



Fűtési tapasztalatok befecskendezős levegős hőszivattyúval

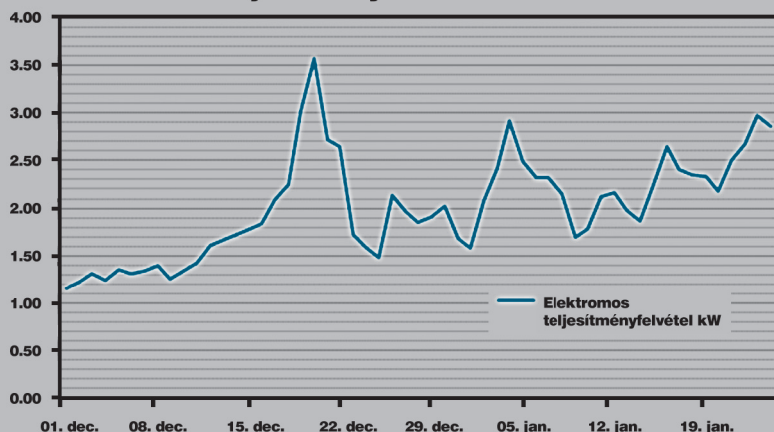
A 2009. NOVEMBERI VGF-BEN A „PADLÓHŰTÉS LEVEGŐS HŐSZIVATTYÚVAL” CÍMŰ CIKKÜNK VÉGÉN MEGÍGÉRTÜK, HOGY A FŰTÉSI TAPASZTALATAINKRÓL IS BESZÁMOLUNK A LAP OLVASÓINAK. AZÓTA ELTELT AZ ENYHÉNEK INDULÓ, DE AZTÁN KEMÉNNYÉ VÁLÓ FŰTÉSI SZEZONNAK TÖBB MINT A FELE, A DECEMBERI ÉS JANUÁRI NAGY HIDEGEK IS, AMI UTÁN MÁR LEHET ÖSSZEGEZNI ÉS LEVONNI A TAPASZTALATOKAT.

A vizsgált lakás egy 25 éve épült 4 lakásos társasházban van, amely a mai viszonyok szerint rosszul hőszigetelt. $U_{\text{fal}} = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{\text{ablak}} = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ (azt nem lehet tudni, hogy most milyen), a fa nyílászárók nem jól légszigeteltek.

(Az U-érték – korábban k-érték – határozza meg a hőátteresztés döntő mértékét. Ez az U-érték mutatja meg, hogy egy épület bizonyos részén mennyi hőenergia szökik el 1°C hőingadozás esetén.)

Az 1. diagramban a lakás hőigénye szerint változó elektromos teljesítményfelvétel szerepel. Rögtön feltűnik, hogy a befecskendezős levegős hőszivattyú adattábláján szereplő, ijesztően magas 32 A áramfelvételtől igen messze jár a tényleges fogyasztás.

Befecskendező levegős hőszivattyú elektromos teljesítményfelvétele



-15°C külső és 22°C belső hőmérséklet esetén a – felülről és egy oldalról fűtött lakásokkal határos lakás számított hőszükséglete 5476 W transzmissziós + 3309 W filtrációs = 8785 W .

A fűtési rendszer csak padlófűtésből áll, amelyet eddig egy 18 kW teljesítményű, modulációs fali gázkazán látott el hőenergiával.

A tavaly nyáron üzembe helyezett inverteres levegős hőszivattyú katalógus szerinti teljesítménye $4,5\text{--}10,2 \text{ kW}$, $+7$ és -15°C között állandó 8 kW . A hőszivattyú különlegessége, hogy -25°C -ig garantált a működési tartománya, és ezen hőmérséklet alatt sem áll le!

A kiépítésre került befecskendezős hőszivattyús fűtési megoldás egy teljes értékű, saját fejlesztésű távfelügyeleti rendszert is kapott. A mérés-technikai feladatot egy webszervert is futtatni tudó számítógép látja el, mely a beépítésre került analóg és digitális jeladók segítségével nemcsak felügyeli, szabályozza és vezérli a lakás fűtési rendszerét, de adatbázis-kezelési funkciója révén adatokat is küld egy kifejezetten erre a célra üzemeltetett adatszerverre. Pontosabban arra a szerverre, ahová még több egyéb – jelenleg 10 db – épület komplett felügyeleti adatrögzítése is zajlik, online. Az itt is üzemeltetett rendszer révén diszpécserközpont jelleggel azonnal azonosíthatók a felmerült anomáliák, beérkezett hibaüzenetek, melynek köszönhetően a szükséges beavatkozás elvégezhető. Jelen esetben is működött ez a fajta tényleges távfelügyelet, melynek révén egy soros porti hőmérsékletkonverter-hiba került azonnali felderítésre, majd elhárításra. A telepített intelligens hőszivattyúnak köszönhetően sok állapotjelet tudunk folyamatosan figyelni; digitális jeleket kapunk az épületről érkezett

