

# HŐSZIVATTYÚK ÉS A MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK ÉPÜLETGÉPÉSZETI ALKALMAZÁSA\*

**Komlós Ferenc**

okl. épületgépész-mérnök, vezető-főtanácsos

Munkahely: Belügyminisztérium Településüzemeltetési Iroda

Lakcím: 2330 Dunaharaszti, Klapka u. 41/1. Telefon: 06 30 496 3912,

e-mail: [komlofs@pr.hu](mailto:komlofs@pr.hu)

## **Absztrakt**

*A hőszivattyú napjaink leghatékonyabb műszaki eszköze annak, hogy energiát takarítsunk meg, és a szén-dioxid-kibocsátást csökkentsük. Természetesen az országos energiamérlegünk javítása és a városi (települési) légszennyezés csökkentése miatt is szükséges az épületek energiafogyasztásának mérsékelése.*

*Napjaink – és a jövő – technikájával kapcsolatban azt is fontos jelezni, hogy nemcsak a hőforrás, hanem a hőszivattyú működtetése illetve a bevezetett energia is származhat megújuló (kifogyhatatlanul rendelkezésre álló) energiahordozótól. Országunk adottságai, nevezetesen napenergia-, termálenergia-készletei és a széles értelemben vett biomassza-potenciálja, valamint magas színvonalú szellemi tőkéje kedvez a megújuló energiával kapcsolatos technológiáknak, ezek nemzeti kincseink, kulcsai a tisztább környezetnek.*

## **1. BEVEZETŐ**

Mottó:

„Csak egy szikrát csiholjunk. Ha elég gyúlékony az anyag, akkor majd tüzet fog.”

(Anatole FRANCE)

A hőszivattyú a megújuló energiát hasznosítani tudó eszközök egyike. Az 1850-es években William Thomson (Lord Kelvin, 1824-1907) alkotta meg az első hőszivattyú szerkezetét. 1938-ban, Zürichben létesítették az első tartósan hőszivattyúval üzemeltetett épület fűtését (a zürichi városháza fűtőberendezése), amelynek hőforrása a Limmat folyó vize. Dr. Heller László (1907-1980) világhírű, iskolateremtő professzorunk, akadémikusunk 1948-ban megszerzett doktori címét a hőszivattyú témájával összefüggő munkája alapján kapta [1].

Az energiaválság a fejlett országokban kikényszerítette az energiatakarékosságot biztosító hőszivattyú alkalmazását és ezáltal elsősorban az emberközpontú, kis hőmérsékletű, melegvízüzemű központi fűtéseket. Nevezetesen az ún. felületfűtéseket: a nagy felületű radiátoros fűtést (a radiátor hőfoklépcsői: 55/45 °C, majd 40/30 °C, a korábbi 90/70 °C, és 75/60 °C helyett), valamint a padló-, a fal- és a mennyezetfűtést, továbbá az épületszerkezet temperálást. Az 1980-as évektől kezdve a hőszivattyúkkal szemben támasztott követelményeket és vizsgálatokat már

nemzeti és nemzetközi szabványokban is rögzítették (jelenleg hatályos 20 db nemzeti: MSZ és MSZ EN,- illetve 6 db nemzetközi: ISO-jelzetű szabvány). Napenergiából, földhőből (geotermikus energiából) ésszerű eszközökkel általában 35–50 °C-os víz kinyerhető, de a felhasznált energia jelentős részét ilyen hőmérsékletű fűtési igényhez hasznosítjuk.

Energetikai szempontból kedvező, hogy a hőszivattyúk alkalmazhatók nyilvános fürdőhelyeken, épületek fűtésére, hűtésére, szellőzésére, használati melegvíz előállítására, távfűtésre és távhűtésre is [2]. Az Európai Unió részéről támogatást élvező energiatermelésnél, a decentralizált villamosenergia és hőenergia egyidejű termelésénél (Combined Heat and Power: CHP) a hőszivattyú előnyösen felhasználható. A decentralizált energiatermelésnek és a megújuló energia felhasználásának szélesebb körű alkalmazása indokolt. Különösen hazánkban, a kistérségek kívánatos erősödése és a hosszútávon biztosított vidéki munkahelyteremtés, vagyis az ott élő emberek érdekében, azok javára. Adott területen, térségben bármelyik megújuló energiaforrás, amely ott rendelkezésre áll, az hasznosítható. Ezt nyilván helyileg kell elbírálni az ott lévő körülmények figyelembevételével. Ezért energia-, környezetvédelmi- és közgazdasági szabályozásunknak és a támogatásoknak a fenti célokat kell szolgálni.

A hőszivattyú a következő energetikai feladatot végzi: az alacsony hőmérsékletű környezetből (levegőből, vízből vagy földből) hőt von el, és azt egy nagyobb hőmérsékleten teszi felhasználhatóvá, pl. egy épületben. Így mondhatjuk: a környezetből a hőt – külső energia befektetése árán – „szivattyúzza” a hasznosítható hőmérsékletre. Mindenütt van alkalmas környezeti hőforrás, amelyet csak hőszivattyúval lehet energetikailag kedvezően hasznosítani, ráadásul a hőhordozóját sem kell megvásárolni.

A hőszivattyú napjaink leghatékonyabb műszaki eszköze annak, hogy energiát takarítsunk meg, és a szén-dioxid-kibocsátást csökkentsük. Az energiahatékonyságot javító, megújuló energiaforrásokat hasznosító eszközök közül a hőszivattyúkra országunk szakmai köreiből is fokozott figyelem hárul [3–8]. Különös tekintettel az Európai Parlament és Tanács 2002/91/EK (2002. XII. 16.) irányelvére, amely az épületek energiafelhasználásával foglalkozik [9]. Természetesen az országos energiamérlegünk javítása és a városi (települési) légszennyezés csökkentése miatt is szükséges az épületek energiafogyasztásának mérsékelése. Az irányelv több, kiemelt jelentőségű feladat (pl. az épületek energetikai auditálása, tanúsítvánnyal, és nem „energiapasszussal”, való ellátása – a honosítás határideje: 2006. január 4.) mellett rögzíti a hőszivattyú fogalmi meghatározását és a hőszivattyús rendszerek létesítési feltételeinek vizsgálatát meglévő és új épületek esetén, ezáltal szélesíti a hőszivattyús rendszerek terjedését.

