

Társasházak szoláris ráségítésű hőellátó rendszereinek hatékonysági vizsgálata

Oliver Arnold¹, Oliver Mercker¹, Jan Steinweg¹ és Gunter Rockendorf¹

¹ Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH), Am Ohrberg 1, 31860 Emmerthal (Németország)

Előszó

Két fő megközelítés létezik a lakóépületek energiával kapcsolatos kibocsátásának csökkentésére. Egyfelől az épület határolószervezeteinek szigetelése, másfelől a hőellátó rendszer korszerűsítése. Gyakran előfordul, hogy a lakások szigetelése a vártnál alacsonyabb energia-megtakarítást eredményez (Greller és munkatársai, 2010), ami magának a hőelosztó rendszernek a hőveszteségeire vezethető vissza. Ezért nagyobb figyelmet kell fordítanunk a hőellátó rendszerek korszerűsítésére, amivel jelentősen csökkenthető egy épület teljes energiaigénye (Jahnke és munkatársai, 2015). Cikkünkben az utóbbi megközelítést követjük, a – Németország ingatlanpiacának jelentős részét képviselő – társasházak hőellátó és hőelosztó rendszereire koncentrálna. A tanulmányban összehasonlítunk különböző társasházi rendszerek primer energiaigényét, energiahatékonyságát és gazdasági vonatkozásait. Vizsgáljuk a hőelosztási veszteségeket és elemezzük azok hatását a rendszer hatékonyságára. A vizsgálatok alapján a tanulmány kiemeli azon szoláris hőellátó rendszerek hatékony integrációjának lehetőségeit, amelyekkel növelhető a teljes hőellátó rendszer hatékonysága.

Kulcsszavak: Társasházak, hőellátás, hőelosztás, hőelosztási veszteségek, energiahatékonyság

1. Bevezetés

A szigetelt lakások mért energiaszükséglete gyakran meghaladja az elméletileg várt értéket, ahogy arra Majcen és munkatársai (2013) is rávilágítottak. Ennek egyik oka a lakók által okozott, úgy nevezett „bumerángthatás”, amely például a magasabb szobahőmérsékletet vagy légcserét jelenti. Ezt igen nehéz lemodellezni. A modell és a mérés között megfigyelhető eltérés másik, gyakorlati oka gyakran vezethető vissza a hőelosztó rendszer hőveszteségére. A hőelosztási veszteségek egy része helyettesíti a helyiségfűtő elemek normál üzemét, így beszámítható a hőigénybe. Mindazonáltal, ha egy helyiségben egy adott időben nincs fűtési igény, akkor az elosztási veszteség túlfűtéshez vezet, ami növeli az épület transzmissziós és filtrációs veszteségét. Ilyen esetekben csekély mértékben hasznosíthatók a hőveszteségek. Ez a hatás érvényesül a jól szigetelt épületekben is. A cikk ezeket a helyzeteket szimulációs tanulmányok segítségével vizsgálja.

Létre hoztuk egy társasház részletes modelljét a TRNSYS program használatával, hogy megfelelő modellezési környezetet kapjunk. Az alapul szolgáló épületmodell Németországi társasházakra jellemző szerkezetekből és berendezésekből épül fel. A modell lehetővé teszi a hőmérsékletek, tömegáramok és energiamérlegek dinamikus vizsgálatát, bele értve az egyes helyiségek és a teljes épület hőelosztási veszteségeinek hatását. Így részletesen vizsgálhatjuk a hőveszteségeket és azok potenciális hozzájárulását a fűtési igényhez. Tulajdonképpen ilyen vizsgálatokat kizárólag szimulációra lehet alapozni, mivel ismételhető és elemezhető valós adatok meghatározása lehetetlen a paraméterek hatalmas száma, a lakók viselkedése, az épület és az időjárás dinamikus változása, és hőáramok miatt.

Az épület hőigényének modellezése különböző rendszerek vizsgálatán alapul, amelyeket cikkünkben összehasonlítunk és osztályozunk. A vizsgálatot a Németországban legszélesebb körben elterjedt fűtési rendszerrel kezdjük. Ez alapján különböző megközelítések segítségével csökkentjük az egyes hőelosztási veszteségeket, az alkalmazhatóságuk javítása és – ezáltal – a rendszer energiaszükségletének csökkentése érdekében.

Végül javaslatot teszünk szoláris hőellátó rendszer alkalmazására, hogy a hatékonyság oldaláról megközelítve növeljük az épület energiahatékonyságát. Részletezzük a szoláris hőtermelő rendszer megfelelő kialakítását az épület és a rendszer vizsgálatával kapcsolatosan, valamint kitérünk a gazdaságossági szempontokra is.

2. Szimulációs környezet, épület- és meteorológiai modell

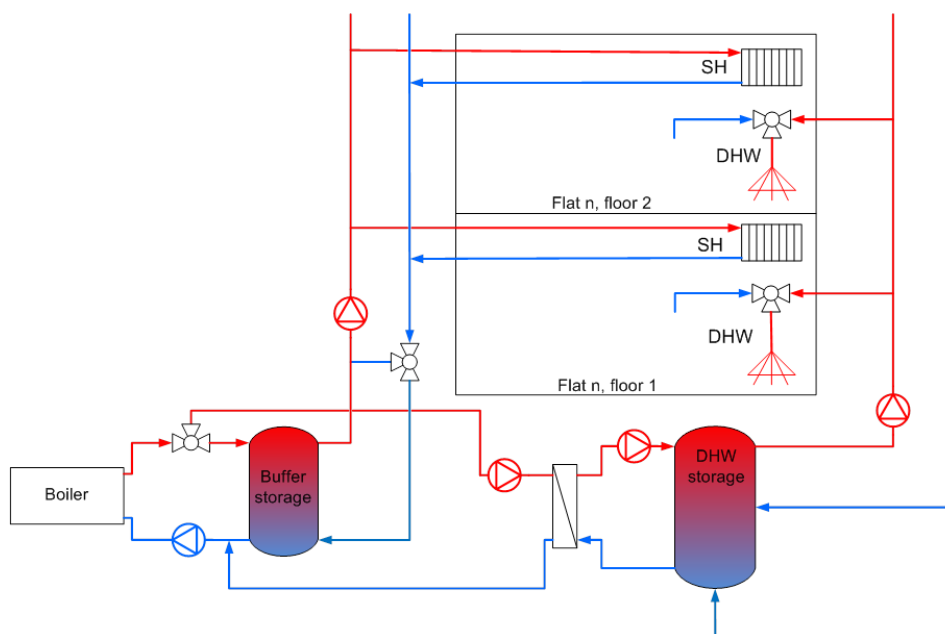
A szimulációkat a TRNSYS 17 modelling suite dinamikus rendszerszimulációs programmal végezzük. Az időbeli felbontást egy perces szimulációs lépésre állítottuk be, a jellemző szimulációs időtartam pedig egy év. Az épület hőelosztó rendszerét részletesen modelleztük, hogy pontosan szimuláljuk a hőelosztás és különösen a hőveszteségek dinamikus viselkedését. Ez több mint száz (604 típusú) csőszakaszt jelent az épület hőelosztó rendszerének megfelelő térbeli felbontásához. Mindegyikben dinamikusan számíthatóak a hőveszteségek a lokális hőmérsékleti és áramlási körülmények között.