fűtési és hűtési parancs visszaigazolásáról, a kompresszor működéséről, a leolvasztási fázisról, illetve a gyárilag beépített analóg bemeneteket felhasználva azonnal rendelkezésünkre áll egy ténylegesen is vezérelhető intelligens levegős hőszivattyú.

(Hogy miért is hozakodunk elő a fentiekkel, annak az az oka, hogy a jelenlegi hidraulikus rendszerek gyakorta megkívánják a gyári időjárásfüggő vagy időprogram szerint vezérelt paraméterektől eltérő, módosított jellemzőket, mint például hidraulikus váltóra készített időjárásfüggő vizet vagy padlófűtés és radiátor alkotta inhomogén fűtőrendszer éppen üzemelő hőleadója szerinti alacsonyabb vagy magasabb víz hőmérsékletet.)

A telepített számítógépen futó webszerver internetes hozzáférést biztosít a felhasználónak, de nyilván nem alkalmas nagyobb mennyiségű egyidejű igény kiszolgálására, vagyis amennyiben a monitoring-rendszerhez egyszerre sokan szeretnének hozzáférni például adatelemzési céllal, egy külön weboldal felállítása célszerű – a háttérben a fenti adatbázis-motorral.

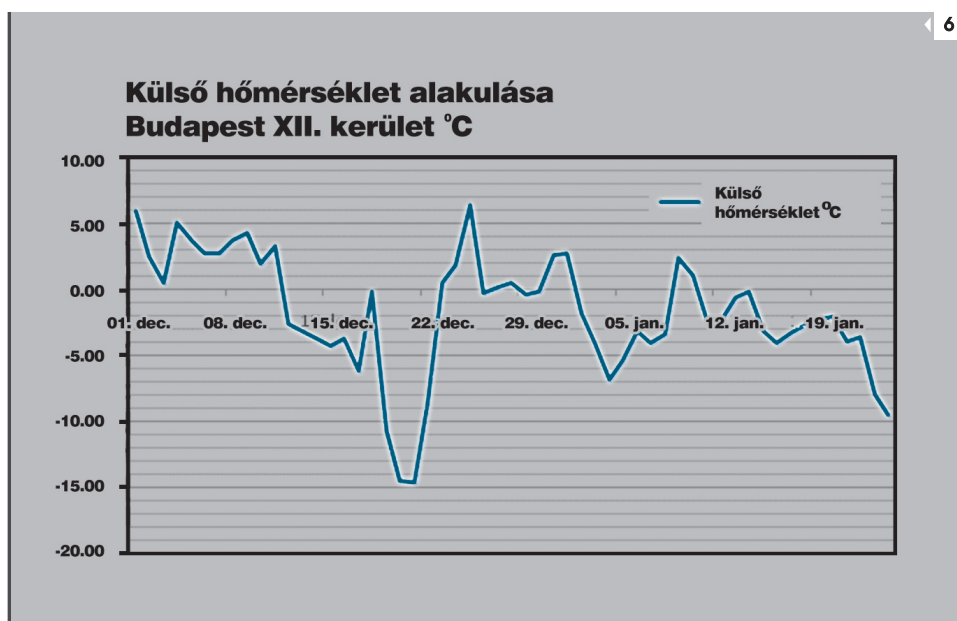
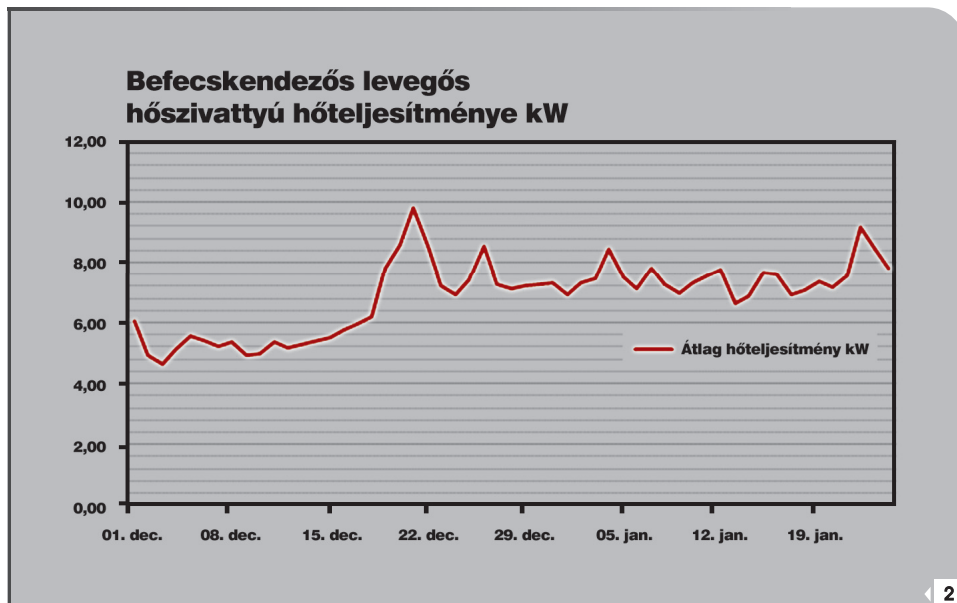
A kialakított internetes távfelügyelet révén folyamatosan követhető volt a telepített impulzus-jeladóval felszerelt elektromos fogyasztásmérő (ez az elektromos mérőóra nem egyezik meg az igényelt és kapott GEO-tarifás mérőórával, mely utóbbinak igénylése kapcsán az állított kritériumnak a vizsgált befecskendezős levegős hőszivattyú természetesen könnyedén megfelel) és víztömegáram-mérő működése és továbbított jelei, valamint a felszerelt 4 db hőmérsékletérzékelő is (kültéri, előremenő, visszatérő és helyiség).

