



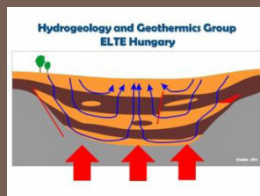
Magyar Tudományos Akadémia  
«Meteorológiai Tudományos Napok»  
Budapest, 2015. november 19-20.



# A GEOTERMIKUS ENERGIA HELYZETE ÉS LEHETŐSÉGEI A KLÍMAVÁLTOZÁS ÁLTAL ÉRINTETT MEGÚJULÓ ENERGIAFAJTÁK KÖZÖTT



Mádlné Szőnyi Judit  
*Eötvös Loránd Tudományegyetem*  
Rybach László  
*ETH Zürich, Svájc*



# Áttekintés



- A megújuló energiafajták klímaváltozási sérülékenysége
- Felszín alatti termál rezsimék és klímaváltozás
- A klímaváltozás lehetséges hatása a geotermikus technológiák függvényében
- Következtetések

# A megújuló energiafajták klímaváltozási sérülékenysége

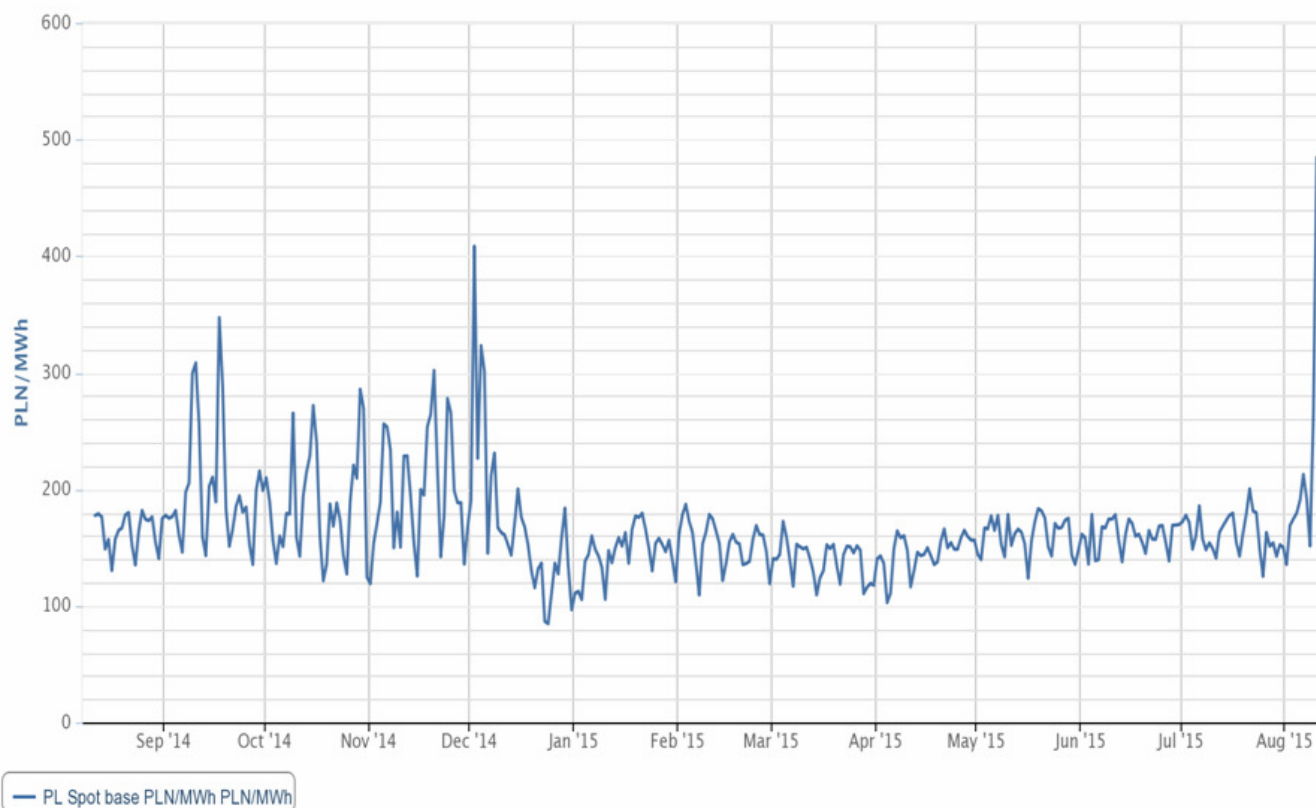


## A klimaváltozás / globális melegedés hatása az energiatechnológiákra

- A klimaváltozás minden energia-technológia teljesítőképességét befolyásolja, különösen az áramfejlesztését.
- A klasszikus, fosszilis és nukleáris alapú erőművek hatásfoka általában gyengül, ha hűtésük víz- vagy léghőmérséklet emelkedésből adódóan visszaesik.
- Ebből ugrásszerű áram-áremelkedés is történhet, mint ahogyan ez be is következett ez év nyarán Lengyelországban.

# Lengyelország – áram ár-alakulás 2014 Szeptember – 2015 Augusztus

Electricity Spot Prices in Poland (PLN/MWh)



Electricity grid at risk because of heat wave in summer 2015 hinders cooling of coal-fired power plants

Forrás: Press release

A megújuló energiatípusok sem kivételek ez alól: a biomassza-, szélenergia-, napelemek-, és vízierőművek a felszíni hőmérséklet- és csapadékváltozás hatására általában teljesítmény-csökkenéssel reagálnak.

