

# **SZAKDOLGOZAT**

**Katona Áron**  
**D0IET6**

**Gödöllő**  
**2025**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**  
**Szent István Campus**  
**Környezettudományi Intézet**  
**Környezetmérnöki alapképzés (BSc)**

**Fotovoltaikus panelek árnyékolása miatti feltételezett hűtőhatás vizsgálata modelházakon, budapesti agglomerációs körzetben**

**Belső konzulens:** Dr. Barczy András

**Belső konzulens intézete/tanszéke:** Agrár és élettudományi intézet  
Agrárgazdaságtani és Agrárpolitikai tanszék

**Készítette:** Katona Áron

**Gödöllő**  
**2025**

# Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	4
2. Irodalom .....	5
2.1 Globális klímaváltozás.....	5
2.2 UHI és SUHI jelenség .....	6
2.3 Népség .....	10
2.4 Épületek.....	11
2.5 Energia.....	14
2.6 Napelemek.....	15
2.7 Egészség.....	18
2.8 Árnyékolás .....	19
3. Anyagok és módszertan.....	21
3.1 Kísérleti helyszín.....	21
3.2 Modellházak.....	22
4. Eredmények .....	30
5. Összegzés.....	39
6. Köszönetnyilvánítás.....	40
7. Irodalomjegyzék.....	41

# 1.Bevezetés

Gyors és nagyléptékű urbanizáció figyelhető meg az elmúlt évtizedekben, és a számok azt mutatják, hogy ez a lépték még folytatódik a kevésbé fejlett régiókban. Fontos előtérbe helyeznünk a városi klímát és annak hatásait a benne élőkre. Dolgozatom témájaként azért ezt választottam, mert úgy érzem ezzel előrelépést érhetek el egy mindenkit foglalkoztató kérdésben. A napelemek manapság szerves részeit képezik a mindennapjainknak és az energiaellátásnak. Kíváncsi voltam, hogy a célkítűzésem, miszerint a napelemekkel képesek vagyunk hűtő hatást elérni, alátámasztható. Sok újonnan készülő házon alkalmaznak napelemet az építési tervek szerint is. Engem viszont az foglalkoztatott már az egyetem kezdete óta, hogy régebbi házak nem csak energiaellátási, hanem energetikai korszerűsítéseként is alkalmazható. Az irodalomkutatásomat is erre alapoztam. A városok felmelegedése egyre nagyobb problémát jelent, a városi klímára és az emberek egészségére nézve is. Fontos volt szem előtt tartanom, hogy a leg egyszerűbb módon közelítsem meg a problémát, könnyen mérhető adatokkal és rá illesztett statisztikával dolgozhassam ki az eredményeimet.

## 2. Irodalom

### 2.1 Globális klímaváltozás

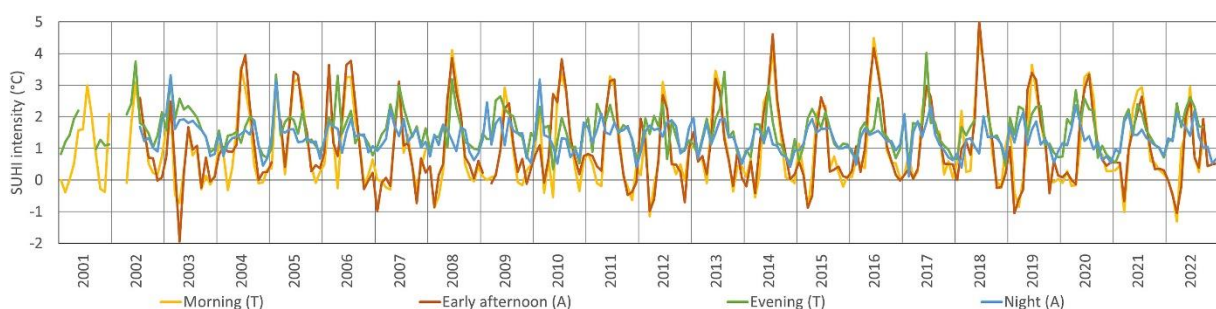
A globális hőmérséklet emelkedésével, ami az egyik legfőbb következménye a klímaváltozásnak, az aszályok intenzitása és gyakorisága is gyarapodni fog, ami nagy hatással lesz a vízellátásra, az energiabiztonságra, valamint az ökológiai stabilitásra (Palma, et al., 2024). Továbbá az éghajlatváltozás összetett módon érinti a városi infrastruktúrát, a gazdaságot, az emberi közösségeket és az ökoszisztémákat. Mivel a városok az emberi tevékenységek központi elemei, egyszerre szenvedik el és járulnak hozzá a klímaváltozás hatásaihoz. Éppen ezért fontos, hogy a városok és az éghajlat közötti kölcsönhatásokat több nézőpontból is vizsgáljuk (Sun, et al., 2024). A városi területek várható bővülése a következő évszázadban arra enged következtetni, hogy az urbanizáció hatásai a jövőben tovább fokozzák felszíni klímára gyakorolt hatásokat. Lokális szinten azonban az urbanizáció fizikai folyamatai, kiváltképpen a természetes talajtakaró mesterséges burkolatokkal való felváltása, jelentős mértékben módosíthatják a felszíni klímát (Chakraborty & Qian, 2024). Az elmúlt évtizedek során az üvegházhatású gázok megnövekedett kibocsátása számottevő változásokat idézett elő a globális és regionális hidrológiai ciklusokban. Ez hozzájárult olyan éghajlattal összefüggő jelenségekhez, mint például az aszályok megnövekedett gyakorisága (Palma, et al., 2024). A globális klímaváltozás következményeként, az előrejelzések szerint a szélsőséges időjárási események gyakorisága, intenzitása és időtartama jelentősen növekedni fog (Qiao, et al., 2024). Ezeknek a problémáknak a csökkentésében fontos szerepet játszhatnak a megújuló energiaforrások, kiváltképp a napenergia és azon belül is a fotovoltaikus (PV) technológia (Al-Waeli, et al., 2017). Az éghajlatváltozás elleni küzdelem megköveteli a megújuló energiaforrások szélesebb körű alkalmazását a szén-dioxid-semlegesség eléréséhez. Az éghajlatváltozás mérséklése és a fenntarthatósági célok elérése érdekében jelentős mértékben növelni kell a megújuló energiaforrások használatát (He, et al., 2024).

Az energiakereslet világszerte egyre növekedő irányzatot mutat, elsősorban a folyamatosan emelkedő népesség és a gazdasági fejlődés okán. Miközben az energiaigény egyre nagyobb, az

elsődleges energiaforrások, különösen a fosszilis tüzelőanyagok, a túlzott felhasználás következtében kimerülőben vannak (Al-Waeli, et al., 2017).

## 2.2 UHI és SUHI jelenség

A városi területek mesterségesen kialakított környezetek, amelyeket nagyméretű, háromdimenziós építmények alkotnak, miközben a természetes és növényzettel borított felszín aránya alacsony. Ezek a tényezők befolyásolják a felszíni sugárzást és az energiacserét, fokozva a hőtárolást, ami a városi hősziget (UHI) kialakulásához vezet. Ennek eredményeként a városokban magasabb hőmérséklet mérhető, mint a környező vidéki területeken (Michau, et al., 2023). A városokban összpontosuló mesterséges felületek, építmények és emberi tevékenységek lényegesen módosítják az energiaháztartás sugárzási tényezőit, valamint a felszínközeli légmozgást, így kialakítva a városokra jellemző mikroklimát (Dian, et al., 2020). A mesterséges felszín módosítja és visszatartja a beérkező rövidhullámú sugárzást, így a városok hőmérséklete magasabb lesz, mint a környező vidéki területeké. Ezen felül a növényzet és a természetes talajtakaró hiánya miatt a városi hidrológiai körforgás is megváltozik (Göndöcs, et al., 2017). Ennek oka, hogy a mesterséges burkolatok, például az épített környezet felszínei, nagyobb mértékben tartják és bocsájtják vissza a hőt, mint a természetes felszín, például a növényzettel borított területek vagy a fedetlen talaj (Dian, et al., 2020). A városi hősziget (UHI) az egyik legjellemzőbb éghajlati hatás a városokban. A lefedett területek túlsúlya, a kevés zöld és vízfelület, valamint az emberi tevékenységek által kibocsátott hő, mind megváltoztatják a városok energiaegyensúlyát, ami általában a hőmérséklet emelkedéséhez vezet (Dezső, et al., 2024).



1.Ábra: SUHI intenzitása a mért években(Dian, et al., 2020)

Az egyik leggyakrabban emlegetett jelenség a városi hősziget (UHI) hatás, amely a sűrűn beépített belső területek és a városon kívüli, kevésbé fejlett környezet közötti hőmérsékletkülönbséget jelenti (Dian, et al., 2020).

Általánosságban megfigyelhető, hogy a (SUHI) intenzitásának maximális értékei csökkenést mutatnak a beépítettség sűrűségének mérséklődésével (Dian, et al., 2020).

Az városi hősziget-hatás (UHI) talán az egyik legszélesebb körben kutatott városi időjárási jelenség, amelyet elsősorban az épített felületek és a környező területek hőmérséklete közötti eltérés alapján határoznak meg (Göndöcs, et al., 2017).

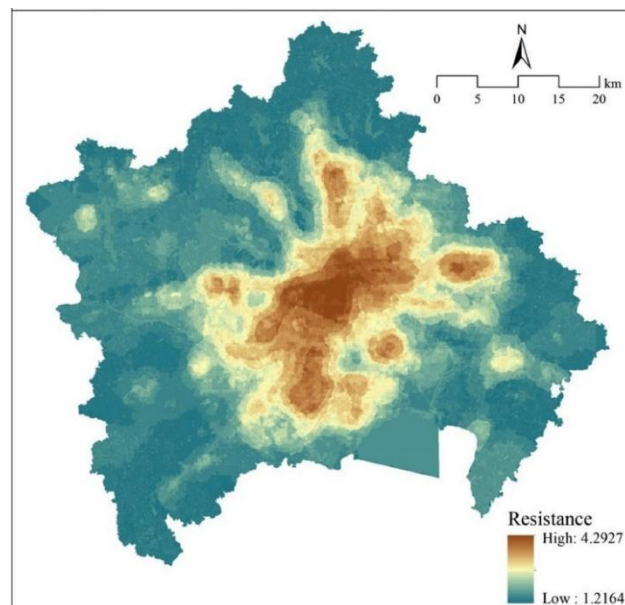
Annak ellenére, hogy a nappali SUHI és az éjszakai UHI kialakulásának fő okai eltérőek, térbeli eloszlásuk hasonló mintázatot mutat. A legmagasabb intenzitásértékek jellemzően a legsűrűbben beépített városi területeken, valamint a legmagasabb épületekkel rendelkező övezetekben figyelhetők meg (Dian, et al., 2020).

A városi hőforrások túlnyomó többsége sűrűn lakott, magas urbanizációs fokú beépített területekből áll. Noha az UHI csökkentésének egyik hatékony módja a beépített területek arányának csökkentése, ez a nagyvárosi környezetben nem megvalósítható drasztikus mértékben. Ebből kifolyólag az UHI mérséklése inkább a meglévő hőforrások összetételének optimalizálásával és az egymással való kapcsolódásuk módosításával érhető el (Li, et al., 2024).

Az éghajlati előrejelzések szerint a levegő hőmérséklete jelentősen emelkedni fog, amit az egyre gyakoribb és intenzívebb hőhullámok megjelenése mutat. Ez a folyamat már napjainkban is megfigyelhető, hiszen 2023 volt a valaha mért legmelegebb év, amelyet szezonálisan magas időjárási hőmérsékletek és bizonyos esetekben extrém csúcshőmérsékletek jellemeztek (Palma, et al., 2024).

Hideg pontok

A hősziget (HI) területeit mesterségesen lefedett felületek és kopár földek alkotják. Ezzel szemben a növényzettel borított felszínt vagy vízfelületek hidegszigetként (CI) kezelhetjük, mivel hozzájárulnak a városi hősziget-hatás csökkentéséhez (Li, et al., 2024). A nyári időszakban a városi felszíni hősziget (SUHI) intenzitásának nappali maximuma arra utal, hogy ezt a jelenséget a beérkező napsugárzás befolyásolja, amely akkor a legerősebb, amikor merőleges szögben éri a felszínt. Ezzel szemben a levegő hőmérsékletén alapuló városi hősziget (UHI) intenzitása éjszaka, különösen derült időjárási körülmények között éri el a csúcspontját (Dian, et al., 2020).



**2.Ábra:** Ellenállási térkép a lehűléssel szemben

A teljes ellenállási térkép azt mutatta, hogy a városközpont, ahol nagy a beépítettség, a népsűrűség és az úthálózat sűrűsége magasabb, ott ellenállási értékkel rendelkezik a környező területekhez képest. Ez azt jelenti, hogy a levegő áramlása a belvárosban nehezebb, ami gátolja a hideg levegő beáramlását a külvárosokból, és nem támogatja a hideg- és melegforrások közötti légmozgást. Ugyanakkor ezek a területek nagyobb eséllyel válhatnak összekötő láncszemekké a melegforrások között, kialakítva „hőfolyosókat” és összehozva a szomszédos melegforrásokat (Li, et al., 2024).