A vizsgált társasházat a TRNBUILD modul segítségével építettük fel. A modell a német társasházak terveinek statisztikai adatain alapul. A modell négy szintből, egy fűtetlen pincéből és lépcsőházból, valamint nyolc lakásból áll. Minden lakás öt helyiséget és egy folyosót tartalmaz. A modell lakásonként két benntartózkodó lakót feltételez. Az épület minden helyiség külön fűtési zónát képvisel, amelyek termikus kölcsönhatásban vannak a szomszédos helyiségekkel (zónákkal) a falakon, padlón/födemen és a csőátvezetéseken keresztül. Összességében az épületmodell 52 fűtési zónából áll. Az épület határolószerkezetét a vonatkozó német EnEV jogszabály (2014) által előírt minimális mértékű szigeteléssel láttuk el. A helyiségek belső hőmérsékletének alapértéke 20 °C. Az éghajlati modell alapjául a Zürichre (Svájc) vonatkozó Meteororm adatok szolgálnak, amelyek bizonyítottan reprezentálják az átlagos közép-európai éghajlati viszonyokat (lásd Streicher és munkatársai, 2003). A modellépület teljes adódó fűtési hőigénye 35 kWh/(m² a), a teljes hőigény pedig 56 kWh/(m² a). Ebbe beletartozik a használati melegvíz készítésének Mercker és munkatársai (2016a) által meghatározott terhelési profilja is .

3. Vizsgált rendszerek

Négycsöves hálózat (4L)

Az 1. ábrán is látható központi hőtermelésű, négycsöves hőellátó hálózatok igen elterjedtek a német társasházakban (lásd Wolff és munkatársai, 2012). A fűtésre és használati melegvíz készítésére (HMV) szolgáló hő két külön csőpáron kerül elosztásra. A HMV egy központi tartályban van tárolva, legalább 60 °C hőmérsékleten, higiéniai okokból. A vizsgált hőtermelő rendszer kondenzációs gázkazán.

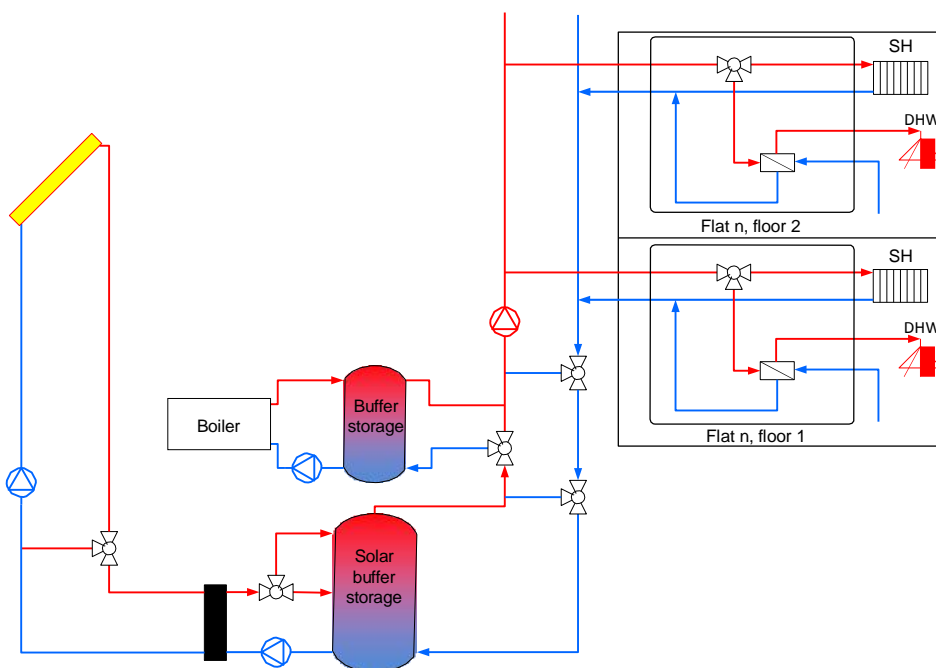


1. ábra: Négycsöves hálózat központi hőtermelővel

SH	fűtés
DHV	HMV
Flat n, floor 2	n. lakás, 2. szint
Flat n, floor 1	n. lakás, 1. szint
Boiler	Kazán
Buffer storage	Puffertartály
DHV storage	HMV tartály

Kétsőves hálózat (2L)

A másik kialakítás egy kétsőves hálózat, a 2. ábrán látható módon. Egyetlen csőpárból épül fel, amely fűtővizet tartalmaz mind a HMV, mind a fűtés számára. A HMV-t a minden egyes lakásban felszerelt decentralizált hőcserélő egységek készítik igény szerint. Ennek megfelelően az osztócsövekben lévő közeghőmérséklet lecsökkenhet 60 °C alá. A hőelosztó hálózatnak ki kell elégítenie a 45 °C-os csapolási hőmérsékletet jelentő komfortkritériumot. Ennek biztonságos eléréséhez 50 °C-os előremenő hőmérsékletet állítottunk be a szimulációban. A 2L hálózat előnyösebb a 4L hálózattal szemben az alacsonyabb előremenő hőmérséklet, a központi HMV tartály elhagyása és a rövidebb csővezési hossz miatt. A szoláris hőtermelő technológia egyszerűbb integrációja további általános előnyt jelent a 2L hálózatok esetében. Optimalizált 2L rendszerváltozat (2L-opt) esetében tovább csökkenthető a csőhálózat közeghőmérséklete, az egyes lakások lokális hőcserélő moduljaiba beépített elektromos utófűtőknek köszönhetően. Az utófűtők biztosítják a kívánt csapolási hőmérsékletet. A HMV hőcserélő után helyezkednek el (lásd 2. ábra).