A távfelügyelet természetesen nemcsak egy irányban működik, hanem lehetőség van a működési paraméterek távoli beállítására is. (Ez utóbbi is kiválóan működött, amikor egy hosszabb vidéki vagy külföldi tartózkodás alkalmával némi hőmérsékletmódosításra volt szükség – az otthon maradtak jól felfogott érdekében.)

Az eddig rögzített nagymennyiségű adat (15 MB/hét) elemzésével hoztuk létre a cikkben szereplő grafikonokat, valamint vontuk le a további üzemi és költséghatékonysági következtetéseket. A folyamatos adatgyűjtéssel az alábbi kérdésekre vártunk válaszokat:

■ Milyen külső hőmérsékletig képes a hőszivattyú monovalens módon kielégíteni a hőszükségletet? November 18-tól folyamatosan gáz-

A 2. diagramból jól látható, hogy a hőszivattyú a névleges 4,5-8,0 kW fűtési teljesítménytartomány felső részén dolgozott – december 20. után. Ezen időpont előtt a lakást a szokásos 35/30 °C-os vízhőmérséklettel igyekeztünk kiszolgálni, azonban a „rendelkezésre álló” padlófűtés ezzel nem volt képes elérni az addig megszokott „gázkazános” felületi hőmérsékletet.



Nagyon fontos tapasztalat, hogy a rossz hőszigeteltség miatt szükséges magasabb hőmérsékletű víz (-10 °C-on 45 °C-os előremenő) előállításakor is tudja a gép biztosítani a 8 kW-os teljesítményt!

kazán nélkül, csak a levegős hőszivattyúval fűtve, a lakás levegőhőmérsékletét az igényelt 21-22 °C-on lehetett tartani. Tekintettel a befecskendezős levegős hőszivattyú egyedi teljesítményszabályozására, -15 °C-ig a névleges teljesítmény teljes egészében biztosítható.

■ Milyen teljesítménnyel működik a hideg időben, valóban tartja-e a katalógusban megadott 8 kW-os teljesítményt? A hideg idő beálltaig csak fenntartással fogadtuk el, hogy a gép tudja

a megadott 8 kW-ot, mivel az átmeneti idő adatai alapján azt nem érte el. A -9 °C-os külső hőmérsékletnél azonban bebizonyosodott, hogy tudja, sőt, többet is tud. Ebből az következik, hogy jól működik az inverteres szabályozás, mert amíg nem kell akkora teljesítmény, addig nem teljes intenzitással dolgozik.