Az ökológiai védőpontok esetében a hideg és meleg források közötti kapcsolat javítása érdekében a városi fejlesztési tervekben kiemelt szerepet kaphat a földterületek rehabilitációja és az ökológiai helyreállítás. Ez lehetővé tenné a hideg levegő áramlásának fokozását a belvárosi

területek felé, ezáltal hozzájárulva a városi hősziget (UHI) hatás enyhítéséhez (Li, et al., 2024). A városi környezet sajátos mikroklimát alakít ki, amely nemcsak az utcaszintű környezeti feltételeket módosítja, hanem helyi és regionális szinten is kölcsönhatásba lép a meteorológiai és éghajlati folyamatokkal, gyakran felerősítve az időjárási veszélyeket (Michau, et al., 2023). A városi hideg források elsősorban a beépített területek peremén helyezkednek el, ahol jelentős mennyiségű erdős, gyepes és vízfelülettel rendelkező terület található. Ezen területek védelme és integrált kezelése elengedhetetlen annak érdekében, hogy fenntartható módon támogassák ökológiai szerepüket és a hideg sziget hatás kialakulását (Li, et al., 2024).

Az UHI intenzitásának napi eloszlása a különböző mérési módszerek alkalmazásakor eltér, ezért fontos tisztázni, hogy a levegő, vagy a felszíni hőmérsékletet vesszük-e alapul. A levegőhőmérséklet alapján meghatározott UHI éjszakai csúcspontot ér el, míg a felszíni hőmérsékletre épülő UHI (SUHI) maximumát a nagyon kora délutáni órákban figyeljük, amikor a bejövő napsugárzás intenzitása a legnagyobb. A városon belül az UHI mértéke változó: a legmagasabb érték általában a központi, sűrűn beépített területeken tapasztalható, míg a SUHI inkább a különböző felszíni borítások anyagi jellemzőit tükrözi azok sugárzási tulajdonságai miatt (Dian, et al., 2020).

A nagy kiterjedésű és egymáshoz szorosan kapcsolódó hőforrások esetében az UHI hatás csökkentése érdekében célszerű növelni a zöldterületek és vízfelületek arányát, miközben az eredeti ökológiai területek megóvása is kiemelt jelentőségű. Az ökológiai szűk keresztmetszetek kezelésére olyan innovatív megoldások alkalmazhatók, mint a vertikális növényzet (zöldfalak), zöldtetők, környezetbarát burkolatok és hővisszaverő építőanyagok, amelyek révén csökkenthető a hőforrások közötti kapcsolat, ezáltal mérsékelve a városi hősziget hatását (Li, et al., 2024). A városi hősziget-hatást (UHI) az alapvető városi tényezők, például a méret, a lakosságszám, a városi szerkezet és az építőanyagok szabályozzák, ugyanakkor függ a földrajzi elhelyezkedéstől is, és módosítják a légköri körülmények. Az UHI napi ingadozását és éves trendjeit egyaránt a

napsugárzás, a szél sebessége, a felhőképződés és a csapadékmennyiség is befolyásolja (Michau, et al., 2023).

A globális felmelegedés és a megnövekedett léptékű városiasodás következményeként, a városi hősziget (UHI) hatása egyre súlyosabbá válik. Az UHI-hatás csökkentésére irányuló kutatások rengeteget segíthetnek a várostervezőknek és döntéshozóknak abban, hogy hatékony megoldásokat találjanak a városok fejlesztéséhez, így élhetőbbé és fenntarthatóbbá téve azokat (Li, et al., 2024). Tehát a forró nyári időszakokban a városi hőtöbblet általában negatív következményekkel jár, mint például a megnövekedett energiafogyasztás a légkondicionálók üzemeltetésével, a hőstressz okozta egészségügyi kockázatok és kellemetlenségek, valamint a magasabb halálozási arány (Dezső, et al., 2024).

Az UHI jelenség leginkább tiszta égbolt és gyenge szél mellett valósul meg, amikor a fronttevékenység nem befolyásolja a helyi időjárást, és hőhullámok idején még erőteljesebbé válik (Göndöcs, et al., 2017). Ezért fontos szem előtt tartanunk, hogy a városi éghajlatot nagymértékben befolyásolják a regionális időjárási és éghajlati viszonyok (Michau, et al., 2023). A városi klímát főként a beépítettség határozza meg, amely elsősorban a népesség számától és a város szerkezetétől függ (Dian, et al., 2020).

A városokban kialakuló többlethőmérséklet hatással van az egészségre és a gazdaságra, továbbá nagyban összefügg a földrajzi elhelyezkedéssel és az adott évszakkal. Tehát az UHI-hatásnak lehetnek előnyei is, mint például enyhébb teleken alacsonyabb fűtési költségek, kevésbé jeges útburkolat vagy ritkább ködképződés, ezek leginkább a hidegebb éghajlatú városokban érvényesülnek (Dezső, et al., 2024).

## 2.3 Népesség

Az urbanizáció hatását általában figyelmen kívül hagyják a múltbeli nagyléptékű éghajlati változások rekonstrukciója és a jövőbeli klímaelőrejelzések során, mivel a városok történelmileg a Föld felszínének csupán kis hányadát borították. A globális felszíni hőmérsékleti megfigyelések és a városi területek történelmi becsléseinek kombinálásából kiderül, hogy az urbanizáció

hozzájárulása a kontinentális és regionális léptékű felmelegedéshez mára már nem elhanyagolható tényezővé vált (Chakraborty & Qian, 2024).

Napjainkban egyre több ember él városi környezetben, a világ lakosságának mintegy fele már városokban található (Dian, et al., 2020). Ezért fontos, hogy a világ népességének több mint 50%-a városokban él, ezért az UHI jelenségének megértése kulcsfontosságú a hőstressz csökkentése és a jövőbeli hőhullámok (HW) hatásainak mérséklése érdekében. A hőhullámok egyre gyakoribbá, hosszabbá és intenzívebbé válnak a globális felmelegedés miatt. Ennek fényében elengedhetetlen vizsgálni, hogyan fokozza az UHI a hőterhelést hőhullámok során, mivel az eredmények hozzájárulhatnak a városi alkalmazkodási stratégiák hatékonyabb tervezéséhez (Dezső, et al., 2024).

Ma nagyvárosi környezetben él a világ lakosságának döntő többsége (Magyarországon a városi lakosság aránya megközelítőleg 70%), és az ENSZ előrejelzései szerint 2050-re a globális népesség eléri a 10 milliárdot, amelynek kétharmada városokban fog lakni (Göndöcs, et al., 2017).

Az UHI már 5000 lakosnál kisebb európai városokban is észlelhető, ám nagyobb városokban az UHI mértéke határozottan erősebb. Tehát a népsűrűség szoros összefüggésben áll az épületek koncentrációjával és a város általános szerkezetével (Dian, et al., 2020).

Az Európai Űrügynökség (ESA) Klímaváltozási Kezdeményezésének (CCI) felszínborítási adatai alapján 1992 és 2019 között a globális városi terület nagysága körülbelül 226%-kal növekedett 0,256%-ról 0,577%-ra, ami évtizedenként a szárazföldi felszín 0,13%-ának megfelelő növekedést jelent. Másféppen megfogalmazva, világszerte összesen 448 113,6 km<sup>2</sup>-rel nőtt a városiasodott területek nagysága ebben az időszakban, ami évtizedenként 178 630,6 km<sup>2</sup>-es bővülést jelent (Chakraborty & Qian, 2024).

## 2.4 Épületek

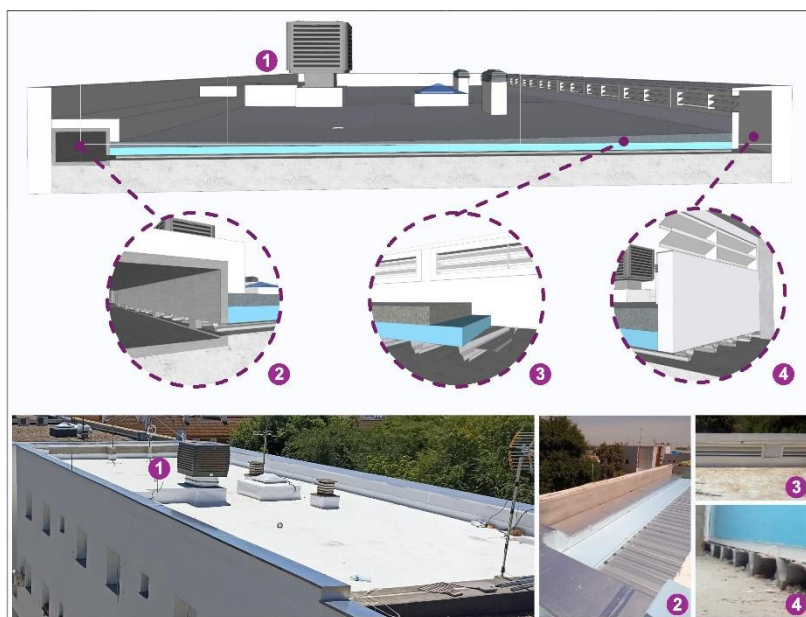
A tetőszerkezetek jelentős mértékben befolyásolják az épületek hőnyereségét és belső hőmérsékletét, amelynek elsődleges forrása a napsugárzásnak való kitettség (Bani & Jalal,

2019).Az energiatakarékos épületek kiemelten fontosak az európai országok számára, mivel hozzájárulnak az energiafüggőség csökkentéséhez és az éghajlatváltozás elleni küzdelemhez. Bár az elmúlt években szigorodtak az új és felújított épületekre vonatkozó hőszigetelési előírások, az uniós épületállomány nagy része még mindig nem elég energiahatékony (Palma, et al., 2024). A klímaváltozás miatt növekvő hűtési igények hatékony kezelése érdekében új, nagy teljesítményű épületburkolati rendszerek bevezetésére van szükség. Ennek kulcseleme a hőszigetelő szerkezetek ellenálló képességének növelése, különös tekintettel a tetőszerkezetekre. A jövőbeli épülettervezésnek olyan innovatív megoldásokat kell alkalmaznia, amelyek ötvözik a hagyományos szigetelési eljárásokat a passzív hűtési stratégiákkal, így biztosítva az épületek fenntartható és hatékony működését a jövő éghajlati kihívásaival szemben (Palma, et al., 2024). A túlmelegedés egy épület esetében olyan beltéri állapotot jelent, ahol a bent tartózkodók a magas hőmérséklet miatt kellemetlenséget tapasztalnak. Ennek kialakulása több tényezőre vezethető vissza, például nem megfelelő építészeti tervezésre, hiányos vagy nem hatékony HVAC-rendszerekre (fűtés, szellőzés, légkondicionálás), illetve a lakók nem megfelelő használati szokásaira. Jellemzően olyan épületekben figyelhető meg, amelyek kis hatékonyságú hőszigeteléssel rendelkeznek, vagy meleg éghajlaton nagy tetőfelületi kitétséggük van. Ugyanakkor a hideg éghajlaton található, korszerűen szigetelt épületekben is egyre nagyobb problémát jelent az épületek túlmelegedése. A megfelelő hűtési megoldások hiánya különösen az alacsony jövedelmű háztartások számára jelenthet komoly problémát, hiszen az épületek hűtési igénye várhatóan jelentősen növekedni fog (Palma, et al., 2024). Az épületek fűtési, szellőztetési és légkondicionálási rendszerei (HVAC) jelentős szerepet töltenek be a városi energiafogyasztásban. Különösen a gyenge hőszigeteléssel rendelkező, egyemeletes, nagy alapterületű épületek, például raktárak, esetében a hő jelentős hányada a tetőn keresztül jut be a belső térbe. A tető albedójának, vagyis a napsugárzás visszaverő képességének növelése hatékony módszer a hűtési igény csökkentésére, különösen napos és meleg éghajlaton (Dominguez, et al., 2011).

A hatékony fejlesztéseknek elsősorban az épületek hővédelmének javítására kell összpontosítaniuk, különösen a legérzékenyebb szerkezeti elemre: a tetőre. Mivel ez a felület nagy méretű, közvetlenül ki van téve a napsugárzásnak, és gyakran hiányoznak róla napvédő elemek, kulcsszerepet játszik a hőfelhalmozódásban. Az egyik lehetséges megoldás a hűvös tetők alkalmazása, amelyek magas fényvisszaverő képességű bevonatokkal csökkentik a napenergia elnyelését. Fontos azonban megjegyezni, hogy a hagyományos hűvös tetők önmagukban nem elegendők az inerciális tetőelemek hatékony hűtésére (Palma, et al., 2024).

Az épületek energiafogyasztásában nagy szerepet játszik a burkolatuk, például a tetőszerkezet, a falak és az ablakok szigetelése. Az energiaigény csökkenthető modern, energiahatékony berendezésekkel, például jól szigetelő anyagokkal vagy hővisszanyerő rendszerekkel. Emellett a hibrid megújuló technológiák alkalmazása segíthet az energiahálózat terhelésének mérséklésében is (Jia, et al., 2024).

A napelemek népszerűsége az elmúlt években folyamatosan növekedett, ami jól mutatja a megfizethetőbb alternatívák iránti fokozott keresletet, valamint a lakosság egyre nagyobb környezettudatosságát. Emellett a kormányzati támogatások és ösztönzők is hozzájárulnak a zöld energiatechnológiák elterjedéséhez. A napelemek számos előnye pedig valószínűleg a lakóingatlanok piaci értékének alakulásában is megmutatkozik (Asproudis, et al., 2024).



3.Ábra: Dupla héjú tetőelem (Palma, et al., 2024).

