



# A fotovillamos (és „napenergia”) rendszerek egyensúlyának (és potenciálbecslésének) kialakításakor figyelembe veendő klimatikus sajátosságok

**Varjú Viktor (PhD)**

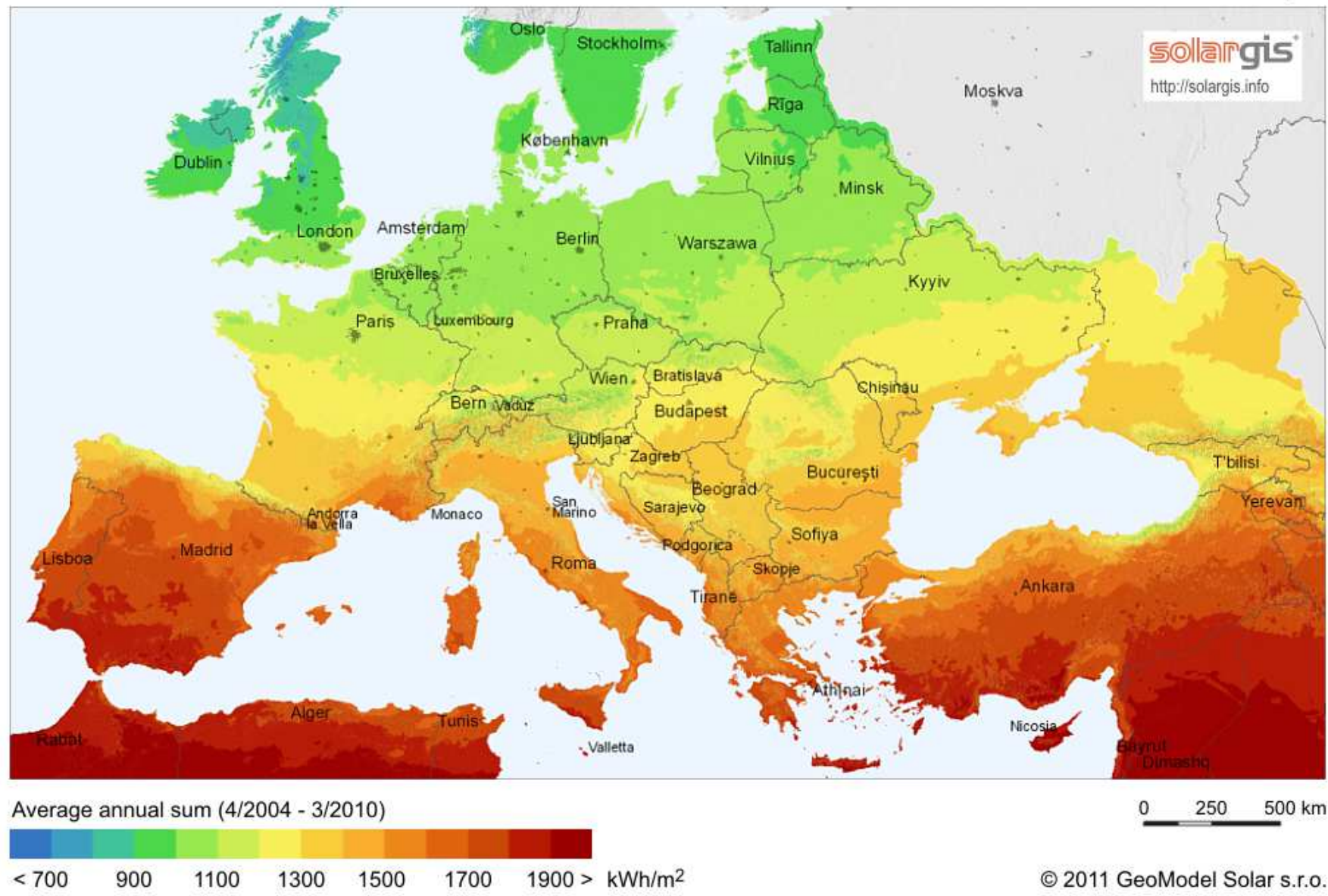
Tudományos munkatárs (MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete)