A mai megújuló energiatípusok globális áramfejlesztése - összehasonlítva

Technológia	Beépített kapacitás		Évi produkción		Hatékonyság
	GWe	%	TWh/yr	%	%
Vízierőmű	1,055	61.8	3,900	73.5	43
Biomassza	93	5.0	433	8.2	53
Szél	370	21.7	681	12.8	21
<b>Geotermia</b>	<b>13</b>	<b>0.8</b>	<b>74</b>	<b>1.4</b>	<b>66</b>
Napelemek	177	10.7	220	4.1	14
<b>Teljes</b>	<b>1,708</b>	<b>100</b>	<b>5,313</b>	<b>100</b>	

Forrás: REN21 (2015)

# Az energiaszektor sérülékenységeinek értelmezése



- Az IPCC2007 dokumentuma értelmében az energiaszektor sérülékenysége a rendszer érzékenységének mérőszáma, mely megmutatja, hogy az mennyire képes megbirkózni a klímaváltozás kedvezőtlen hatásaival, beleértve a változékonyságot és az extrém időjárási eseményeket.
- A sérülékenység a klímaváltozás mivoltától, intenzitásától, valamint az érintett rendszerek érzékenységétől és adaptációs képességétől függ.
- VDS: Vulnerability Scoping Diagram

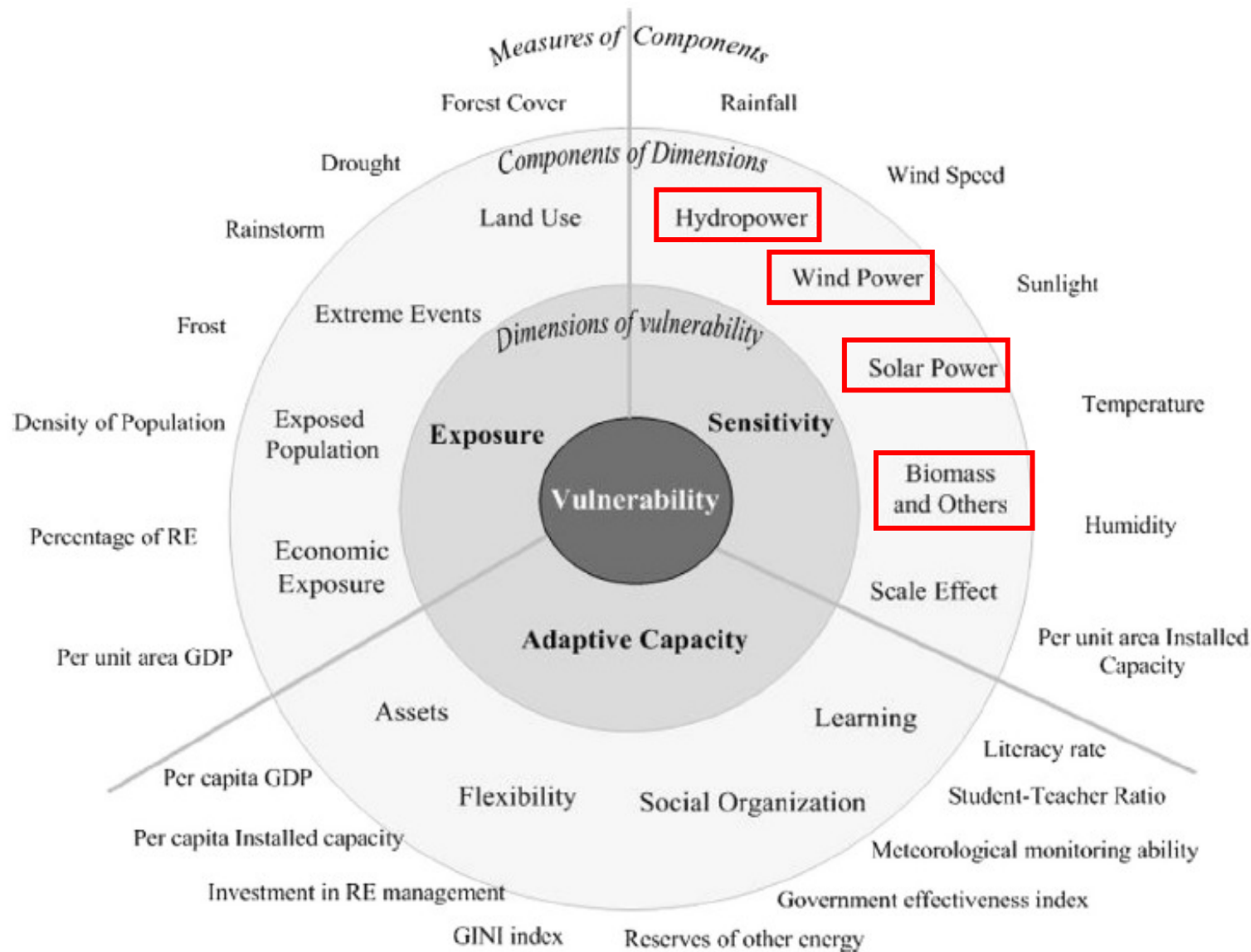


Fig. 1. VSD of renewable energy to climate change. *Note:* Hazard=climate change, and Exposure Unit=renewable energy system.

## A megújuló energiatípusok klímaváltozási sérülékenysége (Wang, 2014) VDS: Vulnerability Scoping Diagram



## VIZIERŐMŰVEK

Változó klimaviszonyok, olvadó gleccserek hosszútávon megváltoztathatják a vizierőművek teljesítőképességét. A folyóvizekre telepített erőművek kevés felxibilitással rendelkeznek s így érzékenyebbek a klimaváltozásra.

## BIOMASSZA

Biohajtóanyagok (etanol, biodiesel): a produkció visszaeshet pl. növekvő evapotranszpiráció, illetve szárazság miatt

Faanyag-biomassza (fűtésre, kommunális ellátás): a növekvő szárazodás csökkenheti a termelési-begyűjtési lehetőségeket, valamint növeli a begyűjtéshez szükséges időigényt.

*Forrás: Energy sector vulnerability to climatic change: A review (Schaeffer, 2011)*

## SZÉLERŐMŰVEK

Itt pozitív vagy negatív következmények származhatnak a klimaváltozástól (a szélsébség-viszonyok változásától függően), de ha az áramigény-változások menete nem felel meg a szélerőművek teljesítmény-ritmusának, akkor az hátrányos következményekre vezet.