Az elmúlt évszázadban az energiaárak országunkban alacsonyak voltak, és nem tükrözték az energia valós értékét, így az energia hatékony felhasználására nem ösztönözték a beruházókat. A dráguló energia viszont megemeli a megtakarítás értékét, és megrövidíti a beruházások megtérülési idejét. De az árak emelése önmagában nem oldja meg ezt a problémakört. Maholnap a beruházási költség és az éves üzemköltség mérlegelésénél a környezetterhelés szempontjának is meghatározónak kell lennie a gazdaságossági számításnál, mert a jövőt érintő döntéseinknél egyre növekvő mértékben figyelembe kell venni a távlati kihatásokat

is. A gazdaságilag fejlett országokban a hőszivattyús rendszerek nemcsak a rövid és hosszú távon növekvő energiaárak miatt, hanem a környezetvédelem növekvő jelentősége következtében is rendkívüli mértékben terjednek. Például Svédországban az eladott hőszivattyúk darabszáma 2000-ben 24 000 db, 2002-ben 39 602 db, Norvégiában pedig 2001-ben 6500, 2002-ben 15 000 db volt [10–11].

Új fejlődési korszak előtt állnak az épületgépészetben a technika mai szintjét képviselő, újabb generációjú hőszivattyúk és hőszivattyús rendszerek. Különösen indokolja ezt az energiahatékonyság és a környezetvédelem növekvő szerepe, az energiaárak állandósult növekedése, a hőerőművi energiatermelő berendezések átlagos hatásfokának emelkedése, a decentralizált energiatermelés és a kogeneráció térhódítása ( $\eta_{\text{HÁLÓZAT}} = 1$  és az  $\eta_{\text{ÉVES}}$  jelentős emelkedése), a motorgyártás (villamos és belső égésű motor) és a hűtéstechnika, ezen belül különösen a kompresszorok (dugattyús helyett csavar ún. „scroll” kompresszor), a munkaközégek és a szabályozások-vezérlések (beleértve a hajtást ill. fordulatszámot is) gyors fejlődése, az épületek fokozott légzárása és hőszigetelése, valamint a kis hőmérsékletű sugárzó fűtések (hűtések) szaporodása, a légfűtés és a mesterséges (gépi) szellőzés növekvő száma [12].

Rövidtávon már a kazán mellett is be lehet tervezni a hőszivattyúkat. Elsősorban a környezeti levegő, mint hőforrás hasznosítására, bivalens, trivalens vagy multivalens rendszerként, alternatív üzemmódban működtetve. A bivalens, trivalens vagy multivalens rendszer két, három és háromnál több különböző energiaforrásra, ill. energiahordozóra alapozott fűtési rendszer összekapcsolását jelenti. Ez különösen előnyös távfűtéseknel, mivel a tüzelőanyag átváltásához rugalmasan tud illeszkedni, mégpedig úgy, hogy a távfűtés üzemeltetési költsége minél kisebb legyen, így a piaci átváltások miatti rezsiköltség-növekedés elkerülhető, vagy csökkenthető.

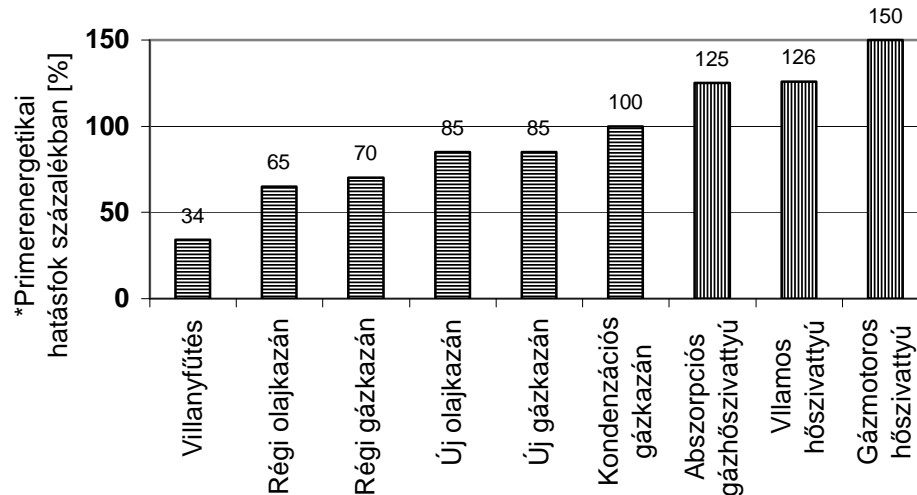
Magyarországon a kis hőmérsékletű fűtésekhez – nemcsak családi házaknál, nyilvános fürdőhelyeken, hanem új társasházi lakásoknál is – megkezdődött a hőszivattyúk alkalmazása, elsősorban monovalens rendszerként, hálózati villamos energiához csatlakozva, ún. földszondás vagy környezeti levegő hőforrást felhasználva.

A hazai gyakorlatban leginkább elterjedt villamos hőszivattyúk alkalmazásakor a meglévő melegvízüzemű fűtőberendezéseknél energiagazdálkodási szempontból a bivalens, trivalens, vagy multivalens rendszert és az alternatív üzemmódu működtetést célszerű választani, mert ekkor nincs szükség az erőművek teljesítményének növelésére. A csúcsidőszakok pedig a hőszivattyúval együtt beépített puffertárolóval áthidalhatók. Ezekben az esetekben a fűtési energiaigény jelentősen nagyobb részét a hőszivattyú fedezi, és csak a téli, hidegebb időben (időszakokban) van szükség kiegészítő fűtés, pl. kazán (ok) működésére.

## 2. A HŐTERMELÉS MEGOLDÁSAINAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Ismeretes, hogy az energiahordozók lehetnek a természetben előforduló ún. primer energiahordozók, pl. a nem megújuló kőszén, kőolaj, földgáz és nukleáris hasadóanyag, és a megújuló földhő (a geotermikus hőenergia-forrásból), napsugár, levegő (szélenergia és hő), víz (vízerő és hő), biomassa. A célszerű felhasználás

érdekében ezeket további, ún. szekunder energiahordozóvá alakíthatjuk át, így pl. villamos árammá vagy a belső égésű motor üzemanyagává.



### 1. ábra: Különböző hőtermelések primerenergetikai\* hatásfoka

Forrás:[13]

\*Primerenergia: a rendelkezésre álló és az energiaátalakításra felhasználható elsődleges energiaforrások gyűjtőneve

A fűtésre vonatkozó németországi tapasztalatokat (forrás: Ruhrgas AG) mutatja az **1. ábra**, ami a hasonlóság miatt lényegében hazánkra is értelmezhető a hőtermelés megoldásainak energetikai szempontú összehasonlítása érdekében. Az ábra oszlopdiaagramjából egyértelműen kiolvasható a különféle hőszivattyúk (jobboldali három oszlop) használatának energetikai előnyei mellett az elavult hőtermelő eszközök cseréjének szükségszerűsége is. Megjegyzem, hogy a fűtéskorszerűsítés a lakások komfortosítása mellett az elhanyagolt földgáztüzelésű készülékek ill. berendezések és a szintén elhanyagolt állapotú, sok korszerűtlen téglakémény miatt, élet- és vagyonvédelmi szempontok szerint is kiemelt feladatunk.

