

MÓDSZERTAN HŐSZIVATTYÚ KÜLTÉRI EGYSÉGÉNEK HŐMÉRSÉKLETI VISZONYAINAK MÉRÉSÉRE

METHODOLOGY FOR MEASURING THE TEMPERATURE CONDITIONS IN THE OUTDOOR UNIT OF A HEAT PUMP

HERMANUCZ PÉTER – HOLLÓ GÁBOR
hermanucz.peter@uni-mate.hu

Összefoglalás

A hőszivattyúk közül egyre nagyobb arányban terjednek el a környezeti levegőt, mint hőforrást hasznosító típusok. A levegő hőforrás energia sűrűsége rendkívül alacsony, így nagy mennyiséget kell belőle átáramoltatni a kültéri egység hőcserélőjén. Éppen ezért a kültéri egység felállításakor körültekintően kell eljárni, hogy a közelben levő építmények, tereptárgyak ne zavarják meg a levegő áramlását. Amennyiben nem megfelelőek a telepítési körülmények, úgy hidraulikai rövidzár jöhet létre a beszívó- és kifúvó oldal között, ami a beszívott levegő hőmérsékletének csökkenését eredményezi. Ez a jelenség közvetlen hatással van a teljesítmény együtthatóra, vagyis az elérhető COP-re (Coefficient of Performance). Tekintve, hogy a jelenség szabad szemmel nem figyelhető meg, mérési eljárást dolgoztunk ki a jelenség kimutatására és mértékének vizsgálatára. Célunk olyan módszer kidolgozása, mely a lehető legegyszerűbb mérési eljárással, a lehető legkevesebb érzékelővel megvalósítható, de a gyakorlat számára megfelelő pontosságú eredményt ad. Ezzel lehetővé válik a korábban telepített hőszivattyúk kültéri egységeinek környezeti paraméter vizsgálata, különös tekintettel a hőmérsékleti viszonyokra.

Kulcsszavak: hőszivattyú, kültéri egység, hőmérsékleti viszonyok, belépő léghőmérséklet, COP
JEL kód: Z21, Q42

Abstract

Heat pumps are becoming increasingly widespread as a heat source for ambient air. The energy density of air as a heat source is extremely low, so a large amount of it has to be passed through the heat exchanger of the outdoor unit. For this reason, care must be taken when installing the outdoor unit to ensure that nearby buildings and structures do not interfere with the air flow. If the installation conditions are not suitable, a hydraulic short circuit may occur between the intake and exhaust sides, resulting in a drop in the temperature of the intake air. This phenomenon has a direct impact on the COP (Coefficient of performance) that can be achieved. Given that this phenomenon is not observable to the naked eye, a measurement procedure has been developed to detect and measure this phenomenon. Our aim is to develop a method that can be implemented with the simplest possible measurement procedure, with the fewest possible sensors, but which gives results of sufficient accuracy for practical applications. This will allow the environmental parameter analysis of previously installed outdoor units of heat pumps, with particular reference to temperature conditions.

Keywords: heat pump, outdoor unit, temperature condition, inlet air temperature, COP

Bevezetés

A hőszivattyúk hatékonyságának mérése és optimalizálása szempontjából kritikus szerepet játszik a kültéri egység elhelyezése, valamint a környezeti hőmérsékleti viszonyok mérésének módszertana. A kültéri egység hatékonyságát nagymértékben befolyásolják a környezetében található tereptárgyak, építmények, amelyek befolyásolhatják a kifűjt levegő visszaáramlását a beszívó oldalra, így módosítva a beszívott levegő hőmérsékletét. Kutatások során mérési eredményekkel bizonyították, hogy a hőszivattyús alkalmazások például az uszodatechnikában, az élelmiszeriparban vagy a haltenyésztésben is energiahatékony megoldást nyújtanak (KORZENSZKY és GÉCZI, 2012; GÉCZI et al., 2013; 2014). A hőszivattyúk hatékonyságát a jósági együtthatóval, vagyis a COP-vel (Coefficient of performance) fejezhetjük ki, amely megmutatja, hogy a készülék 1kW felvett elektromos áram segítségével, mekkora energiatermelésre, hőteljesítmény leadására képes. Az értékét nagymértékben befolyásolja a hűtő körfolyamatban kialakuló hőmérsékleti viszonyok, konkrétan az elpárolgató és a kondenzátor hőmérséklete.

