



A NYÁRI TÚLMELEGEDÉS KOCKÁZATÁNAK VIZSGÁLATA DINAMIKUS SZIMULÁCIÓVAL

ÉPÜLETENERGETIKAI
SZIMULÁCIÓS WORKSHOP

START 2023! ÉPÜLETGÉPÉSZETI SZAKMAI NAP

Dr. Szalay Zsuzsa és Szagri Dóra

2023



**BUDAPESTI MŰSZAKI
ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM**
Építőmérnöki Kar - építőmérnöki képzés 1782 óta

Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

Kérdések

Miért fontos a nyári túlmelegedés vizsgálata?

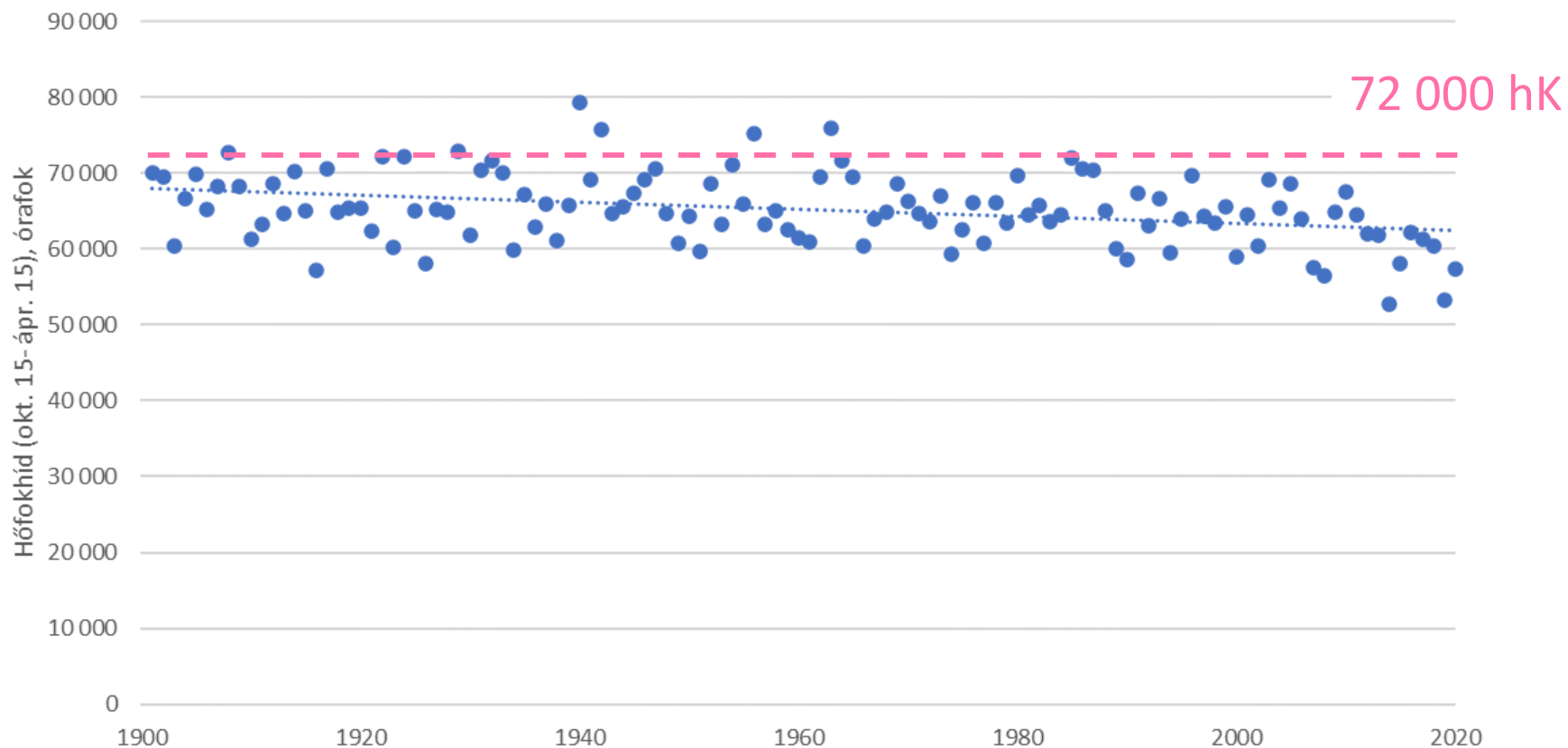
Milyen tényezők befolyásolják a nyári felmelegedést?

Mi az előnye a dinamikus szimulációnak?

Mi az előírás ma és mi várható?

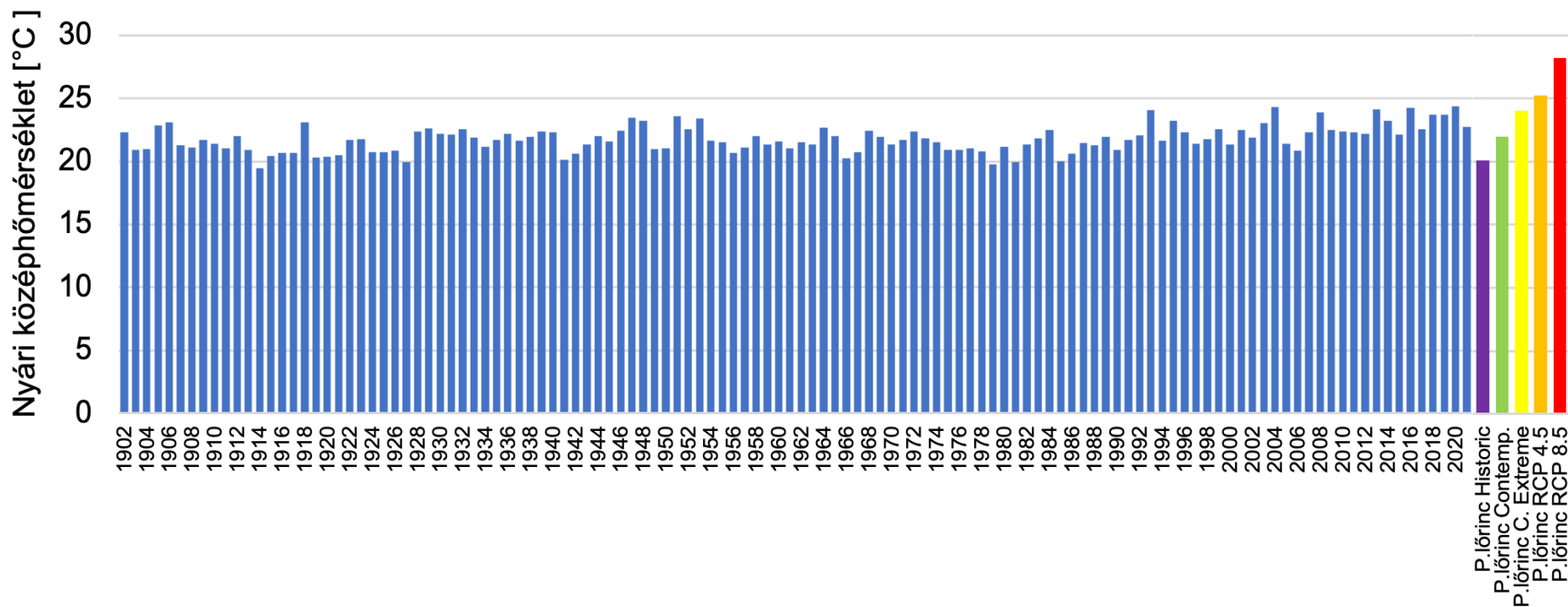
Esettanulmányok

Fűtési hőfokhíd, 1901 - 2020 (okt. 15-ápr. 15)



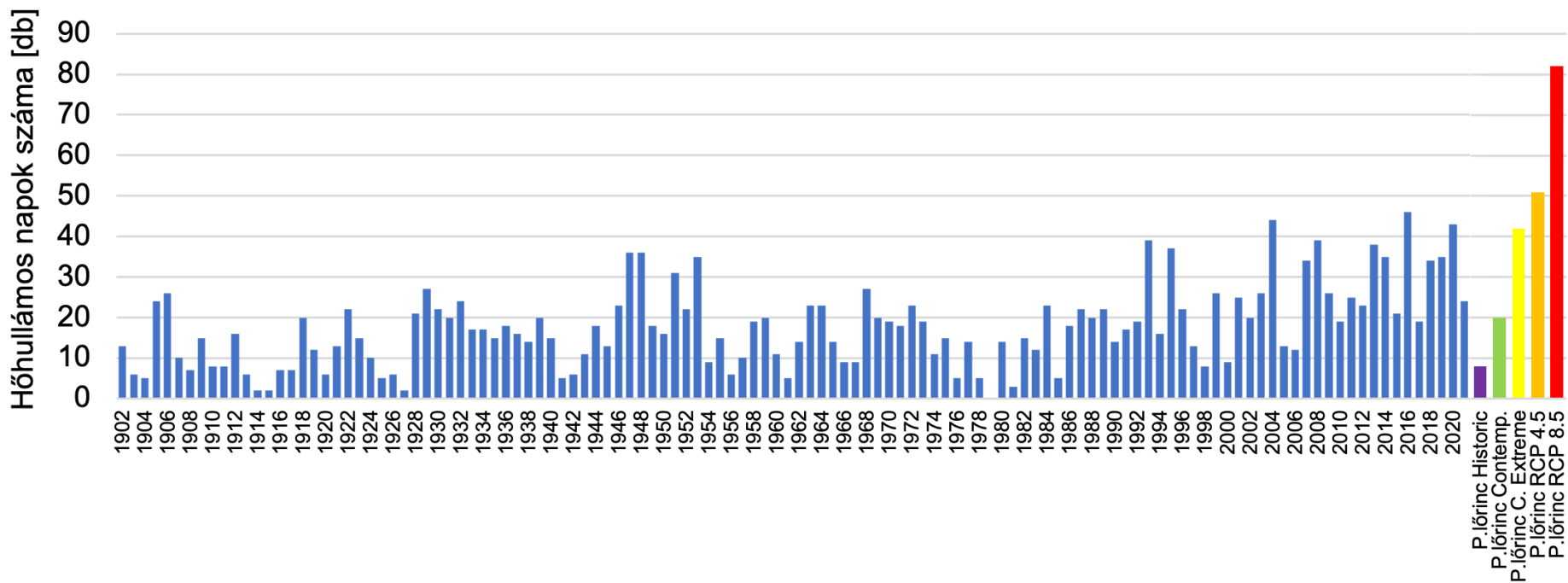
Budapest, OMSZ adatok alapján

Nyári (június – augusztus) középhőmérsékletek 1901-2020 között és a Meteonorm adatbázisban