Az **1. ábra** kapcsán azt is jelezni kell, hogy a földgáz árát a világpiacon a kőolaj ára határozza meg, ezért Németországban az olajkazán, hasonlóan a gázkazánhoz, még mindig elterjedten használatos, mert az üzemeltetési költségük közel azonos. (az EU piacán van az olajtüzelésű kondenzációs kazán is.) A hőszivattyús ún. bivalens, alternatív üzemű berendezéshez és kis hőmérsékletű fűtésekhez önállóan is jól illeszkedik a gáz- vagy olajtüzelésű kondenzációs kazán!

A különféle hőszivattyúk közé sorolható a széles körben ismert villamos hőszivattyú mellett a Magyarországon jelenleg még elterjesztésre váró gázmotoros hőszivattyú, és a szintén gázzal működő, abszorpciós hőszivattyú, különös tekintettel a nemzetközi összehasonlításban is kiemelkedően kiépített gázvezeték-hálózatunkra. Az **1. ábrát** tanulmányozva kiolvasható a hőszivattyúk jellemzője: üzemeltetése során a bevezetett energiát többszörözve ad le hőt (a szorzótényező lehet, pl.  $150/70 = 2,14$  ill.  $150/85 = 1,76$  gáz-, vagy  $126/34 = 3,7$  villamos energia esetében)!

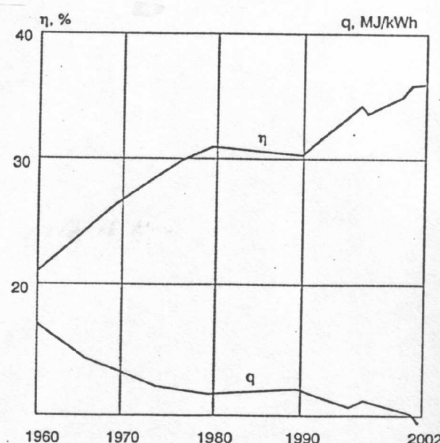
A hőszivattyúk hajtására és a szokványos hőtermelő készülékekhez különböző energiahordozókat alkalmazunk. Energetikai összehasonlításukkor különböző tényezőket kell figyelembe vennünk, és az energiaátadás egész láncát meg kell vizsgálnunk, a primerenergia-termeléstől az energiafolyam utolsó fázisát biztosító berendezésig, a fogyasztók által felhasznált hőig [14].

### 3. AZ ENERGETIKAI SZEMPONTÚ TELJESÍTMÉNYTÉNYEZŐ

A villamos hajtású hőszivattyúkkal szemben korábban, de elhangzó érv volt, hogy országos szempontból nem támogatható, mert a magyar villamosenergia-termelésnek „rossz” a hatásfoka.

Az 1. táblázat ill. annak diagramja (1951-től ill. 1960-tól) bemutatja a hőerőművi berendezések időszakonként változó, átlagos hatásfokát ( $\eta$ ).

Év	Átlagos hatásfok h, %	Fajlagos hőfogyasztás q, kJ/kWh
1951	17,4	20 666
1955	18,2	19 808
1960	21,1	17 078
1965	24,1	14 951
1970	27,2	13 234
1975	29,2	12 041
1980	31,1	11 561
1985	30,9	11 650
1990	30,6	11 747
1995	33,6	10 729
1996	34,2	10 511
1997	33,8	10 656
1998	34,8	10 331
1999	34,7	10 377
2000	35,0	10 290
2001	35,9	10 028
2002	36,1	9 964



1. táblázat: Hőerőművi berendezések átlagos hatásfoka és a kiadott villamos energia fajlagos hőfogyasztása (táblázatban és diagramban)

Forrás: [15]

Ha a villamos energiát szállító és elosztó országos hálózat hatásfokát állandó értékűnek feltételezem (a 2002. évi adatok alapján),  $\eta_{\text{HÁLÓZAT}} = 0,89$ , akkor az energetikai szempontból indokolt fajlagos fűtési tényező értéke:  $1/(\eta_{\text{ÉVES}} * \eta_{\text{HÁLÓZAT}})$ . Ennek megfelelően, a fajlagos fűtési tényező értéke az alábbi években a következőképpen alakult:

- 1960-ban:  $1/(0,211 * 0,89) = 5,98$
- 1980-ban:  $1/(0,311 * 0,89) = 3,61$
- 2000-ben:  $1/(0,350 * 0,89) = 3,21$
- 2002-ben:  $1/(0,361 * 0,89) = 3,11$

A kiszámolt eredmények azt mutatják, hogy ha egy adott létesítménynél a teljesítménytényező értéke a fajlagos fűtési tényező értékénél, pl. 3,11–nél nagyobb a működés idejében ill. évi átlagban, akkor makrogazdasági szinten energetikailag előnyös a villamos hajtású hőszivattyú alkalmazása. Megjegyzem, hogy a fenti tényező (3,11) más számítási mód alapján lehet 3,34 is, ami nagyobb érték, de az eltérés 10% alatt van, így az energetikai értékelés lényegét ez nem változtatja meg.

Az is egyértelműen megállapítható, hogy a hőerőművi évi átlagos hatásfok ( $\eta_{\text{EVES}}$ ) az utóbbi évtizedben javult, és a jövőben, a vonatkozó szakirodalom alapján, további hatásfok-növekedés várható [16–17]. Ezáltal a villamos hajtású hőszivattyú alkalmazása energetikailag már kisebb teljesítménytényező-értéknél is indokoltá vált. Szakirodalmi példa alapján említem, hogy a magyarországi lakások 10%-ára vonatkoztatva egy fűtési idényben a megtakarítás értéke olajenergiában számolva 400 000 tonna/év lenne [18], így a jelenlegi 73,2%-os [28] primerenergia-importunk a leírt mennyiséggel csökkenne.

#### 4. MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK ÉS –HORDOZÓK

A közismert három ún. "megújuló nagy": a nap-, a szél- és a vízenergia mellett a jövőben meghatározó szerep hárulhat hazánkban is a (környezeti) levegő hőtartalmára és a Föld hőtartalmára, amelyek jelentős részben szintén a napenergia végtelen nagyságú hőtárolói. Ezek a környezetünkben lévő – természetesen ugyancsak – megújuló energiahordozók a hőszivattyú, mint eszköz segítségével számos esetben gazdaságosan hasznosíthatók.