Dupla héjú tetőelemek áttekintése: (1) párologtató ventilátoregység; (2) beszívó légszűrő; (3) légüreg burkolat; (4) kiszívó légszűrő és kimeneti rácsok.

A dupla héjazatú tető aktív alkalmazása elősegíti a hőleadást, így biztosítva, hogy a mennyezeti felület hőmérséklete alacsonyabb maradjon a beltéri levegő hőmérsékleténél (Palma, et al., 2024).

## 2.5 Energia

A Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA) adatai szerint 2020-ban az épületek az összes globális energiafelhasználás 36%-át tették ki, míg a közlekedési szektor 26%-kal járult hozzá. Előrejelzések szerint 2050-re az építőipari szektor villamosenergia-igénye jelentősen megnövekszik, elérve az 55%-ot. Ez rávilágít arra, hogy a fenntartható fejlődési stratégiák beépítése az építőiparba és a közlekedésbe elengedhetetlen (Zhang, et al., 2024).

Az Európai Unió adatai szerint az összes energiafelhasználás közel 40%-át az építőipar teszi ki. Az egyre növekvő energiaigény miatt kulcsfontosságú kérdés, hogy hogyan lehetne növelni a megújuló energiaforrások arányát és csökkenteni a fosszilis tüzelőanyagokból származó energiafelhasználást. Az egyik lehetséges megoldás az épületek energiahatékonyságának javítása, különösen utólagos korszerűsítésekkel (Jia, et al., 2024).

A Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA) előrejelzése szerint 2050-re az Európai Unióban 55%-kal nőhet a térhűtéshez szükséges energiafelhasználás, míg globálisan a jelenlegi épületállomány figyelembevételével akár háromszorosára is emelkedhet. A térhűtés energiaigénye meghaladhatja a háztartási gépek és egyéb elektromos berendezések fogyasztását, így az épületek elsődleges villamosenergia-felhasználójává válhat, és a globális villamosenergia-kereslet 16%-át teheti ki (Palma, et al., 2024). Az energiában önellátásra törekvő városok egyik fő célja, a közel nulla energiafelhasználású épületek kialakítása. Ennek eléréséhez két alapvető stratégia létezik: az energiafogyasztás csökkentése és a hagyományos energia megújuló forrásokkal való kiváltása. Mivel a mindennapi energiafelhasználás jelentős csökkentése nehézségekbe ütközik, a második megoldás nyújt nagyobb mozgásteret (Li & Han, 2022).

A fenntartható fejlődés érdekében szükség van az épületek energiafogyasztásának csökkentésére és a szén alapú energia visszaszorítására. Ennek megvalósítása érdekében különböző országok és régiók energiahatékonysági szabványokat és irányelveket állítanak fel, amelyek előírják, hogy az új épületeknek karbonsemlegességet kell elérniük. Ezt a külső burkolat hőszigetelési képességének javításával, a fűtési, szellőztetési és légkondicionálási (HVAC) rendszerek hatékonyságának növelésével, valamint a megújuló energiaforrások szélesebb körű használatával kívánják elérni (Zhang, et al., 2024).

## 2.6 Napelemek

Az utóbbi évtizedekben a hagyományos energiaforrások, különösen az üzemanyagok árának növekedése és a környezeti tényezők hatására egyre nagyobb figyelmet kapott a megújuló energiaforrások alkalmazása világszerte. A szélenergia, geotermikus energia, óceáni hullámenergia és más megújuló források közül a napenergia iránti érdeklődés mutatkozik a legjobban, mivel számos kutatás és kísérleti alkalmazás foglalkozik vele (Moghadam & Deymeh, 2015).

A napenergia-hasznosítás, különösen a napelemes (PV) rendszerek alkalmazása, az egyik legelterjedtebb módszer az energiafüggetlenség elérésére a városi környezetben. A legnagyobb hatékonyságot a tetőre szerelt PV-rendszerek biztosítják (Li & Han, 2022). A fotovoltaikus rendszerek egyre inkább költséghatékonyabbá és szélesebb körben elfogadottá válnak, így fontos eszközt jelentenek az energiaellátási problémák enyhítésére, a környezeti hatások mérséklésére és a dekarbonizáció elérésére (He, et al., 2024). A fotovoltaikus (PV) napelemek az egyik legfontosabb megújuló energiaforrásként segítenek csökkenteni az üvegházhatású gázok kibocsátását és mérsékelni az éghajlatváltozás hatásait. A háztartások számára lehetőséget biztosítanak arra, hogy saját villamos energiát termeljenek, miközben a betáplálási díjból származó bevétel révén, anyagi előnyöket is élvezhetnek. Ez különösen előnyös a jelenlegi, folyamatosan emelkedő energiaárak mellett (Asproudis, et al., 2024).

A megújuló energiaforrások közül a napenergia az egyik legnépszerűbb alternatíva. A kis méretű egységeknek köszönhetően könnyen telepíthető lakóépületekre. Üvegházhatású gázok kibocsátása szempontjából a napelemes (PV) rendszerek jelentős előnyt kínálnak: szén-dioxid-kibocsátásuk csupán 1/6-a a földgázénak és a szénének 1/10-e a hagyományos energiaforrásokhoz képest. Fontos megjegyezni, hogy ez az emissziós érték a napelemek előállítási folyamata során mérhető, tehát az energiatermelés során nem keletkezik további üvegházhatású gáz. Ennek eredményeként a teljes költség inkább a beruházási, mintsem az üzemeltetési kiadásokhoz sorolható (Li & Han, 2022).

A városi hőmérsékleti környezetre gyakorolt hatás továbbra is vitatott kérdés, mivel a kutatások ellentmondásos eredményeket mutatnak. Egyes tanulmányok szerint a PV panelek széles körű alkalmazása a városi és sivatagi területeken világszerte hozzájárulhat a globális átlaghőmérséklet csökkenéséhez, míg más kutatások ennek ellenkezőjét állítják.

A PV panelek kialakítása, amely az alacsony albedó révén maximalizálja a napenergia elnyelését, hatással lehet a városi lombkoronarétegen belüli hősugárzási egyensúlyra. Az elektromos energiává nem alakított, fennmaradó többlethőmérséklet visszajut a környezetbe, befolyásolva ezzel a légmozgásokat és a hűtadási folyamatokat a városi térben, ami a hőmérséklet emelkedéséhez vezethet. Emellett a városi mikroklíma jellemzői, a levegő hőmérséklete és a szélsőségek is befolyásolhatják a napelemes rendszerek teljesítményét és átalakítási hatékonyságát (He, et al., 2024).

A PV-rendszerek a napsugárzást közvetlenül alakítják át egyenáramú villamos energiává. A legkisebb egységük a napelem, amelyeket összekapcsolva PV-modulokat hoznak létre.

A világ számos pontján, ahol magas a napsugárzás intenzitása, hatalmas lehetőség rejlik a hatékony napelemparkok kiépítésében. A PV-technológia különösen vonzó, mivel számos előnye van: alacsony üzemeltetési és karbantartási költségek, hosszú élettartam és jelentős CO<sub>2</sub>-kibocsátás-csökkentés, ami hozzájárulhat egy fenntarthatóbb jövőhöz (Al-Waeli, et al., 2017).

A fotovoltaikus (PV) napelemek az egyik legígéretesebb megoldásnak számítanak, különösen az Egyenlítőhöz közelebb eső térségekben. A napelemek telepítése befolyásolja a meglévő környezeti viszonyokat és a városi klímát, mivel alacsony albedójú és kis hőkapacitású anyagok kerülnek a környezetbe. Emiatt a PV-panelek stratégiai elhelyezése fontos szerepet játszik mind a várostervezésben, mind az építészeti kialakításokban az emberi hőkomfort javítása érdekében (He, et al., 2024).

Egy PV-erőmű termelési kapacitása több tényezőtől is függ, például a földrajzi elhelyezkedésétől, az időjárási viszonyoktól, az alkalmazott napelem-technológiától és az erőmű méretétől. Ugyanakkor a fotovoltaikus rendszerek még mindig komoly kihívásokkal néznek szembe. Az egyik legnagyobb probléma a termelés ingadozása, ami elsősorban a napsugárzás változékonyságából adódik (Al-Waeli, et al., 2017). A napenergia-hasznosítás hatékonyságát négy fő tényező befolyásolja: a napsugárzás intenzitása, a sugárzást fogadó felület állapota, az árnyékoló hatások és az energiaátalakítás hatékonysága (Li & Han, 2022).

A PV-rendszerek teljesítményét jelentősen befolyásolja a tartós, erős napsugárzás és a magas hőmérséklet. A szél hatása a rendszer hőmérsékletére a vizsgált időszakban elhanyagolható volt. A levegő hőmérsékletének emelkedése jelentős feszültségesést, viszont csak minimális áramerősség-növekedést okozott, ami összességében teljesítménycsökkenést eredményezett.

Ománban vizsgálták a napsugárzás PV-rendszerekre gyakorolt hatását. Bár a hőmérséklet emelkedése negatívan befolyásolja a teljesítményt, a térségben jellemző, hosszan tartó és nagy intenzitású napsugárzás, kiváltképp a csúcsideszakban, nagyban hozzájárul és gazdaságilag is hatékonyá és ígéretes megoldássá teszi ezt a technológiát (Al-Waeli, et al., 2017).

A vizsgált időjárási tényezők alapján megállapították, hogy a PV-cellák hőmérséklet-emelkedése a környezeti hőmérséklethez viszonyítva rendkívül érzékeny a szélesebességre, kevésbé befolyásolja a szélirány, és gyakorlatilag független a légköri hőmérséklettől. Ugyanakkor a cellák hőmérséklete jelentős mértékben függ a rájuk eső napsugárzás intenzitásától, vagyis a modulokat érő besugárzási fluxustól (Skoplaki & Palyvos, 2009).

## 2.7 Egészség

A hőhullámok (HW-k), amiket gyakran „néma gyilkosokként” emlegetnek, kiemelt közegészségügyi problémává váltak az emberi egészségre gyakorolt tartós és káros hatásaik miatt. A városi környezet hőmérsékleti viszonyai nagyban befolyásolják az ott élők kényelmét és életminőségét. A felszíni hőmérséklet csökkentése kulcsfontosságú nemcsak a lakók komfortérzetének javítása, hanem a városi hősziget-hatás mérséklése szempontjából is (Sun, et al., 2024).

A hőhullámoknak való hosszan tartó expozíció hőgutát és hőkimerültséget idézhet elő, valamint kiszáradáshoz, elektrolit-egyensúlyzavarokhoz és kognitív károsodáshoz vezethet, amelyek súlyos esetekben életveszélyes állapotot eredményezhetnek. A hőhullámok különösen súlyosan érintik, a már egészségügyi problémákkal küzdő embereket, különös tekintettel például az idősekre, a gyermekekre és a szabadban dolgozókra. Egy Kínában végzett tanulmány például kimutatta, hogy a hőhullámok a nem természetes halálozások mintegy 5%-ért felelősek (Qiao, et al., 2024).

## 2.8 Árnyékolás

Az árnyékok definíció szerint a közvetlen napsugárzást akadályozó objektumok vetületei. Lényeges szerepet játszanak a közvetlen napsugárzásból származó hőátadás csökkentésében, vagyis a besugárzási energia azon részének mérséklésében, amely átlátszatlan felületeken keresztül továbbítódik. Mivel az átadott energia ezen hányada közvetlenül a napsugárzás intenzitásától függ, az árnyékolás hatékony eszköz lehet a hőterhelés minimalizálásában (Bani & Jalal, 2019).

A napelemes (PV) panelek árnyékoló hatása miatt a velük fedett tetők felszíni hőmérséklete nappal alacsonyabb volt, mint a közvetlen napsugárzásnak kitett tetőké, különösen a döntött tetőszerkezetek esetében. PV-panelek hiányában a tetők éjszaka gyorsabban hűlnek a hosszuhullámú sugárzás révén, míg a PV-modulok telepítése szigetelőréteggént is funkcionálhat, mérsékelve a tető hőingadozását (Shahriar, et al., 2025). Egy kutatás a tetőre telepített napelemes rendszerek hőtechnikai teljesítményének vizsgálatára irányult, az árnyékoló hatást figyelembe véve a nem szigetelt tetőszerkezetekhez kapcsolódó HVAC energiafogyasztás szempontjából, egy mérsékelt, száraz-meleg éghajlati övezetben (Albatayneh, et al., 2022).

A napelemes rendszer tetőre történő telepítése hatékonyan csökkenti a hűtési terhelést az árnyékoló hatás révén, amely egyben hozzájárul az energiafogyasztás optimalizálásához és az elektromos költségek mérsékléséhez. Ennek alkalmazása különösen előnyös lehet hasonló kórházi épületek vagy közösségi klinikák esetében, mivel hosszú távon fenntarthatóbb energiafelhasználási környezetet eredményezhet (Shahriar, et al., 2025).

Az eredmények azt mutatták, hogy a fotovoltaikus panelek árnyékoló hatása 10,87%-kal mérsékelte a hűtési igényt egy 4,9%-ban hasznosítható tetőfelület esetén, amely a hűtési időszakban összesen 136,6 kWh energiamegtakarítást eredményezett. Ugyanakkor a PV panelek alkalmazása a téli hónapokban 3,8%-os növekedést idézett elő a fűtési terhelésben, amely a fűtési időszak során összesen 175,3 kWh többletenergia-felhasználást jelentett (Albatayneh, et al., 2022).