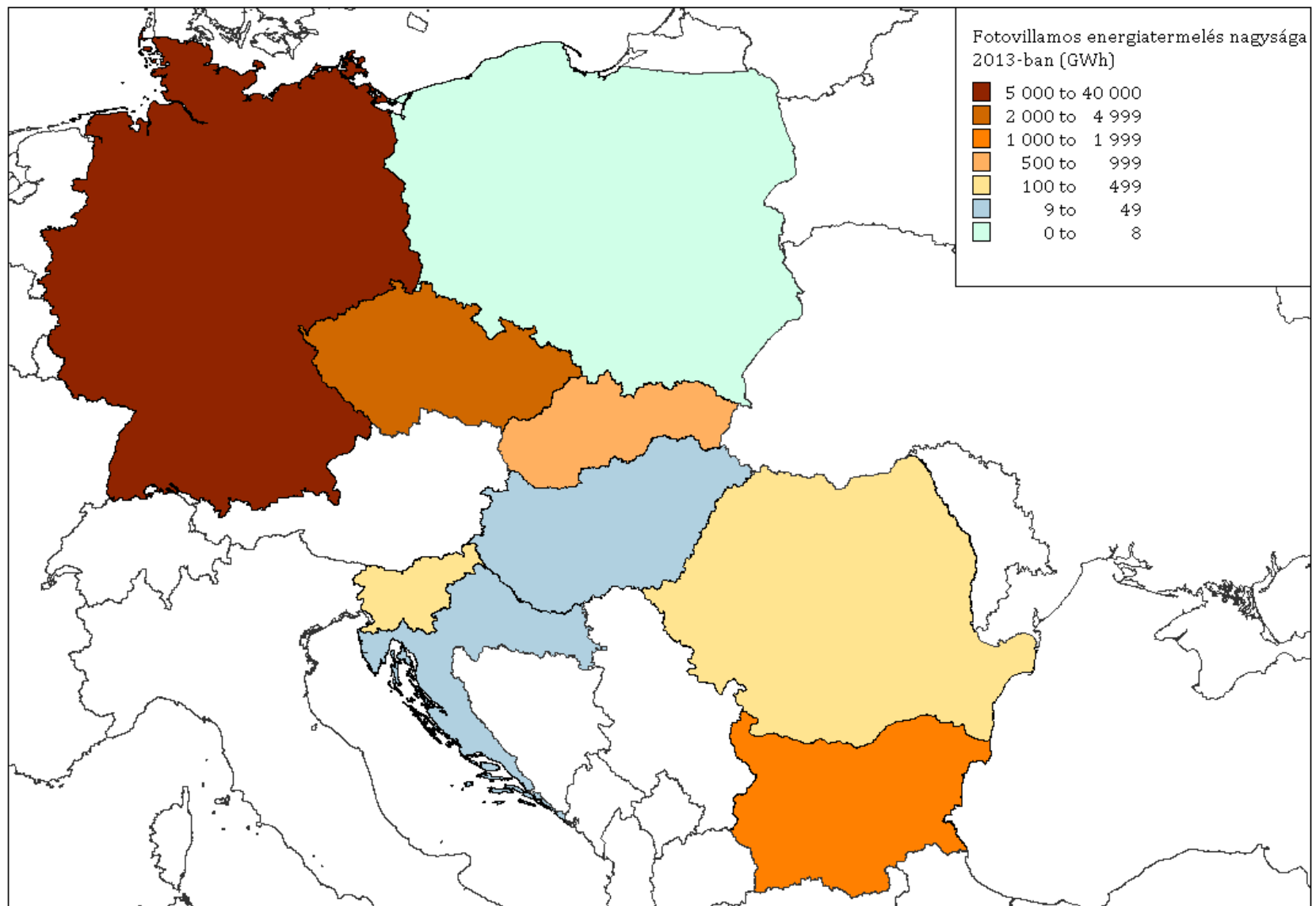
E-mail: [varju@rkk.hu](mailto:varju@rkk.hu)

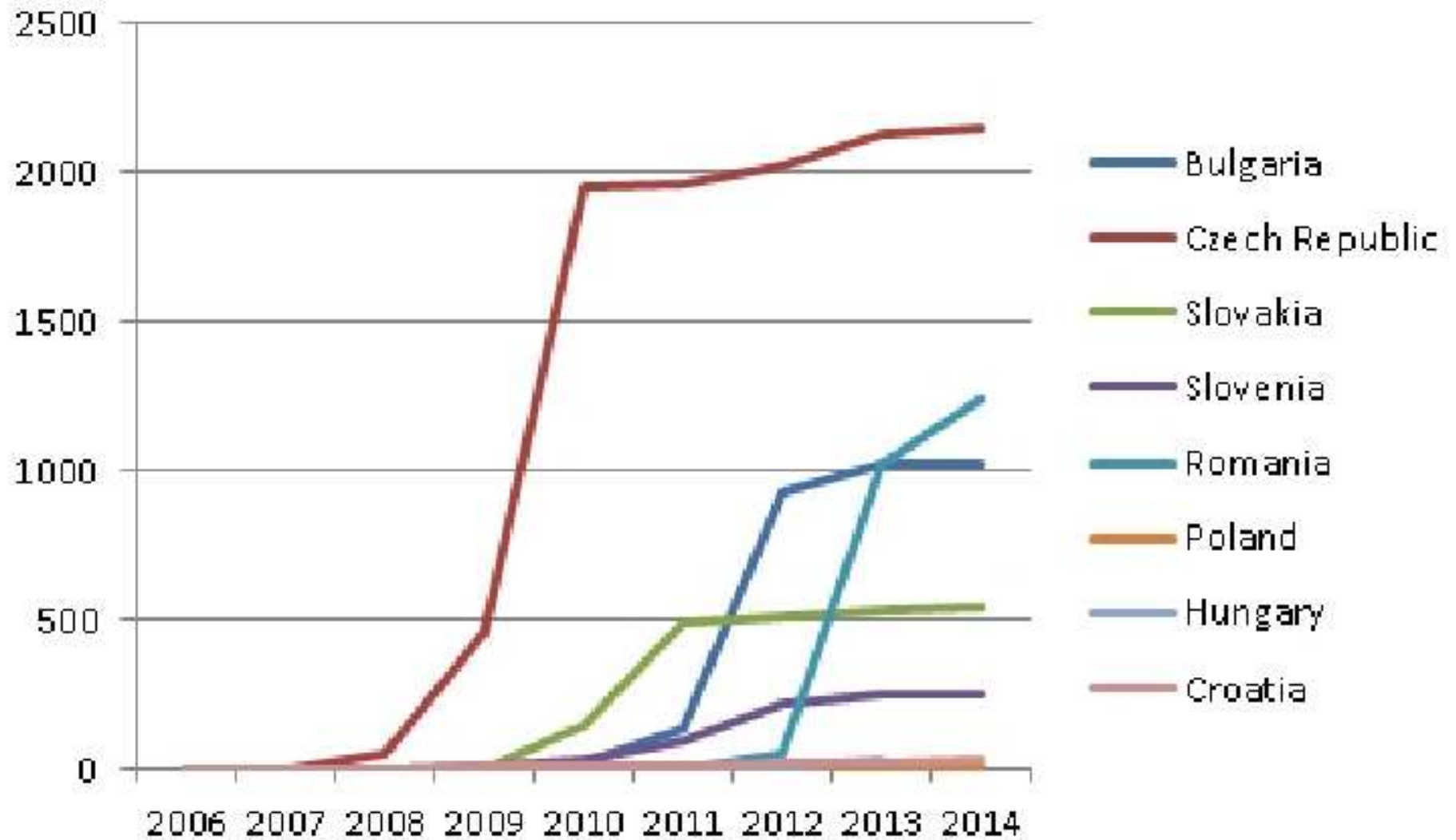
*Jelen előadás a „Long term socio-economic forecasting for Hungary” projekt  
(EEA-C12-11) keretében és támogatásával valósult meg.*