Nagyon fontos tapasztalat, hogy a rossz hőszigeteltség miatt szükséges magasabb hőmérsékletű víz (-10 °C-on 45 °C-os előremenő)



Mottl Gábor, Kiss Gábor:

Fűtési tapasztalatok befecskendezős levegős hőszivattyúval

előállításakor is tudja a gép biztosítani a 8 kW-os teljesítményt! Az 2. diagramból jól látható, hogy a hőszivattyú a névleges 4,5-8,0 kW fűtési teljesítménytartomány felső részén dolgozott – december 20. után. Ezen időpont előtt a lakást a szokásos 35/30 °C-os vízhőmérséklettel igyekeztünk kiszolgálni, azonban a „rendelkezésre álló” padlófűtés ezzel nem volt képes elérni az addig megszokott „gázkazános” felületi hőmérsékletet. Az időjárásfüggő görbe átállításával (-10 °C-os külső hőmérséklet esetén 45 °C-os vízhőmérséklet) a korábban „félgőzzel” működő levegős hőszivattyú határozott teljesítménynövekedéssel válaszolt.

A dolog befecskendezős érdekessége, hogy a COP nem csökkent, sőt, a korábbi hasonló külső hőmérsékleti időszakhoz hasonló értékeket ért el. A jelenség magyarázata már tipikusan hőszivattyús: a hőszivattyúkat általában folyamatos működés közben laborált COP-adattal és teljesítménnyel jellemzik, azonban egy adott hidraulikai rendszerbe beépített hőszivattyú paraméterei már a fűtési rendszer sajátosságait is mutatják. Visszatérve tehát a stabil COP vs. magasabb előremenő hőmérséklet megfejtésére, egyértelműsíthető volt, hogy a december 20. előtt működő hőszivattyú rendszeresen ki-bekapcsolt, pontosabban ez így nem igaz, mert a

befecskendezős gépek még csak ki sem kapcsolnak, alulról-felülről közelítik az adott igényt, és csak a legvégső esetben állítják meg kompresszorukat. Itt is ez történt, vagyis a megemelt előremenő emelt teljesítményigényt produkált, ami kimozdította a hőszivattyút az instabil COP-tartományból egy folyamatos, állandósult üzembe.

Az 5. diagramon a naponkénti fűtési üzemi idő változását lehet látni, amelynél figyelembe kell venni a GEO-tarifás áramszolgáltatás napi 2x2 órás szünetét. Látható, hogy december 20. előtt az enyhébb időjárás ellenére jóval többet üzemelt a gép, mint a fűtési görbe átállítása után.

Hogyan változik a hőszivattyú felvett elektromos teljesítménye a leadott hőteljesítménytől?

Az 1. diagramban a lakás hőigénye szerint változó elektromos teljesítményfelvétel szerepel. Rögtön feltűnik, hogy a befecskendezős levegős hőszivattyú adattábláján szereplő, ijesztően magas 32 A áramfelvételtől igen messze jár a tényleges fogyasztás. A gyári adatként megadott, félelmetesen sok 7,36 kW helyett maximum 3,50 kW teljesítményt volt képes magához venni a hálózatról, vagyis csak a szokásos „japán” elővigyázatosságról beszélhetünk csupán? Igen, azaz hogy nem. Igen, mert a vizsgálá-

latunkban szereplő padlófűtéses lakásban az alacsony hőmérsékletű fűtés pozitív tulajdonságai adóttak voltak ahhoz, hogy magas COP-vel működhessen a RENDSZER. Azonban mivel hőszivattyúnk képes akár 60 °C-os vizet is előállítani – még mindig kizárólag hőszivattyúsan –, elképzelhető olyan felhasználás, amikor a kért magas hőmérséklet szerint erősen mínuszos (-20 °C-nál is hidegebb) külső hőmérsékleti tartományban igenis képes a berendezés akár 7,0 kW-ot is magához venni. Racionálisan gondolkodva, ismerve az energiahordozók jelenlegi és várható árát, az üzembiztonságon, illetve több lábon álláson kívül – gazdaságilag – nincs értelme a hőszivattyút tartósan ilyen tartományban működtetni.

Hogyan működik a rendszer szabályozása?

A hőszivattyú belső szabályozása időjárásfüggő fűtővizet tud előállítani. A szabályozási görbe állítható. A nappali előírt levegő hőmérséklete programozhatóan állítható.

Milyen COP értékeket lehet elérni a különböző állapotok esetén?

