



SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
MÉRNÖKI KAR

Gázmotoros blokkfűtőerőművek műszaki-gazdasági vizsgálata

TDK DOLGOZAT

Babud Márta

*IV. évfolyamos műszaki menedzser BSc.
hallgató*

Témavezető:

Dr. Bíró István PhD
egyetemi docens

SZEGED
2012.

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozatomban célja a gázmotoros blokkfűtőerőművek műszaki-gazdasági vizsgálata volt. Azért választottam ezt a témát, mert tudomásomra jutott, hogy a kapcsolt energiatermelés az akár 80-90%-os hatásfoka ellenére sem tekinthető manapság versenyképes technológiának a villamos- és hőenergia-termelésben. Vizsgálataimat a kogenerációs rendszerek, valamint az energiaigények tanulmányozásával kezdtem. Megvizsgáltam a villamos- és hőenergia értékesítési lehetőségeit, valamint ennek támogatási, jogi háttérét, melyekből kiderült számomra, hogy a gázmotoros kapcsolt energiatermelés az alacsony szabadpiaci villamosenergia-árak, a relatíve magas beruházási költségek és az alacsony élettartam miatt nem versenyképes, és ezt a hátrányt még a primerenergia-megtakarítással sem tudja behozni. Különböző kapcsolási módokat és termelési alternatívákat vizsgáltam meg annak kiderítésére, hogy hogyan lehetne a gázmotorok üzemvitelét folyamatosabbá tenni, és a veszteségeket minimalizálni. Az elemzéseim során arra az eredményre jutottam, hogy amennyiben a kapcsolt termelés támogatása és környezetvédelmi előnyeinek megítélése nem változik, az említett versenyhátrányt csupán az üzemvitel változtatásával nem lehet lefaragni, hanem már szervezeti szintű beavatkozás (virtuális erőműhöz való csatlakozás) szükséges.

ABSTRACT

The aim of my treatise was the technical and economic investigation of the gas engineblock heating power stations. I chose this topic, because I learned that the cogeneration is not a competitive technology of electric and thermal energy production even though it has an efficiency up to 80-90%. I began my studies of the cogeneration systems, as well as the study of the demands of the energy. I checked the possibilities of the electrical and thermal energy distribution as well as its support and legal background, from which it appeared to me that the gas engine cogeneration is nowadays non-competitive due to the low free-market prices, the relatively high investment costs and its low service life, and the primary energy savings can not settle this disadvantage. I examined different switching modes and production alternatives to find out how to make the operation of the gas engines more continuous and to minimize the losses. After my analysis, I have found that if the support of cogeneration and the judgement of the environmental benefits does not change, the competitive disadvantage can not be eliminated only by changing the fare of the plant, but an organizational intervention (join to a virtual power plant) is required.

Tartalom

1. Bevezetés.....	3
2. A kogenerációs erőművekről általában	5
2.1. A kogenerációs rendszerek általában a következő elemekből állnak:.....	6
2.2. A gázmotoros blokk.....	6
2.3. Kogenerációs erőművek Magyarországon	7
3. Összehasonlítás	9
4. Energiaigények.....	11
4.1. Fűtési hőigény.....	11
5. Árviszonyok	17
5.1. A villamosenergia-termelés költségei (gázmotoros blokkfűtőmű esetében).....	17
5.2. A régi (KÁT) és az új (szabadpiaci) árrendszer	20
5.2.1. A kapcsoltan termelők támogatása az Európai Unióban.....	20
5.2.2. A magyarországi kötelező átvételi rendszer (KÁT) általános ismertetése	22
5.3. A fogyasztói igények változása, és azok követése	23
5.4. A hőenergia-termelés költségei, értékesítési lehetőségei	27
6. Megtérülés	30
7. Honnan származik a „hulladék hő”?	35
7.1. A következőkben nézzük meg a kapcsolt energiatermelés műszaki háttere	35
7.2. Egy gázmotoros blokk-fűtőerőmű felépítése.....	36
7.3. A meglévő rendszer	37
8. Kapcsolási módok	45
8.1. Soros üzem a kazánparkkal	45
8.2. Párhuzamos üzem a kazánparkkal	45
8.3. Váltott üzem (nyáron párhuzamos, télen soros üzem)	46
8.4. A gázmotoros blokk vagy a forróvíz-kazán legyen alapüzemű?.....	47
8.5. Termikus gázalanító előmelegítése gázmotorral	47
8.6. Trigeneráció.....	49
8.7. Virtuális erőművek	52
9. A kapcsolt energiatermelés európai helyzete	55
9.1. Hollandia	56
9.2. Dánia.....	57
9.3. Finnország	58
10. Megállapításaim	60
Mellékletek.....	63

1. BEVEZETÉS

TDK dolgozatomban a gázmotoros blokkfűtőerőművek műszaki-gazdasági vizsgálatát végeztem el. Azért választottam ezt a témát, mert tudomásomra jutott, hogy a kapcsolt energiatermelés technológiáját ma már nem tekintik szakmai körökben versenyképes technológiának, annak ellenére, hogy a kapcsolt erőművekkel akár 80-90%-os hatásfokú energiatermelés valósítható meg. A vizsgálatokat megelőzően el sem tudtam képzelni, hogy egy ilyen jó hatásfokkal rendelkező, ráadásul primerenergia-megtakarítással járó rendszer kiépítése és üzemben tartása előbb-utóbb a „nem kifizetődő projektek” közé kerüljön.

A dolgozat elkészítéséhez szükséges valós adatokat egy meglévő, és ma is üzemben lévő városi fűtőerőmű szolgáltatta (a fűtőerőművel kötött megegyezés alapján a dolgozatban nem nevezem meg, hogy melyik cégről, illetve városról van szó).

A vizsgálatok előtt a dolgozatomban első fejezetében bemutatam a kogenerációs erőműveket, azon belül pedig részletesebben kitérek a gázmotoros blokkfűtőerőművek működésére, felépítésére, valamint arra, hogy miként terjedt el ez a technológia Magyarországon. Ezt követően összegyűjtöttem minden olyan információt (Magyarország hőmérsékleti adatai, fűtési időszak törvény által meghatározott időtartama, energiaigények alakulása a különböző időszakokban), melyek nélkül a műszaki-gazdasági vizsgálatok nem végezhetőek el, megértésükhöz és az elemzésekhez alapvetően szükséges információnak számítanak. Bemutatom az adott hőigényekre és hőtermelésre vonatkoztatott (és általam is megszerkesztett) tartamdiagramokat, melyek alapján meg lehet tervezni egy fűtőmű üzemvitelét. Az „Összehasonlítás” fejezetben a gázmotoros blokkokkal megtakarítható primerenergia mennyiségét szemléltetem szemben azzal az esettel, amikor ugyanazt a villamos- és hőenergia-mennyiséget kondenzációs erőműben és fűtőműben külön termelnénk meg.

Az „Árviszonyok” fejezetben megvizsgálom, hogy miként lehet a kapcsolt módon előállított két eltérő terméket – a villamos- és hőenergiát – értékesíteni, milyen az értékesítés jelenlegi gazdasági és jogi háttere. Részletesebben kitérek a Kötelező Átvételi Rendszer bemutatására, melynek keretein belül 2011. június végéig a MAVIR Zrt. előre meghatározott áron átvette a kapcsolt erőművekben gázmotorokkal termelt villamosenergiát. A kötelező átvétel megszűnését követően ezek az erőművek szabadpiaci keretek közt értékesíthetik a „terméküket”, ami nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy ez a technológia mára már nem versenyképes. Ezt követően bemutatam a rendeletek által meghatározott hőár képzésének mechanizmusát.

A „Megtérülés” fejezetben elemzem a Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont tanulmányának eredményeit, valamint bemutatom az általam vizsgált erőmű gazdasági helyzetét, melyből kiderül, hogy a támogatás megszűnése mellett a magas beruházási költségek is szerepet játszanak a kapcsolt energiatermelés helyzetének romlásában.

A gazdasági elemzéseket a műszaki vizsgálatok követik. Bemutatom, hogy hogyan is működik a kapcsolt energiatermelés, hogyan lehetséges két energiatípus termelése egy folyamaton belül, azonos primerenergia-bázison alapulva. Bemutatom továbbá a vizsgált erőmű felépítését, üzemviteli lehetőségeit.

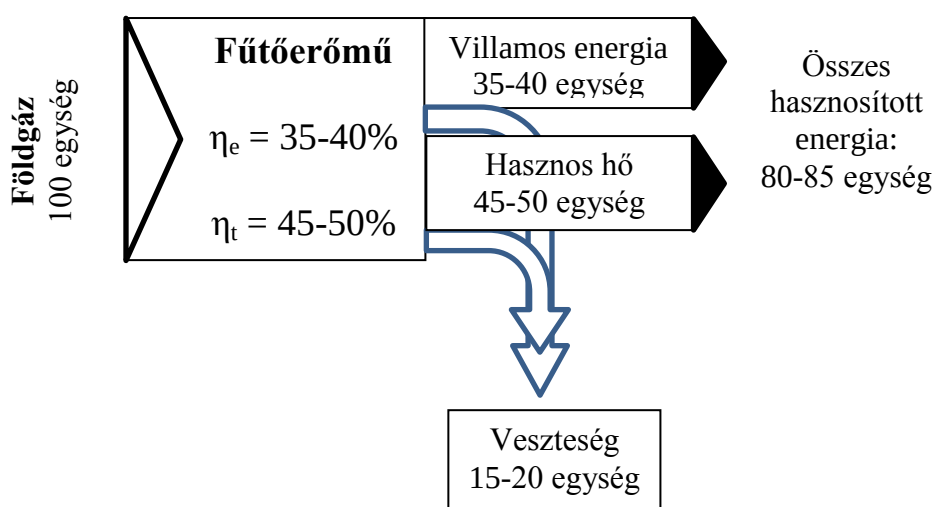
Az utolsó nagy fejezetben megvizsgálom a gázmotoros blokkok és a kazánpark különböző kapcsolási módjainak gazdasági és műszaki előnyeit (soros, párhuzamos, vegyes kapcsolat). Megnézem, hogy melyik erőmű-részt célszerű alaperőműként üzemeltetni, valamint azt, hogy milyen új feladatot lehetne adni a gázmotoroknak (termikus gáztalanítás). Végül két – a kapcsolási módoktól független – megoldási lehetőséget vizsgállok meg: a trigenerációs rendszert, valamint az úgynevezett virtuális erőműveket.

A dolgozatommal rá szeretnék világítani azokra a problémákra, melyek a kapcsolt energiatermelés relatíve rossz megítéléséhez vezettek, valamint találni szeretnék egy olyan megoldást, amellyel valamelyest javítani lehet ezen a helyzeten (vagy legalább mérsékelni a kogenerációs erőművek veszteségeit).

2. A KOGENERÁCIÓS ERŐMŰVEKRŐL ÁLTALÁBAN

A kogeneráció két különböző energiafajta (villamos- és hőenergia) termelését jelenti egy folyamaton belül, mely történhet gázmotorral vagy gázturbinával. A kogeneráció nagyon hatékony és jó megoldás azon fogyasztók számára, akik e két energiafajtát egyidejűleg alkalmazzák, valamint szeretnék az energiaigényeiket önállóan kielégíteni, vagy képesek a termelt – számukra felesleges – energiát közcélú hálózatra táplálni. A kogenerációs berendezésekkel az energiatermelés nagyon magas energetikai hatásfokkal valósítható meg, így primerenergia-megtakarítást is eredményez a többi – fosszilis primerenergián alapuló - energiatermelő technológiához képest. Közvetett módon környezetvédelmi előnye is van a kapcsolt energiatermelésnek, hiszen a gáz-üzemű motoroknak alacsonyabb a károsanyag-kibocsátása – és tovább csökkenthető a légfelesleg-tényező helyes megválasztásával -, valamint a kisebb tüzelőanyag-felhasználás kevesebb légszennyező gáz (pl.: szén-dioxid) kibocsátást von maga után.

A következő ábrán a hagyományos és az ún. kogenerációs modellt látjuk, mely szerint a villamos energia-termelés során keletkező hőmennyiség nagy hányadát hasznosítani tudjuk, így csökkentve a bevezetett primerenergia veszteségét.



1. ábra A kapcsolt energiatermelés energiaszármazási diagramja

Ezzel a megoldással annak a hőnek körülbelül a 2/3-át lehet még hasznosítani, mely hagyományos villamosenergia termelés esetén hulladék hőként jelentkezik. Ez azt eredményezi, hogy ezeknek a berendezéseknek a hatásfoka 80-85% körüli (35-40% villamos, 45-50% termikus hatásfok). Így ez a technológia – a rendkívül jó hatásfok mellett - környezetvédelmi és erőforrás-gazdálkodási szempontból is igen kedvező.

Távhőszolgáltató rendszerekbe beépített gázmotorok nagysága a távhő rendszer méretétől függ, nagyobb rendszerekben akár 18-20 MW kapacitás is be van építve, a legtöbb

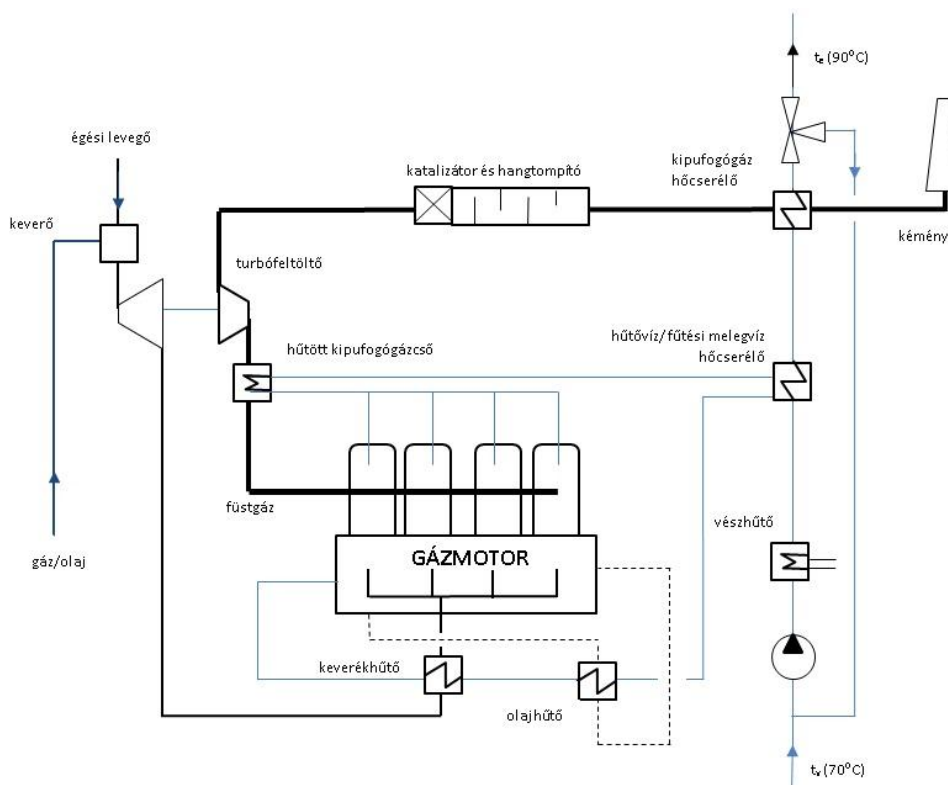
gázmotoros blokkra jellemző gépnagyság azonban csak 2-4 MW villamos teljesítmény körüli (a hő teljesítmény ennek megfelelően kb. 2,3-4,6 MW), valamint gyakran találhatók 100-300 kW-os gépek kisebb egészségügyi, közösségi és oktatási intézmények, valamint kereskedelmi egységek kiszolgálására. Mivel a megtermelt hőenergia gőz, vagy melegvíz formájában jelenik meg, azt sokkal nehezebb nagy távolságokra szállítani, mint a villamos energiát. Ezért általában az ilyen erőművek elsősorban lokális hőigényeket elégítenek ki: épületek fűtése, hűtése, technológiai fűtés, vízmelegítés, távhőszolgáltatás, stb. Ahhoz, hogy ezek a berendezések gazdaságosan üzemeltethetők legyenek, a hőt felhasználó fogyasztókhoz közel kell telepíteni őket.

2.1. A kogenerációs rendszerek általában a következő elemekből állnak:

1. A tüzelőanyag kémiaiilag kötött energiáját mechanikai és villamos energiává alakító technológia (lehet dugattyús motor, mikroturbina, vagy üzemanyag cella)
2. Hő hasznosító/visszanyerő berendezés, mely előállítja a termikus energiát
3. Füstgázrendszer
4. Irányító/vezérlő rendszer
5. Villamos erőátviteli és kapcsoló berendezések (villamos védelem)
6. Hangszigetelt felépítmény

2.2. A gázmotoros blokk

Egy gázmotoros blokkban a motor az elégetett tüzelőanyagból (földgáz) mechanikai energiát állít elő, amivel meghajtja a generátort, ami villamos energiát állít elő. Eközben a motor hűtővizének, kenőolajának és a távozó füstgázok hőtartalmát hőcserélőkön keresztül összegyűjthetjük, így állítva elő körülbelül 90°C-os fűtési melegvizet. Ahhoz, hogy a hűtővíz megfelelő mértékben el tudja látni feladatát, a visszatérő hőmérséklete 70°C körülinek kell lennie. A 2. ábrán egy gázmotoros blokk felépítése látható. (A részletesebb bemutatásra a későbbiekben még visszatérek.)



2. ábra Egy gázmotoros blokk felépítése¹

2.3. Kogenerációs erőművek Magyarországon

A távhő az a közszolgáltatás, melynek technológiája és szabályozása a legtöbbet változhat az elkövetkező évtizedben. A kogenerációs technológia elterjedésének hatására, az elmúlt évtizedben igen sok beruházás valósult meg az országban.

A lenti térképen (3. ábra) a Magyarországon működő távhőszolgáltatók vannak megjelölve, a fekete ponttal ellátott jelzések mutatják a kogenerációs erőműveket. A különböző színek a szolgáltatók méretét jelölik. Magyarországon a távfűtésre használt hő közel 80%-át állítják elő kapcsoltan, a kapcsolt villamosenergia-termelés az ország villamosenergia-termelésének körülbelül 10-12%-át tette ki 2010-ben.²

¹ Ősz János – Bihari Péter: Hőellátás (113. o.)

² Az erőmű adatai alapján



3. ábra Távhőszolgáltatók Magyarországon^{3,4}

³ Forrás: http://visegradinvestments.blog.hu/2010/06/07/tavhoszolgáltatok_magyarorszagon

⁴ A színek jelentése:

Rózsaszín: Geotermikus energiával termelt hő,

Lila: Kevesebb mint 700 lakást ellátó szolgáltató,

Sárga: 700 - 3 000 lakást ellátó szolgáltató,

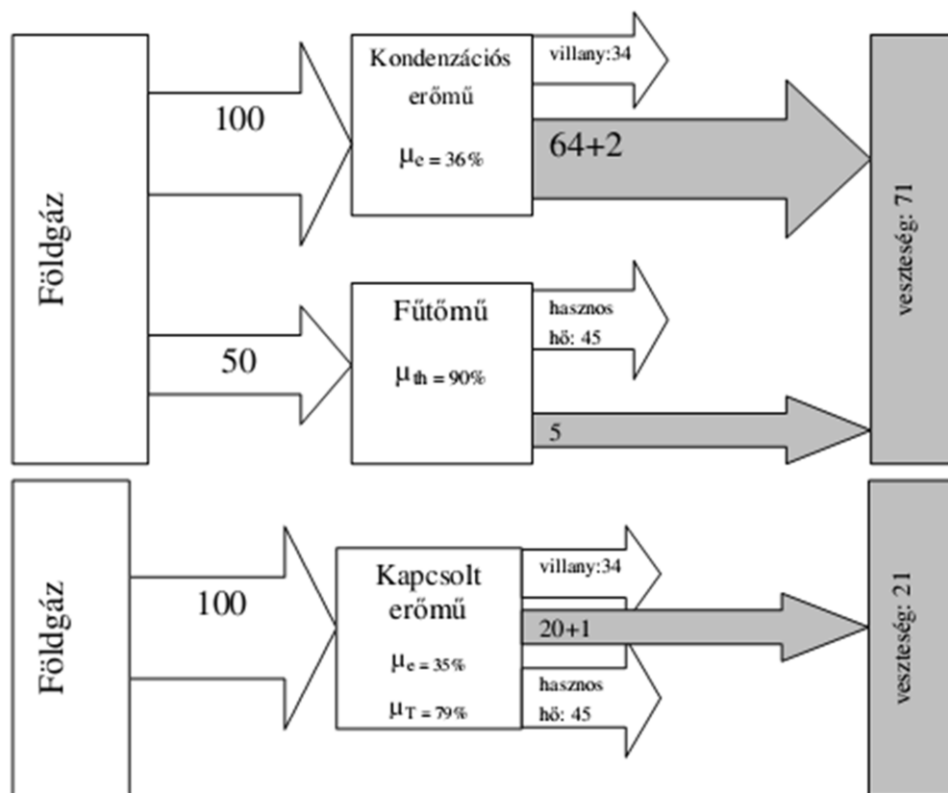
Világoskék: 3 000 - 10 000 lakást ellátó szolgáltató,

Sötétkék: 10 000 - 250 000 lakást ellátó szolgáltató

A fekete pont a jel közepén a kapcsoltn termelt hőt értékesítő szolgáltatókat jelenti.

3. ÖSSZEHASONLÍTÁS

A következőkben nézzük meg, hogy egységnyi mennyiségű villamos energia és hőenergia termeléséhez mekkora felhasznált tüzelőanyag mennyiség szükséges kondenzációs erőmű és fűtőmű, valamint kapcsolt energiatermelés esetén!