##### 4.1. A környezeti levegő (hőkapacitásának) hasznosítása

A Nap kisugárzásában már hosszú ideje nem volt lényeges változás és még nagyon sokáig nem is várható (napállandó-méréseket kb. 100 éve végeznek, 1979 óta pedig nagy pontosságú mérésekről tudunk; a napállandó az a számérték, amely megadja, hogy átlagos Föld-Nap távolságban, a légkör felső határán, a sugárzás haladási irányára merőleges egységnyi felületre időegység alatt mennyi energia jut). A napállandó napról napra, hétről hétre, hónapról hónapra és évről évre is változik, a változások közel periodikusak, és a csúcstól csúcsig mért kitérésük nem haladja meg a 0,5%-ot [19]. Különböző műszerekkel mérve a napállandó (szoláris konstans): 1364 és 1372 W/m<sup>2</sup> közé esik [19]. A napsugárzás hasznosítási lehetőségei jelentősen függenek az illető országnak a Földön való elhelyezkedésétől. A Föld felszínére érkező átlagos sugárzás kb. 177 W/m<sup>2</sup>, amelyből 1200–1450 kWh/m<sup>2</sup> energia hasznosítható éves átlagban [20]. Magyarország felszínét évente 300–400 EJ (exa: 10<sup>18</sup>) napsugárzás éri [21].

Nézzük meg, hogy mi történik a Naptól a Földünkre sugárzott energiával? A sugárzási energia értéke a Föld átlagában  $\pm 3\%$ -nál nem nagyobb mértékben változik, és a helyi értékek ingadozása is  $\pm 10\%$  alatt van [20]. A Föld felszínét érő hősugárzás a felszínt felmelegíti, és az onnan visszaverődő sugarak a felszín közeli levegőt az ún. turbulens határreteget is melegítik. A tényleges anyag- és energiaátvitel ebben a rétegben megy végbe, ezt a réteget szokás Prandtl-rétegnek is nevezni. Az elnyelt energia a levegő felmelegedésének legfőbb forrása. A levegő a talaj vagy a víz által elnyelt, és ott hosszabb hullámhosszúságúvá átalakult hősugárzás révén melegszik fel. A Föld légkörének a felszínhez közeli jelenlegi átlagos léghőmérséklete kb. 15 °C [19]. A magyarországi évi középhőmérséklet 8–11 °C között változik, a hőmérsékleti gradiens átlagos értéke 0,65 °C/100 m [23]. A legnagyobb értékek a délkeleti, a legkisebbek az északkeleti országrészekre jellemzőek. A légköri levegő a napenergia végtelen méretű, környezeti hőfokszintű hőtárolója, amely mindenütt korlátlan mennyiségben rendelkezésre áll. Hazánkban is növekedett a hőmérséklete, pl. Budapesten 1871–1900. között az éves átlaghőmérséklet: 9,6 °C; 1901–1950. között: 11,0 °C; 1961–1990. között pedig: 11,2

°C [23]. A szóban forgó hőforrás (megújuló energiahordozó) pl. levegő-víz hőszivattyú alkalmazásával nemcsak használati meleg víz termelésére, hanem fűtésre is felhasználható. Még a 2 °C-os (275 K) hőmérsékletű külső levegőnek is jelentős tárolt hője van, hiszen a hőkapacitás  $-273,15$  °C-tól (0 K-től) a hőmérséklettel arányosan növekszik (a Kelvin-skála alappontja a hőmozgás megszűnésének elméleti határa, a hőfokkülönbségek a két említett skálán azonosak).

A külső léghőmérséklet a fűtési időszakban, a városokban megemelkedik (a városi beépítés ún. városi hőszigetet eredményez, elsősorban az energiatermelés és a kisebb légmozgás következtében), Budapesten, pl. a januári középhőmérséklet 3–4 °C-al nagyobb a városon kívüli területekhez viszonyítva. A változó külső léghőmérséklet miatt a hőszivattyúkat általában egy másik hőtermelővel (kazánnal) együtt, azzal kombinálva létesítik fűtési feladatra, mivel a levegő csökkenő hőmérsékletével együtt csökken a hőkinyerés gazdaságossága. A gazdaságosság szempontjából alapvető, hogy a hőforrás minél magasabb hőmérsékletű, könnyen, olcsón kihasználható és megfelelő energiahozamú legyen. A földfelszín közeli levegő, mint hőforrás mindenütt és korlátlan mennyiségben rendelkezésre áll. Viszont a hőmérséklete akkor a legkisebb, amikor a fűtési igény a legnagyobb. A hőszivattyús üzem akkor gazdaságos, ha az energiamegtakarítás meghaladja a hőszivattyús beruházás költségtöbbletét [24]. Különösen gazdaságosak az egyidejű fűtést–hűtést megvalósító hőszivattyús rendszerek. A levegő-víz hőszivattyú az a típus, amely a fűtési igény jelentős időtartamában a fűtést gazdaságosan biztosítja, és pl. Németországban elterjedten használják [25]; vagy másik példaként felhozható, hogy a svájci HOVAL cég hőszivattyú forgalmazásának 59,5%-a levegő-víz hőszivattyú (forrás: Hovalwerk AG, Adolf Heeb úr 2004. évi budapesti előadása).

Ezeknél a hőszivattyúknál a kompresszort nem villamosmotor, hanem 10–100% között fokozatmentesen szabályozható, belső égésű motor hajtja (pl. a Toyota cégcsoport motorja). A gázmotoros klímaberendezések hőforrása általában a környezetből vett levegő. Lásd a színes fotó-illusztrációkat **1.** és **2. kép.** A külső levegőnek, mint hőforrásnak megvan, azaz előnye, hogy mindenütt, a beépítettségtől függetlenül, a városokban is korlátlanul rendelkezésre áll. Ott is költségmentesen használható hőforrás (megújuló energia), ahol helyhiány miatt még egyetlen földszonda sem telepíthető. Ha a külső levegő hőmérséklete jelentősen, pl. +7°C-ról -10°C-ra csökken, a gázmotoros klímaberendezés teljesítménye csak 5%-al csökken, miközben a szintén kompresszoros, de villamos hőszivattyúnak kb. 45%-al csökken a teljesítménye [forrás: AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen CD 2005, www.gas-thermodynamik.de]. A kültéri egységnek kis zaj- és károsanyag-kibocsátása van. Freon-víz modul beépítésével a gázmotoros klímaberendezéshez légkezelő berendezések, fan-coil készülékek, és például falfűtési, illetve falhűtési rendszerek is csatlakoztathatók.

A gázmotoros hőszivattyús klímaberendezések egyaránt alkalmasak nyári és téli légkondicionálásra. A villamos üzemű klímaberendezésekkel előállított hűtési energia költsége jelenleg több mint a duplája a földgázmotoros klímaberendezésekkel előállított hűtési energia költségének (a villamos energia szekunder energia, a földgáz pedig primer energia). A földgáz energiájával működő hőszivattyúk hazai elterjedésekor nyilván többször kérdés lesz: kazán és/vagy hőszivattyú? A hőszivattyú alkalmazása szakmai szempontból nagy kihívást jelent. Adott esetben

egyedi igényt kell kielégíteni; adott helyszínhez, a rendelkezésre álló energiaforráshoz, az építmény és az építető igényeihez igazodó optimális megoldást kell találni. Ha az alkalmazás mellett döntünk, akkor azt gazdaságossági számításnak kell megelőznie. Ennek tartalmaznia kell a megvalósítható változatokkal kapcsolatban a beruházási, energia- és üzemeltetési költségek összehasonlítását. A gazdaságosságot előnyösen befolyásolja, ha a hideg időszakban fűtési célra, a meleg időszakban pedig hűtési célra használjuk a hőszivattyút.