2. ábra: Kétsőves hálózat központi hőtermelővel és integrált szoláris hőtermelő rendszerrel

SH	fűtés
DHV	HMV
Flat n, floor 2	n. lakás, 2. szint
Flat n, floor 1	n. lakás, 1. szint
Boiler	Kazán
Buffer storage	Puffertartály
DHV storage	HMV tartály
Solar buffer storage	Szoláris puffertartály

Kétsőves hálózat decentralizált tárolókkal

A rendszer kialakítása megegyezik a hagyományos 2L rendszerekével, de a HMV készítés decentralizált puffertartályokkal történik. Ilyen puffert feltételezünk minden egyes lakásban. A HMV előállítás igény szerint történik (csapoláskor), a közeli háztartási melegvíz modulokkal, amelyek az erre szolgáló pufferekből veszik az energiát.

Kétsőves hálózat decentralizált kazánokkal

Egy másik megközelítése az elosztáshoz kapcsolódó veszteségek csökkentésének a fosszilis tüzelőanyaggal működő hőtermelők decentralizálása. Jelen modellben ezt az egyes lakásokba beépített, decentralizált gázkazánokkal valósítottuk meg. A kazánok alacsony teljesítménye miatt, (az előző rendszerrel megegyező) decentralizált HMV tartályokra van szükség a HMV komfort biztosításához. Ebben az esetben a hőközpontból egyedül a szoláris hő kerül elosztásra a lakások között.

Kétsőves hálózat decentralizált hőszivattyúkkal

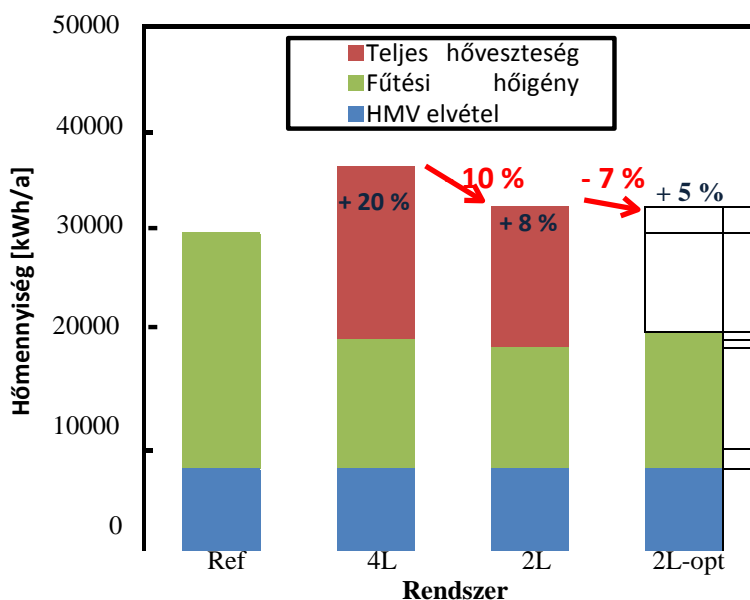
Másik tervezési megközelítés a hő előállítására decentralizált hőszivattyúk telepítése az egyes lakásokba. A hőszivattyúk kicsi, lokális puffertartályokat táplálnak meg. Az előző két kialakítási modellhez képest a fűtővizet tartalmazó, helyi tartályok biztosítják a hőt a fűtés és a HMV számára is. Az utóbbiak HMV modulokon keresztül. A kialakítási modell azt feltételezi, hogy hőszivattyúk együttesen geotermikus szondákon keresztül kerülnek megtáplálásra. Ezért az alacsony hőmérsékletű geotermikus hőt központi pufferben tároljuk be, ahonnan megtápláljuk a lakások egyedi hőszivattyúit. Alternatív kialakítás, hogy a központi hőellátás megtámogatható szoláris hőtermelő rendszerrel. Ebben az esetben a központi tartályban kerül tárolásra a szoláris hő.

4. Eredmények

Az eredményeket három különböző részre osztva ismertetjük: Először a hőelosztó hálózat optimalizálása szempontjából, másodsor a szoláris hő hasznosítása szempontjából, harmadszor pedig az alternatív ellátási nyomvonalak szempontjából.

A hőelosztó hálózat optimalizálása (2L-opt)

A hőelosztó hálózat optimalizálása a hagyományos négycsővesről kétsőves rendszerre való átalakítást jelenti a hagyományos központi gázkazán hőtermelő megtartásával. A 3. ábrán látható az elrendezés megváltoztatásának hatása az épület teljes hőigényére a négy kialakítás esetében: (1) idealizált referenciarendszer hőelosztási veszteségek nélkül; (2) a fent részletezett négycsőves (3) és kétsőves rendszerek; (4) optimalizált kétsőves rendszer („2L-opt” a 3. ábrán). Az utóbbi elektromos utófűtőket feltételez az egyes lakások lokális hőközpontjaiban, aminek köszönhetően 50 °C-ról 40 °C-ra csökkenthető a csövekben áramló közeg hőmérséklete a hőelosztási veszteségek további csökkentésére a HMV komfort megtartása mellett.

