Strandfürdő hulladékhőjének hőszivattyús hasznosítása Komárom város távhőellátó rendszerében

Waste heat recovery of swimming pool complex in the district heating system of Komárom

KECSKEMÉTI Dávid[1], NEMES Sándor[2], Dr. BOKOR Balázs[3]
1: Épületgépész mesterszakos hallgató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Épületgépészeti És Gépészeti Eljárástechnika Tanszék
2: főmérnök, Komáromi Távhőszolgáltató Kft.
3: egyetemi adjunktus, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Épületgépészeti És Gépészeti Eljárástechnika Tanszék

Abstract

In my paper I introduced an environmentally friendly and sustainable heat generation system, which can supply a whole district with zero local emission. I designed a viable scheme, that could be realized in a few years. The effluent thermal water of the Brigetio Thermal Spa could be exploited using a water source heat pump. I performed measurements on the temperature and volume of the effluent water. Using this data, I determined the amount of energy available for the heat pump. I also suggested more favourable operating conditions for the existing immersible pumps. Hence the heat pump would not be installed next to the spa, I defined a path for a double pipe network. I also determined an appropriate diameter considering the necessary pumping energy. I calculated an estimated rate of return-on-investment and described the emission savings available when replacing the condensing gas boilers with this thermal water utilising system, and the benefits of connecting other consumers to the district heating grid.

Keywords: *district heating, thermal effluent water utilisation, heat pump, geothermal energy, waste heat*

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Földünk átlaghőmérséklete napjainkra több, mint 1°C-kal emelkedett az iparosodás előtti időkhöz képest [1]. Az emberiség energiaigénye az elmúlt 100 évben 10-szeresére növekedett [2], a fosszilis energiahordozók elégetése és az ezzel járó károsanyag kibocsátás, az erdőirtások, a közlekedés és szállítmányozás mind hozzájárulnak a globális felmelegedéshez. Dolgozatomban egy olyan rendszert szeretnék bemutatni, ami a Komáromi Termálfürdő elfolyó vizének hőtartalmát hasznosítja hőszivattyú segítségével. Az így előálló meleg víz alkalmas lenne a város egy részének távhővel való ellátására, csökkentve a környék hőellátásának környezetre gyakorolt hatását.
Dolgozatomban egy fenntartható, környezetkímélő hőtermelési megoldást mutattam be, mellyel egy városrész teljes hőellátása lenne biztosítható zéró lokális károsanyag kibocsátással. Egy valós szituációt dolgoztam fel, a tervezett rendszer akár néhány éven belül megvalósítható lenne. Ténylegesen rendelkezésre álló, jelenleg egyáltalán nem hasznosított geotermikus energiát lehetne a lakosság széles tömegei számára gazdaságosan, környezetbarát módon hasznosítani. Kutatásaim során találkoztam hasonló távhős alkalmazásokkal, az ottani tapasztalatokat felhasználva alapoztam meg munkámat a helyi környezeti adottságokra a komáromi távhő rendszerre specifikusan. Ez a dolgozat tanulmányát képezheti egy később megvalósuló fejlesztésnek.
A Brigetio Gyógyfürdő elhasznált, Dunába engedett termálvize egy hőszivattyú beiktatásával képes lenne a Csillag lakótelep környékének teljes hőigényét kielégíteni.
Méréseket végeztem a gyógyfürdő medencéinek elfolyó vizét összegyűjtő aknában a hasznosítandó víz hőmérsékletére és mennyiségére vonatkozóan. Ezen adatok ismeretében és a fürdő üzemeltetési szokásait figyelembe véve megállapítottam a hőszivattyú rendelkezésére álló hőmennyiséget. Méréseimből következtetéseket levonva javaslatot tettem a búvárszivattyúk előnyösebb üzemállapotának kialakítására.
Mivel a hasznosítás helye nem közvetlenül a fürdő mellett van, meghatároztam egy lehetséges nyomvonalat a termálvíz elvezetésére. Ennek segítségével kiszámoltam a cső áramlási veszteségeit két lehetséges csőátmérőre és kiválasztottam a szivattyúzás szempontjából kedvezőbbet. A vízben lévő szennyeződések hőcserélőt károsító hatását elkerülendően a rendszerbe illesztettem egy automata szűrőberendezést. Kitértem a működéshez szükséges további alkotóelemek funkciójára is.