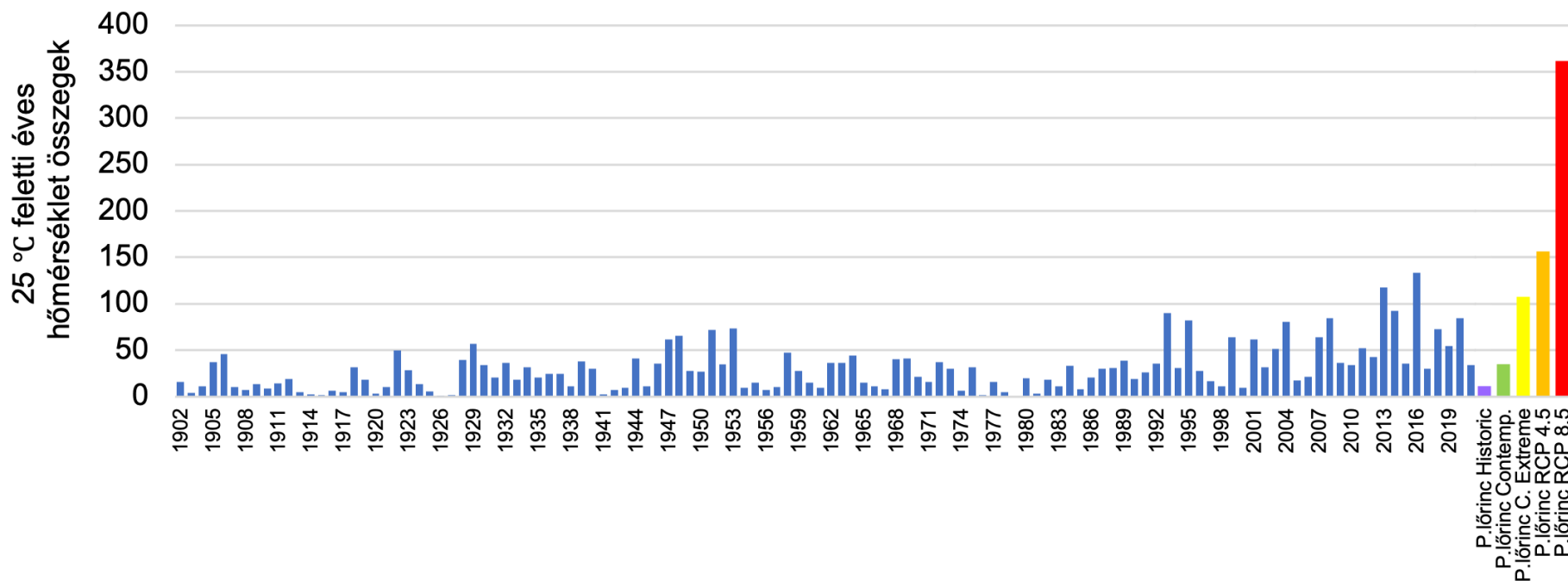
Budapest, OMSZ és Meteonorm adatok alapján

Hőhullámos napok száma 1901-2020 között és a Meteonorm adatbázisban



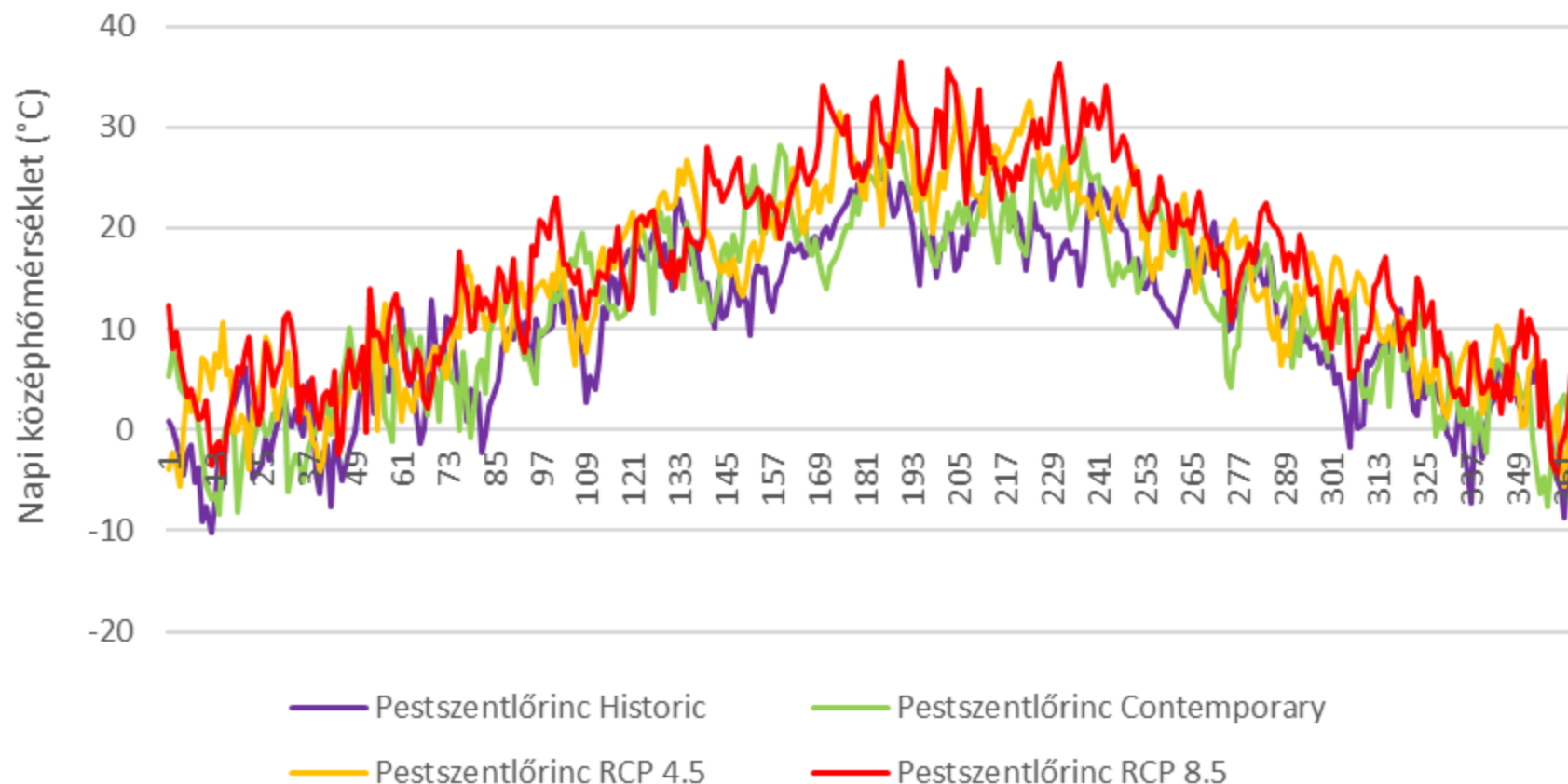
Budapest, OMSZ és Meteonorm adatok alapján

25 fok feletti éves hőmérséklet összegek 1901-2020 között és a Meteonorm adatbázisban



Budapest, OMSZ és Meteonorm adatok alapján

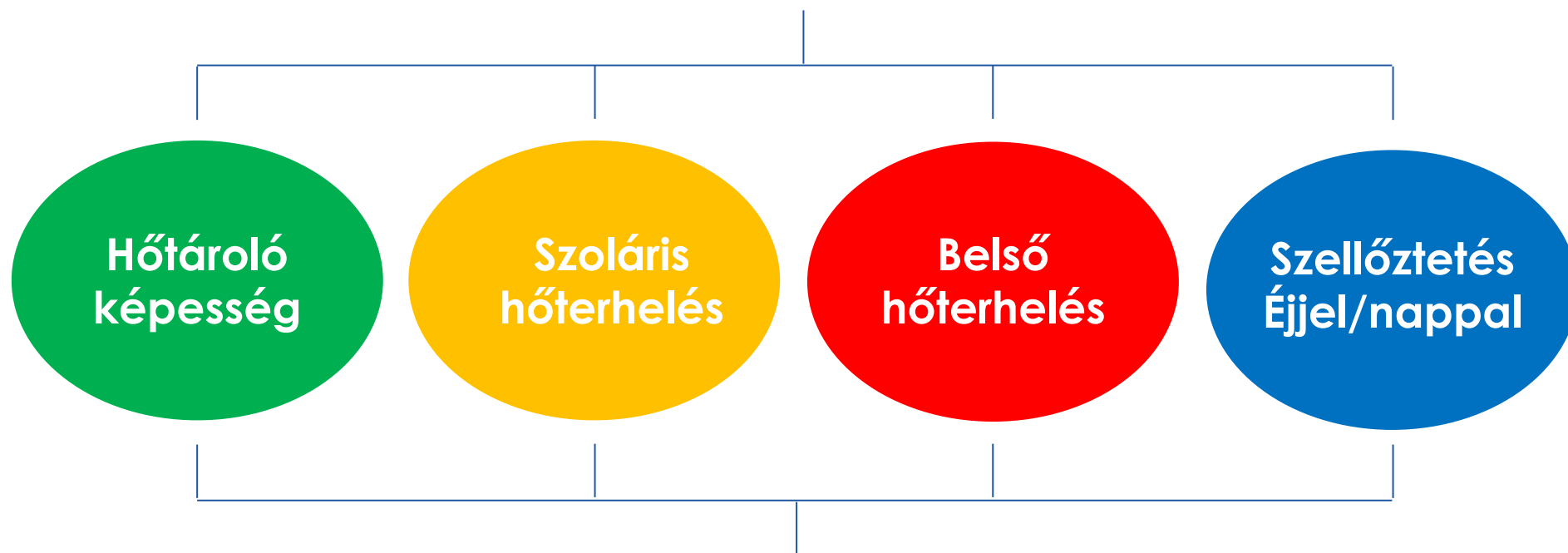
Napi középhőmérséklet éves lefutása a Meteonorm adatbázisban



Meteonorm adatok alapján

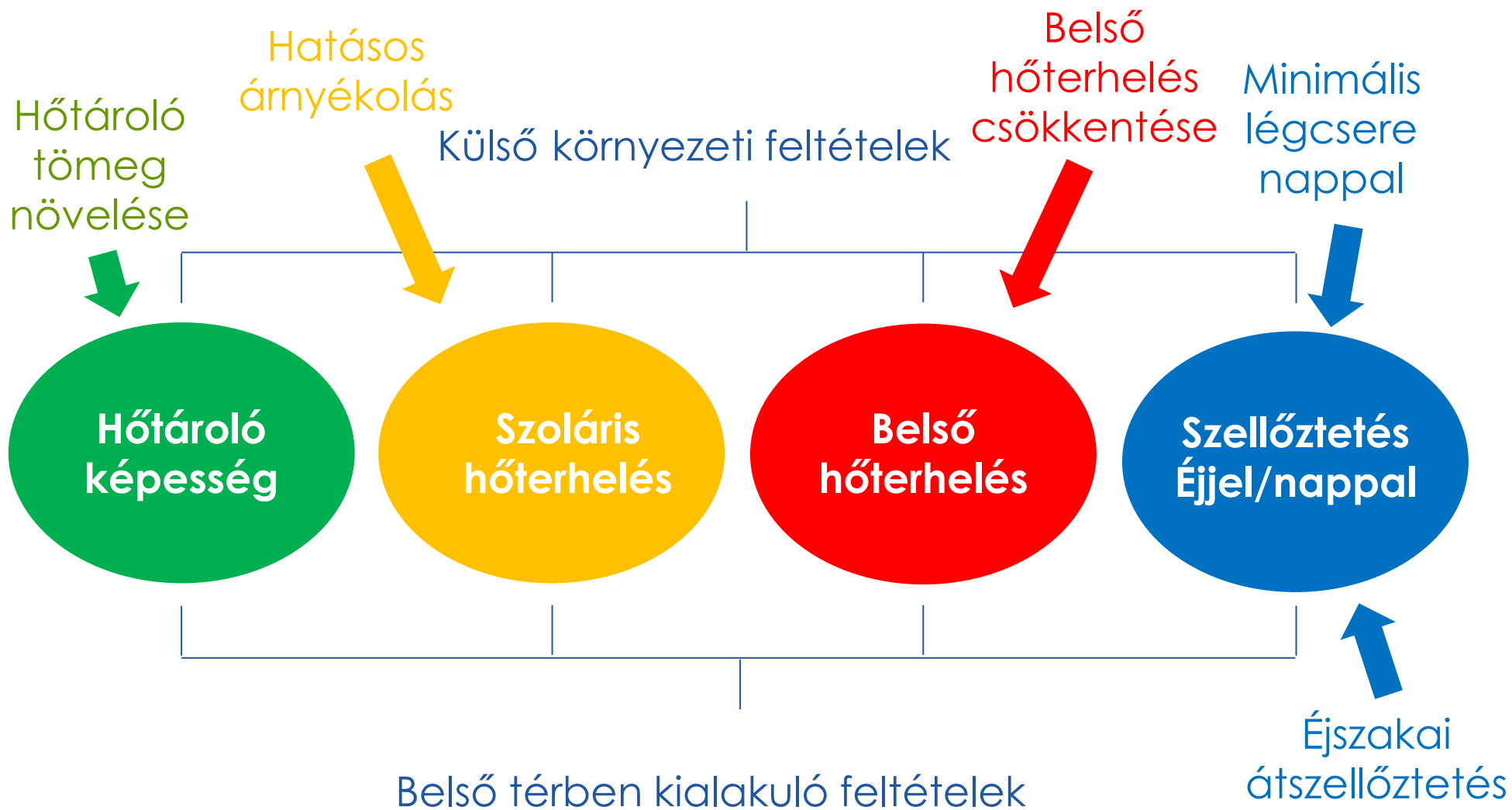
A nyári túlmelegedést befolyásoló tényezők

