



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

HABILITÁCIÓS TÉZISFÜZET

DR. TALAMON ATTILA EGYETEMI DOCENS

ENERGIABIZTONSÁG ÉS
ENERGIAFÜGGETLENSÉG
LOKÁLIS ENERGIATERMELÉSSEL
ÉS ENERGIAHATÉKONYSÁGGAL
MAGYARORSZÁGON A
KLÍMAVÁLTOZÁS TÜKRÉBEN

**BIZTONSÁGTUDOMÁNYI
DOKTORI ISKOLA**

Budapest, 2022 szeptember 14.

Tartalomjegyzék

I.	Bevezetés – a kutatás előzményei.....	4
II.	Új tudományos eredmények.....	9
a.	Magyarország megújuló energia potenciáljának kiaknázása	9
III.	A kutatás és a bemutatott eredmények hatása, visszhangja	31
IV.	Irodalmi hivatkozások listája	32
V.	A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények.....	35
VI.	További tudományos közlemények.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.

I. Bevezetés – a kutatás előzményei

Napjainkban az épületek energiafelhasználási költségeinek sztochasztikus változása, a környezetvédelmi, gazdaságossági, fenntarthatósági, horizontális és vertikális szempontok erősödése (pl: energiaszegénység), a jelentős import energiafüggőség, a komfortelméleti tervezés szempontjainak korábbinál hangsúlyosabb figyelembevétele, valamint egyéb műszaki, energetikai, környezetvédelmi és gazdaságossági szempontok is indokolják az épületenergetikai szabályozás egyre részletesebb kidolgozását, folyamatos frissítését.

Az Európai Parlament és a Tanács épületek energiahatékonyságáról szóló 2010/31/EU Irányelvének a magyar jogrendbe történő bevezetése a 1246/2013 (IV.30) Korm. határozat alapján történt. A 2010/31/EU Irányelv új követelményei „paradigmaváltást” jelentenek nemcsak az energetikai tervezés és méretezés, hanem az egész építőipar, a környezetvédelem, fenntarthatóság és az

épületben lévő komfort szempontjából is. A rendelet alapvetően az új épületek építését szabályozza, de ebbe a körbe tartoznak a jogszabályban meghatározott „jelentős mértékű” felújítások is, valamint szigorúan betartandó határidőket, mérföldköveket is szab az új előírások bevezetésére:

„... a tagállamoknak biztosítaniuk kell, hogy:

- a) 2020. december 31.-ig valamennyi új épület közel nulla energia-igényű épület legyen, (2024. június 30. dátumig meghosszabbították a határidőt.)
- b) 2018. december 31. után a hatóságok által használt, vagy tulajdonukban lévő új épületek közel nulla energiaigényű épületek legyenek...”
(Az Irányelv utal arra, hogy a 2007. márciusi Európai Tanács jóváhagyta a megújuló forrásból származó energia 20%-os részarányára vonatkozó 2020-ig elérendő kötelező célt.)

A „közel nulla energiaigényű épület” fogalma az irányelv alapján: **„...igen magas energiahatékonysággal rendelkező épület. A felhasznált közel nulla vagy nagyon**

*alacsony mennyiségű energiának **igen jelentős részben megújuló forrásokból kellene származnia**, beleértve a helyszínen vagy a közelben előállított megújuló forrásokból származó energiát is.”*

A hazai jogszabály implementáció szerint:

*„**A közel nulla energiaigényű épület:** az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló kormányrendelet szerinti költségoptimalizált szinten megvalósult vagy annál energiahatékonyabb épület, amelyben a primerenergiában kifejezett éves energiaigény **legalább 25%-át olyan megújuló energiaforrásból biztosítják**, amely az épületben keletkezik, az ingatlanról származik vagy a közelben előállított.”*

[A belügyminiszter 20/2014. (III. 7.) BM rendelete az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet módosításáról]

Az épületek természetesen többféle módon megvalósíthatóak, kivitelezhetőek, de döntően fontos, hogy az energiahatékonyág fenti kritériumán túl az

irányelv alkotói nagy hangsúlyt fektettek további olyan igen fontos szempontokra is, mint a környezetvédelem, a fenntarthatóság, az EU által előírt számítási módszeren alapuló költségoptimalizált szint elérése, az épületek környezeti terhelésének (CO₂ kibocsátásának) minimalizálása és a lehető legkellemesebb komfortérzetet biztosítása. Külföldi és magyarországi tapasztalatok is azt igazolják, hogy a kitűzött célok megvalósíthatóak, a helyi erőforrások felhasználásával.

Az épületek energiahatékonyságáról szóló 2002/91/EK irányelv hazai implementációja több hazai rendeleten keresztül történt. A direktívának megfelelően hazánkban három rendelet, és ezek módosításai jelentek meg, amelyek az irányelv bevezetését tették kötelezővé.