A 3. diagram a decemberi és januári naponkénti átlagos külső hőmérsékleteket, a 6. diagram pedig az aznapi üzemi ciklusok átlagos COP értékeit mutatja. Látszik, hogy a december 20. utáni fűtési görbe-átállítás után a 2 db diagram görbe szinte „kulcsmásolásszerűen” azonos. A külső hőmérséklet +6,06 és -14,62 °C között változott, az átlaghőmérséklet decemberben +1,83 °C, januárban -0,82 °C volt.

A minimális COP decemberben, 21-én 2,29 (-9,97 °C esetén), januárban, 24-én 2,75 (-9,50 °C esetén).

A maximális COP decemberben, 1-jén 5,27 (+10,93 °C esetén), januárban, 01-én 4,36 (+7,56 °C esetén).

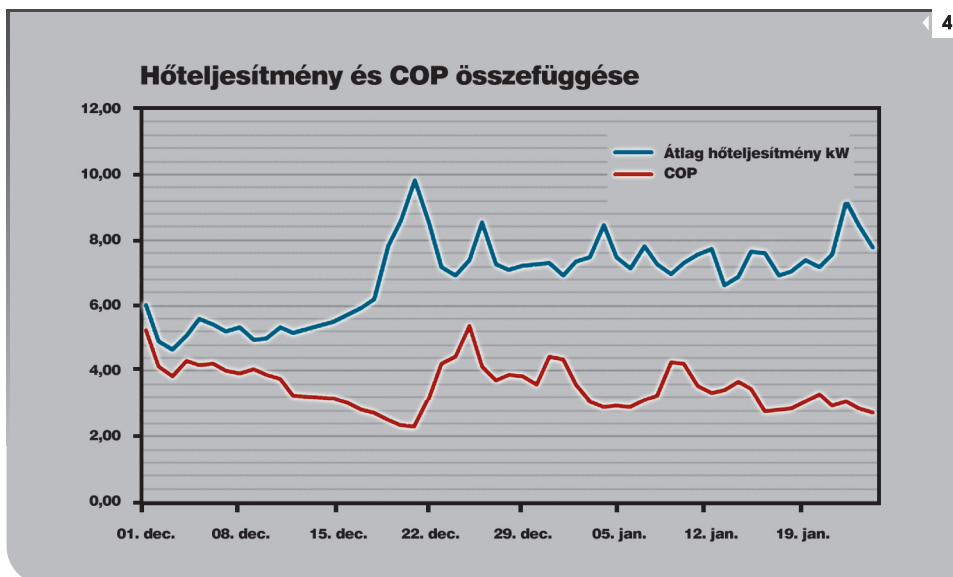
Az átlagos COP decemberben 3,75 (-1,83 °C esetén), januárban 3,27 (-0,82 °C esetén).

Látható, hogy hideg időben a COP csökken, de elfogadható mértékben.

Hogyan alakulnak az áramfogyasztási adatok?

A jelenlegi gáz- (kb. 120 Ft/m³) és GEO kedvezményes áram- (kb. 31,60 Ft/kWh) tarifa

A vizsgálatunkban szereplő padlófűtéses lakásban az alacsony hőmérsékletű fűtés pozitív tulajdonságai adóttak voltak ahhoz, hogy magas COP-vel működhessen a RENDSZER.



mellett $COP = 2,4$ az az érték, amelynél azonos az üzemeltetési költség (90%-os gázkazán-hatásfokot figyelembe véve).

Decemberben a lakás GEO-tarifás áramfogyasztása 804 kWh, januárban 988 kWh volt, amely értékek 25 406 Ft (ÁFÁ-val együtt), illetve 31 220 Ft költséget jelentettek.

Az átlagos/egyensúlyi COP decemberben $3,75/2,4 = 156\%$, januárban $3,27/2,4 = 136\%$, ami azt jelenti, hogy azonos külső hőmérséklet és üzemeltetési mód esetén a gázfogyasztás ennyivel többbe került volna, vagyis decemberben 39 633 Ft, januárban 42 459 Ft lett volna, a különbség összesen a két hónapra 25 466 Ft, ami 45% többletköltséget jelent.