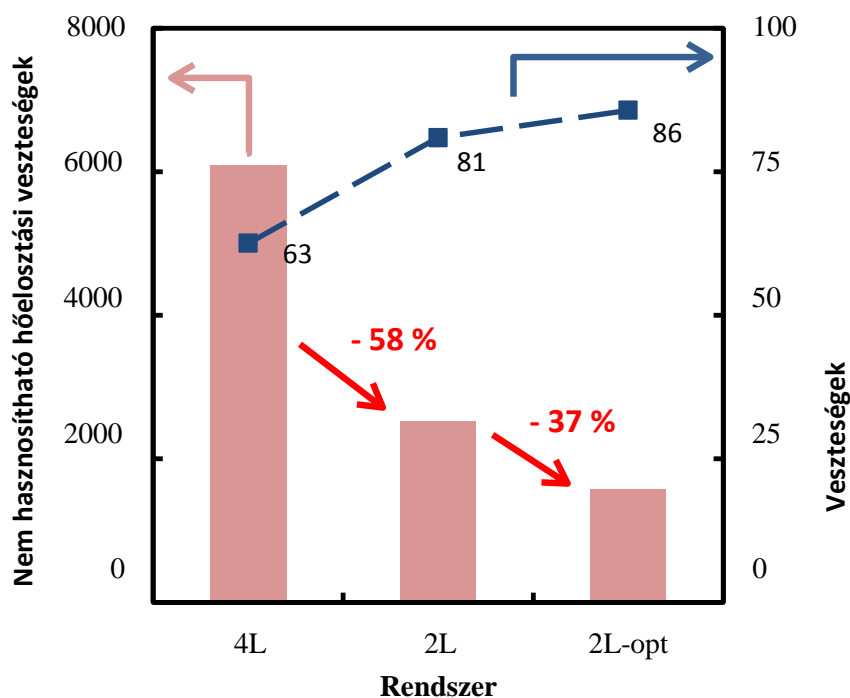


3. ábra: A hőelosztó csőhálózat optimalizálásának hatása az épület hőigényére

A hagyományos 4L rendszernek 20%-kal magasabb a hőigénye, mint az idealizált, veszteségmentes referenciarendszernek, ami megmutatja az ellátó rendszerben adott komfortszinten rejlő optimalizálási potenciált. Az elrendezés átalakítása 4L-ről alapvető 2L rendszerre 10 %-kal csökkenti a teljes hőigényt hagyományos kialakítással, de az igény még mindig 8 %-kal meghaladja az idealizált referenciarendszerét. Az optimalizált 2L rendszer további 7 %-os csökkentést tesz lehetővé, ami 5 %-kal haladja meg az ideális rendszer igényét. Más szóval a modellépület csökkentési potenciáljának 75 %-a már a hőelosztó hálózat átalakításával elérhető, a teljes hőtermelő rendszer fejlett decentralizációja nélkül (leszámítva az elektromos HMV utófűtőket). A csökkenés a hőleadó felületek minimalizálásának (4L helyett 2L) és a csőhálózat alacsonyabb hőmérsékletének (4L-ből 2L, majd 2L-opt) köszönhető. A részletek a 4. ábrán láthatók: A hasznosíthatatlan hőelosztási veszteségek jelentősen csökkentek a leírt átalakításnak köszönhetően, így nőtt az elosztás hatékonysága. Ez a hatékonyság a hőveszteségek hasznosíthatóságával jellemezhető, amely a rendszer hasznosítható hőveszteségének és a teljes hőveszteségnek a hányadosa.

$$f_N = \frac{Q_{loss,use}}{Q_{loss,total}} \quad (1. \text{ egyenlet})$$

A csővezetékrendszerek „hasznosítható” hővesztése az a hőmennyiség, amely a fűtést segítő módon adódik át az épületnek. A „nem hasznosítható” hővesztések a méretezésinél magasabb helyiség-hőmérsékleteket okoznak, ezért végül a környezet veszi fel őket. Ahogy az a 4. ábrán is látható, a hővesztések hasznosíthatósága 63 %-ról 86 %-ra növelhető a 4L rendszerről 2L-opt rendszerre való átalakítással.



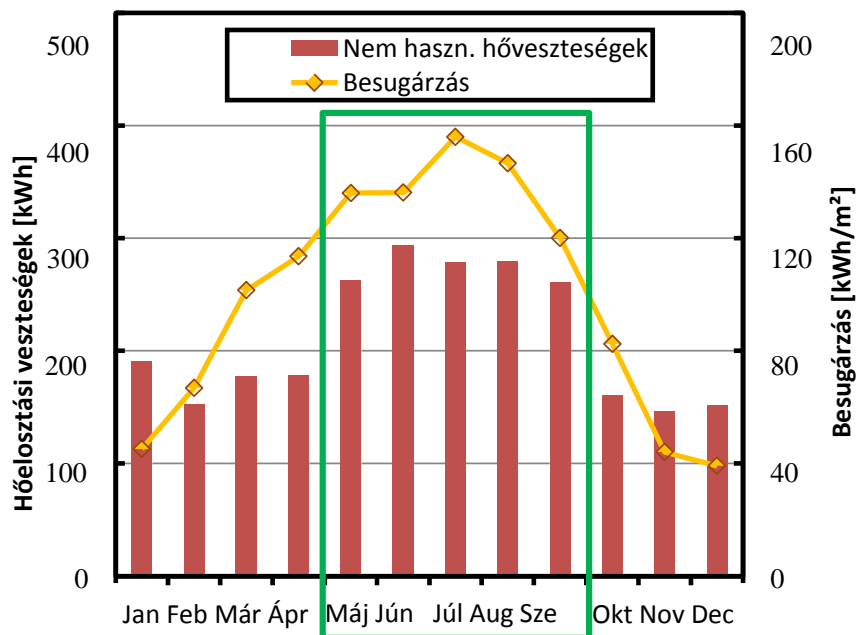
4. ábra: A hőelosztó csőhálózat optimalizálásának hatása a hővesztések hasznosíthatóságára

A hőigény csökkentési potenciálját jellemző, fennmaradó, nem használható hőelosztási veszteségek mértéke 1582 kWh, vagyis a teljes energiaigény 5 %-a a 3. ábra szerint. Ezek az eredmények erősen feltételezik, hogy minden lakónak megegyeznek a fűtési szokásai (egyetlen zónahőmérséklet: 20 °C minden helyiségben). Megjegyzendő, hogy a különböző (többzónás) helyiség-hőmérsékleti alapjellel végzett szimulációk alacsonyabb hasznosíthatósági arányokat mutattak, lásd Mercker és munkatársai (2016b & 2016c). Nem homogén eloszlással fűtött épületekben várhatóan magasabbak (akár meg is duplázódhatnak) a hőelosztási veszteségek, a hasznosíthatóságuk pedig alacsonyabb (akár 50 % alatti) – Mindezek ellenére ebben a tanulmányban megtartjuk a homogén helyiség-hőmérsékleti alapjeleket az egyszerűség (az egyéni életvitel becslése igen nehéz) és az összehasonlíthatóság kedvéért. Ezért a bemutatott eredmények a várható eloszlás alsó végét mutatják.