Forrás: Zsebik, 2007

4. ábra. Az energiatermelés hatásfoka külön-külön (felsőábra) és kapcsolt termelés (alsó ábra) esetén

⁵A kiadott áram és hasznos hő mindkét esetben ugyanakkora: összesen

- 34 egységnyi villamos energiát és
- 45 egységnyi hőenergiát termelnek.

Ehhez kapcsolt termelés esetén azonban csak 2/3-nyi tüzelőanyagra van szükség.

Első esetben:

- a kondenzációs erőmű nettó hatásfoka: $(\mu_e) 36\%$,
- a fűtőmű nettó hatásfoka: $(\mu_{th}) 90\%$.
- az áramtermelés feltételezett vesztesége (hálózati és transzformációs veszteség) 2 egység,
- a hőtermelés feltételezett vesztesége: 5 egység (füstgáz)

⁵A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés versenyképessége és szabályozási kérdései Magyarországon, Készítette: Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (REKK) Budapesti Corvinus Egyetem, 2010. október 15.

- a teljes veszteség: 71 egység,
- így hipotetikus együttes hatásfok: 53% (79/150).

Kapcsolt termelés esetén kissé rosszabb hatásfokú villamosenergia-termelést feltételezve (35%):

- a veszteség csak: 21 egység
(egy a villamosenergia-termelésből és 20 a hőtermelésből)
- az együttes nettó hatásfok pedig: 79%.

A kapcsolt villamos-energia és hőtermelés előnye tehát a primerenergia megtakarítás, vagyis ugyanannyi hő- és villamos energia előállításához, kevesebb tüzelőanyag szükséges. A tüzelőanyag jellemzően importált földgáz, így a primerenergia-megtakarítás közvetett módon az ország importfüggőségét is csökkentheti. A másik fontos - ebből következő - előny, hogy a gázmotoroknak kisebb a fajlagos CO₂ kibocsátása, ezáltal az összkibocsátás is fontos környezeti cél. A kisebb, kapcsolt erőművek a fogyasztókhoz közelebb, az elosztói hálózatra csatlakoznak, a hálózati veszteségek is csökkennek, ami további tüzelőanyag megtakarítással jár.

4. ENERGIAIGÉNYEK

A gazdasági és műszaki vizsgálatához a ⁶2007. évi LXXXVI. törvénynek a kapcsolt energiatermelés céljából és a kapcsolódó fogalom meghatározásokból és a gázmotorok műszaki adottságaiból lehet és kell kiindulni:

10.§.

„a kapcsoltan termelt villamos energia kötelező átvételének a hasznos hőigényen alapuló kapcsolt energiatermelés elősegítésére kell irányulnia, az elsődleges energiaforrások felhasználásának megtakarításán kell alapulnia, valamint úgy kell végbemennie, hogy ne akadályozza a villamosenergia-rendszer szabályozhatóságát,”

(2) Az (1) bekezdésben meghatározott szempontok figyelembevétele mellett a villamos energiára vonatkozó kötelező átvételi rendszeren keresztül nem segíthető elő

a) a hasznos hőigényen felüli hőtermeléssel kapcsolt villamosenergia-termelés

3. §. Értelmező rendelkezések:

23. *Hasznos hő: a kapcsoltan termelt energia előállítása során valamely, gazdaságilag indokolt hő- vagy hűtési igény kielégítése érdekében megtermelt hő;*

2004/8/EK irányelv 17. bekezdése:

„A hasznos hőtéljesítmény mérése a kapcsolt energiatermelő erőmű leadási pontján alátámasztja annak szükségességét, hogy biztosítható legyen, hogy a kapcsolt energiatermeléssel előállított hasznos hő nem vesz el az elosztóhálózat nagyarányú hőveszteségének következtében.”

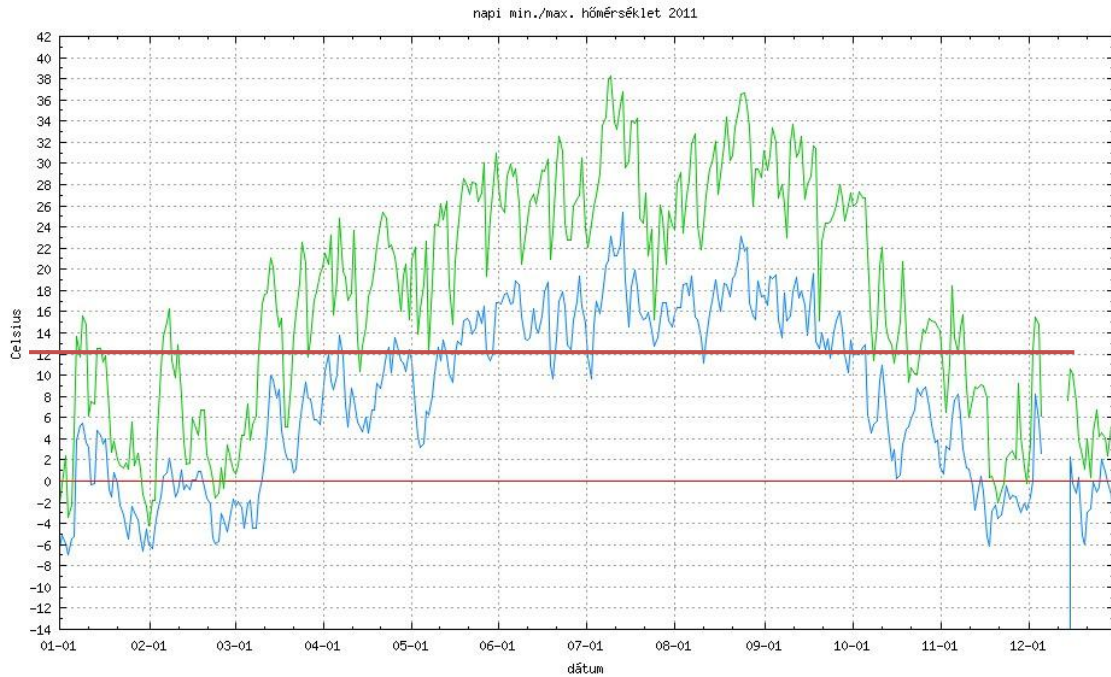
Ahhoz tehát, hogy „hasznos hőtermelés” valósuljon meg, nem a berendezések minél magasabb fokú kihasználását kell megcélozni, hanem mindig az éppen aktuális hőigények kielégítésére – és nem többre – kell törekedni. Ennek érdekében nézzük meg, hogy az éves hőigények hogyan is alakulnak.

4.1. Fűtési hőigény

Mivel hőt eladni legfőképp a téli időszakban (fűtésre) lehet, ezért érdemes előbb megvizsgálnunk azt, hogy hogyan alakul a fűtési és a nyári időszak Magyarországon!

A fűtési hőigényt legnagyobb mértékben a külső levegő hőmérséklete határozza meg. Magyarország a mérsékelt éghajlati övben helyezkedik el. A 5. ábrán⁷ látható diagram mutatja az országos napi minimum és maximum hőmérsékletek alakulását egy évben.

⁶ Gróf Gyula -Könczöl Sándor: Gázmotoros kapcsolt hő- és villamos-energiatermelés (Háttér-tanulmány az Üzemeltetési ajánlás kidolgozásához, 2008.)

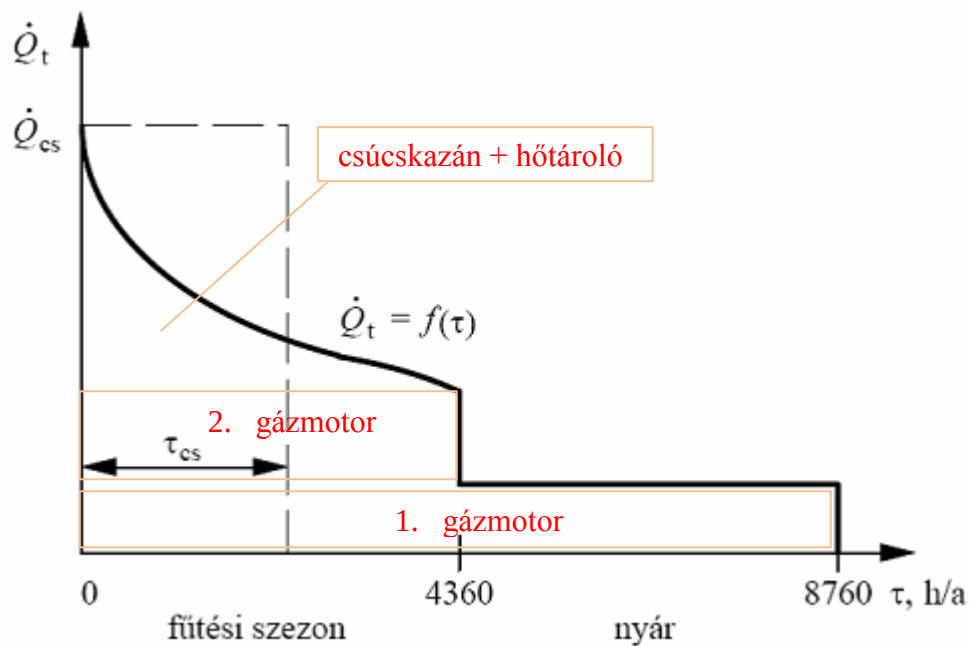


5. ábra A napi minimum és maximum hőmérsékletek alakulása 2011-ben

Általában a $+12^{\circ}\text{C}$ -nál hidegebb külső levegő hőmérséklet esetén beszélünk „fűtési szezonról”. Ez Magyarország területén körülbelül az év felét teszi ki (azaz az évi 8760 órából 4360 órát). Az év többi részében nincs szükség fűtési hőre, a nyári időszakban a megtermelt hő csak használati melegvíz előállítására használható fel, viszont ennek megtermelésére érdemes lehet 1 vagy 2 darab gázmotort üzemben tartani (melegebb napokon a megnövekedett klímahasználat egyébként is fokozza a villamosenergia-igényeket).

Hivatalos adatok szerint a nyári időszak: április 16-október 14.-ig, a téli időszak: október 15-április 15.-ig tart.

⁷ Forrás: a Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Karának honlapja ([joido.ttk.ptk.hu /Archív adatok](http://joido.ttk.ptk.hu/Archiv_adatok))

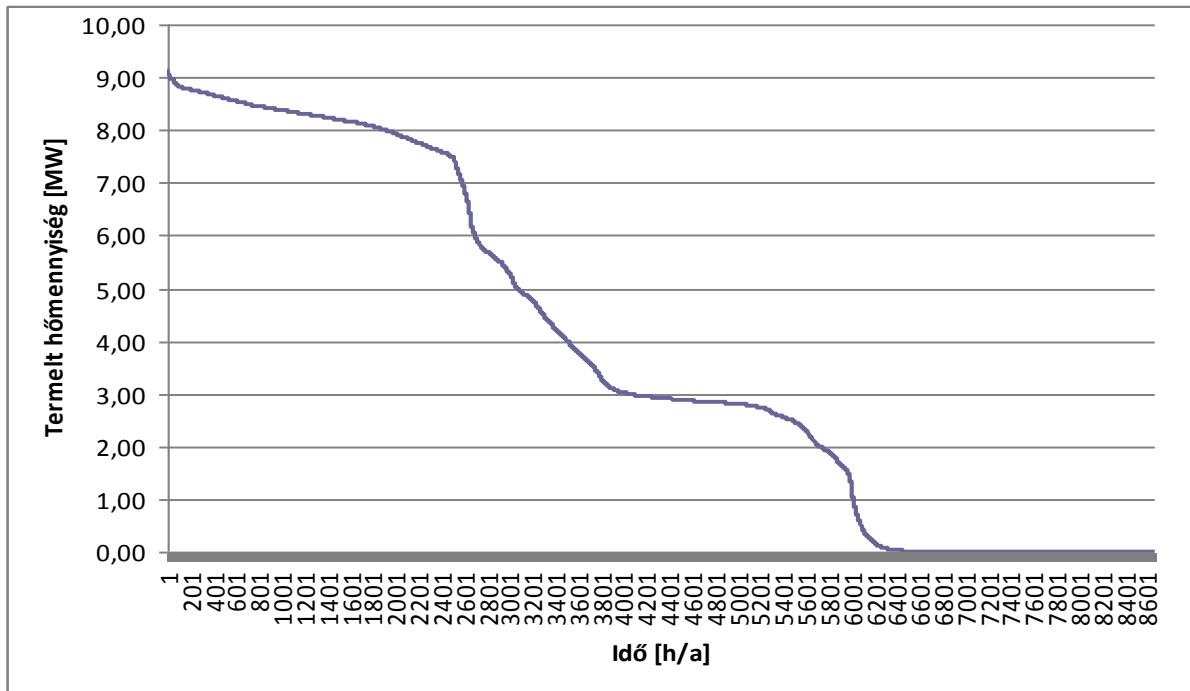


6. ábra Általános éves tartamdiagram

A hőigények nagysága szerint rendezett tartamdiagram nagyon jól szemlélteti a berendezések éves kihasználtságát. A görbe alatti terület az egy év alatt előállított hőmennyiséget adja (a hőtéljesítmények idő szerinti integrálja). A szaggatott vonallal jelzett téglalap a csúcskihasználási óraszámot mutatja, azaz azt, hogy hány óra alatt termelhető meg az éves hőmennyiség, ha a berendezést folyamatosan csúcsteljesítményen üzemeltetjük.⁸ A csúcskihasználási óraszám alapján megkülönböztetünk alap-, és csúcshőforrásokat. Az alaphőforrás nagy ($> 3500 \dots 4000$ h/év), a csúcshőforrás alacsonyabb ($< 500 \dots 1000$ h/év) csúcskihasználási órásszámmal üzemel. A diagram alapján jól számítható, hogy mely hőigény esetén érdemes újabb berendezést (gázmotort), illetve a csúcshőforrást (csúcskazán, hőtárolók) elindítani.

Ez a diagram az általam vizsgált fűtőerőmű hőtermelését illetően a következő módon alakul:

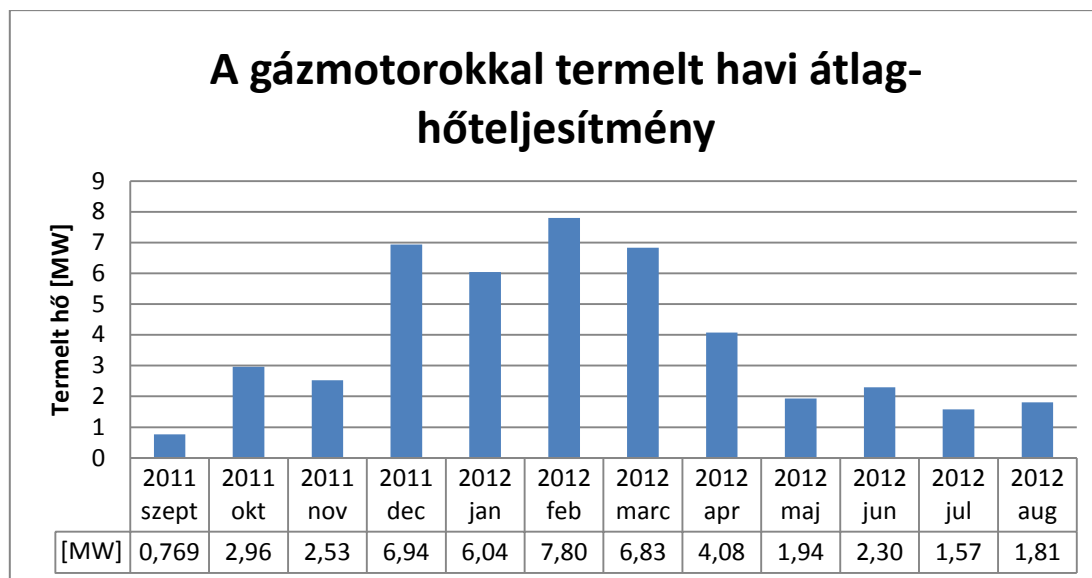
⁸Ősz János – Bihari Péter: Hőellátás (Budapest, 1998)



7. ábra A gázmotorokkal termelt hő éves tartamdiagramja (2011.09.01. és 2012.09.01. között termelt hőmennyiségek nagysága szerint rendezett diagram)

A diagramról leolvasható, hogy a gázmotorok körülbelül 2000-2200 órát nem üzemelnek (ennek oka az, hogy amikor a termelés önköltsége a szabadpiaci ár alá esik, abban az időszakban veszteséges a motorokat üzemben tartani, így leállítják azokat, erre a továbbiakban részletesebben is kitérek majd).

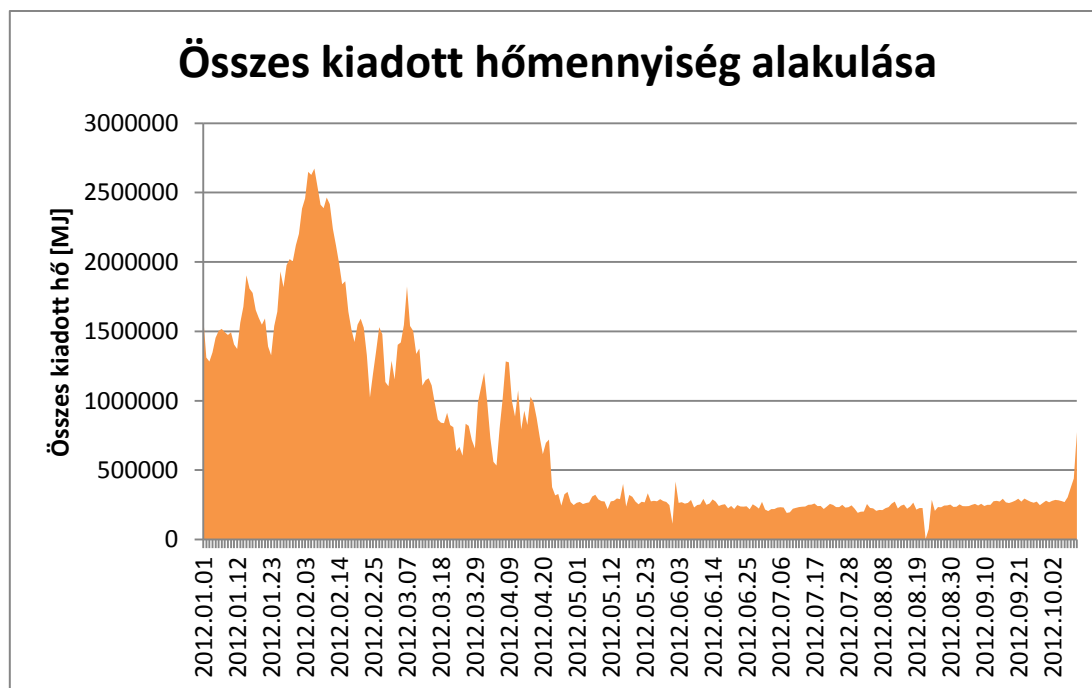
A vizsgált rendszerben három darab, egyenként 2,902 MW névleges hőtéljesítménnyel rendelkező gázmotor van beépítve. A diagramon jól elkülöníthető a három gázmotor működési tartománya. Az első gázmotor 6200-6300 órát üzemel egy év alatt. A másodikat már 2,9 MW hőigény felett érdemes beindítani - mivel eddig egyetlen motor képes kielégíteni az igényeket – ezért ez a motor már csak körülbelül 3900-4200 órát működik. A harmadik motor már csak 2800-3000 órát üzemel egy évben.



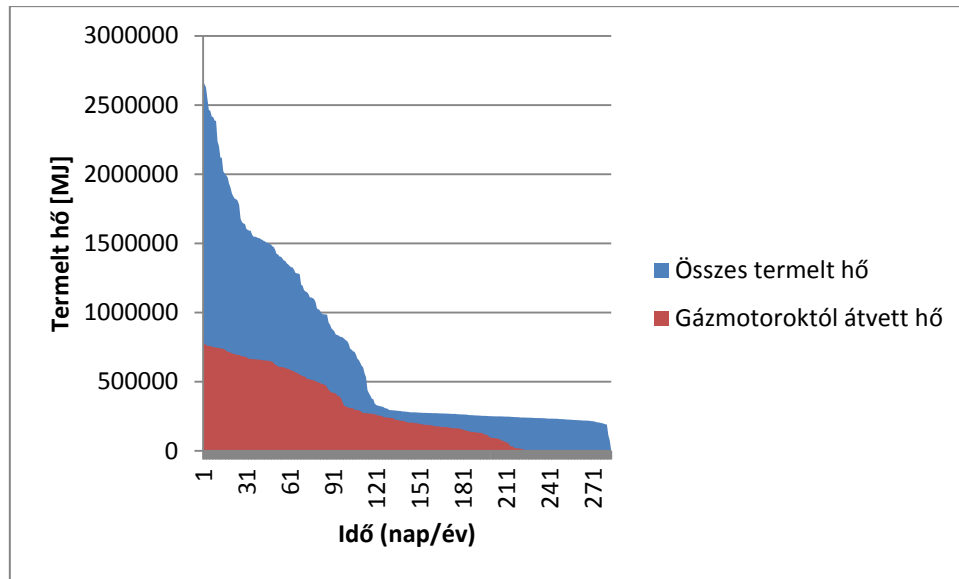
8. ábra Éves gázmotoros terhelési diagram

Az 8. ábra a gázmotorokkal termelt hő havi átlagértékeit mutatja. Itt is jól látszik, hogy a nyári időszakban jelentősen kisebb az energia-igény. A villamos energia iránti igényt csak a különösen meleg napok emelik meg (légkondicionáló berendezések alkalmazása). A termelt hő szinte teljes egészében használati melegvíz-előállításra fordítódik.

(A nyári időszakban megoldást jelenthetnének az úgynevezett trigenerációs rendszerek, melyek a nyáron termelt hőt egy abszorpciós hűtőgépre vezetve a helyiségek hűtésére fordítja. Erre részletesen az utolsó fejezetben térek ki.)



9. ábra Az összes kiadott hő mennyisége (2012.01.01-2012.10.10.)