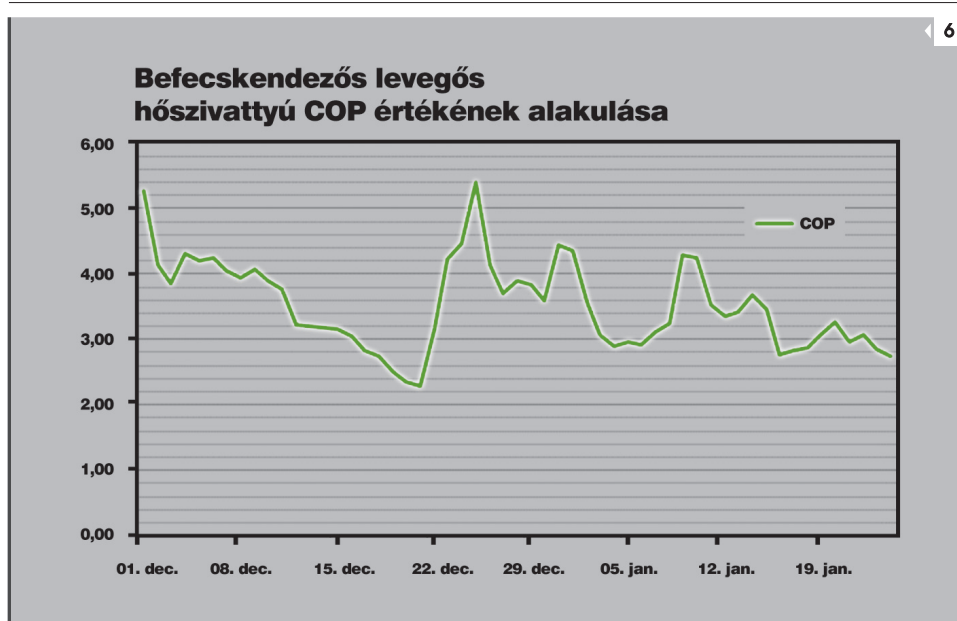
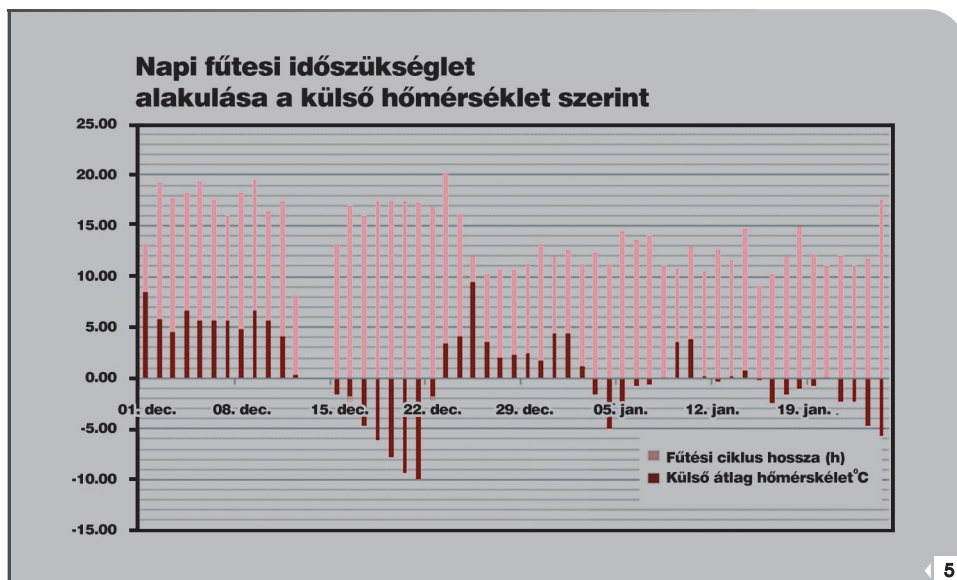
Hogyan működik a leolvasztás, hogyan befolyásolja az üzemi állapotot?

A gép saját érzékelője által figyeli a jegesedést. Amikor ez eléri a nem kívánatos mértéket, a gép átáll leolvasztási üzemmódba, és kb. 2 perc alatt látványosan gyorsan, teljesen leolvasztja a jeget. A gép alá szerelt opcionális olvadákvízgyűjtő tálca elektromosan fűtött; az épületfelületet által a leolvasztás után beállítható időtartamú utófűtés biztosítja, hogy jég nem maradjon benne. A tálcából a víz elvezetése az épület lefolyórendszerére való csatlakozással történik. A rövid idő miatt a COP minimálisan csökken.

A 7. diagram egy tipikus levegős hőszivattyú-periódust mutat, történetesen egy 9 órás időszakot ölel fel. A gyakorlott hőszivattyús szem hamar felfedezi a GEO-szünetet, vagyis amikor betáp hiányában az előremenő passzíválódik. A két darab „belógó” tüske egy befecskendezős leolvasztást mutat: 11:59-kor érkezett a leolvasztási digit, 4 perccel később a hőszivattyú visszaállt termelésbe. Amikor leolvasztásról beszélünk, mindig a teljes ciklust értjük a periódus alatt, vagyis amíg a hőszivattyú visszaáll névleges előremenő hőmérsékletre.