A beruházás megtérülésének kalkulálásához árajánlatot kértem több gyártótól is minden rendszerelemre, azonban egyes esetekben konkrét ár hiányában becsült értékekkel számoltam. Itt figyelembe vettem megújuló energiaforrások hasznosítására elérhető magas intenzitású támogatásokat is, két lehetséges esetre meghatároztam a megtérülési időt.
Ismertettem a jelenlegi gázkazános hőtermelés termálenergiával való helyettesítésének környezeti hatásait és kiszámítottam az elérhető károsanyag-kibocsátás megtakarítást. Kitértem arra is, hogy a rendszer fogyasztóinak növelése milyen további előnyökkel járna.
Az ehhez hasonló fejlesztések elengedhetetlenek a fűtési szektor dekarbonizálásához és az EU határozatban rögzített drasztikus szén-dioxid csökkentési célok eléréséhez. Ki kell használnunk minden olyan hőforrást, amellyel károsanyagkibocsátás nélkül elégíthetők ki fűtési és használati melegvíz igényeink.

Kulcsszavak: távfűtés, elfolyó termálvíz hasznosítás, hőszivattyú, geotermikus energia, hulladékhő

2. BRIGETIO GYÓGYFÜRDŐNÉL ELŐÁLLÓ HULLADÉKHŐ JELLEGE, ANNAK HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGE

A fürdőt a tőle légvonalban mintegy 2 km-re elhelyezkedő K-21-es, másnéven Lengyári kút látja el gyógyvízzel. A kutat egy szakvéleményre alapozva mélyítették 1964-65-ben. Az ideálisan induló termelést később negatívan befolyásolta a kút állapota, valamint a környék bányászatához szükséges nagyarányú karsztvíz kitermelés. Hozama és talphőmérséklete is lecsökkent, utóbbi 62,5 °C-ról 58-62 °C-ra [3].

A komáromi gyógyfürdő 10 medencével rendelkezik, ezek között vannak egyaránt sport- és gyógymedencék is. Vizük 22 és 38°C közötti hőmérsékletű.

Napközben folyamatosan töltik újra az összes medencét a kívánt hőmérséklet megtartása és a kifröcskölt víz utánpótlása miatt, valamint a medencék feszített víztükréből adódóan szüntelenül folyik víz a leürítő rendszerbe. Valamennyi medencéből elfolyó víz egy a strand területén található aknába folyik, innen pedig 2 búvárszivattyú közreműködésével jelenleg hasznosítatlanul a Dunába ömlik. A szivattyúk később részletezett kifogásolható működésük miatt rengeteg levegőt is szállítanak, amit az 1. ábrán bemutatott csobogás fedett fel.

1. ábra: Dunai kifolyó

Jelenleg Magyarországon nincs visszasajtolási kötelezettség a termálvizek sport, és gyógyászati felhasználását követően. Mivel a víz emberekkel érintkezett, szennyezettnek kell tekinteni ezért visszasajtolása nem lehetséges [4]. Ennek értelmében továbbra is a Dunába szeretnénk kiengedni a fürdőből elfolyó vizet egy hőszivattyú beiktatásával a hőhasznosítás érdekében. Ez azt jelentené, hogy 30 °C-ról nagyjából 6 °C-ra hűtenénk a vizet.
A környék fejlesztési potenciáljainak köszönhetően a jövőben megnövekedett hőigényekre lehet számítani, melynek nagy részét tudnánk az elfolyó víz hulladékhőjéből fedezni. A hőszivattyú nem a gyógyfürdő közvetlen közelében kerülne telepítésre, hanem hőhasznosításhoz közel, a Csillag lakótelep kazánháza mellett.
A strand területén lévő akna és a Csillag fűtőmű közötti csővezeték kialakítása szükséges, melynek tervezett nyomvonala a 2. ábrán található.
Az időben nem egyenletesen rendelkezésre álló hasznosítandó termálvíz mennyiség miatt a hőszivattyúval megtermelt hőt feltétlenül szükséges tárolni az ingadozások kiküszöbölésére.
A termálenergia hasznosítójaként számos fogyasztó jöhet számításba:

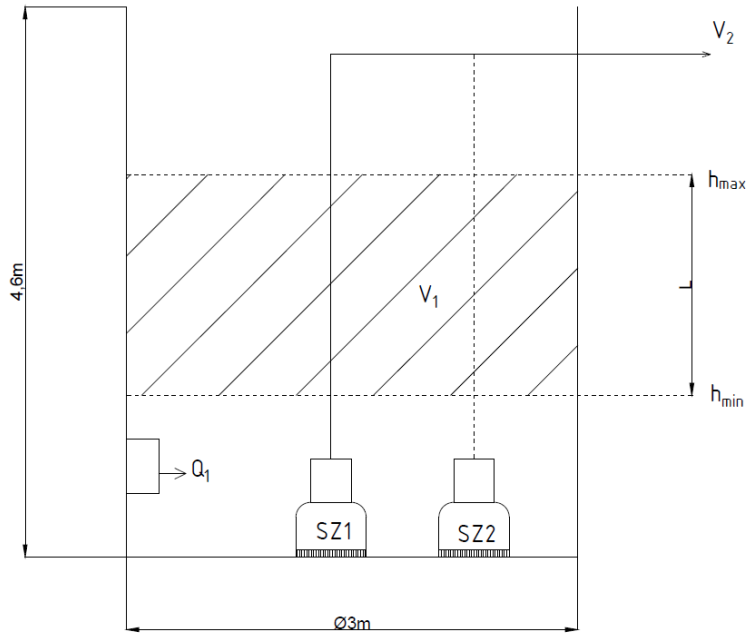
- elsődlegesen a már távhővel ellátott 221 lakásos Csillag lakótelep (1150 kW),
- a távhőre kapcsolható 96 szobás Juno Hotel (430 kW), a 66 lakásos Várkert lakópark (320 kW), a Feszty iskola (300 kW) mind elérhető közelségben vannak, jelenleg gázkazánokkal fűtik őket,
- a jövőben (ebben az évtizedben) megvalósuló multifunkciós rendezvényközpont (400 kW) és 230 lakásos lakópark (800 kW) célszerűen távhőre lesz tervezve.

Erre a becsült teljesítményre választottam a 3,4 MW-os hőszivattyút és kiszolgáló berendezéseit.
A teljes hulladékhővel ellátható területet szintén a 2. ábra szemlélteti.

2. ábra: Hulladékhővel ellátható intézmények

3. MÉRÉSEK A HULLADÉKHŐ POTENCIÁLJÁNAK BECSLÉSÉRE ÉS AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

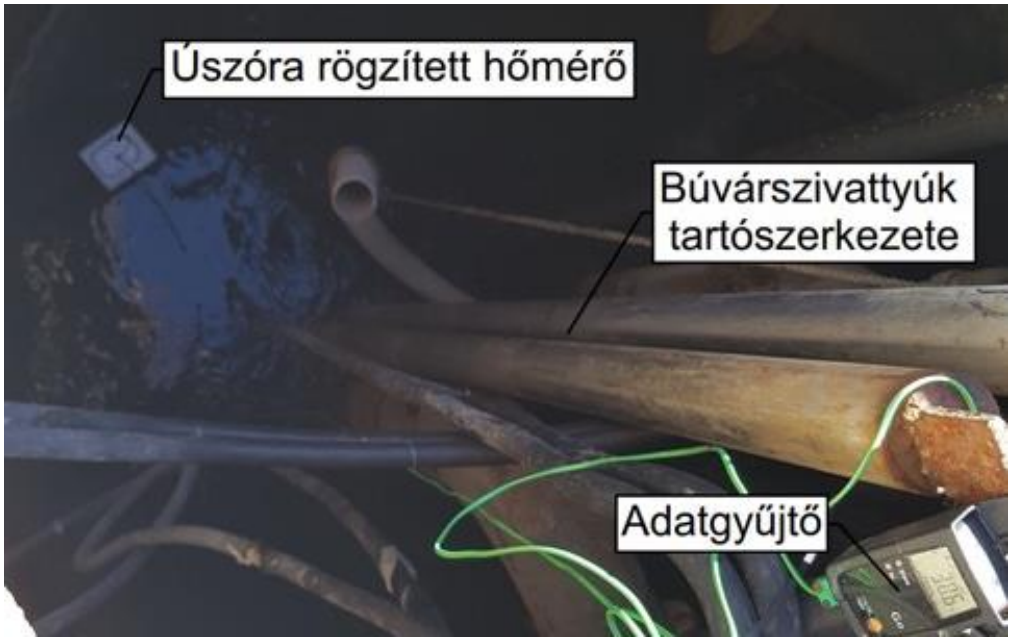
A fürdő valamennyi medencéjéből kifolyó víz egy beton aknában gyűlik össze, ennek vázlatát mutatja be a 3. ábra. A víz Dunába juttatásáról az aknában lévő két búvárszivattyú gondoskodik szakaszos üzemben. Egyszerre mindkét szivattyú csak leürítéskor üzemel.
Az elfolyó víz mennyiségének meghatározásához szükség van egy szivattyú térfogatáramára és a szivattyúk üzemidejére. Utóbbit egy másodperc pontosságú üzemóraszámláló segítségével állapítottam meg. A szivattyúk állandó fordulatszámon üzemelnek, és mivel a csőhálózat jelleggörbéje nem változik, a munkapont jó közelítéssel állandó, így a szállított térfogatáram is. Az alsó és felső szintérzékelő közötti távolságot megmértem és az akna átmérőjének ismeretében meghatároztam egy V_1 (2 szintérzékelő közötti) térfogatot.