MONTELEONE et al. (2023) egy homlokzatba integrált mini-split hőszivattyú rendszer tervezését és tesztelését végezték el. Az eredmények azt mutatták, hogy az egység elhelyezése és a külső hőmérsékleti viszonyok nagymértékben befolyásolják a hőszivattyú teljesítményét és hatékonyságát. Más kutatók a hőmérséklet mérő szenzorok elhelyezésének hatását is vizsgálták munkájuk során. LIU (2023) kutatása az inverteres, levegő hőforrással rendelkező hőszivattyúk fagyásmentesítési tulajdonságainak modellezését és kísérleti vizsgálatát tárgyalja. Az eredmények rámutatnak, hogy a kültéri hőmérséklet érzékelők elhelyezése és a pontos hőmérsékletmérés kulcsfontosságú a hőszivattyúk hatékonyságának fenntartásában, különösen alacsony hőmérsékleti viszonyok esetén. Ebből következően további vizsgálatra érdemesnek találtak a hőszivattyúk kültéri egységei körül kialakuló hőmérsékleti viszonyok vizsgálatát. LARSSON és OTTOSSON (2023) publikációjukban kimutatták, hogy kedvező hőmérsékleti viszonyok esetében a hőszivattyú hatékonysága javulhat, és ezzel akár 11,5%-os energia megtakarítás is elérhető. ZHU et al. (2024) kutatásuk során nagy kiterjedésű, szabadban elhelyezett berendezés hőmérsékleti viszonyai tanulmányozták. Munkájuk alapján elfogadható a 2 perces mintavételi frekvencia, melyet méréseink során alkalmaztunk is. Néhány paraméter - környezeti hőmérséklet, globálsugárzás, szélesség, stb. - a későbbiek során olyan modelleket eredményezhetnek, amely lehetőséget biztosít akár a hőszivattyús rendszerek optimalizálásához vagy tovább fejlesztéséhez (PATONAI et al., 2022; SZÉKELY et al., 2021; GÉCZI et al., 2019; PÁGER et al., 2023).

A bemutatott kutatások rávilágítanak arra, hogy ezek a tényezők hogyan befolyásolják a hőszivattyúk működését különböző környezeti feltételek mellett. Ezek alapján fontosnak és időszerűnek találtak a téma vizsgálatát egy valós körülmények között üzemelő hőszivattyú esetén. Célunk a különböző telepítési körülmények léghőmérsékletre, és ezen keresztül az energetikai hatékonyságra gyakorolt hatásának kimutatása.

Anyag és módszer

Munkánk során egy családi ház fűtésére szolgáló levegő-víz hőszivattyú vizsgálatát végeztük el összesen öt (I.-V.) vizsgálati elrendezésben, melyek közül az első (I.) a referenciául szolgáló, ideálisnak tekinthető telepítési környezet volt (1. ábra).

Anyag

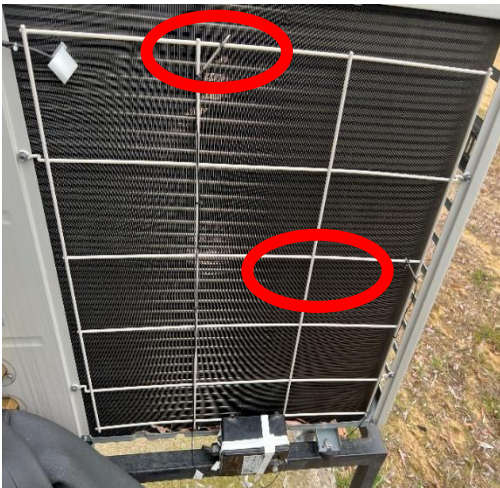
A négy gyakori telepítési módozat mérési elrendezését (II.-V.) a 2. ábrán mutatjuk be. A léghőmérséklet méréseket összesen 6 db érzékelővel és kétféle műszerrel végeztük, melyek jellemzői az 1. táblázatban látható. Mindkét műszer adatgyűjtési frekvenciáját 2 percre állítottuk, a kiértékelés során pedig az adatsorokat időben szinkronizáltuk. Az adatgyűjtők 16000 adatpont rögzítésére alkalmasak, így lehetőségünk nyílt minden mérési elrendezést több napon keresztül vizsgálni, majd az eredményeket átlagolni. Így lényegesen megbízhatóbb végeredményeket kaptunk, mintha rövid időtávon, vagy labor körülmények között végeztük volna a méréseket. A mérési adatsorokat excel szoftverben értékeltük ki, és hasonlítottuk össze az egyes telepítési körülmények által adott eredményeket, különös tekintettel az üzem közben beszívott levegő hőmérséklet eltérésére a környezeti hőmérséklethez képest.