A vízszintes és döntött elhelyezésű PV-panelek jelentősen csökkentették a tető napi hőterhelését, rendre 77,4%-kal és 69,4%-kal. Ezen túlmenően, az összesített energiahatékonyságuk – amely

az árnyékolás és a PV-termelés együttes hatását foglalja magában – a vízszintes tetők esetében 63,35%, míg a döntött tetők esetében 62,73% volt.

Faisalabad (Pakisztán) alacsony épületekből álló, nagy beépítettségű városi környezetében, forró, félszáraz éghajlati viszonyok között vizsgálták a napelemes tetőszerkezetek hatását az épületek hőterhelésére. Eredményeik alapján a PV-panelek télen 42,58%-kal csökkentették a hőveszteséget, míg nyáron 1,98%-kal növelték a hőnyereséget, ami kisebb eltéréseket eredményezett a fűtési és hűtési energiaigényben az egyes évszakokban (Shahriar, et al., 2025).

## 3. Anyagok és módszertan

A kísérlet célja a napelemmel ellátott tetők hőtechnikai teljesítményének vizsgálata és összehasonlítása, a hagyományos zsindeletetőkkel szemben. Az egyetem területén 3 modellházat építettem fel. Ezek közül 2 házat vizsgáltam. Az egyik rendelkezett zsindeletetővel, a másikra napelemet telepítettem. A 2023-as nyári időszakban elektromos hőmérsékletmérő műszereket alkalmaztunk, melyek ötpercenként rögzítették a házak külső és belső hőmérsékletét. Külön-külön mértük a házak északi és déli oldalának mind a külső, mind a belső hőmérsékletét is, hogy részletesebb képet kapjunk a hőterhelés eloszlásáról.

### 3.1 Kísérleti helyszín

Gödöllő ( $47,6008^\circ$  É,  $19,3605^\circ$  K) az Európai kontinensen, azon belül Magyarországon, Pest megyében, Budapest agglomerációjában található város. A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllői Szent István campusán történik a napelemmel fedett tetők hőmérsékleti teljesítményének mérése, illetve azok összehasonlítása a zsindelettel fedett tetők teljesítményével. Gödöllő, Közép-Európában helyezkedik el, és a Köppen-rendszer alapján az éghajlati besorolása nedves szubtrópusi klímának minősül, amely óceáni hatású, meleg nyarakkal jellemezhető. Az éves időjárás mintája jelentős különbséget mutat a melegebb és hidegebb hónapok között, a hőmérséklet és a csapadék mennyisége is jelentősen eltérhet az egyes hónapok között.

A meleg évszak körülbelül 3,6 hónapig tart, május 23-tól szeptember 11-ig. Ebben az időszakban a napi átlagos maximumhőmérséklet eléri a  $22^\circ\text{C}$ -ot. Gödöllőn július a legmelegebb hónap, amikor az átlagos maximum  $26^\circ\text{C}$ , az átlagos minimum pedig  $15^\circ\text{C}$ . Ezzel szemben a téli időszak 3,4 hónapig tart, november 20-tól március 1-ig. Ekkor a napi átlagos maximumhőmérséklet  $6^\circ\text{C}$  alatt marad. A leghidegebb hónap január, amikor az átlagos minimum  $-4^\circ\text{C}$ , míg az átlagos maximum  $2^\circ\text{C}$ .

## 3.2 Modellházak

A napelemmel fedett tetők hőszigetelő képességének vizsgálatához három különböző tetőszerkezetű modellházat építettem fel: az egyik napelemmel, a másik zöldtetővel, míg a harmadik hagyományos zsindelytetővel rendelkezett. Ez a változatos kialakítás lehetőséget biztosított arra, hogy összehasonlítsam, milyen hatással vannak ezek a különböző tetőtípusok az épületek termikus hatásfokára.



4.Ábra: Modellházak elrendezése mérések előtt (saját kép)



5.Ábra: Modellházak elrendezése a mérés alatt (saját kép)

Szakedolgozatom témája azonban kizárólag a napelemes tető és a zindelytető közötti különbségek vizsgálatára koncentrálódik. Ezért a kísérleti elrendezésben két modellházat



használtam: egy napelemekkel fedettet és egy zindellyel fedettet.

#### 6.Ábra: Modellház belső szerkezete (saját kép)

A modellházak kialakítása során törekedtem arra, hogy a lehető legjobban hasonlítsanak valódi épületekhez. A () ábrán látható modellházak olyan anyagokból épülnek fel, amelyeket funkcionalitásuk alapján választottam ki. A külső falakat expandált polisztirol (EPS) szigetelésből építettem fel, ez szolgálta modellházak külső vázát, amely jól védi a belső teret a hőingadozásoktól. A belső falakat Ytong elemekből építettem, mivel ezek tartósak és szintén jó hőszigetelő képességgel rendelkeznek. A falak kitámasztására (PVC) csöveket, és (PVC) síneket használtam, hogy ezek biztosítsák a szerkezet stabilitását és rögzítsék az Ytong elemeket. Emellett (OSB) lapokat is elhelyeztem a modellekben, amelyek extra súlyt és stabilitást biztosítottak a házaknak, ezáltal ellenállóbbá téve őket az erősebb széllel szemben is. A tetőfelületet egy vízzáró réteggel (PVC) láttam el a csapadék elleni védelem érdekében.

Ezt a réteget

szövetpántok segítségével rögzítettem. A zsindelemeket fedésben egymásra helyeztem a másik modellházra, majd hozzá erősítettem. A zsindeletető rögzítéséhez is szövetpántokat alkalmaztam.



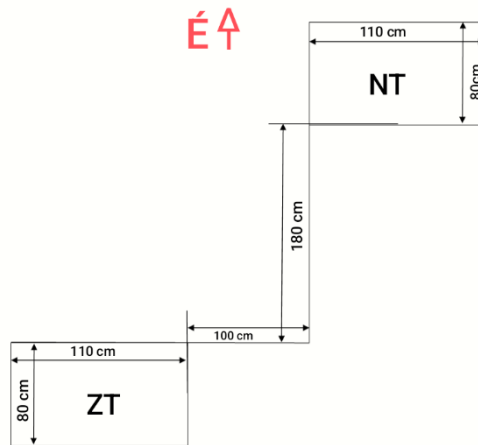
7.Ábra: Vízálló membrán rögzítése (saját kép)

A modellházak mérete megegyezett: 80 cm szélesek, 110 cm hosszúak és 90 cm magasak voltak.

A megtett célkitűzésem az, hogy valóság-hű méretarányú szerkezeteket hozzak létre, amelyek segítségével pontosan lehet vizsgálni a különböző tetők hőtechnikai viselkedését.



8.Ábra: Modellházak méretei(saját kép)



9.Ábra: Modellházak tájolása és térbeli helyzete(saját kép)

### Napelemek telepítése

A 300mm x300mm x50mm méretű napelemeken akkumulátoros kézi fűró segítségével 3mm-es furatot készítek. A napelemek oldalát kifűrom, majd egymáshoz rögzítem 30mm x 50mm-es fém zsanérral(csuklópánt) és 3,5mm átmérőjű 15mm hosszúságú Phillips fejű csavarokkal. Így 3 darab, közepén csukló napelem párt alkotok. A napelemek és a tető közötti távolságtartás érdekében lábakat szerelek a napelemek oldalára. Itt is 3mm lyukakat fűrok, ahová 3,5mm-es csavarokkal 50mm x 50mm-es L alakú vasakat rögzítek. A napelem és a lábak rögzítésének az átfedése 15mm, így a napelemek és a tető közötti légrés 35mm.



10.Ábra: Napelemek összeszerelése (saját kép)



11.Ábra: Légrés a napelemek és a tető között (saját kép)

A modellházak szimmetrikus nyeregtető szerkezettel rendelkeztek. A tetők oldalfelülete észak és déli irányba nézett, ezzel maximalizálva a tetőre érkező napsugárzás mértékét. A tető felületének a mérete 110cm x 92cm, ami 10120cm<sup>2</sup>. A napelemek által lefedett felszín 90cm x 60cm, ami 5400cm<sup>2</sup>. A napelem így 53,36%-ban árnyékolja le a tetőfelületet.



12.Ábra: Napelemek elrendezése a modellházon (saját kép)



13.Ábra: Zsindely rögzítése a modellházon (saját kép)

A napelemmel és zsindelel fedett tetejű modellházak belső hőmérsékletének összehasonlításához nélkülözhetetlen volt egy olyan hőmérő, amely képes a hőmérsékletet adott időközönként mérni, és a mért adatokat rögzíteni is tudja. Erre a célra az EBI 300 TE típusú, többcélú PDF adatgyűjtő hőmérőt használtam, ami külső hőmérséklet érzékelővel is rendelkezik. 40000 mért adat tárolására képes. A szenzorok (NTC) negatív hőmérsékleti együttható alapján mérnek. Ez egy olyan termisztor típusra utal, amelynek a hőmérséklet növekedésével csökken az ellenállása. A külső szonda rozsdamentes acélból készült, 50mm hosszú és 4mm az átmérője. A (PVC) kábel 1m, vízálló, olajálló és élelmszerbiztonságos. A készülék mérési tartománya  $-30^{\circ}\text{C}$ -tól  $+70^{\circ}\text{C}$ -ig, a szonda  $-35^{\circ}\text{C}$ -tól  $+70^{\circ}\text{C}$ -ig terjed. Mérési pontosságuk  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , a  $-20^{\circ}\text{C}$ -tól  $+40^{\circ}\text{C}$ -ig terjedő tartományban, a fennmaradó mérési tartományban  $\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ .



14.Ábra: EBI 300 TE hőmérő, szondával(<https://datenlogger.ebro.com/>)

A hőmérséklet megfelelő méréséhez két adatrögzítő hőmérőt használtam egy modellházhoz. A keleti és a nyugati oldalon a modellházak oldalához voltak erősítve a készülékek adat tárolására is alkalmas részei. Ennek a célja az volt, hogy az adatok összegyűjtése egyszerű legyen, és a modellházakat ne kelljen kinyitni, ezzel is megzavarva a méréseket. A készülékek szonda része egy lyukon keresztül a modellházak belső hőmérsékletét érzékelték. A keleti és nyugati oldalon is,

a belső falakhoz közel helyeztem el a szondákat, hogy a tetők alatti hőmérsékletet mérjem. A hőmérő egység 5 perces intervallumokban rögzítette az adatokat a nap 24 órájában.



15.Ábra: Hőmérő elhelyezése a modellház oldalán (saját kép)

16.Ábra: Hőmérő szonda elhelyezése a modellházon belül (saját kép)

Az adatok begyűjtéséhez a Winlog.basic szoftveres programot használtam. Ez a program letölthető a hőmérő gyártójának (Ebro) hivatalos oldalán. Először a hőmérő adatrögzítő aljáról eltávolítottam a szonda egységet, ami védőkupakként szolgál az USB-A csatlakozóhoz. A laptopomba illesztve az Winlog.basic szoftvert megnyitva a készülékek automatikusan felismerik egymást. A készülék (Device) menüpontra kattintva, az adatok importálásához (Data import) gombra kattintva megjelent a fájlkezelő, és a kiválasztott fájlba helyeztem az adatokat. A kinyert adatokat a Microsoft Excel-be importáltam, ahol az adatok elemzését végeztem. A rendszerezéshez az Excel-be illesztettem a kapott adatokat, ahol évszám, hónap, nap, óra, perc, másodperc megjelöléssel jelentek meg a mért hőmérsékletek. A további rendszerezéshez és statisztikai elemzésekhez olyan metódusokat és képleteket használtam, mint például MIN, MAX,

SUM, AVERAGE, CORREL. Kiszámolhattam az átlaghőmérsékletet, az adatok korrelációját. Az Excel táblázatkezelő segítségével vizuális képet kaptam az adatok időbeli eloszlásáról, minimális és maximális csúcspontjairól. A számolásokban segítségül szolgált, hogy a programban ellenőrizhettem a kiugró eltéréseket a hőmérsékleti mérésekben, meghatározhattam a szélsőértékeket. Ez biztosította az eredményeim pontosságát és megbízhatóságát a számolásim során.