3.ábra: Akna és a köbözési módszer sematikus vázlata

Mértem a szivattyú üzemének idejét és a két bekapcsolás között eltelt időt. Ezt a mérést többször is elvégeztem. A két szintjelző közötti 1,14 méter átlagosan 65 másodperc alatt ürül le, miközben a víz folyamatosan érkezik az aknába. Mértem álló szivattyú mellett az alsó és felső szintérzékelő közötti feltelési időt: átlagosan 270 másodperc. Az akna feltöltődési idejének ismeretében (ez megegyezik a két bekapcsolás között eltelt idővel) megkaptam a csurgalékvíz térfogatáramát, ez az érték is több ciklus átlaga. Mivel az akna a szivattyúzás közben is folyamatosan töltődik, az elszívott vízmennyiséghez (V_2) a két szintjelző közötti térfogaton felül ez a mennyiség is hozzáadódik. 1 periódus alatt (65 s) elnyomott víz tehát 10 m^3, ami 9,23 m^3/perc = 554 m^3/h térfogatáramnak felel meg. Az akna mellett található villamos szekrényben lévő, már nem működő üzemóraszámlálókat új készülékekre cseréltem méréseim kezdetekor. A két számláló adatait összesítve 1 hét alatt 45 órát mentek a szivattyúk, ez alatt hozzávetőlegesen 24923 m^3 vizet szállítottak összesen.

Az aknában egy Testo 175-T3 hőmérséklet adatgyűjtőre csatlakoztatott hőmérőt helyeztem el, ami 5 percenként rögzít hőmérséklet értékeket. A hőelem egy úszóra lett rögzítve, hogy a feje mindig belelógjon a vízbe. A kábel rövidsége miatt az adatgyűjtőt is csak az aknában tudtam elhelyezni a 4. ábrán látható módon, a villamos szekrényig való elvezetéshez szükséges többlet kábelhossz nagy pontatlanságot okozhatott volna a mérés eredményeiben.



4. ábra: Mérőberendezés az aknában

A mérés során a víz átlaghőmérséklete **26,3°C** lett, a hőmérséklet ingadozását az 5. ábra szemlélteti. A legalacsonyabb mért érték 19,8°C, míg a legmagasabb 38,2°C volt.

5. ábra: Aknában lévő víz hőmérsékletének változása a mérés során

A hőmennyiség értékeket 1 hétre vonatkoztatva számoltam ki. Ezen időszak alatt 24923 m^3 =24 923 000 kg 26,3 °C-os átlaghőmérsékletű víz folyt el energetikailag hasznosítatlanul a Dunába.

A minél alacsonyabb visszatérő hőmérséklet eléréséhez nagy hőcserélő felület szükséges. Mivel a beruházás forrása korlátos, ezért nem törekedtem a számításoknál ennek a visszatérő hőmérsékletnek az elérésére, hiszen a 26,3 °C-os előremenő hőmérséklet 20 °C-os csökkentésével is elegendő hőenergiát tudunk kinyerni. Egy hét alatt tehát hozzávetőlegesen 2089 GJ fűtési energia állna rendelkezésre, ez havi szinten 8356 GJ-t jelent.

Két esetre vizsgáltam meg a telepíthető hőszivattyú kalorikus teljesítményét: csúcsra járatott és optimális üzemi körülmények között. Ha csúcsra méretezzük a hőszivattyút, akkor maximálisan 9,4 MW hőteljesítményt tudnánk kinyerni, ez az üzemállapot azonban csak ritkán fordul elő (éjszakai leürítések). Egy ekkora berendezés beruházási költsége többszöröse lenne az optimális üzemállapotokra méretezett hőszivattyúnak.

4. HULLADÉKHŐ HASZNOSÍTÓ RENDSZER ELEMEI

Akna, szivattyúk

A fürdő valamennyi medencéjéből folyamatosan érkezik a hozzávetőlegesen 25-30 °C közötti használt víz a 3 méter átmérőjű, majdnem 5 méter mély gyűjtő aknába. Ez a későbbiekben ugyanígy történne, a fejlesztés a strand medencéire semmiféle kihatással nem lesz.

