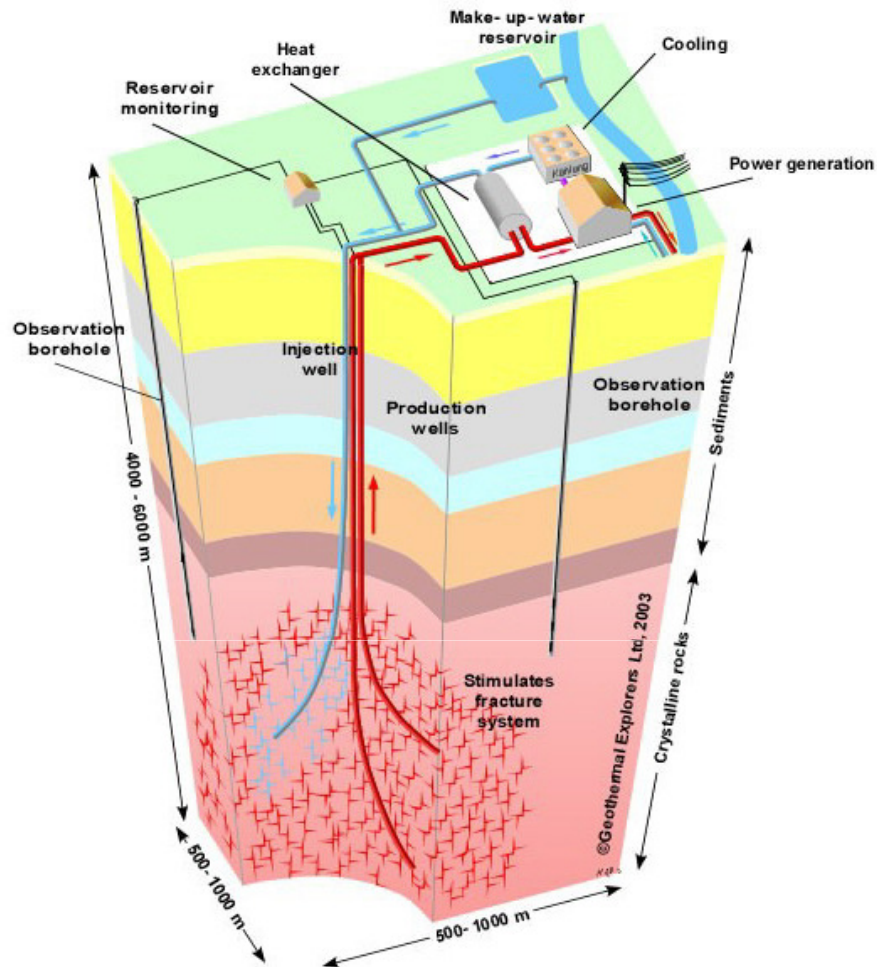
Magas hőfokú geotermikus rendszereket elsősorban áramtermelésre használhatjuk. Ha a kinyert fluidum hőfoka meghaladja a 150 °C-ot, akkor közvetlenül vihető a turbinára.



Fotó: ORMAT

<http://www.rise.org.au/info/Tech/geo/index.html>

Közvetett (segédközeges, binér) villamos-energia termelésről beszélünk, ha a feltörő fluidum alacsony nyomású és hőmérsékletű (120-170°C), mert a fluidum nem kerül közvetlenül a turbinára, hanem egy alacsony forráspontú közegnek adja át a hőt.