10. ábra Éves hőigények tartamdiagramja (kazánok +gázmotorok)

A 10. ábra – mely a 9. ábrán látható diagram alapján lett megszerkesztve - a kazánokkal termelt hő, illetve a gázmotoros blokkoktól átvett hő tartamdiagramját, illetve azok arányát mutatja. (Sajnos egész éves adatok nem álltak a rendelkezésemre, csak a 2012. január 1.-től október 10.-ig feljegyzett adatok, így mivel a téli adatok hiányoznak, a tartamdiagramok kissé hiányosak, viszont a nyári hőigények vizsgálatára alkalmasak. Ha a téli időszakot is belevennénk az adatsorba, akkor a görbe hasonló módon alakulna, az összes termelt hő görbéje magasabb értékkel indulna, a gázmotoroktól átvett hő görbéje viszont nem indulna sokkal magasabb értékről, mint jelen esetben.) Látható, hogy amennyiben a gázmotorok üzeme folyamatos (vagy legalább mindennapos) lenne, a nyári hőigényeket bőven ki lehetne elégíteni csupán a gázmotorok hőtermelésére támaszkodva. Sajnos a villamos- és hőigények nem azonos módon alakulnak, így szükség van a kazános hőtermelésre is.

5. ÁRVISZONYOK

Kapcsolt energiatermelés esetén a termelt hő- és villamosenergia mennyisége között szoros kapcsolat van. Azaz több villamosenergia-termelés több hőt is fog eredményezni. Ennek következtében a két termék ára is szorosan kapcsolódik egymáshoz, a hőár a villamosenergia árának függvénye.

Két lehetőség van az árviszonyok elemzésére:

- ha a villamos energiát tekintjük elsődleges profitforrásnak, a hőenergiát pedig csak melléktermékként kezeljük,
- vagy ha a termelést az adott időpontban jelentkező hőigények alapján vezéreljük, azaz a hőenergiát tekintjük értékesebbnek.

A következőkben nézzük meg az első esetet, mivel az általam vizsgált blokkfűtőmű is ezt a gondolatmenetet preferálja. Itt villamosenergia-piac által vezérelt működést valósítanak meg, tehát a gázmotorokat egyrészt a pillanatnyi villamosenergia-igények függvényében működtetik (akár napi többszöri leállással és újraindulással). A másik működést befolyásoló tényező pedig a villamosenergia aktuális szabadpiaci ára⁹, mely akár óránként változhat. A villamos energia költségét a tüzelőanyag költségből, a hő-árbevételből, illetve az egyéb változó költségekből számítják ki. Abban az esetben működtetik csak a gázmotorokat, ha ez a számított önköltség a szabadpiaci villamosenergia-ár alatt marad, ellenkező esetben leállítják azokat. A leállás alatt felmerülő hőigényeket a kazánparkjuk működtetésével elégítik ki.

A hőenergia árát rendeletek határozzák meg minden évben, és egy évig fix marad. A tüzelőanyagot pedig éves szerződés alapján, előre meghatározott áron vásárolják.

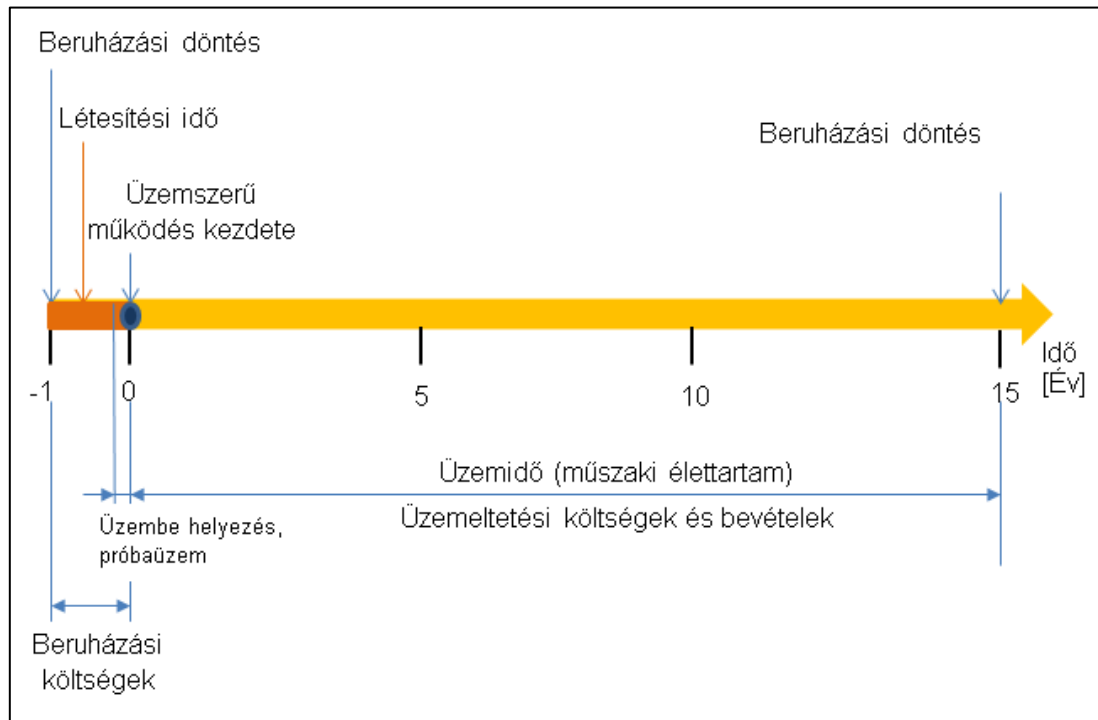
5.1. A villamosenergia-termelés költségei (gázmotoros blokkfűtőmű esetében)

A termelés költségeit alapvetően két csoportba sorolhatjuk: állandó és változó költségek.

Az állandó költségek azok a költségek, melyek nem, vagy csak kis mértékben függenek a termék mennyiségétől, viszonylag állandóak. Ide sorolható a beruházási költség, a földgáz teljesítménydíja, a tervszerű megelőző karbantartási költségek, az üzemeltetők béréi, biztosítási díjak, és egyéb költségek. Ezeknek a költségeknek bizonyos, előre meghatározott

⁹ A szabadpiacon (versenypiacon) minden fogyasztó megválaszthatja villamosenergia kereskedőjét. A piac jellemzője, hogy a villamosenergia ára többé már nem hatósági áras (rendeletben szabályozott), hanem a kereskedő/termelő és a fogyasztó alkujának eredménye. Minden energiakereskedő más-más árat és szerződéses feltételeket kínálhat. A versenypiac kifejezett előnye, hogy a Fogyasztók az adott feltételek és árak alapján választhatnak a piacon lévő Kereskedők ajánlatai közül. Ezáltal a kiválasztott Kereskedő és a Fogyasztó között egyedi megállapodás jön létre, amely fix időtartamra szól. Ez biztosítja azt is, hogy a megállapodásban leírtak ez idő alatt nem változnak, így az ár sem. [<https://www.edfenergia.hu/pages/aloldal.jsp?id=1704> Mit jelent a szabadpiac?]

időn belül vissza kell térülniük az üzemelés során, így ezeket az előállított termékek áraiban meg kell jelenniük.



11. ábra Egy gázmotoros erőmű életciklusa¹⁰

A beruházási költségek tartalmazzák a gázmotorblokk árát, illetve a létesítéshez tartozó egyéb költségeket. A rendszer értéke az üzembe helyezés pillanatában az építkezés ideje alatt felmerült költségek az üzembe helyezés pillanatára számított (diszkontált) költsége¹¹:

$$B_0 = \sum_{n=-m}^0 [B_n(1 + f_n)^n]$$

Ahol:

m – beruházás időtartama

B_n – beruházás éveiben felmerült költségek

f_n – adott év és az üzembe helyezés éve közti inflációs ráta

Ezt a költséget az üzemelés ideje alatt kell visszatermelni a kamatokkal, valamint a profittal együtt. Az üzemeltetés során a rendszer értéke az elhasználódás, elavulás miatt csökken, ezt az értékcsökkenést a könyvelés során rögzíteni kell. Ezt a célt szolgálja az értékcsökkenési leírás (amortizálás), mely mutatja a rendszer értékét is az adott évben. Magyarországon lineáris leírási hányad a jellemző, tehát az élettartam alatt azonos összeget írnak le minden évben.

¹⁰ Dr. Zsebik Albin: Gázmotorok jövedelmezősége, megtérülése (Elemző tanulmány, 14. o.) alapján

¹¹ Ósz János- Bihari Péter: Hőellátás 180.o

¹²Például: $n=10$ év gazdasági élettartam alatt, $i=5\%$ kamatlábbal számolva a lineáris leírási hányad:

$$\alpha = \frac{i}{1 - \beta^n} = 0,1295 \quad , \quad (\text{ha } \beta = \frac{1}{(1 + i)} = 0,9524 \quad),$$

és az évek száma alapján a rendszer könyv szerinti értéke $n=k$ -ik évben:

$$B_k = B_0 - k \cdot \alpha_{lsz} \cdot B_0$$

Így az évi tőketheher:

$$C = \alpha_i \cdot B_0 \text{ [Ft/év]}$$

A lineáris leírási hányadot úgy kell megválasztani, hogy az n év alatt a beruházási költségek kamatostul visszatérjenek.

Egyes országokban viszont a dinamikus értékcsökkenési modell a jellemző, ott tehát az első években nagyobb, majd az évek során egyre kisebb összeg kerül leírásra.

A tervszerű karbantartási költségeket is az állandó költségek közé szokták sorolni, és a tapasztalatok alapján arányos a beruházási költséggel (fűtőerőműveknél általában évente 8-10%-a, de gőz-körfolyamatú erőműveknél 2,5%/év).

$$C_{TMK} = \alpha_{TMK} \cdot B_0 \text{ [Ft/év]}$$

ahol:

α_{TMK} – a karbantartási tényező

B_0 – a kamatok nélkül számított beruházási költség.

¹³További állandó költségek: bérek, adók, biztosítási költségek, stb. Ezeket is a beruházási költségekkel arányosnak tekintik:

$$C_1 = \alpha_1 \cdot B_0 \text{ [Ft/év]}$$

ahol:

α_1 – karbantartási tényező (általában 0,5-1%/év).

A kapcsolt energiatermelés változó költségének a felhasznált tüzelőanyag költsége tekinthető.

A folyó tüzelőanyag-költségek mérlege:

$$C_{\ddot{u}} = Q_{\ddot{u}} \cdot p_{\ddot{u}} = Q \cdot k_{Q\ddot{u}} + P \cdot k_{E\ddot{u}}$$

ahol:

$p_{\ddot{u}}$ – a tüzelőanyag hőára

$k_{Q\ddot{u}}$ – hőtermelés fajlagos tüzelőköltsége ($K_{q\ddot{u}} = q_Q \cdot p_{\ddot{u}}$)

¹² Dr. Zsebik Albin: Gázmotorok jövedelmezősége, megtérülése

¹³ Villamos energia termelés gazdasági értekezés 23-24. o

$k_{Eü}$ – villamosenergia-termelés fajlagos tüzelőkölsége ($k_{Eü} = q_E \cdot p_{ü}$)

5.2. A régi (KÁT) és az új (szabadpiaci) árrendszer¹⁴

5.2.1. A kapcsoltan termelők támogatása az Európai Unióban

A 2004/8/EK Irányelv a kapcsolt villamos és hőenergia termelés alapidokumentuma.

Megállapítja, hogy a kapcsolt termelés azért támogatható, mert

- 1) primer energia megtakarítással jár,
- 2) jelentősen csökkenti a hálózati veszteséget,
- 3) alacsonyabb a károsanyag-kibocsátása és
- 4) pozitívan hat az ellátásbiztonságra.

Az Irányelv meghatározása szerint azt nevezzük kapcsolt termelésnek, kapcsolt erőműveknek, amelyek hasznos hőt és villamos energiát egyetlen folyamat során, egyszerre termelnek.

Méret szerint három kapcsolt termelőt lehet megkülönböztetni:

- mikroegység, amelynek a beépített névleges kapacitása 50 kWe alatti,
- kis egység, amelynek a beépített névleges kapacitása 1 MWe alatti, és
- normál egység, amelynek a beépített névleges kapacitása meghaladja az 1 MWe-ot.

Az Irányelv a nemzeti támogatási módok keretrendszerét alapozza meg. Arra ösztönzi a tagállamokat, hogy kiszámítható –minimum négy éves - támogatási rendszert dolgozzanak ki a nagy hatásfokú kapcsolt termelők támogatására. „Nagy hatásfokú kapcsolt termelésnek tekinthetők azon erőművek, amelyek legalább 10 %-os primer energia megtakarítással járnak. A mikro és kis egységű kapcsolt termelést már akkor is nagy hatásfokúnak lehet nevezni, ha primer energia megtakarítással jár.”¹⁵ A primerenergia-megtakarítás kiszámítására egy külön módszertant hoztak létre, ezt egy külön határozatban foglalták össze az építés éveire vonatkoztatott referencia-hatásfokokkal együtt (2007/74/EK).

Az Irányelv fontosnak tartja, hogy a fogyasztók egy liberalizált villamosenergia-piacon kapcsolt erőművi termelésből származó villamos energiát fogyaszthassanak, ehhez ki kell dolgozni egy eredetigazolási rendszert. Ennek célja, hogy egy majdani egységes európai támogatási rendszerben egyértelműen és azonos kritériumok alapján lehessen beazonosítani a kapcsolt termelést.

^{14, 15} Forrás: Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont tanulmánya: A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés versenyképessége és szabályozási kérdései Magyarországon; Készítette: Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (REKK) Budapesti Corvinus Egyetem, 2010. október 15.

A kapcsolt termelést különböző formában támogatják a tagállamok (12. ábra). Az egyes támogatási rendszerek nem teljesen egyformák, de vannak általános elemek, melyek megegyeznek. A kapcsoltak támogatási módja a megújuló energiaforrást használó erőművek támogatásához hasonlít: ahol zöld bizonyítvány rendszer van, ott a kapcsoltak is forgalmazható bizonyítványt kapnak, ahol garantált áras rendszerrel támogatják a megújuló alapú villamosenergia-termelést, ott a kapcsoltat is.

Több országban megkülönböztetik a fosszilis és a megújuló energiaforrást felhasználó erőműveket. „Németországban és Ausztriában a fosszilis alapúak prémiumot kapnak (a piaci ár felett), míg a megújuló alapú kapcsoltak maradnak a garantált áras megújulós támogatási rendszerben. Romániában, Svédországban és az Egyesült Királyságban csak a megújuló alapú kapcsoltak kapnak támogatást. „

A fosszilis alapú kapcsolt termelők esetében két féle korlátozás a jellemző: maximum teljesítmény meghatározása (legtöbbször 50 MW), illetve a hő közcélú felhasználása (Ausztria, Litvánia és Magyarország). A távhő célú és az ipari felhasználás gazdaságossága eltér egymástól, mert míg az ipari igények egész évben megközelítőleg állandónak mondhatóak, addig a lakosság fogyasztása erősen ingadozó, szezonális jellegű.

Egyáltalán nincs termelési támogatás Finnországban, Írországban és Hollandiában, viszont ennek ellenére mindkét országban igen magas a kapcsolt termelés aránya. Finnországban a hideg éghajlat miatt a magas hőigény, de a jól kiépült biomassza beszállítói hálózatok, illetve a magas állami K+F támogatásnak köszönhetően a mai kapcsolt erőműpark jellemzően 90% körüli hatásfokkal működik.

Hollandiában a garantált árat fokozatosan csökkentették és 2008-ban meg is szüntették támogatást, mivel szabadpiaci keretek közt is versenyképesek a kapcsoltak.

nincs támogatás	FIT	FIT/Prémium	Prémium	Zöld bizonyítvány
FI, IE, UK*, NL, MT, RO*, SE*	AT, BG, CY, DE, GR, FR, HU, LT, LV, LU, PT, SK	CZ, SI, ES, EE	AT, DE, DK	BE, IT, PL

* csak a megújuló alapú kapcsolt támogatott

Forrás: COGEN Europe, 2009 alapján

12. ábra Nem megújuló alapú kapcsolt termelés támogatási módjai az Európai Unióban^{16 17}

¹⁶ Forrás: Magyar Energia Hatal honlapjáról: Kezdőoldal/Fenntartható fejlődés / Megújuló energiák /Kötelező átvételi rendszer: <http://www.eh.gov.hu/fenntarthato-fejlodes-2/megujulo-energiak/426-kotelezo-atveteli-rendszer.html>

¹⁷ Jelölések:

FIT = garantált áras átvétel (feed-in tariff)

A fent említett támogatási formákon kívül más egyéb mód is létezik még. Például Bulgáriában a kapcsoltak kevesebbet fizetnek a gázért. „Jellemzőbb azonban a gyorsított ütemű értékcsökkenési leírás (pl. Belgium, Írország), adókedvezmény (pl. energiaadó alóli mentesség, fűtőanyaga jövedéki adótól való mentessége), illetve kötelező kapcsolt termelési lehetőség auditja 5MW fölötti új termelési kapacitásnál, vagy rekonstrukció esetén (Csehország) (COGEN Europa 2009 és EEA, 2010).”

5.2.2. A magyarországi kötelező átvételi rendszer (KÁT) általános ismertetése

Hazánkban az energia- és klímapolitikai célok elérését szolgálja a támogatási rendszer. Ezen a rendszeren belül a kapcsolt erőművek szempontjából a beruházási és a működési támogatások a meghatározóak.

Utóbbi támogatások egyik formája a kötelező átvételi rendszer (KÁT), melyet Magyarország is alkalmaz (a kapcsolt termelés esetében viszont csak alkalmazott). E rendszer fő célja, hogy a megújuló energiaforrásokból és hulladékból termelt villamos energia az értékesítés során versenyképesebb pozícióba kerüljön, mint a fosszilis tüzelőanyagot felhasználó technológiák. A KÁT rendszerben a MAVIR Zrt. garantáltan átveszi a termelt villamosenergiát egy a piaci árnál magasabb, előre meghatározott áron. Így a támogatási körbe eső termelők egy védett piacon adhatják el a villamosenergiát, - a szabadpiaci körülményekkel ellentétben - a többi piaci szereplővel nem kell versenyezniük.

„A kötelező átvételi rendszer hazai alkalmazásának keretfeltételeit a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény (a továbbiakban: VET), a rendszer működésének részletesebb szabályait pedig „a megújuló energiaforrásból vagy hulladékból nyert energiával termelt villamos energia, valamint a kapcsoltan termelt villamosenergia kötelező átvételéről és átvételi áráról szóló 389/2007. (XII. 23.) Korm. rendelet” (a továbbiakban: KÁT rendelet), valamint „az átvételi kötelezettség alá eső villamos energiának az átviteli rendszerirányító által történő szétosztásáról és a szétosztás során alkalmazható árak meghatározásának módjáról szóló 109/2007. (XII. 23.) GKM rendelet” tartalmazza.”

A VET alapján a Magyar Energia Hivatal határozatban állapítja meg minden megújuló forrásból vagy hulladékból nyert energiával villamos energiát termelő értékesítő részére a KÁT rendszer keretében átvehető villamos energia mennyiségét és az átvétel időtartamát. A

Prémium = prémium rendszer (a lényege, hogy a piaci ár kiegészítéseképpen egy fix prémiumot kap a termelő)

Zöld bizonyítvány = a rendszer lényege, hogy a kereskedőknek a szolgáltatott villamos energia egy részét megújuló forrásból kell fedezniük. A megújuló termelők számára kiállított zöld bizonyítvány egyrészt elszámolási és nyomon követési dokumentum, másrészt a termelő bárkinek eladhatja azt a tőzsdei piacon.

termelő csak ennek az időszaknak a végéig termelhet a rendszerbe, az időszak végén, vagy a kitűzött maximális energiamennyiség elérése után megszűnik a jogosultsága a támogatásra. Így biztosított, hogy a termelő legfeljebb a befektetés megtérüléséig kapja a támogatást.