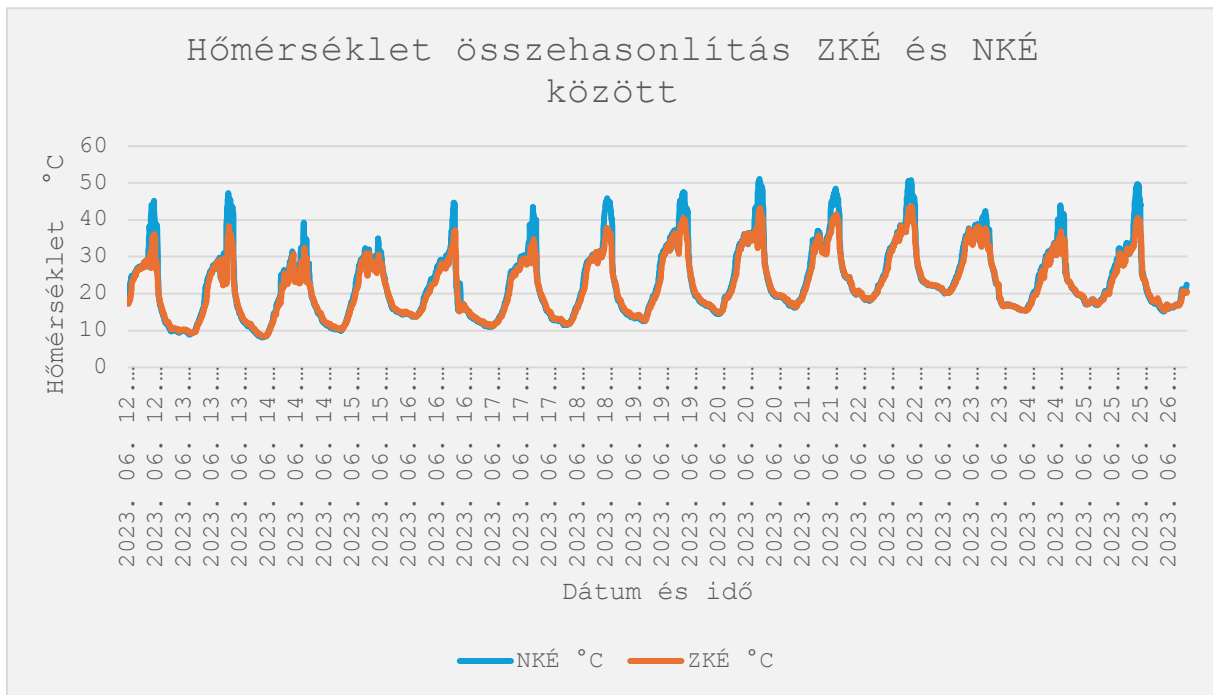
## 4. Eredmények

Táblázat 1. A napelemes tető és zsindeletető módszeres összehasonlításának elemzése

Hőmérsékletek összehasonlítása	
Napelemes tető belső hőmérséklete az északi oldalon (NBÉ)	Zsindeletető belső hőmérséklete az északi oldalon (ZBÉ)
Napelemes tető külső hőmérséklete az északi oldalon (NKÉ)	Zsindeletető külső hőmérséklete az északi oldalon (ZKÉ)
Napelemes tető belső hőmérséklete a déli oldalon (NBD)	Zsindeletető belső hőmérséklete a déli oldalon (ZBD)
Napelemes tető külső hőmérséklete a déli oldalon (NKD)	Zsindeletető külső hőmérséklete a déli oldalon (ZKD)

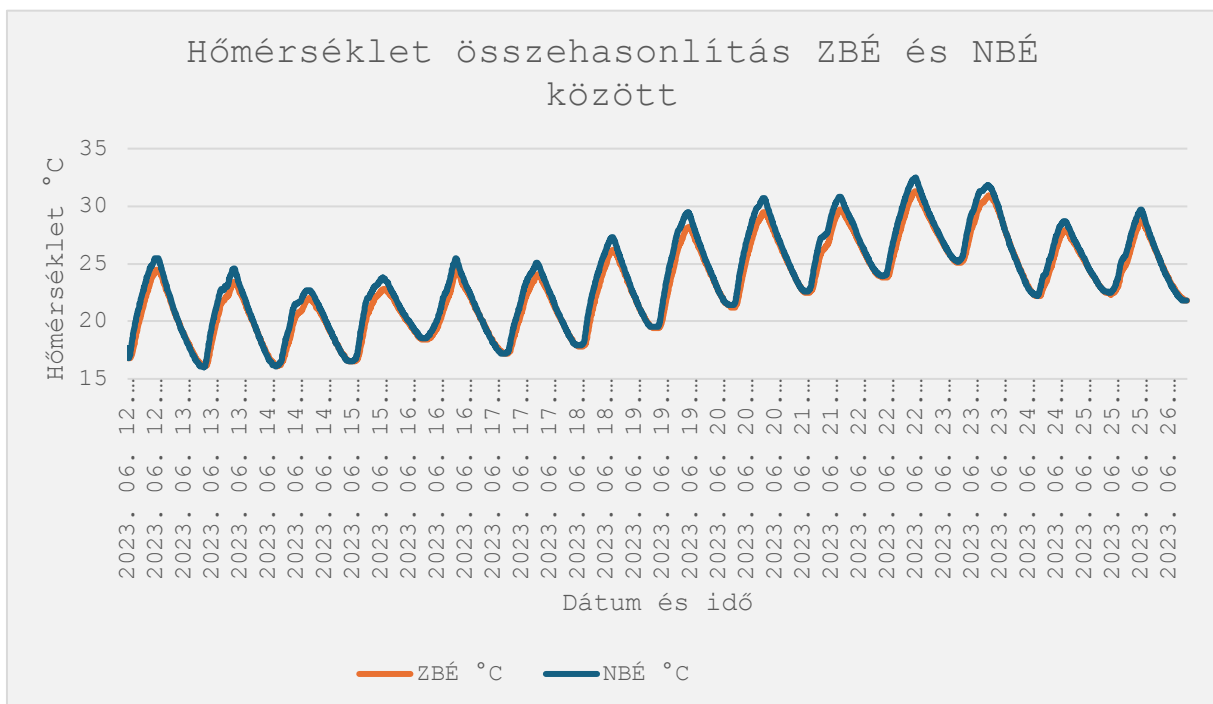
A modellházakon végzett, 2023. június 12-től augusztus 23-ig tartó kísérlet eredményeit a tetők mindkét oldalának külső és belső hőmérsékletének összehasonlításával elemeztem. Méréseim felbontottam az adatok begyűjtésének időpontjai szerint, a könnyebb átláthatóság érdekében.

Június 12-től június 26-ig tartó időszak alatt Az **17.Ábra** látható, hogy az NKÉ elérte az  $51,1^{\circ}\text{C}$ , amíg a ZKÉ  $43,5^{\circ}\text{C}$  maximum hőmérsékletet, ami  $7,6^{\circ}\text{C}$  eltérést jelent. Az átlagos hőmérséklet nagyobb volt az NKÉ esetén,  $23,2^{\circ}\text{C}$  és  $22,2^{\circ}\text{C}$  csupán a ZKÉ-nél. A legkisebb mért hőmérséklete az NKÉ  $8,1^{\circ}\text{C}$ , a ZKÉ  $8,5^{\circ}\text{C}$  volt. Ez összesen  $0,4^{\circ}\text{C}$  eltérés. Az adatok korrelációja 0,977.



17.Ábra: NKÉ és ZKÉ

A június 12. és június 26 közötti időszakban az NBÉ legnagyobb mért hőmérséklete 32,5°C, a mérést megelőző 1,5 órában, tartósan 45°C fölött volt az NKÉ hőmérséklete **18.Ábra**. A ZBÉ maximális értéke nem ment 31,8°C fölé. A mérés előtti 1,5 óra alatt az átlagnál magasabb



18.Ábra ZBÉ és NBÉ

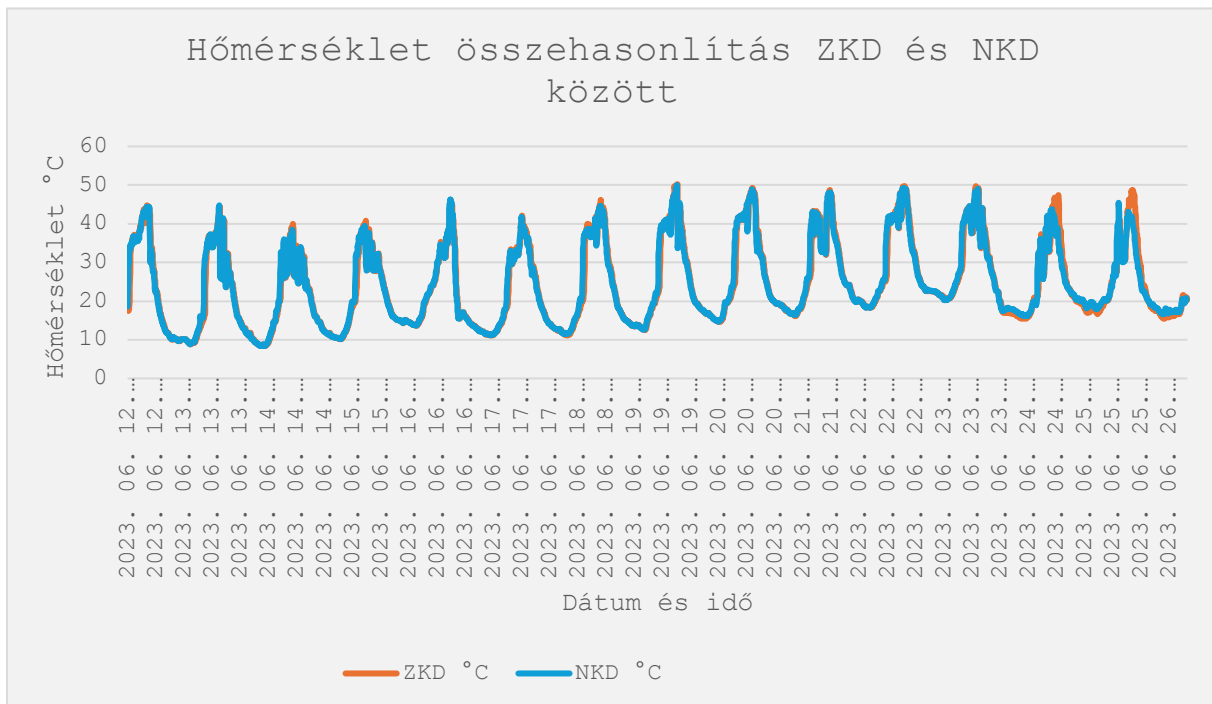
értékeket mért a ZKÉ, de nem haladta meg a 43,5°C-t. A ZBÉ és NBÉ korrelációja 0,997.

ZKD és NKD maximális hőmérséklete 50,2°C és 50°C volt, az eltérés csupán 0,2°C **20.Ábra**.

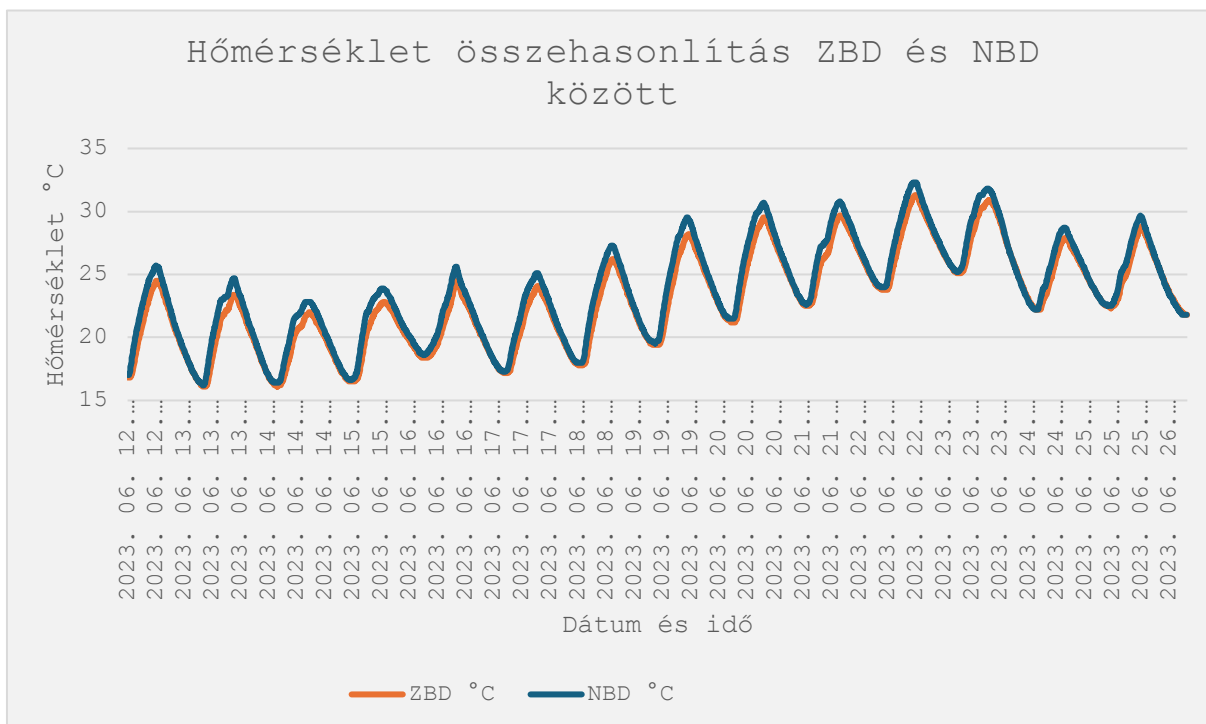
Az

időszakban mért hőmérsékletek átlaga megegyezett,  $24,3^{\circ}\text{C}$  mind a két modellházon. A legkisebb mért hőmérséklet megegyezően  $8,4^{\circ}\text{C}$  volt. Az értékek korrelációja  $0,975$ .