**1. kép: A hévizi 2 db 56 kW hűtési teljesítményű földgáz motoros klímaberendezés távoli fotója**  
Forrás: Regale Klímatechnika Kft.



**2. kép: A hévizi 2 db 56 kW hűtési teljesítményű földgáz motoros klímaberendezés közeli fotója**  
Forrás: Regale Klímatechnika Kft.

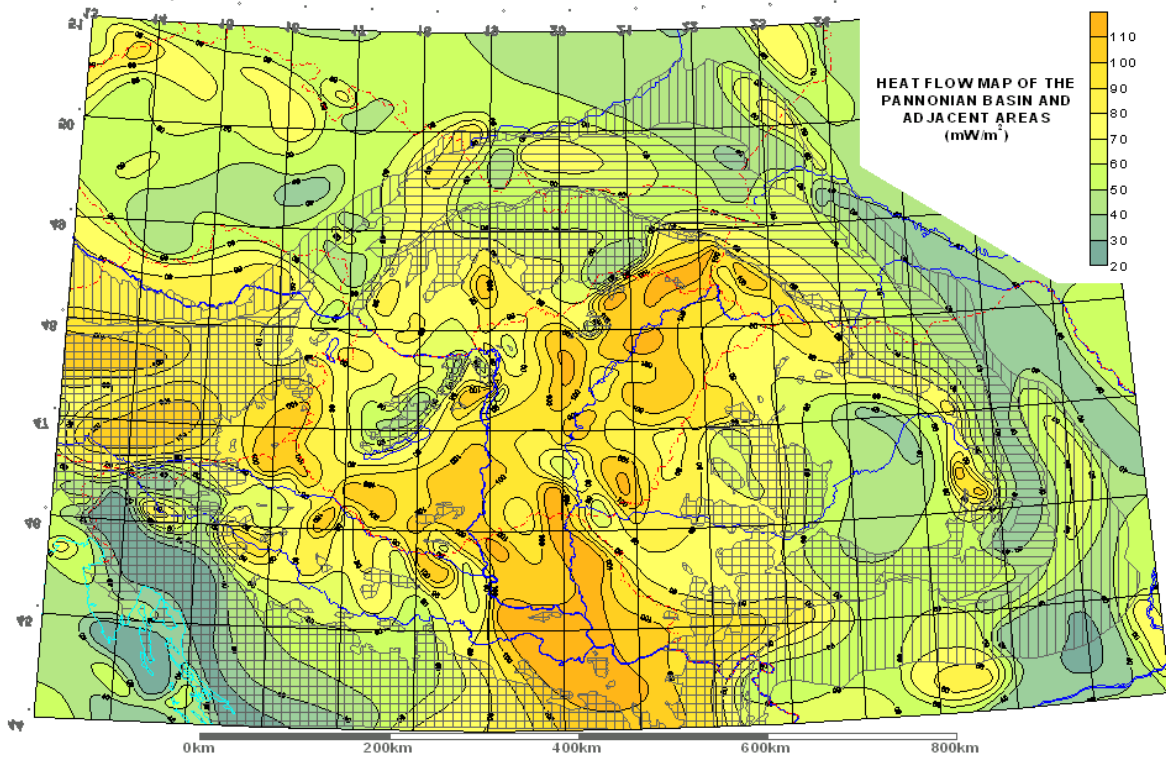
#### 4.2. A földhő (termálenergia) hasznosítása

A földkéreg mindenhol tartalmaz földhőt (termálenergiát). Ennek az az oka, hogy a földfelszín alatti anyagok hőmérsékletét két hőforrás, a Nap sugárzása és a Föld belső melege határozza meg. Előbbi a felszínről hatol befelé, utóbbi a Föld belsejéből kifelé. (A másik nagy energiaforrás a Föld belseje.) A Föld melege a Föld felszíne felé szakadatlanul áramlik konvekcióval, vezetéssel és sugárzással. A földhő olyan belső energia, amelyet a földkéreg, a köpeny és a mag nagy hőmérsékletű tömegei tárolnak. A hőáram felszínen mérhető földi átlagértéke  $0,06\text{--}0,07\text{ W/m}^2$ , a Kárpát-medence területén átlagosan  $0,10\text{ W/m}^2$ , Magyarországon az átlagos földi hőáram:  $0,09\text{ W/m}^2$  [26]. Az adatokat részletesebben a **2. ábra** tartalmazza. Az alföldi átlagos hőáram Magyarországon  $0,10\text{ W/m}^2$ , ami a világtávnak kb. a kétszerese [26]. Szilárd talajban a hő molekuláris hővezetéssel terjed, ami aránylag lassú, a vízben az anyagáram pedig intenzív energiaszállító folyamat. A fentiekből is látható, hogy a földfelszíni hő mennyisége a Naptól származó hőnek a töredéke, de a felszín alatti vizek szempontjából jelentős. A Föld középpontja felé a hosszegységre vonatkoztatott hőmérséklet emelkedését geotermikus gradiensnek ( $gg\text{ [}^\circ\text{C/m]}$ ), reciprokát geotermikus lépcsőnek nevezzük ( $gl\text{ [m}^\circ\text{C]}$ ). (Hazánkra vonatkozó adatok, a [27]-ben megtalálhatóak.)

A felszín alatt kb. 1,6 m-től kezdődően a neutrális zónáig a sokévi középhőmérséklet általában  $2\text{--}3,5\text{ }^\circ\text{C}$ -kal nagyobb a felszíni levegő sokévi középhőmérsékleténél Európa egész területén [27]. (Neutrális zónának nevezzük a sokévi lehatolási mélységet, ahol a hőmérséklet eltérése kisebb, mint  $0,1\text{ }^\circ\text{C}$  vagy  $0,01\text{ }^\circ\text{C}$ .) A felszín



alatti összefüggő víztömegből a Föld felszíne közelében levő teljes tömegében a neutrális zóna felett elhelyezkedő felső vízréteget talajvíznek nevezzük, amely a felszín alatti első víztartó rétegben található.