1. 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet: Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról (majd azt módosító 40/2012. (VIII. 13.) BM rendelet, és a 20/2014. (III.7.) BM rendelet)
2. 176/2008 (VI.30.) Kormányrendelet: Az épületek energetikai tanúsításáról
3. 264/2008 (XI. 6.) Kormányrendelet: A hőtermelő

berendezések és légkondicionáló rendszerek energetikai felülvizsgálatáról

A legfontosabb ezek közül az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet, mely a hármas (illetve négyes) szintű követelményrendszeren kívül tartalmazza az épületek értékelésére vonatkozó számítási módszert is.

Ugyanez a számítási módszer az alapja az épületek energiatanúsításának is, melynek jogi kereteit az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet szabályozza.

Mindezek alapján jól látható a téma aktualitása. Az épületek energiafelhasználásával és fenntarthatóságával kapcsolatosan megjelent számos Európai Unió, magyar stratégia és cselekvési terv. Ezek **folyamatos energiahatékonyság és megújuló energiahasznosítás növekedést**, folyamatos energiafelhasználás és emisszió csökkenést prognosztizálnak és várnak el minden tagállamtól.

II. Új tudományos eredmények

Magyarország megújuló energia potenciáljának kiaknázása

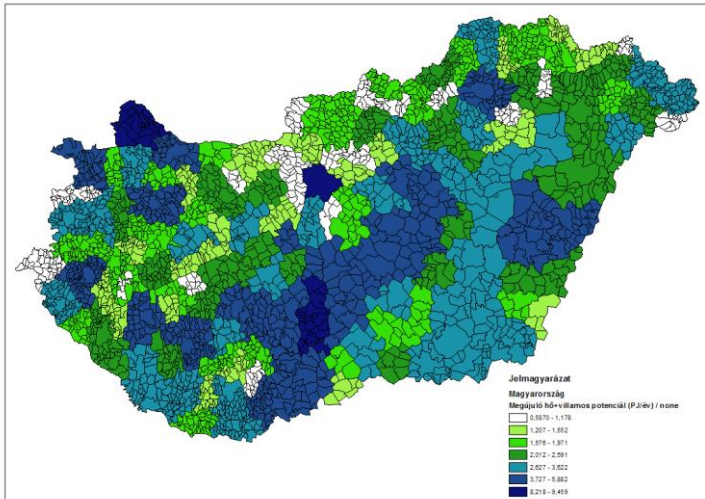
Kutatásaim során részt vettem az Magyarország Nemzeti Energiahatékonysági Cselekvési Terv időszakos revíziójában, illetve egy olyan, országos „energiatérkép” létrehozásában, mely alapot nyújtott a 2014-2020-as programozási időszak forrásfelhasználás-tervezési, és végrehajtási munkáihoz: magába foglalta a területi energiaadatok elemi szintjeinek összegzését valamennyi rendelkezésre álló statisztikai adatbázis adatainak felhasználásával, valamint a tervezési alapadatok összeállítását szektorális bontásban, térinformatikai módszerek alkalmazásával. A kutatás kezdetén rendelkezésre álló megújuló energetikai alapadatbázisok nem voltak felhasználhatóak területi adatközlésre, az elérhető alkalmazások pedig nem rendelkeztek a felelős döntéshozáshoz szükséges információk tartalommal. Ezt a problémát kellett a kutatás során megoldani.

A kutatás két feladat köré szerveződött: egyrészt ki kellett dolgozni egy olyan módszertant, mely képes az országos

szinten rendelkezésre álló megújuló energia potenciálok regionális (kistérségi, járási) szintű szétosztására, másrészt ezen potenciálértékek pontosítására, melyhez a korábban hivatkozott megújuló energia cselekvési terv revízió szolgáltatta az alapot. A munka során öt energiaforrást (nap-, szél-, vízenergia, biomassza, geotermia) vizsgáltunk. A módszertan kidolgozásakor fontos szempont volt, hogy elsősorban publikusan hozzáférhető, megfelelő gyakorisággal frissített és plauzibilis adatok felhasználásával könnyen reprodukálható vagy megismételhető legyen a számítás. Ezen adatok egy része éghajlati atlaszokból származott, míg más (főleg a biomasszához kapcsolódó) KSH és EUROSTAT statisztikákra vagy hasonló hazai adatbázisokra támaszkodott. A különböző potenciál definíciók közül elméleti, technológiai és gazdasági potenciálokat egyaránt vizsgáltunk, a végső elemzésekbe azonban csak utóbbiakat vontuk be, hiszen ezek voltak tekinthetők a legjobb indikátornak egy olyan rövid-középtávú tervezési folyamat során, mint a már említett 2014-2020-as időszak forrástervezése volt. A kistérségi energiapotenenciálok megfelelő értelmezésének támogatása érdekében

összefoglaló kimutatást készítettünk az egyes kistérségek legfontosabb statisztikai mutatóiról, illetve az energiafelhasználás főbb jellemzőiről. Ezen adatok (főleg a hőenergia kapcsán) felső korlátot jelenthetnek a gazdaságosan hasznosítható energiaforrások mennyiségét illetően. Tipikus példa erre a távhőellátás, ahol a tüzelőanyag megválasztása biztosít valamekkora rugalmasságot, ugyanakkor a szolgáltatásba bevont lakások száma csak lassan változhat.