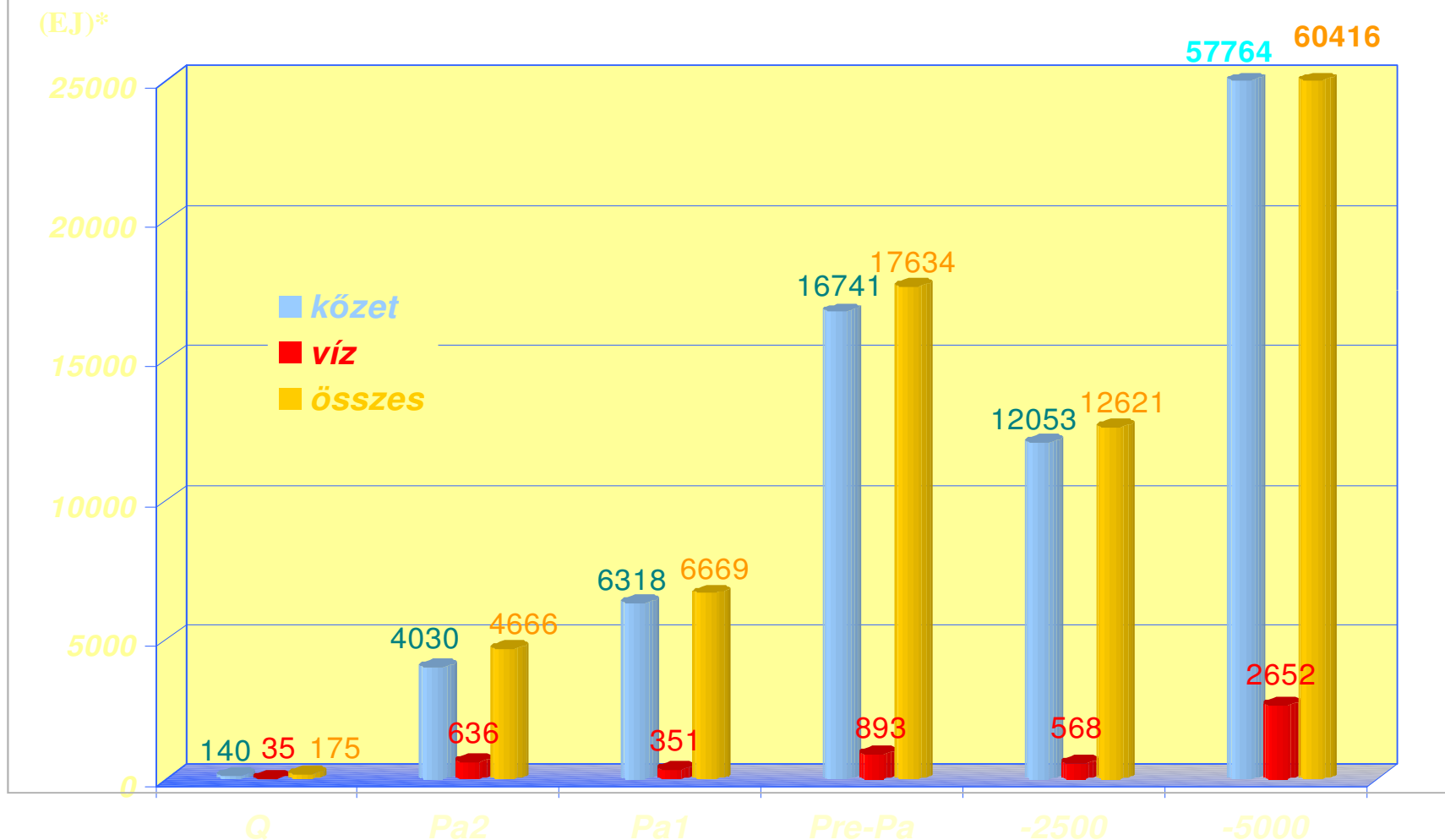


**Jelentősebb elektromos teljesítményt leadó (többször 10 MW) geotermikus erőműveket a jelenleg ismert technológiákkal csak 200 °C feletti hőmérsékletű rezervoárokból lehet termelni.**

Ehhez a hőmérséklethez tartozó mélységtartományban azonban általában már nincs elegendő kitermelhető termásvíz. Ezekben az esetekben a nagy mélységben repesztéssel összenyitott kutakból a felszínről keringetett folyadékkal, általában vízzel, hozhatjuk fel a hőt. Az ilyen rendszert angol neve alapján EGS rendszernek (Enhanced Geothermal System) nevezzük.