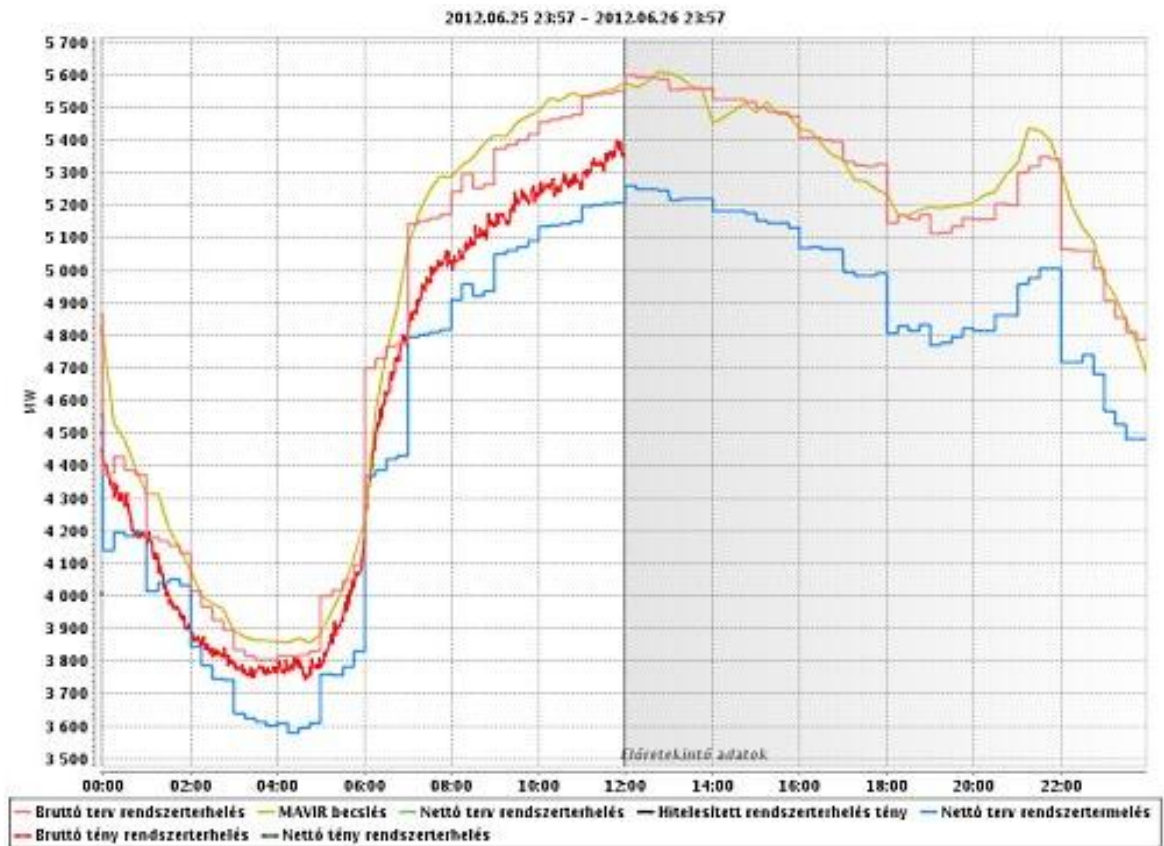
A rendszer működésének folyamata:

„Az átvételi kötelezettség alá eső villamos energia termelője (Értékesítő) – amennyiben az egyéb jogszabályi feltételeknek megfelel – jogosult a KÁT mérlegkörhöz csatlakozni. A MAVIR Zrt., mint KÁT mérlegkör felelős, mérlegkör tagsági szerződést köt az Értékesítővel. A MAVIR Zrt., mint Befogadó a mérlegkörbe érkező villamos energiáért kifizeti az átvételi árat az Értékesítőnek, majd a villamos energiát és annak költségét a hozzájuk tartozó fogyasztás arányában szétosztja a KÁT-átvevők (elsősorban kereskedők és egyetemes szolgáltatók) között. A szétosztott zöldáram költségét a KÁT-átvevő beárazza saját portfóliójába, így a KÁT támogatás költsége végső soron a felhasználókat terheli.”

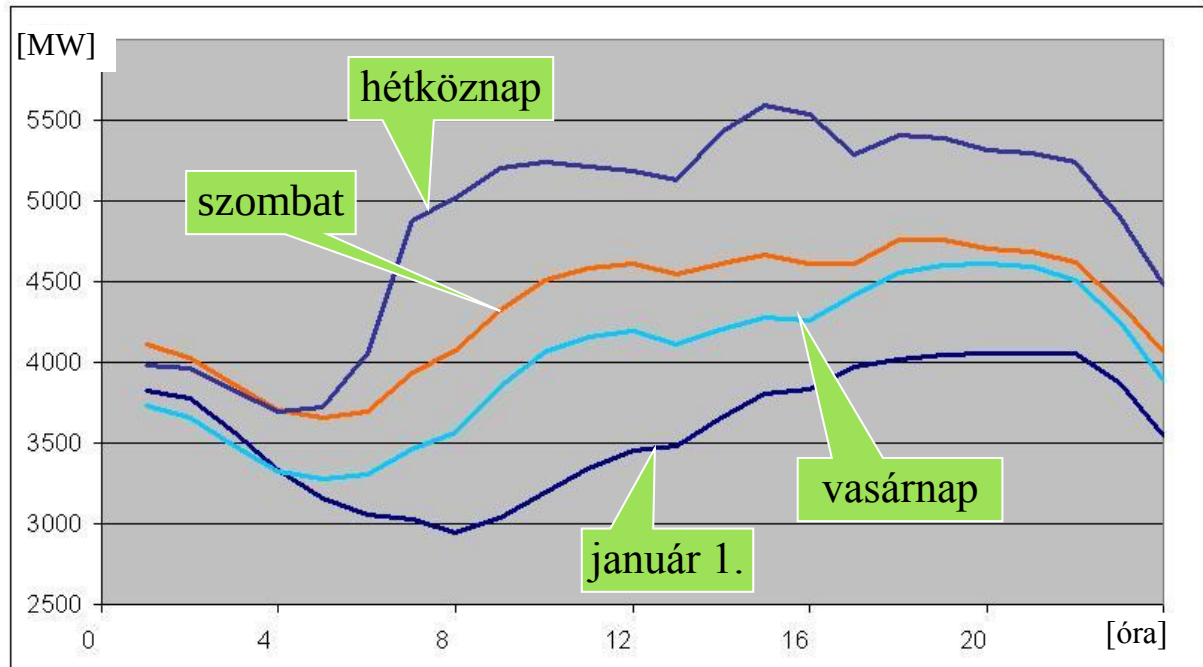
(A fosszilis bázisú kapcsolt hő-és villamosenergia-termelés azonban 2011. július 1-jével kikerült a KÁT rendszer hatálya alól.)

5.3. A fogyasztói igények változása, és azok követése

A villamosenergia-termelést célszerű a fogyasztói igényekhez igazítani, mivel az nem csak évszakonként, hanem már napszakonként is nagy eltéréseket mutat (ld.: 13. ábra)



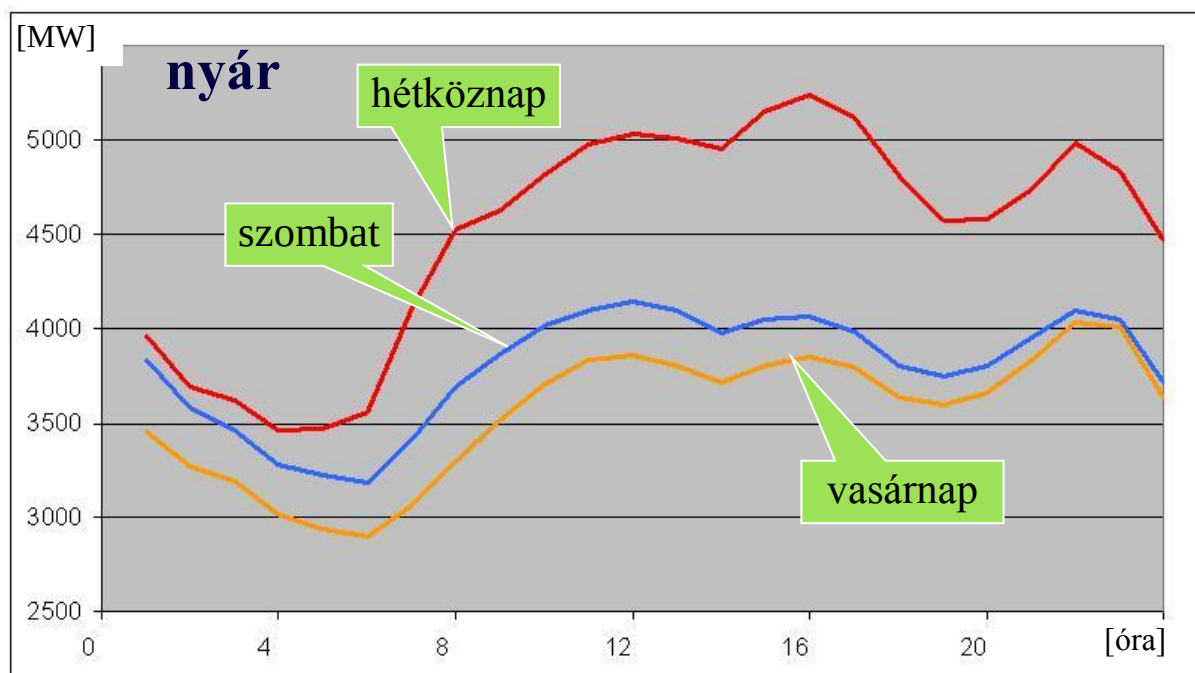
13. ábra A magyar villamosenergia-rendszer egy napja¹⁸



14. ábra A magyar villamosenergia-rendszer fogyasztói igénye téli napokon¹⁹

¹⁸ Forrás: MAVIR - A terhelés napi változása, <http://e-villamos.hu> Óraátállítás hatásai a villamosenergia-rendszerre

^{19, 20} Forrás: Gács István: Villamosenergia-termelés gazdasági értékelése, BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tsz. 2012



15. ábra A magyar villamosenergia-rendszer fogyasztói igénye nyári napokon²⁰

Ezen fogyasztói görbék követésére három termelési időszakot különböztetnek meg: csúcsidőszak, völgyidőszak, mélyvölgy-időszak. A villamosenergia-árak is ezt a felosztást követik, a rendelet²¹ szerint a zónaidők időtartamát a következő módon határozták meg munkanapokon:

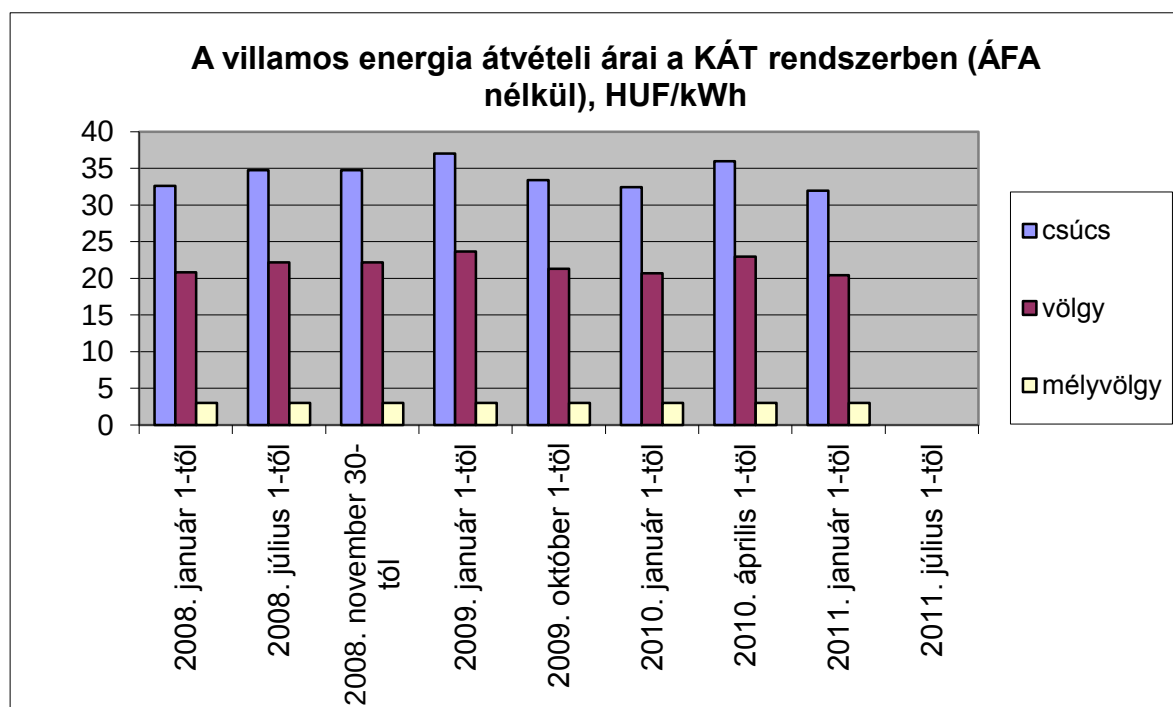
Napszak	Téli időszámítás	Nyári időszámítás
Csúcsidőszak	06:00 – 22:00	07:00 – 23:00
Völgyidőszak	22:00 – 01:30 és 05:00 – 06:00	23:00 – 02:30 és 06:00 – 07:00
Mélyvölgy időszak	01:30 – 05:00	02:30 – 06:00

Valamint nem munkanapnak minősülő napokon:

Napszak	Téli időszámítás	Nyári időszámítás
Völgyidőszak	06:00 – 01:30	07:00 – 02:30
Mélyvölgy időszak	01:30 – 06:00	02:30 – 07:00

²¹ Forrás: Magyar Energia Hivatal honlapja: <http://www.eh.gov.hu/hatosagi-arak-2/villamos-energia/kotelezo-atvetel.html>

Értelemszerűen a csúcsidőszakban termelt villamosenergia ára a legmagasabb, azt követi a völgyidőszaki, majd a mélyvölgyi tarifa. A következő diagram a kötelező átvételű villamosenergia átvételi árainak alakulását mutatja:



16. ábra A villamos energia átvételi árai a KÁT rendszerben és az önköltség viszonya²²

Mivel az erőmű gázköltsége átlagosan 12-13 Ft/kWh, ezért belátható, hogy 3 Ft/kWh áron a mélyvölgy időszakban nem érdemes termelni villamosenergiát.

A vizsgált erőműben a villamosenergia-termelést a mindenkor energiagigényeken kívül a villamosenergia átvételi ára is befolyásolta. Mélyvölgy időszakban az átvételi ár nem fedezte a villamosenergia-előállítás költségeit, így ezekben az órákban nem üzemeltették a gázmotorokat.

„A villamos energiáról szóló LXXXVI. törvény 172. §-ának 2011. III. 30-tól hatályba lépett (5f) bekezdése, és a KR. 7. §-ának (1) bekezdése együttes figyelembevételével a hővel kapcsolatosan termelt villamos energia kötelező átvétele 2011. július 1-től megszűnt.”²³

A támogatás megszüntetését a következők indokolták:

A támogatás megszüntetésével a villamosenergia-piaci verseny erősítése volt a cél, mert a kapcsolatosan termelő erőművek támogatása a hő- és villamosenergia-piacon jelentős versenytorzulást okozott. Mivel a támogatás a villamosenergiára vonatkozott, ezért ezen a piacon nem kellett versenyezniük a termelőknek a piac többi résztvevőjével (mindenki állandó, garantált árat kapott a megtermelt villamosenergia után), így a hőpiacon kezdtek el

²² ²³ ²⁴ Forrás: Magyar Energia Hivatal honlapjáról letölthető: [A kötelező átvételű villamos energia átvételi árai 2008-2012.](http://www.eh.gov.hu/hatosagi-arak-2/villamos-energia/kotelezo-atvetel.html) című dokumentum: <http://www.eh.gov.hu/hatosagi-arak-2/villamos-energia/kotelezo-atvetel.html>

versengeni a fogyasztókért. A versenyezni pedig csak az árakkal lehetett, így igyekeztek azt minél alacsonyabbra szorítani, egészen addig, hogy a hőenergiát már az előállítás költségeinél is alacsonyabb áron kínálták (átlagosan a tüzelőanyag-költség 80%-án). Ennek a hatása az lett, hogy a hőpiacon irreális hőárak jöttek létre, a fogyasztóknak nem a hőenergia tényleges értékét kellett kifizetni, hanem attól sokkal alacsonyabbat. Ez értelemszerűen nem ösztönözte a fogyasztókat az energiatakarékosságra, a túlfogyasztás vált elterjedté – új helyeken is megjelent a hő iránti kereslet, olyan helyeken, melyeket a nagyon alacsony hőár hiányában nem fűtenének fel feleslegesen (pl.: mélygarázsok) -, valamint az országos energiahatékonysági intézkedések (mint például a házak megfelelő hőszigetelése) kevésbé voltak vonzóak a fogyasztók számára. A támogatás nélküli megújuló energiaforrás-alapú erőművek nem tudtak ezekkel az árakkal versenyezni, így kiszorultak a hőpiacról. A kötelező átvételi árak olyannyira kedvezőek voltak, hogy a hőenergiát (megfelelő villamosenergia-igények mellett) akár ingyen is szolgáltathatták volna, a beruházás még abban az esetben is megtérült volna.²⁴

A kötelező átvétel megszűnése óta a termelést legfőképp a villamosenergia szabadpiaci ára határozza meg. A változó költségeket figyelembe véve számítanak egy önköltségi árat és abban az esetben, ha ez az ár magasabb, mint a piaci ár (amelyen értékesíteni tudnák a terméket), leállítják a gázmotorokat és szüneteltetik a termelést addig, amíg az önköltségi ár a piaci ár alá nem kerül. Ez napi többszöri leállást és újraindítást eredményez, ami nem kedvez a gázmotor-blokkok élettartamának. (A gázmotorokat beindítás után ajánlott minimum 12 órán át folyamatosan üzemeltetni, valamint a rövid üzemidők megakadályozzák a motorok csúcsra járatását, így azok energia-termelési kapacitása nincs maximálisan kihasználva.)

A támogatás megszűnése után a veszteségek csökkentésére több intézkedést is tettek: a költségcsökkentés mellett egyes szolgáltatási szerződéseket felbontottak és ezen szolgáltatásokat újrapersenyeztették.

5.4. A hőenergia-termelés költségei, értékesítési lehetőségei

A KÁT rendszer megszűnését követően (2011. október 1-től) hőoldali támogatási rendszer került bevezetésre, és a magyar Energia Hivatal határozza meg mind a fogyasztói, mind a termelői hőárakat az 50/2011. (IX.30.)NFM rendelet szerint.

²⁴ Források: 1. Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont tanulmánya: A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés versenyképessége és szabályozási kérdései Magyarországon; Készítette: Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (REKK) Budapesti Corvinus Egyetem, 2010. október 15.
2. Dr. Zsebik Albin: Gázmotorok jövedelmezősége, megtérülése (elemző tanulmány, Budapest, 2007. március)

„1. § E rendelet alkalmazásában

- a) *értékesítői hődíj*: a távhőszolgáltató által ténylegesen igénybe vett hőmennyiség után fizetendő, Ft/GJ-ban kifejezett díj,
- b) *értékesítői teljesítménydíj*: a távhőszolgáltatónak értékesített távhő távhőszolgáltató által lekötött teljesítménye alapján fizetendő Ft/MW/év mértékegységben kifejezett díj,
- c) *távhővásárlási szerződés*: a távhőszolgáltatásról szóló 2005. évi XVIII. törvény (a továbbiakban: Tszt.) szerinti értékesítő és a távhőszolgáltató közötti, távhővásárlásra irányuló szerződés,
- d) *végfelhasználó*: a Tszt. szerinti lakossági felhasználó, díjfizető vagy külön kezelt intézmény.

2. § (1) A távhőszolgáltató az értékesítő részére a távhő és a távhőtermeléssel összefüggő szolgáltatások – keringtetés, pótvíz biztosítása, vegyszerezés és vízlágyítás – ellenértékeként

- a) értékesítői teljesítménydíjat és értékesítői hődíjat, vagy
- b) értékesítői hődíjat (a továbbiakban együtt: értékesítői díjak) fizet.

(2) Az (1) bekezdés szerinti díjtételeken kívül más díjtételeket az értékesítő nem alkalmazhat.

(3) Az értékesítők megnevezését és az egyes értékesítőkhöz kapcsolódó értékesítői díjakat a rendelet 1. melléklete tartalmazza.

(4) Az értékesítői teljesítménydíj és az értékesítői hődíj külön-külön legmagasabb hatósági árak.

(5) Az 1. mellékletben szereplő értékesítői díjak nem tartalmazzák az általános forgalmi adót.

4. § A végfelhasználó a távhőszolgáltató részére a távhőszolgáltatásért a távhőszolgáltató által 2011. március 31-én alkalmazott, általános forgalmi adót nem tartalmazó díjnál 4,2 százalékkal magasabb mértékű – legmagasabb hatósági árnak minősülő – díjat köteles fizetni.

5. § (2) A nyereségtényező

- a) azon értékesítő esetében, amely 2011. június 30. napján a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény (a továbbiakban: Vet.) szerinti átvételi kötelezettség alá eső villamos energia elszámolására létrehozott mérlegkör tagja volt (ideértve a felfüggesztett mérlegkör tagságot is), és a létesítményére vonatkozó beruházás a Hivatal 2011. június 30. napján hatályos határozata alapján nem térült meg: 4,5%;
- b) az a) pont alá nem tartozó értékesítő esetében: 2,0%;
- c) a távhőszolgáltató esetében 2,0%.