Az eredmények szemléltetésére kistérségenként összesítettük a megújuló energiára alapozott hő- illetve villamosenergia-termelés lehetőségeit (1. ábra), mely ábra értékei kapcsán természetesen szem előtt kell tartanunk, hogy a hő- és villamos potenciál ilyen jellegű összegzése inkább elméleti, mint gyakorlati megalapozottságú, hiszen sok esetben egymással versenyző technológiákról beszélünk, amelyek azonos nyersanyagokra tartanak igényt.



1. ábra A megújuló energiaforrások gazdasági potenciáljának kistérségi eloszlása (a színezés tartománya 0,587 és 9,459 PJ/év közötti, a sötétebb területek magasabb potenciálokat mutatnak)

I. tézis: Komplex energetikai módszertant dolgoztam ki az országos szinten rendelkezésre álló technológiai- és gazdasági energiapotenciálok regionális szintű felosztására. A döntően szabadon hozzáférhető, plauzibilis adatbázisok felhasználására építő eljárás nap-, szél- és vízenergia, biomassza valamint geotermikus források lokális hő- és villamosenergia-hasznosítását támogatja.

A kutatás eredményei közvetlenül hasznosultak a KEOP 7.9.0/12-2013-0017 azonosítószámú „Energia térkép (E-térkép)” projektben, illetve hozzájárultak több, a Fóti Lovasterápiás Központ területén létrehozott megújuló bázisú Élhető Jövő Park tevékenységéhez kapcsolódó kutatás-fejlesztési feladathoz.

A tézishoz kapcsolódó kiemelt publikációk: [S1] [S2]

2.2 Lokális napenergia-hasznosítás maximálása

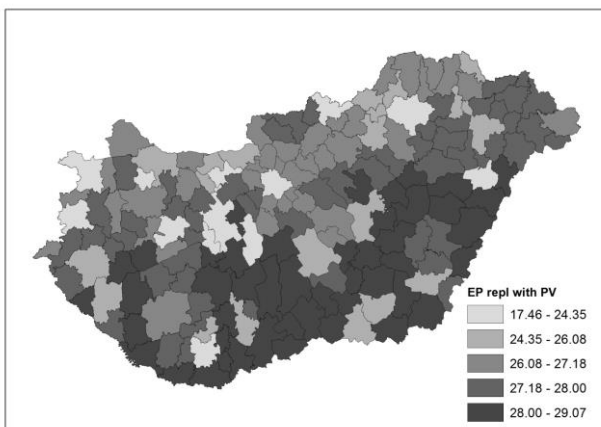
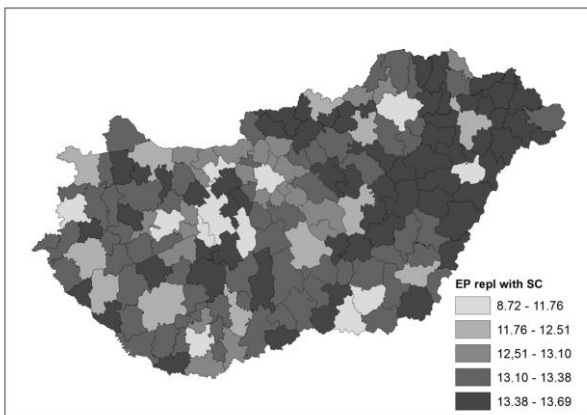
Magyarországon évente mindössze az épületállomány 1-2%-a cserélődik le, így az országos hatású energiahatékonysági programok kiemelt fontosságúak, illetve a meglévő épületek korszerűsítése támogatandó tevékenység. A 2010-es években érvényben lévő szabályozások szerint az épületek primerenergia-szükségleteinek kiváltásakor mind hő-, mind villamos energia figyelembe vehető volt, azonban ezek helyettesítési tényezője eltérő. Míg hőenergia esetén 1:1 arányú kiváltásról beszélhettünk, addig villamos energia esetén a helyben előállított energia 2,5:1 arányban számíthatott. Ezen arányok miatt kézenfekvő döntésnek

tűnt a napelemek minél elterjedtebb telepítése, azonban az épületállomány sajátosságait sem hagyhattuk figyelmen kívül.