Külső környezeti feltételek

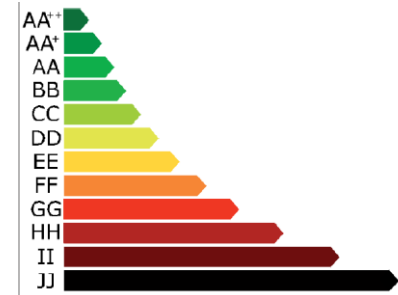


Belső térben kialakuló feltételek

A nyári túlmelegedést befolyásoló tényezők



Számítási módszerek 7/2006 TNM rendeletben



Egyszerűsített módszer

A rendelet által megadott közelítő összefüggések, bizonyos elhanyagolások megengedettek

A biztonság javára téved!

Részletes módszer

Vonatkozó EN, MSZ szabvány vagy számítógépes módszer

Pontosabb eredményeket ad!

Számítógépes szimulációs módszer

A rendelet által megadott módszerrel egyenértékű, a nemzetközi gyakorlatban elfogadott szimulációs módszerrel

Szabadság a módszerek megválasztásában (akár lépésenként felváltva)
Az épületek sokfélék
Pontosság – ráfordított idő

Gépi hűtés fajlagos energiaigénye – 7/2006 TNM szerint

$$E_{hű} = \frac{Q_{hű} \cdot \sum \alpha_h \cdot C_h \cdot e_{hű}}{A_N} \quad [kWh/m^2a]$$

Nincs általános összefüggés, mert a hűtési hőterhelés csak helyiségenként vagy zónánként végezhető.

Becslés:

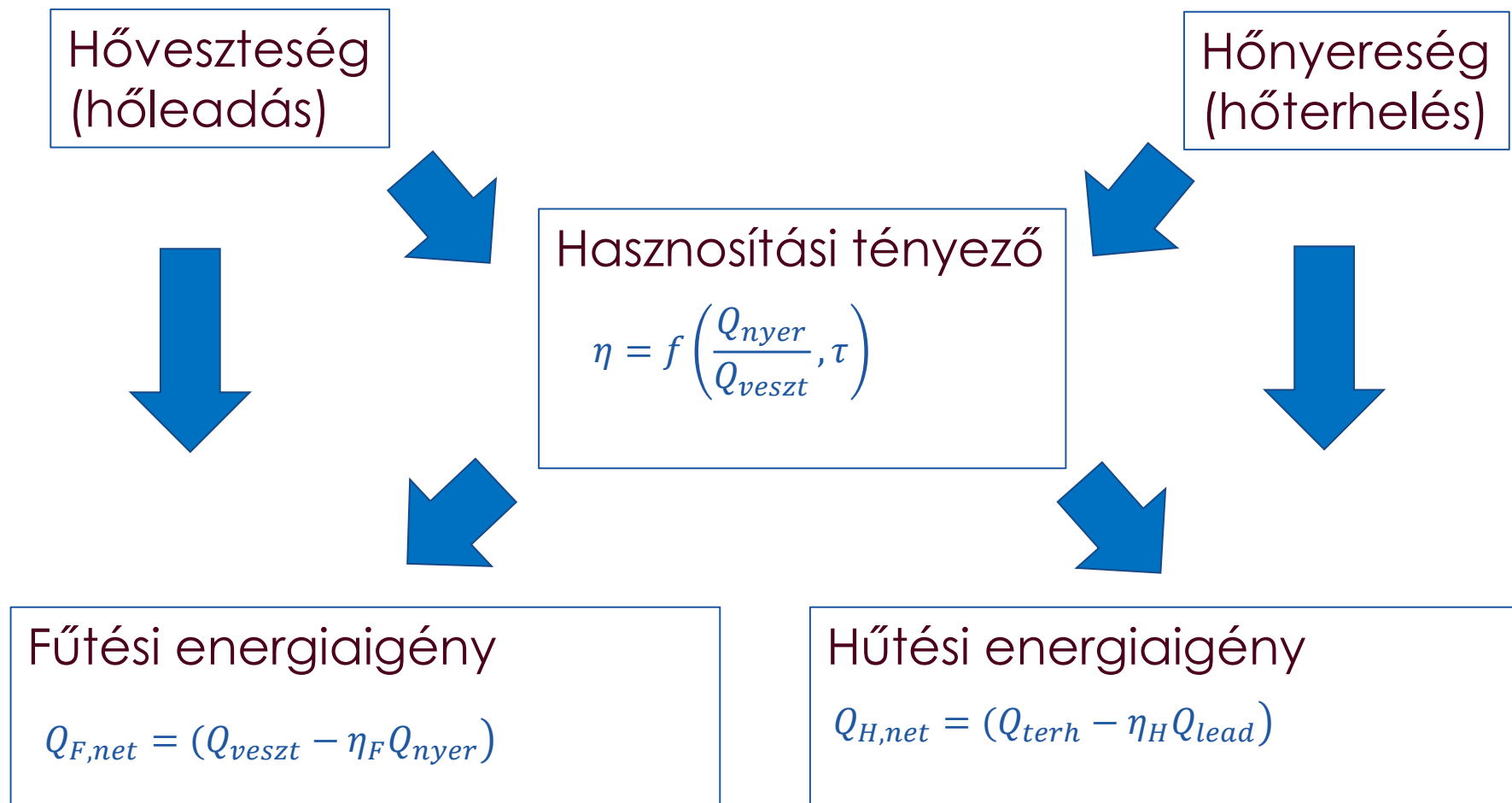
$$Q_{hű} = \frac{24}{1000} \cdot n_{hű} \cdot (\sum A_N q_b + Q_{sdnyár})$$

ahol $n_{hű}$ azon napok száma, amikor:

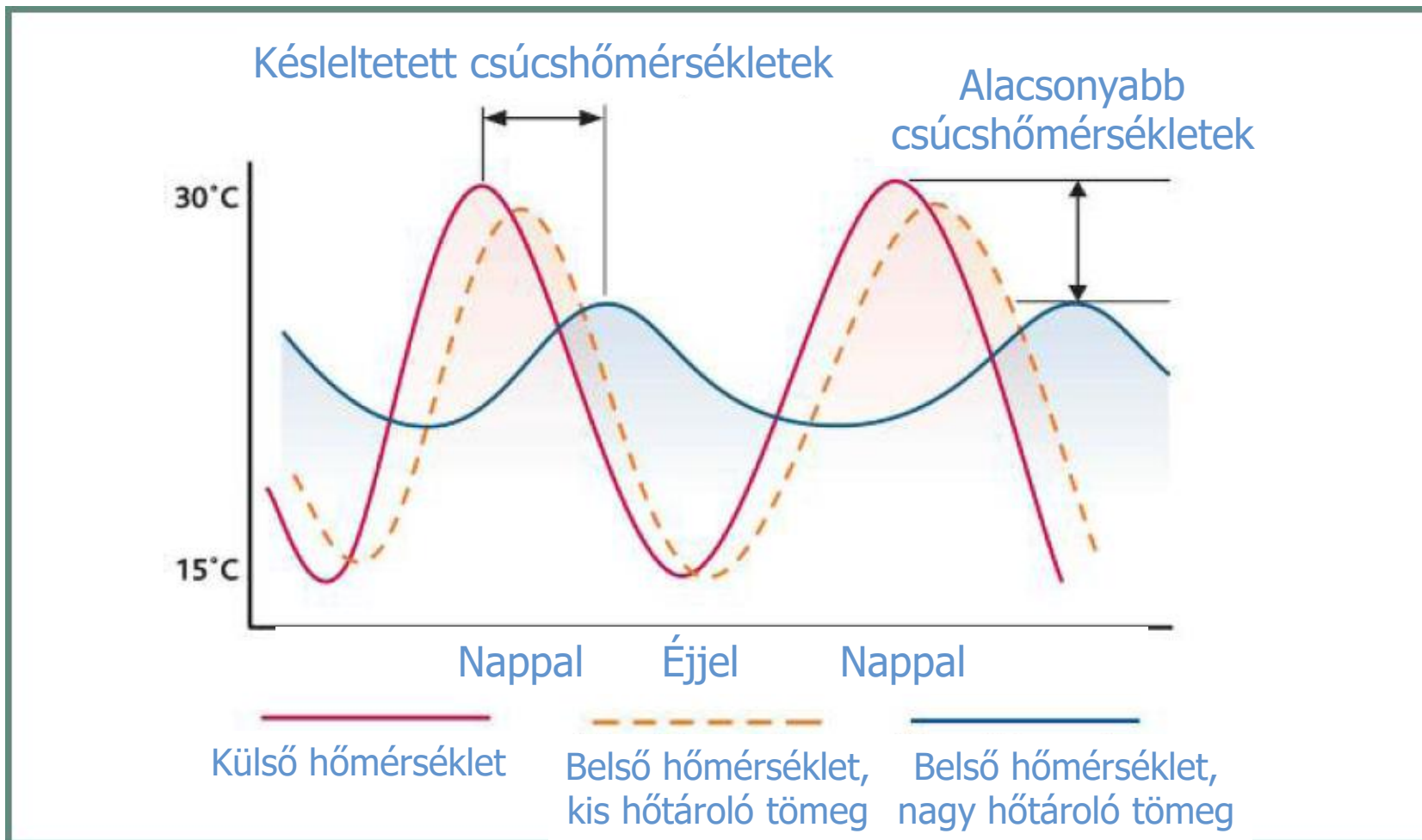
$$\bar{t}_e \geq 26 - \Delta t_{bnyár} \quad \Delta t_{bnyár} = \frac{Q_{sdnyár} + A_N q_b}{\sum AU + \sum l\Psi + 0,35n_{nyár} V}$$

te, közepes °C	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
$n_{hű}$	110	95	80	66	52	38	25	15	8	5	3	1