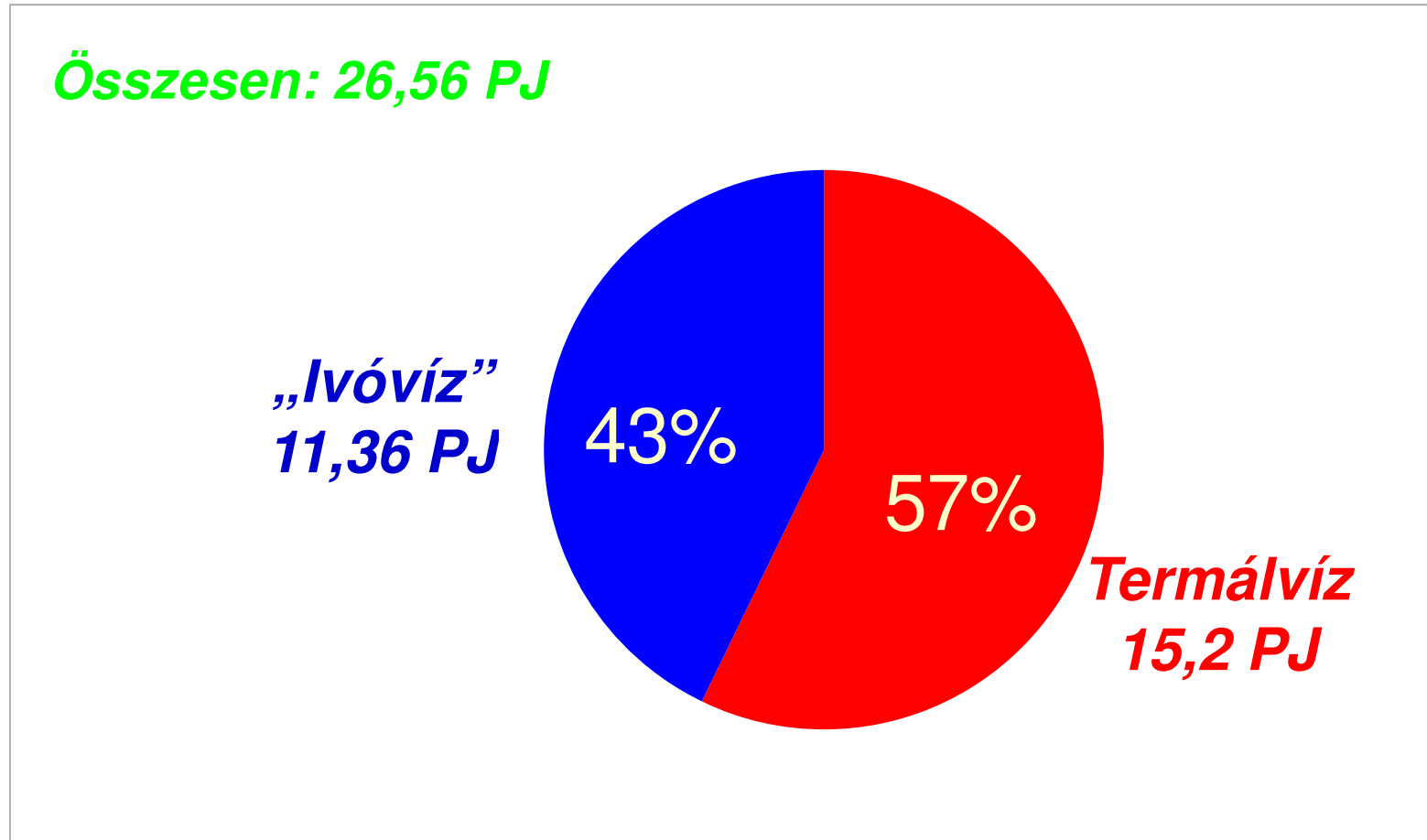
# Magyarország geotermikus ásványkincse

Számított hőmennyiségek rétegenként (ExaJ=10<sup>18</sup>J)





## 2002- ben kitermelt hőmennyiség eloszlása



# Magyarország geotermikus ásványkincse

## Összefoglalás

Hazánk éves energiaigénye 1090 PJ ( $\approx 1\text{EJ}$ ), amelynek közel 40%-át fedezzük hazai forrásból. Jelenleg a földhő energetikai hasznosítása a hazai teljes energia-szükségletének 0,3%-a.

Energiapolitikák szerint a megújuló energiahordozók felhasználását 2010-ig a teljes energiafelhasználás 6–7%-ára kell növelni.

Magyarország kedvező földtani adottságai lehetőséget biztosítanak arra, hogy e cél eléréséhez a földhő a jelenleginél nagyobb arányban járuljon hozzá.