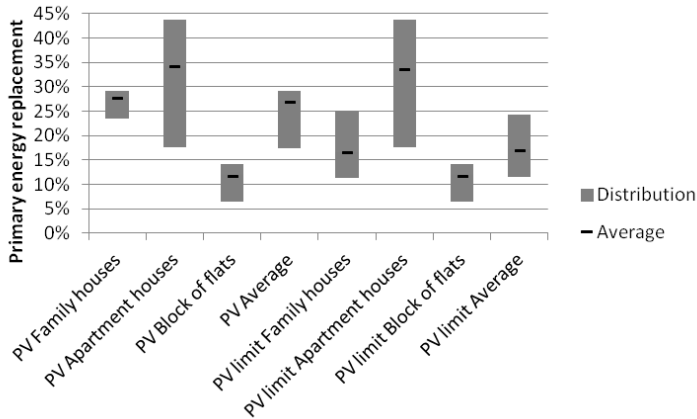
Kutatásaink célja a magyarországi viszonyok között lehetséges maximális napenergia-hasznosítás útjának meghatározása volt, fotovillamos és kollektoros hasznosítás révén. A kutatási módszertant két fő adatbázisra építettük: ezek az EPBD direktívára alapozott Nemzeti Épületenergetikai Stratégiához használt épülettípológiák, illetve a járási szintű napenergia-potenciál értékek, melyhez bemeneti adatként korábbi munkáink (lásd 2.1 pont) eredményeit használtuk. A fotovillamos illetve kollektoros hasznosítás közötti döntés támogatására a KSH-tól rendelkezésre álló adatokat is felhasználtunk, míg a folyamat fő bemenetét a maximálisan hasznosítható primer energia mennyisége, a háztartások melegvíz- és villamosenergia-igénye, illetve a havi becsült termelés nagysága adta. A két energiafajta közötti fontos különbség, hogy míg villamos energiát fizikai szempontból korlátlanul vissza tudunk táplálni a hálózatba, addig a helyben termelt hőenergiát minden esetben hasznosítanunk kell, vagy a túltermelés

következtében veszteségek keletkeznek. Ennek következtében a tényleges kiváltási tényezőt hőenergia-hasznosítás esetén alapjaiban határozta meg az épület típusa és az ott élők energiafelhasználása, míg villamosenergia-termelésnél a kihasználási óraszám játszott nagyobb szerepet.

A kutatás eredményeként regionális térképeket készítettünk (2. ábra), melyeken bemutattuk a helyettesítési tényezőket tisztán napkollektoros illetve tisztán napelemes telepítések esetén. Mindkét technológiáról elmondható, hogy a legalacsonyabb értékeket a nagyvárosi, urbanizált környezetben tapasztalhattuk, ugyanis itt a legmagasabb az alacsony fajlagos tetőfelülettel rendelkező tömb- és társasházak aránya. Nagy szórás mutatkozott ugyanakkor minden esetben az egyes épülettípusok között, erre a 3. ábra mutat egy példát napelemek esetére.



2. ábra A napkollektorok (balra) és napelemek (jobbra) primerenergia kiváltási tényezőjének regionális eloszlása



3. ábra A napelemek primerenergia kiváltási tényezőjének eloszlása épülettípusok szerint

II. tézis: Komplex energetikai módszertant dolgoztam ki a napenergia fotovillamos illetve kollektoros hasznosításának primerenergia-kiváltás szempontú összehasonlítására. A módszertannak új elemét képezi a három korábbi felosztás felülvizsgálatával elkészített egységesített épülettípológia, melynek részét képezik az épülettípushoz tartozó jellemző villamosenergia-igények, illetve a használati melegvíz mennyisége, és az épülettípus tetőfelülete alapján meghatározott maximális szoláris nyereség.

Szolár primerenergia hozam alapú döntéstámogató rendszert dolgoztam ki napelemek és napkollektorok energetikai, környezetvédelmi, gazdaságossági összehasonlító elemzéséhez. Mely eredményeket GIS módszerekkel térképesen vizualizálok.

Döntéstámogató módszertant dolgoztam ki épületek szolár energia potenciál alapú értékelésére. A metodológia kétparaméteres és a műszakilag elérhető legnagyobb primerenergia hozam alapú döntéstámogató rendszerként funkcionál.

A kutatás eredményei hasznosíthatók a helyi primerenergia-kiváltási potenciálok meghatározására. Mivel a módszertan beállításként kezeli a napelemek által termelt többlet villamosenergia hálózatba való visszatáplálását, így az eljárás jól alkalmazható megújuló energia támogatási rendszerek kidolgozására és a napelemekhez jelenleg még kapcsolódó szaldó elszámolási rendszer eredményességének értékelésére. A kialakított épülettípológia kapcsán további, elsősorban épületenergetikai fókuszú kutatási kérdések kerültek megfogalmazásra.

A tézishoz kapcsolódó kiemelt publikáció: [S3, S4]

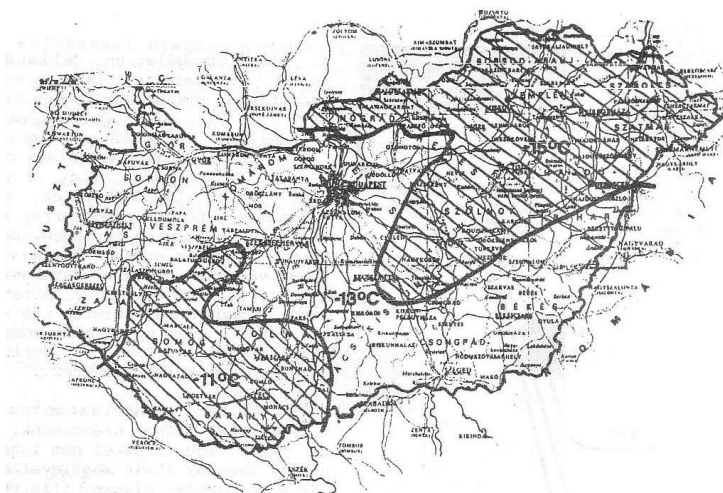
2.3 Méretezési hőmérséklet vizsgálata

„Az energiahatékonyság és megújuló energia hasznosítás területeit nem lehet egymástól elhatárolni és egymástól függetlenül kezelni az épületenergetikában. Az energiahatékony és megújulós megoldásokat úgy kell egy adott épület esetében kombinálni, hogy azok egymással összhangban, egymást kiegészítve, a lehető legnagyobb hatást (fosszilis energiahordozók kiváltása és CO₂ kibocsátás csökkentése) eredményezzék... Ezen túlmenően egyes megújuló energiaforrás típusok alkalmazása elválaszthatatlanul összekapcsolódik az épületenergetikával.”

[Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési terve - a 2020-ig terjedő megújuló energiahordozó felhasználás alakulásáról (2010)][5]

Magyarországon az épületek fűtési hőszükségletének számításáról szóló szabvány (MSZ 24140:2015) szabályozza a fűtési berendezések méretezési hőmérsékletét, azaz azt a külső levegő hőmérsékletet, amellyel a helyiség és a környezete közötti

hőmérsékletfüggő energiaáramok méretezési értéke állandósult viszonyok feltételezésével számítandó. Hazánk területe ez alapján három régióra osztható. Az ország délnyugati részén $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$, az északkeleti részén $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, míg az ország többi területén $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ a méretezési hőmérséklet.



4. ábra Méretezési külső hőmérséklet meghatározási régióként [8]

Az éghajlati adatsorok az OMSZ 1901-2020 évszázad hőmérséklet adatbázisán alapulnak. A matematikai statisztika eszközeivel történt feldolgozás metodológiája előtt nagyon fontos megemlíteni, hogy az adathalmaz milyen állomásokon lett mérve. Tekintettel a széles

időtávra, és a városi hősziget (UHI) jelenségére illetve annak esetleges hiányára.

OMSZ 1901-2020 évszázad hőmérséklet adatsorainak energetikai célú vizsgálata

Egy adott épület fűtésének energiamérlege több tétel algebrai szuperpozicionálásával határozható meg. A transzmissziós hőveszteség a hőátbocsátással az épülethatároló szerkezetein át távozó energiaáramok összege [9].

A épületenergetikában az energiafelhasználás meghatározására került bevezetésre a hőfokhíd fogalma. A definíció értelmében valamely τ_0 időtartamú fűtési időszak hőfokhídját az alábbi integrállal értelmezzük [10]:

$$G_{\tau_0} = \int_0^{\tau_0} [t_i - t_e(\tau)] d\tau$$

ahol:

t_i	a belső hőmérséklet (fűtés esetén)	[°C]
$t_e(\tau)$	a külső levegő hőmérséklete	[°C]
τ	a fűtési napok száma.	[nap]

Ha $t_e(\tau)$ függvényt akár matematikai formában, akár grafikonalakjában elő tudjuk állítani, az integrál értékét meg tudjuk határozni. Gyakori eset az, hogy $t_e(\tau)$ függvény helyett az időszak egyes napjainak közepes hőmérséklete áll rendelkezésre. Ekkor az integrálértékét jól megközelíthetjük az alábbi összefüggéssel:

$$G_{z_0} = \sum_{z=1}^{z_0} (t_i - \overline{t_{ez}}) \cdot \Delta z$$

ahol:

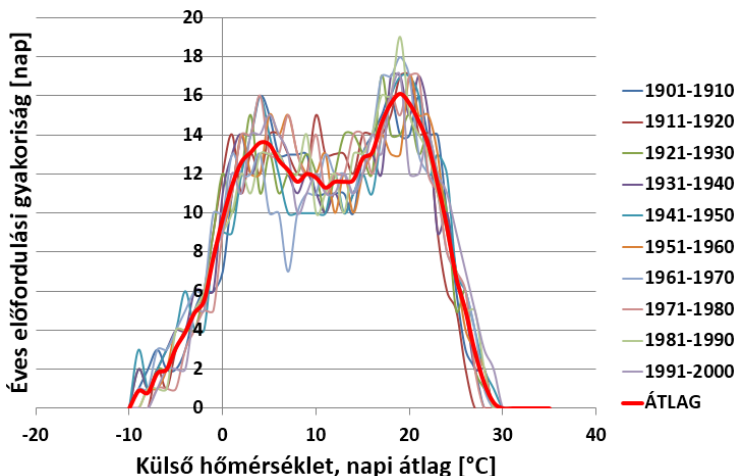
Δz	azon időköz (fűtési napok száma), amelyre vonatkozóan a közepes hőmérséklet rendelkezésre áll.	[nap]
t_i	a belső hőmérséklet (fűtés)	[°C]
t_{ez}	a fűtési napok külső hőmérsékletének középértéke, melyet átlagos külső hőfoknak is hív a szakirodalom.	[°C]

Fűtési nap alatt olyan napot értünk, melynek átlaghőmérséklete kisebb vagy egyenlő a fűtési

határhőfokkal. A fűtési határhőmérséklet, pedig az a napi átlagos hőfok, amely mellett a fűtőberendezés üzembe helyezése a tapasztalat szerint szükségesnek bizonyul [10, 11].