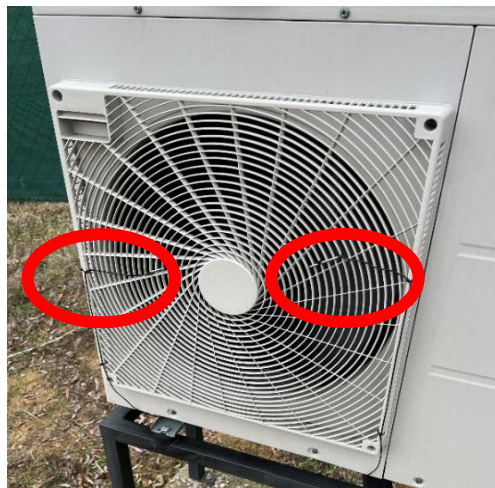
a.



b.



c.



d.

1.ábra: A kísérleti hűtőkör (I.) kapcsolása (a) és a mérési helyek, környezeti levegő hőmérséklet (b), beszívott levegő hőmérséklet (c), kifúvott levegő hőmérséklet (d) / Figure 1: Connection of the experimental cooling circuit (I) (a) and measurement locations, ambient air temperature (b), intake air temperature (c), exhaust air temperature (d)

1.táblázat: A méréshez használt műszerek / Table 1: Instruments used for measurement

Mért jellemző	Jelölés	Alkalmazott műszer	Mérési tartomány	Mérési felbontás
Külső léghőmérséklet	$T_{k\ddot{u}ls\ddot{o}1}; T_{k\ddot{u}ls\ddot{o}2}$	Ebro EBI300	-30...+60°C	0,1°C
Beszívott és kifúvott léghőmérséklet	$T_{BE1}; T_{BE2}; T_{KI1}; T_{KI2}$	Elitech RC4	-40...+85°C	0,1°C

Módszer

Az érzékelők elhelyezése az 1. ábrán látható módon történt: A hőszivattyútól távol került elhelyezésre két érzékelő az EBI műszerrel a referencia külső hőmérséklet mérésére. A hőszivattyú kültéri egységének beszívó- és kifúvó oldalán pedig 2-2 Elitech műszer szondáját helyeztük el. Megfigyelhető, hogy a referencia elrendezés esetén gyakorlatilag semmilyen zavaró tereptárgy, építmény, egyéb akadály nem kerül a légáramlás útjába.

A 2. ábrán láthatóak az egyes modellezett telepítési körülmények, melyek reprezentálják a gyakorlatban leginkább előforduló eseteket: a 2. elrendezés a fal elé telepített hőszivattyúkra jellemző, a 3. elrendezés a külső negatív falsarokba történő elhelyezést mutatja. Ennek az elrendezésnek tapasztalataink szerint jelentős akusztikai hátránya is van. A 4. és 5. elrendezés az igen kedvezőtlen variációkat mutatja: Lépcsőforduló alatt, vagy kukatárolóban történő elhelyezéssel is gyakorta találkozni az újépítésű ingatlanok esetén is. Ezek a kedvezőtlen telepítési körülmények hipotézisünk szerint hátrányosan befolyásolják a beszívott levegő hőmérsékletét, ezen keresztül a pillanatnyi teljesítmény együtthatót (COP) és az egész szezonra vetítve természetesen a szezonális hatékonyságot (SCOP, Seasonal Coefficient of Performance).



II.



III.



IV.



V.

**2. ábra: A különböző telepítési körülményeket (II.-V.) reprezentáló kísérleti hűtőkör /
Figure 2: Experimental cooling circuit representing different installation conditions
(II.-V.)**

A vizsgált időszakban a hőszivattyú szakaszosan üzemelt, mert azt az épület belső termosztátja időről-időre leállítja illetőleg használati melegvíz készítési üzemmódba kapcsolja. A kiértékelésnél észszerűnek mutatkozik az üzemben töltött időszakok kifűvott levegő hőmérsékletének és az üzemszüneti időszakok átlaghőmérsékleteinek különbségét képezni. Így megkapjuk azt a hőmérséklet eltérést, ami a nyugalomban levő környezeti levegő és az üzem közben beszívott levegő között az eltérő telepítési körülmények hatására alakul ki. Ez a hőmérséklet különbség befolyásolja az energia hatékonyságot, a csökkenő beszívott levegő hőmérséklet rontja az adott készülék COP-értékét.