20.Ábra: ZKD és NKD

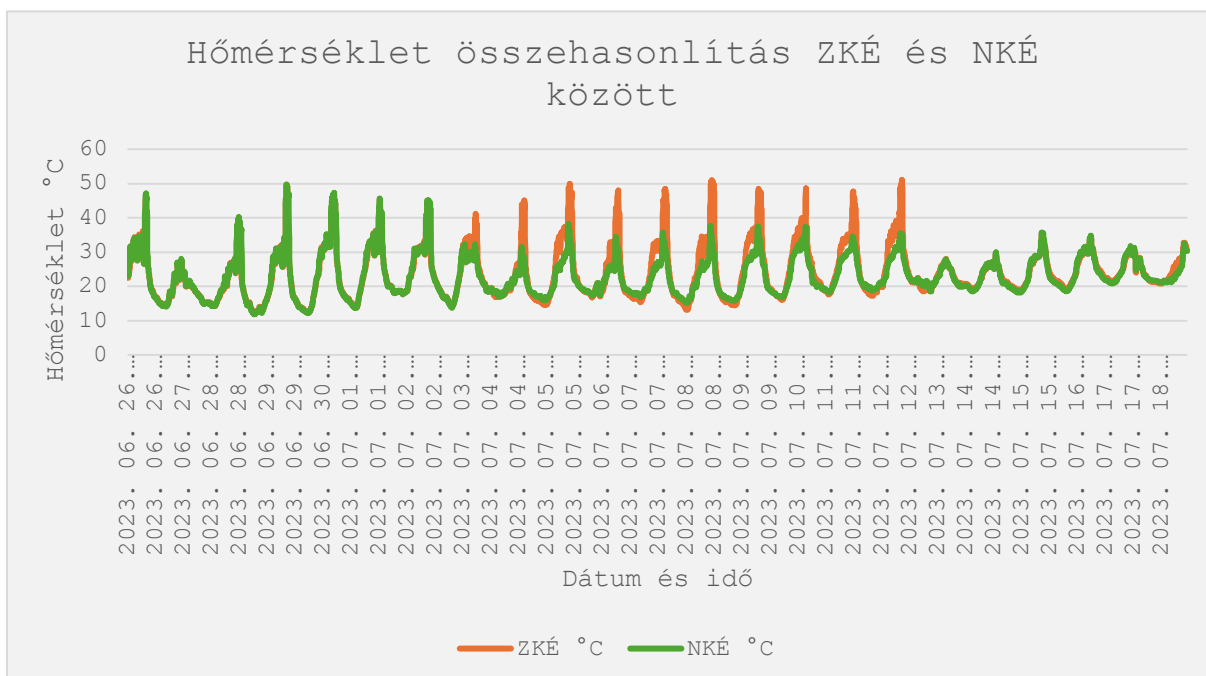


A ZBD és NBD maximum hőmérséklete  $31,3^{\circ}\text{C}$  és  $32,3^{\circ}\text{C}$  volt. Minimum hőmérsékletük  $16,1^{\circ}\text{C}$  és  $16,2^{\circ}\text{C}$ , átlag hőmérsékletük pedig  $23,1^{\circ}\text{C}$  és  $23,8^{\circ}\text{C}$  volt. Jellemzően az NBD lassabban hűlt le, mint a ZBD. Június 14-én 1:30 után a hőmérséklet  $10^{\circ}\text{C}$  alá esett és 4:20-ig megegyező ütemben csökkent  $8,4^{\circ}\text{C}$ -ig.  $0,1-0,2^{\circ}\text{C}$ -al többet mért a hőmérő az NBD esetén, mint ZBD esetén. Az adatok  $0,991$  értékben korrelálnak.



21.Ábra ZBd és NBD

Június 26. és július 18 között ZKÉ és NKÉ legnagyobb mért hőmérséklete 51°C és 49,7°C, a



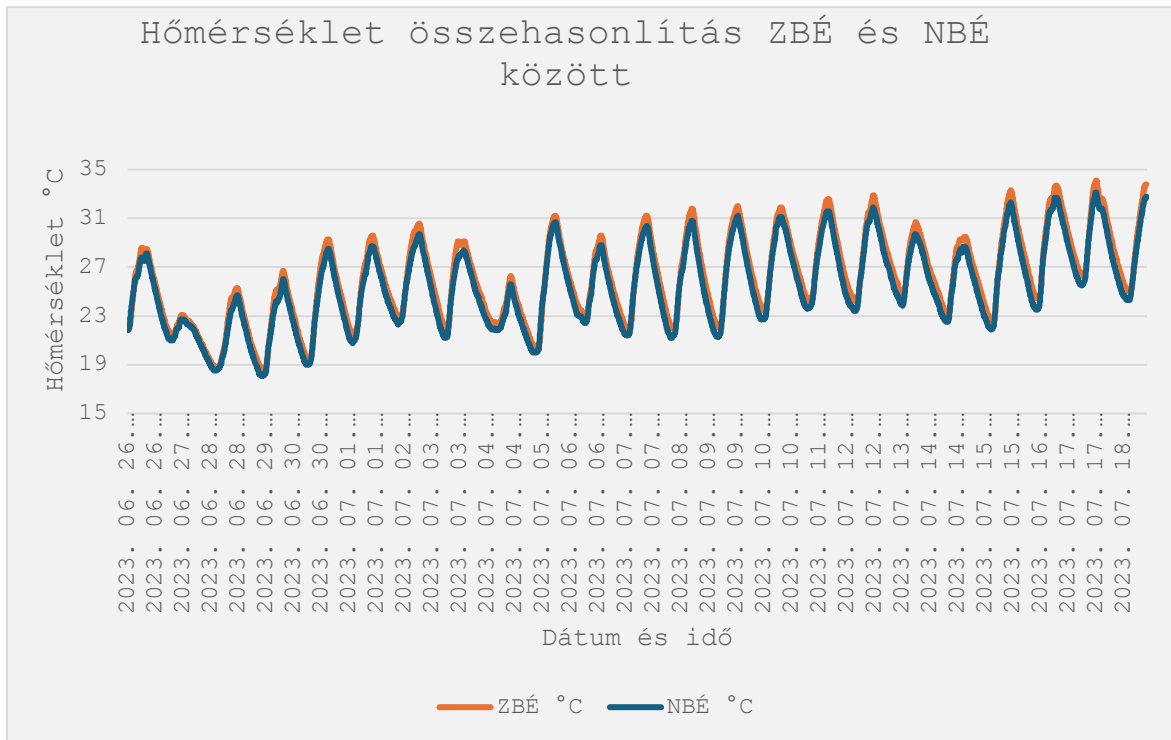
22.Ábra ZKÉ és NKÉ

legalacsonyabb 12°C és 11,8°C volt 22.Ábra. A napi átlagos hőmérséklet ZKÉ esetén 24°C, NKÉ esetén 23°C. Mindkét tető esetén június 29. volt az a nap, amikor egyszerre érték el a 49°C fölötti hőmérsékletet 20 percig. A belső hőmérsékletet megfigyelve ZBÉ ez idő alatt 25,6°C-ról 25,9°C-

re emelkedett, NBÉ 24,7°C-ról 25°C-re változott. Mindkét esetben azonos melegedési lépték volt tapasztalható. Július 14.-én ZKÉ és NKÉ **22.Ábra** napi maximum hőmérséklete

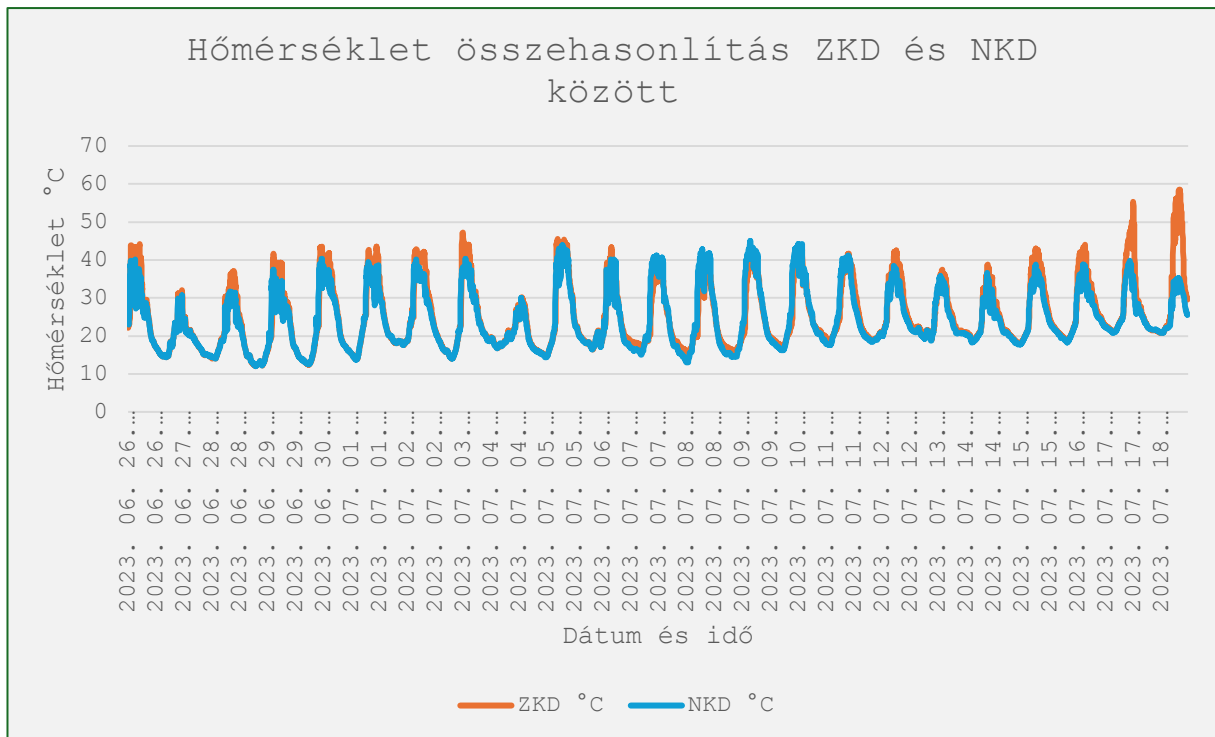
### 23.Ábra ZBÉ és NBÉ

29°C és 30°C-t ért el. Ekkor ZBÉ 29,3°C, NBÉ 28,5°C-ot mutatott **23.Ábra**. Mindkét esetben



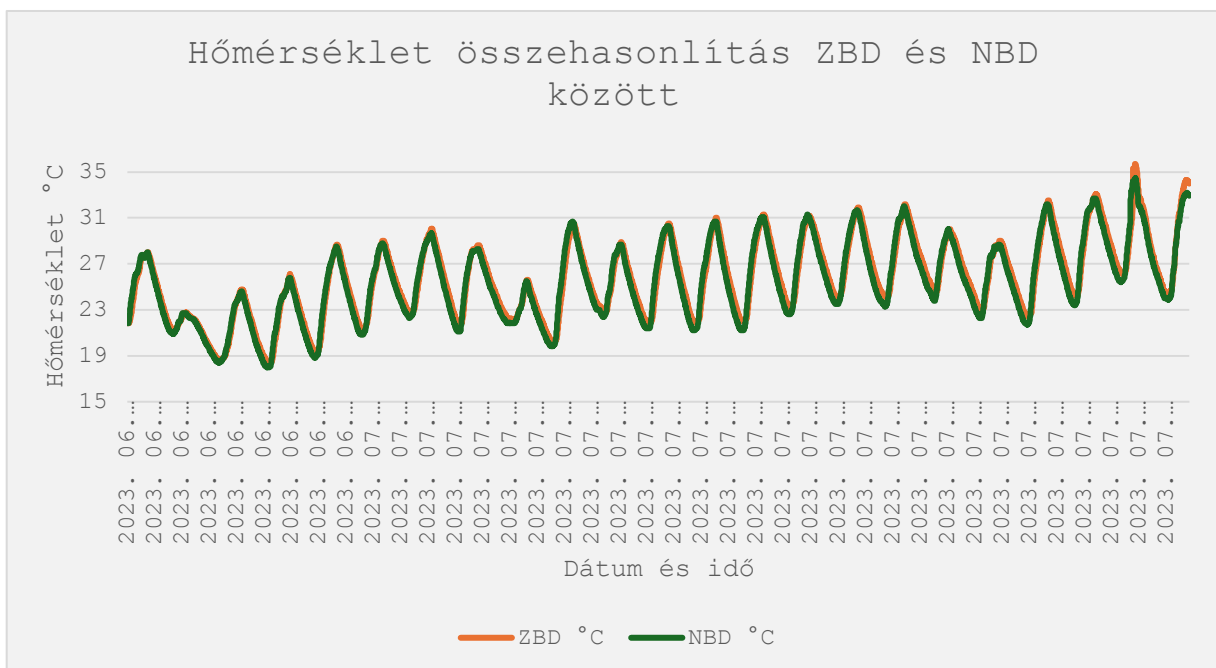
0,2°C-al volt melegebb a napi maximum hőmérséklet, amit ZBÉ és NBÉ is 25-30 perc alatt ért el, majd ZBÉ esetén 1 óráig állandósult, NBÉ esetén 40 percig. Az ezt követő lehülésként, mindkét esetben 10 percenként 0,1°C-ot csökkent a hőmérséklet. Július 15. 9:00-ig, 0,7-0,8°C-al volt kisebb a hőmérsékletű NBÉ.

ZKD legmagasabb hőmérséklete 58,6°C, míg NKD 45,1°C június 26. és július 18. között. Az átlagos hőmérséklet ZKD esetén 25,1°C, NKD esetén pedig 24,2°C volt. A legalacsonyabb mért hőmérséklet mindkét esetben 12°C. A mért érték július 05. 9:27-kor megegyezően 21,7°C, ami egy fokozatos melegedés után következik be. 30 perc elteltével NKD esetében 10°C emelkedik a hőmérséklet, ZKD esetén 1 óra elteltével 20°C-ot. NBD és ZBD értékei **24.Ábra** ZKD és NKD



egyenletesen emelkednek 5 percenként, 0,1-0,3°C léptékkal. NBD a nap további szakaszán 1,2-1,3°C-al magasabb hőmérsékleteket mér ugyanazon intervallumokban, mint ZBD. 19:06-25.