Az aknában 2 egyforma, C 3201-es Flygt csatornás járókerekű búvárszivattyú gondoskodik az elfolyó víz Dunába vezetéséről. Jelenleg a szivattyúkat ki- és bekapcsolással szabályozzák, ami a lehető legrosszabb megoldás. Alapesetben csak egy szivattyú dolgozik. Az aknát folyamatosan tölti fel az elfolyó csurgalékvíz a medencék feszített víztükréből és hőntartás miatti vízpótlásból adódóan. Egy bizonyos pont elérésekor (felső szintérzékelő) a szivattyú üzembe lép és állandó fordulatszámon üzemel. A minimum szintre (alsó szintérzékelő) csökkentve a vízszintet a szivattyú leáll.

A fürdőben több töltő-ürítő üzemű gyógymedence is található. Erre azért van szükség, mert minősített termálvízhez fertőtlenítőszer adagolása, valamint vízforgatás nem lehetséges, hiszen az rontaná a hatását. A kórokozók elszaporodását a víz cseréjével akadályozzák meg. Ezen medencék vizét minden este leengedik és takarítást követően hajnalban ismét feltöltik. Leengedéskor nagy vízmennyiség szabadul fel, ekkor szükség van a két szivattyú egyidejű működésére.

Az akna nagy mélysége nincs kihasználva, a két szintérzékelő közötti szintkülönbség mindössze 1,14 m. Ezt, az akna méretéhez képest kis térfogatot a túlméretezett szivattyú kb. egy perc alatt távolítja el, majd kb. 5 perc alatt töltődik fel újra és kapcsol be a szivattyú ismét. A sűrű ki- bekapcsolások instabil üzemállapotot eredményeznek magas áramfogyasztással és kavitációval a szivattyú járókerekén, ami annak tönkremeneteléhez vezet. Ez be is következett az 6. ábrán látható módon, a sérült járókereket cserélni kellett.

6. ábra: Kavitáció következtében tönkrement járókerék

Javasolt lenne a két szintjelző közötti távolság növelése és a szivattyú fordulatszabályozása. Ezzel elérhető lenne egy kedvezőbb üzemállapot. A ki-be kapcsolás periódusai meghosszabbodnának: ritkábban kapcsolna be és tovább dolgozna. Jelenleg a szivattyú 112 l/s körüli térfogatárammal üzemel, ezt szabályozással 30-40 l/s-re csökkentenénk. Méréseink alapján a csurgalékvíz mennyisége átlagos esetben 30 l/s. Ezzel együtt a hőszivattyú is relatívan stabil üzemállapotba hozható, erre méretezzük a hőfelhasználását. Természetesen szintméréssel és ennek függvényében a szivattyú fordulatszámának folyamatos szabályozásával stabil hőszivattyú üzem valósítható meg. Ennek a feladatnak ellátására egy jelenleg kereskedelmi forgalomban is kapható ipari PLC bőven elegendő.

Osztó, csőszerelvények, szelepek, szűrő

Fontos rendszerelem egy osztószerelvény, amely gondoskodik a hőszivattyú megfelelő térfogatáramáról és arról, hogy mindig teltszelvényű legyen az áramlás. Továbbá biztonsági funkciót lát el, hogy bármely berendezés meghibásodásakor se ússzon el a strand. Szükség van egy szűrőre, ami megakadályozza a hőcserélő működésére káros anyagok, pl. hajszálak, egyéb szennyeződések eljutását a hőcserélőhöz. Fontos, hogy automata szűrőt válasszunk, hisz folyamatos üzemet várunk el, a szűrő tisztítása közben se álljon le a folyamat.