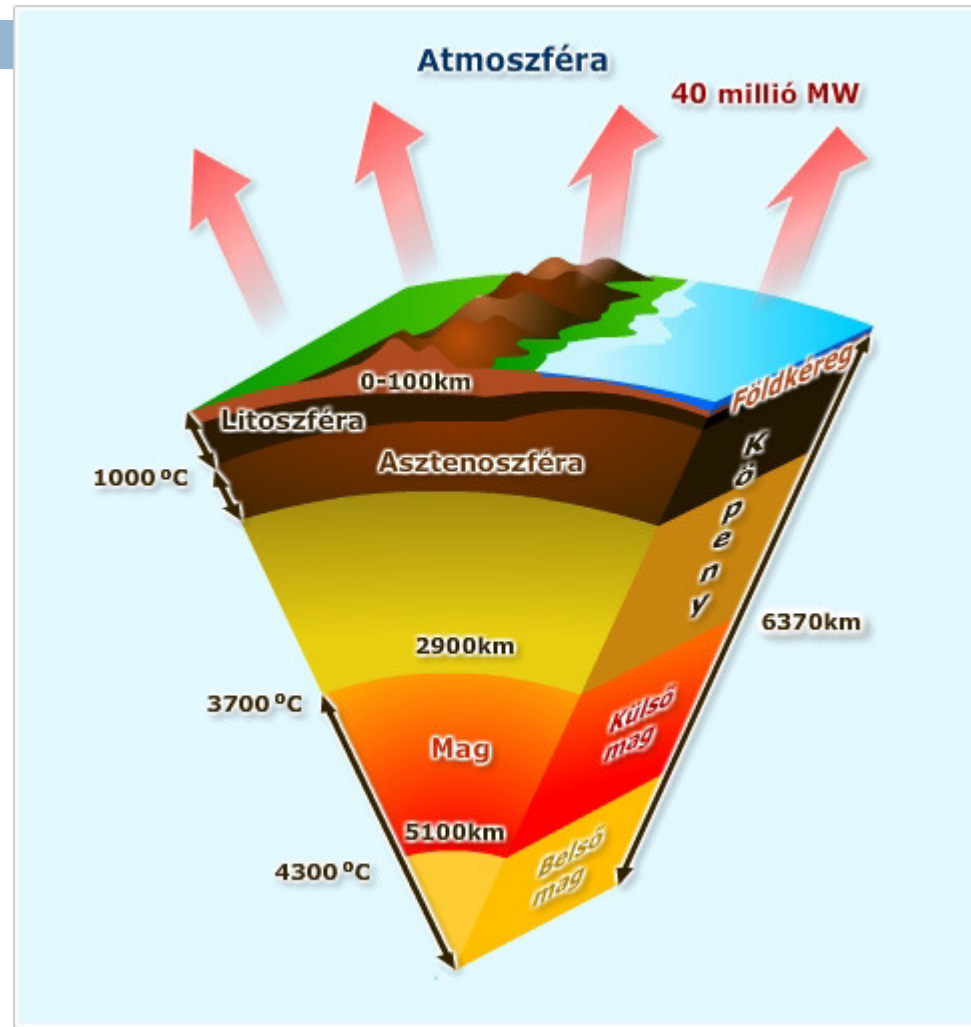
## NAPELEMEK

A napelemek hatásfoka csökken, ha emelkedik a hőmérsékletük. Ebből kifolyólag visszaesik az áramfejlesztési teljesítmény.

*Forrás: Energy sector vulnerability to climatic change: A review (Schaeffer, 2011)*

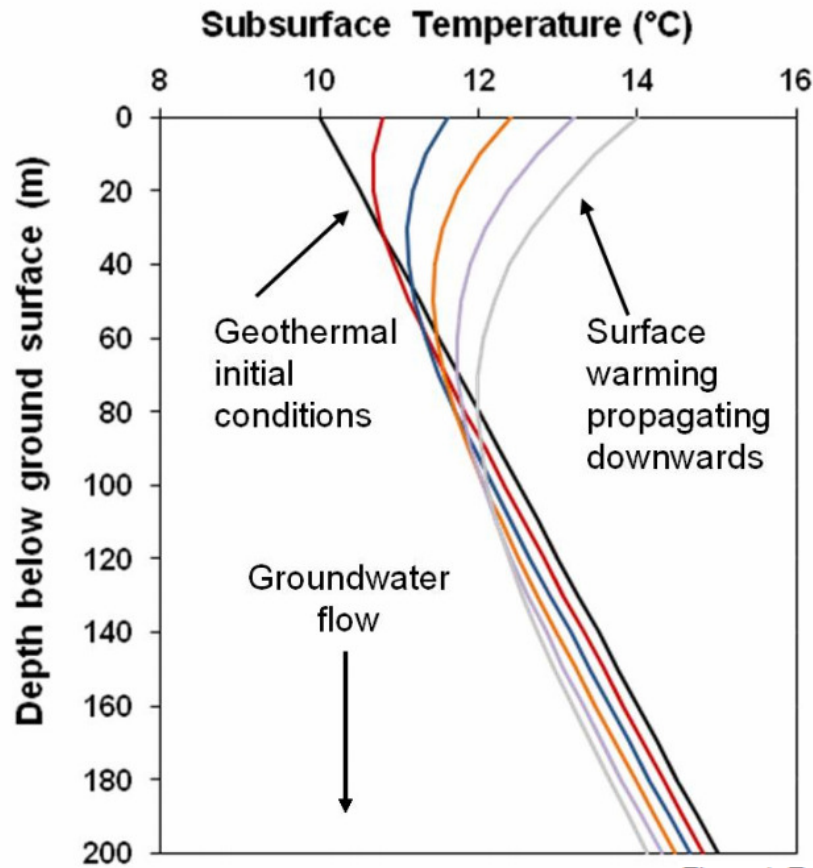
**GEOTERMIA → EZT KÜLÖN KEZELJÜK**

# Felszín alatti termál rezsimek és klímaváltozás



(Mádlné Szőnyi 2006)

## Felszínközeli helyzet:



(Kurylyk 2014)

Figure 5: Climate change-induced evolution of temperature-depth profiles in hydrogeologically active subsurface environments generated from the solution by Taniguchi et al. (1999). The initial surface temperature was assumed to be 10°C, the geothermal gradient was a typical 0.025°C m<sup>-1</sup>, and the warming scenario was 0.04°C yr<sup>-1</sup> ( $\psi$ , Eq. 21b). The thermal properties were taken from Table 2 (saturated sand). A vertical Darcy recharge flux of 0.25 m yr<sup>-1</sup> was assumed; thus, this figure represents Zone 1 of Figure 4.