# Global horizontal irradiation

# Europe

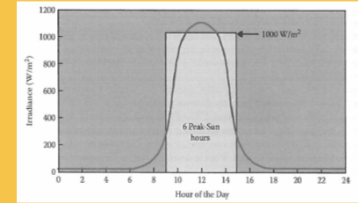




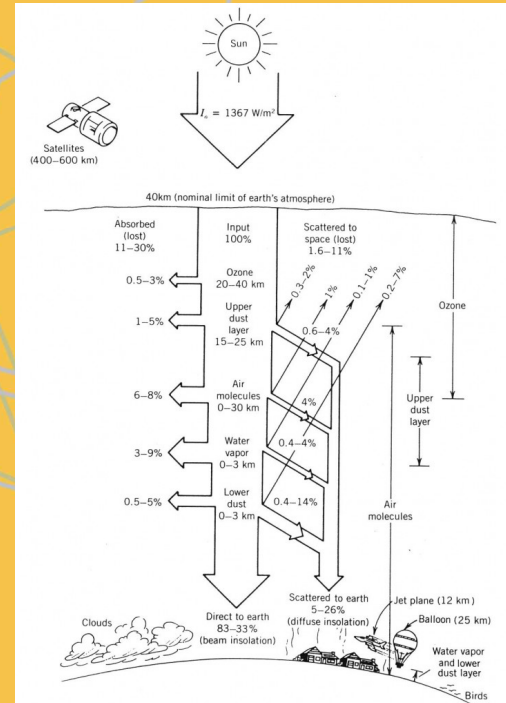
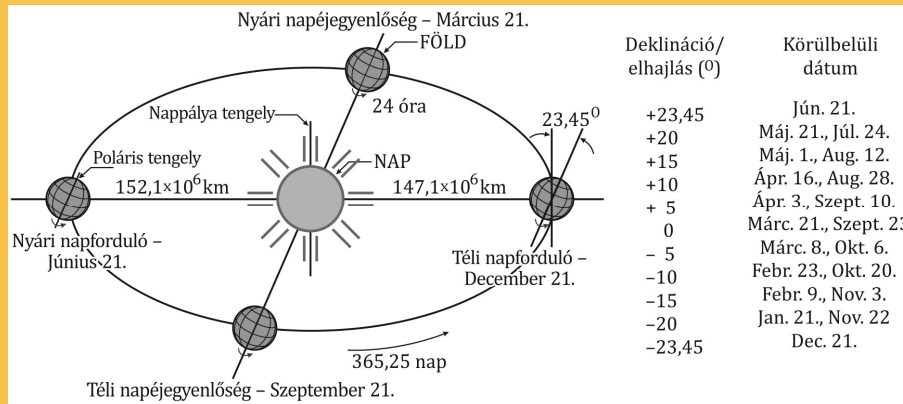




- Kitettség, földrajzi helyzet (pl. PVGIS) jó kiinduló pont → de nem veszi figyelembe a (1) kül. technológiákat;



- (2) Standard tesztkörülmeények = 1000W/m<sup>2</sup>; 25°C cellahőmérséklet → helyi mérések szerepe



$$W_o(n, \phi, \delta, \omega_s) = \frac{86400}{\Pi} E_{0,sr} \left( 1 + 0.034 \cos \frac{360^\circ n}{365^\circ} \right) \left( \frac{2\Pi}{360} \omega_s \sin \phi \sin \delta + \sin \omega_s \cos \phi \cos \delta \right)$$



# Komplexitás



Klimatológiai fókusz:

- Csillagászati sajátosságok klimatológiai hatásai
- Globális besugárzás sajátosságai
- Helyi/mikroklimatológiai sajátosságok és változás

Alapvető tényezők: *beesés szöge; külső hőmérséklet; csapadék (hó); szélsébség (hűtő hatás)*

**Adaptáció** → *Technológia, műszaki megoldások*

- Tájéolás
- PV modul optimális megválasztásával
- + Rendszer egyensúlyát biztosító komponensek (Balance of System – BOS) optimális megválasztásával



# „Klíma”adaptációs technikák

- Tájolás
- PV modul optimális megválasztásával
- + Rendszer egyensúlyát biztosító komponensek (Balance of System – BOS) optimális megválasztásával



# Tájéolás



HAS Research Centre for Economic and Regional

- 2012: 30%-kal nagyobb költség; 40%-kal nagyobb teljesítmény – 2015-ös árak mellett már nem éri meg

- Azimut-követő rendszer – akár 25%-os hatékonyság növekedést érhet el



-Védelem: szél elleni védelem (vitorlahatás kiküszöbölése)





