

**Ötletlapok II. -**  
**Energiahatékonyság növelő ötletek**  
**egyszerű energetikai és gazdasági**  
**számításai**





**Magyar Mérnöki Kamara  
Kiadványsorozata 44.**

**Energiahatékonyságot növelő ötletek – II.**

**MMK FAP azonosító:  
114/2019-ENT**

**Budapest, 2019. augusztus**

A sorozat szerkesztője:  
**NAGY GYULA**  
a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara Energetikai Tagozatának gondozásában,  
a 2019. évi Feladat Alapú Pályázatok pénzügyi keretéből.

A kiadvány a Magyar Mérnöki Kamara tulajdona. Másolása, teljes terjedelmében  
való közzététele csak a Kamara engedélyével lehetséges. Minden jog fenntartva.

A kötet szakmai szerkesztője:

**Dr. Zsebik Albin**

A kötet nyomdai szerkesztője:

**Novák Dániel**

*Szerzők:*

**dr. Balikó Sándor,  
Orbán Tibor,  
Varga Péter,  
dr. Zsebik Albin**

*Lektorálta:*

**Metzing József**

Kiadó:

Magyar Mérnöki Kamara  
1117 Budapest, Szerémi út 4.  
[info@mmk.hu](mailto:info@mmk.hu), [www.mmk.hu](http://www.mmk.hu)

# TARTALOMJEGYZÉK

Előszó .....	7
Bevezető.....	8
<b>1. A fűtési hőszükséglet és energiafelhasználás bázisértéke - dr. Zsebik Albin.....</b>	<b>10</b>
1.1. A hőszükséglet várható értékének meghatározása .....	11
1.2. A hőfelhasználási mutató .....	12
1.3. A várható hőfelhasználás meghatározása .....	14
Irodalom.....	15
<b>2. A lekötött földgáz csökkentése kazáncsere nélkül és kazáncserével - dr. Zsebik Albin.....</b>	<b>16</b>
2.1. A kiinduló helyzet - A tervezői számítások és üzemeltetői tapasztalatok .....	16
2.2. Ellenőrző számítások.....	16
2.3. Javasolt intézkedés .....	18
2.4. A javaslat megengedhető beruházási költsége és érzékenységi vizsgálata.....	18
<b>3. Milyen kazánt válasszunk? - dr. Zsebik Albin .....</b>	<b>20</b>
<b>4. Irreverzibilitások hatása a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelésben - Orbán Tibor.....</b>	<b>23</b>
4. 1. A kiinduló helyzet – a HUHA rövid bemutatása .....	23
4. 2. A javasolt megoldás.....	25
4. 3. A javasolt megoldás értékelése.....	26
Irodalom.....	27
<b>5. Hő tárolása a nagy vízterű kazánokban – Orbán Tibor.....</b>	<b>28</b>
5.1. A kiinduló állapot .....	28
5.2. Javasolt megoldás – hőtárolás a nagyvízterű kazánokban.....	29
5.3. Következtetések napjaink energiagazdálkodására.....	30
<b>6. A visszatérő víz bekötése – dr.Zsebik Albin .....</b>	<b>32</b>
6.1 A kiinduló helyzet .....	33
6.2 A javasolt megoldás és előnye.....	34
Irodalom.....	34
<b>7. Tüzelőberendezés beszabályozása – dr.Zsebik Albin.....</b>	<b>35</b>

7.1 A kiinduló helyzet .....	35
7.2 Javasolt megoldás .....	38
<b>8. Lelúgozási, és leiszapolási veszteségek – dr. Balikó Sándor, dr Zsebik Albin.....</b>	<b>39</b>
8.1. A kiinduló helyzet .....	39
8.2. Javasolt megoldás - a módosított változat.....	40
8.3. Egyszerű energetikai számítások .....	40
8.4. A lúghő hasznosítás megengedhető beruházási költsége és érzékenységi vizsgálata .....	42
Felhasznált források.....	43
<b>9. Gázmotor hűtése – a víz tudja a fizikát – dr.Zsebik Albin .....</b>	<b>44</b>
9.1 A kiinduló helyzet .....	44
9.2 A módosított változat .....	45
9.3 Összefoglaló javaslatok.....	46
<b>10. Termálvíz hűtése – Varga Péter .....</b>	<b>47</b>
10.1. A kiinduló helyzet - a hűtőberendezés kiválasztása .....	47
10.2. A hűtőberendezés illesztése a rendszerbe .....	48
10.3. A hűtőberendezés rendszerbe illesztésének gazdasági elemzése .....	49
10.4. Érzékenységi vizsgálat .....	52
10.5. Összefoglalás .....	53
Irodalom .....	53

## Előszó

A Magyar Mérnöki Kamara támogatásával a 2018. évi Feladat Alapú Pályázatok keretében kezdtük el összegyűjteni és az érdeklődők számára elektronikus formában elérhetővé tenni azokat a gyakorlatban már megvalósított, vagy megvalósításra javasolt ötleteket, jobbító intézkedéseket, amelyek példaként szolgálhatnak a vállalati energetikusoknak, energetikai auditori, vagy szakreferensi feladatokat végző mérnököknek az energiaveszteség-feltáráshoz, szakreferensi munkájukhoz.

A kiadvány szándéka volt az is, hogy a kollégákat tapasztalataik megosztásra, a hasznos ötleteik beküldésére ösztönözze. Keresni fogjuk a módját, hogy a Kamara Energetikai Tagozatának gondozásában a jövőben azokat is közzé tegyük. Így került sor jelen kötetben található ötletek összefoglalása a 2019. évi FAP keretében.

Az ötleteket a gyakorlatban alkalmazott tartalommal ismertetjük,

- a.) bemutatjuk a kiinduló/jelenlegi helyzetet, majd a jobbító javaslatot;
- b.) a javasolt intézkedés által elérhető megtakarítás számításának módját és várható eredményét;
- c.) a gazdasági eredmény érzékenységet a kiinduló paraméterek változására.

A munkánk során szem előtt tartottuk és olvasóinknak is figyelmébe alánjuk az ISO 50 001 energiagazdálkodási rendszer alapját is képező Deming/PDCA ciklus alábbi ábrával szemléltetett alapelvét, azzal összhangban a jobbítási lehetőségek folyamatosan keresését.



*A folyamatos fejlesztésre ösztönző Deming/PDCA ciklus szemléltetése*

Bízom abban, hogy olvasóink a közzé tett 10 javaslat között találnak olyanokat, amelyeket hasznosítani tudnak, s többen lesznek, akik saját ötleteiket, jobbító javaslataikat közzétételre beküldik az Energetikai Tagozat címére.

Dr. Zsebik Albin

## Bevezető

---

Tekintettel arra, hogy az ötletlapok jelen, II. kötete önálló kiadványként kerül az olvasó kezébe, az I. kötet bevezetőjéből az alábbiakban megismétlünk néhány gondolatot.

Az energiaveszteség-feltárás során abból szoktunk kiindulni, hogy a vizsgált rendszereket, technológiai folyamatokat, épületeket és egyéb létesítményeket tervező mérnökök körültekintően végezték munkájukat. Az igényelt feladatra az adott gazdasági környezetben, a rendelkezésre álló berendezések és eszközök felhasználásával a legjobb megoldást választották. Feltételezhetően az üzemeltetők is legjobb tudásuk szerint működtetik a rendszereket.

Mi ekkor a veszteségfeltárást végző mérnök feladata? Mi ez esetben az energiaveszteség?

Az energiaveszteség-feltárás általában hosszú évek óta üzemelő rendszerekre irányul. A vizsgált rendszerek létesítése óta eltelt idő alatt jelentős mértékben megváltozhatott a gazdasági környezet (az energiahordozók elérhetősége, vele összefüggésben az ára). Jelentős mértékben javulhatott a feladat elvégzésére alkalmazható berendezések és eszközök műszaki színvonala, hatékonysága. Ezek szem előtt tartásával veszteségnek tekinthetjük, ha a vizsgált rendszer energiafelhasználása (üzemeltetési költsége) nagyobb, mint az elemzés időpontjában azonos feladat ellátására alkalmas rendszer energiafelhasználása (üzemeltetési költsége).

Az energiaveszteség-feltárás során azt keressük, miképpen jobbíthatók a rendszerek. Azt elemezzük, milyen korszerűsítésekkel, energiahatékonyság növelő intézkedésekkel csökkenthető energiafelhasználásuk, üzemeltetési költségük.

Az energiafelhasználás hatékonyságának növelése befektetési lehetőségek is tekinthető. Fontos emiatt, hogy a jobbító javaslatokat befektetői megközelítéssel is elemezzük. A veszteségfeltárás során igyekszünk meghatározni a javasolt intézkedés által elérhető **energiamegtakarítást**, az aktuális, vagy egy „referencia energiaárral” a **költségmegtakarítást**. Listaárakkal, vagy árajánlatok alapján becsülni a javasolt intézkedés várható **megvalósítási/beruházási költségét**, majd az egyszerű megtérülési idejét.

Kötetünkben, az egyszerű megtérülési idő meghatározása mellett, a befektetői szempontokra tekintettel a közzétett javaslatok többségénél az I. kötetben ismertetett módon meghatározzuk, hogy adott gazdasági elvárás teljesüléséhez, ismert, (nagy pontossággal meghatározott) **A** -val jelölt évenkénti megtakarítás, esetén mennyi lehet egy energiamegtakarítást eredményező intézkedés megvalósításának költsége, **P**, ill. fordítva, ismert beruházási költség esetén



mennyinek kell lenni az évenkénti megtakarításnak. A gazdasági elemzéshez érzékenységi vizsgálatot is végzünk annak érdekében, hogy rámutasson a bizonytalan kiinduló adatok hatására.

## 1. A fűtési hőszükséglet és energiafelhasználás bázisértéke - dr. Zsebik Albin

---

A bázisértéket/alapállapotot különböző célra használják, és különböző módon határozzák meg. Az alábbiakban az energiaveszteség-feltáráshoz kapcsolódóan foglalkozunk vele. Értékének meghatározása nagyon fontos a különböző energiahatékonysági intézkedések által várható megtakarítások becsléséhez, és az intézkedések gazdasági értékeléséhez. Jelentősége megnő akkor, ha az energiafelhasználás és költségének csökkentését haszonrészesedési szerződés alapján végzik. Többször – bíróságon is, - találkoztam a bázisérték utólagos módosításának igényével, mert valamelyik fél becsapottnak érezte magát a megtakarításra vonatkozó eredmény ismeretében.

A fűtés esetében elsősorban a hőszükséglet és a sokéves meteorológiai statisztikai adatok figyelembevételével a várható éves hő, ill. tüzelőanyag felhasználás bázisértékét kell körültekintően meghatározni. A hőszükséglet egyrészt a hőforrás (kazán, fogyasztói hőközpont) teljesítményének meghatározása, másrészt a lekötött tüzelőanyag, hőteljesítménye miatt érdemel különös figyelmet. Az energiaveszteség-feltárás során gyakran tapasztaltuk, hogy a lekötött tüzelőanyag, ill. hőteljesítmény jelentős mértékben meghaladta a szükséges értéket, azaz a valóságos csúcsteljesítményigény lényegesen kisebb a tervezési hőszükségletnél, s ennek csökkentése első lépés lehetett az energiaköltségek csökkentésére [1]. Az üzemeltetési költség változó részének meghatározásához szükséges várható éves hő, ill. tüzelőanyag felhasználást a tervezők csak ritkán adják meg, pedig az viszonyítási alapul szolgál a javasolt energiahatékonysági intézkedés által várható, majd a megvalósítást követően a tényleges megtakarítás kiszámításához.

Mivel sokszor szakmai körökben is eltérő fogalmakat használunk, írásomat azzal kezdem, hogy az alábbiakban én

- **a fűtési hőszükséglet** alatt a fűtött épület, ill. helyiségei megkívánt belső hőmérsékletének tartásához a méretezési külső levegő hőmérsékletnél,  $t_{km}$  szükséges hőteljesítmény igényt értem,
- **hőigénynek** nevezem a méretezési külső levegő hőmérséklettől eltérő külső hőmérsékletek,  $t_k$  esetében a megkívánt belső hőmérséklet tartásához szükséges hőteljesítményt,
- **energiafelhasználásnak/hasznosításnak** nevezem a különböző külső levegőhőmérséklet és időjárási viszonyok esetében a hőigény és a vizsgált időtartam szorzatát,

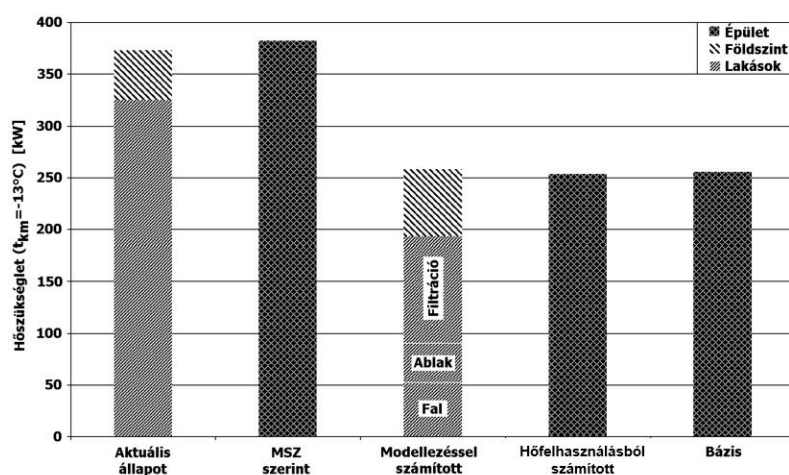
- **energiafelhasználás bázisértékének**, ill. a **várható hőfelhasználásnak** nevezem a +4°C átlagos hőmérsékletű fűtési időszakban a belső hőkomfort tartásához szükséges hőt. Az energiaveszteség-feltárás során a bázisértéket általában az elmúlt időszak adataiból határozzuk meg, a várható hőfelhasználást az energiagazdálkodás tervezésénél használjuk.

A hőszükségletet és hőigényt hőáramként  $\dot{Q}$ -tal jelölöm, a várható hőfelhasználást energiaként  $Q$ -val (pont nélkül). Amíg az első alapegysége W (Watt<sup>1</sup>), a második J (Joule<sup>2</sup>). A nyugat-európai gyakorlatot átvéve a hőfelhasználásra mi is egyre gyakrabban használjuk a kWh mértékegységet.

- **külső hőmérséklet-gyakoriságon** azt az időtartamot, értem, amely azt mutatja, hogy hány olyan nap van egy évben, amelynek átlaghőmérséklete a választott hőmérséklet-tartomány felső határánál kisebb. Az effektív évi időtartam mellett a relatív időtartam bevezetésére számítástechnikai okokból (könnyebben kezelhető és általánosabban értelmezhető) került sor. A relatív időtartam,  $z$  az effektív időtartamnak,  $\tau$  éves maximális időalapra  $\tau_f$  vonatkoztatott értéke,  $z = \tau / \tau_f$ .

## 1.1. A hőszükséglet várható értékének meghatározása

Az 1. ábra első és második oszlopa egy 42 lakásos távfűtött épületnek a tervező által annak idején a szabvány által meghatározott módon számolt hőszükségletét és a hőszolgáltatónál lekötött hőtéljesítményt mutatja.



1. ábra Az épület különféle módon meghatározott hőszükségei

<sup>1</sup> A mértékegységet James Watt-ról (1736. január 19. – 1819. augusztus 25.) skót feltalálóról és mérnökről, a gőzgép feltalálójáról nevezték el

<sup>2</sup> A mértékegységet James Prescott Joule (1818. december 24. – London, 1889. október 11.) angol fizikusról nevezték el.

Ezek az értékek kiinduló állapotnak tekinthetők, az energetikai auditornak azonban ellenőrzése mind műszaki, mind gazdasági szempontból fontos.

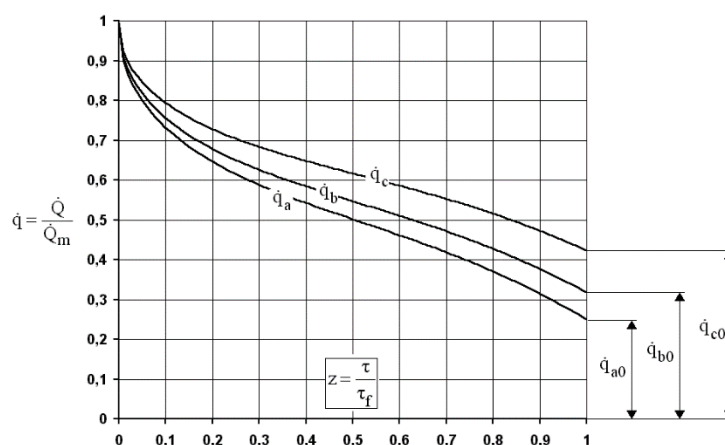
Műszaki szempontból a beépített, hőtermelő (felhasználói hőközpont) névleges teljesítményéhez kapcsolódó üzemviteli jellemzők ellenőrzéséhez, gazdasági szempontból a lekötött teljesítmény miatt fontos. Az auditornak tekintettel kell lennie az energetikai audit minimális tartalmi követelményeire is, ami szerint az energetikai auditnak ki kell terjednie „a költséghatékonyabb energia-felhasználási módok feltárására és elemzésére, a megújuló energiaforrások alkalmazásának lehetőségére, valamint a fejlettebb üzemeltetési eljárások és esetleges új berendezések bemutatására”. Az új berendezések esetén nem mindegy, hogy a szükségesnél egy nagyobb, vagy kisebb berendezést vesz számításba.

A harmadik oszlop egy részletesebb, az épület hőtechnikai tulajdonságait is figyelembe vevő számítással, a negyedik oszlop az elmúlt évek fogyasztási adataiból lett meghatározva. Tekintettel arra, hogy a modellezésen alapuló részletes hőtechnikai és a hőfelhasználásból számított hőszükséglet közel azonos értéket adott, a kettő középértékéként határoztuk meg a hőszükséglet azon értékét, amelyre az új berendezés kiválasztható ill. a lekötött teljesítmény megváltoztatható (a hőszükséglet bázisértékeként jelölt ötödik oszlop).

Az alábbiakban a hőszükségletnek az elmúlt évek energiafelhasználásából történő meghatározásának módját ismertetem és ajánlom az olvasók figyelmébe. Ebben fontos szerepet kap az ún. **hőfelhasználási mutató**.

## 1.2. A hőfelhasználási mutató

A 2. ábra a relatív időtartam függvényében ábrázolja a hőigénynek,  $\dot{Q}$  hőszükséglethez,  $\dot{Q}_m$  viszonyított értékét  $\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_m}$ .



2. ábra A hőigények viszonyított értékeinek változása

Az ábrán a fűtési hőigény (a), a fűtési és melegvíz-szolgáltatási hőigény (b), valamint a fűtési, melegvíz-szolgáltatási és technológiai hőigény (c) összege viszonyított értékeinek változása látható az időtartam függvényében.

A fűtési időben az éves hőfelhasználás,  $Q_f$  a mindenkorai hőigénynek a fűtési időszak tartományában meghatározott időszerinti integrálja.