## A klímaváltozás hatása a felszínalatti termál-rezsimre

### Nagyobb mélységben:

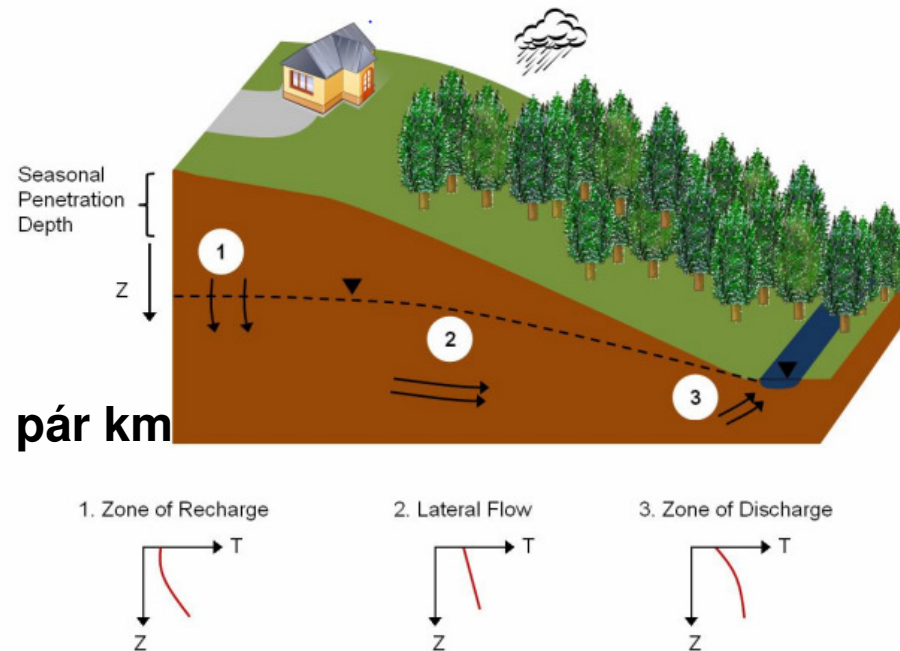
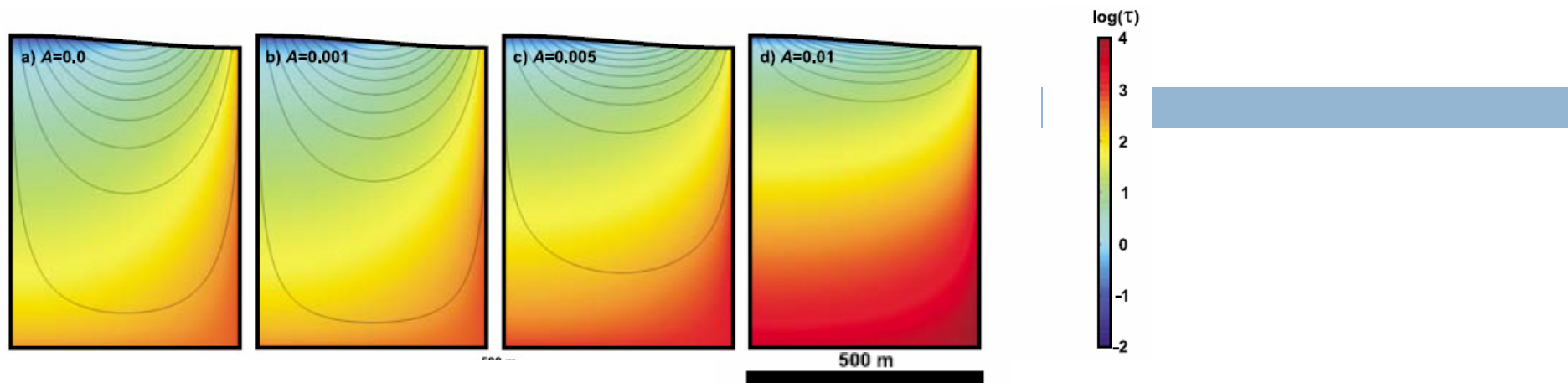


Figure 4: Temperature depth profiles in a stable climate as a function of the groundwater flow direction. Below the seasonal penetration depth, temperature-depth profiles are concave upward in recharge areas (vertical downward flow), linear in lateral flow regions (assuming no horizontal temperature gradient), and convex upward in discharge areas (vertical upward flow) (from Kurylyk and MacQuarrie, 2014). Figure reproduced with permission.

(from Kurylyk and MacQuarrie 2014)

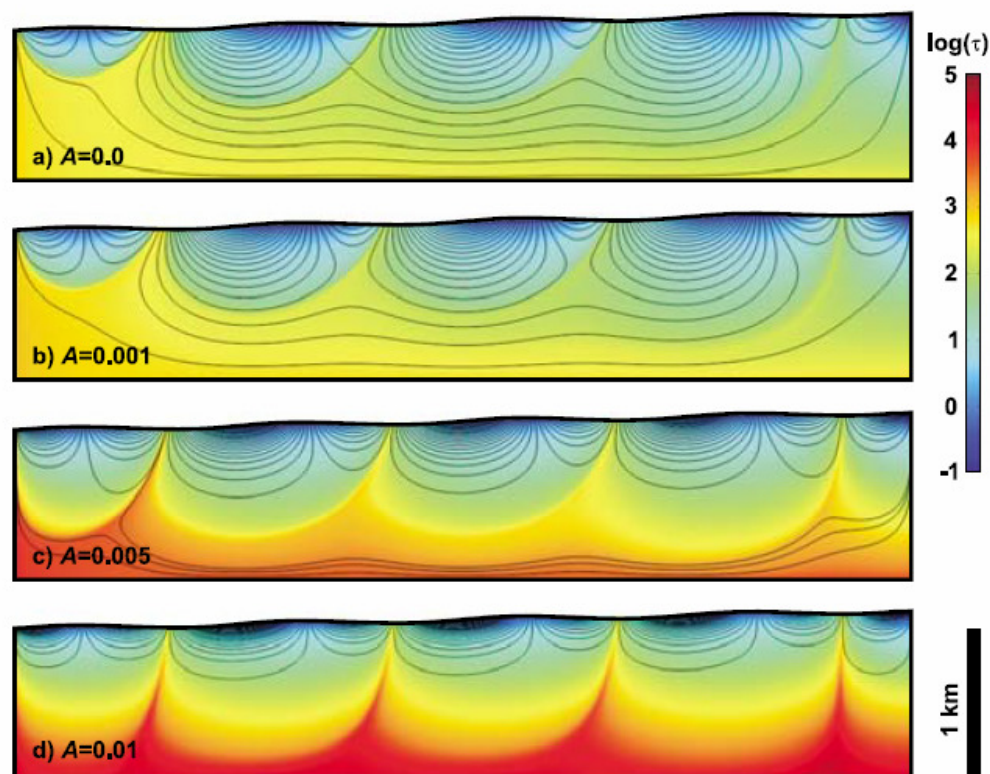
# A felszín alatti vizek relatív kora egyszerű és összetett medencékben