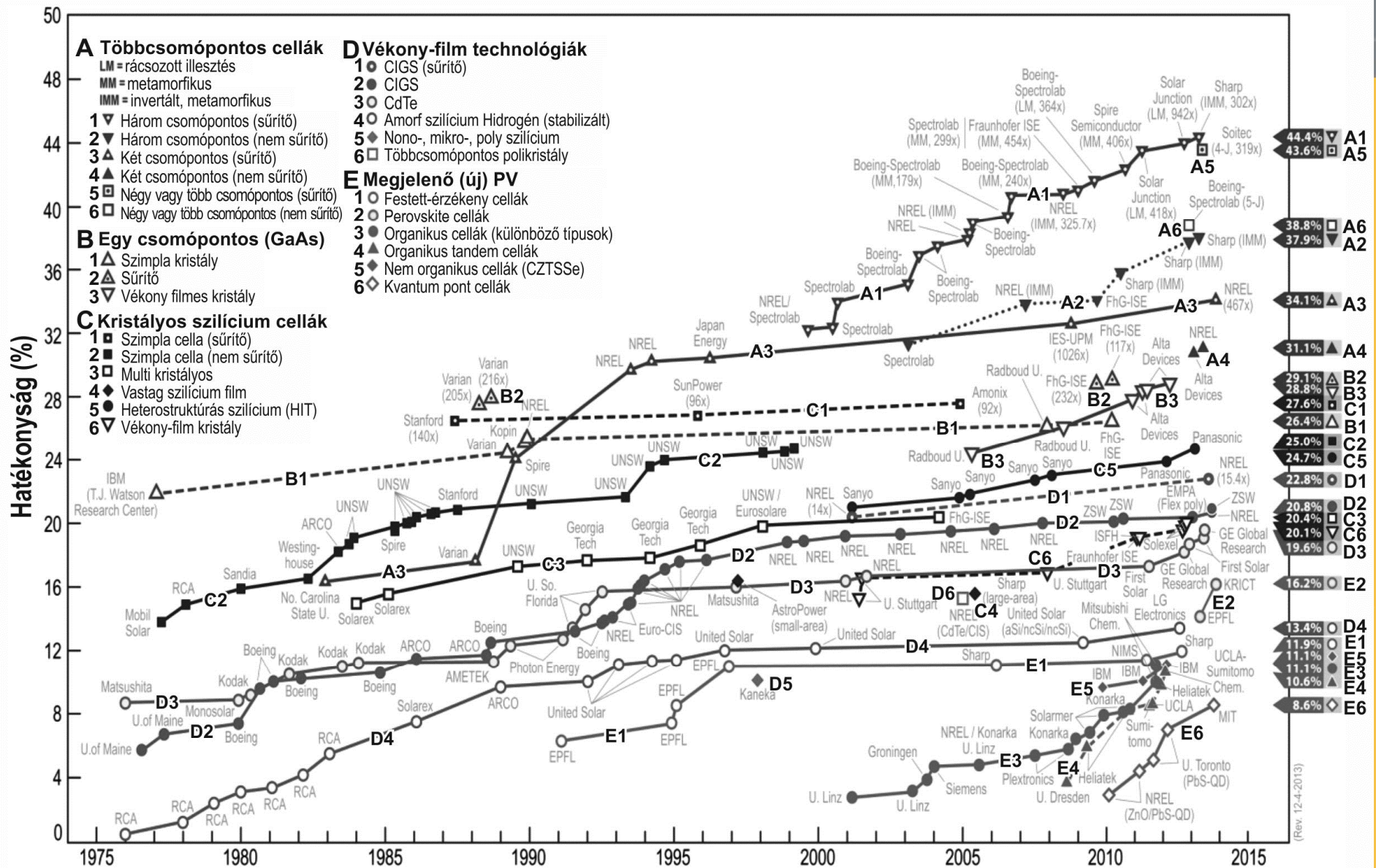
# „Klíma”adaptációs technikák

- Tájéolás
- PV modul optimális megválasztásával
- + Rendszer egyensúlyát biztosító komponensek (Balance of System – BOS) optimális megválasztásával





# Technológia





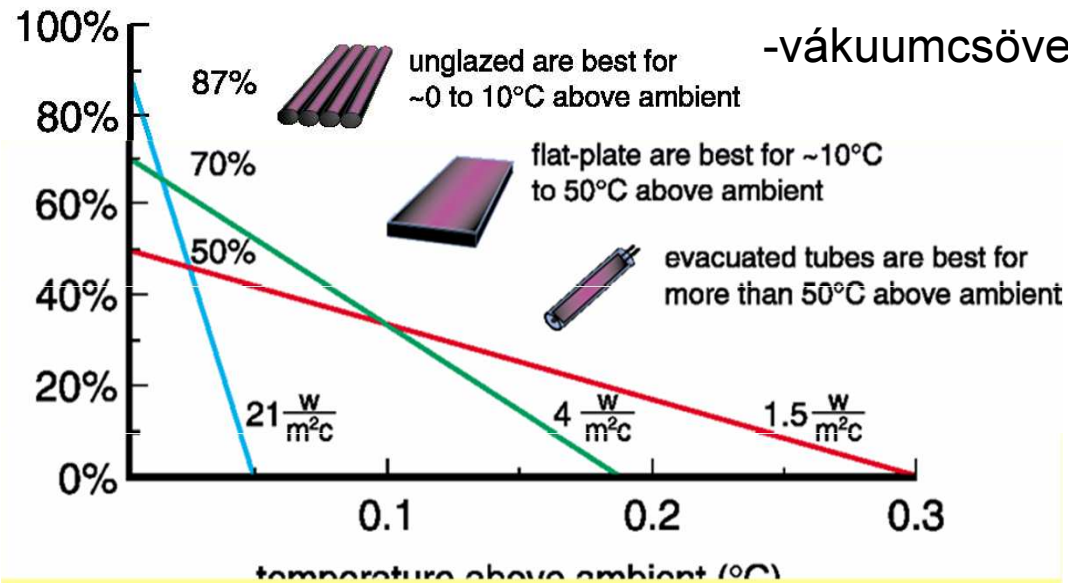
# Hőmérséklet hatása bizonyos technológiákra