A hőfokhidat adott időszakokra vonatkoztatva megkülönböztetünk téli, havi, heti hőfokhídnak nevezzük. A hőfokhíd minden időperiódusban az időjárási viszonyok szerint változó érték, azonban több esztendő számtani átlagának hőfokhídja az adott helyiség vagy régió klímájára rendkívül jellemző paraméter. [11]

A hőfokhíd a hőfokgyakoriság alapján is megállapítható. A hőfokgyakoriság alatt azt a számot értejük, amely az évenként előforduló azonos átlagos hőfokú napok számát fejezi ki. (5. ábra)



5. ábra Budapest éves napi átlag hőmérsékleteinek hőfoksűrűség függvénye az OMSZ 1901-2000 évszázad hőmérséklet adatsorainak figyelembevételével [Észak-, Nyugat-, Dél-, Kelet-Magyarország a függelék vonatkozó 10.6 fejezetében] [Talamon Attila, 2012]

Ha a hőfokgyakoriságot az évi napok számának függvényében ábrázoljuk, akkor kapjuk a hőfokgyakoriság görbét (5. ábra). Az évi fűtési napok számát megadó ordináta, a belső hőmérséklet vonala és a hőfokgyakoriság görbéje által bezárt terület adja a hőfokhíd értékét [10, 11]

Jelen vizsgálatok célja az elmúlt 119 év kültéri napi középhőmérsékletének vizsgálata a külső méretezési hőmérsékletek szempontjából. Ehhez mindhárom régióból

kiválasztottunk egy-egy várost, ahol az OMSz állomási adatsora rendelkezésre áll (Pécs, Budapest, Debrecen).

Az épületenergetikai számításoknál (pl.: fűtési igény), a külső és belső hőmérsékletek is meghatározók. Az épületek belső tereit télen 20 °C-ra fűtik. Továbbiakban a teljes évre vonatkozó percentilisekhez tartozó hőmérséklet értékeket és az előbb említett belső és méretezési hőmérsékleteket vizsgáljuk évtizedes bontásban a kiválasztott három városra. Három percentilis értéket vizsgáltunk: a 0,01; a 0,05 és a 0,10 előfordulási gyakoriságokhoz tartozó percentiliseket. Az elemzés során tehát meghatároztuk azokat a hőmérsékleteket, melyeknél alacsonyabb értékek csak a teljes év 1%-ában, 5%-ában vagy 10%-ában fordulnak elő, majd ezeket átlagoltuk minden évtizedre. A három kiválasztott percentilisére vonatkozóan meghatároztuk a fűtési rendszerek túlméretezését, azaz hogy a tervezett belső és külső méretezési hőmérséklet különbsége hány százaléka a tervezett belső és tényleges külső hőmérséklet különbségének. A túlméretezés az alábbi képlettel írható le:

$$\frac{T_{\text{belső:fűtési}} - T_{\text{külső:méretezési}}}{T_{\text{belső:fűtési}} - T_{\text{tényleges}}} \times 100 [\%], \text{ ahol}$$

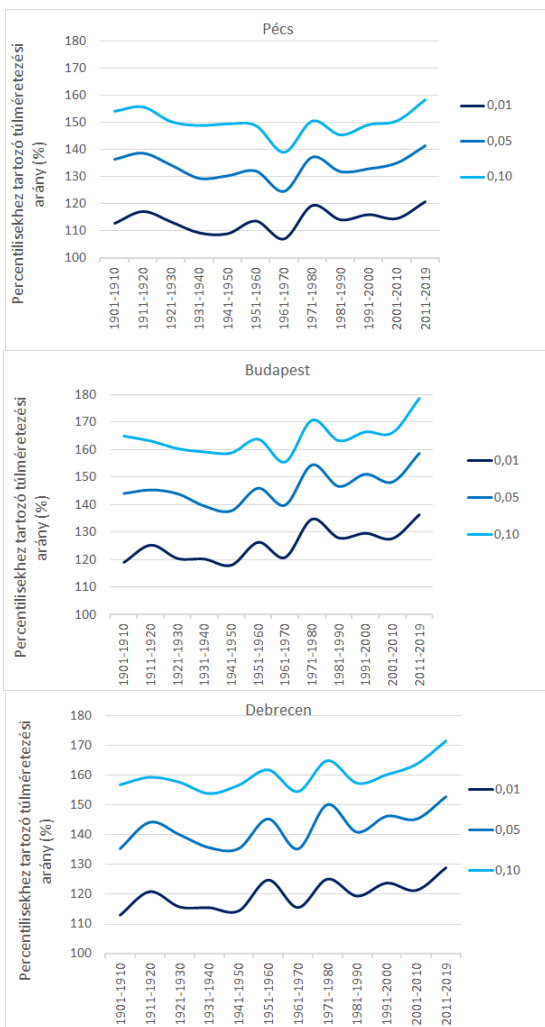
$T_{\text{belső: fűtési}}$: a beállítandó beltéri hőmérséklet a téli időszakban (= 20 °C),