# Geotermikus energia hasznosítás fejlesztési lehetőségei 2020-ig

1. táblázat. Geotermikus és földhő hőszivattyú tervezett teljesítménye 2020-ig (Összeállította: Ádám Béla, ETE Hőszivattyús Szakosztály elnöke):

	2008-ig (MWT)	2010-ig (MWT)	2012-ig (MWT)	2014-ig (MWT)	2016-ig (MWT)	2018-ig (MWT)	2020-ig (MWT)	Összesen új (MWT)	Összes kalkulált bruttó beruházási költség (Mrd Ft)	30% Pénzügyi támogatás értéke (Mrd Ft)	Megtérülés támogatás nélkül (év)	30% támogatás mellett a megtérülés (év)
Földhő (szonda)	14,5	30	50	70	90	100	150	490	176,22	52,866	9	6
Talaj és rétegvíz	4,5	8	8	40	60	80	115,5	309,5	74,28	22,284	8	5
Termál és hulladék hő	4	12	20	50	80	100	100	382	85,16	19,548	8	4
Levegő	0,5	5	10	20	40	60	80	215	38,72	11,616	5	3
<b>Összesen:</b>								<b>1376,5 (=10PJ)</b>	<b>354,38</b>	<b>106,3</b>		

1376,5

2. táblázat. Geotermikus energia direkt-hőhasznosítása 2020-ig (Összeállította: Kurunczi Mihály, Magyar Termálenergia Társaság elnöke)

	2008-ig	2010-ig	2012-ig	2014-ig	2016-ig	2018-ig	2020-ig	Összesen új	30% Támogatási igény (Mrd Ft)	Megtérülés alap (év)	Megtérülés támogatva (év)
Rendszerek száma (db)	kb. 75	30	40	50	60	70	80	330			
Hőkapacitás* (MWT)	230	90	120	150	180	210	240	990			
Hőmenynyiség (PJ)	3,6	1,35	1,8	2,25	2,7	3,15	3,6	14,85			
Beruházási költség (Mrd Ft)		45	60	75	90	105	120	495	148,5	13,5	9,3

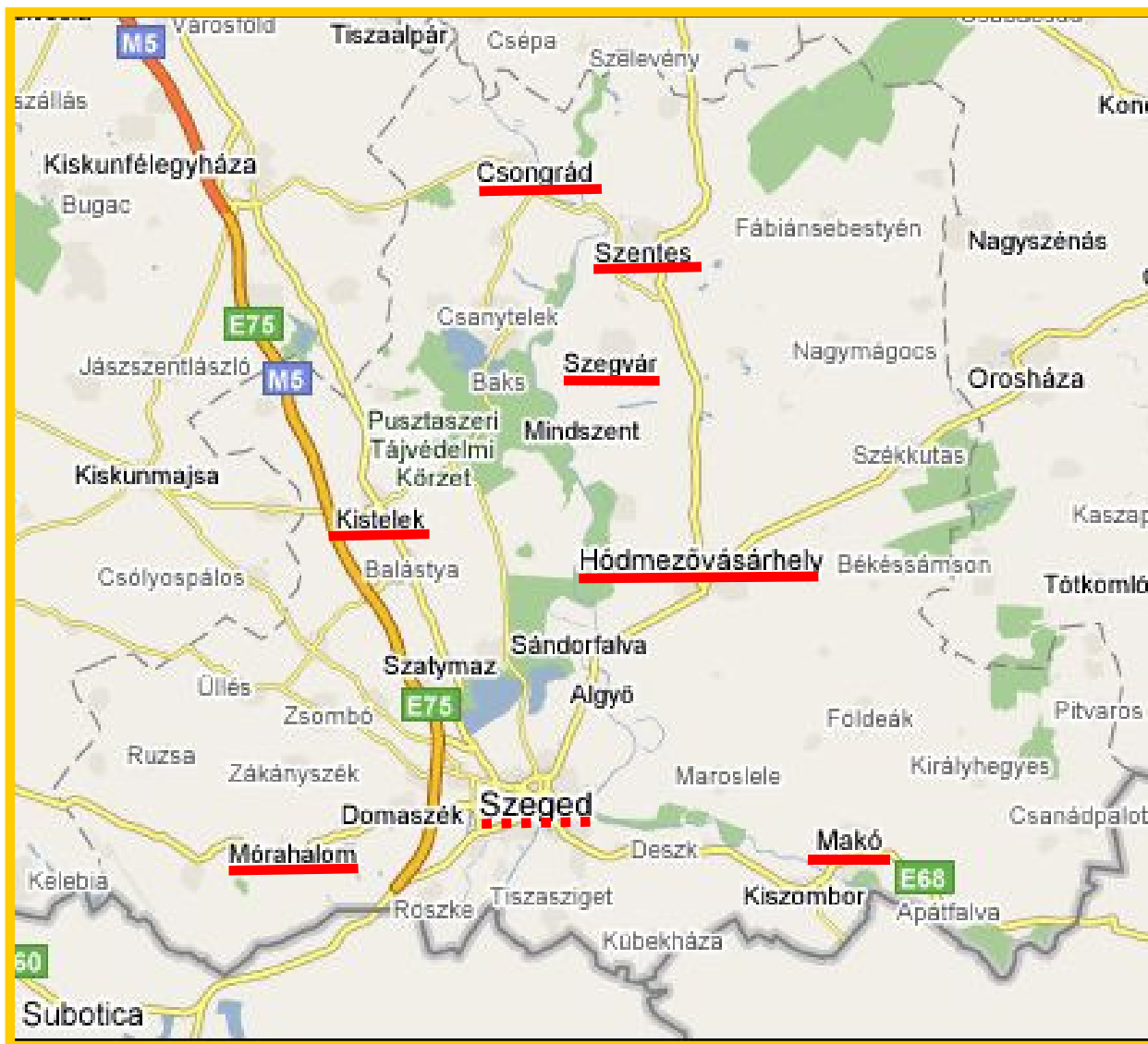
\*átlag 3 MW hőkapacitású direkt fűtési rendszerek, Q=80m<sup>3</sup>/h, ΔT=43°C