Távvezetékpár, ürítővezeték

A strand területén lévő akna és a hőszivattyú között távvezeték párt szükséges lefektetni. A Csillag fűtőmű irányába haladó vezeték fogja szállítani a medencékből kifolyó termálvizet, erre a célra egy előszigetelt műanyag haszoncsöves rendszer lenne a legmegfelelőbb, a hőszivattyú által lehűtött vizet pedig egy szigeteletlen KPE vezeték szállítaná vissza a strand aknájába.
A termálvezeték becsült hossza a 2. ábrán lévő nyomvonal alapján 850 m. A strand és a fűtőmű közötti geodéziai magasságkülönbség elhanyagolható, így a nyomásveszteség számítása kizárólag súrlódási veszteség alapján történt. A lehetséges térfogatáramot figyelembe véve két különböző csőátmérőjű esetet (DN150, DN200) is megvizsgáltam, melyek szóba jöhetnek áramlási sebesség és nyomásveszteség szempontjából.
A maximális térfogatáram hozzávetőlegesen 125 m^3/h, mert egy teljes nap alatt 1500 m^3/h folyik le, ha ez egyenletes lenne, akkor 62,5 m^3/h lenne, viszont medenceürítéskor ennek a duplája is lehetséges. A csőkönyökök számát is figyelembevéve 40, illetve 14 m.v.o. adódott. Ezek között jelentős különbség van, ezt, továbbá a jövőbeni esetleges bővítést figyelembe véve a nagyobb átmérőjű, DN200-as távvezeték lenne jobb választás. Ekkora átmérőnél adódó nyomásveszteség (hozzávetőlegesen 1,4 bar) leküzdésére megfelelő a strandon jelenleg üzemelő 2 darab búvárszivattyú. Egy ilyen vezeték hőveszteség adatai alapján 0,8 m földtakarás esetén a vezeték hővesztesége mindössze 20,1 W/m. Ez a teljes előremenő csőszakaszra nézve a hőszivattyú teljesítményéhez képest elhanyagolható.
Mint korábban említettem, a lehűtött víz visszasajtolása nem lehetséges, ezért továbbra is a Dunába lesz elvezetve a hőszivattyúban már lehűtött víz a strand meglévő leürítő rendszerén keresztül, az aknához pedig a szigeteletlen hőszivattyút és az osztót összekötő távvezetéken jut el.

Hőszivattyú, hőtároló

A termálvíz hőjét egy hőcserélőn keresztül veszi fel egy alacsony forráspontú hűtőközeg. A hűtőközeg az elpárologtatón hőt vesz fel, a kompresszorba gáznemű közeg lép be a szívóvezetéken keresztül. Itt elektromos energia bevezetésével a közeg összenyomódik, a nyomása és a hőmérséklete megnövekszik majd a nyomóvezetékbe kerül. A hőleadás a fűtési rendszer felé a kondenzátorban történik, a közeg cseppfolyóssá válik. Folyadék halmazállapotban áthalad az expanziós szelepen, nyomása és hőmérséklete lecsökken, hogy a kiindulási ponthoz visszatérve ismét fel tudja venni a termálvíz hőjét. Minél nagyobb a hőmérsékletkülönbség, annál jobban működik a folyamat. A hőszivattyú és szerelvényei becsült hidraulikai ellenállása kb. 0,5 bar.

Ekkora teljesítménynél a különböző gyártóktól (hőcserélő, kompresszor, villamos hajtás, expanziós szelep, automatika, szerelvények, egyéb kiegészítők stb.) előre méretezett, megtervezett és megvásárolt részegységeket a helyszínen építi össze, telepíti és rendszerként helyezi üzembe a projekt nyertese.

Az ingadozások kiküszöbölésére a mellékágon szükséges hőtárolót elhelyezni. Fontos rendszerelem, hiszen az esténként, a medencék leürítésekor egyszerre jelentkezik nagy hőmennyiség, napközben pedig ennek csupán töredéke, tehát a termelés időben teljesen eltér a fogyasztástól. A nagyságrendileg 100 m^3 térfogatú, álló hengeres, hőszigetelt acéltartály a hőszivattyú által megtermelt hőt tárolná el.

5. A TERVEZETT RENDSZER ÜZEMBEÁLLÍTÁSÁNAK KÖRNYEZETRE GYAKOROLT HATÁSAI

Az ellátási területet jelenleg ellátó kondenzációs kazánok kiváltása a környék fűtésével járó összes lokális üvegházhatású gáz kibocsátást megszüntetné. A földgáz elégetésekor ugyan keletkezik NO_x és CO is, de ezek mennyisége elhanyagolható.

A Csillag fűtőműben 2 darab 900 kW beépített teljesítményű kondenzációs gázkazán üzemel. Hatásfokuk 101% körül van, bár ez télen valamivel kevesebb. A Komáromi Távhőszolgáltató adatai szerint a tavalyi, 2019-es évben elfogyasztott földgáz mennyisége 223 399 normál köbméter volt. A földgáz sűrűsége megközelítőleg 0,68 kg/m3.

A földgáz 97%-ban metánt tartalmaz, ezen kívül nagyon kis mennyiségben nitrogént, etánt, szén-dioxidot, propánt és butánt. Mivel ezen összetevők mindegyike 1%-nál kisebb arányban van jelen, a számításoknál elhanyagoltam őket.