Szoláris hő hasznosítása

Szoláris hőtermelő rendszer integrációja egyrészt csökkenti a fosszilis energiaszükségletet, másrészt jelentősen csökkenti a fosszilis energiahordozók által fedezett hőelosztási veszteségeket. Az 5. ábrán látható, hogy a nyári hónapokban mennyire hasonló a napsugárzás és a nem hasznosítható hőelosztási veszteségek lefutása. Ez a hasonlóság kihasználható a hőellátó rendszerek energiahatékonyságának növelésére.

A nem hasznosítható hővesztések tetőzésének az az oka a nyári hónapokban, hogy ebben az időszakban nincs fűtési hőigény, amelyre hasznosulnának a hővesztések, miközben a HMV készítésének vannak hőelosztási igényei. Ez azt jelenti, hogy az összes nem hasznosítható hővesztés 54 %-a májustól szeptemberig jelentkezik. Mivel a szoláris rendszer termelésének maximuma ugyanebben az időszakban jelentkezik, a nyári hőigény fedezhető szoláris forrásokból. A modell a nem hasznosítható hőelosztási veszteségekkel kapcsolatos fosszilis energiafogyasztás 54 %-os csökkentését vetíti előre.



5. ábra: Havi szoláris besugárzás és nem hasznosítható hőelosztási veszteségek összehasonlítása

A kollektorfelületet a német VDI 6002-1 irányelvnek (2004) megfelelően határozzuk meg. A mező számolt mérete 5 és 8 m² közé, illetve személyenként 0,3 és 0,5 m² közé adódik. Ezenkívül 16, 24 és 32 m²-es kollektorfelületekre is elvégeztük a szimulációt a nagyobb szoláris rendszerek hatásának vizsgálatához. A szoláris tároló méretét 50 l/m²-ban állapítottuk meg. Az 1. táblázat a különböző mezőméretek és a szoláris nyereség (mint a szoláris tárolóból kinyert energia) közötti kapcsolatot, valamint a teljes hőigény szoláris nyereség általi lefedettségét tartalmazza.

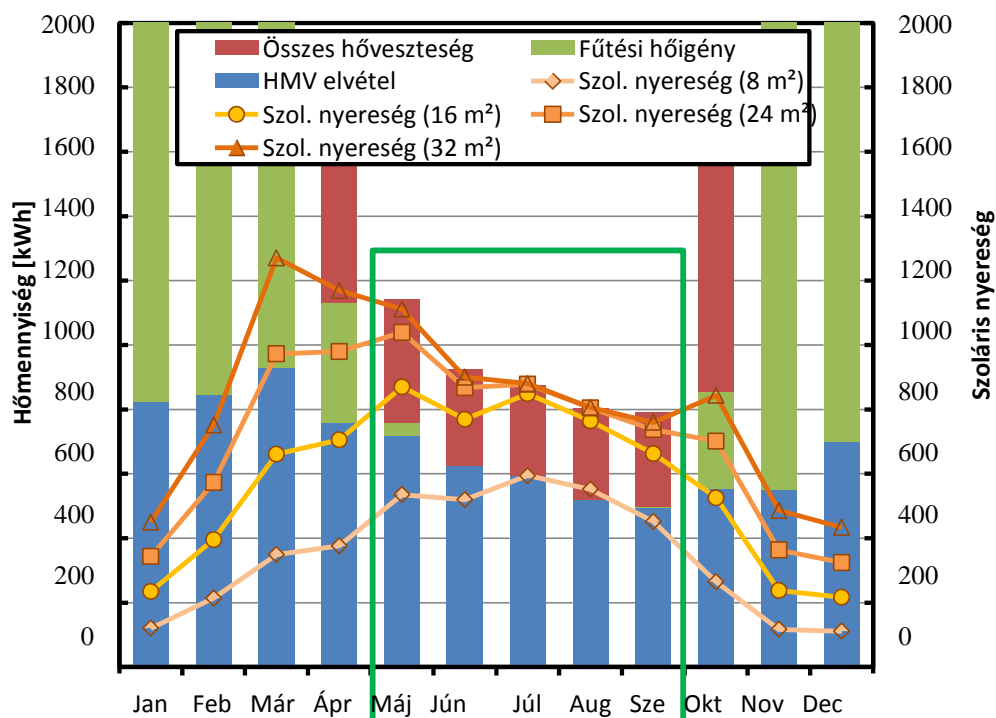
1. táblázat: Különböző méretű szoláris hőtermelő rendszerek összehasonlítása

Kollektorfelület [m ²]	Kollektorfelület [m ² /fő]	Szoláris nyereség	Teljes hőigény szoláris lefedettsége [%]
8	0,5	474	12
16	1,0	411	20
24	1,5	350	26
32	2,0	306	30

Látszik, hogy 32 m²-nyi kollektorfelülettel a teljes hőigény 30 %-os lefedettsége elérhető, 306 kWh/m²-es kollektornyereséggel. Megjegyezzük, hogy a mezőméret legalább négyszer nagyobb, mint az említett VDI 6002-1 irányelv (2004) által ajánlott felület.

A 6. ábrán egy diagramban láthatók a havi hőigények, megkülönböztetve a fűtést, a HMV-t és az elosztási veszteségeket, valamint a havi szoláris nyereségek a négy vizsgált kollektorméret esetében.

Az ábrából arra következtethetünk, hogy májustól szeptemberig a modellépület teljes hőigénye fedezhető egy legalább 32 m² kollektorfelülettel rendelkező szoláris hőtermelő rendszerrel. 16 m²-es rendszerrel is közel 100%-os szoláris lefedettség érhető el júliustól augusztusig. Azonban a VDI 6002-1 (2004) szerint méretezett 8 m²-es rendszer mindössze a HMV igényeket fedezi, a hőelosztási veszteségeket egyáltalán nem.



6. ábra: A havi hőigények és a különböző méretű mezőkkel elért szoláris nyereségek összehasonlítása

Megfelelő méretű szoláris hőtermelő rendszer alkalmazásával a teljes hőigény – a hőelosztási veszteségekkel együtt – fedezhető májustól szeptemberig, és a kazánt ki lehet kapcsolni ebben az időszakban. Ezzel megtakarítható a korábban fosszilis energiahordozókkal fedezett nem hasznosítható hővesztések 54 %-a, valamint a kazán készenléti és alacsony részterhelési határfokából adódó veszteségei a nyári időszakban. Összegezve ez azt jelenti, hogy a csőhálózatnak az épület hőigényére vonatkoztatott fennmaradó optimalizálási potenciálja 5 %-ról (1582 kWh/a a 2L-opt rendszer esetében) tovább csökken 2 %-ra (728 kWh/a).