## 1. (Környezeti) hőmérséklet

-Matt

-Sík

-vákuumcsöves



Környezeti (cella) hőm.	Korrekciós tényező
21-25°C	1,04
26-30°C	1,00
31-35°C	0,96
61-70°C	0,58

2. Cella hőmérséklet: könnyen megy 55°C fölé mérsékeltövi klímán is, különösen nyári időszakban (+30°C STC-hez képest).

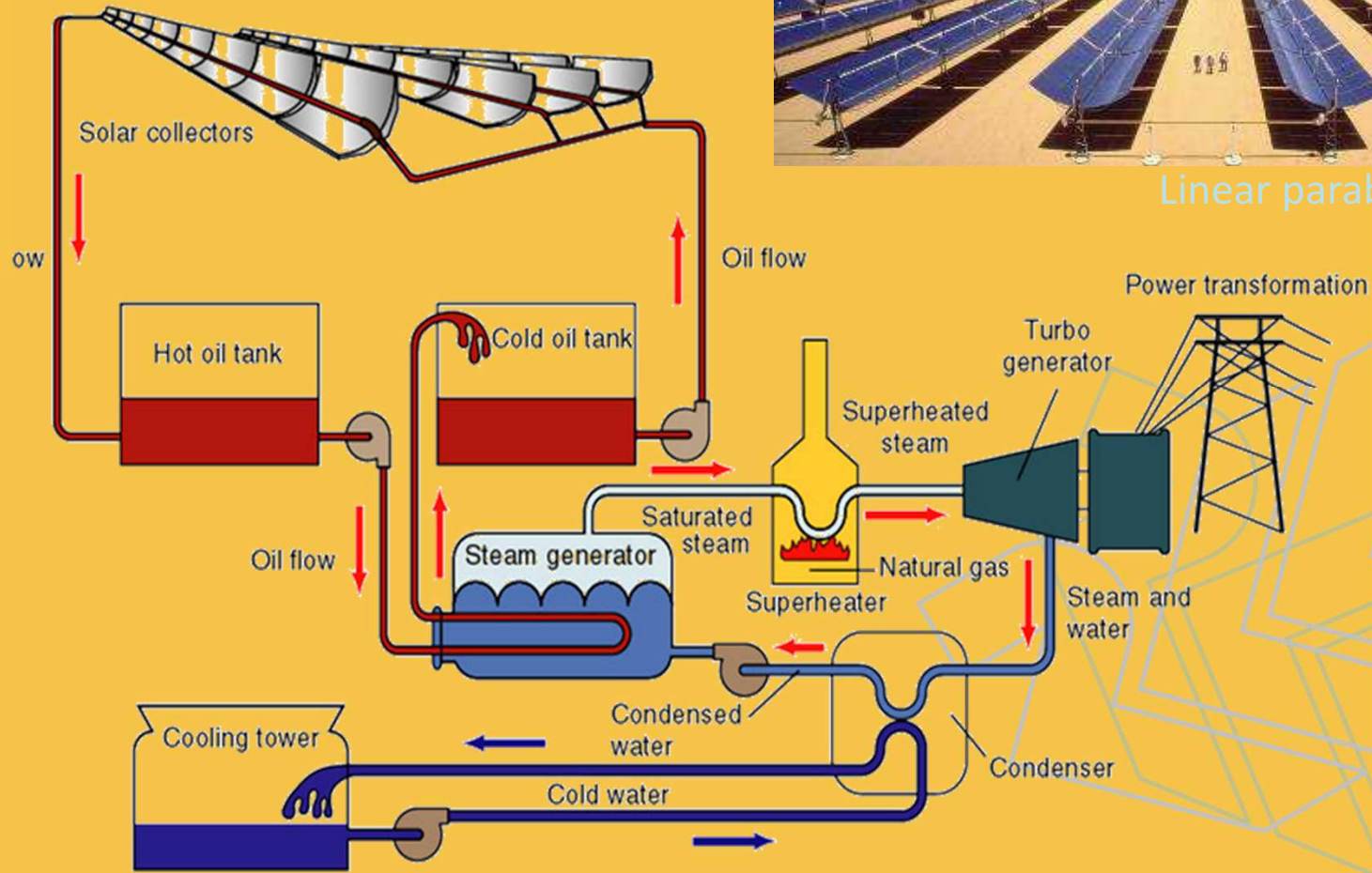
Technológia (55°C felett: - kristályos panelek → 80%-os hatékonyság