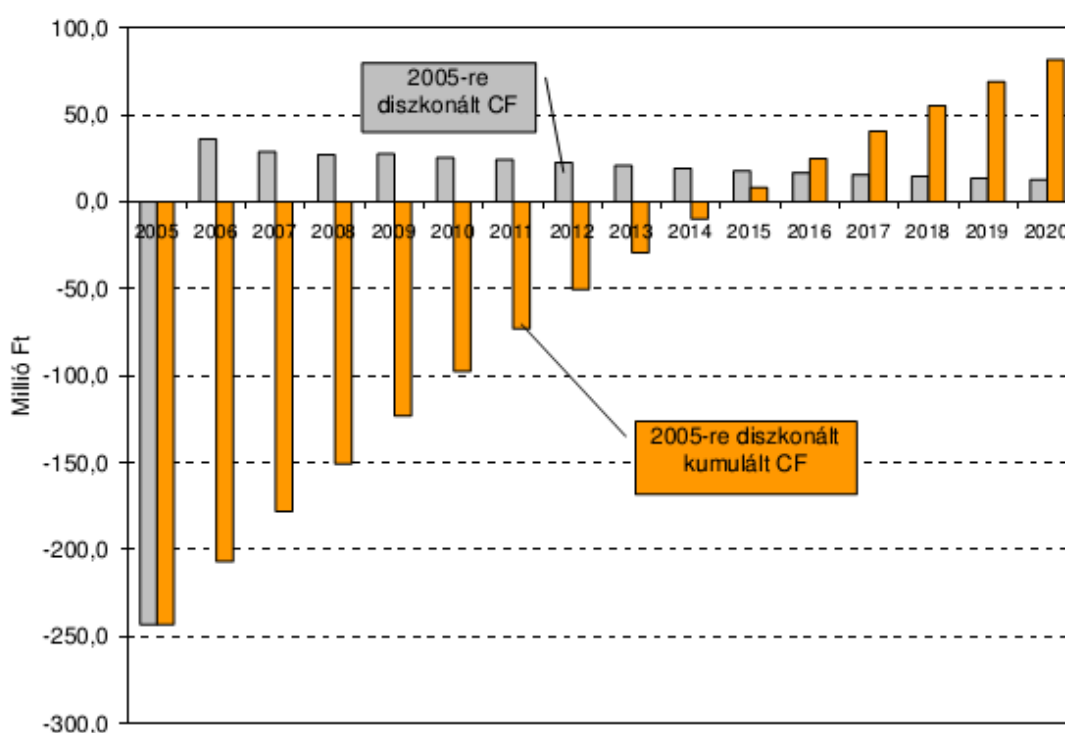
(4) Ha a Hivatal az ellenőrzés során megállapítja, hogy

- a) a távhőtermelő nyeresége meghaladta a nyereségkorlátot, a távhőtermelőt kötelezi arra, hogy a nyereségkorláton felüli nyereségtöbblet összegét a tőle vásárló távhőszolgáltató részére adja át,
- b) a távhőszolgáltató nyeresége meghaladta a nyereségkorlátot és a távhőszolgáltató az ellenőrzéssel érintett időszakban távhőszolgáltatási támogatásban részesült, a távhőszolgáltatót kötelezi arra, hogy a nyereségkorláton felüli nyereségtöbblet összegét a Vet. 147. § (1) bekezdés c) pontjában meghatározott célra létrehozott számla javára, a kapott távhőszolgáltatási támogatás erejéig fizesse be, továbbá az ezen felüli összeget a végfelhasználónak adja át,
- c) a távhőszolgáltató nyeresége meghaladta a nyereségkorlátot és a távhőszolgáltató az ellenőrzéssel érintett időszakban távhőszolgáltatási támogatásban nem részesült, a távhőszolgáltatót kötelezi arra, hogy a nyereségtöbblet teljes összegét a végfelhasználónak adja át.”²⁵

²⁵50/2011. (IX. 30.) NFM rendelet: <http://www.jogiadatbank.hu/doc.php?docid=WKHU-QJ-XML-00000A1100050NFM&docdb=jog&action=movepage¶m=0>

6. MEGTÉRÜLÉS

A Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (REKK) 2010-ben kiadott tanulmányban²⁶ vizsgálja a kapcsolt energiatermelés versenyképességét a KÁT rendszer előtti és utáni időszakokra vonatkozóan is. Az elemzésben egy 2005-ben épült kapcsolt gázmotor megtérülését számolták ki, mivel ebben az évben épült a legtöbb ilyen típusú erőmű. A beruházás megtérülésének szemléltetésére a diszkontált cash-flow alapú értékelési eljárást alkalmazták. A módszertan alapja a nettó jelenérték, amely a diszkontált cash-flow-k összege. Ha a beruházás nettó jelenértéke pozitív, akkor a projekt megtérül. A következő ábra egy 1 MWe-os kapcsolt gázmotor éves diszkontált cash-flow-ját, illetve a kumulált pénzáramlásokat mutatja.



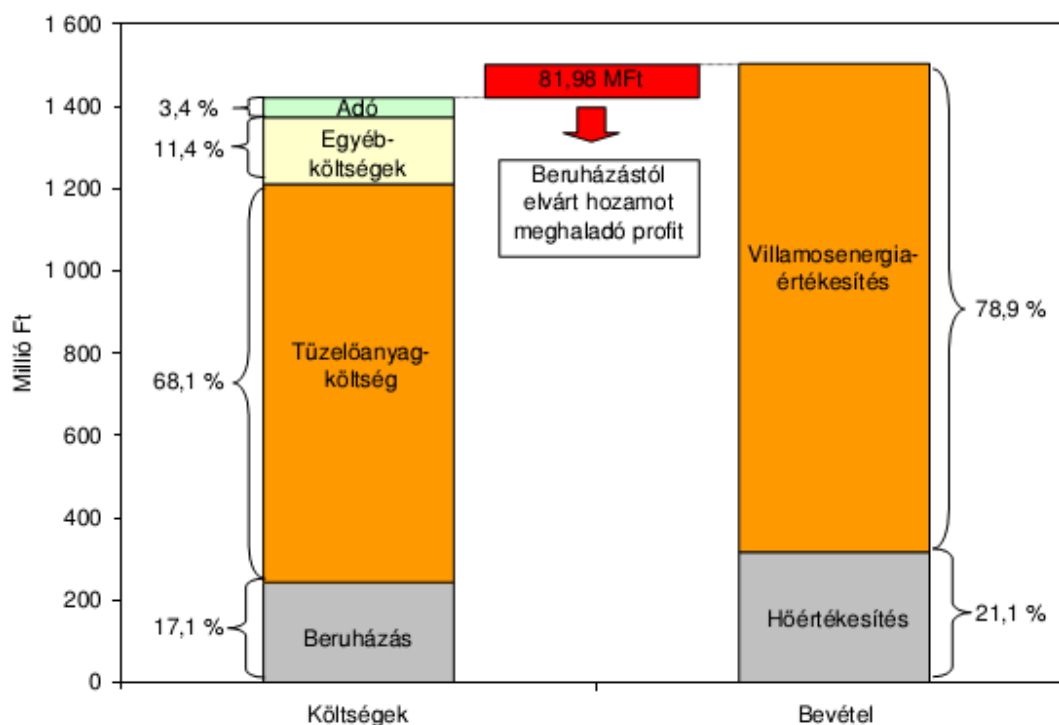
Forrás: REKK számítás

17. ábra Egy 1 MWe-os kapcsolt gázmotor 2005-re diszkontált cash-flow-ja, és kumulált diszkontált cash-flow-ja²⁷

A diagram szerint az első évben a beruházás 250 MFt körüli negatív cash-flow-val indul. A következő években egyre kisebb értékkel, de közeledik a projekt a megtérüléshez, amit a 2015-ös évben ér el. A kötelező átvételes rendszerben tehát 15 éven belül megtérül a beruházás. Ha az erőmű nem termelne többet ezután, még akkor is érdemes lenne végrehajtani

^{26,21}Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont tanulmánya: A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés versenyképessége és szabályozási kérdései Magyarországon ; Készítette: Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (REKK) Budapesti Corvinus Egyetem, 2010. október 15.

a projektet a kötelező átvételes rendszerben. A következő ábra a tanulmányban szereplő erőmű költségeinek és bevételeinek megoszlását, valamint a profit nagyságát mutatja.



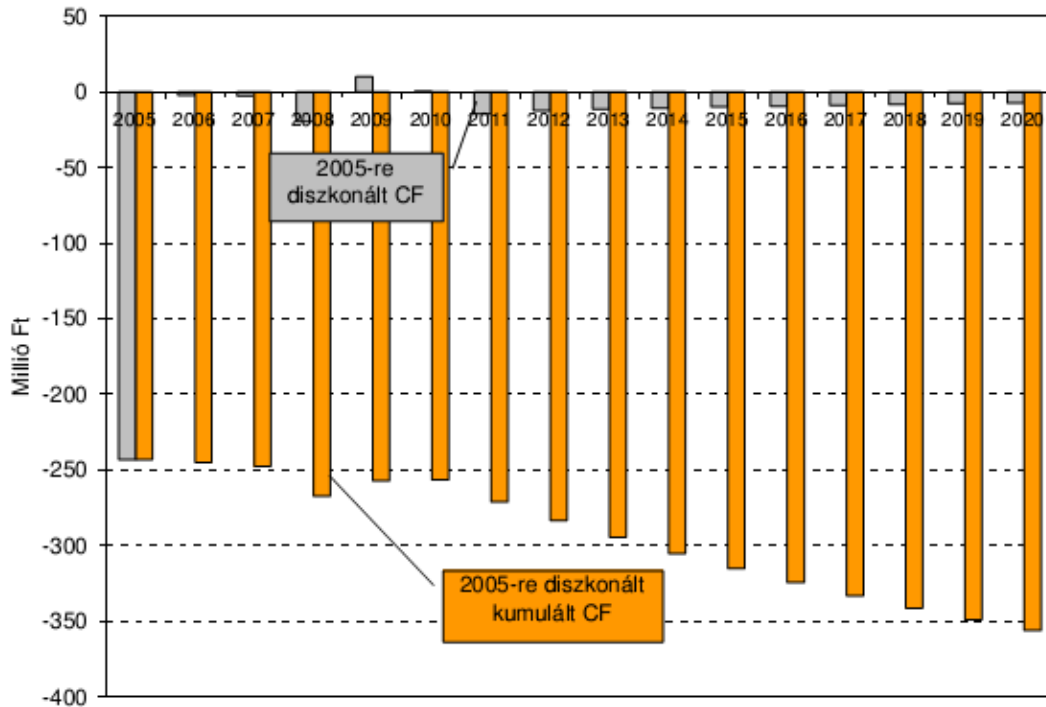
Forrás: REKK számítás

18. ábra A vizsgált kapcsolt gázmotor bevételeinek és költségeinek összetevői, illetve a beruházástól elvárt hozamot meghaladó profitfőbblet, kötelező átvételes villamosenergia-értékesítés esetében, MFt²⁸

Az erőmű a működése alatt felmerült költségek diszkontált értéke 1,4 milliárd forint körüli. Látható, hogy a költségek legnagyobb hányadát (68%-át) a tüzelőanyag-költség teszi ki. A beruházási költség ebben az esetben 17%-a az összes költségnek, ami igen magas aránynak mondható. A bevételek nagy hányadát a villamosenergia-értékesítés adja (innen is látszik, hogy a villamosenergia az „értékesebb termék”). A profit a bevételek és a költségek különbsége, ami ebben az esetben nagyjából 82 MFt volt. Ebből a tanulmányból tehát kiderül, hogy a kötelező átvétel ideje alatt érdemes volt kapcsolt erőművet építeni, hiszen a beruházás bőven megtérült.

A bevételek döntő hányada a villamosenergia-termelésnek volt köszönhető. Érdemes megnézni tehát, hogy hogyan alakulna ugyanezen erőműnek a megtérülése a mostani szabadpiaci helyzetben.

²⁸Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont tanulmánya: A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés versenyképessége és szabályozási kérdései Magyarországon; Készítette: Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (REKK) Budapesti Corvinus Egyetem, 2010. október 15.



Forrás: REKK számítás

19. ábra Egy 1 MWe-os kapcsolt gázmotor 2005-re diszkontált cash-flow-ja, és kumulált diszkontált cash-flow-ja²⁹

Az ábrán az egyetlen pozitív tartományban levő kis szürke oszlop azt az évet jelöli, amelyben a bevételek magasabbak, mint a költségek. Ilyen évből viszont csak egy van az erőmű élettartama folyamán (ebben az esetben), tehát nemhogy projekt nem hoz nyereséget, a beruházási költségek sem térülnének meg soha. Szabadpiaci keretek közt tehát ez a projekt soha nem valósulna meg.

A kapcsolt erőművek mai viszonylatban nem megfelelő megtérülésének oka a relatíve magas beruházási költség, és a viszonylag alacsony élettartam. Míg egy kapcsolt erőmű élettartama csak 15 évre tehető, addig például egy kombinált ciklusú erőmű (gázturbina, gőzturbina) és egy gázkazán - amelyekkel ugyanannyi villamos- és hőenergiát meg tudunk termelni – élettartama akár 20-25 év is lehet, vagyis hosszabb időtartam áll az alacsonyabb beruházási költségek visszatérítésére. Ezt a hátrányt a gázmotoros kapcsolt erőmű a primerenergia-megtakarítással sem tudja behozni, így a jelenlegi helyzetben nem tekinthető versenyképes technológiának még az igen magas hatásfoka ellenére sem!

Az általam vizsgált erőmű is hasonló helyzetbe került a KÁT rendszer megszűnését követően. A következő ábra – a gázmotorok üzemeltetőjétől kapott táblázat – a nyereség

²⁹Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont tanulmánya: A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés versenyképessége és szabályozási kérdései Magyarországon ; Készítette: Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (REKK) Budapesti Corvinus Egyetem, 2010. október 15.

(vagy éppen a veszteség) előrejelzését mutatja (mekkora lesz a várható veszteség változatlan körülmények között).

	Tétel	Mértékegység	2011 (nem végleges)	2012. évi terv (1-8.hó)	2012. évi terv
Számítási paraméterek	Értékesített villamosenergia átlagár	HUF/kWh	26,05	17,94	17,94
	Értékesített hőár	HUF/GJ	2177	5769	5769
	Gázár	HUF/GJ	2808	3428	3428
	Ipari infláció	%			0,045
	BUBOR	%			0,06
	Fajlagos karbantartási költség	HUF/kWh	1,55	1,62	1,62
	EUR MNB éves átlagárfolyama	HUF/EUR			300
Fizikai mennyiségek	Rendelkezésre álló teljesítmény	kW	8000	8000	8000
	Villamosenergia-értékesítés	MWh	33549	23248	33500
	Hőértékesítés (gázmotor által értékesített)	GJ	114331	80043	114300
	Tüzelőanyag-beszerezés	GJ	299147	201833	299100
Árbevétel elemek	Villamosenergia árbevétel	kHUF	873827	416994	600886
	Hő árbevétel (gázmotor)	kHUF	248876	461769	659397
	Összes árbevétel	kHUF	1122703	878763	1260282
	Támogatás	kHUF	0	0	0
	Összes árbevétel támogatással	kHUF	122703	878763	1260282
Tüzelőanyag-költségek	Gázenergia-díj	kHUF	772481	658016	975124
	Gázlekötés (fix RHD) költsége	kHUF	67625	33821	50120
Üzemeltetés, karbantartás és adók	Bérleti díj	kHUF	62018	86962	130443
	Helyszíni üzemeltetési költség	kHUF	2000	1333	2000
	Karbantartási költség	kHUF	52098	37561	56342
	Egyéb üzemeltetési költség	kHUF	19050	13212	19818
	Általános (irányítási) költség	kHUF	50965	17683	26525
	Helyi adók	kHUF	7979	3739	5609
	Összesen	kHUF	194110	160490	240735
	összes közvetlen költség	kHUF	1034216	852327	1265978
	Hibaelhárítás és nagykarbantartás költsége	kHUF	0	0	
	Egyéb ráfordítások	kHUF			
Pénzügyi költségek	Pénzügyi műveletek költsége	kHUF	2689	173	260
	Amortizáció	kHUF	44327	40908	40908
	Egyéb adó	kHUF	773	0	0
Fedezet		kHUF	40698	-14645	-46864

20. ábra " Fedezet-előrejelzés"³⁰

A gázmotorok üzemeltetője szempontjából bír jelentőséggel az egyszerűsített fedezet képzése, amelynek alakulása jól szemlélteti a kötelező átvétel rendszerének hatását, melynek

³⁰BUBOR= Budapesti bankközi kamatláb (kereskedelmi bankok kihelyezési rátájának átlaga, Budapest Interbank Offered Rate)

eredményeként 2012. évben ezen összehasonlítás eredményeként a számított fedezet értéke a korábbi évek jelentős eredményéhez képest veszteségbe fordul.

7. HONNAN SZÁRMAZIK A „HULLADÉKHŐ”?

7.1. A következőkben nézzük meg a kapcsolt energiatermelés műszaki háttere

A gázmotorok a bevezetett tüzelőanyag kémiai kötött energiáját mechanikai- és hőenergiává alakítják át. ³¹A gázmotor mechanikai teljesítménye: $P_{GM} = m_1 w_1 = m_1 (q_{be} - q_{el})$ [W], azaz a tömegáram, illetve a bevezetett hő és elvont hő különbségének a szorzata.

A füstgázzal távozó hasznosítható hő (teljesítmény) pedig a tömegáram és az elvezetett hőmennyiség szorzata: $Q_{fg,GM} = m_1 q_{el}$ [W].

A belsőégésű motorban lejátszódó termikus folyamatok miatt gondoskodni kell a motor optimális hőmérsékletéről, azaz hűteni kell azt. A "felesleges" hőt vagy közvetlenül (léghűtés) vagy hűtőfolyadék közvetítésével ("vízhűtés") vezetjük el.

A gázmotorok folyadékűtésűek, mivel így oldható meg legegyszerűbben a motortömbben a hőhasznosítás. A fűtőerőművekbe beépített gázmotoroknál jellemzően kettősfalú öntvényel szerelt füstgáz-gyűjtőcsöveket találunk. A két fal közt keringetik a hűtőfolyadékot.

³²A víznek azonban van egy kellemetlen tulajdonsága: télen megfagy. Ezért régebben fagyálló folyadékot kevertek a vízhez. Azonban nem ez a víz egyetlen negatív tulajdonsága, mégpedig a fémekre gyakorolt korrodáló hatása, ezért ma már speciális adalékkal állítják elő a hűtőfolyadékot. Ennek a speciális adaléknak sokáig az etilén glykol volt a fő alkotóeleme, ami nagyon veszélyes mérgező, ezért manapság propilén glykolt alkalmaznak.

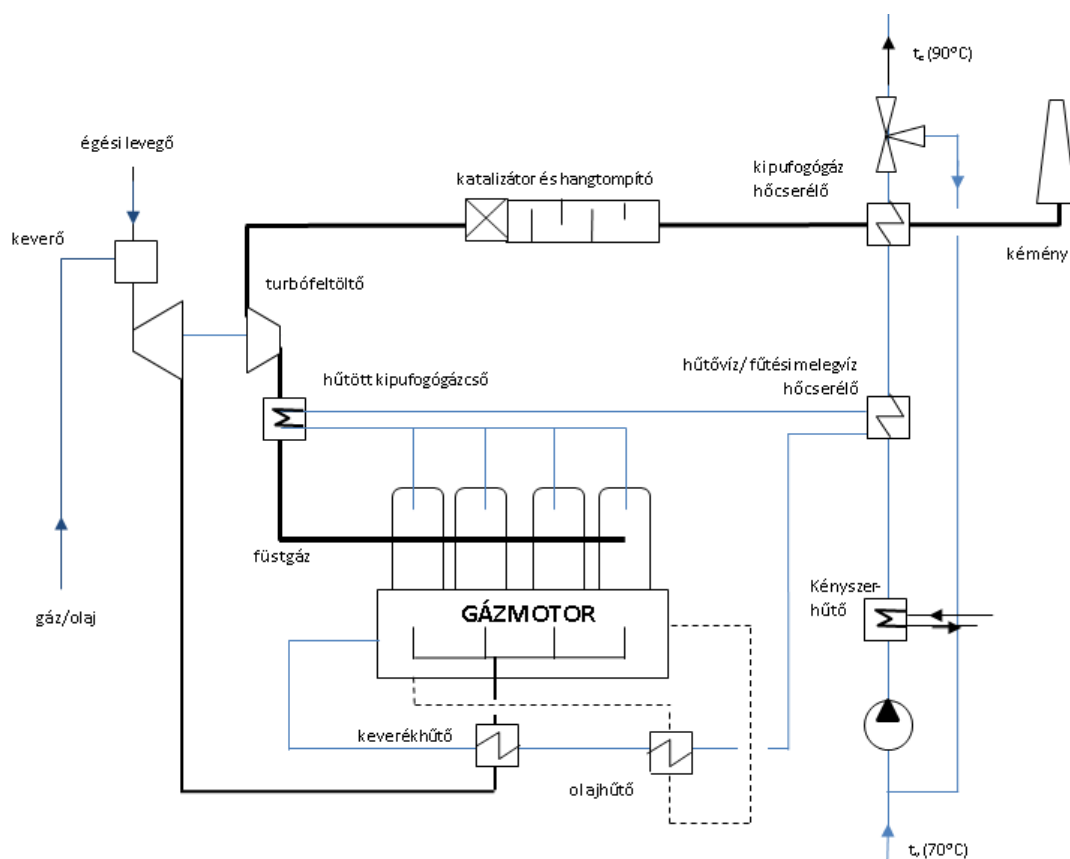
E rendszer azonban az illesztési pontoknál nagyon pontos tömítést igényel, mely az üzemeltetés során fellépő állandó rázkódás – s így a felületek súrlódása – miatt idővel elkopik. A villamos hálózat változó teljesítmény-igényéből adódó hektikus motorindítások a hengerfej-tömítések és a füstgáz-gyűjtőcsövek tömítéseinek idő előtti elhasználódását okozza (okozhatja), amely a karbantartási és javítási költségek növekedését vonja maga után.

A megfelelő kenés érdekében a kenőolaj hőmérsékletét is szabályozott értéken kell tartani, így annak hőtartalma is hasznosítható. Többféle megoldás létezik az olaj hőjének hasznosítására. Lehet a motortömbből kilépő forró olajt egy hőcserélőn átvezetve továbbítani a hőt (általában víz közegnek). Másik alternatíva, hogy nem külön hőcserélőbe, hanem közvetlen az olajteknőbe vezetnek vízcsöveket, így használva azt hőcserélőként.

³¹Ősz János- Bihari Péter: Hőellátás (111. o.)