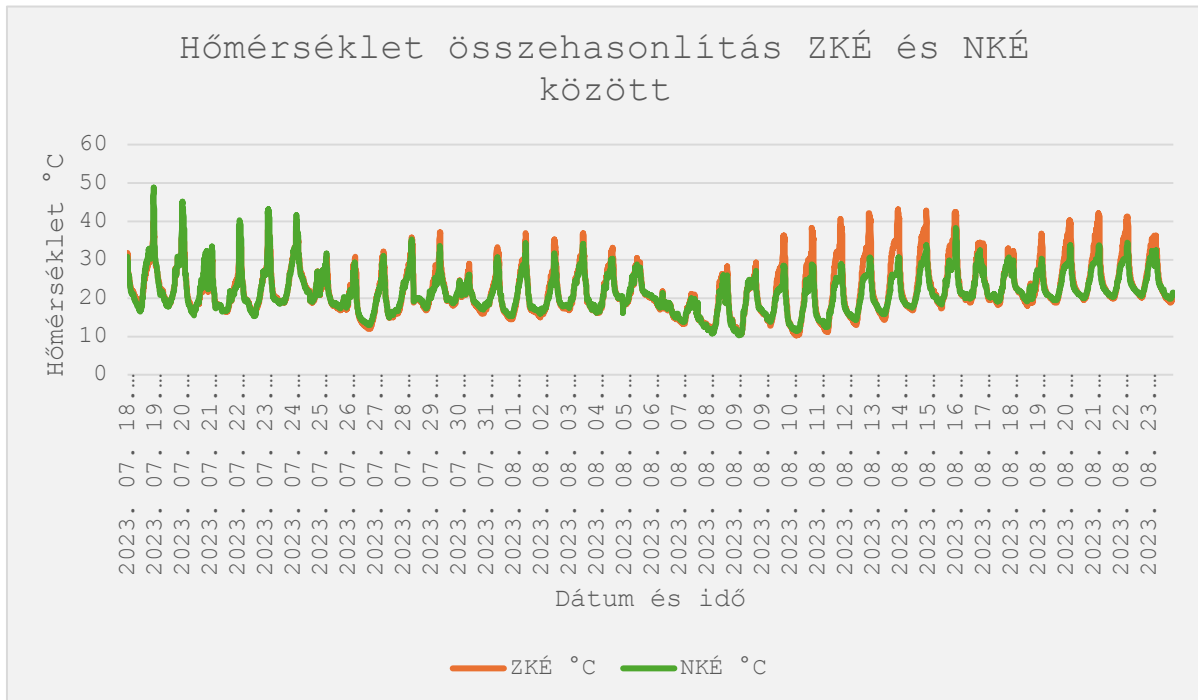
**Ábra ZBD és NBD**



kor rögzítenek újra azonos hőmérsékletet.

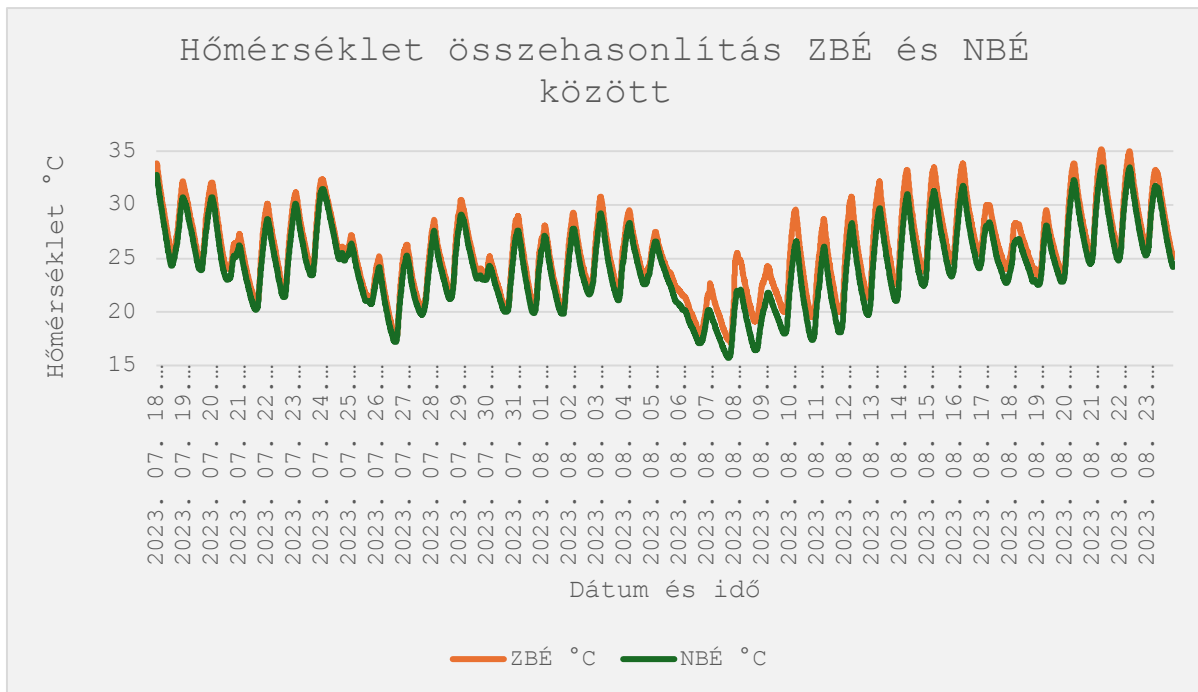
ZBD és NBD legnagyobb mért értéke ebben az időszakban 35,7°C és 34,5°C, megegyező napon, július 17. 15:00 után.

Július 18 és augusztus 23 között 43,1°C volt a maximum hőmérséklet ZKÉ esetén, augusztus 14. 17:15-kor és 48,8°C a mért legmagasabb hőmérséklet NKÉ esetén július 19. 16:38-kor. Összehasonlítás szempontjából nem ezeket a kiugró értékeket választom, mivel egy napon lévő adatoknál feltételezzük, hogy azonos természeti hatások érték a modellházakat.



**26.Ábra** ZKÉ és NKÉ

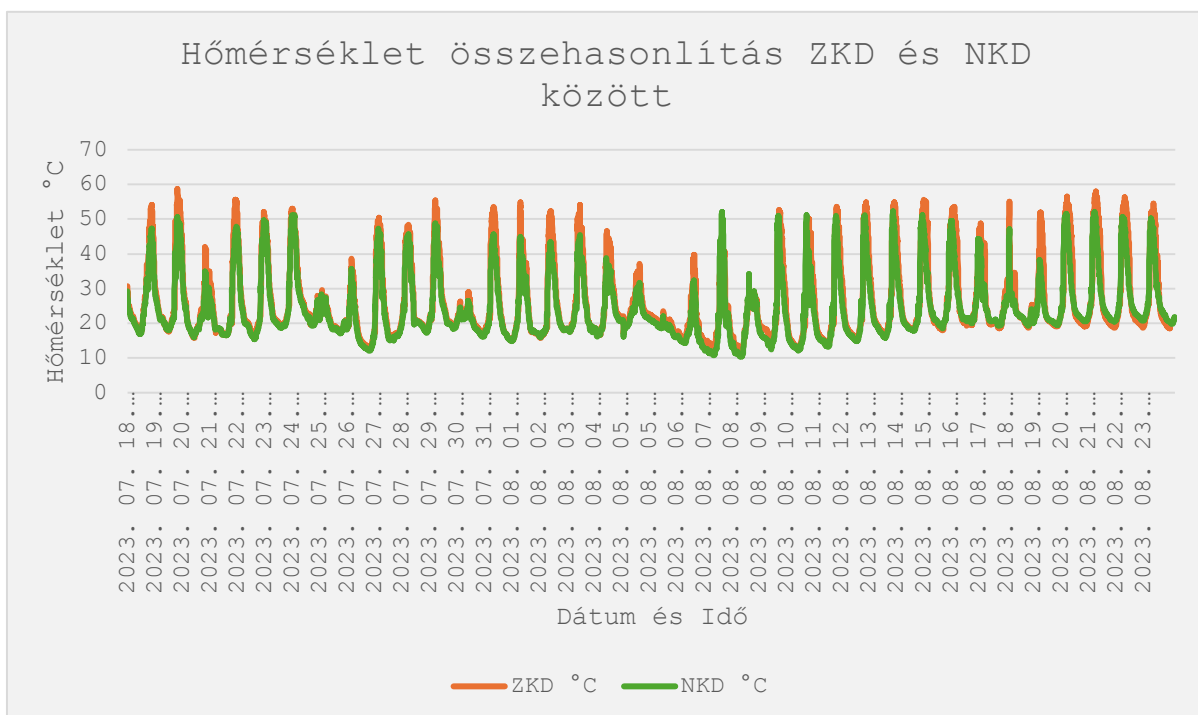
Július 27. 11:00-kor ZKÉ 18,7°C és NKÉ értéke is 18,7°C 11:05-kor. A mérsékelt hőmérsékletemelkedés után ZBÉ értéke meghaladja ZKÉ értékét 11:55-kor és 14:45-kor haladja meg ismét ZKÉ ZBÉ adatait. NKÉ és NBÉ 12:03-12:18 között megegyező adatokat rögzítenek, NBÉ értéke maximum 0,2°C-al haladja meg NKÉ hőmérsékletét, de általában alatta marad. 18:28-kor NKÉ hőmérséklete csökkenni kezd és a nap folyamán már nem emelkedik. Ezen időszak alatt ZKÉ és ZBÉ adott időpontban mért legnagyobb különbsége 5°C, NKÉ és NBÉ legnagyobb különbsége 6°C. Augusztus 10-16. között egyenletes emelkedés figyelhető meg a napi maximum és minimum hőmérsékletekben NKÉ és ZKÉ-nél. ZBÉ adatai minden esetben meghaladják az NBÉ által rögzített méréseket a július 18. és augusztus 23. között. A hőmérsékletek átlaga 25,7°C és 24,4°C, ZBÉ esetén mért legmagasabb hőmérséklet 35,2°C, NBÉ-nél viszont nem haladja meg a 33,5°C-t.



**27.Ábra** ZBÉ és NBÉ

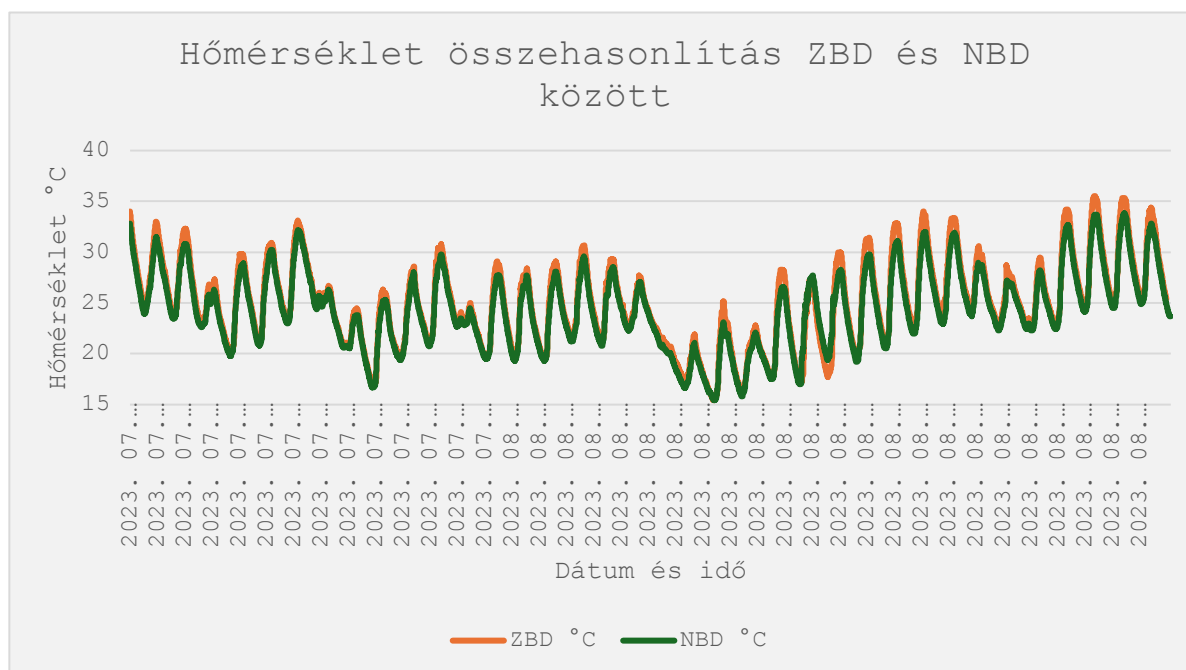
Augusztus 01. 8:55-től kezdett ZBÉ hőmérséklete emelkedni, ZKÉ értéke ezen a ponton 19°C volt, NBÉ 8:55-től szintén emelkedő tendenciát mutatott NKÉ értéke ekkor 19,4°C. ZBÉ és NKÉ is, a napi maximumát 17:50-kor érte el, ami 28,1°C és 27,1°C.