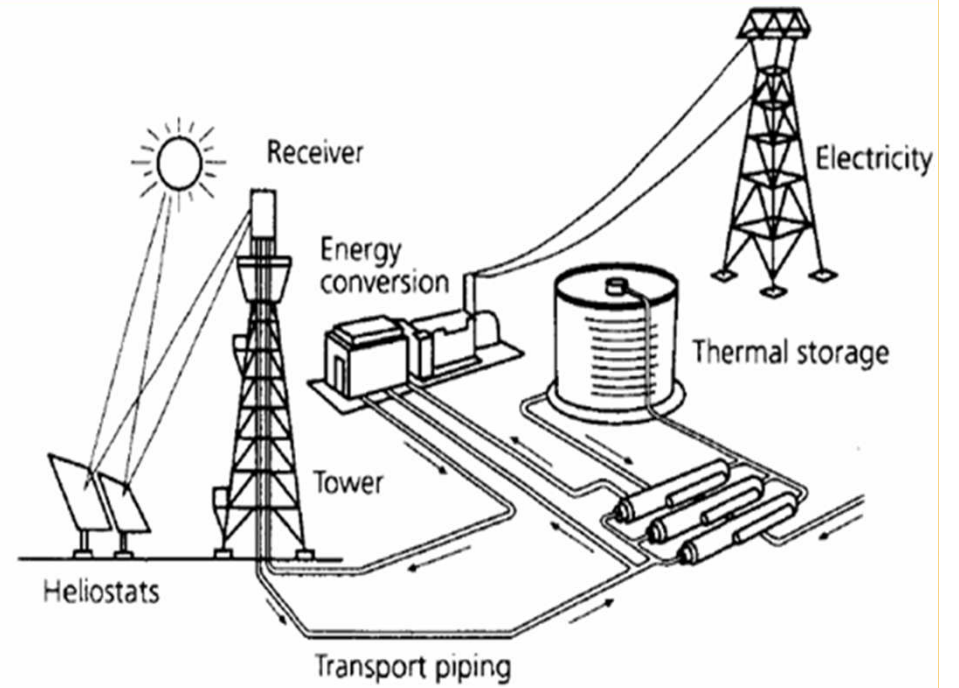
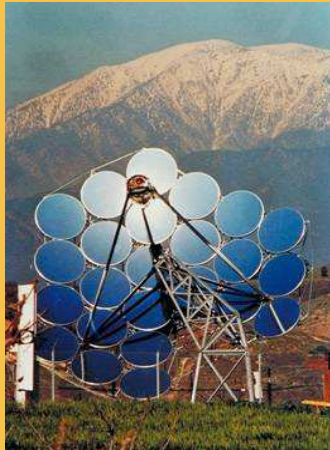
- Amorf PV modul → 95%-os hatékonyság



Linear parabolic reflectors

HAS Research Centre for Economic and Regional Studies








# Helyi sajátosságok – mérés fontossága

26. táblázat: Modulok műszaki jellemzőinek összehasonlítása a tényleges mérések standard vizsgálati (STC) feltételekhez viszonyítása alapján

Modul műszaki jellemzői	Mono Si Bisol BMO250	CIS Solar Frontier SF-150	Amorph Si Masdar MPV-100S	Nagy hatékonyság ú mono Si Panasonic VBHN240SE1 0	Poly Si Bisol BMU250
Áprilisban és májusban mért átlagteljesítmény* [W]	78,3	59,49	36,12	80,16	79,15
Mért átlagteljesítmény* STC eredményekhez viszonyítva* [energiaegység]	0,313	0,396	0,361	0,334	0,317
Mért átlagos hatásfok* (általános) [energiaegység]	0,134	0,1305	0,073	0,180	0,138
Mért átlagos hatásfok* STC eredményekhez viszonyítva [energiaegység]	0,873	1,067	0,927	0,945	0,901
Mért átlagos kitöltési tényező* (elektromos hatásfok) [energiaegység]	0,733	0,681	0,671	0,745	0,719
Mért átlagos kitöltési tényező* STC eredményekhez viszonyítva [energiaegység]	0,983	1,081	1,012	0,949	0,981

\*\* Az STC feltételekkel meghatározott műszaki jellemzők szerint, lásd a korábbi fejezetben ismertetett adatbázist.

Jelölések:

 Rossz     Közepes     Jó     Legjobb

- STC teljesítmény vs. valódi
- Az átlagos mért hatásfok STC feltételek között kapotthoz viszonyított aránya csak a CIS technológia esetében nagyobb 1-nél annak ellenére, hogy a mérésekre kisebb napsugárzás intenzitási körülmények között és **túlnyomóan felhős időben került sor**, ami a **többrétegű fotovoltaikus cellák jobb reagálását** mutatja a napsugárzás széles spektrumára.



A PV rendszer rövidtávú időjárási feltételekre való reagálásának megerősítése érdekében két tipikus- egy felhős és egy (túlnyomóan) napos – nap relatív összehasonlítása (és emulációja) történt.

PV rendszer energetikai jellemzői	Mono Si Bisol BMO250	CIS Solar Frontier SF-150	Amorph Si Masdar MPV-100S	Magas hatékonyságú mono Si Panasonic VBHN240SE10	Poly Si Bisol BMU250
Átlagos mért napfénybesugárzás áprilisban és májusban* [W/m <sup>2</sup> ]	376,90	376,90	376,90	376,90	376,90
Átlagos mért napfénybesugárzás áprilisban és májusban PVGIS becsléshez viszonyítva** [energiaegység]	0,937	0,937	0,937	0,937	0,937
Fajlagos emulált villamosenergia termelés áprilisban és májusban* [kWh/kW <sub>csúcs</sub> ]	231,54	268,67	208,71	225,52	216,49
Fajlagos emulált villamosenergia termelés áprilisban és májusban PVGIS becsléshez viszonyítva** [energiaegység]	0,834	1,037	-	0,881	0,846
Fajlagos emulált villamosenergia termelés felhős napon* [kWh/kW <sub>csúcs</sub> ]	2,61	3,14	3,19	2,68	2,66
Fajlagos emulált villamosenergia termelés napsütéses napon* [kWh/kW <sub>csúcs</sub> ]	4,68	5,50	5,01	4,72	4,50

\* A villamosenergia termelés PV emulátorral becsült, 7. fejezetben ismertetett becslése szerint. Fotovoltaikus emulátoron végzett mérés.

\*\* Villamosenergia termelés PVGIS becslése szerint.