³²<http://lezo.hu/szerkezettan/tankonyv/tankonyv-web/hajtas/motor/hutes-olajozas/hutes-olajozas.html>

7.2. Egy gázmotoros blokk-fűtőerőmű felépítése

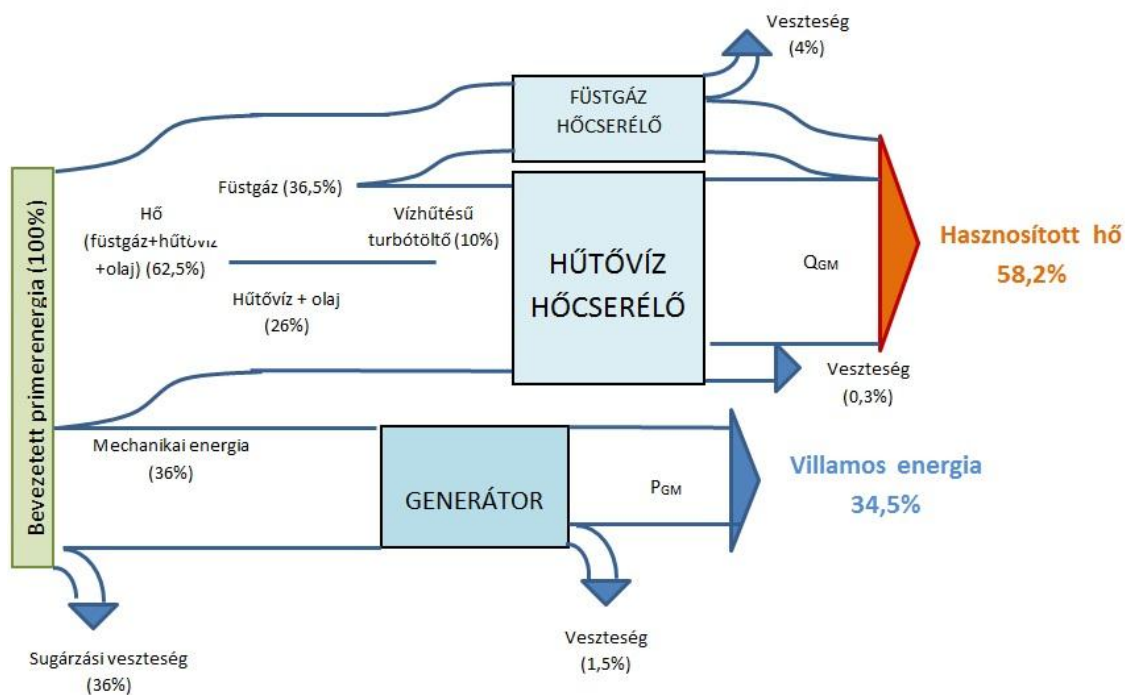


21. ábra Egy gázmotoros blokk-fűtőerőmű felépítése³³

A 21. ábrán egy gázmotoros blokkfűtőerőmű kapcsolási vázlata látható. Ez a berendezés a bevitt tüzelőanyag jelentős hányadát képes hasznosítani a „hulladékhő” összegyűjtésével, és a felhasználók felé történő továbbításával. Egyrészt villamos energiát szolgáltat 34% körüli hatásfokkal, másrészt hasznosul a motor hűtővizének, kenőolajának és a távozó füstgázok hőtartalmát, így állítva elő körülbelül 90 °C-os fűtési melegvizet. Ahhoz, hogy a hűtővíz megfelelő mértékben el tudja látni feladatát és a motorolaj hűtése optimális legyen, a visszatérő hőmérséklete 70 °C körülnek kell lennie. Ez a kritérium általában teljesül, ám ha magasabb hőmérsékletű a visszatérő víz, akkor egy vészhűtő (hőcserélő) bekapcsolásával érhető el a kívánt érték. Abban az esetben, ha a visszatérő víz bőven 70°C alatti, az előremenő ágba beszerelt háromágú szelep nyitásával visszakeverünk bizonyos mennyiségű melegvizet, így fűtve fel a visszatérő közeget. A kényszerhűtő lehetővé teszi, hogy a blokkfűtőerőmű villamosenergia-termelése függetleníthető legyen a hőenergia-termeléstől. A kényszerhűtő hasonló a vízűtéses gépjárműmotoroknál használt hűtőtömbök szerkezeti kialakításához.

A következő ábra a fent ismertetett rendszer energiaszállási diagramját szemlélteti.

³³Ősz János- Bihari Péter: Hőellátás (113. o.)



22. ábra A kapcsolt energiatermelés energiafolyam-diagramja³⁴

Látható, hogy a bevitt tüzelőanyag energiájának körülbelül 92,7 %-a hasznosul, ami nagyon jónak mondható. A kiadott villamos energia és hőenergia aránya változtatható. E két termék egymáshoz viszonyított arányának szemléltetésére használják az úgynevezett áramsámot (más néven energiagazdálkodási mutató), mely a kiadott villamos energia és a kiadott hőenergia mennyiségének aránya ($\sigma = \text{kiadott villany}/\text{kiadott hő}$). Ez a szám 0,6 és 1,5 között változhat a kapcsolt energiatermelés esetén, de gazdaságosság szempontjából akkor jó, ha 1 feletti értéket mutat, hiszen ekkor az értékesebb villamos energia teszi ki a termelés nagyobb részét.

7.3. A meglévő rendszer

(A rendszer kapcsolási rajza a mellékletben található! A rajz lemásolása, adatainak továbbítása a cég engedélye nélkül tilos!)

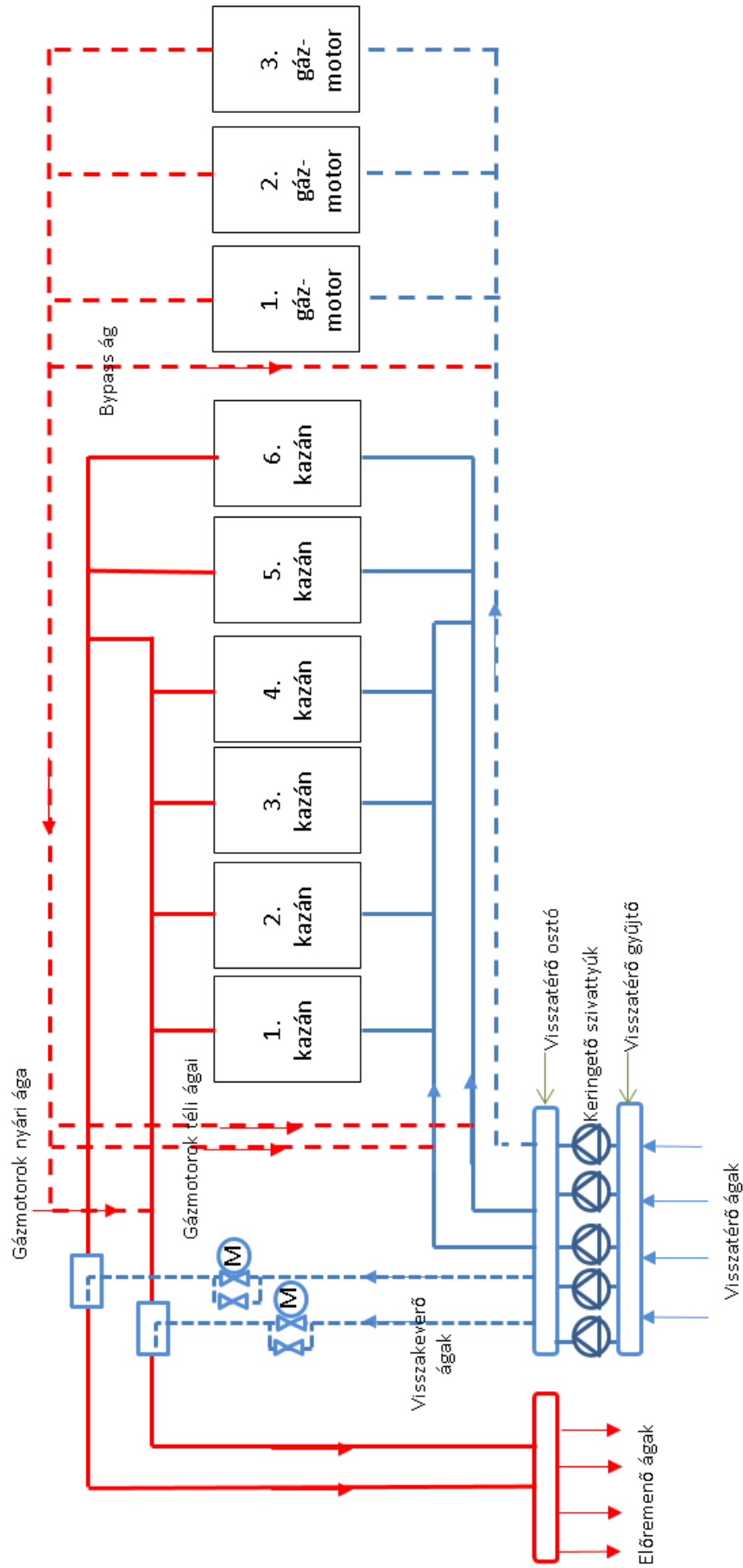
Adott volt egy 48,8 MW összes hőteljesítményű, 105 / 70°C-os hőlépcsőjű melegvíz kazános rendszer. A hőenergia átadása a felhasználói közösség részére az ellátott épületben lévő fogyasztói hőközpontokból történik, önálló, úgynevezett DDC rendszerű szabályozás mellett, melynek köszönhetően lehetséges a változó tömegáram szerinti szabályozás, az épületszintű hőmennyiségmérés és a mérés szerinti elszámolás. Modern, számítógépes, saját kábelon kommunikáló távfelügyeleti hálózatot üzemeltetnek, melynek köszönhetően a hőtermelők és a saját tulajdonú hőközpontok közel 90%-ánál lehet nyomon követni a rendszer aktuális állapotát. Használata lehetőséget biztosít a hálózat áttekintésére, a beállítások

³⁴Ösz János- Bihari Péter: Hőellátás (113. o.)

esetleges módosítására. A hibabejelentés, elemzés, adatgyűjtés funkciókon keresztül a hatékony működés és a gazdaságos energia felhasználás biztosított.

Ebbe a rendszerbe került beépítésre 2002-ben- úgynevezett harmadik feles beruházásként - három darab gázmotor, azaz a kogenerációs rendszer, ami akkor országszerte nagy áttörésnek számított a távhőszolgáltatásban. A gázmotorok egyenként 2,7 MW villamos- és 2,9 MW hőteljesítménnyel rendelkeznek. Az éves szolgáltatott hőmennyiség körülbelül egyharmadát a távhőszolgáltató a gázmotoros kiserőműtől vásárolja, és továbbítja a fogyasztók (7869 lakás és 335 egyéb fogyasztó) felé. A gázmotoros blokk teljesítményén felül jelentkező hőigényeket a saját, földgázra alapozott fűtőművében, kazánházakban állítják elő. A gázmotorok a fűtési idényben, a mélyvölgy időszakot kivéve, folyamatosan üzemeltek a KÁT rendszerben a kazánokkal együtt, így a villamosenergia termelése közben összegyűjtött hő teljes egészében hasznosítható volt.

A rendszer felépítését a 23. ábra mutatja.



23. ábra A fűtőmű elvi kapcsolási vázlata

A fogyasztóktól visszatérő (hidegebb) közeget egy „Visszatérő gyűjtőbe” gyűjtik, innen vezeti tovább a „Visszatérő osztóba” 5 darab szivattyú. A „Visszatérő osztóból” három irányba mehet tovább a víz: a gázmotorok felé, a kazánok felé, valamint az előremenő ágakba (ha az előremenő víz hőmérséklete meghaladja a meghatározott maximális mértéket). A téli időszakban a gázmotorokból érkező 90°C-os víz a kazánok elé kerül bevezetésre, hiszen ilyenkor a megnövekedett hőigényeket a gázmotorok önmagukban nem lennének képesek kielégíteni. Azzal, hogy a gázmotorok a kazánok „tápvíz előmelegítőjeként” működnek primerenergiát lehet megtakarítani, hiszen a melegebb vizet felmelegíteni az adott hőmérsékletre kevesebb energiát igényel. Nyári időszakban a gázmotorok ága a kazánok elé vezet, kevésbé hőigényes napokon akár gázmotorok által termelt hő is elegendő lehet a használati melegvíz előállításához (a motoros blokkokból nagyjából 90°C hőmérsékletű víz nyerhető, a használati melegvíz viszont csak 45-50°C kell, hogy legyen). A gázmotorok elé (és utána) egy bypass ág is beépítésre került. A bypass - azaz megkerülő – ág a hőmérsékletszabályozást teszi könnyebbé: ha a blokkokba érkező víz hőmérséklete nem elég magas (minimum 70°C) – nagyon alacsony külső hőmérséklet esetén, vagy olyankor, amikor a hűtővíz a pótvíz bevezetése miatt lehül -, akkor vissza kell keverni megfelelő mennyiségű melegvizet, hogy a motorok működése megfelelő legyen.

További képek az erőműről:



2414. ábra A kazánpark



25. ábra A számítógépes irányítási rendszer kezelőfelülete



26. ábra Az egyik húzhengeres gázmotor a generátor felől



27. ábra A gázmotor



28. ábra Egy kazán



29. ábra A kényszerhűtők és a turbóhűtő



30. ábra A füstgáz elvezetése a füstgáz-hőcserélőkre



31. ábra A füstgáz-hőcserélők kívülről



32. ábra Egy füstgáz-hőcserélő keresztmetszete

8. KAPCSOLÁSI MÓDOK

8.1. Soros üzem a kazánparkkal

A gázmotoros blokkokat kapcsolhatjuk a kazánpark elé, egy soros kapcsolást létrehozva. Ebben az esetben a gázmotoroktól érkező körülbelül 90 °C-os melegvíz a kazánok tápvizeként szolgál, tehát gyakorlatilag a blokkok képezik a kazánok tápvíz-előmelegítőjét. Ezzel a megoldással tüzelőanyagot spórolhatunk meg, hiszen így nem szükséges egy újabb kazánt – vagy más hőforrást – beiktatnunk a rendszerbe a tápvíz előmelegítéséhez. Míg a gázmotoros blokkok villamosenergiát termelnek, addig azok hűtővizének hőtartalma teljes mértékben felhasználásra kerül. Mindezekon felül a kazánok tüzelőfogyasztása is csökkenni fog, hiszen egy melegebb közeg adott hőmérsékletre történő felmelegítése kevesebb primerenergiát igényel, mintha a hidegebb közeget kellene felmelegíteni az előremenő hőmérsékletre. Egy kazán hatásfokának meghatározásához a hőtermelés oldalán mérni kell a hőhordozó (gőz vagy forró víz) $\dot{m}$ tömegáramát, h_{be} fajlagos belépő és h_{ki} kilépő entalpiáját (azaz a közeg hőtartalmát), a hőbevitel oldalán pedig a felhasznált tüzelőanyag $\dot{m}_u$ tömegáramát és alsó fűtőértékét:

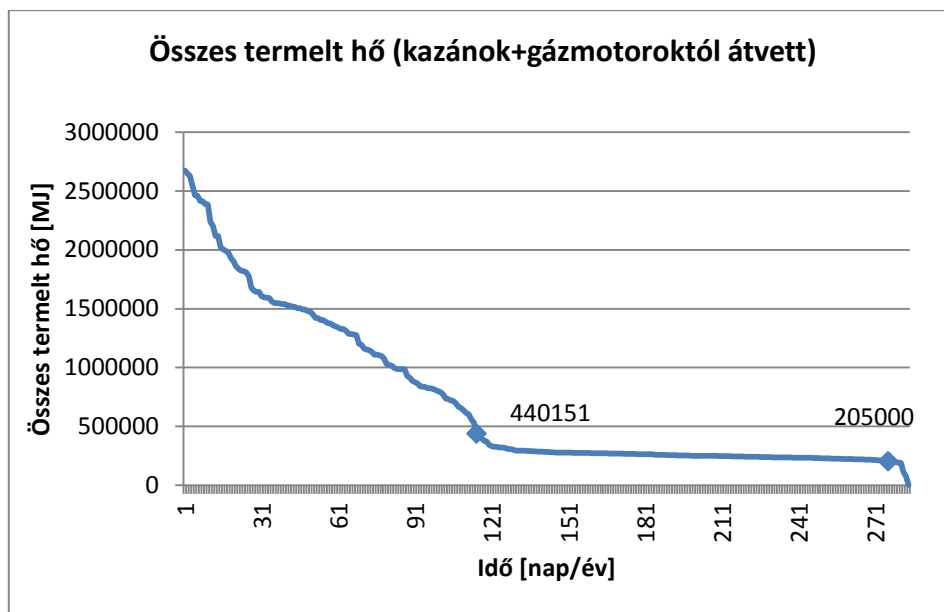
$$\eta_{mH} = \frac{\dot{Q}_H}{\dot{Q}_z} = \frac{\dot{m}(h_{ki} - h_{be})}{\dot{m}_u h_z}$$

Az egyenletből egyértelműen kiderül, hogy ha a kazánba belépő víz hőmérsékletét (így közvetett módon az entalpiáját) megnöveljük – csökkentjük a zárójelben szereplő értékek különbségét – (állandó tömegáramok mellett) úgy nőni fog a kazán hatásfoka is. (A kapcsolási rajz a mellékletben található!)

8.2. Párhuzamos üzem a kazánparkkal

„A gázmotoros blokk-fűtőerőműveket relatíve alacsony üzemköltségük miatt, valamint amiatt, hogy teljes terhelésen a legkedvezőbb mind az energetikai hatékonyságuk, mind pedig a károsanyag-kibocsátásuk alapüzemű hőforrásként célszerű üzemeltetni, és a csúcsgényeket más hőforrásból fedezni.”³⁵ A beépítendő berendezés egységteljesítményét a nyári hőigények (használati melegvíz-igények) határozzák meg.

³⁵Ösz János- Bihari Péter: Hőellátás (114. o.)



33. ábra Az összes hőtermelés tartamdiagramja (kazánokkal termelt + gázmotoroktól átvett hő)

A 33. ábra tartamdiagramja jól szemlélteti a hőigények mértékének alakulását. (A diagram már említett okok miatt nem egy teljes év adatait tartalmazza, viszont az alacsonyabb – használati melegvíz-használathoz köthető – hőigények elemzését ez nem hátráltatja.) Jól látható az az időtartam, amikor csak a használati melegvíz-igények alkotják az összes hőigényt (a két megjelölt pont közti sáv). Egy gázmotor (névleges adatok alapján) 2,902 MWh, azaz körülbelül 10447,2 MJ hőenergiát képes termelni óránként (ennyi az óránkénti összes hasznos hőteljesítménye 100%-os terhelés esetén). 75%-os terhelésen már csak 2,324 MWh, azaz 8366,4 MJ óránkénti hőteljesítménnyel rendelkeznek. A diagramban napi adatok összességét láthatjuk, így a gázmotorok hőteljesítményére vonatkoztatott adatokat fel kell szorozni 24-gyel, tehát egy gázmotor – 24 órás üzem esetén – 100%-os terhelésen 205732,8 MJ, míg 75%-os terhelésen 200793,6 MJ hőt tud termelni egy nap alatt. Így már könnyen belátható, hogy a nyári (használati melegvíz-igények) hőigények 2 darab gázmotorral teljes mértékben kielégíthetőek lennének, ha a villamosenergia-igények ezt megengednék.

8.3. Váltott üzem (nyáron párhuzamos, télen soros üzem)

Még jobb megoldást jelent a két kapcsolási mód váltogatása időszakonként, azaz nyáron párhuzamos, télen soros kapcsolás alkalmazása. Mivel a téli nagyobb hőigényeket a gázmotoros blokkok önállóan nem képesek kielégíteni, ezért ebben az időszakban a fogyasztóktól visszaérkező hidegebb tápvíz előmelegítését a gázmotorok végzik el, tüzelőanyag-megtakarítást eredményezve a kazánoknál. Nyáron az alacsonyabb hőigények miatt nem indokolt a kazánpark üzemeltetése, a használati melegvíz-igényeket viszont 1 vagy 2 darab gázmotor képes lehet kielégíteni. Így ebben az időszakban a

kazánokat csak akkor kell beindítani, ha a villamosenergia-termelést valamilyen okból kifolyólag – igények hiánya, MAVIR beavatkozása a termelésbe leszállítással, meghibásodás, stb. - leállítani kényszerül az erőmű.

8.4. A gázmotoros blokk vagy a forróvíz-kazán legyen alapüzemű?

A legtöbb forróvízkazán csúcshőforrásként lett kifejlesztve. A kazánok hatásfoka a kisebb hőteljesítményektől a nagyobb hőteljesítmények felé egyre csökken (és ezzel párhuzamosan nő a kilépő füstgáz hőmérséklete is, azaz nőnek a termelési veszteségek). A kazánok részterhelésen való üzemeltetése esetén a füstgáz hőmérséklete kisebb lenne, mint amikor csúcshőforrásként a lehető legnagyobb teljesítményen üzemeltetjük. A füstgázok hőmérsékletére általános követelmény, hogy nem lehet alacsonyabb, mint 130-150°C, mivel ezen hőmérséklet a füstgáz harmatpontja. A harmatpont alatt a füstgázból kicsapódó víz reakcióba lépne a füstgáz kéntartalmával, így kénsavat, valamint kénes savat alkotnának, ami a környezetre igen veszélyes anyag. Mindezek miatt meg kell határozni egy minimális terhelést a kazánok esetében, amely alatt nem szabad üzemelni. Ezzel ellentétben a gázmotorok teljesítménye fokozatmentesen szabályozható.³⁶

Ezek alapján azt mondhatnánk, hogy érdemes lenne a gázmotoros blokkokra alapozni a termelést, és a fennmaradó hőigényeket (csúcsidőben) kazánokkal kielégíteni.

Viszont a gázmotorok üzemidejét a villamosenergia-igények és a villamos energia ára határozza meg, ami miatt azok üzeme nem folyamatos. Így tehát nem beszélhetünk szigorúan vett alapüzemről a gázmotoros blokkok esetén. A vizsgált gázmotoros blokkok egy már régóta meglévő, kazánokkal lefedett hőpiacra épült. (Így a megoldás ez esetben magától értetődő volt.) A hőpiac igényeit a kazánpark önmagában is képes lenne megtermelni, de a kapcsolt egység üzemeltetésével ennek a hőnek egy részét meg tudták termelni, így csökkenteni tudták a kazánok üzemét. Valószínűleg így kevesebb lett a karbantartási költségek összege is, ám ez nagyon nehezen számszerűsíthető.

8.5. Termikus gáztalanító előmelegítése gázmotorral

A szokványos kapcsolási módok mellett új kapcsolások létesítésével is növelhetjük a gázmotorok hatásfokát, új funkciókat adhatunk azoknak. Ilyen például a pótvíz termikus gáztalanítása a gázmotorból nyert hővel.