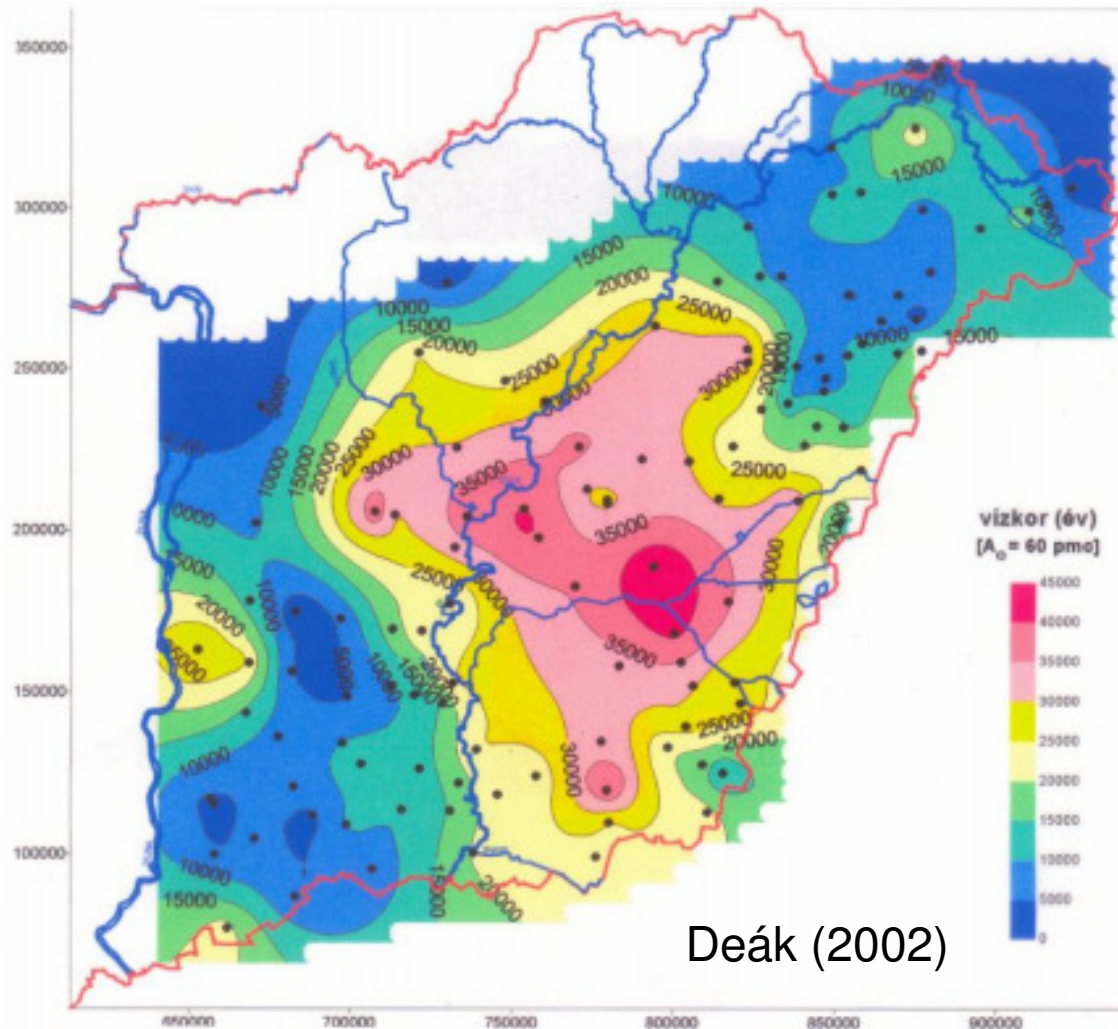
Relative groundwater age distributions ( $t$ , in years) in the unit basin with (a–d) different decay exponents  $A$

(Jiang et al. 2010)

Relative groundwater age distributions ( $t$ , in years) in the Tóth basin for (a–d) different decay exponents  $A$