Jelölések:

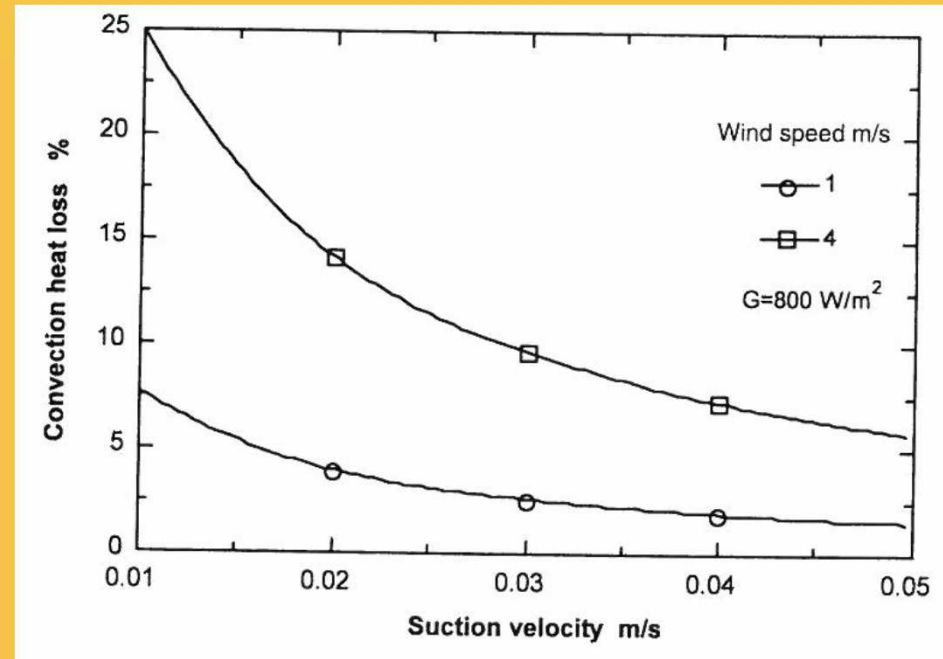
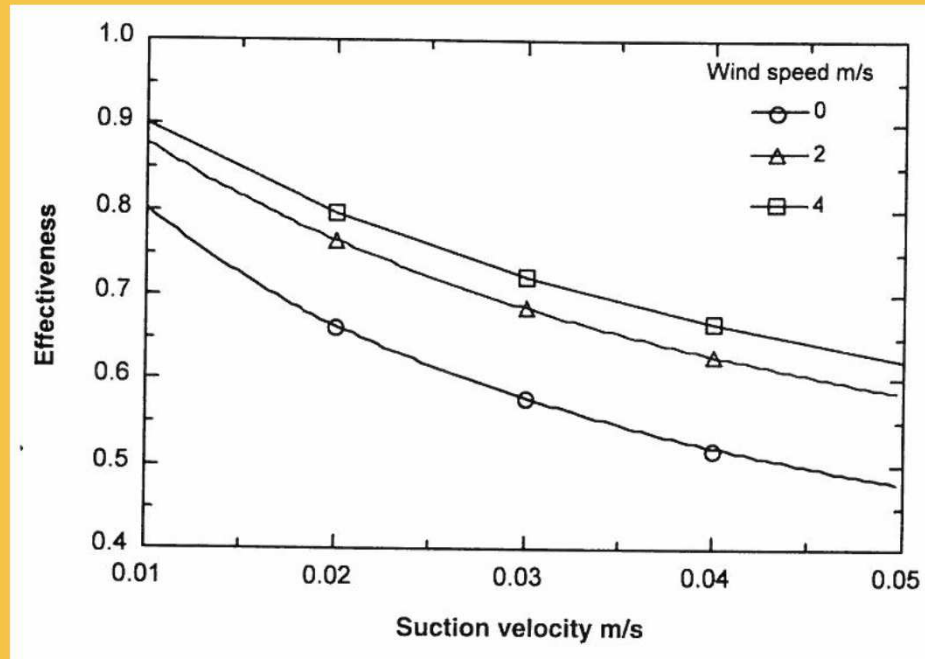
Rossz    Közepes    Jó    Legjobb

- Eltérés oka a különböző technológiájú PV rendszerek U-I karakterisztikájának a napsugárzás intenzitásában és a cella hőmérsékletében bekövetkező változásokra való eltérő reagálásában rejlik.



# Napkollektor

- Környezeti hőmérséklet – helyi szélesebbesség → ellentétes hatású (hővesztés)







# Napkollektor

- Pangási hőmérséklet (stagnation temperature) → besugárzási szint és a környezeti hőmérséklet függvénye → magas pangási hőmérsékleten is üzemelnie kell a napkollektornak → szabvány →

Száraz klíma:  $G=1200\text{W}/\text{m}^2$ ;  $T_a=40^\circ\text{C}$

„Európai” mérsékelt övi klíma:  $G=950\text{W}/\text{m}^2$ ;  $T_a=25^\circ\text{C}$



( $G = 1200 \text{ W}/\text{m}^2$ ,  $T_a = 40^\circ\text{C}$ )

Collector	$\Delta T/G$ for $\eta = 0$	Stagnation temperature ( $^\circ\text{C}$ )
Unglazed	0.03	70
Black flat plate	0.11	150
Selective flat plate	0.15	190
Evacuated tubular	>0.28	>300

Ugyanakkor: hordozóközeg hőátadás vs. fagyűrész



# „Klíma”adaptációs technikák

- Tájolás
- PV modul optimális megválasztásával
- + Rendszer egyensúlyát biztosító komponensek (Balance of System – BOS) optimális megválasztásával





## BOS vs. klimatikus tényezők

- BOS komponensei: biztosíték, túlterhelési switch, földelés, töltésvezérlés, feszültség szabályozás, csatlakozási hálózat, **akkumulátor/elemek, inverter**, monitoring rendszerek, kábelek és szigetelés, egyéb perifériák.