A leolvasztások gyakorisága több paraméter függvénye. Ma már a „takkolt” leolvasztást a szóban forgó hőszivattyú intelligens leolvasztással váltotta ki. Nyomás, hőmérséklet, igény-szint, áramfelvétel függvényében egy gyári algoritmus dönti el, hogy mikor lesz a legközelebbi leolvasztás. Általában elmondható, hogy 0°C környéki környezet okozza a legtöbb cik-

Az 5. diagramon a naponkénti fűtési üzemidő változását lehet látni, amelynél figyelembe kell venni a GEO-tarifás áramszolgáltatás napi 2x2 órás szünetét. Látható, hogy december 20. előtt az enyhébb időjárás ellenére jóval többet üzemelt a gép, mint a fűtési görbe átállítása után.



A 6. diagram az aznapi üzemi ciklusok átlagos COP értékeit mutatja. Látszik, hogy a december 20. utáni fűtési görbe-átállítás után a 2 db diagram-görbe szinte „kulcsmásolás-szerűen” azonos.

lust, de az enyhébb esős időben is fokozott lesz a leolvasztás.

Mennyire zavarók a lakáson kívüli és belüli hangok?

A bejárati ajtó és a konyhaablak közvetlen közelében felszerelt kültéri egység katalógus szerinti 52 dB(A) hangteljesítmény-értékét a csen-

desnek mondható környék külső és a lakás belső zajforrásai napközben gyakorlatilag észrevehetetlenné teszik, az éjszakai órákban az előszobában és a konyhában csekély mértékben lehet hallani, a lakószobákban egyáltalán nem. A vizsgált lakás feletti szomszéd házaspár a kezdeti idegenkedés után a kedvező tapasztalatok miatt szintén megnyugodott.



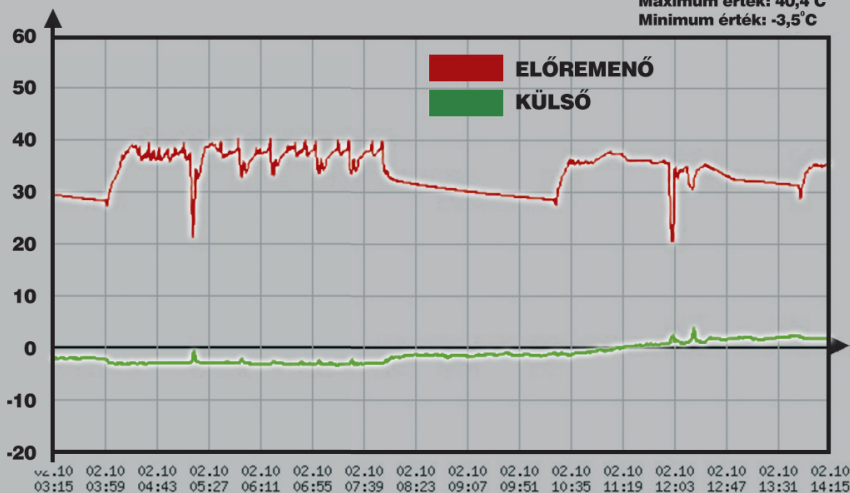
Mottl Gábor, Kiss Gábor:

Fűtési tapasztalatok befecskendezős levegős hőszivattyúval

Ház mért értékei (ID:5)

Hőmérséklet értékek...
2010-02-01 03:15 - 2010-02-10 14:15

Maximum érték: 40,4°C
Minimum érték: -3,5°C



A 7. diagram egy tipikus levegős hőszivattyú-periódust mutat, történetesen egy 9 órás időszakot ölel fel. A gyakorlott hőszivattyús szem hamar felfedezi a GEO-szünetet, vagyis amikor betáp hiányában az előremenő passzíválódik.

Összefoglalás

Az elmúlt időszakban telepített, üzemeltetett és távfelügyelt rendszerek kapcsán az alábbi általános érvényű következtetésre jutottunk: a hőszivattyú gyári COP értéke nem feltétlenül azonos a fűtési rendszerbe beépített hőszivattyú COP értékével. Vizsgálódásaink során rámutattak azokra a gyenge pontokra, ahol a legkisebb hiba is COP-romlásban manifesztálódik.