Az alternatív megközelítéssel, miszerint a 2L rendszerben az egyes lakások lokális hőközpontjaiba elektromos HMV utófűtő kerül beépítésre, a kazán lekapcsolható a nyári hónapokban a HMV komfort csökkenése nélkül (az előző kialakításhoz hasonlóan), és a szoláris hőtermelő rendszer is kisebbre méretezhető. A modell azt vetíti elő, hogy ebben az esetben a kollektorfelület lecsökkenthető 8 m²-re. A szoláris rendszer kisebbre méretezése csökkenti a tavaszi, őszi és téli szoláris nyereséget is, így ez a megközelítés kevesebb fosszilis energiahordozó-megtakarítást eredményez, mint az elektromos utófűtő nélküli kialakítás, viszont nagyobb szoláris nyereséget, mint azt korábban tárgyaltuk. A 2. táblázatból látszik, hogy ha 8-ról 16 m²-re növeljük a napkollektorok felületét, akkor az elektromos igény kétharmadával csökken. 32 m² esetében az elektromos utófűtési igény szinte elhanyagolható. Megjegyezzük, hogy a nyári alacsonyabb csőhálózati hőmérsékletek jelentősen megnövelik a kisebb kollektorfelületek nyereségét.

1. 2: Hőtermelés és a különböző méretű kollektormezők energiaigénye 2L-opt rendszer esetében

Kollektorfelület [m ²]	Szoláris nyereség [kWh/a]	Áramfogyasztás [kWh/a]	Gázfogyasztás [kWh/a]
8	4210	1156	31174
16	6891	399	29671
24	8586	147	28276
32	9869	65	27066

Alternatív rendszerek

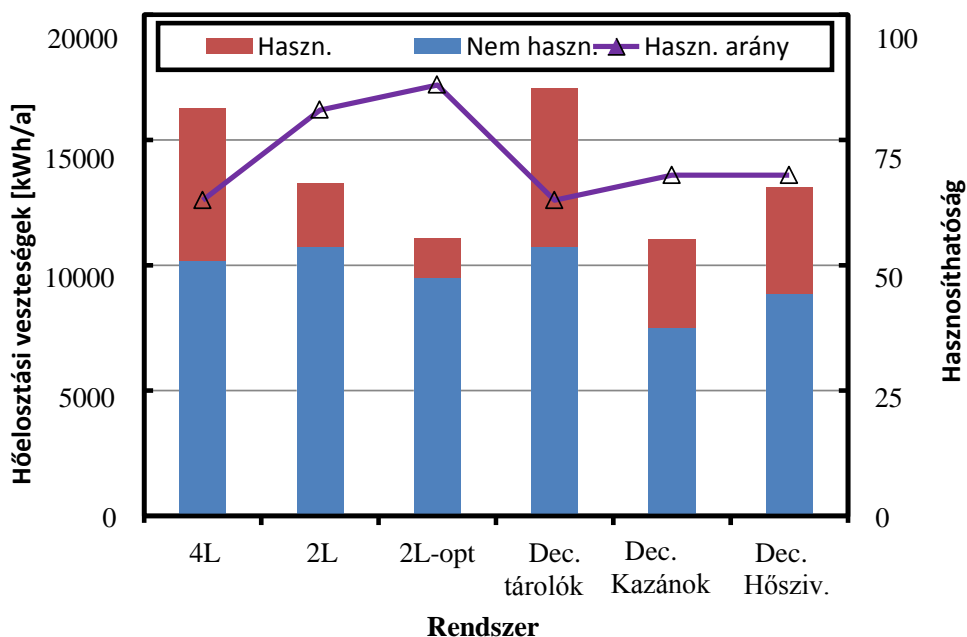
A legutóbb tárgyalt megközelítés, miszerint minimalizáljuk a hőelosztási veszteségek nem hasznosítható részét, teljesen decentralizált hőtermelést feltételez. Ebben a kialakításban viszont decentralizált kazánokat vagy hőszivattyúkat modellezünk az egyes lakásokban, HMV tartályokkal és azok nélkül, lásd 3. rész. A lokális tárolók beépítése lehetővé teszi

az egész épületre kiterjedő hőelosztó hálózat részleges üzemszüneteit, a HMV komfort fenntartása mellett. A modell ezért a központi hőellátás éjszakai (23:00-tól 5:30-ig) leállításával számol. Az eredmények azt mutatják, hogy ezzel elkerülhetők a kapcsolódó hőelosztási veszteségek. Mindazonáltal a decentralizált tárolók megnövekedett hővesztesége ellensúlyozza ezt a hatást. Mindent összevetve a tárolók vesztesége meghaladja a hőelosztó hálózaton megtakarított veszteségeket.

A 7. ábrán a vizsgált rendszerek teljes hőelosztási vesztesége és az azokhoz tartozó hasznosíthatósági arányok láthatók. A diagram alátámasztja, a 4L rendszerről 2L-re való átalakításban és az azt követő rendszeroptimalizációban (3. ábra) rejülő magas veszteségsökkentési potenciált. A vizsgált decentralizált kialakítások közül a decentralizált kazános rendszer összes hővesztesége a legkisebb. Ennek a teljes csökkentési potenciálja összehasonlítható az optimalizált 2L rendszerével, de a 2L-opt kialakítás hasznosíthatósági arányai jelentősen magasabbak: A decentralizált kazános rendszerek hagyományosan szigetelt HMV tartályainak hővesztesége jelentős, azonban csak a fűtési időnyben hasznosítható a lakások fűtésére. A szimulációkból látszik, hogy a nyári időszakban olyan magasak a veszteségek, hogy lerontják az éves hasznosíthatósági arányt a 2L-opt rendszer szintjére alá.