Legyen a fűtési időszak hossza a fentebb megnevezett maximális időalap,  $\tau_f$ . Az időtartamot  $\tau$ -val jelölve az éves fűtési hőigény:

$$Q_f = \int_0^{\tau_f} \dot{Q}_f(\tau) \cdot d\tau$$

Az általánosabb leírást eredményező dimenziótlan alakban felírt viszonyított értékekkel felírható:

$$Q_f = \dot{Q}_{fcs} \cdot \tau_f \cdot \int_{z=0}^1 \dot{q}_f \cdot dz$$

ahol a hőfelhasználási mutató  $q_f = \int_{z=0}^1 \dot{q}_f \cdot dz$ , ha  $\dot{q}_f = \frac{\dot{Q}_f}{\dot{Q}_{fcs}}$  ill.  $z = \tau/\tau_f$

Ennek megfelelően a fűtési hőszükséglet ismeretében **a fűtési időben várható hőfelhasználás:**

$$Q_f = \dot{Q}_{fcs} \cdot \tau_f \cdot q_f$$

**A fűtés évi csúcskihasználási időtartama** ezek után:  $\tau_{fcs} = \tau_f \cdot q_f$

A fentiekre tekintettel megállapítható, hogy a vizsgált földrajzi területekre (ami az éghajlati viszonyoktól függően egy országrész, vagy egy város) a külső hőmérsékletgyakoriság ismeretében meghatározható az ún. **fajlagos hőfelhasználási mutató ( $q_f$ )**.

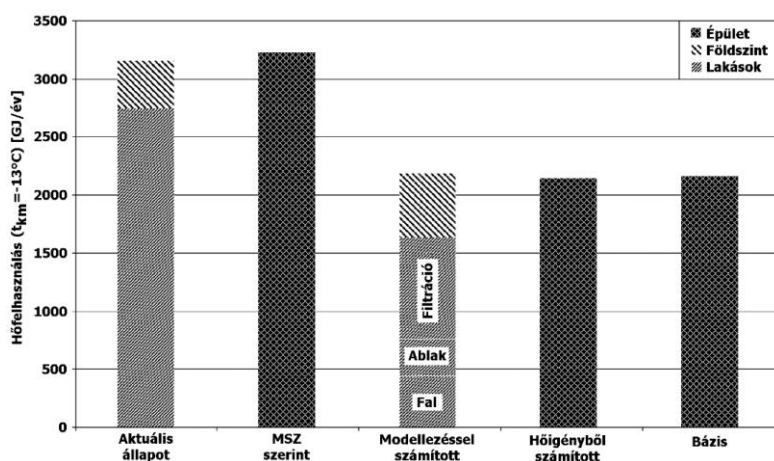
Meghatározásával egy olyan – az adott körzetre jellemző – konstans értéket kapunk, amely jól felhasználható

- a hőszükséglet ismeretében a várható hőfelhasználás,  $Q_f = \dot{Q}_{fcs} \cdot \tau_f \cdot q_f$ , vagy
- az elmúlt évek hőfelhasználása alapján meghatározott bázisérték ismeretében a hőszükséglet számításához,  $\dot{Q}_{fcs} = Q_f / (\tau_f \cdot q_f)$ .

A fajlagos hőfelhasználási mutató a fűtési időszakban nemcsak a fűtési hőfelhasználásra alkalmazható, hanem a külső hőmérséklettől függetlennek tekinthető használati melegvíz és a technológiai hőfelhasználás figyelembevételére is.

### 1.3. A várható hőfelhasználás meghatározása

A 3. ábra az épület várható, ill. tényleges hőfelhasználását mutatja a fentiekben ismertetett sorrendben. A modellezés részleteinek ismertetésétől területi okok miatt eltekintek, az elmúlt évek hőfelhasználásából számított negyedik oszlop számítási módját az alábbiakban ismertetem.



3. ábra Az épület különféle képpen meghatározott hőfelhasználása

Legyen  $Q_i$  az  $i$ -edik évhez tartozó tényleges fűtési hőfelhasználás,  $\bar{t}_{ki}$  a vizsgált időszakban az adott körzet külső átlaghőmérsékleteinek átlaga. Ha közmegegyezéssel elfogadjuk, hogy a fűtési időnyben Magyarországon a külső átlaghőmérséklet

$\bar{t}_k = +4^\circ\text{C}$ , a tényleges hőfelhasználást célszerű erre a külső átlaghőmérsékletre korrigálni, majd az  $n$  év átlagos hőfelhasználását,  $\bar{Q}_f$  (3. ábra negyedik oszlopa) a következő összefüggéssel meghatározni:

$$\bar{Q}_f = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot \frac{t_b - \bar{t}_k}{t_b - \bar{t}_{ki}}}{n}$$

ahol:  $t_b$  - fűtött helyiségben az előírt, vagy a fogyasztó által meghatározott hőmérséklet.

Három fűtési időny tényleges hőfelhasználásával és külső átlaghőmérsékletével meghatározott hőfogyasztás  $\bar{Q}_f = 2141 \text{ GJ/év}$ .

A vizsgált esetben a területre jellemző fajlagos hőfelhasználási mutató  $q = 0,515$ . A fentiekben bemutatott összefüggésekkel  $\bar{Q}_f = 2141 \text{ GJ/év}$  átlagos hőfelhasználás és  $\tau_f = 190 \text{ nap/év}$  fűtési időszak figyelembevételével az 1. ábra negyedik oszlopaként ábrázolt hőszükséglet  $253 \text{ kW}$ . Amint fentebb már említésre került, a hőszükséglet bázisértékét (1. ábra ötödik oszlopa) a modellezésen alapuló részletes hőtechnikai és a hőfelhasználásból számított hőszükséglet középértékeként határoztuk meg. Értékének  $\dot{Q}_{fmb} = 256 \text{ kW}$ -t fogadtunk el.  $\tau_f = 190 \text{ nap/év}$ ,  $q = 0,515$  értékek, valamint a mértékegységek miatti átváltási szorzatok

figyelembevételével a hőfelhasználás bázisértéke

$$Q_{fb} = \dot{Q}_{fmb} \cdot \tau_f \cdot q = 2164 \text{ GJ/év lesz.}$$

## Irodalom

---

[1] Zsebik A.: A fűtési hőszükséglet és a várható hőfelhasználás. Energiagazdálkodás 52. évf. (2011) 6. szám 30. old.

[2] Szabó I. - Zsebik A.: Hőmérséklet- és hőigény-tartamfüggvények matematikai modelljei. Energia és Atomtechnika, XXXIV. évf. (1981), 312 - 316. old.

## 2. A lekötött földgáz csökkentése kazáncsere nélkül és kazáncserével - dr. Zsebik Albin

---

### 2.1. A kiinduló helyzet - A tervezői számítások és üzemeltetői tapasztalatok

---

Az épületgépész tervező annak idején kiszámolta, hogy az épület hőszükséglete megfelelő biztonsági tényezővel  $\dot{Q}_{fm} = 350$  kW. Ennek kielégítéséhez 3 db 120 kW névleges teljesítményű, hagyományos, földgáztüzelésű kazánt választott, amelyhez  $\eta = 90$  %-os átlagos éves kazánhatásfok feltételezésével meghatározta a teljesítmény lekötési igényt,  $\dot{Q}_{fgt} = (350 \cdot 3,6) / 0,9 = 1\,400$  MJ/h  $\approx 41,18$  Nm<sup>3</sup>/h.

A tervező  $q = 0,52$  fajlagos hőfelhasználási mutatóval és  $\tau = 4368$ h/év (182 nap) fűtési időtartammal kiszámolta, hogy a várható hőfelhasználás  $Q = \dot{Q}_{fm} \cdot q \cdot \tau = 350 \cdot 0,52 \cdot 4368 \cdot 3,6 / 1000 = 2\,862$  GJ/év lesz.

$\eta = 90$  %-os átlagos éves kazánhatásfokkal meghatározta, hogy a földgáz felhasználás hőegyenértéke  $Q_{fg} = Q / \eta = 2862 / 0,9 = 3\,180$  GJ/év,  $H = 34$  MJ/Nm<sup>3</sup> fűtőértékkel a várható földgáz felhasználás  $\sim 93\,530$  Nm<sup>3</sup>/év lesz.

Az üzemeltető sok éven keresztül meg volt elégedve, mert a gázfelhasználás sokkal kevesebb volt a tervezett értéknél.

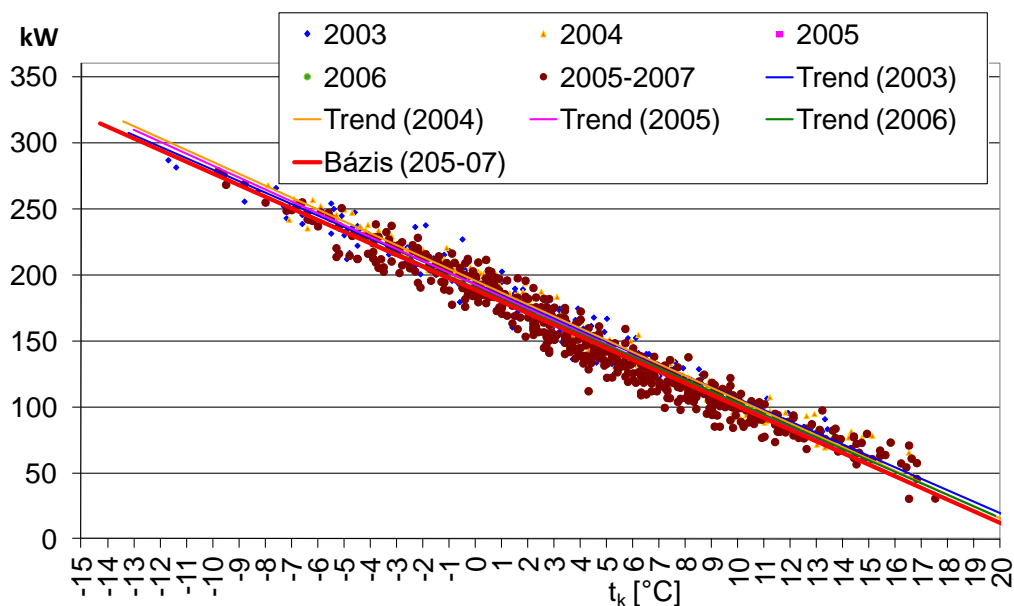
### 2.2. Ellenőrző számítások

---

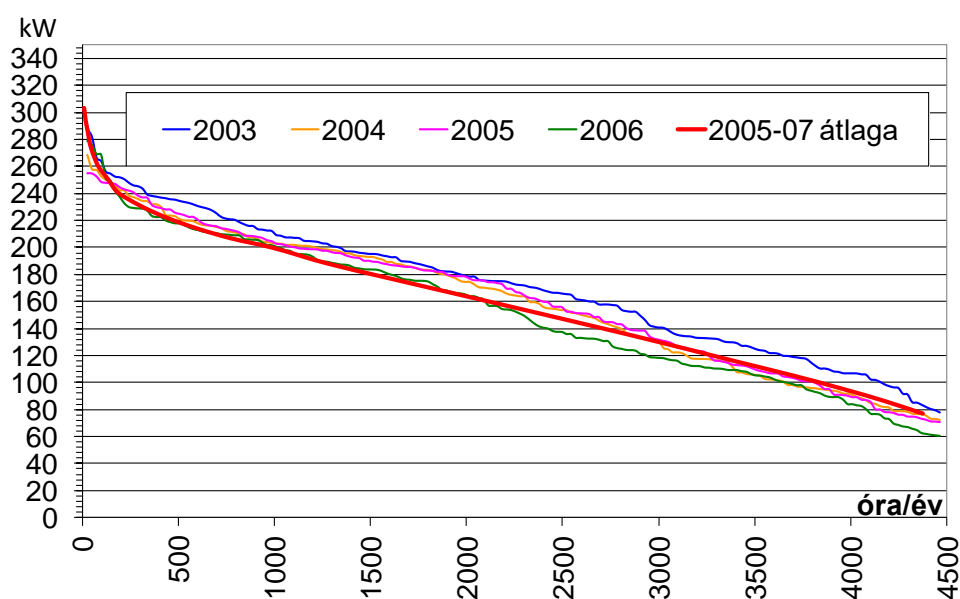
Az energiaveszteség feltárás során felfigyeltünk az üzemeltő azon mondatára, hogy három kazánnal az elmúlt években nem kellett üzemelni. Ez azt is jelentette, hogy a szükségesnél nagyobb mennyiségű földgázteljesítményt kötnek le, s bár igaz, hogy a maximális földgáz felhasználás kevesebb a tervező által meghatározott várható értéktől, de így is sok.

A rendelkezésre álló földgáz fogyasztási adatok a külső hőmérséklet függvényében a 4. ábraán láthatók. Az ábra már mutatja, hogy a hőszükséglet  $-13$  °C külső levegő hőmérsékletnél csak 300 kW érték körül van. Ezt a tartamdiagram is igazolta (5. ábra).





4. ábra A gázfogyasztás a külső levegő hőmérséklet függvényében



5. ábra A gázfogyasztás tartamdiagramja

A fentiek alapján következőképpen gondolkodtunk. Ha a méretezési külső levegő hőmérsékletnél a földgáz fogyasztás a hagyományos kazán részterhelésénél feltételezett átlagosan  $\eta = 80 \%$  hatásfokával 300 kW volt, az épület hőszükséglete mindössze  $\dot{Q}_{fm} = 300 \cdot 0,8 = 240$  kW. Ennek kielégítésére két 120 kW, vagy három 80 kW névleges hőteljesítményű kondenzációs kazán is elegendő. A kiválasztásnál feltételeztük, hogy a kondenzációs kazánok jól illeszthetők a meglévő fűtési rendszerhez, - a 350 kW hőszükséglethez kiválasztott radiátorok lehetővé teszik a fűtési hőmérsékletszint csökkentését, - s átlagos hatásfokuk közelíteni fogja a 100%-ot.

## 2.3. Javasolt intézkedés

A fentiek alapján a kazánok és a gázfogyasztásmérő cseréjét javasoltuk.

Az újonnan meghatározott hőszükséglethez és kondenzációs kazánokhoz a teljesítmény lekötési igény,  $\dot{Q}_{\text{fgt}} = 240 \cdot 3,6 = 864 \text{ MJ/h} = 25,41 \text{ Nm}^3/\text{h}$ , a várható hő- és földgáz felhasználás az üzemviteli tapasztalatok és a földgáz fogyasztás alapján meghatározott hőszükséglettel  $Q = Q_{\text{fm}} \cdot q \cdot \tau = 240 \cdot 0,52 \cdot 4368 \cdot 3,6 / 1000 \approx 2\,192 \text{ GJ/év}$  lesz.  $H = 34 \text{ MJ/Nm}^3$  fűtőértékkel  $\sim 57\,720 \text{ Nm}^3/\text{év}$  földgáz felhasználás tervezhető.

A javasolt intézkedés által a teljesítmény lekötés  $\sim 540 \text{ MJ/h}$ -val, ill.  $16 \text{ Nm}^3/\text{h}$ -val csökkenthető. Az előző évek  $\sim 72\,000 \text{ Nm}^3$  átlagos földgázfelhasználásához képest a várható földgáz felhasználás változatlan belső hőmérséklet tartás mellett  $\sim 14\,000 \text{ Nm}^3$ -el fog csökkenni.

## 2.4. A javaslat megengedhető beruházási költsége és érzékenységi vizsgálata

A fentiek alapján megtakarításnak tekinthető a gázfogyasztás mérő cserével járó alapdíj csökkenése. Annak idején viszonylag egyszerű volt, s általa szinte költségráfordítás nélkül évente  $\sim 280.000,-$  Ft megtakarítást eredményezett. (A megtakarítást a lakók a fűtési rendszerük korszerűsítésére fordították.)

Az alábbiakban azt határozzuk meg, hogy mennyi lehet a kazáncsere megengedhető költsége, ha azt feltételezzük, hogy általa  $\sim 14\,000 \text{ Nm}^3/\text{év} \approx 476 \text{ GJ/év}$ -el fog csökkenni a földgáz felhasználás.

$3500 \text{ Ft/GJ}$  referencia földgázárral számolva a várható megtakarítás  $\sim 1,67 \text{ MFt/év}$ .

Keressük meg, hogy  $1,67 \text{ MFt}$  éves megtakarítás esetén **mennyi lehet a kazáncsere megengedhető költsége**, ha elvárásnak tekintjük, hogy  $n=5$  év gazdasági élettartam alatt termeljen  $\text{MARR}=5\%$  minimális elvárt hozamot.

MARR ill.  $i = 5\%$       [MFt]  $A = 1,67,- \text{ MFt}$

**P = ?**

$n = 5 \text{ év}$

0 1 2 3 4 5      [év]

A feltételezett gazdasági élettartam és a MARR, ill. az alábbi képletben  $i$  figyelembevételével az állandó sorozat, jelenérték tényezője:

$$USPW = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = \frac{(1+0,05)^5 - 1}{0,05(1+0,05)^5} = 4,33$$

Ezzel a megengedhető többletberuházási költség:

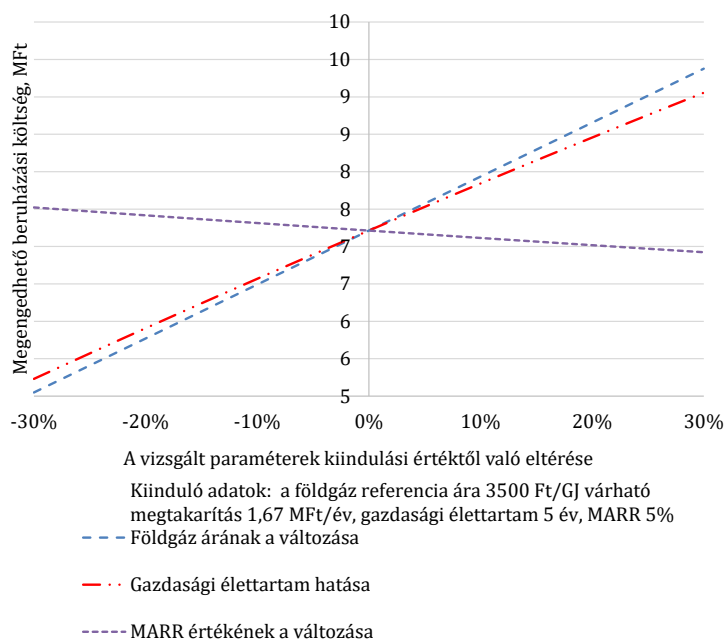
$$P_{5 \text{ év}, 5\%} = A \cdot USPW = 1,67 \cdot 4,33 \approx \mathbf{7,23, -MFt}$$

MARR = 10 % esetén a megengedhető többletberuházási költség

$$P_{5 \text{ év}, 10\%} = A \cdot USPW = 1,67 \cdot 3,79 \approx \mathbf{6,3, -MFt}$$

A megengedhető beruházási költség érzékenységét a hő referencia árának (ezzel megegyezően változik a várható energiamegtakarítás) a gazdasági élettartamnak és a MARR változásának hatására határoztuk meg.

Az alaphelyzetnek feltételezett kiinduló adatokat és az alapparaméterek változásának hatását a 6. ábra mutatja.