## 2. ábra: A Kárpát-medence hőáramtérképe

Forrás: Dr. Dövényi Péter docens, ELTE Geofizikai Tanszék

A talajvíz hőkapacitása több mint kétszerese a kőzet hőkapacitásának, ezért a rövid idejű hőmérséklet-változás sokkal kisebb mélységig hat le a talajvízbe. A hőkapacitás a fajhő és a sűrűség szorzata:

$$C [J/(m^3K)] = c [J/(kg K)] * \rho [kg/m^3]$$

A talajok hőkapacitás-különbségét a talajokban lévő víz és levegő arányának különbözősége okozza. A lassúbb évszakos hőmérséklet-változás azonban gyakorlatilag a talajvízben is ugyanolyan mélyre terjed, mint nedves kőzetben. A talajvíz-hőmérsékleti viszonyokat a földi hőáram és a légköri hőmérséklet szabja meg egyébként azonos viszonyok mellett, és a földi hőáram évszaktól függetlenül egyenletesen táplálja a talajvizet, annak átlagos hőmérséklete a felszín felé csökken. A különbség azonban csak néhány fok, legtöbbször még annyi sem.

A Nap energiája és a földi hő a földkéreg legfelső részén, a neutrális zóna szintjén találkoznak. Felette fokozatosan uralkodóvá válik a Nap energiája, alatta a Föld belsejéből származó hő a mértékadó. Minél nagyobb a földfelszín sokévi átlagos hőmérséklete, annál melegebb a neutrális zónában a kőzet és a víz hőmérséklete. A neutrális zóna alatt ugyanis a Föld belsejének melegéből származik az a hő, amely földi hőáram formájában gyakorlatilag a felszínig meghatározza a földkéreg hőmérsékletét. A neutrális zónában elenyésző a Nap hőszugárzásának hatása.

Például a székesfehérvári kutakon végzett mérések alkalmával az évi neutrális szint a terep alatt 15 m-re adódott, a talajvíz hőmérséklete pedig 10,5 °C volt [27]. A felszín közelében napszaki ingadozást is tapasztalunk. A napi hőmérséklet-ingadozások a mérsékelt övi klimatikus viszonyok szerint 1,0–1,2 m mélységig hatolnak le az adott kőzet hővezető képességétől függően. Tömör kőzetekben a napi és az évi hőmérséklet-ingadozás is mélyebbre hat le a kőzet nagyobb hővezető képessége miatt, mint pl. laza homokban.

## 5. KÖRNYEZETVÉDELMI SZEMPONTOK

Miután a hőszivattyú megújuló energiahordozó (vagy hulladék hő) felhasználását teszi lehetővé, környezetvédelmi és energiagazdálkodási szempontból kedvező a hatása. Ugyanakkor fontos kiemelten hangsúlyozni a gazdasági alkalmazási indokoltaságot. A konkrét megtérülési mutató (évek száma) a beruházás megtérülési idejének szokásos számításával megkapható, és ma már célszerű EU átlagárakkal (€) is kiszámolni. Itt jelezem, hogy a környezeti levegőből (a légkör troposzféra rétegéből), a felszíni vizekből (állóvizek, vízfolyások) vett hőenergia a vonatkozó jogszabályok alapján hőmérséklet határ nélkül és a földhő- (geotermikus energia-) hasznosítás költségmentes (ingyenes), ha a hőszivattyú hőforrásoldali csőcsonkján a hőhordozó közeg hőmérséklete a 30 °C-ot nem haladja meg.

A fejlődés megkívánja, hogy az ember növekvő komfortigényét mind jobban kielégítsük, és ehhez egyre több energiára van szükség. Időszerű ráirányítani figyelmünket a környezetünkben található megújuló energiahordozók gazdaságosan hasznosító, régen bevált és újabb generációjú eszközeire. Azért is, mert Földünk, és benne hazánk, súlyos problémáinak egyike a levegő minőségének romlása (savas eső, szmog) és a veszélyessé vált éghajlatváltozás (ózonlyuk, globális felmelegedés). Olyan korábban soha nem tapasztalt anyagok jelentek meg a légkörben, amelyeknek egy része kimondottan káros hatású. A kis koncentrációban jelen lévő gázok, különösen az üvegházgázok: CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, és bizonyos halogénezett szénhidrogének (CFC). Ezek szerepe jelentős a földi sugárzásátvitelben, hatásuk az éghajlatváltozásban jelentkezik. A hőszivattyúk szempontjából a napsugárzás, mint hőforrás viszont stabilnak mondható. Kiemelem, hogy jövőnkét középtávon csak az ásványi energiahordozók ún. tiszta technológiával történő felhasználásával, majd hosszútávon a fosszilis energiaforrások (elsősorban: lignit, szén, kőolaj, földgáz) kiváltásával leszünk képesek megőrizni [28].

Egy 1997-es felmérés szerint a hőszivattyúk globálisan 6% CO<sub>2</sub>-csökkenést eredményeztek. A felmérést végző hőszivattyús nemzetközi szervezet programjában 2010-re 16%-os várható értéket közöl [29]. Nemcsak lokális, hanem még nagyobb globális jelentőségű környezetvédelmi hatás jön létre, ha a hőszivattyú működtetése illetve a bevezetett energia is megújuló energiahordozótól származhat, ami az energiaellátás új útjai között szerepel (különösen az Országgyűlésünk által elfogadott Európai Alkotmány: ENERGIA alcím).

## 6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASOLT LÉPÉSEK

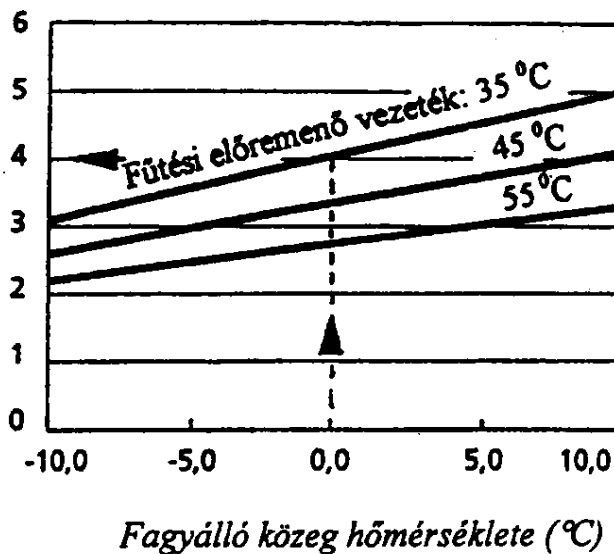
A fentiek mind eredményesebb hasznosításával elsősorban a fűtéssel/hűtéssel kapcsolatos energiaszámláinkat olcsóbbá tehetjük, csökkenthetjük az ún. hagyományos energiahordozók felhasználását (azért is, mert a hagyományos energiahordozók egyre fogynak, és költségesebbé válnak) és környezetünk

szennyezését. Így a hőszivattyúknak egyre nagyobb szerepe van a különféle alkalmazási területeken beleértve a hulladék hő felhasználást ill. hasznosítást.