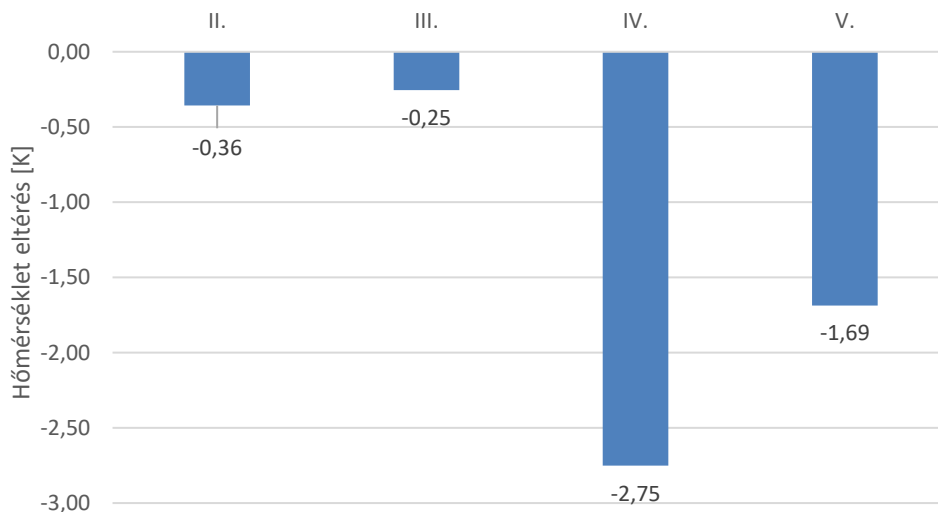
Eredmények

A hőszivattyútól távol mért léghőmérsékletet a teljes időszakban igen jól reprezentálja a hőszivattyú üzemszünetében mért beszívott-és kifűjt léghőmérsékletek átlaga. Ez megfigyelhető a 3. ábrán, ahol a be- és kikapcsolva töltött időszakok jelentős eltérést eredményeznek a kifűvott levegő hőmérsékletében, az üzemszünetekben azonban a beszívott-és kifűvott levegő hőmérséklete gyakorlatilag (legalább 20 napnyi folyamatos mérést kiértékelve) megegyezik a hőszivattyútól távol mért környezeti hőmérséklettel.



3. ábra: A beszívott, a kifúvott- és a környezeti levegő hőmérséklete az idő és az üzemmód függvényében/ Figure 3: Intake, exhaust and ambient air temperatures as a function of time and mode

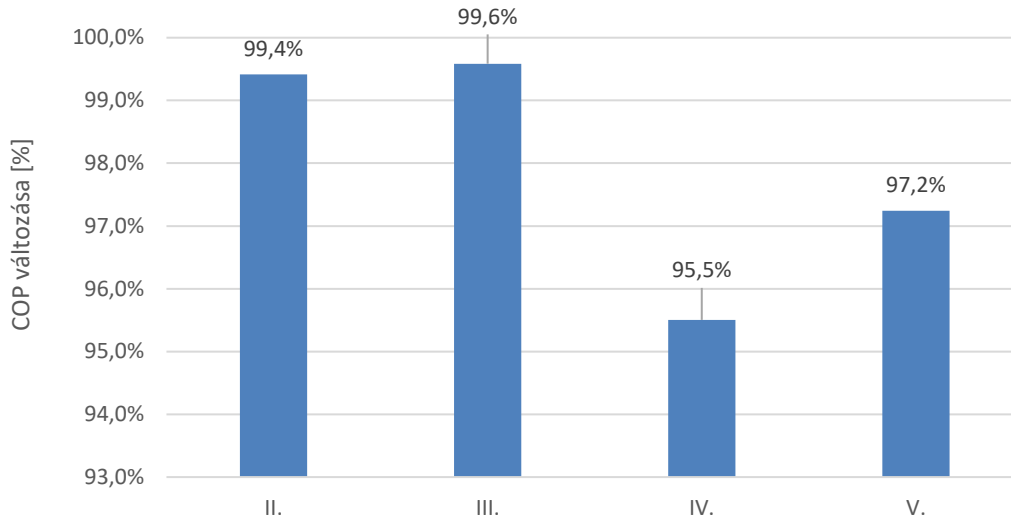
A mérési eredmények kiértékelése során azt találtuk, hogy az egyes mérési elrendezések átlagosan 0,25...2,75°K-nel csökkentik a beszívott levegő hőmérsékletét a távolban mért környezeti léghőmérséklethez képest. Az eredményeket a 4. ábra mutatja.