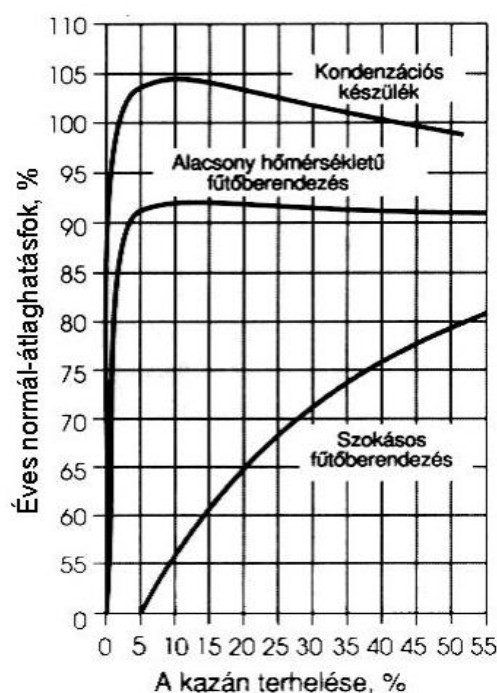


6. ábra A megengedhető beruházási költség érzékenysége a meghatározó paraméterek változására

### 3. Milyen kazánt válasszunk? - dr. Zsebik Albin

A közelmúltban több fűtési kiviteli tervet kellett véleményeznem. Hőforrásként korábban szinte kivétel nélkül alacsony hőmérsékletű, vagy atmoszférikus égővel ellátott, az utóbbi időben azonos típusú kondenzációs kazánok egymással párhuzamos beépítését tapasztaltam.

Ha kazánok üzemvitelét az energiagazdálkodás szempontjából kell elemezni, a kazánok hatásfok görbéjére gondolok. A 7. ábra a kazán terhelése függvényében mutatja a hatásfok változását.

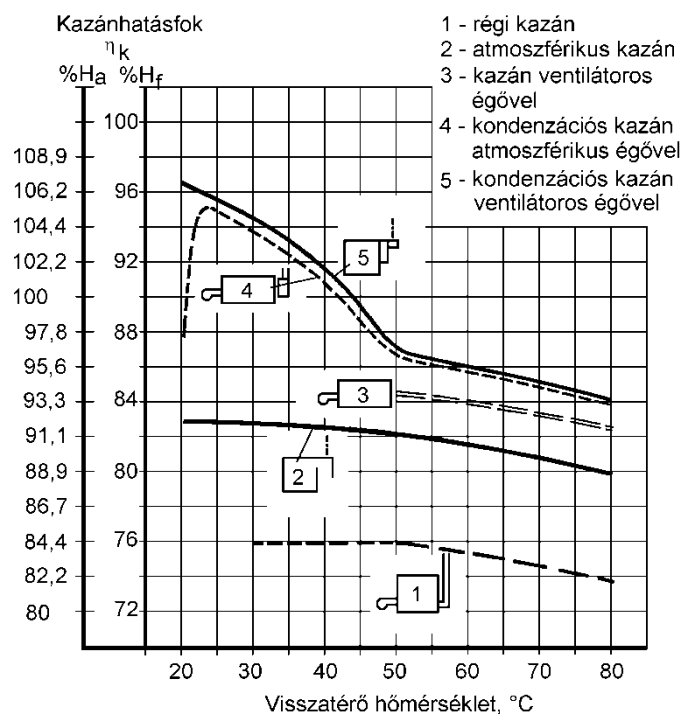


7. ábra A kazánhatásfok a terhelés függvényében [Barna L.]

Látható, hogy amíg az alacsony hőmérsékletű kazán hatásfoka a terhelés függvényében alig változik, a szokásos fűtőberendezésé részterhelésen jelentős mértékben csökken, a kondenzációsé nő.

A 8. ábra a kazánba belépő ill. a fűtésről visszatérő fűtőközeg hőmérsékletének függvényében mutatja a különböző típusú kazánok hatásfokának változását.

Az éppen elemzett kazánoknál (a páralecsapódás, ill. az alacsony hőmérsékletű korrózió elkerülése érdekében)  $\geq 60$  %-os égőterhelésnél, gázüzemnél  $60^{\circ}\text{C}$ ,  $< 60$  %-os égőterhelésnél  $65^{\circ}\text{C}$  volt az alsó kazánvíz-hőmérsékletnek megadva. Éves átlagos hatásfoknak a gépkönyv  $75/60^{\circ}\text{C}$  névleges fűtési rendszer esetében 94 %-ot adott meg.



8. ábra A kazánhatásfok változása a visszatérő fűtőközeg hőmérséklete függvényében [Barna L.]

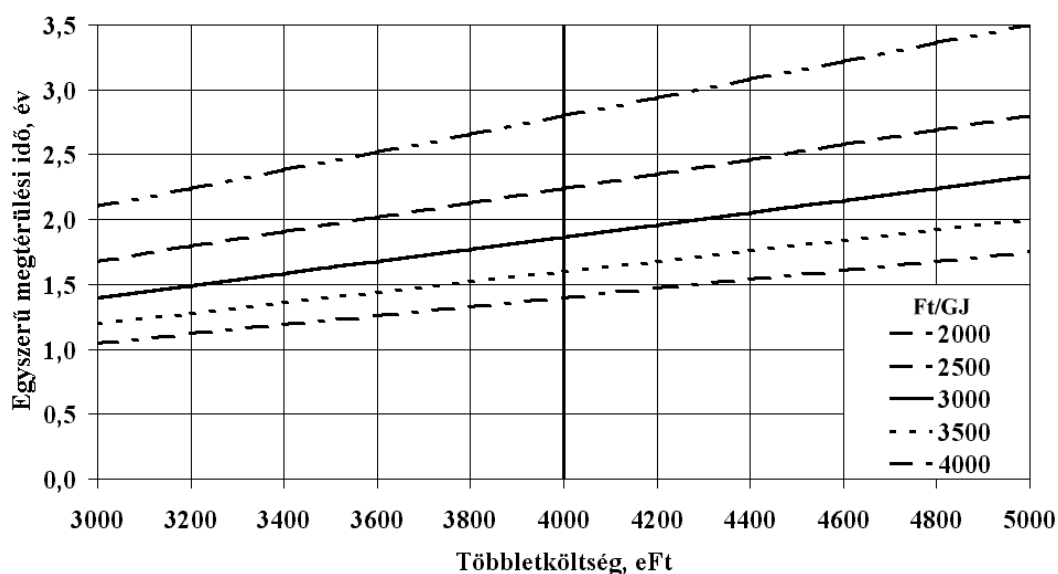
Kíváncsi voltam, milyen gazdasági mutatókat eredményezne, ha az egyik kazán helyett egy kondenzációs kazánt építenének be, s a kazánokat nem párhuzamosan, hanem sorba kapcsolnák. A számításokat 1 MW méretezési hőszükségletű, 80/60 °C névleges hőmérsékletű rendszerre végeztem el. Azt feltételeztem, hogy a kondenzációs kazánba belépő víz hőmérséklete megegyezik a fűtési körről visszatérő hőmérséklettel és a külső hőmérséklet függvényében a -13°C és a +12°C közti külső léghőmérséklet tartományban 60°C és 30°C tartományban lineárisan változik. A > 5°C külső hőmérsékletig egyedül üzemelő kondenzációs kazánban, ill. az alacsonyabb külső hőmérsékletnél vele sorba kapcsolt alacsony hőmérsékletű kazánban a hőtermelést a Budapestre vonatkozó külső hőmérséklet gyakoriság figyelembevételével határoztam meg. A kondenzációs kazán hatásfokát a külső hőmérsékletre rendelt visszatérő fűtőközeg ( $t_v$ ) hőmérséklet függvényében a 2. ábra 5 jelű görbét leíró  $\eta_k = 105,74 + 0,205 \cdot t_v - 0,0071 \cdot t_v^2$  összefüggéssel számoltam, az alacsony hőmérsékletű kazán hatásfokát a visszatérő hőmérséklettől függetlennek, 93%-nak feltételeztem.

A sokéves meteorológiai statisztikai adatok alapján 1 MW méretezési hőszükséglet esetén a ~183 napos fűtési időnyben a várható hőfelhasználás ~ 8448 GJ/év. Ennek megtermeléséhez a 93%-os hatásfokkal üzemelő kazánokkal a hőigény kielégítéséhez ~9083 GJ/év hőegyenértékű földgázt kellene felhasználni. Ha a hőt egy ~500 kW-os kondenzációs és egy hasonló teljesítményű alacsony hőmérsékletű

kazánnal elégítenénk ki, a tüzelőhő felhasználás  $\sim 8369$  GJ/év lenne. A kettő különbsége  $\sim 714$  GJ/év. 2000 Ft/GJ földgázzal a megtakarítás  $\sim 1.428$ -eFt/év.

Tételezzük fel, hogy egy 500 kW-os alacsony hőmérsékletű kazán ára 2000,-eFt, ha a hasonló teljesítményű kondenzációs kazán és a kéményének többlet költsége ennek kétszerese, azaz 4000,-eFt, a többlet beruházás egyszerűsített számítással meghatározott megtérülési ideje  $\sim 2,8$  év. (két és félszeres többletköltség esetén 3,5 év).

A 9. ábra a többletköltség függvényében mutatja, hogyan változik a megtérülés ideje különböző földgáz ár esetén.



9. ábra A kondenzációs kazán megtérülési idejének változása a többlet beruházási költség és földgázár függvényében

Mielőtt a fentiek alapján alapterhelésre a kondenzációs kazánt választják, ne feledkezzenek meg a kazánok rendszerbe illesztéséről. Lehet, hogy abban is kell valamit változtatni.

## 4. Irreverzibilitások hatása a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelésben - Orbán Tibor

---

Egyetemi tanulmányaink alapján jól tudjuk, hogy az energiaátalakítás folyamatát, így a távhő és a villamos energia termelését irreverzibilis folyamatok, szükségszerű mennyiségi és minőségi veszteségek kísérik.

Ezek jelentőségét igazolja, hogy a magyar energetika olyan jelentős személyiségei, mint Lévai, Heller és Büki professzorok nagy teret szenteltek az irreverzibilitások feltárásának és kiértékelésének. Az *„...energiaátalakítás energetikai hatékonyságát a termodinamikai átlaghőmérsékletek, a lokális, illetve az expanzióval és kompresszióval arányos irreverzibilitások és a mennyiségi veszteségek egységes összefüggések szerint határozzák meg”* [1]. *„Az irreverzibilitás okozta veszteségeket lokális irreverzibilitási tényező és expanzióval/kompresszióval arányos irreverzibilitási hatások jellemzi. A környezetbe távozó veszteségeket mennyiségi hatások fejezi ki. A hőmérséklet/entrópia-szemlélettel meghatározott energetikai mutatók elsősorban elvi vizsgálatra alkalmasak, de számszerűen is nagyon pontos jellemzést adnak”* [2].

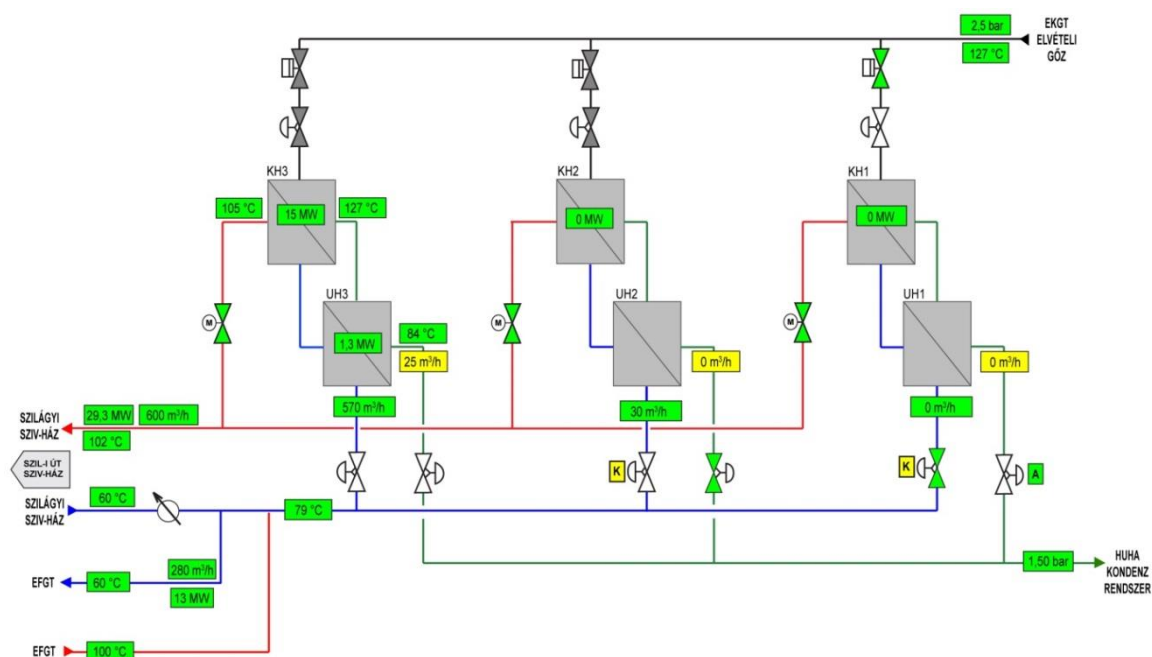
Jelen fejezet egy erőművi kapcsolásból kiindulva számszerű példát mutat be, amelyet korábban már Zsebik Albin is felvetett [3], továbbá utal az erőműben végrehajtott olyan átalakításokra, amelyek nagy hatású irreverzibilitásokat szüntettek meg. A példa bemutatásának célja a keveredés okozta irreverzibilitás energetikai hatásának számszerűsítése, továbbá figyelemfelhívás arra vonatkozóan, hogy *„a fojtás, keveredés, irreverzibilis entrópia növelés, ezért ha lehet, a folyamatokban el kell kerülni”* [3].

A szemléltetés tárgyául az FKF Zrt. Hulladékhasznosító Művébe (HUHA) telepített ellennyomású fűtő-gőzturbina távhő oldali kapcsolási megoldását választottuk.

### 4. 1. A kiinduló helyzet – a HUHA rövid bemutatása

---

A HUHA 1981. óta vesz részt Budapest távhőellátásában. A 4 db, egyenként 40 t/h kapacitású gőzkazán névlegesen 40 bar, 405°C paraméterű frissgőzt állít elő, amelyet az eredeti konfigurációban egy 14 bar nyomáson elvétellel rendelkező, névlegesen 24 MW villamos teljesítményű elvételes-kondenzációs fűtő gőzturbina (EKGT) dolgozott fel (lásd a Mű egyszerűsített távhőoldali kapcsolását a 10. ábraán).



10. ábra A HUHA egyszerűsített távhőoldali kapcsolása<sup>1</sup>

A távhőtermelés céljára elvett gőzt a FŐTÁV hőközpontjában három, egymással gőz- és forróvíz oldalon egyaránt párhuzamosan kapcsolt, folyadék utóhűtőkkel ellátott, névlegesen 20-20 MW kapacitású gőz/víz hőcserélőre vezetik. A csapadék visszakerül a HUHA kondenz rendszerébe.

A FŐTÁV-hőközpont a távhőrendszeri vizet a Szilágyi úti (Galopp utcai) szivattyúállomáson keresztül az észak-pesti távhőrendszer káposztásmegyeri ágának visszatérő vezetékéből kapja, a felmelegített közeget pedig ugyancsak a szivattyúállomáson át – véghőfokra állítás után – az előremenő vezetékbe táplálja vissza. Meg kell említeni, hogy az előremenő ágba való csatlakozás csak az elmúlt években valósult meg, előtte a HUHA-ban felmelegített víz szintén a visszatérő ágba, az elvétel „után” lett visszavezetve. Ezzel egy irreverzibilitás, egy keveredési folyamat került kiiktatásra, aminek eredményeképpen az Újpesti Erőmű fűtőturbinájának alaphőcserélői szignifikánsan alacsonyabb hőmérsékletű vizet kaptak, ezáltal javult a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés energetikai hatékonysága.

Nyilvánvaló, hogy a FŐTÁV hőközpontot tápláló gőz nyomása (14 bar) a távhőtermeléshez jellemzően szükséges tartományon jelentősen kívül esik, ami az EKG-n jelentős villamos teljesítmény-kiesést okoz (fojtás okozta irreverzibilitás). Ennek csökkentésére több lehetséges megoldást vizsgáltunk (pl. „nyomásejtő” fűtőturbina beépítése az EKG elvételére), amelyek közül egy 20 t/h gőznyelésű ellennyomású fűtőgép (EFGT) gyűjtősínre való csatlakoztatására esett a választás. Az erőművi paraméterű frissgőzt feldolgozó gőzturbina névleges

<sup>1</sup> Forrás: FŐTÁV Zrt.



hőteljesítménye 13 MW, névleges villamos teljesítménye 3 MW. 20 t/h gőznyelés áthelyezése az EKGT-ről az EFGT-re mintegy 1,6 MW villamos teljesítménytöbblet elérését tette lehetővé változatlan hulladékfeldolgozás mellett. Ez tehát a 14 bar nyomásról fűtési nyomásszintre való fojtás miatti irreverzibilitás megszüntetésének eredménye. Az EFGT kihasználhatóságát a kazánok a 2006. évi felújítása eredményeként bekövetkezett rendelkezésre állási növekménye alapozta meg.

### **A jelenleg is meglévő irreverzibilitás**

A 2011-ben termelésbe lépett új turbina vízoldalon a FŐTÁV-hőközpont „elé” csatlakozik, a szivattyúállomásról visszaérkező vízáram egy részét felmelegíti, majd az elvétel után szintén a visszatérő ágba táplálja. A keveredés irreverzibilis entrópia-növekedéssel jár, amelynek energetikai hatását egy számpéldával mutatjuk ki. Ennek az alábbiakban bemutatott számításához feltételezett üzemállapotra vonatkozó energetikai jellemzőit a 10. ábraán is megadtuk. (Megjegyezzük, hogy a FŐTÁV hőközpontban 15 MW hőteljesítményt a menetrendtől függően általában két hőcserélővel adnak ki, a számítások egyszerűsítése érdekében egy hőcserélősor üzemével számoltunk.)