Fűtés/ hűtés nettó hőenergia igénye – javasolt havi módszer szerint

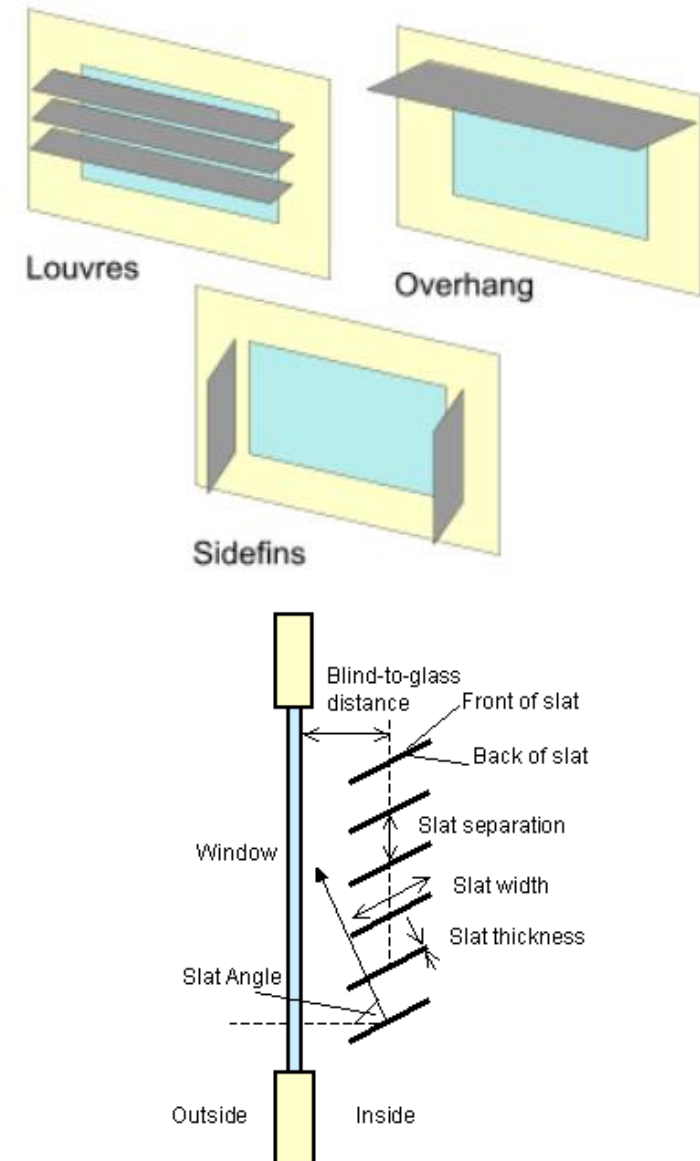


Hőtároló képesség a szimulációban



Árnyékoló szerkezetek a szimulációban

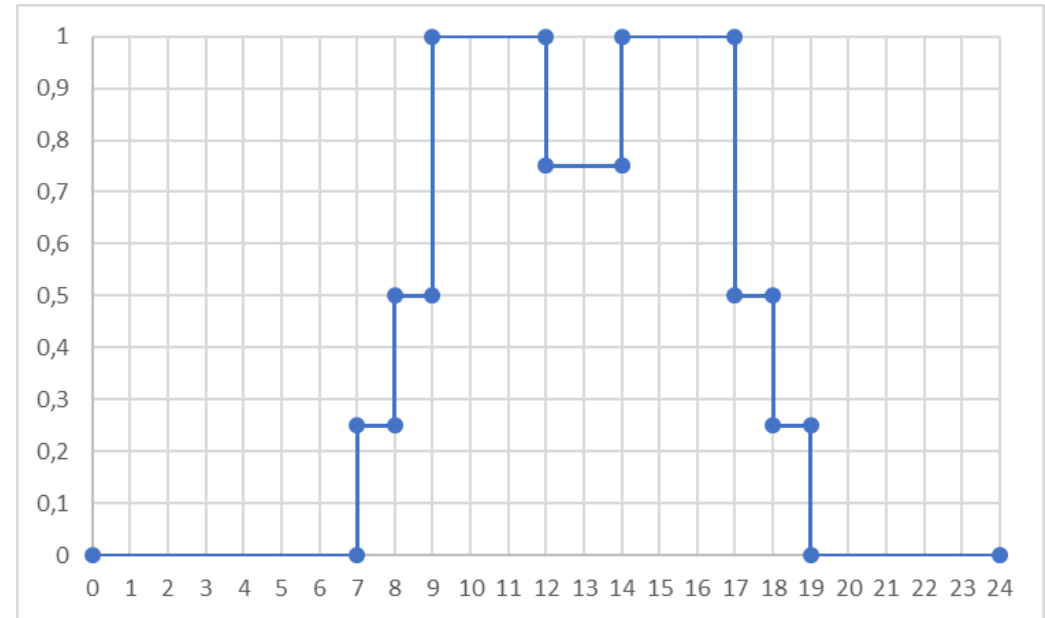
- Árnyékoló szerkezetek
 - Redőny
 - Roló
 - Transzparens hőszigetelés
- Árnyékvetők (vízszintes, függőleges)
- Napvédő üvegezés
- Elektrokróm üvegezés
- Külső árnyékvető akadályok
- Épület önárnyéka
- Szabályozási lehetőségek!



Source: DesignBuilder Help

Belső hőterhelés a szimulációban

- Belső hőforrások
 - Emberi metabolikus hő
 - Világítás
 - Berendezések, háztartási gépek
- Menetrendi profilok
 - Különböző funkciókra
 - Forrás: pl. ASHRAE, UK NCM



Iroda menetrend - UK NCM profil

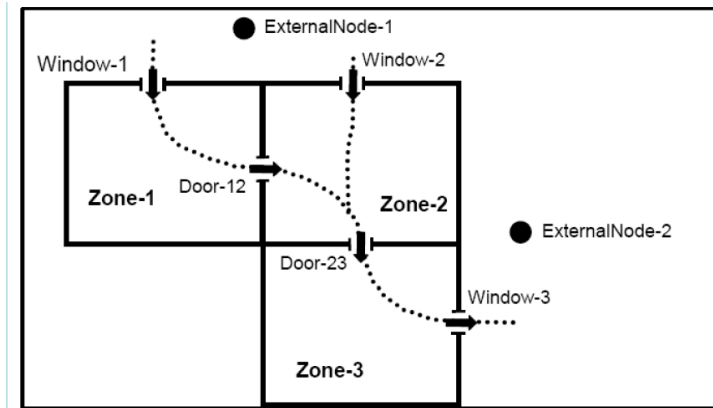
Természetes szellőzés a szimulációban

A természetes szellőzést befolyásoló tényezők:

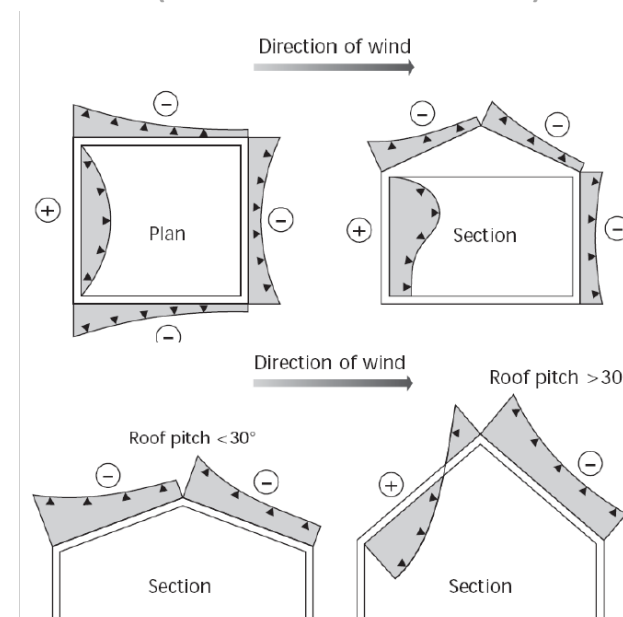
- Ablakok, nyílások, hézagok elhelyezkedése
- Méret, alak, tájolás
- Szélesség és külső hőmérséklet
- Belső zónahőmérsékletek
- Szellőzés szabályozása

Modellezési opciók:

- Szellőző térfogatáramok, légcsereszám menetrend szerint
- Számított térfogatáramok, légáramlás modellezése



Egyszerű légáram modell az Energy+ -ban
(NIST- Walton 1989)



CIBSE Guide A, Figure 4.5

Előírások, követelmények

A nyári túlmelegedés kockázatára vonatkozó követelmény a 7/2006 TNM rendeletben

A nyári túlzott felmelegedés kockázata elfogadható*, ha a belső és külső hőmérséklet napi átlagértékének különbségére teljesül:

- nehéz szerkezetű épületek esetében: $\Delta t_{bnyár} \leq 3\text{K}$
- könnyűszerkezetű épületek esetében: $\Delta t_{bnyár} \leq 2\text{K}$

$$\Delta t_{bnyár} = \frac{Q_{sdnyár} + A_N q_b}{\sum AU + \sum l\Psi + 0,35n_{nyár} V}$$

* Ha belső hőterhelés használati időre vonatkozó átlagértéke $q_b \leq 10\text{ W/m}^2$

A nyári túlmelegedés kockázata – követelmény javaslat

Javaslat:

Ha az épület határolásának az északi tájolástól legalább 45° -kal eltérő tájolású, vagy 45° -foknál alacsonyabb hajlásszögű transzparens szerkezeteinek összfelülete meghaladja az épület kondicionált alapterületének 8%-át, akkor ezen **transzparens szerkezetek és a társított szerkezetek együttes összesített sugárzásátbocsátási képességének, valamint a külső akadályok miatti árnyékoltsági korrekciós tényező szorzatának bruttó felülettel súlyozott megengedett átlagértéke:**

$$\frac{\sum_i A_{\ddot{u},i} \cdot g_{H,i} \cdot g_{\text{árny},H,i} \cdot F_{\text{árny},i}}{\sum A_{\ddot{u}}} \leq 0,3$$

Nyári túlmelegedés előírások - máshol

- Nincs általánosan elfogadott kritérium a nyári túlmelegedésre
- Komfort és egészségügyi kockázatok
- Főbb megközelítések¹:
 - A komforttartományon kívüli órák aránya
 - Órafok a komforttartományon kívül
 - Adott küszöböt túllépő órák száma
 - Csúcs- és átlaghőmérséklet különbsége

CIBSE TM 52, nem lakóépület

Három kritérium, kettőnek kell megfelelni:

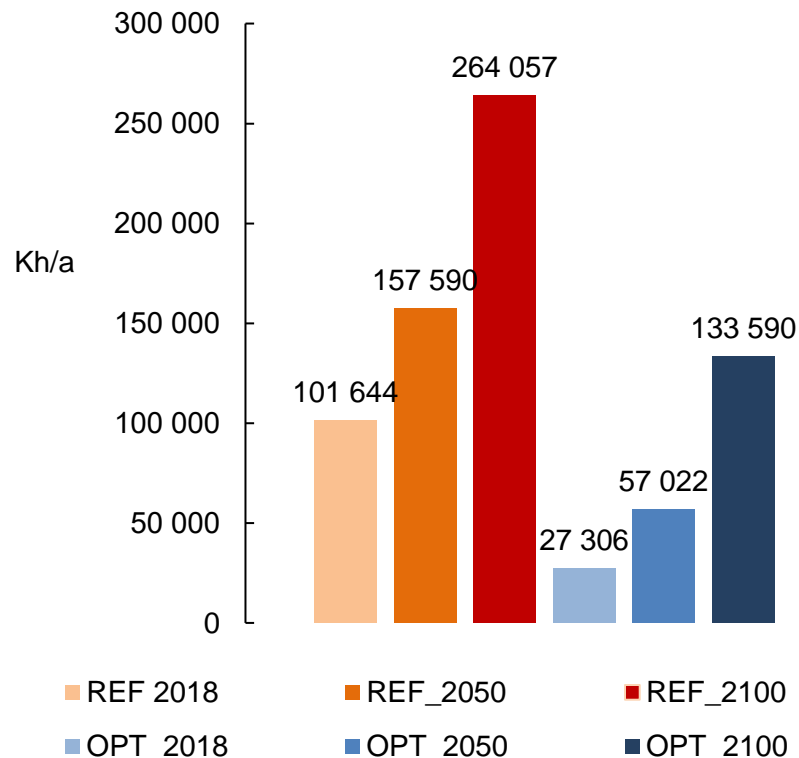
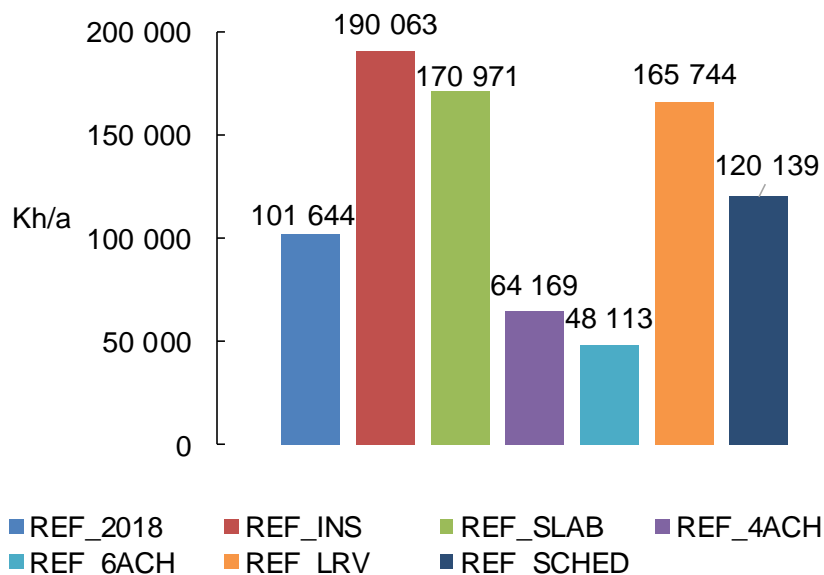
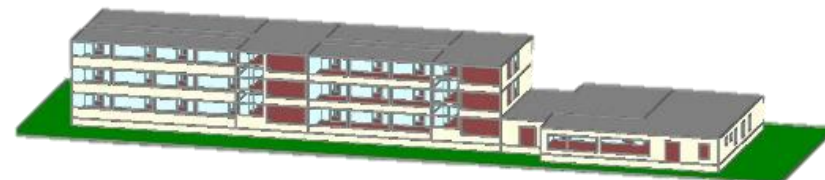
1. Túllépéses órák száma:
 $\Delta T \geq 1K / 3\%$
1. Napi súlyozott túllépés ≤ 6
2. Felső határ: $\Delta T < 4K$

¹ Psomas, T., Heiselberg, P., Duer, K., & Andersen, M. M. (2018). Comparison and statistical analysis of long-term overheating indices applied on energy renovated dwellings in temperate climates. *Indoor Built Environment*, 27(3), 423–435.

Esettanulmányok

Idősothonok elemzése

ODH₂₆:
Overheating Degree Hours above 26 C
(Kelvin * hours)



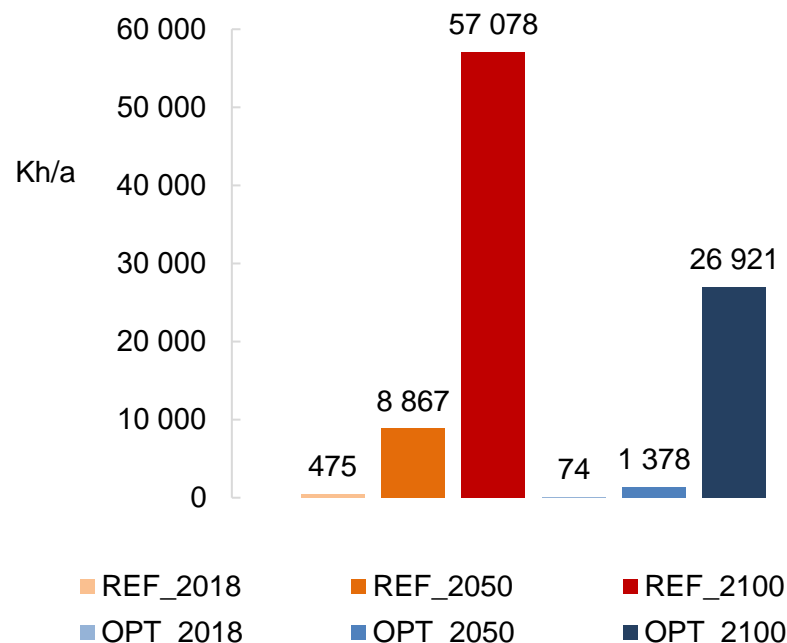
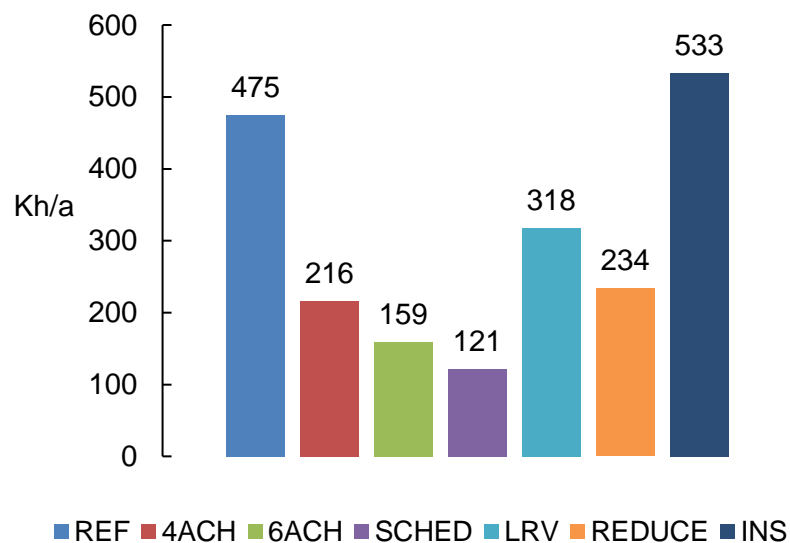
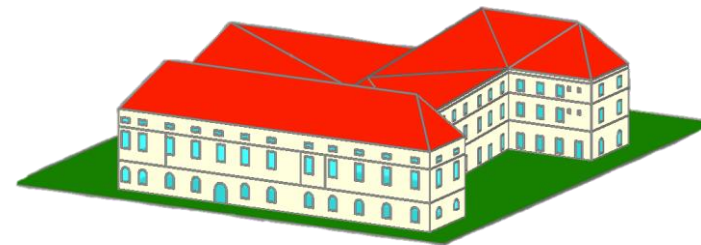
Mai éghajlat

Jövő éghajlat

Dóra, Szagri ; Balázs, Nagy ; Zsuzsa, Szalay: Heatwave Vulnerability Assessment of Nursing Homes Based on Dynamic Simulations In: V., Corrado; E., Fabrizio; A., Gasparella; F., Patuzzi (szerk.) Proceedings of Building Simulation 2019: 16th Conference of IBPSA, Róma, Olaszország : International Building Performance Simulation Association, (2019) pp. 3992-3998. , 7 p.

Idősothonok elemzése

ODH₂₆:
Overheating Degree Hours above 26 C
(Kelvin * hours)

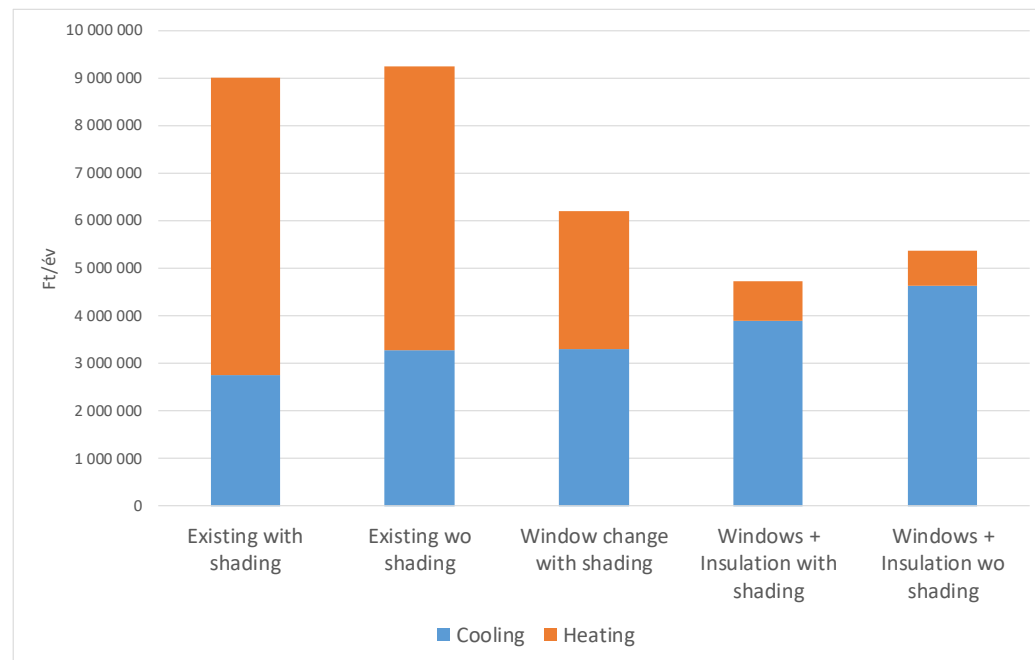
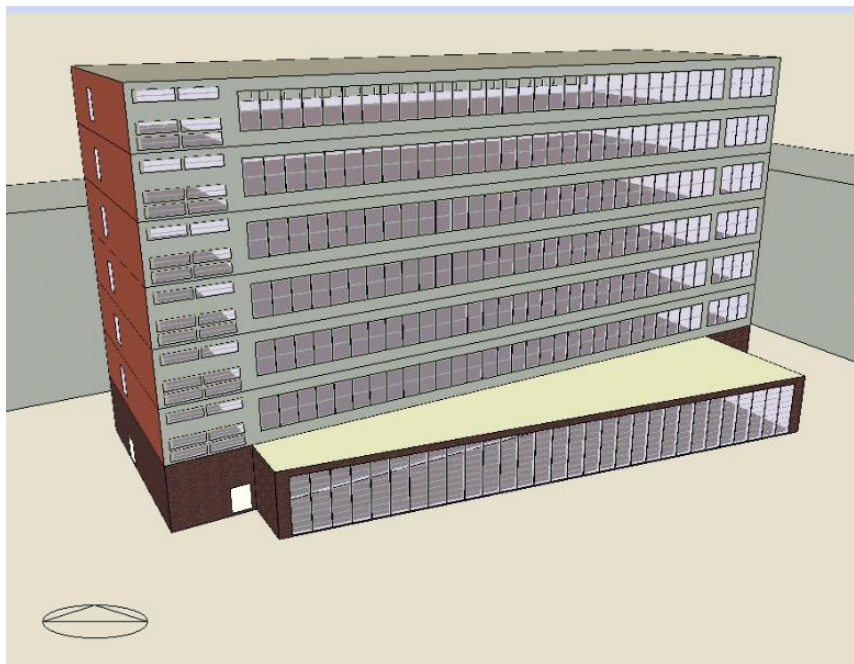


Mai éghajlat

Jövő éghajlat

Dóra, Szagri ; Balázs, Nagy ; Zsuzsa, Szalay: Heatwave Vulnerability Assessment of Nursing Homes Based on Dynamic Simulations In: V., Corrado; E., Fabrizio; A., Gasparella; F., Patuzzi (szerk.) Proceedings of Building Simulation 2019: 16th Conference of IBPSA, Róma, Olaszország : International Building Performance Simulation Association, (2019) pp. 3992-3998. , 7 p.