# Termákvizek kora a Pannon Medencében

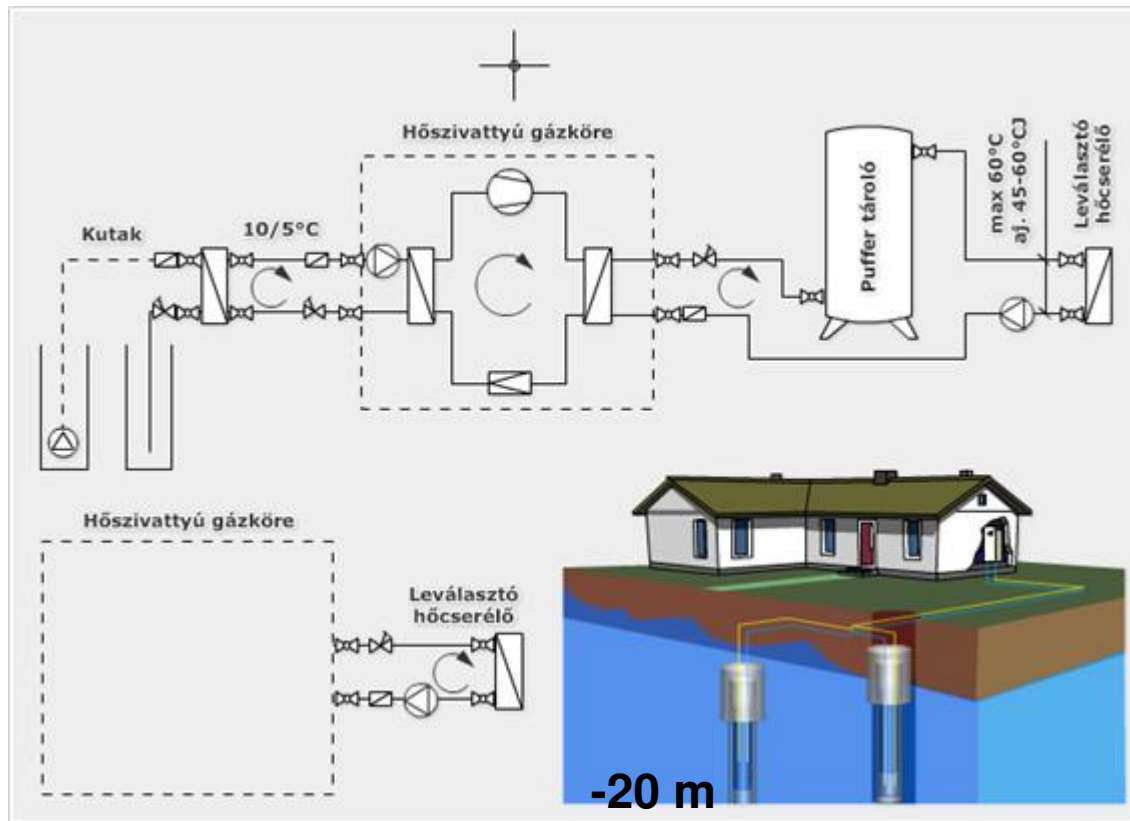


Átlagos vertikális vízmozgási  
sebesség,  $v_z = 200 \text{ mm/év}$

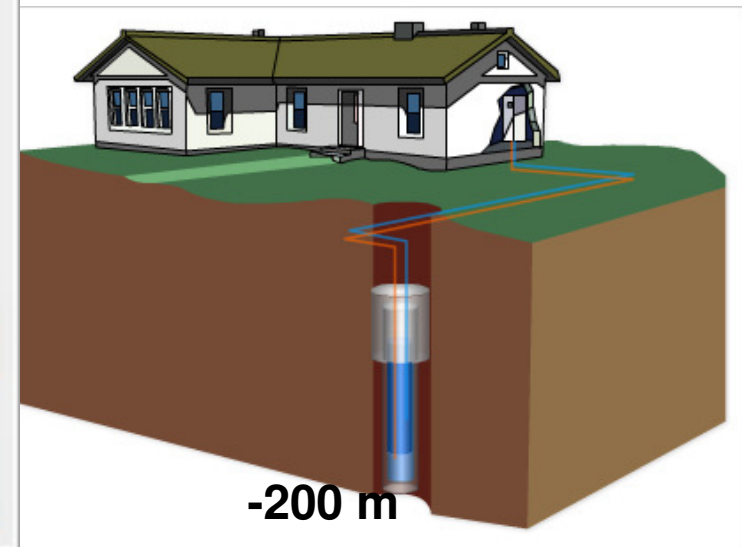
# A klímaváltozás lehetséges hatása a geotermikus technológiák függvényében