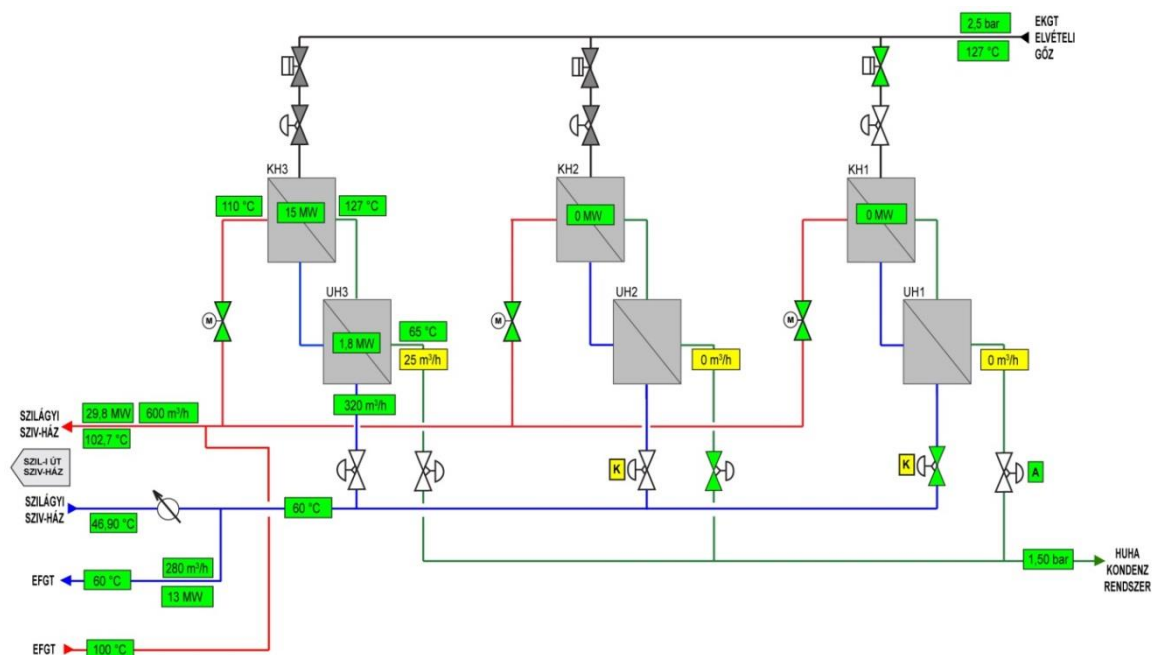
A vizsgált állapotban a hőforrásba a rendszerből visszatérő víz hőmérséklete 60°C, a turbinával termelt hő 13 MW, ehhez a gőzös hőcserélő 15 MW-ot ad hozzá, és a hőkiadást növeli az utóhűtő hőteljesítménye. Mérési adat hiányában feltételeztük, hogy az utóhűtőben a kondenzátum – a rajta átáramló fűtővíz térfogatáramtól függetlenül – a belépő távhőrendszeri víz hőmérsékleténél 5°C-kal magasabb hőmérsékletre képes lehűlni. Ezzel a feltétellel az utóhűtő hőhasznosítása a jelenlegi kapcsolatban mintegy 1265 kW (UH3).

## **4. 2. A javasolt megoldás**

---

Energetikailag helyes kapcsolat esetén az EFGT által felmelegített vizet nem a visszatérőbe, hanem a FŐTÁV-hőközpont gőzös hőcserélői által felmelegített (előremenő) ágba kellene keverni. Így az utóhűtőbe belépő alacsonyabb hőmérsékletű víz az eredetinél jobban lehűtené a kondenzátumot, és mintegy 540 kW ( $1805-1265=540$  kW, UH3) többlet hőteljesítmény hasznosítását tenné lehetővé (11. ábra).

A többlet hőteljesítmény csökkentené az észak-pesti távhőrendszer valamely más hőforrásának (célszerűen az Újpesti Erőműnek) a terhelését, de azt a HUHA tápvízrendszerébe többletként kellene betáplálni.



11. ábra A javasolt megoldás

Ez arányában csak közel 4%-a a gőzös hőcserélő teljesítményének, de 2250 Ft/GJ földgázzal és 90 %-os kazánhatásfokkal számolva már naponta 120 eFt, 185 nap fűtési időnnel számolva több mint 22 MFt megtakarítást eredményezne. Úgy vélem ez már nem elhanyagolható. A kapcsolás megváltoztatásával 54 kg/GJ fajlagos CO<sub>2</sub> kibocsátással számolva évente 37 t-val csökkenne a CO<sub>2</sub> kibocsátás is. A számok tükrében úgy vélem, hogy az átkötést még utólag is érdemes megvalósítani.

### 4. 3. A javasolt megoldás értékelése

A javasolt megoldás elvileg kétféleképpen értékelhető.

A többlet hőteljesítmény kihasználásának időtartama, jelenleg szerződéses okok miatt a fűtési időnyre, az EFGT rendelkezésre állását is figyelembe véve, mintegy 4200 h/év-ben számszerűsíthető. Ezzel az Újpesti Erőműnél kiváltható hőmennyiség 8165 GJ/év, amelyből adódó megtakarítás – azaz a FŐTÁV „nyeresége” - 2972 Ft/GJ hődíjjal kalkulálva 24,3 MFt/év.

**1. eset:** A HUHA kazánoknak van szabad gőztermelő kapacitásuk (és ehhez tüzelőanyaguk)

Ekkor a többlet hőtermelés többletköltsége a felhasználandó tüzelőanyag ára. A hulladékot, mint tüzelőanyagot fiktíven feltételezett 1300 Ft/GJ fajlagos tüzelőanyagárral, illetve a Művet 82 %-os energetikai hatásfokkal figyelembe véve, a többlet hőtermelés költsége a HUHA-ban 12,9 mFt/év, továbbá mintegy 1160 t többlet hulladékigény keletkezik.

## 2. eset: Ha nem vehető figyelembe többlet kazán/hulladék kapacitás

Ekkor a többlet távhőtermelés a kondenzációs villamosenergia-termelést csökkenti. A hőkiadás miatt 62 kWh/GJ átlagos fajlagos kiesett villamos energiával számolva az értékesített villamos energia csökkenése 506,2 MWh/év. Ezt a HUHA 2019. évi villamosenergia-értékesítési árával (14,18 Ft/kWh) számolva, a HUHA elmaradó villamosenergia-árbevétele 7,2 MFt/év.

A FŐTÁV „nyeresége” tehát mindkét esetben egyértelműen meghaladja a HUHA „vesztését”. A költségek és bevételek – kizárólag elvi alapon megvalósítható – meghatározását és ezek hőárakra gyakorolt hatásának értékelését azonban bonyolítja, hogy azokat a HUHA, illetve a FŐTÁV-csoport szintjén eltérő módszerrel lehet csak megközelíteni, továbbá figyelembe kell venni a berendezések eltérő tulajdonosi körét is, és nem szabad megfeledkezni a hatósági árak képzéséért felelős MEKH szerepéről sem.

Mindenképpen megjegyzendő azonban, hogy a fenti – optimistának tekinthető – számításokkal kimutatható potenciális megtakarítások is jelentősen elmaradnak a HUHA-ban az irreverzibilitások csökkentése/megszüntetése érdekében a távhőtermelésben megvalósított fentebb említett fejlesztések eredményeitől.

Az esetleges átkötés utólagos megvalósításának gazdaságosságát a fentiek tükrében a jövőben a termelés tényadataira alapozva érdemes átgondolni.

Az elmondottak alapján összefoglalásként mindenképpen megerősíthető a bevezetésben is idézett gondolat: *„a fojtás, keveredés, irreverzibilis entrópia növelés, ezért ha lehet, a folyamatokban el kell kerülni”.*

## Irodalom

---

- [1] Energiaátalakítás, gáz-és gőzerőművek – 2000 dr. Büki Gergely <https://www.libri.hu/konyv/Energiaatalakitas-gaz-es-gozeromuvek.html>
- [2] A Lévai örökség - Dr. Büki Gergely <https://www.enpol2000.hu › index2>
- [3] Zsebik A.: „Fojtás, keveredés, irreverzibilis entrópia növelés” ENERGIAGAZDÁLKODÁS 50. évf. 2009. 3. szám

## 5. Hő tárolása a nagy vízterű kazánokban – Orbán Tibor

---

A 2000-es évek dinamikusan növekvő számú gázmotoros (kis)erőművi beruházásaiban jelentős módon érintettek voltak egyes távhőszolgáltatók hőbázisai. Az újonnan létesült és a meglévő hőtermelő létesítmények kooperációjában legelterjedtebb megoldásként a kapcsolt energiatermelő egység mind a nyári, mind a téli időszakban alaphőforrásként üzemelt, nyári időszakban gyakorlatilag a nap 24 órájában kiszolgálva az egyes távhőrendszerek hőigényeit.

A kapcsoltan termelt villamos energia kötelező átvételéhez kapcsolódó zónaidők bevezetésével problémaként jelentkezett, hogy az alacsonyabb átvételi árral jellemezhető villamos mélyvölgy időszakának hőigényét a csúcshőforrás rövid idejű üzembevételével kellett fedezni, amely energetikai és üzemviteli szempontból is hátrányként jelentkezett. A probléma áthidalására viszonylag egyszerű megoldást kínált a távhőhálózat természetes hőtároló képességének kihasználása. A hétköznapi reggel hat óráig tartó háromórás mélyvölgy időszakában sok esetben elég volt a hőigény kielégítésére, ha a mélyvölgy előtt az előremenő vízhőmérsékletet (amely bizonyos esetekben a visszatérő ág hőmérsékletének megemelésével is együtt járt) a távhőszolgáltatók megemelték.

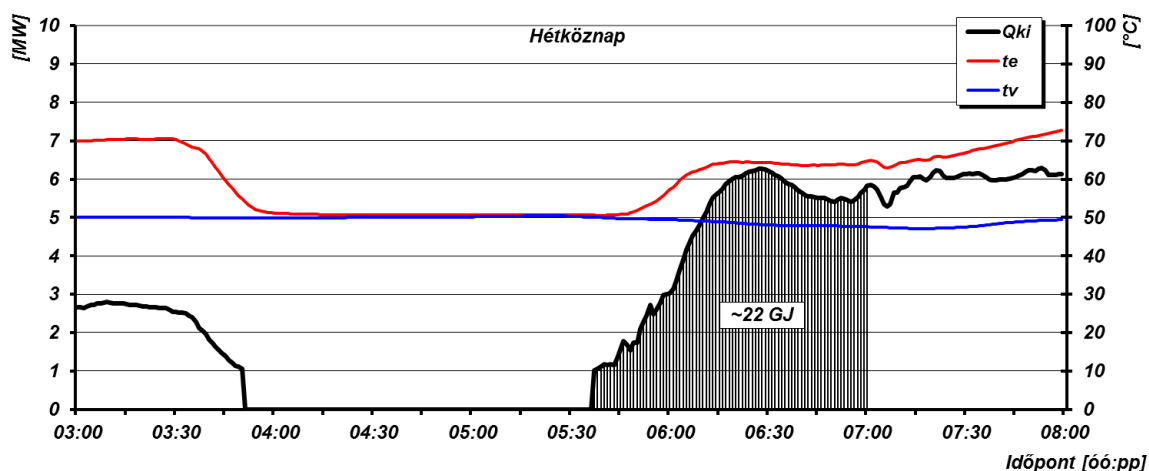
A probléma jelentősége azonban tovább növekedett a zónaidők újabb módosulásakor, a reggel hétig tartó három és fél órás mélyvölgy bevezetésével, egyrészt a reggel hét órai időpont miatt, mert az már jellemzően a használati-melegvízfogyasztás reggeli csúcsidezőszak közepét jelentette, másrészt a három és fél órás időtartam miatt, mert az fokozottan gondot jelentett azokban a távhőrendszerekben, ahol a hőközpontok használati-melegvíz tárolóinak méretét jelentős mértékben lecsökkentették. A hajnali-reggeli távhőrendszeri csúcshőigény tehát a hőtermelésben is csúcsként jelentkezett.

A fentebb ismertetett probléma kazánüzem nélküli megoldására a FŐTÁV Zrt. rákoskeresztúri hőközvetít ellátó fűtőművében 2008. év nyarán sikeresen bevezetésre került az a gyakorlat, amely a létesítmény öt darab Láng gyártmányú nagy vízterű forróvízkazánját (összes víztérfogat mintegy 200 m<sup>3</sup>) használta hőtárolásra.

### 5.1. A kiinduló állapot

---

A FŐTÁV Zrt. egyik szigetüzemű rendszerében egy átlagos nyári munkanapon az előremenő és visszatérő fűtőközeg hőmérséklet, ( $t_e$  és  $t_v$ ) valamint a kiadott hő ( $Q_{ki}$ ) változását 3 és 8 óra között a 12. ábra szemlélteti.



12. ábra A vizsgált rendszerben a fűtőközeg hőmérsékletek és hőteljesítmény változása a kiinduló állapotban

A 12. ábra az elnyújtott mélyvölgy bevezetését megelőző időszakban, egy átlagos nyári munkanap adatain keresztül mutatja a távvezetési előremenő és visszatérő hőmérsékleteket ( $t_e$  és  $t_v$ ), valamint a gázmotoros egység által megtermelt, fűtőműből kiadott hőmennyiség ( $Q_{ki}$ ) változását 3 és 8 óra között. Az ábrán jelölt ~22 GJ volumenű hőmennyiség egyrészt azt a hőmennyiséget jelenti, amelyet kazánüzem mellett lett volna szükséges kiadni, másrészt azt a hőmennyiséget, amelynek a be- és kitárolását meg kellett valósítani.

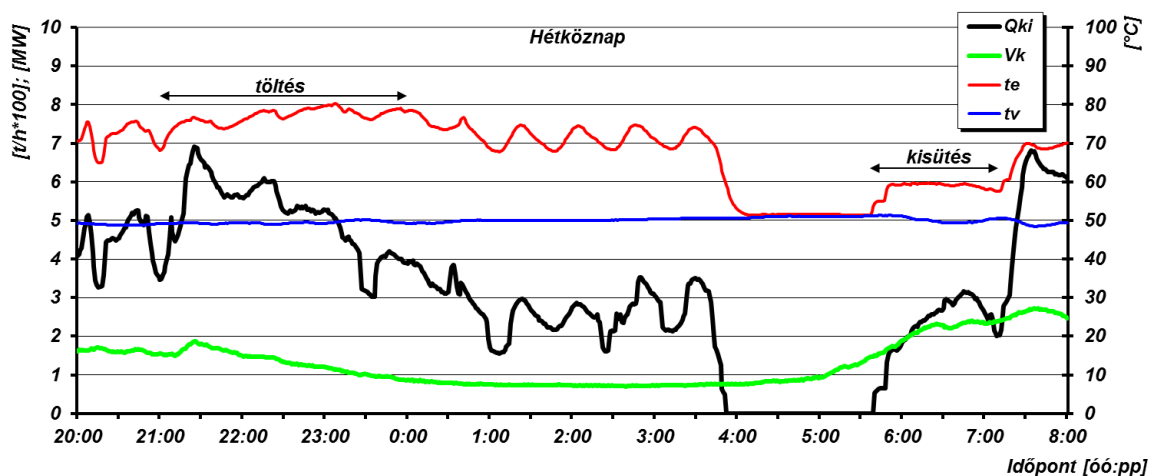
## 5.2. Javasolt megoldás – hőtárolás a nagyvízterű kazánokban

A hőtárolás összes műszaki feltétele adott volt, és a kazánok előtti motoros elzáró szelepek a betárolás és a kisütés távolról (vezénylőből) történő irányítását is lehetővé tették. A hőtárolás megkezdéséhez azonban még mérlegelni kellett, hogy a naponta történő felmelegítési és lehűtési ciklus milyen hatással van a kazánokra. Részletes vizsgálat nélkül megítélhető volt, hogy a napi egyszeri 30 °C-ot nem meghaladó hőmérséklet-változás a kazánok szerkezeti anyagaiban nem okoz majd értékelhető károsodást.

A 13. ábra egy tipikus tárolásos üzemvitelt elevenít fel a primer körben keringetett fűtőközeg hőmérsékleteinek ( $t_e$  és  $t_v$ ) és térfogatáramának ( $V_k$ ), valamint a fűtőműből kiadott hőmennyiségnek ( $Q_{ki}$ ) a változásán keresztül. Amint az ábrán látható, a töltés nem a mélyvölgyet megelőző völgy, hanem a legmagasabb átvételi árat biztosító csúcsidőszakra volt ütemezve. A kisütés során ~60°C hőmérsékletű vízzel panaszmentesen volt biztosítható a hőközvet használatai-melegvíz igénye a reggeli csúcsidőszakban.

A tapasztalat tehát azt mutatta, hogy a hőtárolás a kazánokban műszakilag megoldható, amely nemzetgazdasági szempontból is kedvezőnek tekinthető, mert a közvetlen hőtermelés nagyhatékonyságú kapcsolt energiatermeléssel került kiváltásra, ráadásul a korszak földgáz hődíja és a kapcsoltan termelt hő díja közötti

különbség fedezhette a hőtárolás egyéb járulékos költségeit is, például a némileg megnövekedett hőveszteséget.



13. ábra A primer körben keringetett fűtőközeg hőmérsékleteinek, térfogatáramának valamint a fűtőműből kiadott hőmennyiségnek a változása

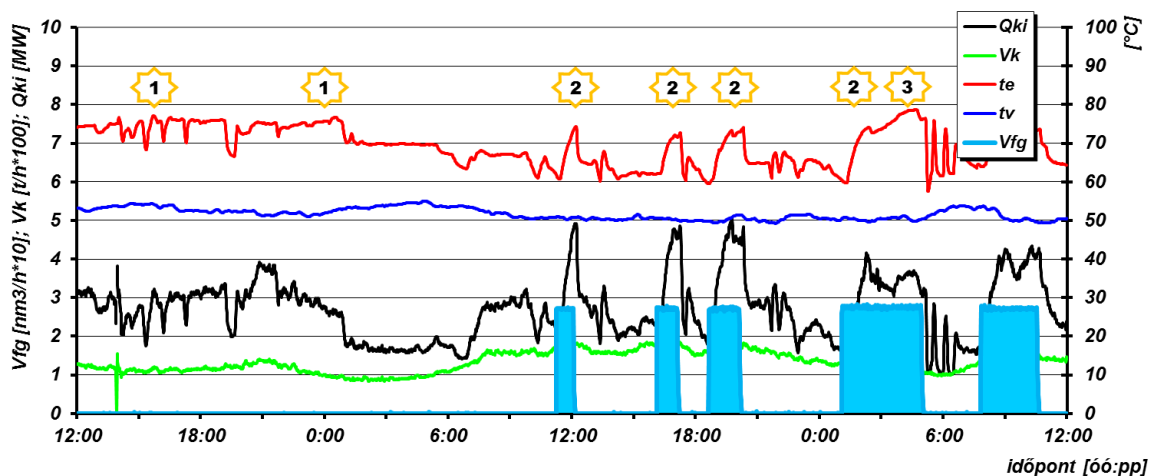
### 5.3. Következtetések napjaink energiagazdálkodására

Felvetődik a kérdés, hogy manapság, sok évvel a KÁT rendszer átalakulását (megszűnését) követően a szabályzóközpontokba szerveződött gázmotoros egységek üzemvitele okoz-e, okozhat-e hasonló jellegű problémákat, és azok megoldására szóba jöhet-e hasonló megoldás.

A 14. ábra 2019. év nyarának egymást követő két munkanapján a korábbiakhoz hasonlóan mutatja a primer körben keringetett fűtőközeg hőmérsékleteinek ( $t_e$  és  $t_v$ ) és térfogatáramának ( $V_k$ ), valamint a gázmotoros egység által megtermelt, fűtőműből kiadott hőmennyiségnek ( $Q_{ki}$ ) a változását, kiegészítve a fűtőmű földgázfelhasználásával ( $V_{fg}$ ), amelyből a kazánok szükségszerű, de rövid idejű üzembe vételei is jól látszanak.