A hőszivattyúk alkalmazásának alapfeltétele, hogy felhasználási lehetőségei ismertek legyenek. Csak akkor lehet gazdaságosan és biztonságosan alkalmazni, ha a hőszivattyú-körfolyamat rendszerre vonatkozó feltételeit a felhasználás feltételeivel összhangba hozzuk. Javasolható új technológiáknál, beruházásoknál, korszerűsítésekre, felújításra kerülő meglévő létesítményeknél széles körben elterjeszteni a hőszivattyúk alkalmazási lehetőségének vizsgálatát [14]. Melegvízes központi fűtőberendezés esetén, pl. minél nagyobb fűtőfelületet méretezünk, annál kisebb lehet az előremenő fűtővíz-hőmérséklet és annál nagyobb a hőszivattyú elérhető COP- (coefficient of performance), ill. teljesítménytényezője ( $\epsilon$ ), amelynek meghatározására a következő összefüggés érvényes:

$$\epsilon \left[ \frac{\text{kW}}{\text{kW}} \right] = \frac{\text{fűtésre hasznosítható hőáram}}{\text{működtetéshez bevezetett teljesítmény}} \quad (= \text{COP})$$

Az  $\epsilon$  ill. a COP a  $T/(T-T_0)$  törttel is arányos, így a tényszerű értékét a hőforrás ( $\sim T_0$ ) és a fűtési hőmérséklet ( $\sim T$ ), és e két tényező időbeli alakulása határozza meg [12]. Nyilván az egyidejű fűtés és hűtés megoldású hőszivattyús rendszereket a kiemelt ösztönzéshez lehet besorolni.



**3. ábra: Vízszintes elrendezésű talajkollektoros villamos hőszivattyú COP-, ill. teljesítménytényezőjének ( $\epsilon$ ) változása a talajkollektorban áramló hőhordozó közeg hőmérsékletének függvényében, különböző (35, 45 és 55 °C-os) fűtési előremenő melegvíz hőmérsékleteknél**  
 Forrás: LODAM cég

A **3. ábrán** látható példában a talajkollektor felől áramló közeg hőmérséklete: 0,0 °C, a családi ház központi fűtőberendezés fűtővizének előremenő hőmérséklete pedig 35 °C, a méretezési állapotot feltételezve. A hőszivattyú fűtőtöeljesítménye: 9,1 kW a COP-, ill. teljesítménytényezője ( $\epsilon$ ): 4,0. Ez az érték a **3. ábra** diagramjából leolvasható (9,1 kW/2,275 kW). Vagyis villamos hőszivattyúval egy adott mennyiségű

elektromos energiából sokkalta több hőt lehet nyerni, mint villamos fűtéssel. A szóban forgó példa mutatja, hogy még a fagyott talajból vett hővel is négyszeres lehet.

A melegvíz-üzemű központi fűtőberendezésekhez energiamegtakarítási célból lehet hőszivattyút létesíteni. Ugyanakkor a CARNOT-hatásfok képletére ill. a hőfok-határookra gondolva kiemelten hangsúlyozni szükséges, hogy a nagy COP-, ill. teljesítménytényező elérését a kis hőmérséklet-különbség hozza létre! Így pl. arra kell törekedni, hogy a hőszivattyú hőforrása minél nagyobb hőmérsékletű, a fűtési előremenő hőmérséklet, pedig minél kisebb legyen.

Napjaink – és a jövő – technikájával kapcsolatban azt is fontos jelezni, hogy nemcsak a hőforrás, hanem a hőszivattyú működtetése, vagyis a bevezetett energia is származhat megújuló (kifogyhatatlanul rendelkezésre álló) energiahordozótól, amit a **2. táblázat** szemléletesen mutat be.

## 2. táblázat: A hőszivattyúk főbb hőforrásai és a kompresszormotor hajtásának megoldásai

(Kömlyös F. - 2005)

MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK ÉS -HORDOZÓK	A KOMPRESSZOR- MOTOR HAJTÁSA
<p><b>Nap</b> beleértve a felmelegített földi légkör és a földfelszín (környezeti levegő, talaj, felszíni víz, talajvíz) hőtartalmának, valamint a sugárzási energia közvetlen és naperőművi felhasználását</p>	<b>Villamos motor</b>
<p><b>Szél</b> beleértve a szélerőművi (mozgási energia átalakítás) felhasználását</p>	
<p><b>Víz</b> beleértve a vízerőművi (helyzeti és/vagy mozgási energia átalakítás) felhasználását</p>	
<p><b>Biomassza</b> (szilárd, folyékony és gázfázisú tüzelőanyag) beleértve a villamos erőművi felhasználását</p>	
<p><b>Földhő</b> (geotermikus energia: a Föld belsejének hőtartaléka, amely túlnyomórészt a földkéreg és a köpeny hosszú felezési idejű radioaktív elemeinek bomlási hőjéből származik) beleértve a hévízben (felszín alatti víz) és a kőzetben tárolt hő, valamint a geotermikus erőművi felhasználását</p>	
<p><b>Biomassza</b> beleértve az előállított folyékony vagy gáz-halmazállapotú üzemanyag (bioetanol, biodízel, biogáz, biometanol, bio-dimetil-éter, bio-ETBE*, bio-MTBE**, szintetikus bioüzemanyagok, biohidrogén, tiszta növényi olaj) felhasználását</p>	<b>Belső égésű motor</b>

\*bio-ETBE (etil-tercier-butil-éter): bioetanol alapon előállított etil-tercier-butil-éter, amelynek térfogatszázalékos bioüzemanyag-hányada 47%

\*\*bio-MTBE (metil-tercier-butil-éter): biometanol alapon előállított üzemanyag, amelynek térfogatszázalékos bioüzemanyag-hányada 36%

Eddig soha nem tapasztalt ütemű fejlődés indult meg ezen a területen. A kutatások és fejlesztések intenzívek, de a versenyképességhez jelentős támogatás szükséges. A közeljövő várható áttörésére nyilván szakmailag is fel kell készülnünk [30–31].

Ezzel a témával összefüggő statisztikai közlésekből egyértelműen kiolvasható, hogy a megújuló energiahordozók szerepe folyamatosan növekszik, és részarányuk az összes energiaigény kielégítésében egyre nagyobb. Az ilyen megoldású kutatás-fejlesztést és beruházást az EU-pályázatok kiemelt támogatással kezelnek (a 2002-ben indított EU 6. Keretprogram, Intelligens Energia Európának-, CONCERTO 2 projekt stb.).

A hőszivattyús technika és technológia fölvázolt bemutatása alapján gondolom, megérdemelné, hogy a következő években meggyökerezzen, és használata általánossá váljon. Megítélésem szerint, ez a korszerű technika hazánkban is elterjedhetne, egy kormány szinten kiemelt hőszivattyús-program keretében, amely hosszútávon újabb munkahelyeket teremt. A második (2007-2013. között) Nemzeti Fejlesztési Tervbe kerülve – oktatástól kezdve az installációt is beleértve komplex módon: „gyártástól a szervizig” – tekintettel arra is, hogy a lényeges hazai hagyományokkal rendelkező hűtőgép a hőszivattyú „rokonterméknek” mondható.