ZKD és NKD hőmérsékleti összehasonlítása július 18. és augusztus 23. között. A mért legnagyobb érték 58,7°C és 52,3°C, ZKD és NKD esetén. A legkisebb mért értékeket 12,4°C



**28.Ábra** ZKD és NKD

és 10,4°C is augusztus 09. hajnalban rögzítette a hőmérő. A napi maximum hőmérséklet nem



**28.Ábra** ZBD és NBD

haladta meg a 35°C-ot egyik esetben sem. Az NKÉ az abszolút maximum hőmérsékletét leszámítva ezen az egy napon haladta meg a ZKÉ értékeit. ZBD és NBD maximum hőmérséklete 35,5°C augusztus 21-én 3:15-kor és 33,8°C augusztus 22-én 17:00-kor, a mérések átlaga ebben az időszakban 25°C és 24,4°C. A legalacsonyabb hőmérséklet értéke és időpontja is megegyezett, 15,4°C, augusztus 08. 6:50. Megfigyelhető, hogy az ezt követő 14 napban felmelegedés következik be, amit a diagram felfelé törekvő minimum és maximum hőmérsékleti csúcspontjai is mutatnak.

## 5. Összegzés

Dolgozatom középpontjában a napelemes és zsindeletető hőmérsékleti teljesítményének vizsgálata állt. A modellházakat felosztottam északi és déli oldalra, így egy adatgyűjtés esetén 2-2 értéket tudtam elemezni és összehasonlítani, mivel az adott oldalú tetőre vonatkozóan egy belső és egy külső hőmérséklet is rendelkezésemre állt. Így átfogó képet kaptam a napelemmel és zsindelettel szerelt tetők hőmérsékleti teljesítményéről 2023 nyarán.

A méréseim elvégzéséhez modellházakat alkalmaztam, amikre zsindeletetőt és napelemet telepítettem. A hőmérsékletek monitorozásához EBI 300 ET hőmérőt alkalmaztam. A június 12. és augusztus 23. között mért adatokat 5 perces intervallumokban rögzítette a hőmérő. Az adatok kinyeréséhez Winlog.basic szoftvert használtam. Az eredmények statisztikai elemzéséhez pedig Excel táblázatot használtam.

Az NT és ZT modellházak hőmérsékleti kísérletében megtapasztalhattam, hogy az egyszerű mérések is hozhatnak nem várt eredményeket. Törekedtem minél pontosabb kísérletet végezni, de a mérési eredmények ezt nem mindig tükrözték. Az eredmények alapján megállapítható, hogy egyértelmű összefüggés a hőmérséklet csökkentésében nem tapasztalható a napelemmel fedett tetőnél. Azonban számottevő negatív hatást sem sikerült megállapítani az ezzel borított tetőre.

Július 6. amikor közepesen meleg a kinti hőmérséklet, a kísérlet alapján, késleltetheti a napelem a tető felmelegedését, ám elnyújtja azt. Azonban erősebb napsugárzás esetén a napelem nagy albedójának köszönhetően a tető gyorsabban melegszik fel, mint a hagyományos zsindeletető, és lassabban veszíti a hőmérsékletéből. Az esti órákban viszont, amikor a levegő hőmérséklete csökkent a napelemes tető késleltette a modellház lehülését. Hidegebb nappalokon, ahol feltételezzük, hogy a napsugárzás elenyésző mértékű, akkor a ház felmelegedését hátráltatta a napelemmel szerelt tető, és hidegebb maradt a belső tere.

A hőmérséklet emelkedésére július 27. délelőtt ad példát, ahol azonos hőmérsékleti kiindulópontból indulnak, de ZBÉ rövid időn belül nagyobb értéket mutat, mint ZKÉ. NBÉ nagyon kis mértékben haladja meg NKÉ-t. A külső hőmérsékletek a belső hőmérsékletekhez képest jelentős eltérést mutatnak.

Összességében azt állapíthatjuk meg, hogy mérhető hatással van a napelem a tető hőmérsékletére. Késleltetni tudja a tetőszerkezet felmelegedését, vagy a lehülését. A jövőben törekednünk kell arra, hogy az energiatermelés ne csak karbonsemlegessé váljon, hanem akár a napelemek árnyékoló hatását kihasználva élhetőbb környezetet teremtsünk magunknak és az élőlényeknek.

## 6. Köszönetnyilvánítás

Dolgozatom elkészítéséhez nagyon sok embernek tartozok köszönettel. A szüleim és testvéreim odaadása motivált leginkább. Elengedhetetlen volt azonban barátaim támogatása és biztatása. Az egyetemi környezet, amiben megtanulhattam sok módszert ennek a kidolgozásához, örök emlékként marad bennem. A tanáraink mindig bölcs meglátásokkal és tanácsokkal láttak el, ha szükségem volt rá. Külön köszönetet szeretnék adni konzulensemnek, akinek az odafigyelése

nélkül nem tudtam volna ezt teljesíteni. Köszönöm továbbá mindenkinek, aki bármilyen módon támogattak engem, akár szóval, akár cselekedettel.

## 7. Irodalomjegyzék

Rafael Monge Palma, Daniel Castro Medina, MCarmen Guerrero Delgado, José Sánchez Ramos, Paz Montero-Gutiérrez, Servando Álvarez Domínguez,  
Enhancing the building resilience in a changing climate through a passive cooling roof: A case study in Camas (Seville, Spain),  
Energy and Buildings,  
Volume 321,

2024,  
114680,  
ISSN 0378-7788,  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114680>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778824007965>)

Yingying Li, Shumei Wang, Shujun Zhang, Min Wei, Yongsheng Chen, Xiaoyi Huang, Rui Zhou,  
The creation of multi-level urban ecological cooling network to alleviate the urban heat island effect,  
Sustainable Cities and Society,  
Volume 114,  
2024,  
105786,  
ISSN 2210-6707,  
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105786>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670724006103>)

Zsuzsanna Dezső, Rita Pongrácz, Judit Bartholy,  
Surface urban heat island in Budapest during heat waves and droughts - comparing the summers of  
2003, 2007 and 2022,  
Urban Climate,  
Volume 55,  
2024,  
101899,  
ISSN 2212-0955,  
<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101899>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095524000956>)

Y. Michau, A. Lemonsu, P. Lucas-Picher, C. Caillaud,  
Evaluation of the Urban Heat Island of 12 cities of France in a high-resolution regional climate model  
simulation,  
Urban Climate,  
Volume 47,  
2023,  
101386,  
ISSN 2212-0955,  
<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101386>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095522003042>)

Csenge Dian, Rita Pongrácz, Zsuzsanna Dezső, Judit Bartholy,  
Annual and monthly analysis of surface urban heat island intensity with respect to the local climate  
zones in Budapest,  
Urban Climate,  
Volume 31,  
2020,  
100573,  
ISSN 2212-0955,

<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100573>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095518300658>)

Júlia Göndöcs, Hajnalka Breuer, Rita Pongrácz, Judit Bartholy,  
Urban heat island mesoscale modelling study for the Budapest agglomeration area using the WRF  
model,

Urban Climate,

Volume 21,

2017,

Pages 66-86,

ISSN 2212-0955,

<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.05.005>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095517300421>)

TC Chakraborty, Yun Qian,

Urbanization exacerbates continental- to regional-scale warming,

One Earth,

Volume 7, Issue 8,

2024,

Pages 1387-1401,

ISSN 2590-3322,

<https://doi.org/10.1016/j.oneear.2024.05.005>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590332224002483>)

Zhi Qiao, Nan Wang, Jiayue Chen, Xinliang Xu, Luo Liu, Dongrui Han,

Understanding the differences in the contribution and impact of urbanization on urban warming during  
heatwave and non-heatwave periods in China,

Journal of Cleaner Production,

Volume 474,

2024,

143626,

ISSN 0959-6526,

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143626>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652624030750>)

Yueer He, Daniel Jun Chung Hii, Nyuk Hien Wong,

Solar photovoltaics deployment impact on urban temperature: Review and assessment  
recommendations,

Building and Environment,

Volume 264,

2024,

111920,

ISSN 0360-1323,

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111920>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132324007625>)

Anqiang Jia, Haiyan Liu, Yingxia Yun, Ruinian Jiang, Somayeh Pouramini,  
Energy efficiency measures in existing buildings by a multiple-objective optimization with a solar panel  
system using Marine Predators Optimization Algorithm,  
Solar Energy,  
Volume 267,  
2024,  
112208,  
ISSN 0038-092X,  
<https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.112208>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X23008423>)

Rafael Monge Palma, Daniel Castro Medina, MCarmen Guerrero Delgado, José Sánchez Ramos, Paz  
Montero-Gutiérrez, Servando Álvarez Domínguez,  
Enhancing the building resilience in a changing climate through a passive cooling roof: A case study in  
Camas (Seville, Spain),  
Energy and Buildings,  
Volume 321,  
2024,  
114680,  
ISSN 0378-7788,  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114680>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778824007965>)

Elias Asproudis, Cigdem Gedikli, Oleksandr Talavera, Okan Yilmaz,  
Returns to solar panels in the housing market: A meta learner approach,  
Energy Economics,  
Volume 137,  
2024,  
107768,  
ISSN 0140-9883,  
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107768>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988324004766>)

Hamid Moghadam, Saeed Moghadam Deymeh,  
Determination of optimum location and tilt angle of solar collector on the roof of buildings with regard  
to shadow of adjacent neighbors,  
Sustainable Cities and Society,  
Volume 14,  
2015,  
Pages 215-222,  
ISSN 2210-6707,  
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2014.09.009>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670714001073>)

Ali H.A. Al-Waeli, K. Sopian, Hussein A. Kazem, Miqdam T. Chaichan,  
Photovoltaic/Thermal (PV/T) systems: Status and future prospects,

Renewable and Sustainable Energy Reviews,  
Volume 77,  
2017,  
Pages 109-130,  
ISSN 1364-0321,  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.126>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211730463X>)

Ali H.A. Al-Waeli, K. Sopian, Hussein A. Kazem, Miqdam T. Chaichan,  
Photovoltaic/Thermal (PV/T) systems: Status and future prospects,  
Renewable and Sustainable Energy Reviews,  
Volume 77,  
2017,  
Pages 109-130,  
ISSN 1364-0321,  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.126>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211730463X>)

E. Skoplaki, J.A. Palyvos,  
Operating temperature of photovoltaic modules: A survey of pertinent correlations,  
Renewable Energy,  
Volume 34, Issue 1,  
2009,  
Pages 23-29,  
ISSN 0960-1481,  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.04.009>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148108001353>)

Tao Sun, Liding Chen, Ranhao Sun,  
Cooling effects in urban communities: Parsing green spaces and building shadows,  
Urban Forestry & Urban Greening,  
Volume 94,  
2024,  
128264,  
ISSN 1618-8667,  
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128264>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866724000621>)

Rawand khasraw Bani, Shazad Jamal Jalal,  
Impact of shadow distribution on optimizing insolation exposure of roofs according to harness or  
transfer of solar energy in Sulaimani city, Iraq,  
Renewable Energy,  
Volume 136,  
2019,  
Pages 452-462,  
ISSN 0960-1481,

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.002>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148119300023>)

Anthony Dominguez, Jan Kleissl, Jeffrey C. Luvall,  
Effects of solar photovoltaic panels on roof heat transfer,  
Solar Energy,  
Volume 85, Issue 9,  
2011,  
Pages 2244-2255,  
ISSN 0038-092X,

<https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.06.010>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X11002131>)

Sin-Yi Li, Jen-Yu Han,

The impact of shadow covering on the rooftop solar photovoltaic system for evaluating self-sufficiency rate in the concept of nearly zero energy building,

Sustainable Cities and Society,

Volume 80,

2022,

103821,

ISSN 2210-6707,

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103821>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670722001482>)

Wenhao Zhang, Meihui Deng, Qingqing Xiong,

Evaluation of energy performance in positive energy building: X HOUSE at Solar Decathlon Middle East 2021,

Renewable and Sustainable Energy Reviews,

Volume 192,

2024,

114163,

ISSN 1364-0321,

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114163>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032123010213>)

Khaza Shahriar, Md. Hasan Ali, Md.Khaled Mahmud, Mohammad Rezwan Hossain,

Optimization of combined electricity generation and cooling load reduction by incorporating roof top photovoltaic module: An approach to energy consumption reduction in a hospital building,

Energy Conversion and Management: X,

Volume 26,

2025,

100948,

ISSN 2590-1745,

<https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2025.100948>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590174525000807>)

Aiman Albatayneh, Renad Albadaineh, Adel Juaidi, Ramez Abdallah, María Dolores G. Montoya, Francisco Manzano-Agugliaro,  
Rooftop photovoltaic system as a shading device for uninsulated buildings,  
Energy Reports,  
Volume 8,  
2022,  
Pages 4223-4232,  
ISSN 2352-4847,  
<https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.03.082>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722006370>)

Képforrások

<https://shop.ebro.com/en/ebi-300-te-multi-use-pdf-data-logger-with-external-temperature-probe>  
<https://www.xytem.com/en-za/products--services/analytical-instruments-and-equipment/thermometer-data-loggers/cold-chain-data-loggers/ebi-300-pdf-temperature-data-logger/>

## Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

### 1. Általános adatok

Hallgató neve:	Katona Áron
Neptun-kódja:	D0IET6
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: .....
Tantárgy neve/kódja*:	B-GOD-N-HU-KORNY
A munka címe:	Szakdolgozat

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

### 2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

- A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást. (Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)
- B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást. (Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

### 3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

#### I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)

**II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)**

*(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka **mellékletében való csatolása szükséges.**)*

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve, verziója, elérhetősége	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma
----------------------	--	---	---

--	--	--	--

**3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)**

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

*Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.*

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....  
.....  
.....  
.....

**4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:**

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Gödöllő....., 2025. ....11..... hó ....11 nap

.....  
Hallgató aláírása      Konzulens/Témavezető