A korábbi gyakorlathoz hasonló hőtárolás a jelenlegi gázmotoros üzemviteli körülmények között előre tervezhető módon már nem hajtható végre, mivel a gázmotortól megkövetelt villamos oldali igény nem jelezhető előre a kívánt pontossággal. A 14. ábraán szereplő adatokon keresztül az is látható, hogy még egy, a távhőoldali nyári igényekhez igazítottan működő egységnél is van olyan terheltségi állapot, amikor a hőmérsékletszint elégséges lenne az átvett hő betárolására (az ábrán 1-es feliratú csillaggal jelölve), és olyan is, amikor az nem elég a megkövetelt előremenő hőmérséklet tartásához (itt  $\sim 60^\circ\text{C}$ ), és ennek következtében szükségszerű kazánindítás következik be (2-es feliratú csillaggal jelölve), vagy akár feleslegesen hosszú kazánüzem kerül fenntartásra (3-as feliratú

csillaggal jelölve), tehát pusztán üzemviteli szempontból **a hőtárolásnak továbbra is lenne létjogosultsága.**



14. ábra A primer körben keringetett fűtőközeg hőmérsékleteinek, térfogatáramának a fűtőműből kiadott hőmennyiségnek és földgázfelhasználásának változása

A kazándobot közepesen jó hőszigeteltségű tárolóként felfogva, az abba betárolt 80-85°C-os víz 48 órát követően legfeljebb 8-10°C-ot veszít a hőmérsékletéből, amely a jellemző keringtetett térfogatáramok mellett még mindig elegendő a távhőrendszer 50°C körüli visszatérő hőmérsékletének 60°C fölé emeléséhez.

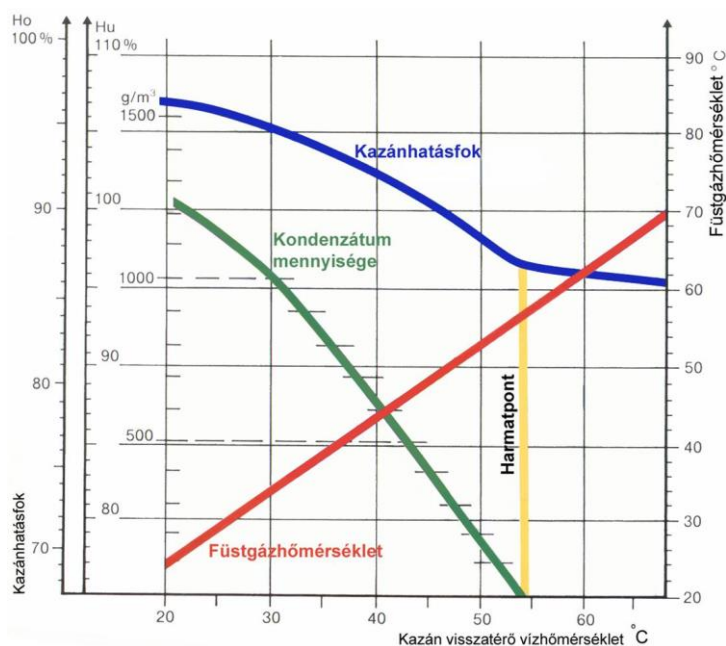
Amennyiben a nyári időszakon belüli kazánindítások száma eléri az üzemviteli szempontból még tolerálható értéket, a hő betárolásának és kitárolásának feltételei rendelkezésre állnak, van értelmezhető árrés a távhő oldali földgázköltség és a kapcsoltan termelt hő átvételének költsége között, valamint fennáll, illetve fenntartható a megfelelő szintű együttműködés (előrejelzési, beavatkozási képesség) az energiatermelő partnerek között, akkor praktikusnak látszik a korábban bevált műszaki gyakorlat felelevenítése és a megfelelő kiigazításokkal történő alkalmazása.



## 6. A visszatérő víz bekötése – dr.Zsebik Albin

A nagyterjedésű forró és melegvíz hálózattal rendelkező hőszolgáltatással kapcsolatosan szoktam hangsúlyozni, hogy a termelő, a szolgáltató és a felhasználó – ha gazdasági érdekeltységük látszólag eltérők is – kölcsönösen egymásra utaltak. Az egymásra utaltságot a gazdaságos üzemvitel megvalósíthatóságával magyarázom. A központi hőellátás többek között azért kedvező, mert lehetőséget ad a kapcsolt hő- és villamosenergia termelésre, az ipari hulladékhő és a megújuló energiaforrások hasznosítására. Mindkét esetben fontos az előremenő és a visszatérő fűtőközeg hőmérsékletének minél alacsonyabb értéken tartása. Az előremenő fűtőközeg hőmérsékletét a tervező által megadott, vagy a szolgáltató üzemviteli tapasztalata alapján meghatározott hőmérsékleten kell tartani. A visszatérő fűtőközeg hőmérsékletét a fogyasztói rendszerek és a fogyasztói hőközpontok kapcsolása határozza meg. A gazdaságos hőtermelés érdekében különös figyelmet kell fordítani a legmegfelelőbb kapcsolások kialakítására.

A visszatérő fűtőközeg hőmérséklete nemcsak a távhőrendszerek esetében érdemel figyelmet. A központi fűtésnél is egyre több helyen építik be a kondenzációs kazánokat. Tapasztaltam azt is, hogy a tervezők nem kellő körültekintéssel törekednek a visszatérő fűtőközeg hőmérsékletének alacsony értéken tartására, pedig a kondenzáció csak a harmatpont alatti hőmérsékleten lép fel, a kazánok hatásfoka annál nagyobb, minél alacsonyabb a visszatérő fűtőközeg hőmérséklete (15. ábra).



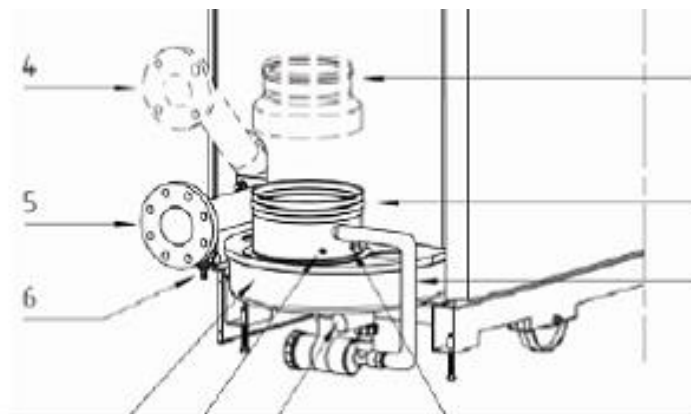
15. ábra A kazánhatásfok és a kondenzátum változása a visszatérő fűtőközeg hőmérséklete függvényében [1]



## 6.1 A kiinduló helyzet

Néhány évvel ezelőtt épületgépészeti kiviteli terveket kellett véleményeznem a hatékony energiagazdálkodás szempontjából. A fentebb ismertetettek miatt természetes volt számomra, hogy megnézzem, miként törekedett a tervező a visszatérő fűtőközeg alacsony értéken tartására. A  $\sim 450$  kW radiátoros és  $\sim 150$  kW névleges teljesítményű padlófűtés biztosítása mellett a kondenzációs kazán feladata volt a használati melegvíz melegítése is. Az egyébként körültekintően elkészített kiviteli tervekben csupán azt kifogásolhatót találtam, hogy **a két visszatérő belépő csonkkal is rendelhető kazán helyett csak egycsonkos kazán beépítését tartalmazta.**

A gyártmány katalógusból kivágott, a 16. ábraán látható rajzrészlet bizonyára sokak számára ismert. A visszatérő fűtőközeg bevezetési lehetőségét mutatja eltérő névleges hőmérsékletű rendszerekhez csatlakoztatás esetén. A gyártó szerint, rendszertől függően 3-5% hatásfoknövelés érhető el a két belépő csomák kihasználásával. (A kazánt két csomakkal csak külön kérésre szállítják.)

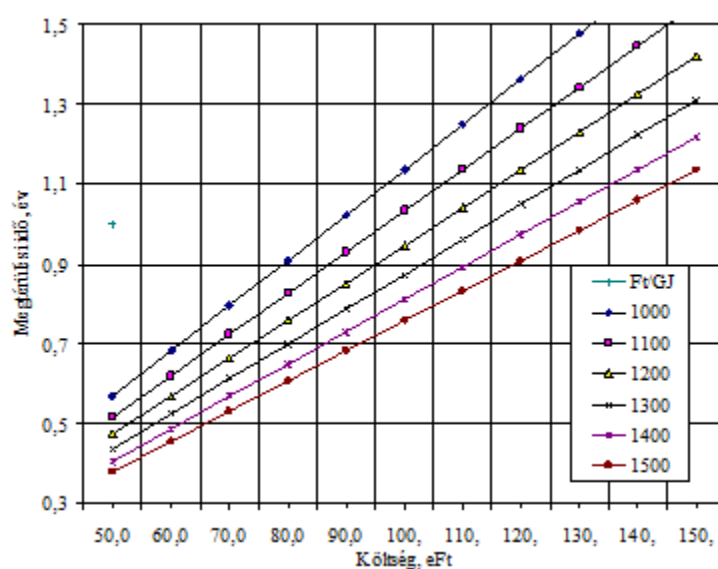


16. ábra A kazán két, fűtőközeg bevezető csomákja (4, 5) [2]

A  $90/70^{\circ}\text{C}$  névleges hőmérsékletű radiátor és  $36/30^{\circ}\text{C}$  padló fűtésű rendszer esetében meghatároztam a fűtőközeg hőmérsékletét arra az esetre, amikor a két rendszerből összekeverve egy csomakon, vagy külön-külön két csomakon lép a kazánba. Egyszerűsített számítással meghatároztam, miként változik a kazán hatásfoka a fenti két esetben. A külső hőmérséklet gyakoriság figyelembevételével a fűtési időnyben az átlagos hatásfok 2,5%-al adódott magasabbra a kétsomkos bevezetésnél. (Megfelelően rendszerbe illesztve a HMV termelés a hatásfok különbséget tovább növeli.)

## 6.2 A javasolt megoldás és előnye

A 17. ábra mutatja, hogy a kazán átalakításának költsége függvényében hogyan változik az átalakítás megtérülési ideje különböző földgáz ár esetén. Úgy látszik, utólagosan is érdemes elvégezni az átalakítást, s a jövőben célszerű e hatásfokjavítás lehetőségeire már a tervezéskor figyelemmel lenni.



17. ábra Az átalakítás megtérülési idejének változása a beruházási költség és földgázár függvényében

## Irodalom

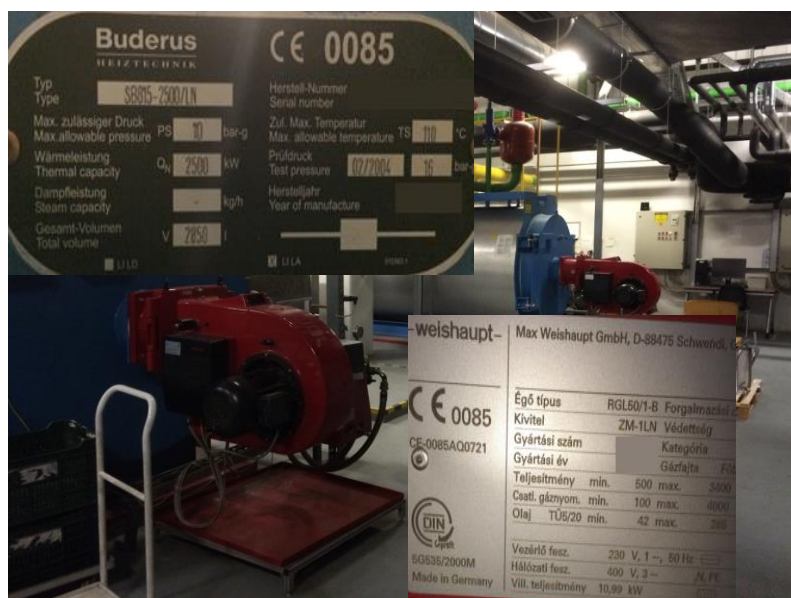
- [1] Gaál Cs.: Gázfelhasználás Hollandiában és a gázfel-használás fejlődése. Nemzetközi Gázkonferencia és szak-kiállításon elhangzott előadás, Siófok, 2005. október 5-6.
- [2] Remeha Gas310/610 ECO kondenzációs gázkazán család. Gépkönyv. Marketbau-Remeha Kft.

## 7. Tüzelőberendezés beszállítása – dr.Zsebik Albin

Az energiaveszteség-feltárás során meglepéssel állapítottam meg, hogy a hőtermelésre korszerű, kondenzációs kazánokat alkalmaznak. Meglepődtem azonban, amikor az üzemvitelt kezdtem elemezni.

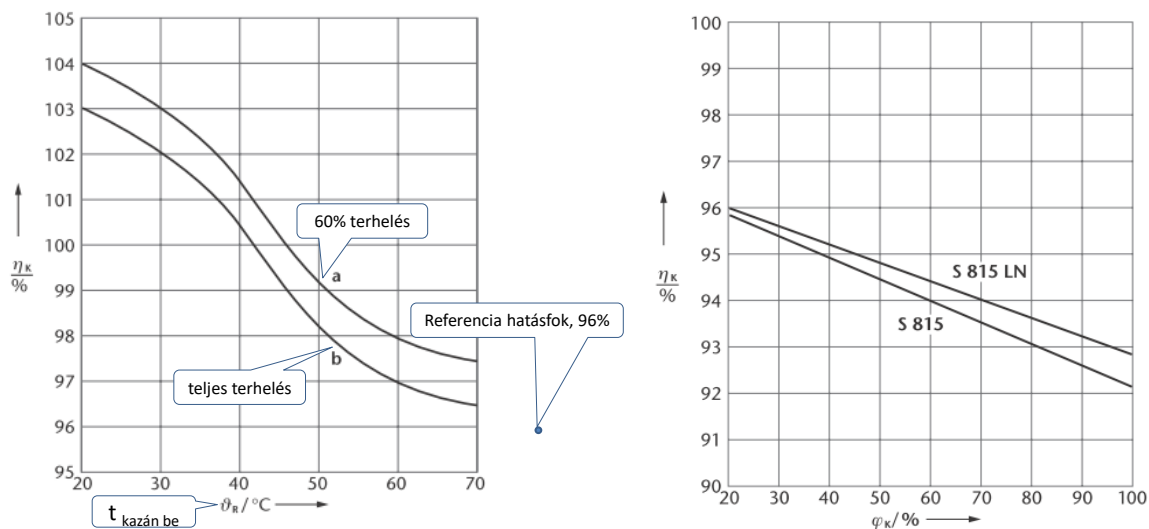
### 7.1 A kiinduló helyzet

A gyáregység létesítésekor az épületben kialakított energiaközpontban a fűtési és használati, szükség esetén technológiai melegvíz igény kielégítésére Weisthaupt tüzelőberendezésekkel 2 db korszerű, Buderus gyártmányú LOGANO SB815-2500/LN típusú kondenzációs kazán került beépítésre. (18. ábra).



18. ábra A kazánok az energiaközpontban

A kazán katalógus szerinti hatásfoka névleges teljesítménynél 80/60°C fűtési rendszer feltételezésével 93,1 %. A kazán hatásfoka a kazánba belépővíz hőmérsékletének a terhelésének függvényében a 19. ábra szerint változik.



19. ábra A kazán hatásfokának változása a kazánba belépő víz hőmérsékletének és a terhelésének függvényében

A Max Weishaupt GmbH gyártmányú RGL50/1-B típusú ZM-1LN kivitelű vegyes tüzelésű (földgáz és tüzelőolaj) berendezés folyamatos szabályozásra alkalmas. Teljesítmény tartománya 600-4900 kW. A maximális villamos teljesítmény igénye 13 kW<sub>e</sub>.

A tüzelőberendezések automatikus kényszerlevegős berendezések, amelyek ki- és bekapcsolását elektronikus szabályozó végzi. A teljesítmény a kis- és nagyláng állások között a hőigénynek megfelelően fokozatmentesen állítható be.

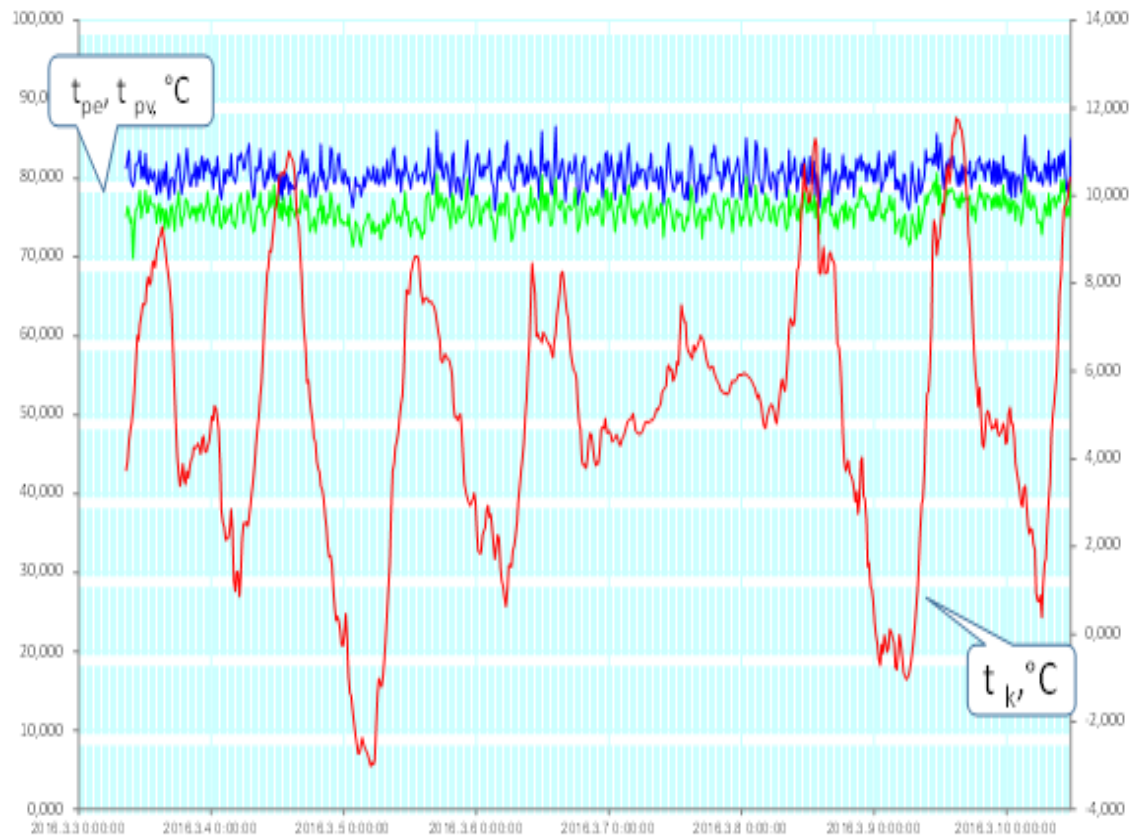
A gyáregység energiafelügyeleti rendszere visszamenőleg tárolta az üzemviteli adatokat, így lehetőség volt az üzemvitel elemzésére. Megállapítható volt, hogy amíg a külső levegő hőmérséklete -6°C és +21°C között változott, a kazánból kilépő, és az osztó előtti hőmérséklet az alapjelként beállított 80°C értéktől alig tért el. A vizsgált időtartamban szinte azonos volt az osztóból visszatérő és a kazánba belépő víz hőmérséklete is ( $t_{\text{pv}}$  átlag = 76,81°C,  $t_{\text{kazán be}}$  átlag = 76,98°C). Az eltérés a hibahatáron belül van. Ez alapján megállapítható, hogy a visszakeverő szelep folyamatosan zárva tartotta a visszakeverő ágat.