Irodaház felújítása



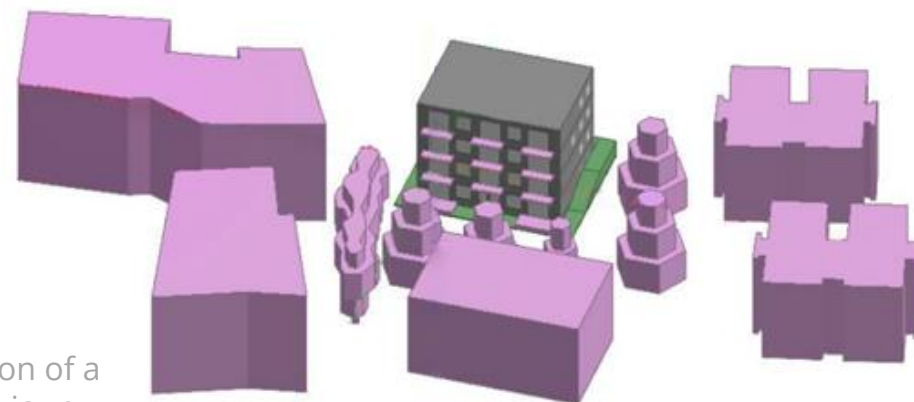
Szalay Zsuzsa, Kiss Benedek

Szimuláció és monitoring összehasonlítása



Cél:

- Dinamikus szimulációk validálása és kalibrálása
- Felhasználói szokások pontosabb megismerése



Szagri, Dóra ; Kairlapova, Ainur ; Nagy, Balázs ; Szalay, Zsuzsa: Calibration of a summer building simulation model based on monitoring of user behaviour
ACTA POLYTECHNICA CTU PROCEEDINGS (2022)

Monitoring rendszer

- Hőmérséklet és relatív páratartalom (Sensirion SHT85), CO₂ (Sensirion SCD30), jelenlét érzékelés (HC-SR501 PIR szenzor), ablaknyitás és redőny működtetés (FM-106 WH Reed relays)
- Wi-fihez kapcsolódó monitoring rendszer és online felhasználói felület

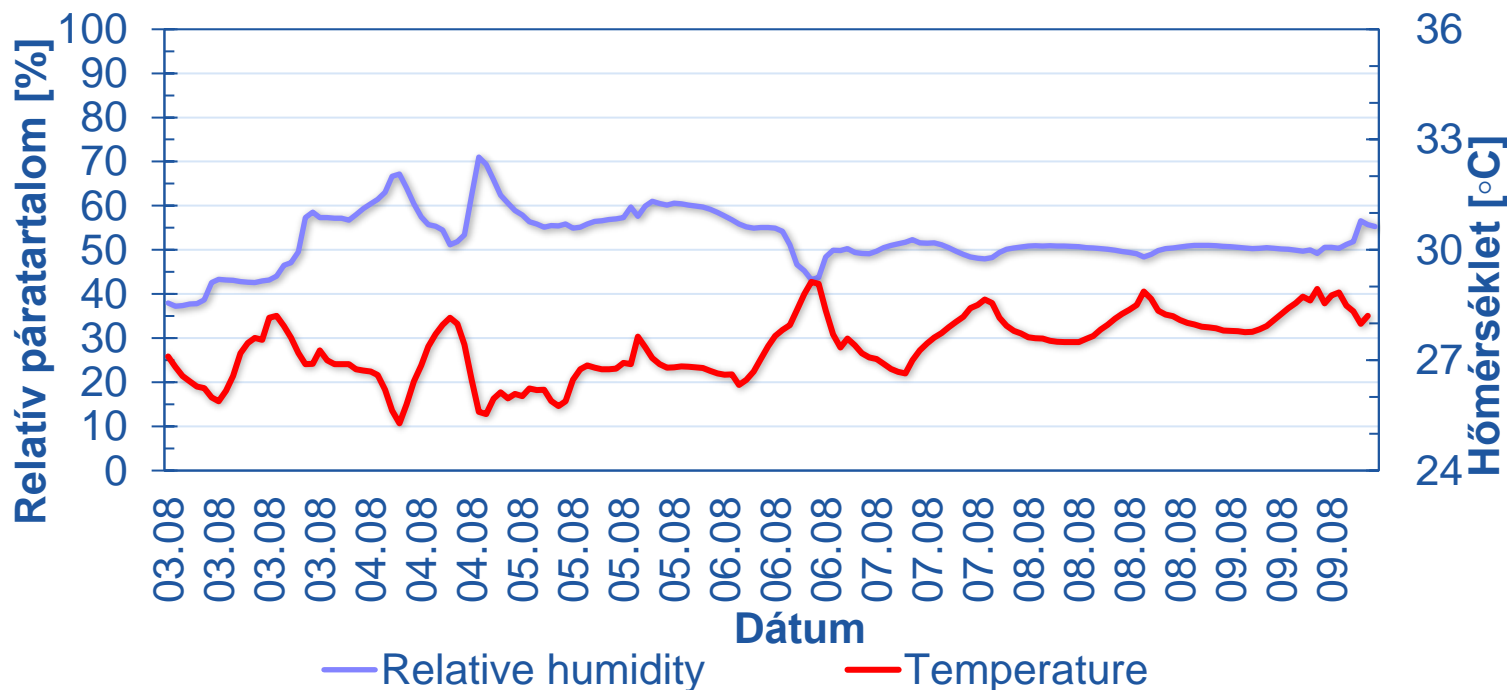


Szagri, Dóra ; Kairlapova, Ainur ; Nagy, Balázs ; Szalay, Zsuzsa: Calibration of a summer building simulation model based on monitoring of user behaviour
ACTA POLYTECHNICA CTU PROCEEDINGS (2022)

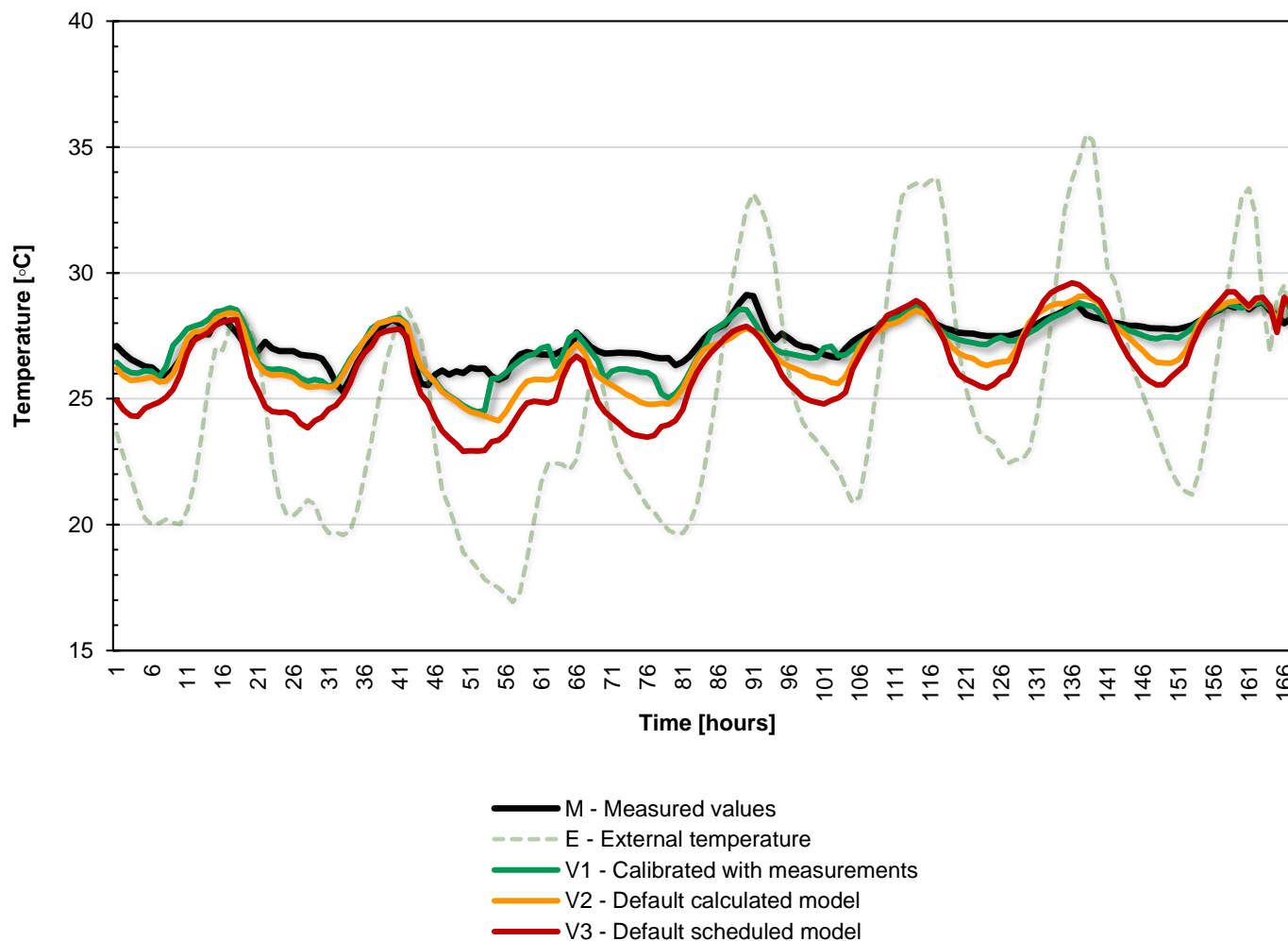
Mérési eredmények

Legfelső szinti lakás:

- Nappaliban a hőmérséklet az idő 92%-ában $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ fölött volt
- $29.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ csúcshőmérséklet
- A hálószooba hőmérséklete egész héten $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ fölött