Addig, amíg a gázkazánból kijövő fűtési víz hőmérséklete tág határok között állítható – jelentékeny hatásfokromlás nélkül –, a hőszivattyút igen szűk üzemi paraméterek között muszáj tartani ahhoz, hogy COP értéke, teljesítménye, előállított fűtővíz-hőmérséklete kielégítse az elvárásokat. Hőszivattyús (nem csak levegős) rendszerek tervezése, üzemeltetése, sőt karbantartása során rendszeresen felhasználhatók a távfelügyelettel nyert adatok, melyek birtokában ténylegesen is gazdaságos, magas COP-val működő rendszerek alakíthatók ki.

Nem szabad kizárni a szondás vagy vizes (kutas, felszíni vizes) hőszivattyúk alkalmazási lehetőségének megvizsgálását, de a befecsken-

dezős levegős hőszivattyúk elterjedése a bekerülési árak, egyszerű beépítésük, valamint a leírt részletes vizsgálattal bizonyítottan megfelelő COP értékek elérhetősége miatt előtérbe kerülhet.

Rosszul hőszigetelt épületnél fontos a külső falak és nyílászárók hőtechnikai tulajdonságait javítani, mert akkor lehet igazán a hőszivattyúk előnyét kihasználni! Rosszul hőszigetelt épületnél jó COP esetén is magas lesz a fűtési költség.

A hőszivattyút alacsony hőmérsékletű fűtési hálózatoknál lehet gazdaságosan alkalmazni. Azonban meglévő radiátoros rendszer esetén is – amennyiben megtörténik az épület hőtechnikai feljavítása – meg lehet vizsgálni, hogy a magasabb igényre és víz hőfokra méretezett hőleadók képesek-e kifizetni az épületet megfelelő COP-t biztosító alacsony hőmérsékletű fűtővízzel.

Az elmúlt 30 évben nagyon sok helyen valósult meg csak padlófűtési hálózat. Ezeknél jó lehetőség a levegős hőszivattyú beépítése, az alábbi szempontok miatt:

- GEO tarifa használatával már a – jelen árak mellett – kb. 2,4-nél nagyobb COP esetén egyértelműen olcsóbb a fűtés a gázzal szemben, ezért nem tartalék, hanem fő fűtési energiaként lehet használni. Ezzel a berendezéssel pedig – alacsony hőmérsékletű fűtővíz és időjárásfüggő szabályozás esetén – fűtőszériában átlagban elérhető a 3,5-4 közötti COP.
- Óriási – és egyben nélkülözhetetlen – előny, hogy a korszerű befecskendezős levegős hőszivattyúk fűtési teljesítménye -15°C -ig már egyáltalán nem csökken, vagyis nincs szükség túlméretezett hőszivattyú-teljesítményre vagy sok kW elektromos segédűtésre, mint a korábbi típusoknál. Nem tartjuk jó megoldásnak, hogy a növekvő igényt (hőszükségletet) csökkenő gépteljesítménnyel vagy a COP-t jelentősen lerontó elektromos fűtésrészegítéssel kelljen kielégíteni!
- A fűtőkorszerűsítő levegős hőszivattyú alkalmazásával ugyanazzal a rendszerrel megoldható a zajtalan, huzatmentes, komfortos padlófűtés is.
- Tudatosan képezhetünk biztonsági tartalékot az esetlegesen újra előforduló gázhiányos időszakokra.
- Pályázati támogatás kihasználásával csökkenteni lehet a nem túl olcsó berendezések bekerülési költségét.
- Van egy nem mellékes előnye is a hőszivattyúknak. A gázfűtés esetén a túl jól záródó külső nyílászárókból és egyéb más okokból eredő CO-mérgezések veszélyét ki lehet küszöbölni. A vizsgált lakásnál ugyan a főzés és a használati melegvíz-termelés megmaradt gázenergiával, de a legnagyobb – fűtés okozta – veszélyt itt is meg lehetett szüntetni.

Új építésű családi házaknál, társasházaknál a hőszivattyúk monovalens alkalmazása megalapozott, padló-, fal- és mennyezetfűtő-hűtő rendszerrel kombinálva.

Jó hír a közeljövőre nézve, hogy már folyik annak a weboldalnak a próbaüzeme, ahol szakmai és kevésbé szakmai érdeklődők is online tájékozódhatnak majd az eddig távfelügyelt hőszivattyúk működéséről, megkönnyítve majd ennek az új és vélhetően a jövőben gombamód szaporodó környezetbarát technikának a megismerését.