A forróvízes rendszerek pótvizének minőségét nagyon szigorú szabványok írják elő, hiszen az egész rendszer (a tüzelőberendezések, forróvízhálózatok) élettartama nagyban

³⁶ Ósz János, Bihari Péter: Hőellátás (Budapest, 1998)

függ a vízminőségtől, különösképpen a pótvíz gáztartalmától. Az oldott gázok ugyanis melegítés hatására apró buborékokat képeznek a vízben és tönkreteszik a kazán, illetve a vízszállító egységek anyagát („kiszúrkálják az kazánt”).

A gázok vízből történő kivonására több módszer is létezik. A legolcsóbb és legelterjedtebb megoldás az úgynevezett termikus gáztalanítás, melynek az a lényege, hogy a forráspontig melegített víz nem tart oldatban gázt. A gyakorlatban a vizet 105,5 °C-ra melegítik.

³⁷Régebben az ipari célokra használt gőzt használták termikus gáztalanításra is. Ez a technológia azonban nem maradt gazdaságos a tüzelőanyagárak növekedése miatt, valamint az új technológiák sokkal jobb hatásfoka miatt. Az újabb gáztalanító berendezések már nem gőzzel, hanem vízhőhordozó közeggel üzemeltek. A gáztalanítók újabb generációja már a kazánokból kigőzölgötetett közeggel működtek, ami (bár a gőzkazános változatnál már gazdaságosabb) még mindig nem a legjobb megoldásnak tekinthető, hiszen a kazánokat 100°C feletti üzemben kellett tartani, függetlenül a fogyasztói hőigényektől. Más fajta technológia a víz gáztalanítására a vegyszeres gáztalanítás, ami szintén nem a legjobb módszer a gázok kiűzésére, hiszen az erős vegyszerek igen ártalmasak a környezetre, ha kikerülnek a rendszerből, így a magas gáztartalmú vizeknél nem ajánlott az alkalmazása.

A kogenerációs energiatermelés hazánkban a 2000-es évek elején terjedt el és „élte virágkorát”. Ezekben az időkben a befektetéseket úgy tervezték, hogy a nyári hőigények kielégíthetők legyenek csak gázmotorok alkalmazásával (kiváltva ezzel a kazánok nyári üzemét). Annak érdekében, hogy nyáron minden körülmények között képesek legyenek a hőigények kielégítésére, a gázmotorokat kissé túl kellett méretezni. Ahhoz, hogy a kevésbé hőigényes napokon ezt a túlméretezést kompenzálni (kihasználni) lehessen, fel kell használni a megtermelt hőt. Erre egy nagyon jó megoldás lehet a tápvíz termikus gáztalanítására használni a hőt. A teljes termikus gáztalanításra 105,5°C hőmérsékletre van szükség, ám a motoros blokkokból csak – általában³⁸ - 90°C hőmérsékletű víz nyerhető (kivéve a trigenerációs rendszerekben, vagy egy külön füstgáz-hőcserélő beépítése esetén). Ez azt jelenti, hogy a vizet csak részben tudjuk ilyen módon gáztalanítani, a maradék (kis mennyiségű) gáz eltávolítására vegyszeres kezelés

³⁷Magyar Energetika (2004/2, 32-36. oldal): Dr. Dezső György, Királyi Péter – Termikus gáztalanítás gázmotorokkal

³⁸A füstgáz hőmérséklete 480-520 °C, így 90 °C-nál magasabb hőmérsékletű víz is előállítható a megfelelő hőcserélő beépítésével, viszont a standard hőigények 90°C-on jelentkeznek, ezért általában ennek megfelelő hőcserélő van beépítve a rendszerbe.

szükséges. Így a teljes körű vegyszeres gáztalanításhoz képest sokkal kevesebb vegyszert kell felhasználnunk, valamint a tüzelőanyag-felhasználás is csökkenthető azáltal, hogy nem kell üzemben tartani egy kisebb kazánt csak a gáztalanító(k) melegítésére, tehát primerenergia-megtakarítással is járhat.

8.6. Trigeneráció

A 2007. évi LXXXVI. törvény szerint:

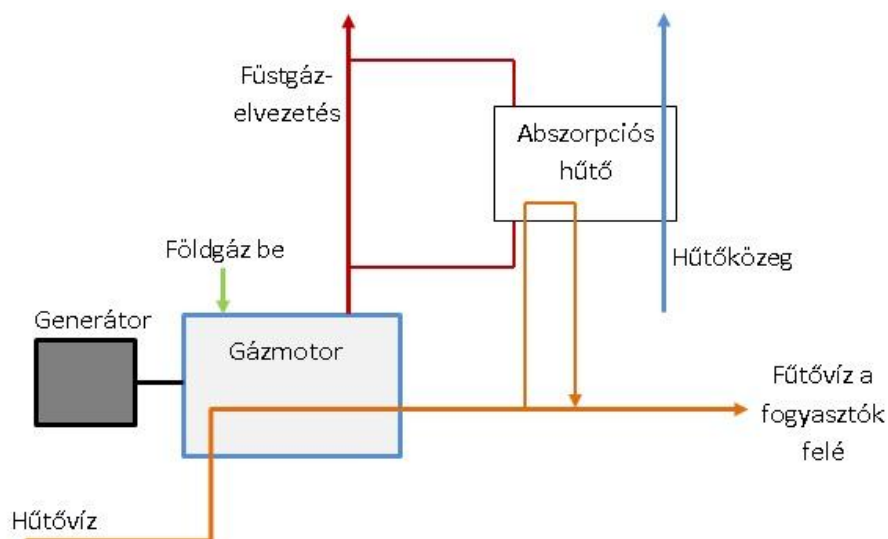
„23. Hasznos hő: a kapcsoltan termelt energia előállítása során valamely, gazdaságilag indokolt hő- vagy hűtési igény kielégítése érdekében megtermelt hő;”

Tehát a kapcsoltan termelt hő akkor tekinthető hasznosnak, ha az valamilyen hőigényt elégít ki, részben vagy egészben felhasználásra kerül. Ez a fűtési idényben általában nem jelent gondot, azonban ezen időszakon kívül jóval kisebb a hőigény. Erre jelenthet megoldást az abszorpciós hűtés, azaz a trigenerációs rendszerek működtetése.

A hűtési igények villamosenergia-felhasználással is kielégíthetőek lennének, de a kapcsolt energiatermelésben inkább a megtermelt hő felhasználása a kérdésesebb, így célszerűbb azt a hűtésre fordítani. A melegebb nyári napokon a klímahasználat miatt előforduló magasabb villamosenergia-igények is csökkenthetőek lennének a trigenerációs berendezések alkalmazásával.

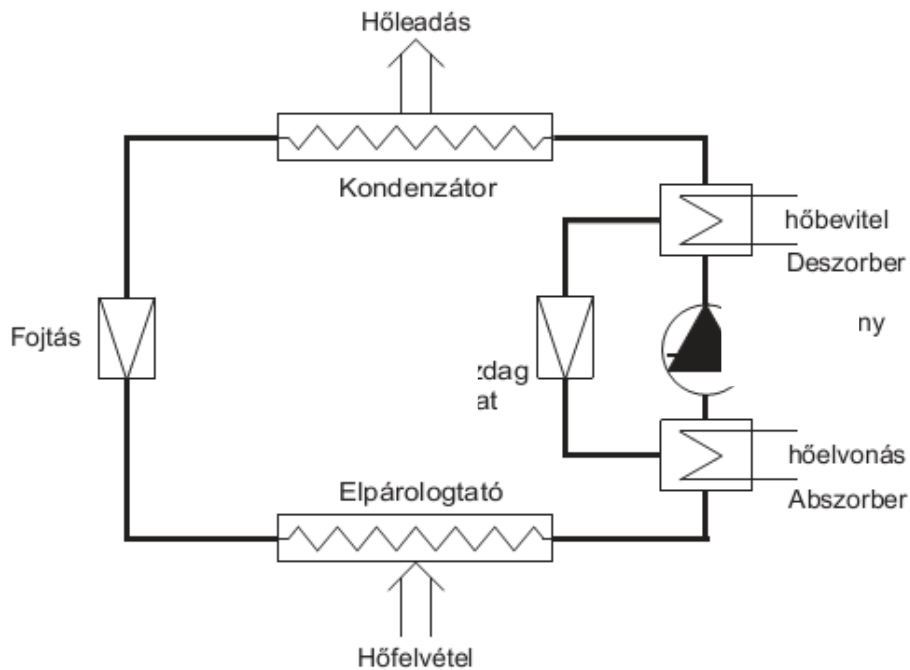
Ennek megoldására alkalmasak az abszorpciós³⁹ hűtőgépek, amelyek nyári melegben a gázmotorok által termelt hőt hűtési célra használják fel. A trigenerációs rendszerek alatt olyan berendezések összességét értjük, melyekkel villamos energiát, fűtési hőt (télen), és hűtési energiát (nyáron) egyaránt, egy folyamatban lehet termelni. A 23. ábrán ennek a megoldásnak az elvi sémája látható.

³⁹Abszorpción gázok és gőzök folyadékban történő elnyelését értjük.



34. ábra A trigeneráció gázmotorral

Az abszorpciós hűtők abban térnek el a többi hűtőfajtától, hogy akár elektromos áram nélkül is képesek üzemelni, elegendő a hűtőfolyadék fűtésére szükséges hőt biztosítani, így kiválóan alkalmas olyan esetekben, ahol nincs megfelelő elektromos forrás, vagy megfelelő mennyiségű „hulladékhő” áll rendelkezésre (mint a mi esetünkben). Így akár a nyári villamosenergia csúcsok is „levághatók”, hiszen a klímahasználat miatt megnövekedett villamosenergia-igényeket csökkenthetjük az elektromos klímakészülékek kiváltásával. Az abszorpciós hűtőgépek hatásfoka rosszabb, mint a kompresszoros hűtőké, viszont nagy előnyük, hogy nem tartalmaznak mozgó alkatrészeket és szinte teljesen zajmentesek.



35. ábra Az abszorpciós hűtő elvi sémája⁴⁰

⁴¹A hűtést végző közeg általában egy többkomponensű keverék közeg (ammónia, vagy lítium-bromid és víz keveréke). A hűtőközeg az ammónia, az abszorbeáló a víz. Az elpárolgatóban uralkodó alacsony nyomáson a víz közegből az ammónia elpárolog, miközben hőt von el a hűtendő alacsony hőmérsékletű közegtől. A keletkezett ammóniagáz az abszorberbe jut, ahol a vízben ismét elnyelődik és közben hő szabadul fel. Az oldatot egy szivattyú a deszorberbe (kiűzőbe) szállítja, ahol melegítés hatására az ammónia ismét gőz halmazállapotba kerül, majd a kondenzátorban a megnövekedett nyomás hatására lekondenzálódik. A kondenzátum egy fojtószelepen keresztül ismét az elpárolgatóba jut, ahol hőt vesz fel és a folyamat kezdődik előlről. Eközben az elnyelő közeg (víz) a deszorberből az abszorberbe jut.

A deszorberben történő elpárolgatótáshoz 80-140°C-os fűtőközegre van szükség („80°C-nál hidegebb közeggel nem érdemes a rendszert működtetni”). Az abszorpciós hűtőgépek hatásfoka a fűtőközeg hőmérsékletével egyenesen arányos. Mivel a fajlagos beruházási költség nagysága függ a gépnagyságtól és a hatásfoktól is, így kimondhatjuk, hogy minél magasabb a rendszer hatásfoka, annál kisebb lesz a fajlagos beruházási költség. Tehát, ha magasabb hőmérsékletű fűtőközeget tudunk biztosítani a víz elpárolgatótáshoz, úgy a fajlagos beruházási költségeket is csökkenthetjük.

Ahhoz viszont, hogy a nyáron termelt többlet-hőt ily módon hasznosítani tudjuk, szükség van egy kiépített hűtőrendszerre a meglévő távhő-rendszer mellett. Egy ilyen

⁴⁰, ⁴² Magyar Épületgépészet, LVIII. évfolyam, 2009/11. szám (Dr. Halász Györgyné: Hűtés termálvízzel 1. rész)

mértékű beruházás azonban nem minden esetben lesz megtérülő, illetve versenyképes. A fővárosi távhőszolgáltató (Főtáv Zrt.) egy 2008-ban kiadott elemzése alapján abszorpciós hűtőrendszer csak stabil és relatíve olcsó hőforrásra létesíthető (pl.: olcsó tüzelőanyag és/vagy hatékony kapcsolt energiatermelés esetén). Viszont nem érdemes ilyen projekt kivitelezése abban az esetben, ha az abszorpciós kapacitást kizárólag a nyári csúcsigényekre építenék ki. Ennek oka az, hogy a kis kihasználtság mellett a beruházás csak nagyon lassan, vagy egyáltalán nem térül meg a berendezések élettartama alatt, valamint az olcsó hőenergia csak nyári időszakban áll rendelkezésre (a tavaszi és őszi időszakban tehát nem versenyképes megoldás az abszorpciós hűtőrendszer). Ilyen esetekben a villamos hajtású, kis egyedi berendezésekkel összességében olcsóbb hűteni

„A hidegenergia-igények nagy kihasználása főként akkor jelent előnyt, ha az igények havi lefutása kevésbé „csúcsos” (pláza vagy multifunkcionális épület kontra szálloda), mert ekkor kihasználható a villamos teljesítmény-gazdálkodás lehetősége”⁴²

Összességében szerintem egy ilyen mértékű beruházás csak abban az esetben lehet életképes, ha egy teljesen új rendszert szeretnénk kiépíteni (villamosenergia-igény, fűtési- és hűtési-hőigények megléte mellett), hiszen ily módon lehet a leggazdaságosabb üzemvitelt biztosítani a rendszernek. Ilyen eset lehet például egy újonnan épülő szálloda, vagy egy ipari létesítmény önálló energetikai rendszere (ld.: a balatonalmádi Ramada Hotel). A vizsgált esetben a meglévő szekunder fűtési rendszerek hűtésre alkalmassá tételének és a hűtött víz vásárlásának együttes költsége az alacsony kihasználtság miatt magasabb lenne, mint a hűtési igények kisebb berendezésekkel történő, lakásonkénti kielégítése.

8.7. Virtuális erőművek

Egy átláthatóbb, hatékonyabb rendszer kiépítése érdekében úgynevezett virtuális erőművek létesültek egy dán szigetvárosban, Bornholm-ban pár éve, létrehozva a világ talán legintelligensebb elektromos hálózatát. „A több ezer különálló energia kereskedőt, valamint Bornholm város további energiaforrásait egy központi irányítórendszer menedzseli, ami nagyon hasonlóan működik, mint egy hagyományos erőmű, csak ezt éppen szoftveresen hozták létre. A bornholmi háztartásokat speciális irányító rendszerekkel szerelték fel, amelyek az elektromos áram árának és a fogyasztások megváltozásához illeszkedve képesek automatikusan kikapcsolni fogyasztókat, vagy

⁴² E-gépész on-line szaklap (a Magyar Mérnöki Kamara Épületgépészeti Tagozatának Lapja): Abszorpciós folyadékhűtéshez felhasznált kapcsolt távhő versenyára, 2009.08.04. (<http://www.e-gepesz.hu/?action=show&id=288>)

például átállítani a hőfokszabályzót csúcsidőben. A fel nem használt elektromosságot a virtuális erőmű összegzi a további aktuális energiaforrásokkal és eladja azoknak a vevőknek, akiknek energiára van szükségük. Kim Behnke, aki az Energinet.dk energiaszolgáltatónál az intelligens hálózatok fejlesztésének vezetője és az EcoGrid projekt koordinátora, elmondta, hogy a virtuális erőmű nélkül a szolgáltatónak nem lenne más lehetősége a csúcsterhelések fedezésére, csak az erőművek magasabb fokozatba kapcsolása.”⁴³

Hazánkban is kialakulóban vannak hasonló intelligens rendszerek. Ezek a több kapcsolt blokkból álló erőművek úgy működnek, hogy az ország több pontján lévő gázmotorokat egy "felügyeleti rendszerbe", egy diszpécser (irányító) alá vonják be. Ha a villamosenergia hálózaton hiány lép fel - tervezetten (valami miatt kevés a felkínált energia), üzemzavar (kiesik néhány nagyobb erőmű) vagy villamosenergia fogyasztási csúcs lép fel (pl. hőségben a rengeteg klímahasználat miatt) - akkor ennek a hiánynak árfelhajtó hatása van. Ilyenkor a virtuális erőművekkel termeltetik meg (innen is veszik meg) a villamos energiát. A szükséges energia megtermeltetéséről a virtuális erőmű diszpécser gondoskodik. Ő osztja le, hogy melyik telephelyen, milyen teljesítménnyel, hány darab motor induljon. Ha nagyobb igény van (valami miatt több villamos energiát tud eladni jó áron), akkor beléptet hozzá több motort innen-onnan, ha kevesebbet tud eladni, akkor kiléptet motorokat, vagy leállíthat telephelyeket (időnként a MAVÍR is beavatkozik, általában kiléptetéssel). Jellemzően nagy szél esetén (valószínűleg a szélerőművek termelését kompenzálандó).⁴⁴

Ilyen virtuális erőműhöz kapcsolódott a szóban forgó erőmű is. A távfelügyelet - hogy a diszpécser be is tudjon avatkozni: indítás, teljesítményszabályozás illetve leállítás - kiépítése folyamatban van.

Ezzel a megoldással csökkenthető a ki- és bekapcsolások száma egy napon belül, hiszen a diszpécser jobban átlátja a villamosenergia-igények rendszerét, hatékonyabban tudja követni az igényeket, figyelembe véve a gázmotorok pillanatnyi állapotát is. A virtuális erőmű főleg kereskedelmi szempontból előnyös és javul a rendszer rendelkezésre állása.

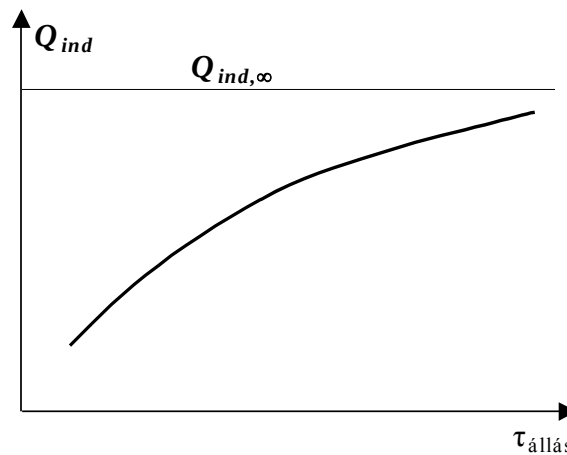
Jelenleg (augusztus végétől október 17-ig) a motorok perces tartalékban vannak. Csak akkor indulnak, ha nagy hiány van. Az elmúlt időszakban volt olyan hét hogy a motorok egy percet sem üzemeltek. Viszont ennek is van műszaki hátránya (hasonlóképpen a sűrű

⁴³ <http://spectrum.ieee.org/energy/the-smarter-grid/virtual-power-plants-real-power>

⁴⁴ Hegyi Zoltán – Szóbeli közlés alapján

ki- és bekapcsolásokhoz). A hosszabb állást követően a környezeti hőmérsékletre hűlt motor nehezebben indítható be (több a sikertelen indítási kísérlet), mint az a motor, amely aznap már működött. A másik negatívum pedig az, hogy egy relatíve hideg motor beindításához több tüzelőanyag szükséges.

⁴⁵Ez abból adódik, hogy az indítás előtt a berendezések hőmérséklete alacsonyabb az üzemi hőmérsékletnél, így ezt a hiányt több tüzelőanyag bevezetésével kell pótolni, amely egy hidegebb tüztérben nagyobb égési veszteség mellett hasznosul, mert a hő egy része a berendezések felfűtésére fordítódik. Ez a hő teljesen elvész, amikor a berendezéseket leállítjuk és megszűnik a fűtő-hatás (lehűlnek az alkatrészek). „Az indítási hőigény tehát erősen függ az indítást megelőző állásidőtől is.” Ezt a 37. ábra mutatja be.



36. ábra Az indítási hőigény az állásidő függvényében

A $Q_{ind,\infty}$ vonal a környezeti hőmérséklettel megegyező hőmérsékletű berendezések üzem-meleg állapotra hozásának hőigényét jelzi (azaz azt a hőmennyiséget, amely a végtelen állásidő utáni beindításhoz szükséges). Az időskála is és a hőigény nagyságát (skáláját) a berendezések mérete, azaz a beépített anyagmennyiség befolyásolja, hiszen több anyag felmelegítéséhez több hőre is van szükség. („Egy gőzerőművi bloknál egy éjszakai leállás utáni újraindítás még meleg indításnak, egy hétvégi állás utáni pedig félmeleg indításnak számít. Gázturbinás erőműnél egy nap állásidő után már hideg indításról beszélünk.”⁴⁶)

⁴⁵ Gács István: Villamosenergia-termelés gazdasági értékelése (BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tsz. 2012)

⁴⁶ Gács István: Villamosenergia-termelés gazdasági értékelése (BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tsz. 2012)

9. A KAPCSOLT ENERGIATERMELÉS EURÓPAI HELYZETE

A kogeneráció bevezetése az energiatermelésbe szinte sehol nem alakult zökkenőmentesen. Nehezen megtérülő technológia révén mindenhol szükséges volt valamilyen támogatás ahhoz, hogy piacképes, működő technológiává válhasson, és minél nagyobb arányban szerepelhessen az adott ország energiatermelésében.

A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés alkalmazása az Európai Unió által is szorgalmazott tevékenység, hiszen hozzájárul az energiahatékonyság növeléséhez, valamint a klímaváltozás mérséklésére tett célkitűzések megvalósulásához. A legjellemzőbb támogatási formák a kötelező átvétel, a zöld prémium, valamint a zöldbizonyítvány-rendszer. Számos helyen azonban ezektől eltérően csak kiegészítő jellegű támogatási formák vannak érvényben (azaz nincs egységes kerete a kapcsoltak támogatásának), ezek a módok a következők lehetnek: adókedvezmények és adómentességek, beruházási támogatások, építési előírások, hozzáférés szabályozás, innováció és K+F tevékenység támogatása, stb.