$T_{\text{külső: méretezési}}$: a fűtési rendszerre vonatkozó külső méretezési hőmérséklet,

régióra jellemző (11 °C, 13 °C vagy 15 °C)

$T_{\text{tényleges}}$: az adott percentilishez tartozó évtizedes átlagos hőmérséklet [°C]

A 6. ábrán a három kiválasztott percentilis értékhez tartozó túlméretezési arányok láthatók Pécsre, Budapestre és Debrecenre. A globális felmelegedés hatására a legmagasabb túlméretezési arány mindhárom városban az utolsó évtizedben (2011-2019) figyelhető meg, a városok közül pedig Budapesten a legmagasabb a túlméretezési arány. A 10. percentilis esetén szinte a teljes időszakban 150% körüli a túlméretezés, a maximális érték pedig közel 180%, míg az 1. percentilis esetén is 118%-os a túlméretezés



6. ábra A fűtési rendszerek túlméretezési aránya a három kiválasztott percentilis értékre (1., 5. és 10. percentilisek) Pécsre, Budapestre és Debrecenre, 1901-2019 között

III. tézis:

Meghatároztam az elmúlt 119 évben előforduló leghidegebb napokat vizsgálva külső méretezési hőmérsékletekhez képesti energetikai túlméretezi értékeket három magyarországi nagyvárosra vonatkozóan. A különböző régiókba tartozó nagyvárosok esetében jól látható, hogy jelenleg jelentős az energetikai túlméretezés, azaz a nem fordulnak elő olyan alacsony hőmérsékletek, melyekre az energetikai hőellátó berendezéseket tervezik. Ezen tervezési irányelvek szemléletváltására szükség van. A régi szabványos módszerek nem alkalmasak nulla energiaigényű épületek, fokozottan energiahatékony épületek tervezésére. A klimatikus változásokat le kell követnie a tervezési irányelvek változásának is.

A jelenleg érvényben lévő hőszükséglet számítási MSZ-04-140/3-1987 metodológia képezi alapján a fűtési rendszer méretezési hőteljesítményének meghatározásakor. Ezek alapján három makro régió határozható meg az országban, északkelet, középső és

délnyugati. Ezek méretezési külső hőmérséklet értékei rendre -15, -13, -11°C.

- Ezen szabvány alapjainak lefektetésekor a 99%-os biztonságú külső hőmérséklet előfordulási valószínűség biztosítása volt irányadó.
- Az ezzel a módszerrel megtervezett fűtési rendszer hőtermelői az év 99%-ban részteljesítményen (részkihasználtsággal) működtek, amely a hagyományos és az új konstrukcióval rendelkező moduláris, kondenzációs kazánoknál is hatásfokcsökkenést eredményez.
- Alacsonyabb beépített kazánteljesítmény alacsonyabb beruházási költséget és jobb kihasználtságot, hatásfokot, hatékonyabb, fenntarthatóbb üzemet eredményez.
- A fűtési rendszerek evolúciójának köszönhetően előtérbe kerültek az alacsony hőmérsékletű (felület) komfortfűtések, melyek szintén mérsékeltebb kazánteljesítmény igényelnek, a klasszikus radiátoros fűtésekkel szemben.

- Amennyiben az épület nehéz szerkezetű (fűtött alapterületre vetített hőtároló tömege $m > 400 \text{ kg/m}^2$), úgy a külső időállandója (külső felület, külső hőátadási tényező) nagyságrendileg 5-6 nap. Ugyanez könnyű szerkezetű épületnél 3-4 nap. Tehát amennyiben nehéz szerkezetű az épület, a belső hőtároló képességének köszönhetően, nagyságrendileg 5 napos holtidő szükséges az előnytelen diszkomfort környezet kialakulásához. Ilyen mértékű, egymás utáni napokon fennálló szélsőérték napi átlaghőmérséklet periódus, azaz a 95%-os konfidencia intervallumon kívüli előfordulási valószínűség zérusnak tekinthető. (A teljesség kedvéért: Az épület belső időállandója a komforttér felfűtésére leginkább jellemző érték. A belső falfelületek, és a hozzájuk tartozó hőátadási tényezők függvénye. Nagyságrendje néhány óra, ami gyakorlatilag a felfűtési idővel egyenértékű.)

A tézishoz kapcsolódó kiemelt publikáció: [S5, S6, S7]

III. A kutatás és a bemutatott eredmények hatása, visszhangja

Az első tézishez kapcsolódó kutatás eredményei közvetlenül hasznosultak a KEOP 7.9.0/12-2013-0017 azonosítószámú „Energia térkép (E-térkép)” projektben, illetve hozzájárultak több, a Fóti Lovasterápiás Központ területén létrehozott megújuló bázisú Élhető Jövő Park tevékenységéhez kapcsolódó kutatás-fejlesztési feladathoz.

A második tézishez kapcsolódó kutatás eredményei hasznosíthatók a helyi primerenergia-kiváltási potenciálok meghatározására. Mivel a módszertan beállításként kezeli a napelemek által termelt többlet villamosenergia hálózatba való visszatáplálását, így az eljárás jól alkalmazható megújuló energia támogatási rendszerek kidolgozására és a napelemekhez jelenleg még kapcsolódó szaldó elszámolási rendszer eredményességének értékelésére. A kialakított épülettípológia kapcsán további, elsősorban épületenergetikai fókuszú kutatási kérdések kerültek megfogalmazásra.