4. ábra: A beszívott- és a környezeti levegő hőmérsékletének különbsége az elrendezés függvényében / Figure 3: Difference between intake and ambient air temperatures as a function of layout

A diagramról leolvasható, hogy minden mérési elrendezés esetén eltérés mutatkozott a távolban mért környezeti hőmérséklet és a beszívott levegő hőmérséklete között. A COP csökkenése természetesen ezekkel arányos lesz, hiszen az elpárolgási hőmérséklet csökkenése a hőszivattyú által áthidalt hőmérséklet különbséget növeli, így az energiafelhasználást is, sőt, egyes esetekben a hasznos teljesítményt is csökkenti. A gyártó által adott környezeti hőmérséklet esetére közölt COP értékek között lineáris interpolációval meghatároztuk az egyes telepítési elrendezések esetén mért beszívott levegő hőmérséklet csökkenéssel arányos COP

változást. Ezt az értéket hasonlítva az adott kültéri hőmérséklethez tartozó hatékonysági mutatóhoz megkaphatjuk a relatív hatékonyság értékét, ahol 100% az I. elrendezés, mint referencia értéke. A vizsgált elrendezések esetére az eredményeket az 5. ábra mutatja.



5. ábra: A hőszivattyú COP változása / Figure 4: COP change of the heat pump

Megfigyelhető, hogy a II. és III. elrendezés minimális relatív hatékonyság romlást eredményez, azonban a további elrendezések esetén 3-5% csökkenéssel is számolhatunk, ami éves szinten már érzékelhető mértékben növelheti az energiafelhasználást. Ezeknek a telepítési körülményeknek, és a mérési adatok alapján kialakuló hidraulikai rövidzárnak (ahol a kifűvott hideg levegő egy része visszakerül a beszívó oldalra) hatása lehet a leolvasztási ciklusokra is, ami a kritikus időszakban akár jelentős mértékben is képes befolyásolni a teljesítményt és a COP értékét.

Következtetések

A hőszivattyúk hatékonyságának mérése és optimalizálása szempontjából kritikus szerepet játszik a kültéri egység elhelyezése, valamint a környezeti hőmérsékleti viszonyok mérésének módszertana. Az utóbbi években egyre nagyobb arányban terjednek el a környezeti levegőt, mint hőforrást hasznosító hőszivattyúk. A levegő hőforrás energia sűrűsége rendkívül alacsony, ezért nagy mennyiséget kell belőle átáramoltatni a kültéri egység hőcserélőjén. Emiatt különös figyelmet kell fordítani a kültéri egység telepítési körülményeire, hogy a közeli építmények és tereptárgyak ne akadályozzák a levegő áramlását. Ha a telepítési feltételek nem megfelelőek, hidraulikai rövidzár alakulhat ki a beszívó- és kifűvó oldal között, ami a beszívott levegő hőmérsékletének csökkenését eredményezi. Ez a jelenség közvetlen hatással van a hőszivattyú teljesítményére és hatékonyságára (COP). Tekintettel arra, hogy a jelenség szabad szemmel nem figyelhető meg, egy mérési eljárást dolgoztunk ki a jelenség kimutatására és mértékének vizsgálatára.

Kutatásunk célja egy olyan mérési módszer kidolgozása volt, amely a lehető legegyszerűbb eljárással és minimális számú érzékelővel is pontos eredményeket ad. A vizsgálatokat egy családi ház fűtésére szolgáló levegő-víz hőszivattyú kültéri egységén végeztük, összesen öt különböző telepítési elrendezésben. Az első elrendezés a referenciául szolgáló ideális telepítési környezet volt, míg a többi négy elrendezés különböző gyakorlati telepítési módokat reprezentált. A léghőmérséklet méréseket hat érzékelővel és kétféle műszerrel végeztük, 2

perces adatgyűjtési frekvenciával. Az adatgyűjtő eszközök 16000 adatpont rögzítésére voltak alkalmasak, így lehetőségünk nyílt minden mérési elrendezést több napon keresztül vizsgálni, majd az eredményeket átlagolni.