A nagymértékű támogatások azonban több országban is túlságosan nagy lendületet vettek egy idő után (legfőképp a '70-es évekbeli olajválság után), így a kapcsolt energiatermelés alkalmazásának ösztönzésére irányuló rendszereket korrigálni kellett.

Mára az európai országokban átlagosan 10% körüli értéken mozog a kapcsolt energiatermelés részesedése az összes villamosenergia-termelésben, vannak viszont kiemelkedő országok, mint például Dánia a maga 50%-os arányával. Hollandiában is igen magas számú kapcsolt erőmű üzemel, és e technológia elterjedése már jelentős primerenergia-megtakarítást eredményezett az országnak. Ez bizonyítja, hogy a kapcsolt energiatermelés igenis lehet életképes és van jövője ennek a technológiának.

A következő országok már mind megtalálták a számukra legmegfelelőbb támogatási formát, mellyel a kapcsoltan történő hő- és villamosenergia-termelés elterjedését ösztönözték. A következő táblázat részletesebben mutatja az Unió tagállamai által használt támogatási formákat.

Eszközök a kapcsolt energiatermelés ösztönzésére		
közvetlen pénzügyi támogatás		példák
	támogatás a termelőknek	NL, IT, ES, BE
	beruházás-támogatás	BE, NL, ES, IT, DE, UK, DK
közvetett támogatás		
adó-, hitel- és díjkedvezmények	adó- és díjcsökkentés / mentesség	NL, S, BE, IT, DE, UK
szabályozás	kötelező átvételi ár, zöld	PT, ES, DE, NL, DK, CZ, HU

	prémium	
	távhő-rendszer tervezése	DK, FI, DE, IT, SE
	engedélyezés, építési előírások	UK, DE, DK
mennyiségi korlátozás	kvóta, zöld bizonyítvány	BE, PL
kapcsolódó szolgáltatások az államtól költség alatti áron	K+F tevékenység finanszírozása	NL, DE

15. ábra Eszközök a kapcsolt energiatermelés ösztönzésére⁴⁷

A következőkben nézzünk meg pár konkrét esetet, ahol a kogeneráció még mindig versenyképes technológiának tekinthető.

9.1. Hollandia

Igen nagy részesedéssel bír a kapcsolt energiatermelés az összes villamos- és hőenergia-termelésből Hollandiában. Itt a kapcsoltak támogatása még a '90-es évek elején indult a kötelező átvételi rendszerrel. Ám nem csupán az átvételi rendszernek köszönhető, hogy a kapcsolt termelés ilyen mértékben el tudott terjedni Hollandiában. A holland kormánynak is nagy szerepe volt abban, hogy az ipari fogyasztók energiaigényének minél nagyobb részét kapcsoltan termelt energiával elégítsék ki. Ezen túl a holland állam (a magas átvételi árak mellett) nagy összegekkel támogatta ezeket a beruházásokat (a beruházási támogatással 3-5 éves megtérülési időt garantáltak a befektetőknek, ami nélkül csak 10-15 év alatt térült volna meg egy ilyen projekt). Egy idő után itt is túl nagyra nőtt a kapcsolt termelőegységek száma, így korlátozták az újonnan épülő termelő egységek kapacitását. A növekvő földgáz-árak is negatívan hatottak a termelésre, ezért 2001-ben a kötelező átvétel rendszerét kibővítette a holland állam, prémiumárat vezetett be a kapcsoltak számára, mely csak a villamosenergia-termelésre vonatkozott (a hőre nem). Ez a „zöld prémium” a termelők szén-dioxid-kibocsátásán alapult, „azaz mindenCO₂ kibocsátás nélkül megtermelt egy kWh-nyi energiára felárat számoltak”. Mindezek mellett további kedvezményeket vezettek be a kapcsoltak üzemben tartására (pl.: mentesség az energiaadó alól). 2008-ban a fosszilis alapú kapcsolt termelőktől megvonták ezt a támogatást, a megújuló alapú kapcsoltak támogatását viszont megemelték. Ekkor a teljes holland villamosenergia-termelés mintegy 30%-a kapcsolt termelés volt, aminek eredményeképpen Hollandia mára jelentős energia-megtakarítást tudott elérni. Mára az ipar jelentős része kapcsoltan termelt energiát használ fel, valamint nőtt a távhőszolgáltatásban alkalmazott kapcsolt termelés aránya is. Mára már csak egyetlen szektor

⁴⁷ http://www.infrapont.hu/dokumentumok/ME_Infrapont_2010.pdf

maradt, ahol még növelni tudják a kapcsolt energiatermelés arányát: ez pedig a mezőgazdaság (pl.: üvegházak fűtése).

A holland kogenerációs erőművek 70%-a földgáz alapú működést valósít meg, ám az utóbbi években a biomassa alkalmazása igen nagymértékben nőtt.

9.2. Dánia

A dánok több évtizede következetes energiapolitikát folytatnak, mely a takarékossgot, a hatékonyságot és az önellátást szorgalmazza. Az olajválságok utáni időkben először a hőenergia felhasználásának hatékonyabbá tételét ösztönözte az állam, mely a kapcsolt energiatermelésre történő átállást helyezte előtérbe. Emiatt a dán támogatási rendszerben összeolvadt a villamos-, és a hőenergia támogatási rendszere. Az első hőtermelést szabályozó törvény 1979-ben került elfogadásra: a távhő-rendszerek megtervezését és kivitelezését a helyi hatóságok jogkörébe tették, aminek eredményeképpen egy erősen decentralizált távhő-rendszer alakult ki Dániában. A kapcsoltak támogatása legelőször az adózási rendszer megváltoztatásában mutatkozott meg: magas adókat vetettek ki a hőtermelés során felhasznált tüzelőanyagokra, miközben a villamosenergia-termeléshez felhasznált primer energiaforrásokat adómentessé tették, így ösztönözve a kapcsolt energiatermelés elterjedését. „2002-ben úgy módosult a rendszer, hogy a földgáz alapú kapcsolt energiatermelők a villamosenergia-termeléséhez felhasznált fűtőanyag mennyiségét levonhatják a teljes felhasznált fűtőanyag mennyiségéből.” 2005-ig a helyi elosztó hálózatokat kötelezték a kapcsolt termelők által előállított energia átvételére, valamint kötelező átvételi árakat is meghatározott az állam. Mindennek köszönhetően a kapcsolt termelés jelentősen nőtt, majd egy időszakban túlermelés lépett fel az energiapiacra, ami társadalmi szintű veszteségként jelent meg. Ezt úgy oldották meg, hogy a kapcsolt erőművekbe kiegészítő berendezéseket építettek be, melyek felhasználták a többletenergiát.

Dániában szigorúan szabályozott a távhő ára, mely kihat a villamosenergia árakra is, így például a kis távhő üzemeknek non-profit alapon kell működniük és az előállított energia árának a költségekhez kell csupán igazodniuk. Dániában nem játszik olyan nagy szerepet az ipari nagyfogyasztók kapcsoltan termelt energiával való kiszolgálása, mint Hollandiában, itt a kapcsolt kapacitások többségét a távfűtés-rendszere hasznosítja, a fennmaradó részt pedig kisebb ipari szereplők (hotelek, kórházak, irodaházak, üvegházak) fűtésére fordítják. A kapcsolt termelés részesedése 2008-ban már meghaladta az 50%-ot. „A dán energiapolitika sikerét bizonyítja, hogy az elmúlt 25 évben a gazdaság növekedésével ellentétben nem nőtt az ország energiafogyasztása.”

9.3. Finnország⁴⁸

Finnország Európa leghidegebb országa, így egyértelmű, hogy ez a leghatékonyabb távfűtési rendszerek hazája. A finn állam nemzetközi programot hozott létre a távfűtés korszerűsítésére. Ebben a programban számos finn cég is részt vesz, valamint a Finn Foglalkoztatási és Gazdasági Minisztérium is támogatja a távfűtés nemzetközi piacokra való kiterjesztését is.

A következő táblázat a főbb teljesítési mutatókat sorolja fel, melyekből kiderül, hogy a finn energiatermelés méltán lett világszínvonalú.

Fő teljesítési mutatók	Finnország (200 cég adatának átlagában)	Átmeneti gazdaságok
Hálózati hőveszteség	6-9%	15-40%
Vízpótlási szükséglet évente	1	10-50
A távhő rendszer működési megbízhatósága	99,98%	99% vagy alacsonyabb
Kapcsolt energiatermelés aránya a távhő előállításában	76%	30-60%
Távfő előállítás hatékonysága	93%	60-90%
Megújuló energiák használatának aránya a távhő előállításában	38%	0-10%
Termelékenység (GWh/alkalmazott)	20	1-4
Nyereségesség	10-20%	Alacsony vagy negatív

16. ábra A kapcsolt energiatermelés mutatói Finnországban⁴⁹

A finnek is rájöttek már, hogy a távfűtésben a legjobb választás a kapcsolt energiatermelés, hiszen ez egy nagyon hatékony technológia. A kapcsolt energiatermelés nagymértékben elterjedt mind az iparban, mint a távfűtésben (a távfűtés körülbelül 70%-át állítják elő kapcsolt erőművekben, ám vannak olyan városok is, ahol ez az arány akár a 90%-os is eléri). 2010-ben az előállított összes villamosenergia-termelés 20%-a származott kapcsolt energiatermelésből. A finnországi villamosenergia-termelés mintegy 31%-a megújuló primerenergia-bázisra épül, és a biomassza felhasználása is nagyobb mértékben nőtt a kapcsolt energiatermelés terén, mint az önálló energiatermelésben. Finnország nemzeti

^{48,49} Forrás: Okos távfűtés Finnországból:

http://www.mataszsz.hu/doc/Finn_tavfutes/2012_07/Okos_tavfutes_Finnorszagbol_Finpro.pdf

célkitűzései közt szerepel a fosszilis primerenergiák felhasználásának megszüntetése mind a távhőtermelés, mind pedig a kapcsolt energiatermelés terén.

A finn sikereket az növelte, hogy – Magyarországgal ellentétben - a nyári időszakban is jelentős hőenergia-igények mutatkoznak, valamint a távhűtésre is igen nagy igény mutatkozik (pl.: a hatalmas szerverszobák hűtése). 2008-ban egy felmérés szerint Helsinkiben volt a harmadik legnagyobb és leggyorsabban működő távhűtési rendszere Európában. Hatékonyságukat növeli az alkalmazott technológia korszerűsége is: a hulladékhő minél nagyobb arányú hasznosítása (az ipari épületekből elvont hőt a távfűtőrendszerekben, illetve a használati melegvíz előállításánál hasznosítják). A megújuló energiaforrások körülbelül 60%-át teszik ki a termelésben felhasznált tüzelőanyagoknak. Jelentős összegeket áldoznak a kutatás és fejlesztés elősegítésére, amelynek köszönhetően a finn kapcsolt energiatermelés hatékonysága a 90%-ot is meghaladja, ezzel megvalósítva a leghatékonyabb kapcsolt termelést a világon. 2009-ben a Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) Helsinkinek ítélte azt a díjat, amely a klímaváltozás csökkentését elősegítő, kiemelkedő megoldásokat ismeri el.

Ezen országok bebizonyították a kapcsolt energiatermelés létjogosultságát és azt, hogy igenis van jövője az ilyen nagy hatékonysággal üzemelő technológiáknak (a gazdasági nehézségek ellenére is). Érdemes tehát a kapcsolt energiatermelés elterjedését Magyarországon is tovább ösztönözni, a technológiát fejleszteni, hiszen jelentős eredményeket érhetünk el vele (energia-megtakarítás, importfüggőség csökkentése, széndioxid- kibocsátás csökkentése...stb.)

10. MEGÁLLAPÍTÁSAIM

A dolgozatommal rá szerettem volna világítani azokra a problémákra, melyek a kapcsolt energiatermelés relatíve rossz megítéléséhez vezettek, valamint találni szerettem volna egy olyan megoldást, amellyel valamelyest javítani lehet ezen a helyzeten (vagy legalább mérsékelni a kogenerációs erőművek veszteségeit). Mindezek után úgy vélem, hogy a gázmotoros blokkok üzemének változtatgatása nem elegendő a versenyképesség megtartására (vagy újra megszerzésére). A virtuális erőművek létesítése országos szinten megoldja az irányítási, szervezési nehézségeket, és egy sokkal energiatudatosabb társadalom, egy energiagazdaságosabb ország kialakulását segíti elő. Minden termelő arra törekszik, hogy értékesebb, szabályozható villamosenergiát állítson elő, ennek eszköze a virtuális erőmű. Ahhoz, hogy a gázmotoros kogenerációs energiatermelés ismét életképes beruházásnak minősüljön, gazdasági, intézményi változások, valamint ezen technológia előnyeinek és lehetőségeinek megítélésében tett változtatások szükségesek.

IRODALOMJEGYZÉK

- Ősz János – Bihari Péter: Hőellátás (Budapest, 1998)
- Dr. Gács István egyetemi docens: Villamosenergia-termelés (Budapest, 2003. BME
Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék)
- Büki Gergely: Energetika (Egyetemi tankönyv, 1997)
- Magyar Energetika (2004/2, 32-36. oldal): Dr. Dezső György, Királyi Péter –
Termikus gáztalanítás gázmotorokkal
- Magyar Épületgépészet, LVIII. évfolyam, 2009/11. szám (Dr. Halász Györgyné:
Hűtés termálvízzel 1. rész)
- E-gépész on-line szaklap (a Magyar Mérnöki Kamara Épületgépészeti Tagozatának
Lapja): Abszorpciós folyadékhűtéshez felhasznált kapcsolt távhő versenyára,
2009.08.04. (<http://www.e-gepesz.hu/?action=show&id=288>)
- A Visegrad Investments ITCB. Konsulting Kft. honlapján található ábra:
http://visegradinvestments.blog.hu/2010/06/07/tavhoszolgaltatok_magyarorszagon
- A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés versenyképessége és szabályozási
kérdései Magyarországon, Készítette: Regionális Energiagazdasági
Kutatóközpont (REKK) Budapesti Corvinus Egyetem, 2010. október 15
- Gróf Gyula -Könczöl Sándor: Gázmotoros kapcsolt hő- és villamos-energiatermelés
(Háttér-tanulmány az Üzemeltetési ajánlás kidolgozásához, 2008.)
- A Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Karának honlapja (joido.ttk.ptk.hu
/Archív adatok) 2012.10.10.
- Az EDF Energia honlapján megtalálható „Gyakran ismételt kérdések” közül:
Mit jelent a szabadpiac?
<https://www.edfenergia.hu/pages/aloldal.jsp?id=1704>
- Magyar Energia Hiatal honlapjáról: Kezdőoldal/Fenntartható fejlődés /
Megújuló energiák /Kötelező átvételi rendszer:
<http://www.eh.gov.hu/fenntarthato-fejlodes-2/megujulo-energiak/426-kotelezo-atveteli-rendszer.html>
- MAVIR - A terhelés napi változása (<http://e-villamos.hu> - Óraátállítás hatásai a
villamosenergia-rendszerre)
- Magyar Energia Hivatal honlapja:
<http://www.eh.gov.hu/hatosagi-arak-2/villamos-energia/kotelezo-atvetel.html>
- Magyar Energia Hivatal honlapjáról letölthető: A kötelező átvételű villamos energia

átvételi árai 2008-2012. című dokumentum: <http://www.eh.gov.hu/hatosagi-arak-2/villamos-energia/kotelezo-atvetel.html>

BME Gépjárművek Tanszék: Dr. Lévai Zoltán Oktatási segédlete:

<http://lezo.hu/szerkezettan/tankonyv/tankonyv-web/hajtas/motor/hutes-olajozas/hutes-olajozas.html>

<http://spectrum.ieee.org/energy/the-smarter-grid/virtual-power-plants-real-power>

(2012.10.20.)

50/2011. (IX. 30.) NFM rendelet:

<http://www.jogiadatbank.hu/doc.php?docid=WKHU-QJ-XML00000A1100050NFM&docdb=jog&action=movepage¶m=0> (2012.10.10.)

A megújuló energiák és a kapcsolt energiatermelés támogatása Magyarországon és az Európai

Unióban, Készült a Gazdasági Versenyhivatal Versenykultúra Központjának támogatásával (2010. október)

http://www.infrapont.hu/dokumentumok/ME_Infrapont_2010.pdf

Okos távfűtés Finnországból

http://www.mataszsz.hu/doc/Finn_tavfutes/2012_07/Okos_tavfutes_Finnorszagbol_Finpro.pdf

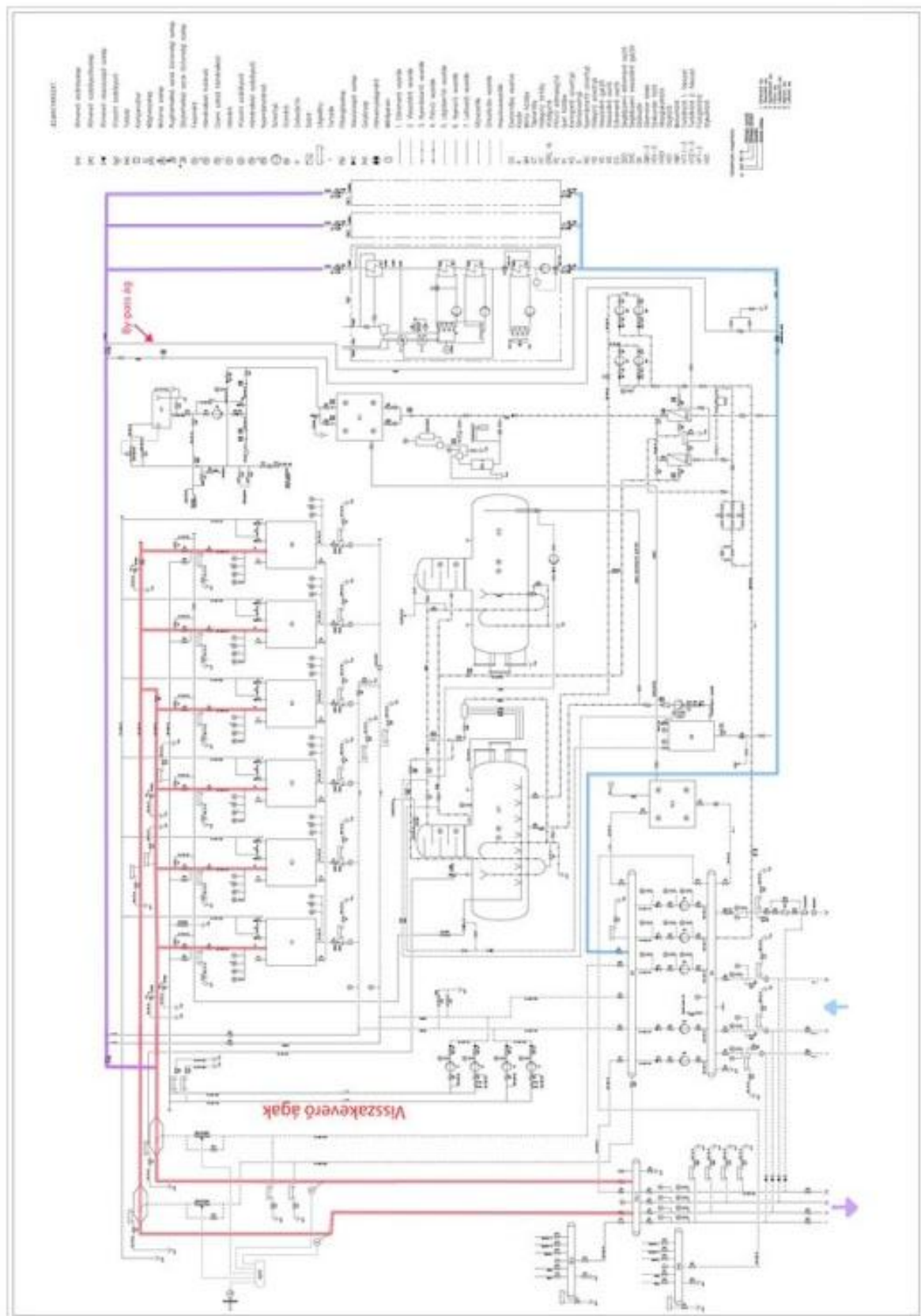
A vizsgált városi erőműre vonatkozó önkormányzati rendelet a város területén

érvényesülő távhőszolgáltatási díjak megállapításáról, valamint az áralkalmazási és díjfizetési feltételekről

A vizsgált erőmű által szolgáltatott adatok

Gázmotoros nyári ág

The diagram illustrates a sophisticated heating system architecture. It features a central energy source (boiler) connected to a series of radiators through a network of pipes. The system includes several pumps to circulate the fluid, and a control panel with numerous relays and sensors to manage the flow and temperature. The color coding helps distinguish between different parts of the system: red for primary supply/return, blue for secondary distribution, and green for auxiliary or control lines. The legend provides a key for the various symbols used throughout the schematic.



KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki mindazoknak, akiknek a segítségével idáig eljuthattam, és azoknak, akik mindvégig mellettem álltak. Elsősorban köszönöm konzulensemnek, Dr. Bíró István PhD. egyetemi docensnek, valamint Hardi István külső témavezetőmnek a hasznos útmutatásokat és építő jellegű kritikáikat, valamint köszönöm Hegyi Zoltánnak és Molnár Rudolfnak az erőmű munkatársainak a segítségét, az adatszolgáltatást, valamint köszönettel tartozom a családomnak és közvetlen környezetemnek, akik rengeteg türelmet tanúsítottak velem szemben és tanácsaikkal segítettek dolgozatom elkészítésében.

NYILATKOZAT

Kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám, minden felhasznált forrásmunkát az irodalomjegyzékben megneveztem.

Szeged, 2012. 12. 20.

.....
Babud Márta
aláírás