A harmadik tézishez kapcsolódó kutatás eredményei hasznosíthatók további doktori kutatásokban. Ezen tervezési irányelvek szemléletváltására szükség van. A régi szabványos módszerek nem alkalmasak nulla energiaigényű épületek, fokozottan energiahatékony épületek tervezésére. A klimatikus változásokat le kell követnie a tervezési irányelvek változásának is.

Az Eötvös Loránd Tudományegyetemmel együttműködve, mint témavezetői vezetésem alatt több PhD kiírás és folyamat indult el a téma további pontos elemzésére és tovább gondolására (3 doktorandusz, 2 védés előtt).

IV. Irodalmi hivatkozások listája

[1] European Parliament and the Council: Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, 23 April 2009

[2] Hungarian Ministry of National Development: Hungary's Renewable Energy Utilisation Action Plan on

trends in the use of renewable energy sources until 2020,
2011

[3] European Commission: Report from the Commission to the European Parliament, the Council the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Renewable Energy Progress Report, 27 March 2013

[4] European Commission: Report from the Commission to the European Parliament, the Council the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Renewable Energy Progress Report, 15 June 2013

[5] Hungarian Energy Office and PYLON Ltd: Background study for the National Renewable Energy Utilisation Action Plan, vol. A, 2010 (In Hungarian: Nemzeti Megújulóenergia-hasznosítási Cselekvési Terv, Háttér tanulmány, A kötet)

[6] Hungarian Energy Office and PYLON Ltd.: Background study for the National Renewable Energy Utilisation Action Plan, vol. B, 2010 (In Hungarian: Nemzeti Megújulóenergia-hasznosítási Cselekvési Terv, Háttér tanulmány, B kötet)

- [7] Hungarian Energy Office and PYLON Ltd.: Background study for the National Renewable Energy Utilisation Action Plan, vol. C, 2010 (In Hungarian: Nemzeti Megújulóenergia-hasznosítási Cselekvési Terv, Háttér tanulmány, C kötet)
- [8] MSZ-04-140/3-87, Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai, 1984
- [9] Kalmár Ferenc, Központi fűtési rendszerek illesztése felújított épületek megváltozott energetikai igényeihez, Műszaki füzetek I., Debrecen, 2005
- [10] Kassai Miklós, Klímaközpontok energiafelhasználásának elemzése valószínűségelméleti alapon, Doktori értekezés, Budapest, 2011
- [11] Macskásy Árpád: Központi Fűtés I., Tankönyvkiadó, Budapest, 164-169. o., 1971
- [12] Dian, Cs., Talamon, A., Pongrácz, R., Bartholy, J., 2020b. A klímaváltozás hatása az épületenergetikát meghatározó kültéri hőmérsékletekre. Egyetemi Meteorológiai Füzetek, szerk: Róbert Mészáros, No. 33.:32–39. Budapest: ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A. <https://doi.org/10.31852/emf.33.2020.032.039>.

V. A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények

[S1] B. Hartmann, **A. Talamon**, V. Sugár, Renewable Energy Potentials in the Administrative Regions of Hungary, Strategic Planning for Energy and the Environment, 37, pp. 33-57 (2017)

[S2] B. Hartmann, E. Borcsok, V.O. Groma, J. Osán, **A. Talamon**, Sz. Török, M. Alföldy-Boruss, Multi-criteria revision of the Hungarian Renewable Energy Utilization Action Plan - Review of the aspect of economy, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 80, pp. 1187-1200, (2017)

[S3] **A. Talamon**, B. Hartmann, Optimal utilization of solar energy resources in Hungary, In: B. Azzopardi (szerk.) Sustainable Development in Energy Systems, Cham, Svájc: Springer International Publishing (2017) 231 p, pp. 167-191

[S4] B. Hartmann, I. Táci, **A. Talamon**, I. Vokony, Island mode operation in intelligent microgrid –

Extensive analysis of a case study, *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 31, Paper: e12950 (2021)

[S5] Dian Csenge, Pongracz Rita, Incze Dora, Bartholy Judit, Talamon Attila: Analysis of the Urban Heat Island Intensity Based on air Temperature Measurements in a Renovated Part of Budapest (Hungary), *GEOGRAPHICA PANNONICA* 23: (4) pp. 277-288.

[S6] Dian, Cs., Talamon, A., Pongrácz, R., Bartholy, J. (2021): Analysis of heating and cooling periods in Budapest using station data. *Időjárás*, 125(3) pp. 431–448. DOI: 10.28974/idojaras.2021.3.4

[S7] Dian, Cs., Talamon, A., Pongrácz, R., Bartholy, J., 2020b. A klímaváltozás hatása az épületenergetikát meghatározó kültéri hőmérsékletekre. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek*, szerk: Róbert Mészáros, No. 33.:32–39. Budapest: ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A. <https://doi.org/10.31852/emf.33.2020.032.039>.