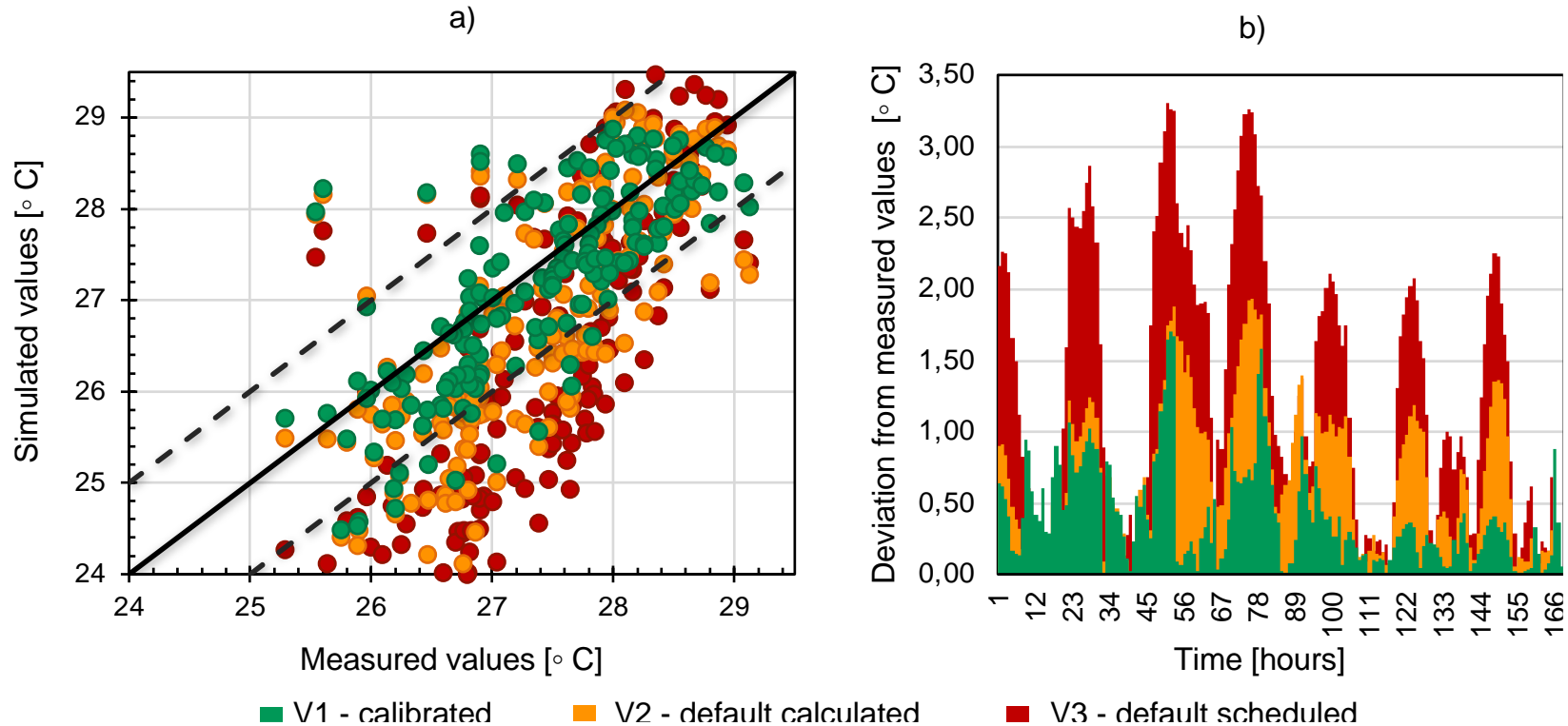


Szimuláció és monitoring összehasonlítása



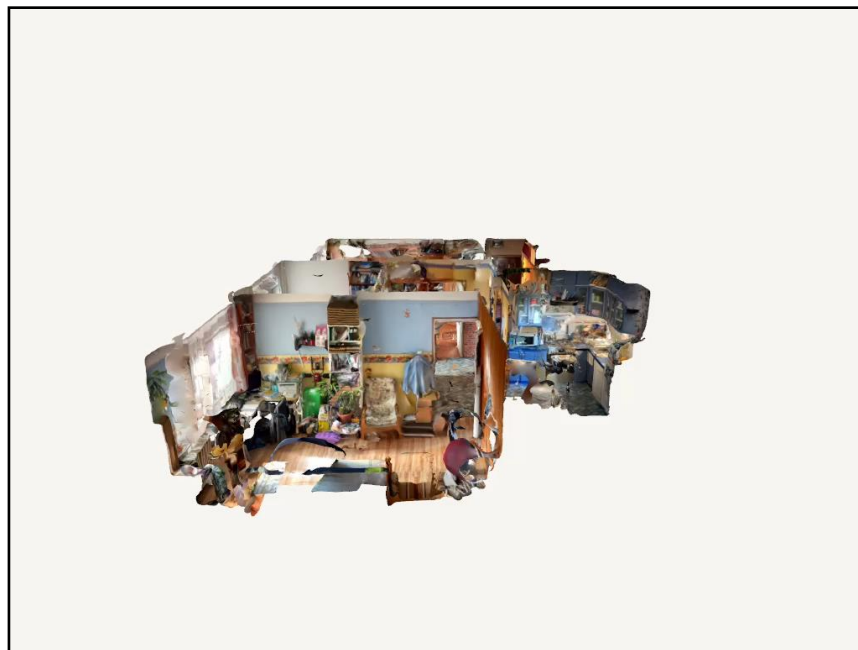
Szagri, Dóra ; Kairlapova, Ainur ; Nagy, Balázs ; Szalay, Zsuzsa: Calibration of a summer building simulation model based on monitoring of user behaviour
ACTA POLYTECHNICA CTU PROCEEDINGS (2022)

Szimuláció és monitoring összehasonlítása

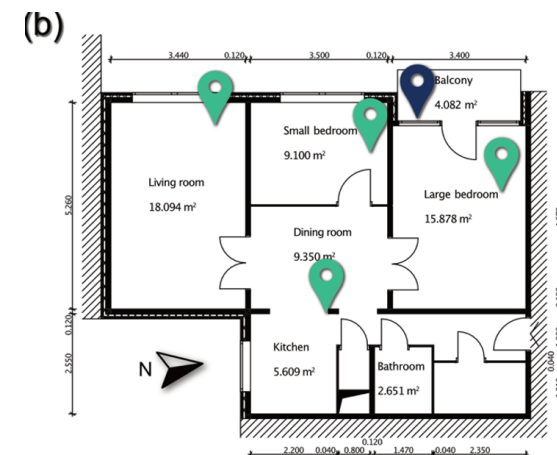


Cél: szimuláció és monitoring egyezés ± 1 °C legyen

Monitoring panelépületben



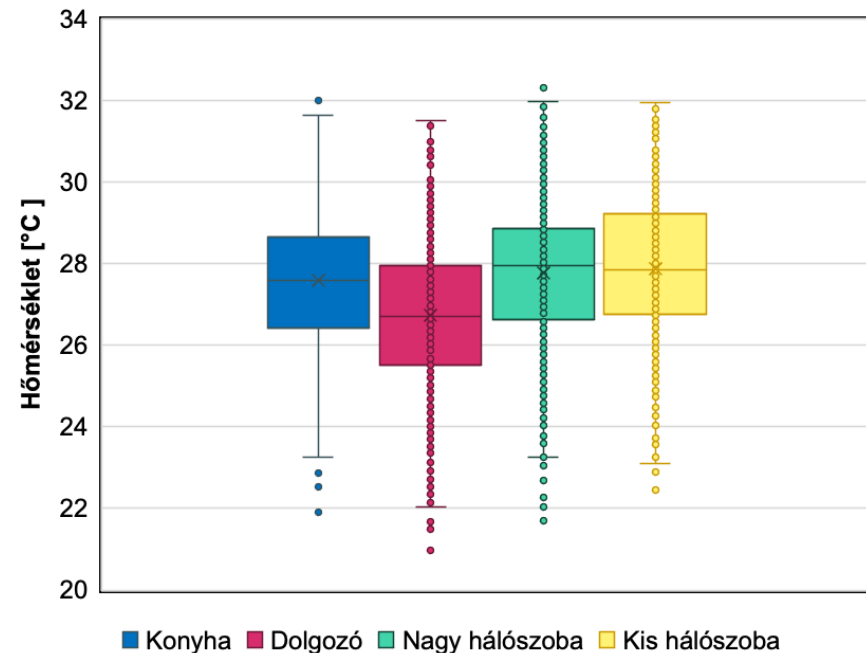
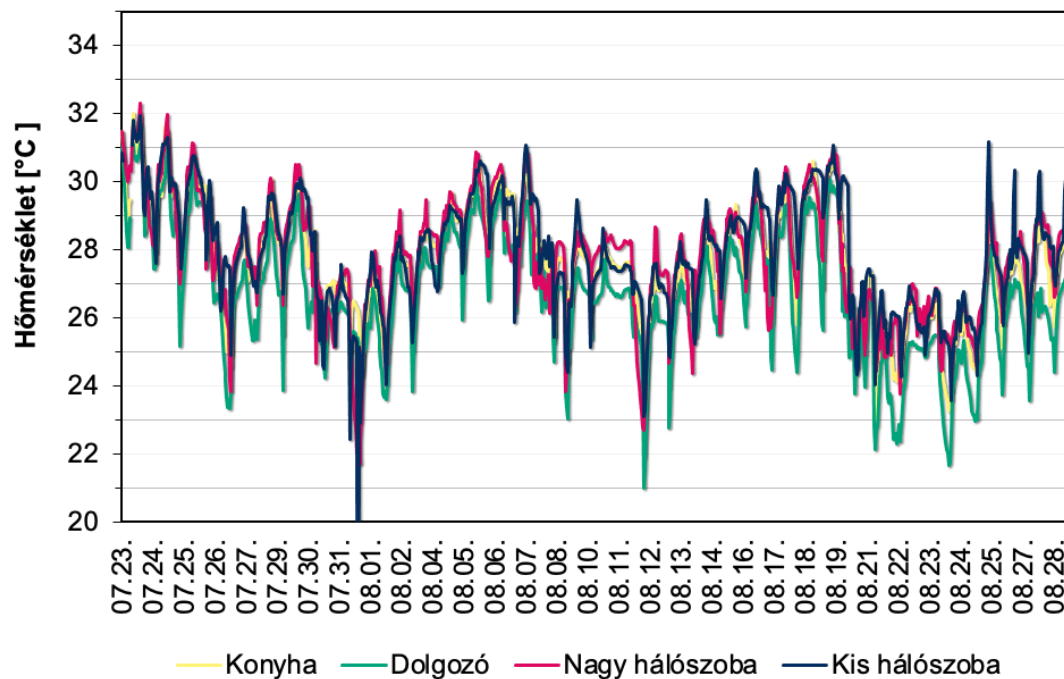
LiDAR: iPad Pro (2020) PolyCam



Havanna lakótelep, 3 szobás lakás, nincs mindenhol külső árnyékoló

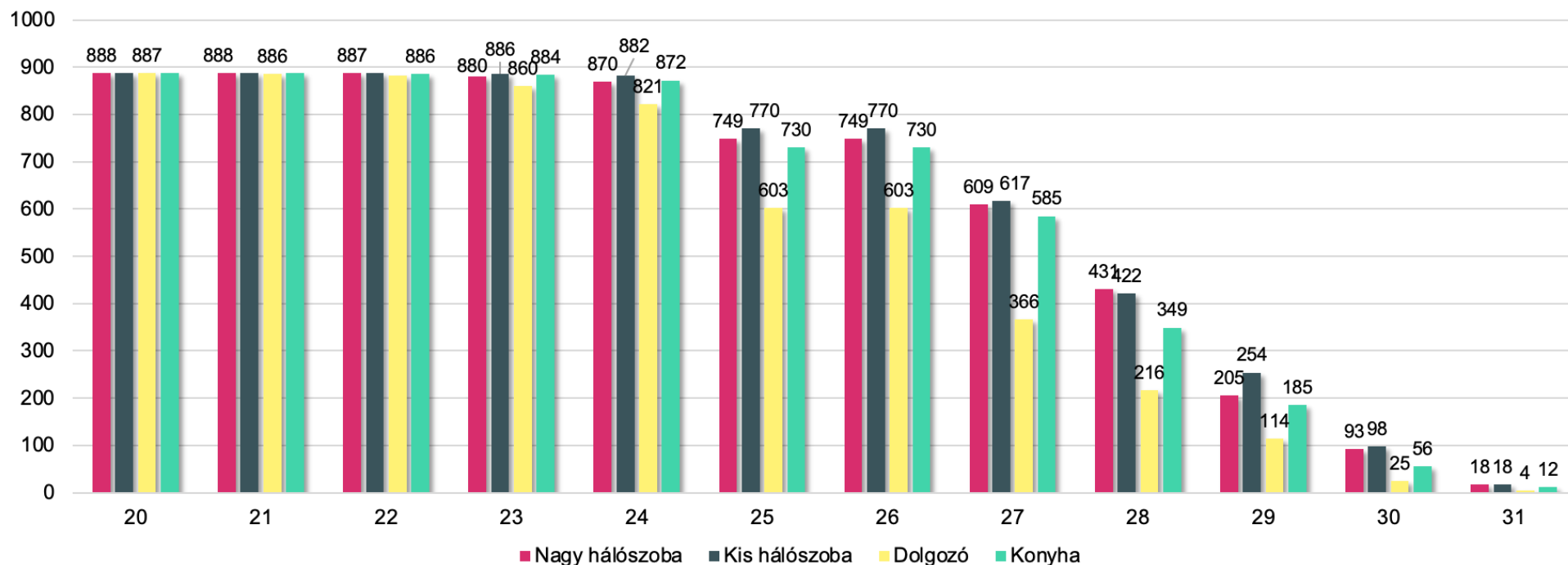
Szagri, Dóra ; Dobszay, Bálint ; Nagy, Balázs ; Szalay, Zsuzsa: Wireless Temperature, Relative Humidity and Occupancy Monitoring System for Investigating Overheating in Buildings SENSORS 22 : 22 p. 8638 (2022)