3. táblázat. Geotermikus erőművek tervezett teljesítménye 2020-ban (Összeállította: Kujbás Attila okl. bányamérnök, MBA):

Erőművi modellek MW <sub>e</sub>	Réteg-hőmérséklet tartomány (°C)	Átlag- teljesítmény (MWe)	Blokkok száma (db)	Összes teljesítmény (MWe)	Termelt elektromos energia (GWh <sub>e</sub> )	Termelt hőenergia (GWh <sub>t</sub> )	Termelt összes energia (GWh <sub>tot</sub> )	Beruházási költség (Mrd Ft)	Beruházás hőenerg. Nélkül (Mrd Ft/MWe)	Beruházás hőenergiával (Mrd Ft/MWe <sub>t</sub> )	Megtérülés (év)	15% Pénzügyi támogatás* (Mrd Ft)
5 - 12	160 - 200	8	3	24	192	768	960	33	1,375	0,275	9,6	5
2 - 5	120 - 160	3,5	8	28	224	896	1120	40	1,429	0,286	10	6
max. 2	< 120	1	8	8	64	256	320	12	1,5	0,3	10,5	1,8
<b>Összesen:</b>				<b>60</b>	<b>480</b>	<b>1920</b>	<b>2400 (=8,64 PJ)</b>	<b>85</b>	<b>1,417</b>	<b>0,283</b>	<b>9,9</b>	<b>12,8</b>

\* átvételi ár támogatás nélkül

# Geotermikus fejlesztési tervek Csongrád Megyében (2007-2013)



## Geotermika klaszter

- Geotermikus távhőszolgáltatás  
(11.0 milliárd HUF =  
= 42.3 millió €)
- Mezőgazdasági hasznosítás  
(3.5 milliárd HUF =  
= 13.5 millió €)
- Geotermikus technológiai fejlesztések pl. erőmű  
(3.5 milliárd HUF =  
= 13.5 millió €)



# Geotermikus energia hasznosítás fejlesztési lehetőségei 2020-ig

- Magyarország kiváló adottságainak és lehetőségeinek nagyobb mértékű kihasználásával, a jelenlegi 3,6 PJ/év földhő hasznosítás a 10-szeresére, 35 PJ/év nagyságúra növekedne 2020-ig.
- A geotermikus energia hasznosításra vonatkozó fejlesztési javaslatok megvalósítására 2020-ig összességében mintegy 934 mrd Ft beruházási költség szükséges, amelynek támogatási igénye: 267 mrd Ft (átlagosan 30%, áramtermelő-erőművek esetén 15%), amely 12 éves időszakra oszlik meg. Az előzetes kalkulációk szerint a projektek megtérülési ideje 8-12 év