# Földhőszivattyúk: a klímaváltozás által legközvetlenebbül érintett zóna hőjét aknázzák ki



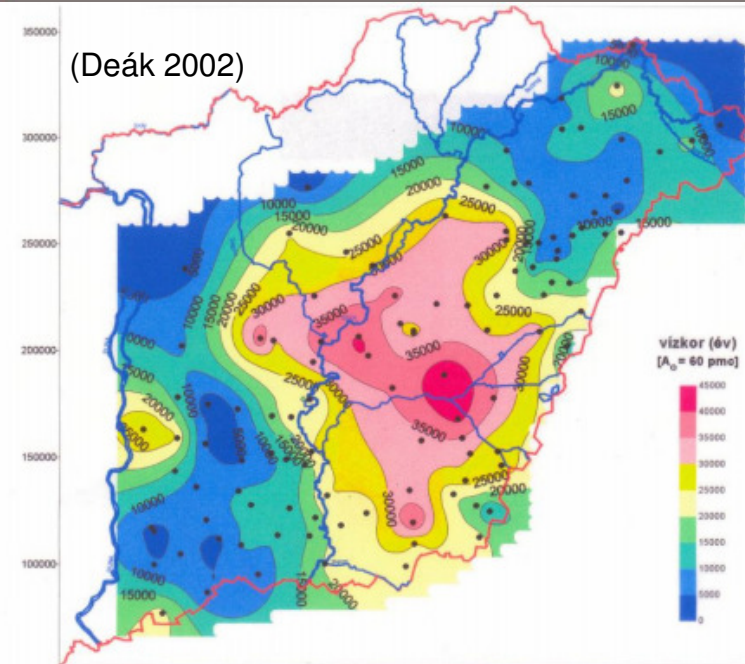
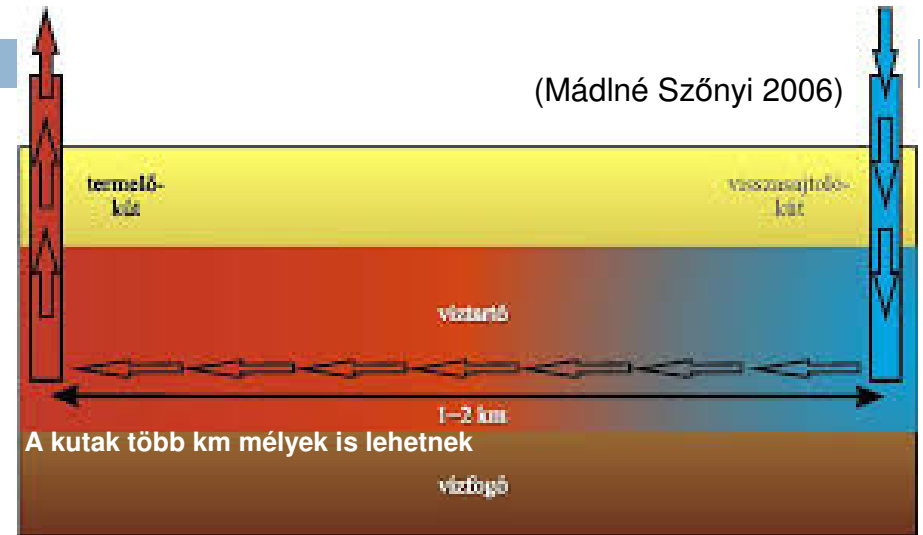
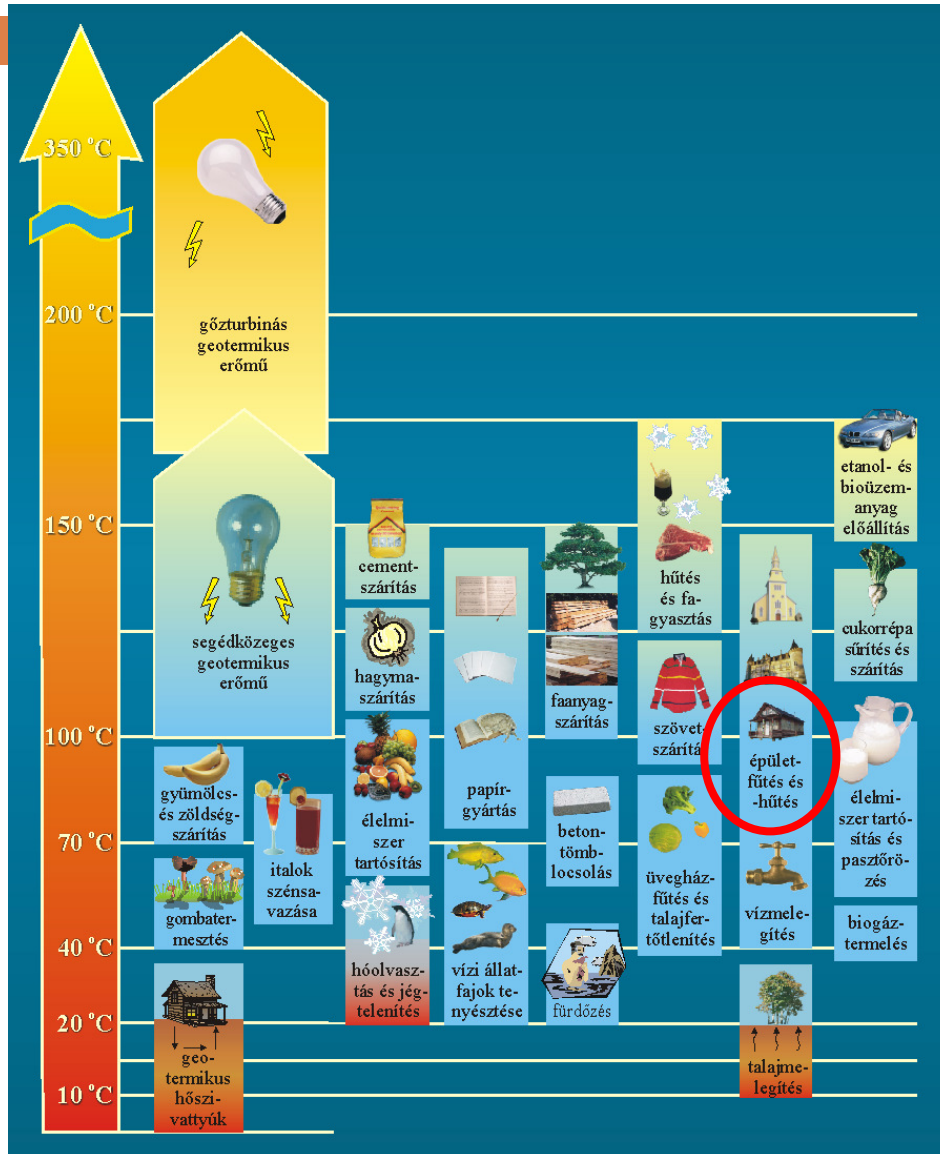
Talajszondás hőszivattyús rendszer