Országunk adottságai, nevezetesen napenergia-, termálenergia-készletei és a széles értelemben vett biomassza-potenciálja [32], valamint magas színvonalú szellemi tőkéje kedvez a megújuló energiával kapcsolatos energetikai és épületgépészeti technológiáknak, amelyek kulcsai a tisztább környezetnek. A földgázprogramhoz hasonló idő alatt komplex módon e technikák országunkban is előnyösen kibontakozhatnak, és hozzájárulhatnak környezetvédelmi iparunk, valamint épületgépészeti szolgáltatásaink fellendüléséhez.

## A FELHASZNÁLT FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- [1] *Heller László*: Die Bedeutung der Warmequmpe bei thermischer Elektrizitadserzeugung  
Universitaetsdruckerei, Budapest, 1948
- [2] *Stróbl Alajos*: Energiatakarékos környezetkímélés hőszivattyúkkal  
OMIKK, Környezetvédelmi Füzetek, 1999/8. szám
- [3] *Barótfi István* (szerkesztő): Energiafelhasználói Kézikönyv  
Környezettechnika Szolgáltató Kft. Budapest, 1993
- [4] *Homonnay Györgyné* (szerkesztő): Épületgépészet 2000. II. kötet: Fűtéstechnika.  
Épületgépészet Kiadó Kft. Budapest, 2001
- [5] *Hunyár Mátyás - Schmidt István - Veszprémi Károly - Vince Gyuláné*: Megújuló és környezetbarát energetika villamos gépei és szabályozásuk  
Műegyetemi Kiadó, 2001
- [6] *Bánhidi László* (szerkesztő): Épületgépészet a gyakorlatban  
Kézikönyv épületgépészeti tervezéshez, kivitelezéshez  
VERLAG DASHÖFER Szakkönyv Kiadó Kft. és társa Bt., Budapest, 2003 (bővítés)
- [7] *Farkas István* (szerkesztő): Napenergia a mezőgazdaságban  
Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2003
- [8] *Sembery Péter – Tóth László* (szerkesztők): Hagyományos és megújuló energiák  
Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 2004

- [9] *Bánhidi László - Magyar Zoltán*: Az épületek energia auditálásáról  
Mérnök Újság, XI. évfolyam, 2004/4. szám
- [10] SCANVAC Newsletter 2/2003. p. 11.
- [11] *Hajdú György*: A 7. Hőszivattyús Világkonferencia,  
Peking, 2002.05.19-22.  
Magyar Energetika, XI. évfolyam, 2003/2. szám
- [12] *Komlós Ferenc*: Fűtéstechnika a környezetbarát hőszivattyúval  
(Épület – Energia – Európa – Emberibb Élet)  
BM Önkormányzati Tájékoztató, XV. évfolyam  
1. szám, 2005. január (I. rész)  
2. szám, 2005. február (II. rész)  
3. szám, 2005. március (III. rész)  
vagy Belügyminisztérium honlap, [http:// www.bm.hu](http://www.bm.hu) „Önkormányzati EU  
Információs Központ” link, Hírachívum címszónál: 12/16/2004,  
vagy VERLAG DASHÖFER Szakkiadó Kft. és társa Bt. honlap,  
[http:// www.epitinfo.hu](http://www.epitinfo.hu) Építinfo-hírek archívum link (2005. év elejétől kezdődően  
hat egymást követő részletben, amelyet saját forrásként közöltek)
- [13] *Joós Lajos*: Energiamegtakarítás a háztartások földgázfelhasználásában  
Magyar Épületgépészet, LI. évfolyam, 2002/4. szám
- [14] *Komlós Ferenc*: Sugárzó fűtések és hűtések hőszivattyús rendszerben  
16. Fűtés- és Légtechnikai Konferencia, Budapest 2004. március 4-5. ÉTE CD-n  
vagy Építésügyi Szemle, XLVI. évfolyam, 2004/2. szám
- [15] 2002. Statisztikai adatok  
Magyar Villamos Művek közleményei, XL. évfolyam, 2003/2. szám
- [16] *Büki Gergely*: Magyar energetika a századfordulón számokban  
Magyar Energetika, IX. évfolyam, 2001/1. szám
- [17] *Büki Gergely*: Erőművek (14.9.)  
Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2004
- [18] *Nagy Lajos*: Hőszivattyú és hőszivattyús rendszerek  
Építési Piac, 1998/11. szám
- [19] *Szász Gábor – Tőkei László* (szerkesztők): METEOROLÓGIA mezőgazdáknek,  
kertészeknek, erdészeknek  
Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1997
- [20] *Reményi Károly*: Az energetikai fejlesztések fő irányjai  
Akadémiai Kiadó, Budapest, 2002
- [21] *Vajda György*: Kockázat és biztonság  
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1998
- [22] *Mészáros Ernő*: A környezettudomány alapjai  
Akadémiai Kiadó, Budapest, 2002
- [23] *Glatz Ferenc* (főszerkesztő): MAGYAR tudománytár 1,  
FÖLD, VÍZ, LEVEGŐ  
MTA Társadalomkutató Központ, 2002  
Kossuth Kiadó, 2002
- [24] *Barótfi István*: Istállóklíma és energiatakarékosság  
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1998
- [25] *Recknagel - Sprenger - Schramek*: Fűtés- és klímatechnika 2000. I. kötet  
Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000
- [26] *Kontra Jenő*: Hévízhasznosítás  
Műegyetemi Kiadó, 2004

- [27] *Juhász József*: Hidrogeológia  
Akadémiai Kiadó, Budapest, 2002
- [28] *Molnár László*: A magyar gazdaság energia-import függősége  
Energiagazdálkodás 45. évfolyam 2004. 6. szám
- [29] IEA/OECD Heat Pump Programme (HPP-1977).  
Annual Report 1997
- [30] *Zöld András*: Épületgépészet 2000. I. kötet: Alapismeretek.  
Épületgépészet Kiadó Kft. Budapest, 2000
- [31] *Bánhidi László - Kajtár László*: Komfortelmélet  
Műegyetemi Kiadó, 2000
- [32] *Bai Attila* (szerkesztő): A biomassza felhasználása  
Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 2002

\* Fenti dolgozat az INTELLIGENS ÉPÜLET GÉPÉSZETE című, 17. Fűtés- és Légtechnikai Konferencián (BME, 2005. május 25.) a szerző előadása. Megjelent az említett Konferencia CD-én, majd az ÉPÍTÉSÜGYI SZEMLEBEN (Az Országos Lakás- és Építésügyi Hivatal folyóirata) XLII. évfolyam, 2005/3. szám, pp. 89-96