Szobai szenzor - hőmérséklet

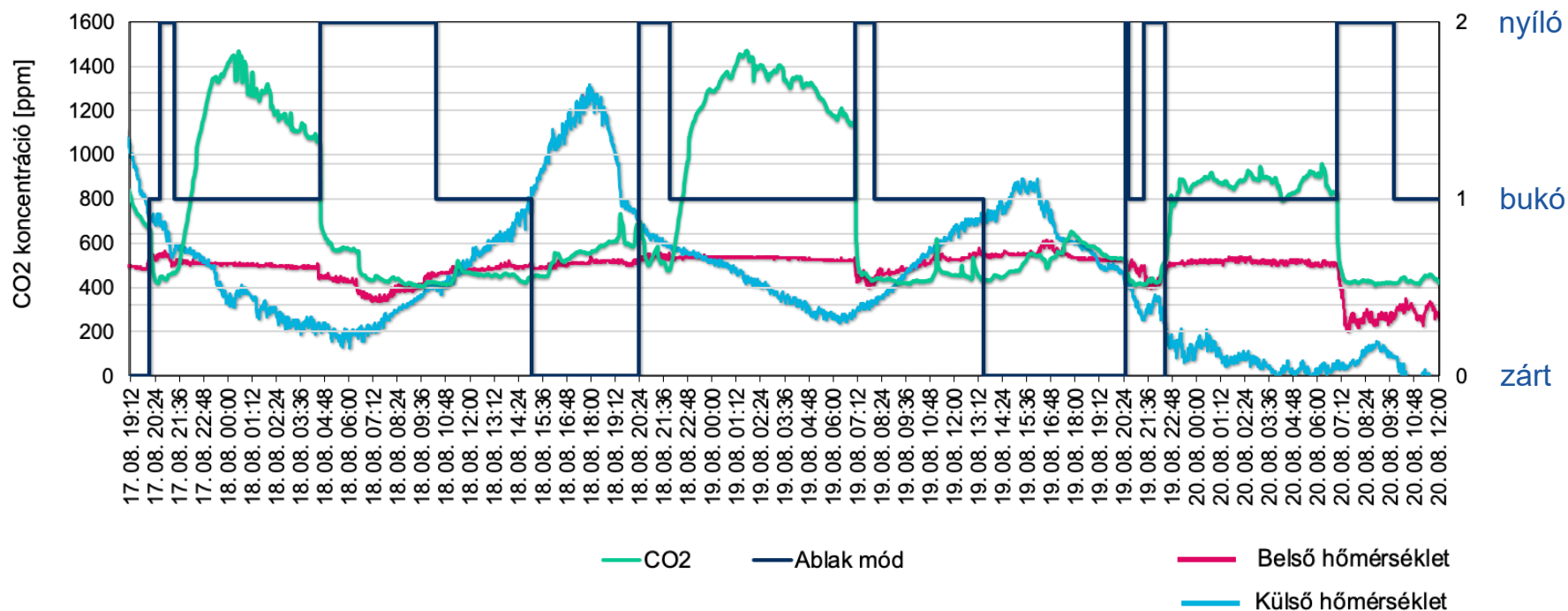


Hőmérsékleteloszlás

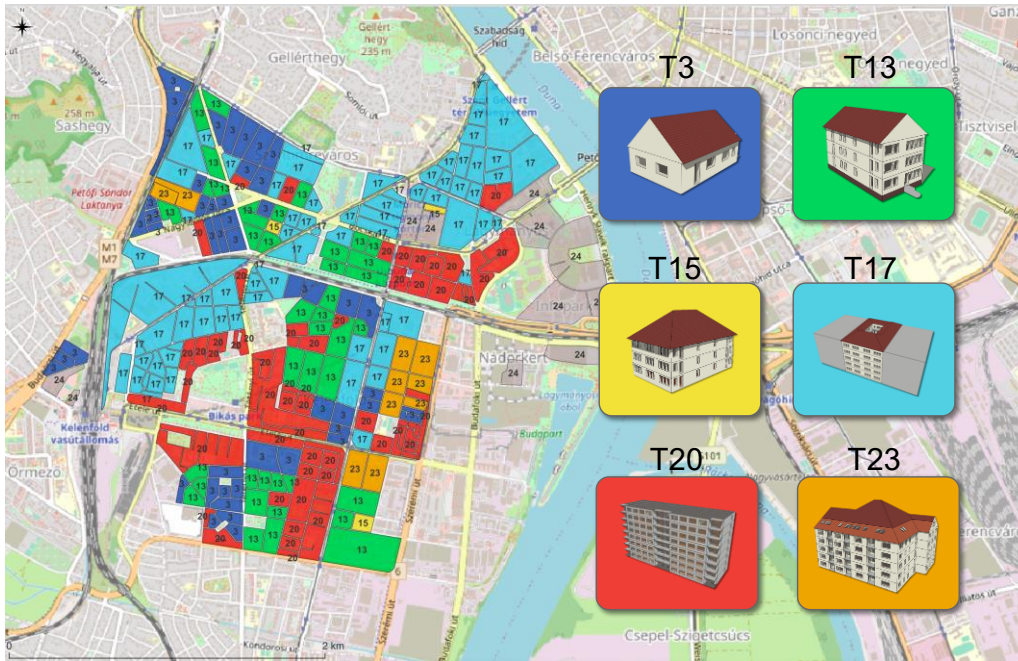
Adott hőmérséklet feletti órák száma



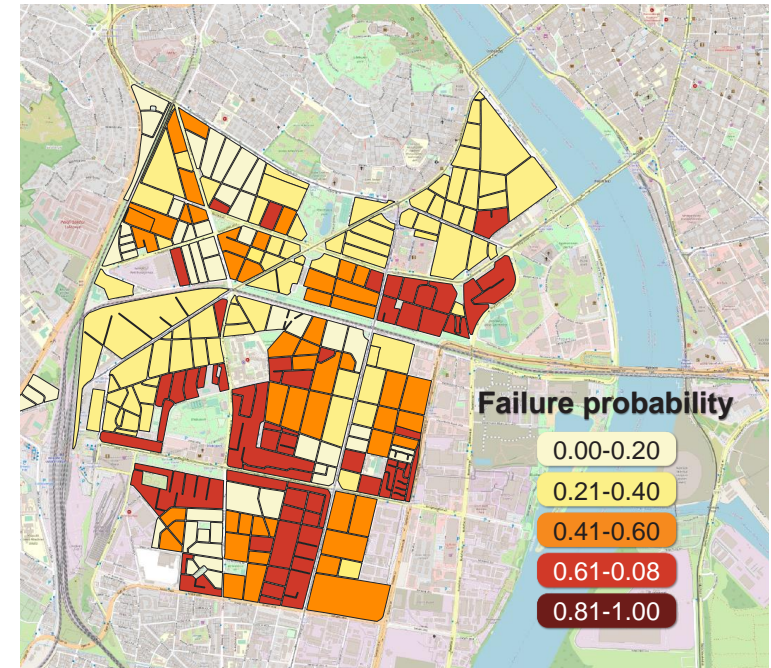
Felhasználói viselkedés



Épített környezet sérülékenysége hőhullámok szempontjából



Típusépületek (Budapest, XI. kerület)



A 26 ° C belső hőmérséklet túllépési valószínűsége

Szagri, Dóra; Szalay, Zsuzsa: Theoretical Fragility Curves – A Novel Approach to Assess Heat Vulnerability of Residential Buildings
SUSTAINABLE CITIES AND SOCIETY 83 Paper: 103969 (2022)

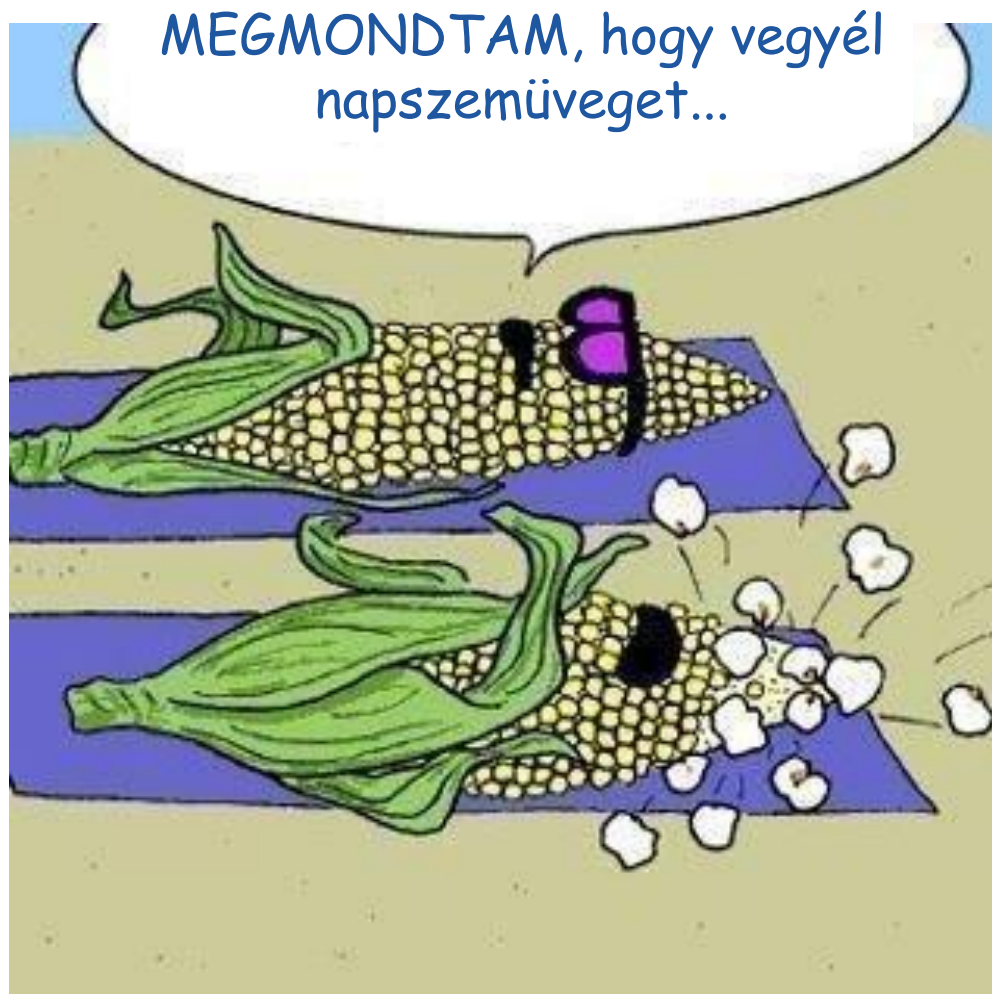
Összefoglalás

A nyári túlmelegedés kockázatát sok tényező befolyásolja

Felhasználói viselkedés fontos

Pontosabb vizsgálat dinamikus szimulációval lehetséges!

A szimuláció és a mérési eredmények jó egyezést mutattak



Köszönöm a figyelmet
szalay.zsuzsa@emk.bme.hu