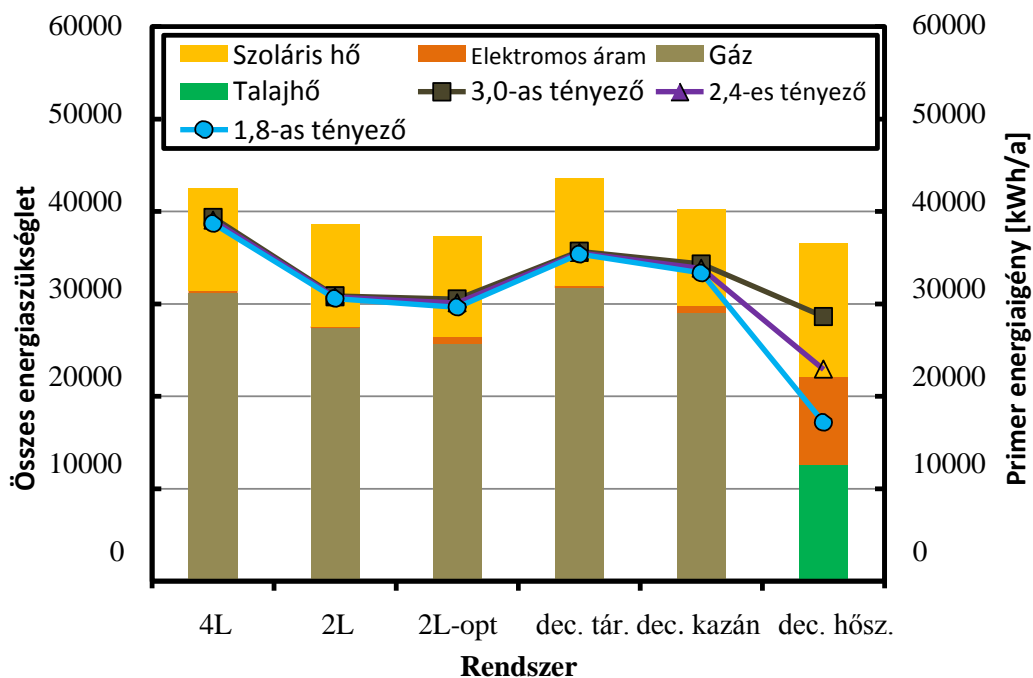
A decentralizált hőszivattyúkat tartalmazó rendszerkialakítás veszteségei még magasabbak, mert a decentralizált kombinált HMV és fűtési puffertartályok vesztesége kétszer akkora, mint a csak HMV-re szolgáló tartályoké. Nagyobb puffertérfogatra van szükség a kis hőszivattyúk működéséhez (2,5 kW-os kondenzátorteljesítménnyel számoltunk).

Összefoglalva a szimulációs tanulmány azt mutatja, hogy kerülni kell a decentralizált tartályokat, mert magas a hőveszteségük, amely azonban csak az év egy részében hasznosítható fűtésre. Azon kialakítások esetében, ahol elhagyhatók a decentralizált tárolók, a decentralizált megoldások is elérhetnek magasabb hatékonyságot a központosított megoldásokkal szemben a hőveszteség-csökkentés szempontjából.



7. ábra: A vizsgált rendszerek hőelosztási veszteségeinek és a hozzájuk tartozó hasznosíthatósági arányoknak az összehasonlítása.

A 8. ábra szemlélteti a vizsgált szoláris rendszerek energiaigényét. Külön a veszteségeket is tartalmazó, teljes (oszlopok) és a primer (görbék) energiaszükségletet. Az utóbbi figyelembe veszi az elektromos rész három különböző primer energiatényezőjét: 3,0 a fosszilis hordozón alapuló elektromos energiáé (EnEV 2002), 2,4 Németország vegyes elektromos energiájáé 2015-ben (EnEV 2014) és 1,8 a várható vegyes tényező 2016-ban (EnEV 2016). Mindegyik esetben 32 m²-es kollektorfelületű szoláris hőtermelő rendszerrel számoltunk.



8. ábra: A különböző rendszerek teljes és primer energiaszükségletének összehasonlítása

A szoláris hőtermelés aránya szinte azonos valamennyi vizsgált rendszermodell esetében, kivéve a decentralizált hőszivattyús kialakítást. Ekkor a szoláris részarány jelentősen (kb. 31 %-kal) magasabb, a többi rendszerhez képest. Ennek a jelenségnek az az oka, hogy a szoláris hő közvetlenül is hasznosítható a hőszivattyú hőforrásaként (a talajszondák és a napkollektorok is ugyanazt a központi tárolót táplálják meg). Igazából a szoláris energia közvetlen felhasználása HMV-re vagy fűtésre még alacsonyabb is, mint a többi kialakítás esetében. A közvetett integráció kihasználja az alacsony hőmérsékletű szoláris hőtermelés előnyeit, így olcsóbb (pl. fedetlen) kollektortípusok alkalmazását teszi lehetővé.

A vizsgált rendszerek összes energiaszükségletét tekintve az optimalizált kétsőves csőhálózat igénye a legalacsonyabb a fosszilis energiahordozós kialakítások közül. A decentralizált tárolós rendszer igénye a legmagasabb a tartályok hővesztesége miatt. A decentralizált kazános változatok energiaigénye csekély mértékben magasabb a 2L rendszerekhez képest. A decentralizált hőszivattyús rendszerek összes energiaszükséglete alacsonyabb, mint az optimalizált kétsőves csőhálózatoké. Ennek oka a hőelosztási veszteségek további csökkenése, mivel a csőhálózat részben alacsonyabb hőmérsékleten üzemel a belső hőmérséklethez képest. Így akár hőfelvétel is előfordulhat, mert a talajszondák átlagosan 7 °C-on biztosítják a hőenergiát.

A vizsgált rendszerek primer energiaigényét összehasonlítva azt kapjuk, hogy a decentralizált hőszivattyúkat alkalmazó kialakítások igénye a legalacsonyabb, mert kihasználja a német elektromos energia vegyes primertényezőjét. Ezt követi az optimalizált 2L kialakítás.

5. Következtetések

A hőelosztási veszteségek jelentős hatással vannak a jól szigetelt társasházak hőigényére, és figyelembe kell venni őket az új építésű házak és a felújítások esetében is. A hőelosztási veszteségek csökkentéséhez elengedhetetlen a csőhosszak minimalizálása és az elosztási hőmérsékletek csökkentése. Mindkettő elérhető kétsőves rendszer alkalmazásával a hagyományos négyesőves hálózat helyett. Elektromos utófűtő beépítésével tovább növelhető a rendszer hatékonysága az áramló közeg hőmérsékletének csökkentésével.