A mérések során kiderült, hogy a különböző telepítési körülmények jelentős hatással vannak a beszívott levegő hőmérsékletére és 0,25...2,75°K-el csökkentették a beszívott levegő hőmérsékletét a távolban mért környezeti léghőmérséklethez képest. Az adatok alapján megfigyelhető volt, hogy a vizsgált elrendezések esetében 0,4...4,5%-os COP csökkenést tapasztaltunk, ami éves szinten jelentős energiafelhasználás növekedést eredményezhet.

A kutatás során megállapítottuk továbbá, hogy a hőszivattyútól távol mért környezeti hőmérsékletet jól reprezentálja a hőszivattyú üzemszünetében mért beszívott- és kifúvott levegő hőmérsékletek átlaga. Ennek az eredménynek a figyelembe vételével tovább egyszerűsíthető a mérési eljárás, így az diagnosztikai céllal könnyen alkalmazható meglévő telepítések esetén. Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy a nem megfelelő telepítési körülmények hidraulikai rövidzárat okozhatnak, ahol a kifúvott hideg levegő egy része visszakerül a beszívó oldalra. Ez a jelenség különösen kedvezőtlenül befolyásolja a hőszivattyú teljesítményét és hatékonyságát, különösen alacsony hőmérsékleti viszonyok esetén.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal „A körforgásos gazdaság megvalósíthatósága a honvédelmi tevékenységek során” című, TKP2021-NVA-22 azonosítószámú Tématerületi Kiválósági Program támogatásával valósult meg, a Körforgásos Gazdaság Elemző Központ (KGEK) vezetésével.

Hivatkozott források

- GÉCZI, G., BENSE, L., KORZENSZKY, P. (2014): Water Tempering of Pools Using Air to Water Heat Pump Environmental Friendly Solution. Rocznik Ochrona Srodowiska 16, pp. 115-128., 14 p.
- GÉCZI, G., KICSINY, R., KORZENSZKY, P. (2019): Modified effectiveness and linear regression based models for heat exchangers under heat gain/loss to the environment. Heat and Mass Transfer (0947-7411 1432-1181), 55 4 pp 1167-1179.
<https://doi.org/10.1007/s00231-018-2495-z>
- GÉCZI, G., KORZENSZKY, P., BENSE, L. (2013): Ideális körülmények a levegő-víz hőszivattyú uszodatechnikai alkalmazása során. Magyar Épületgépészet 62, 7-8 pp. 7-10., 4 p.
- KORZENSZKY, P., GÉCZI, G. (2012): Heat Pump Application in Food Technology. Journal of Microbiology Biotechnology and Food Sciences (1338-5178 1338-5178), 2 2 pp. 493-500
- LARSSON, S., OTTOSSON, F. (2023): Energy System Performance Investigation of Serneke Arena. Master Thesis, Chalmers University of Technology: 13-58.
- LIU, S. (2022): Experimental and Modeling Studies on Developing a Condensing-Frosting Performance Map for a Variable Speed Air Source Heat Pump Unit for Frosting Suppression. Phd. Thesis, The Hong Kong Polytechnic University: 30-160.
- MONTELEONE, W., OCHS, F., BREUSS, S. (2024): Simulation-assisted design of a silent façade integrated R290 mini-split heat pump, Applied Thermal Engineering, Vol. 243. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.122520>
- PATONAI, Z., KICSINY, R., GÉCZI, G. (2022): Multiple linear regression based model for the indoor temperature of mobile containers. Heliyon 8, 12 Paper: e12098.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12098>

PÁGER, SZ., FÖLDI, L., GÉCZI, G. (2023): Comparative temperature and consumption data measurement of model buildings with different thermal time constants. *Thermal Science* (0354-9836 2334-7163): online first Paper 0354-98362300228P. 13 p.
SZÉKELY, L., KICSINY, R., HERMANUCZ, P., GÉCZI, G. (2021): Explicit analytical solution of a differential equation model for solar heating systems. *Solar Energy* (0038-092X 1471-1257): 222 pp 219-229. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.05.007>
ZHU, J., XU, H., LI, Y., ZHAO, J. (2024): A field study of temperature field distribution characteristics of flat steel box girder and its influential environmental factors. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Elsevier, Vol. 251. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2024.105800>

Szerzők

Dr. Hermanucz Péter, PhD

Egyetemi tanársegéd

Épületgépészeti és Energetikai Tanszék, Műszaki Intézet, Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem

hermanucz.peter@uni-mate.hu

Holló Gábor

MSc hallgató

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Létesítménymérnök képzés

A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik: [CC-BY-NC-ND-4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