Földgáz égésekor szén-dioxid és víz képződik, 1 mol CH_4 elégetésekor 1 mol CO_2, tehát 16 g metán elégetésekor 44 g szén-dioxid keletkezik. A sűrűség képletéből megállapítottam, hány grammnak felel meg az egy év alatt eltüzelt földgáz mennyiség.

$$m = \rho \cdot V = 0{,}68\frac{kg}{m^3} \cdot 223399 Nm^3 = 151911{,}32 kg = 151911320 g \quad (1.)$$

Ha 16 g CH_4 elégetése 44 g CO_2-t eredményez, akkor 1 g 44/16 grammot, tehát:

$$m_{CO2} = \frac{44}{16} \cdot 151911320 g = 417756130 g = 417{,}756 t \quad (2.)$$

Egy év alatt tehát több, mint **417,8 tonna szén-dioxid** kibocsátástól mentesülne a város.

Az elhasznált villamos áram környezetre gyakorolt hatása a mindenkori villamosenergia termelésszerkezetétől függ. A megújuló energiaforrások terjedésével az egy kilowattórára eső károsanyag-kibocsátás évről évre csökken, ennek értéke jelenleg kb. 350 g CO_2/kWh [5].

A kazánok leállításával kazánégőik áramfelvétele is megszűnik. Az égők egyenként 2,2 kW villamos teljesítményűek, két kazánnál ez 4,4 kW-ot jelent. Nyáron csak egy kazán üzemel, a használati melegvíz igényének fedezésére. Az átmeneti időszakban szintén elegendő egy kazán teljesítménye a lakótelep kifűtésére. Egyedül a téli hónapokban működnek párhuzamosan. Tehát 75%-ban 2,2 kW, 25%-ban kW az égők teljesítménye. Téli napok száma 90, nyári és átmeneti napok száma pedig 275. Így az égők áramfelvétele egy teljes évre 24 MWh.

Egy év alatt tehát kb. 24 MWh villamosenergiát használnak fel a kazánok égői. A kazánok leállításával egy év alatt eszerint további 8,4 tonna szén-dioxid kibocsátást spórolna meg a kazánok leállítása.

A hőszivattyú kompresszorának meghajtásához szükséges villamos teljesítmény jelent meghatározó többlet primerenergia igény. A strandi búvárszivattyúk jelenlegi kedvezőtlen üzemének optimalizálásával azok áramfelvétele nem nőne meg különösebben a hőhasznosító szakasz beiktatásával. A berendezésekhez használt egyéb elektronika áramfelhasználása nem számottevő.

A hőszivattyú hőteljesítményének 3,4 MW-ot vettem fel számításaim eredményeképpen. Víz-víz hőszivattyúk teljesítménytényezője 4 és 6 körüli, átlagosan 4,9 [6], a mi esetünkben a víz hőmérsékletét figyelembe véve COP=5 teljesen reális.
A hőszivattyú kompresszora által felvett villamos teljesítmény tehát kb. 680 kW. Habár ez a villamos teljesítmény a mindennapi életben igen nagyban tűnik, ilyen kategóriájú hőszivattyúk esetében azonban nem meglepő. Ennek értelmében 294,1 másodpercig kell üzemelnie a hőszivattyúnak 1GJ hő előállításához. Ennyi idő alatt a hajtás villamosenergia felhasználása 55,56 kWh.
A hőszivattyúnak kb. 7108GJ-t szükséges megtermelnie évente a jelenlegi fogyasztási adatok mellett. Ennyi megtermelt hőenergia villamosenergia igénye hőszivattyúval 39,5 MWh, tehát a hőszivattyú működéséhez köthető szén-dioxid kibocsátás egy év alatt 138,2 tonna.
A hőszivattyú üzembe állításával megtakarítható szén-dioxid kibocsátás a fenti eredményeket összegezve évente 288 tonna szén-dioxid kibocsátás lenne elkerülhető a környék jelenleg is távhőre kapcsolt épületeinek a tervezett rendszerrel való ellátásával. Fogyasztók növelésével ez az érték többszörösére növelhető. A termálvíz felhasználása helyi szinten 100%-ban károsanyagkibocsátásmentes fűtési megoldást jelentene, globálisan pedig kb. 68%-kal csökkenne a szén-dioxid emisszió.