A 20. ábra a 2016. év március első hetében az előremenő és visszatérő fűtőközeg, valamint a külső levegő hőmérséklet változását mutatja.

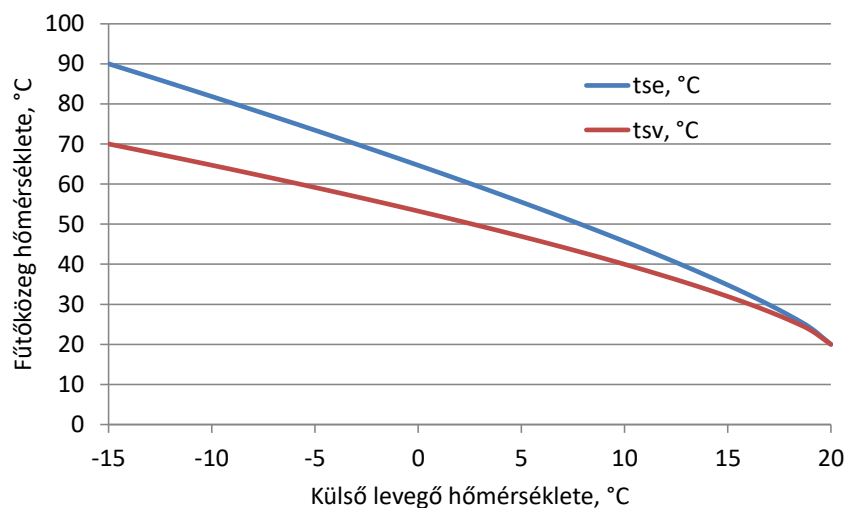
Az ábrán most nagyobb bontásban látható, hogy a külső levegő hőmérsékletének változását csak kis mértékben követi az előremenő és visszatérő fűtőközeg változása.

Ez különösen fontos, ha fűtés külső hőmérséklet szerinti, ún. minőségi szabályozására és a beépített kazánok 19. ábraán látható hatásfok változására gondolunk. Ha a fűtési rendszer 90/70°C névleges paraméterekre lett tervezve, a méretezési belső hőmérséklet +20 °C, az előremenő fűtőközeg hőmérsékletét a

külső levegő hőmérsékletének függvényében a 21. ábra szerint kellene változtatni. Ez esetben a visszatérő fűtőközeg változása az ábra szerint várható.



20. ábra Az előremenő és visszatérő fűtőközeg, valamint a külső levegő hőmérsékletének változása

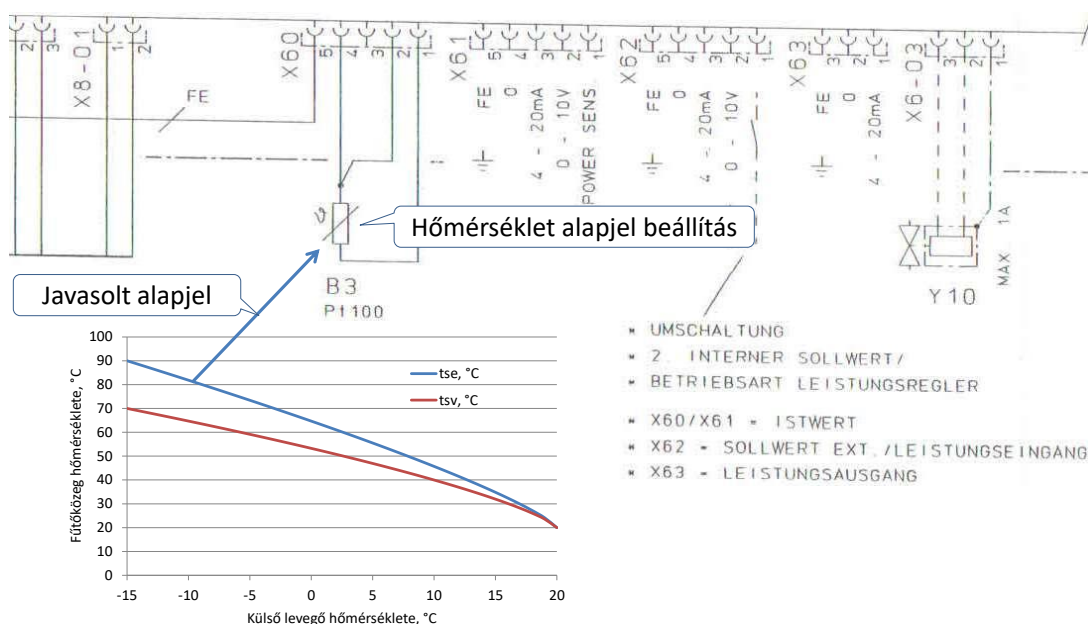


21. ábra A 90/70 °C névleges hőmérsékletű fűtési rendszerben az előremenő és visszatérő fűtőközeg hőmérsékletének feltételezett változása

## 7.2 Javasolt megoldás

A hőtermelés szabályozása jelenleg az üzemeltető által beállított hőmérséklettel történik. A beállított hőmérséklet a fentebb bemutatott képek alapján  $\sim 80^{\circ}\text{C}$ .

Javasoljuk ennek megváltoztatását és a 22. ábraán bemutatott helyen az előremenő fűtőközeg külső hőmérséklet szerinti beállítását. Az ábrán bemutatott jelleggörbe csak szemléltető jellegű, értékét és a beállítás módját előzetes elemzés alapján kell meghatározni.



22. ábra A  $90/70^{\circ}\text{C}$  névleges hőmérsékletű fűtési rendszerben az előremenő és visszatérő fűtőközeg hőmérsékletének feltételezett változása

## 8. Lelúgozási, és leiszapolási veszteségek – dr. Balikó

Sándor, dr Zsebik Albin

---

A leggondosabb vízkezelés mellett is a tápvíz nem lesz teljesen mentes az oldott, vagy lebegő szemcsék formájában elragadott sóktól. A kazándobba bekerülve a szilárd szemcsék leülepsznek és a kazándob alján iszap formájában gyűlnek össze. Az elpárolgás folyamán a vízben lévő sók nagyon kis része kerül át a gőzbe, nagyobb része a vízben marad. Belátható, hogy - ha nem teszünk ellene semmit - az üzemelés folyamán mind az iszap mennyisége, mind a kazánvíz sókoncentrációja folyamatosan növekszik, ami elsősorban a korróziós veszély miatt nem engedhető meg.

A kazánvíz besűrűsödését úgy lehet megakadályozni, hogy - a próbaüzem során meghatározott, és a kezelési utasításban rögzített - időszakonként bizonyos mennyiségű vizet leeresztenek a kazándobból, aminek helyére kisebb koncentrációjú, friss tápvíz kerül. Ezt a műveletet nevezik **lelúgozásnak**.

A kazándob alján felgyűlt iszapot úgy távolítják el, hogy a kazándob alján lévő leiszapoló csont szelepét hirtelen 20-30 másodperc időtartamra kinyitják, így a kialakult nagysebességű áramlás magával ragadja az iszapot. Ezt a műveletet nevezik **leiszapolásnak**.

A lelúgozás és leiszapolás gyakoriságát a mintavétel adatai alapján szükség szerint korrigálják.

Igényesebb kazánüzemeknél a lelúgozást és a leiszapolást automatizálják, különben az elvezetett forróvíz és forróvíz-iszap keverék mennyisége a kezelő szubjektív megítélésén múlik.

Belátható, hogy a lelúgozás ill. a leiszapolás során elvezetett forróvíz és iszap hőtartalma veszteségként jelentkezik, hiszen az alapesetben a csatornába, vagy valamilyen utókezelőbe kerül.

Az energiaveszteség-feltárás során figyeljük a rendszereket, keressük annak lehetőségét, miként lehet a lelúgozással, leiszapolással és egyéb módon a rendszerből távozó hőveszteséget csökkenteni/elkerülni a sarjűgőz hőjét hasznosítani.

### 8.1. A kiinduló helyzet

---

Egy 7 t/h névleges kapacitású, 8 bar (túlnyomás) üzemi nyomású gőzkazán a kazánvíz fajlagos vezetőképességéről vezérelt automatikus, folyamatos lelúgozó szabályozással rendelkezik. A kondenzátummal kevert tápvíz átlagos

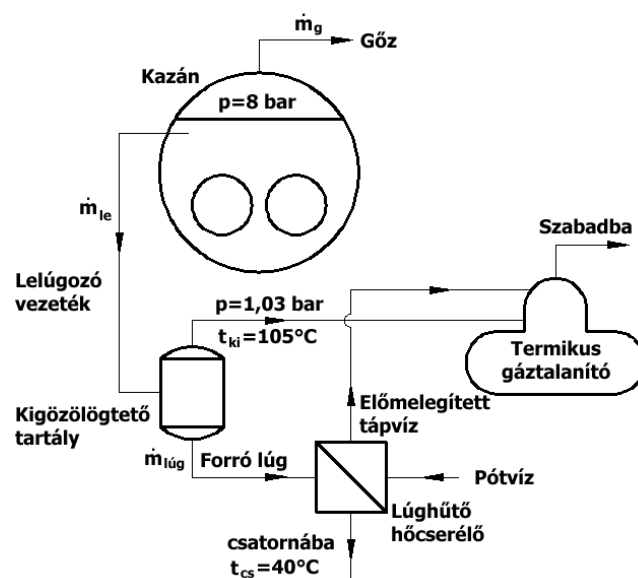
vezetőképessége  $c_t = 180 \mu\text{S}$ , a kazánvíz megengedett vezetőképessége az MSZ 15200 szerint  $c_k = 6000 \mu\text{S}$ . A kazán névleges tüzelőanyag fogyasztása  $34 \text{ MJ}/\text{Nm}^3$  fűtőértékű földgázzal  $485 \text{ Nm}^3/\text{h}$ .

A lelúgozás a lúghő hőhasznosítás nélkül történik.

## 8.2. Javasolt megoldás - a módosított változat

Javasjuk a kigőzölögtetett gőz hasznosítását és a leeresztett lúg  $40^\circ\text{C}$ -ra történő visszahűtését.

A feladat értelmezését megkönnyítendő a 23. ábraán a megvalósítandó kapcsolási vázlat látható.



23. ábra Lelúgozás hőveszteségének csökkentése

## 8.3. Egyszerű energetikai számítások

a.) Első lépésként meg kell határozni a lelúgozás során elvezetett víz mennyiségét. Ez a termelt gőz százalékában, felhasználva a vezetőképességeket:

$$l (\%) = 1 \cdot \frac{c_{tv}}{c_{kv} - c_{tv}} \cdot 100 = \frac{180}{6000 - 180} \cdot 100 = 3,092 \%$$

azaz az elfolyó lúg:

$$\dot{m}_{le} = l \cdot \dot{m}_g = 0,03092 \cdot 7\,000 = 216,4 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Mivel a lelúgozás telített víz formájában történik, így a kazán üzemi nyomásán kell kikeresni a gőztáblázatból az entalpiáját:

$$h' = 742 \text{ kJ/kg.}$$



A veszteséget a kazánüzembe (vízkezelőbe) belépő nyersvíz hőmérséklet szintjéhez viszonyítjuk, aminek értéke  $t_0 = 12^\circ\text{C}$ . Ezzel a lelúgozással egy óra alatt elvitt hőmennyiség:

$$Q_{le} = \dot{m}_{le} \cdot (h' - c \cdot t_0) = 223,3 \cdot (742 - 4,18 \cdot 12) = 154\,487 \text{ kJ/h},$$

vagy másképpen:

$$Q_{le} = 154\,487 \text{ kJ/h} = \frac{154\,487}{3\,600} = 42,9 \text{ kW},$$

A tüzelőanyaggal bevitt hő:

$$Q_{be} = V_{tü} \cdot \frac{H_a}{3\,600} = 485 \cdot \frac{34\,000}{3\,600} = 4580,5 \text{ kW}$$

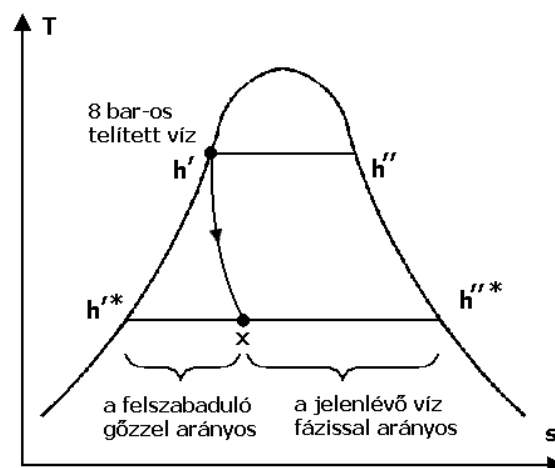
Tanulságos kiszámítani, hogy a lelúgozással távozó hő a bevitt hőnek csak igen csekély mennyisége (kevesebb, mint 1 %-a):

$$\frac{Q_{le}}{Q_{be}} \cdot 100 = \frac{42,9}{4580,5} \cdot 100 = 0,94 \%$$

b.) Ha a lúgot először egy 1,03 bar nyomású kigőzölögtető edénybe vezetjük, akkor az kigőzölög, ahogy az jelképesen a 24. ábra a víz T-s diagramjában szemléltetésre került.

A kialakuló fázisegyensúlynak megfelelően a keletkezett gőz aránya a vízhez képest:

$$x = \frac{h' - h'^*}{h''^* - h'^*} = \frac{742 - 428}{2675 - 428} = 0,1397$$



24. ábra A kigőzölögés T-s diagrammban szemléltetve

A gőzt továbbvezetve a termikus gáztalanítóba, akkor annak hőtartalma hasznosul, a lúg pedig a kigőzölögtető nyomásának megfelelően  $105^\circ\text{C}$ -on

$$\dot{m}_{lúg} = (1 - x) \cdot \dot{m}_{le} = (1 - 0,1397) \cdot 216,4 = 186,2 \text{ kg/h}$$

menyiségben távozik. Ezzel az egy órára viszonyított hőveszteség:

$$Q_{\text{lúg}} = \dot{m}_{\text{lúg}} \cdot (h' - c \cdot t_0) = 186,2 \cdot (428 - 4,18 \cdot 12) = 70\,353,8 \text{ kJ/h}$$

azaz 19,5 kW, vagyis kevesebb, mint az előző veszteség fele.

c.) Ha a kigőzölögtető után még egy lúghűtőt is kapcsolunk, amiben a lúg 40°C-ra hűl le, a hőveszteség:

$$Q_{\text{lúg}} = \dot{m}_{\text{lúg}} \cdot c \cdot (t_{\text{cs}} - t_0) = 186,2 \cdot 4,18 \cdot (40 - 12) = 21\,792,9 \text{ kJ/h}$$

azaz 6,05 kW.

## 8.4. A lúghő hasznosítás megengedhető beruházási költsége és érzékenységi vizsgálata

A fentiek alapján megállapítható, hogy a javasolt hőhasznosítással a folyamatos lelúgozásból visszanyerhető 36,8 kW teljesítményű hő.

Ha feltételezzük, hogy a kazán évente  $\tau = 7000$  órán keresztül üzemel fentiekben javasolt megoldással  $\sim 907$  GJ/év hő visszanyerhető. 3000 Ft/GJ referencia hőárral ennek értéke  $\sim 2,7$  MFt/év.

Keressük meg, hogy 2,7 MFt éves megtakarítás esetén **ennyi lehet a javasolt hőhasznosítás megengedhető beruházási költsége**, ha elvárásnak tekintjük, hogy  $n = 5$  év gazdasági élettartam alatt termeljen  $\text{MARR} = 5\%$  minimális elvárt hozamot.

MARR ill.  $i = 5\%$   $[MFt]$   $A = 2,7, - MFt$

**P = ?**

$n = 5$  év

0 1 2 3 4 5 [év]

A feltételezett gazdasági élettartam és a MARR, ill. az alábbi képletben  $i$  figyelembevételével az állandó sorozat, jelenérték tényezője:

$$USPW = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = \frac{(1+0,05)^5 - 1}{0,05(1+0,05)^5} = 4,33$$

Ezzel a megengedhető többletberuházási költség:

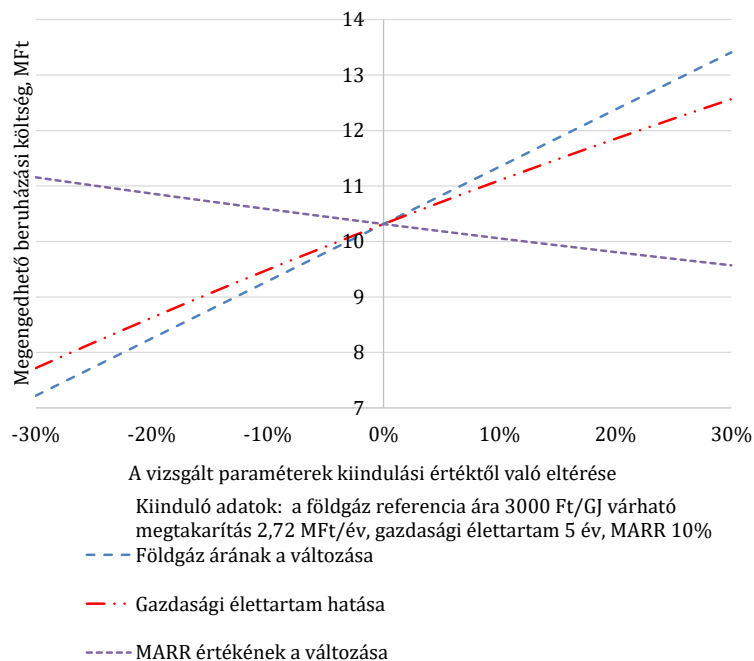
$$P_{5 \text{ év}, 5\%} = A \cdot USPW = 2,720.000 \cdot 4,33 \approx \mathbf{11,8, -MFt}$$

MARR = 10 % esetén a megengedhető többletberuházási költség

$$P_{5 \text{ év}, 10\%} = A \cdot USPW = 20,000.000 \cdot 3,79 \approx \mathbf{10,2, -MFt}$$

A megengedhető beruházási költség érzékenységét a hő referencia árának (ezzel megegyezően változik a várható energiamegtakarítás) a gazdasági élettartamnak és a MARR változásának hatására határoztuk meg.

Az alaphelyzetnek feltételezett kiinduló adatokat és az alapparaméterek változásának hatását a 25. ábra mutatja.



25. ábra A megengedhető beruházási költség érzékenysége a meghatározó paraméterek változására

## Felhasznált források

- [1] Balikó S.: Energiagazdálkodás. Kézirat, Budapest, 1999.
- [2] Zsebik A.: Energiagaveszteség-feltárás. Oktatási segédanyag, kézirat, BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, Budapest, 2004.