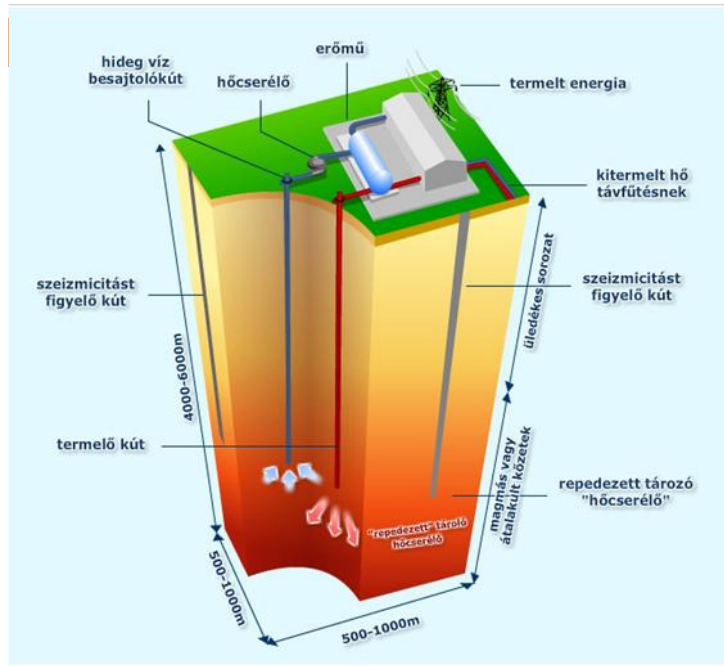
Vízkútpáros hőszivattyús rendszer



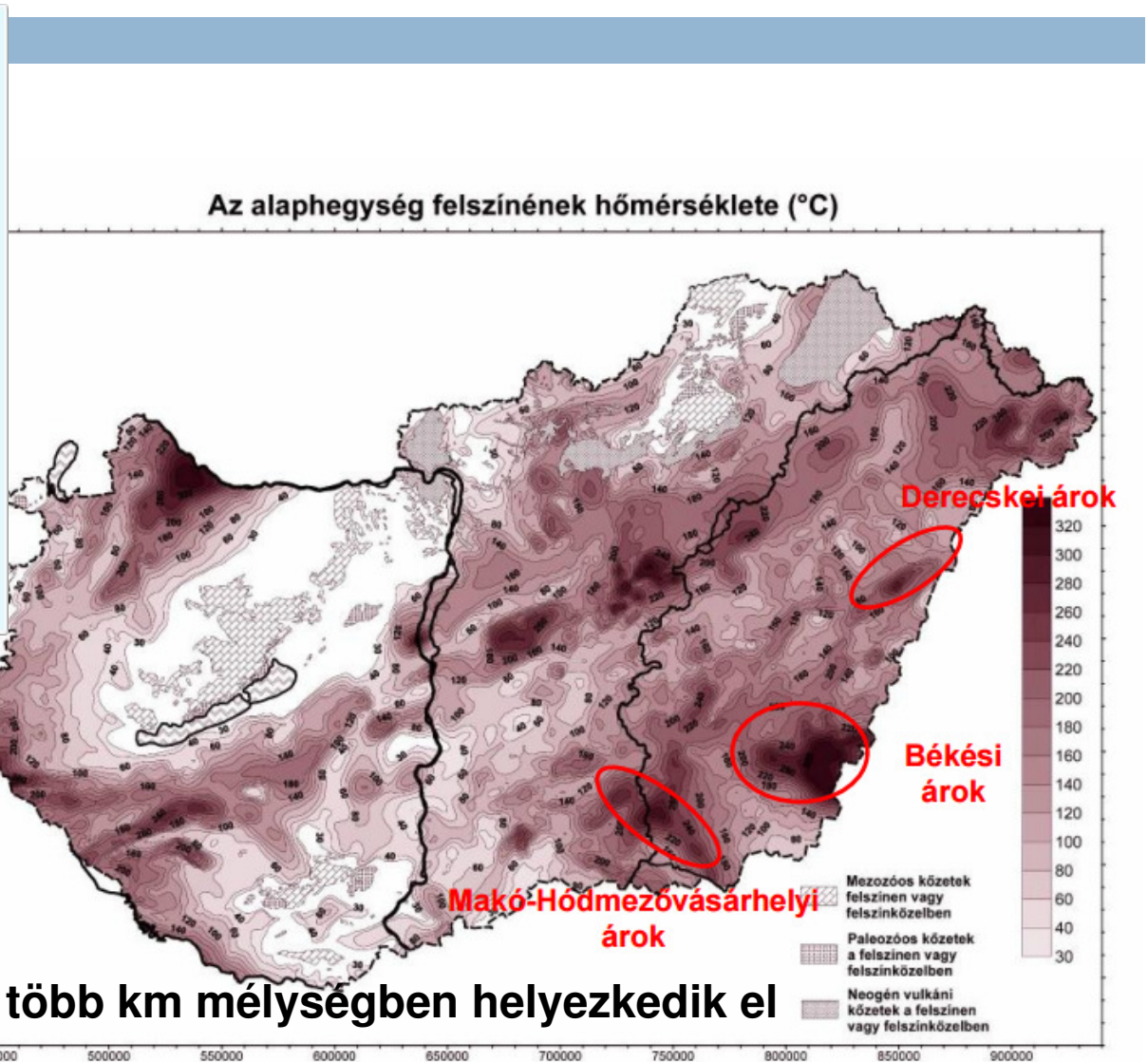
# Kétkutas fluidum alapú rendszerek: kevésbé érzékenyek a jelenlegi klímaváltozásra kontinentális klímán



# EGS technológia: független a klímaváltozástól



(Mádlné Szőnyi 2006)



**Az alaphegység több km mélységben helyezkedik el**

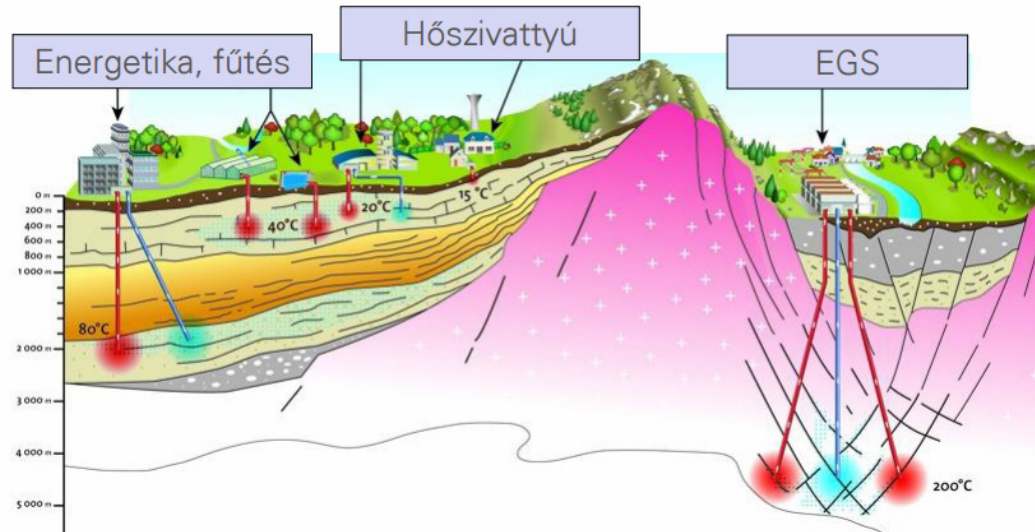
(Lorberer Á.)

# Következtetések

- A geotermia a megújuló energiák közül a legkevésbé érzékeny a klímaváltozás hatásaira.
- A klímaváltozás hatásait az atmoszféra-talaj-felszín alatti víz rendszer víz- és hőtranszport folyamatain keresztül érthetjük meg.
- A geotermikus készletek általában olyan nagy mélységben helyezkednek el, hogy azokat felszinközeli behatások nem érintik. Ugyanez vonatkozik a geotermikus potenciálokra is.
- A földhőszivattyúzás a leginkább érintett terület a geotermián belül.
- További kutatások szükségesek!

# Köszönetnyilvánítás

- Albirt József MSc hallgató ELTE: a vonatkozó nemzetközi szakirodalom összegyűjtéséért.
- MOL Rt.



Forrás: Dr. Jobbik Anita