Egy jól megtervezett kétsőves rendszer hatékonyabb a hőelosztási veszteségek szempontjából, valamint az összes és a primer energiaigények szempontjából is, mint a decentralizált kazánokat tartalmazó rendszerek, legalábbis ha azokhoz decentralizált tartályok tartoznak.

A szoláris hőtermelő rendszerek hatalmas előnyt jelentenek, mind a rendszer hatékonyságának növelésében, mind az összes és primer energiaigények tekintetében. Mindazonáltal fontos szerepe van a rendszer megfelelő méretezésének. Az általános német irányelvek által ajánlott mezőméretek igen kicsik. Modelltanulmányunk rávilágított, hogy az ilyen kialakítások nem képesek fedezni az épület hőigényét a hőelosztási veszteségekkel együtt, még júliusban és augusztusban sem. Így energetikai megfontolásból indokolt nagyobbra méretezni a kollektormezőket. Ennek oka, hogy a rendszer nem hasznosítható hővesztései főként a nyári hónapokban jelentkeznek, mert ebben az időszakban kevésbé hasznosíthatók. Egy 2 m²coll/fő nagyságúra méretezett szoláris hőtermelő rendszer képes napenergiával fedezni a hőigényeket májustól szeptemberig, tehát ebben az időszakban kikapcsolható a kazán. Ezáltal az összes nem hasznosítható veszteség 54 % fedezhető napenergiával. Ugyanez a hatás érhető el kisebb méretű szoláris hőtermelő rendszerrel, ha a hőközpontokba elektromos utófűtők kerülnek beépítésre a hiányzó napenergia biztosítására nyáron, a kazán kikapcsolása idején.

A hagyományos négycsöves csőhálózatokhoz képest a megfelelően méretezett szoláris hőtermelővel (2 m²coll/fő) összekapcsolt, optimalizált kétsöves rendszerek nem hasznosítható hőelosztási vesztesége 87 %-kal alacsonyabb, így a további optimalizálásokra fennmaradó potenciál mindössze 2 % a teljes hőigényre vonatkoztatva. Ezzel együtt az épület hőigénye 12 %-kal alacsonyabb. A gázfogyasztás 39 %-kal, a primer energiaigény (elektromos áram esetében 2,4-es tényezővel) pedig 36 %-kal alacsonyabb.

Hőszivattyúk alkalmazásával hőtermelőként jobban hasznosítható a napenergia és a vizsgált rendszerek közül ennek a legalacsonyabb az (összes és primer) energiaigénye. Habár ebben a tanulmányban nem vizsgáltuk, de feltételezhető, hogy minden szempontból egy központi hőszivattyúval és megfelelően méretezett szoláris hőtermeléssel kialakított, optimalizált kétsöves rendszer volna a leghatékonyabb megoldás. Ennek alátámasztására további kutatási munkára van szükség.

6. Köszönetnyilvánítás

Az MFH-re-Net (FKZ 03ET1194A) projektet a Német Szövetségi Gazdasági és Technológiai Minisztérium finanszírozta a Német Szövetségi Parlament döntése alapján. Az ISFH projektpartnerei voltak: *Delta Systemtechnik GmbH*, Celle; *ProKlima, Heimkehr Wohnungsgenossenschaft eG*, és *Gesellschaft für Bauen und Wohnen Hannover mbH (GBH)*, Hannover. A szerzők hálásak az anyagi támogatásért. A cikk tartalmáért a szerzőket terheli a felelősség. Ezenfelül, a szerzők szeretnék kifejezni a Dr. Oliver Kastner mérnök professzor iránti elismerésüket.

7. Referenciák

Greller, M. és munkatársai, 2010. Universelle Energiekennzahlen für Deutschland. Bauphysik 32 (Német nyelvű)

EnEV, 2014. Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV), URL (abgerufen am 30.09.2016): http://www.enev-online.com/enev_2014_volltext/index.htm

Jahnke, K. és munkatársai, 2015. Wirksam sanieren: Chancen für den Klimaschutz. Co2online gemeinnützige GmbH, Berlin (Német nyelvű)

Majcen, D.; Itard, L.; Visscher, H., 2013. Actual and theoretical gas consumption in Dutch dwellings: What causes the difference? (Holland lakóépületek elméleti és valós gázfogyasztása: Miért térnek el?) Energy Policy 61 460-471 (Energiai irányelv)

Mercker, O. és munkatársai, 2016a. Ansätze zur Reduktion konventionell gedeckter Verteilverluste in solar unterstützten Mehrfamilienhäusern. Tagung Gleisdorf SOLAR 2016, Gleisdorf (Német nyelvű)

Mercker, O. és munkatársai, 2016b. Bestimmung, Bewertung und Reduktion von Wärmeverteilverlusten in Mehrfamilienhäusern. Tagung CESBP/BauSIM 2016, Dresden (Német nyelvű)

Mercker, O. és munkatársai, 2016c. Wie sind zentrale Wärmeversorgungssysteme in hochgedämmten Gebäuden zu gestalten? Ausführliches Skript zur OTTI Solarthermie Tagung 2016, Bad Staffelstein (Német nyelvű)

Streicher, W. és munkatársai, 2003 (felülvizsgálva 2007 februárjában): Analysis of System Reports of Task 26 for Sensitivity of Parameters - A Report of IEA SHC - Task 26: Solar Combisystems, Institute of Thermal Engineering, Graz University of Technology, Graz (A paraméterek érzékenységéről szóló Task 26 rendszerjelentések elemzése - IEA SHC jelentés - Task 26:Kombinált szoláris rendszerek, Kalorikus Mérnöki Intézet,Grazi Műszaki Egyetem)

Verein Deutscher Ingenieure, 2004. VDI 6002 Blatt 1 – Solar heating for domestic water. General principles, system technology and use in residential buildings. Düsseldorf (Használati víz melegítése szoláris rendszerrel. Alapelvek, rendszertechnológia és lakóépületekben való alkalmazás)

Wolff, D. és munkatársai, 2012: Einfluss der Verteilungsverluste bei der energetischen Modernisierung von Mehr- familienhäusern – Analyse und Ableitung von Optimierungsmaßnahmen. Projekt im Auftrag des proKlima enercity-Fonds, Hannover/Braunschweig/Wolfenbüttel