6. GAZDASÁGOSSÁGI SZÁMÍTÁSOK

Beruházás becsült költségei

Előremenő szigetelt távvezeték	22,2 millió Ft
Visszatérő szigeteletlen PE nyomócső	15 millió Ft
Osztó, szerelvények, elektronika	8 millió Ft
Szűrő	9,2 millió Ft
Hőszivattyú	126 millió Ft
Hőtároló	20 millió Ft
Földmunka, egyéb kivitelezési költségek	30 millió Ft
Tervezés, engedélyezés, dokumentáció: a beruházás 7%-a	16,1 millió Ft

A fenti költségeket összegezve a beruházás teljes becsült költsége tehát 246 millió forint.
A beruházás megtérülési ideje döntő mértékben függ az elnyerhető támogatástól. Tudjuk, hogy energetikai beruházásokra, ezen belül kiemelten megújuló energiafajták hasznosítására a jövőben is magas intenzitású támogatások érhetőek el (50-80%), a projekt megtérülését mindenképpen ezt figyelembe kell kiszámolni. A támogatásokon kívül lényeges szempont a hő előállításának költsége az egyes rendszerekkel.
A földgáz ára jelenleg rendszerhasználati díjakkal és a gáz árával egyetemben 434,7 Ft/m3.
A hő előállításának ára földgáztüzeléssel tehát 12780 Ft/GJ.
Mint fentebb már említésre került, a kazánok égői jelentős áramfelvétellel rendelkeznek, így a fajlagos költség számításába a felhasznált villamosenergia árát is szükséges belevenni. A Komtávhő jelenleg 39,4 forintot fizet kilowattóránként, tehát az égők által használt villamos energia éves költsége 945600 Ft. Ezek alapján a hőtermelés fajlagos költsége jelenleg 12913 Ft/GJ.
A hőszivattyús rendszerrel megtermelt hőenergia előállításának árát a kompresszor áramfelvétele határozza meg. Eszerint 1 GJ hő előállításához 55,56 kWh villamosenergia szükséges. Ennek költsége 2189 Ft/GJ.

A beruházás az ügyfelek által fizetendő összegre nincs hatással, tehát a megtakarítás alapja az előállítás költségének csökkenése. Földgáztüzeléssel a távhőszolgáltató 12913 Ft/GJ áron állítja elő a hőt. A tervezett rendszerrel ez 2189 Ft/GJ-ra lenne csökkenthető. Az árkülönbözet tehát 10724 Ft/GJ.

Jelenleg a 221 lakásos Csillag lakótelep hőigénye 7108 GJ/év, ez alapján egy év alatt tehát 76 226 192 forint lenne megtakarítható a hőtermelő cseréjével. Ez az összeg a korábban részletezett fogyasztók távhőre csatlakoztatásával többszörösére nőhetne, gazdaságosabbá téve a beruházást.

A projekt megtérülésének ideje az önerő és az éves megtakarítás hányadosa, erre mutat be néhány esetet 1. Táblázat.

1. Táblázat

Támogatás mértéke	0%	50%	80%
Önerő	246 mFt	123 mFt	49,2 mFt
Megtérülési idő	3,23 év	1,61 év	0,65 év

Látható tehát, hogy ilyen magas gáz ár mellett a projekt igen hamar megtérülne, akár támogatás nélkül is.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani a Komáromi Távhőszolgáltató Kft.-nek és főmérnökének, Nemes Sándornak, aki a gyakorlatban is megmutatta, hogy lehet az egyetemen tanultakat alkalmazni, és minden kérdésemben rendelkezésemre állt. Köszönettel tartozom Dr. Bokor Balázs témavezetőmnek, aki szintén sokat segített a mű létrejöttében és hasznos tanácsokkal látott el. Továbbá a Brigetio Gyógyfürdő dolgozóinak, akik segítettek a mérések elvégzésében.

A szerző konferencia részvételét a BME Gépészmérnöki Kar NTP-HHTDK-21-0051 pályázata támogatta.

8. IRODALOMJEGYZÉK

[1] McGrath, Matt. BBC news. [Online] 15 01 2020. https://www.bbc.com/news/science-environment-51111176.

[2] Actuary, Gail the. The Oil Drum. [Online] 2012. http://theoildrum.com/node/9023

[3] Kft., Mannvit. *Előzetes szakmai megalapozó tanulmány intézmények geotermikus fűtésére Komárom város területén.* Komárom : Mannvit Kft., 2016

[4] Brigetio Gyógyfürdő Komárom. [Online] Brigetio Gyógyfürdő Komárom. [Hivatkozva: 2020. 11 29.] http://www.komthermal.hu/furdo/medencek

[5] Zsolt, Rácz. 1kWh villamos energia = 0,35 kg széndioxid kibocsátás. [Online] https://www.mnnsz.hu/1kwh-villamos-energia-05-kg-szendioxid-kibocsatas/

[6] Shinsuke Furuno, Limi Okoshima, Sadanori Sase. *Comparison of coefficient of performance (COP) between an underground water source heat pump system and an air source heat pump system for greenhouse heating in cold and snowy areas in Japan.* 2016.