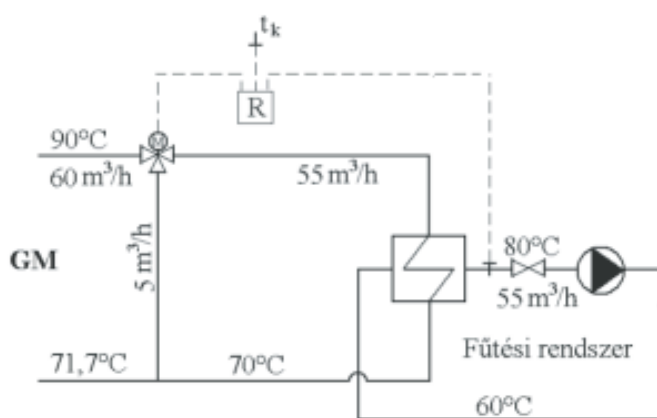
## 9. Gázmotor hűtése – a víz tudja a fizikát – dr.Zsebik Albin

Az alább ismertetett problémával akkor találkoztam, amikor fontos volt, hogy a gázmotoros kapcsolt energiatermelés minél nagyobb mértékben vegyen részt a hőigények kielégítésében. Tekintettel arra, hogy a jövőben várhatóan jelentős szerepet kap a decentralizált energiatermelés, ezúton hívom fel az érintett kollégák figyelmét a probléma elkerülésére már a tervezés során.

### 9.1 A kiinduló helyzet

Tájékoztatást kaptam, hogy egy kórház a hő- és villamosenergia ellátásában jelentős szerepet játszó gázmotor hűtővizét a csatlakoztatott fűtési hőcserélővel nem lehetett lehűteni. Még arról is tájékoztattak, hogy a beruházást követően minden rendben volt, de a hűtés elkezdett romlani, ezért nemrég, a hőátvitel növelése érdekében a rendszerbe új hőcserélőket is beépítettek. Ez egy ideig segített. A fűtés javult, de a januári nagy hidegek idején már elégtelennek bizonyult. A problémát az tetézte, hogy miközben a csatlakoztatott épületeket nem tudták kifűteni, a gázmotorok hűtővizét kényszerhűtővel kellett lehűteni. Emiatt veszélybe került az előírt éves hatásfok teljesítése. Azt hiszem olvasóink többsége azonnal megtalálta volna a megoldást, de úgy véltem, tanmeseként, figyelmeztetésül és okulásul az ötletlapként is érdemes közzé tenni.

Az eredeti megoldást mutatja a 26. ábra a fűtési rendszer előremenő ágában a víz hőmérsékletét a külső hőmérséklet függvényében a kétutú motoros szeleppel szabályozták.



26. ábra Az eredeti megoldás

Energiagazdász szemmel elemezve a kapcsolást találunk kifogásolni valót, (korábban arra hívtuk fel a figyelmet, hogy a megkerülő ágas szabályozás miatti keveredés irreverzibilis entrópia-növekedést okoz, itt azt jegyzem meg, hogy a fűtési

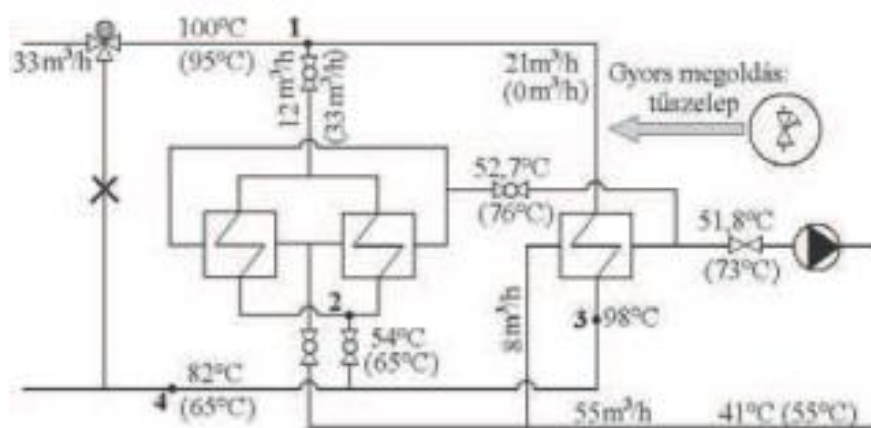
keringető szivattyút a kavitáció elkerülése miatt jobb lett volna a hidegebb ágba tenni), de üzembe-helyezéskor működött a rendszer.

Néhány év elteltével, a hidegebb időben a fűtési rendszer előremenő ágában a víz hőmérsékletét nem lehetett az igényelt értékre melegíteni. Ezen segíteni lehetett a hőcserélő előtti megkerülő ág elzárásával. A megkerülő ág lezárása a szabályozás megszüntetését is jelentette, emiatt a melegebb időben a szükségesnél magasabb lett az előremenő víz hőmérséklete.

A túlfűtés elkerülése érdekében erre is született kreatív megoldás. A keringető szivattyú előtti szeleppel csökkenteni lehetett a fűtési rendszer térfogatáramát. Egy ideig ismét működött a rendszer, azonban rövid idő elteltével, ismét gondok jelentkeztek. Hidegebb időben nem lehetett elérni az igényelt fűtési hőmérsékletet, melegebb időben a fojtás hatására, (később anélkül is,) remegni kezdett a fűtés keringető szivattyú (fellépett a kavitáció).

## 9.2 A módosított változat

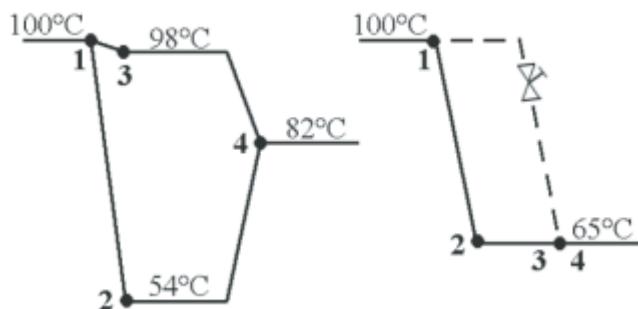
Ismét született megoldás. A régi hőcserélővel párhuzamosan új hőcserélők kerültek beépítésre 27. ábra.



27. ábra A módosított változat a gyors megoldási javaslattal

Amint a helyzet ismertetésekor írtam, az új hőcserélők egy ideig segítettek, azonban a januári nagy hidegek idején a fűtés 100°C-nál magasabb primerköri hőmérséklet esetén is elégtelennek bizonyult (a szekunderköri hőmérsékletet nem lehetett 52°C fölé emelni). Mivel az elpiszkolódott hőcserélőt elzáró szerelvények híján nem lehetett a szekunder oldal leürítése nélkül kiiktatni, más megoldást kellett keresni. Ez volt az ábrán gyors megoldásként jelölt, a teljes elzárást és besabályozást is lehetővé tevő tűszelep beépítése. (A zárójelben szereplő paraméterek a tűszelep beépítését követően alakultak ki.)

A 28. ábra a primer oldali víz hőmérsékletét mutatja a 27. ábraán jelölt 1–4 pontokban a gyors megoldásként jelölt túszelep beépítése előtt és után. Látható, hogy hiába hűtötte le az újonnan beépített hőcserélőpár a rajta átfáramló vizet 54°C-ra, a szekunder oldalán eldugult hőcserélő primer oldalán lehűlés nélkül átfáramló víz visszamelegítette 82°C-ra. A 27. ábraán látható az is, hogy az új hőcserélőpár a rajta átfáramló vízzel csak 52 fokra tudta felmelegíteni a viszonylag alacsony hőmérséklettel visszatérő szekunderkörü fűtőközeget. A hőmérséklet változása a túszelep beépítését követően az alábbi 28. ábra jobb oldalán látható.



28. ábra A víz hőmérséklete a kiválasztott pontokban

### 9.3 Összefoglaló javaslatok

- 1.) Ha a rendszer lehetővé teszi, kerüljük a megkerülő ágas szabályozás alkalmazását.
- 2.) Ha lehet, a hőcserélő elé tegyük a fűtés keringető szivattyút.
- 3.) A kavitáció elkerülése érdekében gondoskodjunk a szivattyú előtt a megfelelő nyomásról.
- 4.) Ha a szivattyú fordulatszám változtatásával történő szabályozását és fojtás nélküli indítását nem tudjuk megoldani, a fojtószelepet a nyomott ágba tegyük.
- 5.) A lemezes hőcserélők elé tegyünk szűrőt.
- 6.) Figyeljük a hőcserélők elpiszkolódását, ne várjuk meg amíg teljesen eltömődik, tervszerű megelőző karbantartás keretében a fűtési idény előtt tisztítsuk ki.
- 7.) A hőcserélők csatlakoztatását jól gondoljuk át.
- 8.) Jegyezzük meg, hogy a víz tudja a fizikát, tanuljuk meg mi is.

## 10. Termálvíz hűtése – Varga Péter

---

A 2000 m mélységet nem meghaladó termálvíz kutakból általában 70-80°C hőmérséklettel érkezik a víz a felszínre. Mielőtt a termálvizet a gyógy- és élményszolgáltatások medencéibe engedik, víz, vagy léghűtőkkel a kívánt hőmérsékletre hűtik. Sok esetben a hőjét használati melegvíz (HMV) melegítésére, a fűtési idényben fűtésre hasznosítják.

Kevés helyen hasznosítják a termálvíz hőjét hűtésre. Az Ötletlapok I. kötetében [1] közzé tett 14. sz. javaslatot jelen írásommal azzal a figyelemfelhívással egészítem ki, hogy a komforthűtés abszorpciós hűtőberendezéssel történő ellátása esetén a termálvíz egy utóhűtő beiktatásával tovább hűthető.

Egyben megerősítem azt, hogy Magyarországon is érdemes lenne termálvíz hőjével hajtott hűtőrendszereket mielőbb nagy számban építeni, a termálvíz nyáron kihasználatlan hőjét hűtésre is hasznosítani.

### 10.1. A kiinduló helyzet - a hűtőberendezés kiválasztása

---

Egy termálkút 62 m<sup>3</sup>/h vízhozama a kútfejen 73 – 78°C hőmérséklettel általánosnak tekinthető Magyarországon. Legyen egy ilyen, gyógy- vagy élményszolgáltatást ellátó kút az elemzés tárgya. Az fürdőt üzemeltető feladata, hogy a termálvizet a medencékbe beengedhető 33 - 38°C hőmérsékletre hűtse. A hűtés legegyszerűbb megoldása a hideg kútvíz bekeverése lenne, de ez nemcsak pazarolná a vizet, a termálvíz gyógyító hatását is csökkentené. 62 m<sup>3</sup>/h 73°C hőmérsékletű termálvízhez 43°C-ra történő lehűtéséhez ugyanannyi, 62 m<sup>3</sup>/h 13°C hőmérsékletű vizet kellene keverni.

Víz/vizes hőcserélővel történő hűtéshez a hőátadáshoz szükséges hőmérsékletkülönbség miatt ennél nagyobb mennyiségű vizet kellene felhasználni, (3°C hőmérséklet különbséggel számolva ~70 m<sup>3</sup>/h-t).

A vízzel történő takarékoság érdekében a legtöbb esetben hűtőtornyokkal hűtik a termálvizet. Ha nincs igény a hasznosítható hőre, hűtőtornyral vonnak el ~2120 kW hőt.

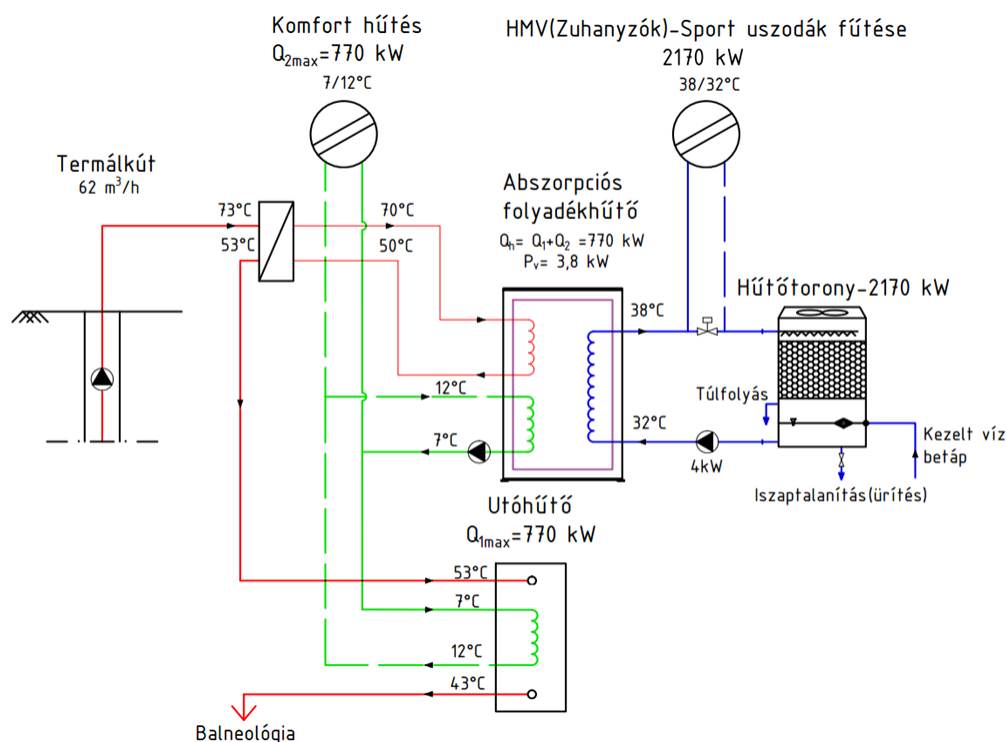
A fűtési idényben kézenfekvő a hő fűtésre és HMV melegítésére történő hasznosítása. Nyáron egyéb hőigény hiánya miatt marad csak a HMV melegítésre történő hasznosítás.

Tételezzük fel, hogy nyáron a termálvíz kúttól gazdaságosan elérhető távolságra szükség van komfort hűtésre. A nyári csúciban (35°C külső levegőhőmérsékletnél) éppen annyira, amennyi egy 70°C hőmérsékletű vízzel hajtott abszorpciós hűtőberendezés névleges teljesítménye.

Találtunk olyan hűtőberendezést, amely névleges hűtőteltjesítménye 12/7°C méretezési hőmérsékletek esetén 769 kW, és a hajtására felhasznált, ~62 m<sup>3</sup>/h térfogatáramú 70°C hőmérsékletű vizet 50°C hőmérsékletre hűti le. A teljesítménytényezője ugyan alacsony, mindössze 0,549, de hulladékhő hasznosításáról lévén szó, a műszaki- gazdasági elemzéshez elfogadhatónak találtuk. (Figyelemfelhívásként írjuk a hulladékhő hasznosításával foglalkozó kollégáknak, hogy van olyan abszorpciós hűtőberendezés amely a hajtására használt 90°C hőmérsékletű vizet 45°C hőmérsékletre hűti le.)

## 10.2. A hűtőberendezés illesztése a rendszerbe

A hűtőberendezést úgy illesztettük a rendszerbe, hogy a névleges hűtőteltjesítménye komforthűtésre és a termálvíz ütőhűtésére egyaránt felhasználható legyen. Az egyszerűsített kapcsolási vázlata a névleges paraméterek kerekített értékeivel a 29. ábraán látható.



29. ábra A termálvizes hűtőrendszer egyszerűsített kapcsolása

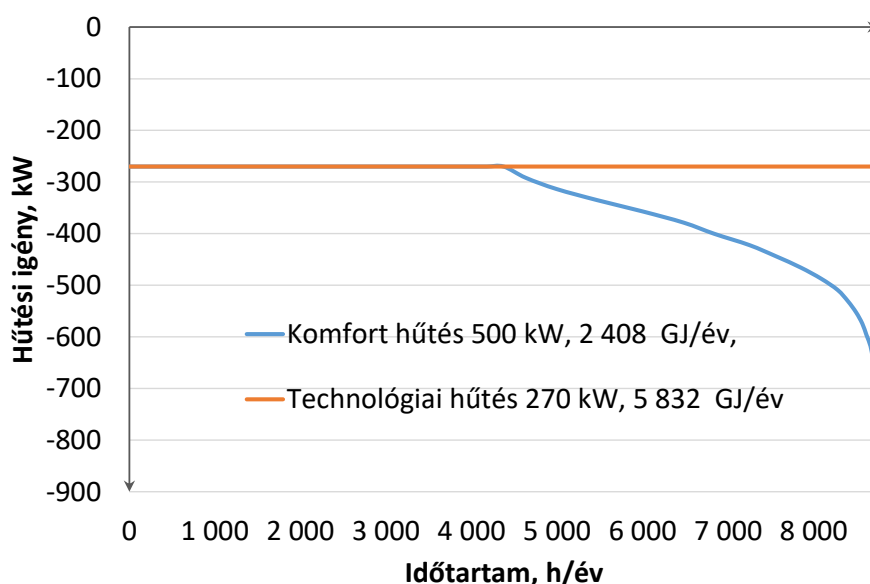
A hőnek hűtésre történő hasznosításhoz megfelelő hűtőberendezés keresése során szem előtt tartottuk, hogy a termálvizet a hűtőgépet hajtó víztől hidraulikailag szét kell választani, s erre tekintettel a hűtőberendezés működtetéséhez szükséges víz hőmérséklete a hőcserélő után csak 70°C lesz. Tekintettel voltunk továbbá arra is, hogy ha a komforthűtési igény alacsonyabb a méretezési igénynél, a hűtőberendezés által lehűtött vízzel a termálvizet egy utóhűtővel tovább, akár 43°C hőmérsékletre hűtsük. Szempontként kezeltük továbbá azt is, hogy amennyiben erre igény van, a hűtőberendezés hűtéséhez szükséges, egyébként hűtőtoronnyal elvonandó ~2170



kW hőt is hasznosítsuk. A vizsgált esetben ez akár teljes egészében hasznosítható használati melegvíz, vagy a nem termálvizes medencék vizének melegítésére.

A fenti ábrán azt szemléltettük, hogy a hűtőberendezés  $Q_h=770$  kW névleges teljesítménye igény esetén teljes egészében komfort hűtésre, vagy a termálvíz utóhűtésére (technológiai hűtésre), illetve valamelyiket előnyben részesítve egyszerre mindketőre legyen felhasználható.

Ha azt feltételezzük, hogy a rendszer méretezési komfort hűtési igénye 500 kW, a termálvíz utóhűtését technológiai hűtésnek tekintve a technológiai hűtési igény 270 kW, valamint a komfort hűtési igény leírható a külső hőmérséklet függvényében, a sokéves meteorológiai statisztikai adatok alapján megszerkesztett 30. ábraán látható hűtési tartamdiagram szerint az éves komfort hűtési igény 2408 GJ/év, a technológiai hűtési igény a folyamatos hűtés esetén 5832 GJ/év.



30. ábra A vizsgált rendszer hűtési tartamdiagramja

A technológiai igény meghatározásánál azt feltételeztük, hogy a termálvizet télen, nyáron hűteni kell, mert a fűtési és HMV igény kielégítése kevés a hőelvonáshoz. Mindemellett a hűtőberendezéseket csak akkor kell használni ha a hűtést nem tudjuk más megoldással helyettesíteni. Ilyen szempontok alapján becsültük a hűtőberendezések csúskihasználását  $\tau = 3000$  h/év-nek.