## BOS vs. klimatikus tényezők

*Kábelek vs. szigetelés vs. környezeti hőmérséklet  
(sziget-üzemi rendszerpéldáján)*

Környezeti hőmérséklet	Korrekciós faktor	Amper
26-30°C	1,00	40,0
36-40°C	0,91	36,4
61-70°C	0,58	23,2



## BOS vs. klimatikus tényezők

- Akkumulátor/elem → cella-típus; elektrolit fajsúly

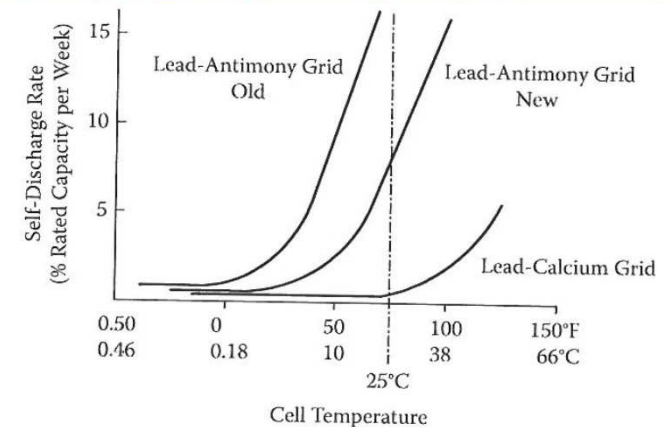
Merülési tényező (STC): ólom-antimon új 1%/nap

régi: 5%/nap

ólom-kalcium: új: 0,5%/nap

régi: 0,5%/nap

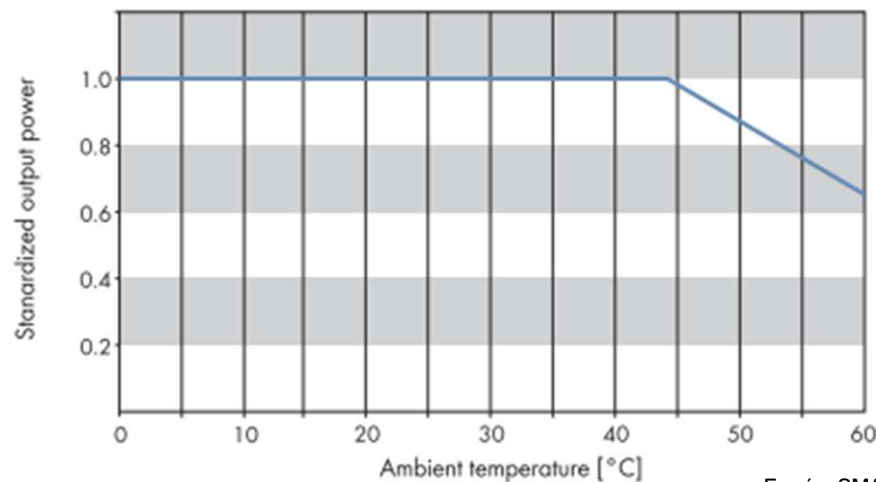
Elektrolit: minél nagyobb a környezeti hőmérséklet, annál nagyobb fajsúlyú elektrolitot kell használni



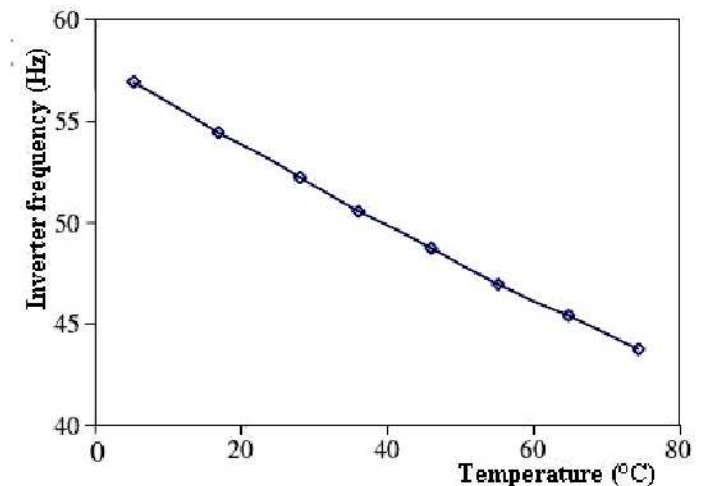


## BOS vs. klimatikus tényezők

- Inverter teljesítménye szignifikánsan csökken a hőmérséklet emelkedésével (pl. kimenő frekvencia PV pumpánál  $0,03\%/^{\circ}\text{C}$  (Hamrouni et al. 2008);  $37^{\circ}\text{C}$  felett  $2,5\%$ -os teljesítménycsökkenés (Chumporlat et al. 2014) →
  - Árnyékolás
  - Szélhatás feltérképezése



Forrás: SMA





## Összegzés

A napenergia rendszerek szignifikánsan érzékenyek a csillagászati, klimatikus, meteorológia tényezőkre és változásaikra.

- Tájolás: akár + 40%
- Magas cellahőmérséklet modulon: - 5-20%
- Magas környezeti hő: - inverter - 2,5-5%
  - kábel: - 5-15%
  - (- akku: - 0,5-10%)
- Felhős-napos különbség: - 37-45%

---

Tradicionalisan figyelembe vett meteorológiai paraméterek vs. Besugárzás – csökkenő korreláció sorrendjében: *napsütés időtartama, felhőzettség (önmagában v. jellemző felhőtípusokkal); csapadék (víz; ill. hó)+páratartalom; láthatóság; talaj albedo*

Mikroklimatológiai sajátosságok: *szélirány, szélsébség, hőmérséklet, (légnomás),*



Köszönöm a figyelmet

E-mail: [varju@rkk.hu](mailto:varju@rkk.hu)