### 10.3. A hűtőberendezés rendszerbe illesztésének gazdasági elemzése

A gazdasági elemzésnél kiinduló feltételnek tekintettük, hogy a komfort és technológiai hűtési igény kielégítésére be kell építeni 770 kW névleges teljesítményű kompresszoros, vagy abszorpciós hűtőberendezést. A hűtőberendezést az üzemviteli menetrend szerint komfort hűtésre (a nyári napokon

általában napközben) vagy a termálvíz hűtésére (a medencék töltésének idején, általában éjszaka) használják.

A különböző típusú hűtőberendezések villamosteljesítmény igényét a műszaki dokumentációjuk alapján, vagy modellezéssel határoztuk meg és a 10.I. táblázatban foglaltuk össze.

10.I. táblázat  
Különböző típusú hűtőberendezések villamosteljesítmény igénye

	Rendszer összeállítása	Részigények [kWe]	Összigény [kWe]
1.	Abszorpciós folyadékhűtő + nyitott hűtőtorony + keringető szivattyú	3,8+9,2+4	17
2.	Abszorpciós folyadékhűtő + zárt hűtőtorony+ keringető szivattyú	3,8+25+5,5	34,3
3.	Légűtéses folyadékhűtő		240
4.	Vízűtéses folyadékhűtő + nyitott hűtőtorony + keringető szivattyú	170+9+4	183
5.	Vízűtéses folyadékhűtő + zárt hűtőtorony + keringető szivattyú	170+16+7,5	193

Azon rendszerelemek villamosenergia igényét, amelyek mindkét típusú hűtőrendszernél azonosak a táblázatban nem tüntettük fel.

Az üzemidőt minden esetben azonosnak, a fentiek szerint  $\tau = 3000$  h/év-nek feltételeztük. Ezzel az egyes típusok villamosenergia felhasználása és  $k_e = 30$  Ft/ kWh villamosenergia referencia árral számolva annak 1 és 5 évre vetített költsége a 10.II. táblázatban található.

10.II.

táblázat

Különböző típusú hűtőberendezések villamosenergia felhasználása és annak költsége

	Rendszer összeállítása	Felhasználás [kWh/év]	Költség [Ft/év]	Költség [Ft/5év]
1.	Abszorpciós folyadékhűtő + nyitott hűtőtorony + keringető szivattyú	51 000	1 530 000	7 650 000
2.	Abszorpciós folyadékhűtő + zárt hűtőtorony+ keringető szivattyú	102 900	3 087 000	15 435 000
3.	Légűtéses folyadékhűtő	720 000	21 600 000	108 000 000
4.	Vízűtéses folyadékhűtő + nyitott hűtőtorony + keringető szivattyú	549 000	16 470 000	82 350 000
5.	Vízűtéses folyadékhűtő + zárt hűtőtorony + keringető szivattyú	579 000	17 370 000	86 850 000

Informatív árajánlatok és listaárak alapján becsültük az egyes típusokhoz tartozó főbb berendezések költségét 10.III. táblázat az üzembehelyezés költségét eltérőnek, a kivitelezés költségét az egyszerűsítés kedvéért azonosnak tekintettük.

10. III.

táblázat

Különböző típusú hűtőberendezések főbb szerelemeinek költsége, eFt

Típus szám	1.	2.	3.	4.	5.
Berendezés	62 040	62 040	28 743	21 450	21 450
Hűtőtorony	13 365	45 870	0	6 600	23 100
Szivattyú	1 980	2 310	0	1 485	2 310
Üzembe helyezés	1 815	1 815	528	528	528
Összesen:	79 200	112 035	29 271	30 063	47 388

Ha a beruházási költség alapján rangsoroljuk a hűtőberendezéseket legolcsóbb egy légűtéses folyadékhűtő. Megállapítható, hogy az abszorpciós gépekkel üzemelő hűtőberendezések költsége jóval meghaladja a kompresszoros gépek költségének kétszeresét.

Az üzemeltetési költségben ugyanakkor még nagyobb eltérések mutatkoznak az abszorpciós hűtőberendezések javára. Figyelemre méltó, de nem könnyíti meg a döntéshozó helyzetét az 5 évre kumulált üzemeltetési költség (10.II. táblázat utolsó oszlopa) és a beruházási költség (10.III. táblázat utolsó sora) összehasonlítása.

Vajon az olcsóbb, de nagy üzemeltetési költséggel járó, vagy a drágább, de olcsóbban üzemeltethető hűtőberendezést válassza?

Vizsgáljuk meg a kérdést befektetői szempontból. Hasonlítsuk össze példaként az 1. és 3. változatot. A két változat éves üzemeltetési költsége között az eltérés ~20 MFt/év. Feltételezve, hogy az üzemeltetési szempontból kedvezőbbet választjuk, **tekintsük ezt megtakarítási lehetőségnek.**

Keressük meg, **mennyi lehet a megengedhető többlet beruházási költség**, ha elvárásnak tekintjük, hogy  $n=5$  év feltételezett gazdasági élettartam alatt a megtakarítás termeljen  $MARR=5\%$  minimális elvárt hozamot.

A feltételezett gazdasági élettartam és a  $MARR$ , ill. az alábbi képletben  $i$  figyelembevételével az állandó sorozat, jelenérték tényezője

$$USPW = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = \frac{(1+0,05)^5 - 1}{0,05(1+0,05)^5} = 4,33$$

Ezzel a megengedhető többletberuházási költség

$$\Delta P_{5 \text{ év}, 5\%} = A \cdot USPW = 20,000.000 \cdot 4,33 \approx \mathbf{86,6, -Mft}$$

$MARR = 10\%$  esetén a megengedhető többletberuházási költség

$$\Delta P_{5 \text{ év}, 10\%} = A \cdot USPW = 20,000.000 \cdot 3,79 \approx \mathbf{75,8, -Mft}$$

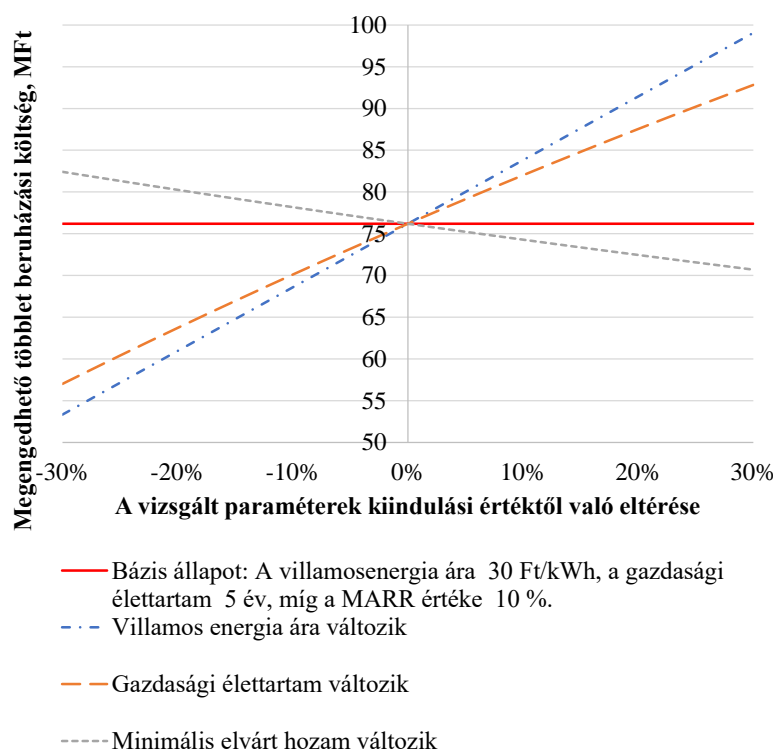
A számítások alapján megállapítható, hogy az 1. változatot célszerű megvalósítani annak ellenére hogy jelentős mértékben drágább mint az összehasonlításként választott 3. változat. Magyarázatként szolgál az, hogy az 5 év gazdasági élettartama alatt megtermeli a  $10\%$  elvárt hozamot.

## **10.4. Érzékenységi vizsgálat**

---

A megengedhető többletberuházási költség érzékenységét a villamosenergia árának (ezzel megegyezően változik a várható energiamegtakarításra) a gazdasági élettartamra és a  $MARR$  változására határoztuk meg.

Az alaphelyzetnek feltételezett kiinduló adatokat és az alapparaméterek változásának hatását a 31. ábra mutatja.



31. ábra A megengedhető többlet beruházási költség érzékenysége a meghatározó paraméterek változására

## 10.5. Összefoglalás

A mindennapi életben gyakran kell döntenünk arról, hogy a drágább, de megbízhatóbb, kisebb üzemeltetési költséggel használható, tartósabb berendezést vagy az olcsóbb, de kevésbé kedvező tulajdonságú berendezéseket válasszuk. Az energetikai auditoroknak az energiaveszteség-feltárás során a törvény írja elő annak mérlegelését, hogy a korszerűbb, de az energiagazdálkodás tekintetében hatékonyabb, vagy egy korszerűtlenebb rendszerelem beépítésére tegyen javaslatot.

A fentiekben az abszorpciós és a kompresszoros hűtőberendezések összehasonlítására mutattunk példát. Bízgatjuk a hulladékhő hasznosítási lehetőséget kereső kollégákat az abszorpciós hűtőberendezések alkalmazására.

## Irodalom

- [1] Balikó S. és szerzőtársai: Ötletlapok I. -Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai. A MMK FAP-2018/110-ENT kiadványsorozata
- [2] Zsebik A., Csata Zs., Torma J., Váradi Sz., Moumoulidis, I.: Fűtési és hűtés napenergiával. Energiagazdálkodás. 51. évf. 2010. 2. sz. 3-8. old.
- [3] Varga P.: Szécheny fürdő hűtés termálvízzel. Hűtő-, Klíma- és Épületgépészeti szaklap I. 2014. 7-8. sz. 72-75. old

## A sorozat keretében eddig megjelent kiadványok

### 2017.

1. NÉMETH András, MILÁVECZ Richárd Iparban használatos vízminőségek
2. DR. SZILÁGYI Zsombor, DR. SZUNYOG István Mérések a gáziparban
3. DR. BARNÁ Lajos, EÖRDÖGHNE DR. MIKLÓS Mária, DR. SZÁNTHÓ Zoltán, DR. BALLA József A biztonságos ivóvízellátás megteremtésének tervezési eszközei
4. BORBÁS Lajos Dr. Felépítés elvű (additív) gyártástechnológiák a gépészetben
5. BERENCSI Miklós, BEREZKY Ákos, HORVÁTH László, KOVÁCS Gergely, MIHÁLFFY Krisztina Kerékpárosbarát közlekedéstervezés
6. TÜDŐS Tibor, DR. VARJÚ György, DR. PETRI Kornél, GÁBOR András A csillagpontkezelés legújabb külföldi és hazai eredményei (Útmutató és tervezési segédlet)
7. DR. GARBAI László, DR. JASPER Andor, VÁRADI András Fűtési és használati melegvíz-igények kockázati elvű méretezése példákkal
8. KÁDI Ottó, DOHÁNY Máté, JÓZSA Bálint, LÁSZLÓ Csaba Tibor, JAKKEL Ottó A közúti vasutak (villamos) tervezésével kapcsolatos kézikönyv

### 2018.

9. BLAZSOVSZKY László A gázfogyasztó készülékek égéstermék elvezetésével kapcsolatos szabályozások hiányosságai és ellentmondásai
10. CSORDÁS Szilveszter, FORGÁCS Lajos Dr., PÓLYA Endre ifj., RÉV Zoltán, UDVARDY Péter Orvostechnológiai továbbképzés ismeretanyaga
11. NÁDASDY Tamás, EGYHÁZY Zita, KOVÁCS Ákos Sándor, SZECSŐ Dániel Géza A közúti biztonsági audit (KBA) jelentések elkészítésének alkalmazási segédlete – A közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről szóló jogszabályhoz és útügyi műszaki előíráshoz kapcsolódó értelmezési, kidolgozási és elfogadtatási javaslatrendszer
12. DR. SZILÁGYI Zsombor, HORÁNSZKY Beáta Földgáz kereskedelem (mérnöki segédlet)
13. DR. SZILÁGYI Zsombor Az energiahordozók jövője – kőolaj, földgáz, megújulók
14. S. VÍGH Judit, DOHÁNY Máté Magános közlekedők baleseti súlyosságának csökkentése mobil applikáció segítségével
15. DR. BALIKÓ Sándor, DR. CSÚRÖK Tibor, NOVÁK Dániel, ORBÁN Tibor, DR. ZSEBIK Albin Ötletlapok I. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai
16. DARABOS Zoltán, KOLTAI Henrik, SZABÓ Tamás, SZÁSZ Béla, VAJDA Sándor Felvonók felújítása és átalakítása – Műszaki segédlet
17. TÜDŐS Tibor, KRUPPA Attila Alapozásföldelők új tervezési elvei és kivitelezési módszerei – Tervezési segédlet és kivitelezési útmutató
18. FENYVESI Zsolt Tűzvédelmi tervek tartalmi szabályainak átdolgozása

19.	GÁBORI László Dr., BEINSCHRÓTH József Dr., NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás	Nagyméretű informatikai beruházásoknál (fejlesztéseknél) ajánlott szoftveroldali tervdokumentációk tartalmi elemeinek meghatározása (I. – II. kötet)
20.	DR. DIVÓS Ferenc	Az élő fák stabilitása – mérnöki megközelítés – Élő fák, mint teherhordó faszerkezetek
21.	DR. KARÁCSONYI Zsolt	Faanyagok tartós szilárdsága
22.	BARNA Lajos Dr., ERDEI István, JASPER Andor Dr., TAKÁCS Gyula	Segédlet épületek csatorna-berendezéseinek tervezéséhez
23.	ANTÓK Péter István, FÜZÉR Ferenc, SÁRKÖZI András	Fényvezető kábelszakaszok műszaki-minőségi ajánlás gyűjteménye
24.	JANCSÓ Béla, DR. KULCSÁR Alexandra, NÉMETH Gábor, DR. VÍMI Zoltán, DÉRI Lajos, SZIMANDEL Dezső	Vízjogi engedélyezési eljárással kapcsolatos dokumentációk és engedélyeztetéssel kapcsolatos követelmények a 2018.01.01-én hatályba lépett 41/2017. (XII.29.) BM rendelet alapján
25.	DR. TAKÁCS Bence, DR. SIKI Zoltán, DR. ÉGETŐ Csaba, BÉNYI László	Mérnökgeodéziában alkalmazott alapponthálózatok – A jó gyakorlat bemutatása mintapéldákkal
26.	DR. MÓCZÁR Balázs, LAUFER Imre, TÓTH Gergő, WOLF Ákos	Korszerű támszerkezetek tervezése
27.	HALÁSZ Györgyné Dr., CSERVENYÁK Gábor, TUCZAI Attila, VIRÁG Zoltán	Különböző funkciójú épületek klimatechnikája II.
28.	KÁDI Ottó, JÓZSA Bálint	Kerékpáros balesetek létesítmények szerinti vizsgálata
29.	GARBAI László Dr., JASPER Andor Dr., PELLER József Bendegúz	Hőtjelésítményátviteli tényező alkalmazása távhőrendszerek optimális szabályozásának modelljében
30.	GARBAI László Dr., SÁNTA Róber Dr., JASPER Andor Dr.	A kompresszoros hőszivattyúk optimalizálása – Tervezés és üzemeltetés
31.	LADÁNYI Gábor Dr.	Diagnosztika a karbantartásban
32.	MÉSZÁROS János, MOLNÁR Tibor, RITZL András	KIÜRÍTÉSI ÉS MENEKÜLÉSI ÚTVONALBA ÉPÍTETT AJTÓK tervezési segédlet (2018)
<b>2019.</b>		
33.	BLAZSOVSZKY László	Földgáz elosztóvezetékek üzemeltetése
34.	DR. SZILÁGYI Zsombor	A megújuló energiahordozók jövője Magyarországon
35.	FORGÁCS Lajos Dr., HAIDEGGER Tamás Dr., PÓLYA Endre ifj.	Új fejlesztések, innovatív megoldások az orvostechológia terén
36.	VARRÓ Beáta, DR. KIS András	Magyarországon előforduló, épületekbe beépített faanyagokat károsító gombák vizsgálata és azonosítása DNS diagnosztikával
37.	MANNINGER Marcell, SZEPESHÁZI Attila, SCHEURING Ferenc, MOLNÁR György	Munkatér határoló szerkezetek
38.	KORSÓS András, RÁDULY Zsolt	A közterületi és belterületi térfigyelő kamerarendszerek tervezési irányelvei
39.	GERGELY Edit, DR. BEZEGH András	Módszertani útmutató az üvegházhatású gázok közvetlen és közvetett kibocsátásának számítására
40.	DR. BEZEGH András, BITE Pálné Dr., GERGELY Edit	Városi környezetvédelem (Fenntartható és okos városok)
41.	GÓDOR Balázs, DR. KÁSA László, SZÉKELY Bence	Híddaruk méretezési segédlete (2019.)

42. FÜRJES Andor Tamás, KOTSCHY András, NAGY Attila Balázs, CSOTT Róbert Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló szituációkban
43. DR. KARÁCSONYI Zsolt Faanyagok tartós szilárdsága  
Faanyagok szilárdságának változása az idő függvényében
44. DR. BALIKÓ Sándor, ORBÁN Tibor, VARGA Péter, DR. ZSEBIK Albin Ötletlapok II. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai
45. PRIMUSZ Péter, PhD. Hajlékony útpályaszerkezetek méretezése talajstabilizációk figyelembevételével
46. NÉMETH Balázs, HÁMORI Sándor, KOSTYÁK Attila, VÍGH Gellért Különböző funkciójú épületek klímatechnikája III.  
Segédlet ipari épületek lég- és klímatechnikai rendszereinek tervezése
47. JANCsó Béla, KAVECZKI Gergely, KÓCZÁN Gábor, LABORCZI Tamás, KNOLMÁR Marcell, RAUM László Csapadékvízgazdálkodás tervezési követelményei  
Hogyan tervezzünk városi csapadékelvezető rendszereket
48. DOHÁNY Máté, SCHVANNER Norbert Kerékpárosok sebességének felülvizsgálata jelzőlámpás csomópontokban
49. JÓZSA Bálint, S. VÍGH Judit Sebességcsökkentés hatásainak vizsgálata gyorsforgalmi utakon
50. DR. ZSEBIK Albin, NOVÁK Dániel Projektlapok I. – Energiahatékonyság növelő javaslatok projektlapjai
51. DR. MÓGA István Beruházási projektek szabályozási és szabvány környezete, Tervezési követelmények meghatározása
52. DR. GÁBORI László, DR. BEINSCHRÓTH József, NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás Informatikai Tervező szakmai minősítő rendszere (Informatikai szakmai terület illesztése a Mérnök Kamarai működési rendbe és rendszerekbe)  
I. kötet: Konceptió és modell  
II. kötet: Modell illesztése  
III. kötet: Tudástár
53. VIRÁG Zoltán, GYURKOVICS Zoltán, SZAKÁL Szilárd, VIRÁG Zsolt, ORCSI Attila Országos Tűzvédelmi Szabályzat épületgépész értelmezése a szakmai gyakorlatban  
Segédlet a gyakorló épületgépész mérnökök számára I.