

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
ENERGETIKAI GÉPEK ÉS RENDSZEREK TANSZÉK

PINTÉR ÁRON
SZAKDOLGOZAT
A távhőrendszer komplex felújítási koncepciója

Konzulens:

Bokor Balázs
Adjunktus

Vörös Krisztián
Tervező

Témavezető:

Laza Tamás
Adjunktus

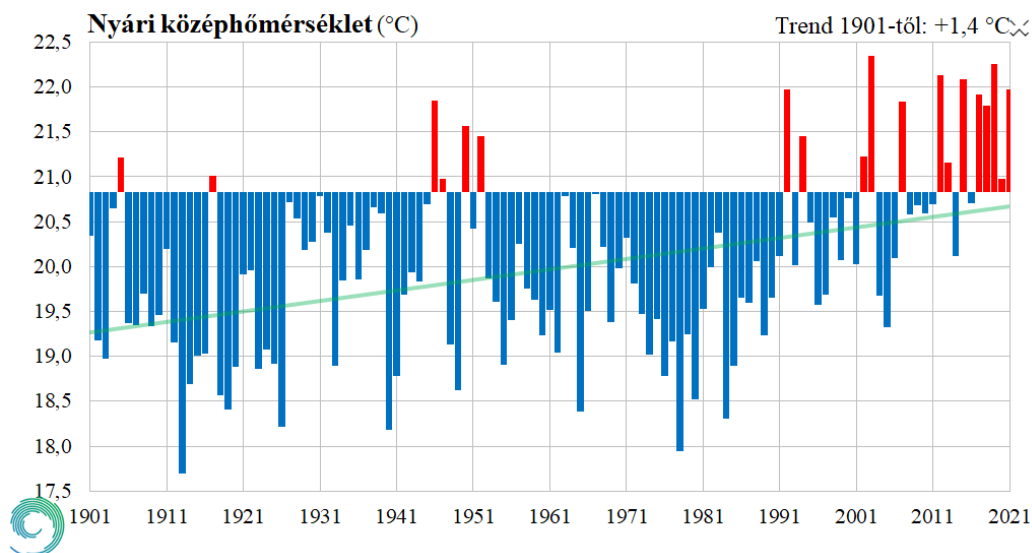
Pomáz, 2024

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés.....	2
2. a Hűtési technológiák általános ismertetése.....	3
2.1. Hűtési körfolyamat megvalósítása abszorpciós hűtőgéppel.....	3
2.2. Hűtési körfolyamat megvalósítása adszorpciós hűtőgéppel.....	4
2.3. Hűtési körfolyamat megvalósítása kompresszoros hűtőgéppel.....	5
2.4. Hűtési technológiák összehasonlítása.....	5
3. Megvalósult, üzemelő rendszerek áttekintő ismertetése	7
3.1. Hazai megvalósult rendszerek	7
3.2. Külföldi megvalósult rendszerek.....	8
4. Hűtési igények kielégítéséhez szükséges termelői berendezések	10
4.1. A vizsgált teljesítményszintek	11
4.2. Abszorpciós folyadékhűtő	11
4.3. Kompakt folyadékhűtő	13
4.4. Kompresszoros folyadékhűtő	13
4.5. Folyadékhűtők telepíthetősége	13
5. fejlesztés	14
5.1. Szolgáltatói oldalon szükséges fejlesztések	14
5.2. Beruházási költségbecslés	16
5.3. Fogyasztói oldalon szükséges fejlesztések	18
5.4. Üzemviteli fejlesztések.....	19
6. Hűtési rendszerek energetikai és gazdasági jellemzőinek meghatározása.....	20
6.1. A hűtési rendszerek energetikai számításaihoz szükséges adatok.....	20
6.1.1. Abszorpciós folyadékhűtő alkalmazása	20
8.2 Kompakt folyadékhűtő alkalmazása	22
6.2. Kompresszoros folyadékhűtő alkalmazása.....	23
6.3. Egyedi lakásonkénti fogyasztói hűtőberendezések összevető értékelése.....	24
6.3.1. Split klíma alkalmazásának vizsgálata	24
6.3.2. Hőszivattyú alkalmazásának vizsgálata	25
7. Összefoglalás/Eredmények értékelése	28
9.1 Eredmények.....	28
7.1. Következtetés.....	29

1. BEVEZETÉS

A városokban jelentkező hűtési energiaigények az elmúlt években jelentős növekedést mutattak. A külső hőmérséklet növekedésével az irodaépületek és háztartások egyre szélesebb körben fejlesztették épületeiket, helyiségeiket légkondicionáló berendezésekkel, melyek a külső hőmérséklet emelkedését a nagyvárosok tekintetében csak fokozzák, a melegrekordok egymás után dőlnek meg. Az elmúlt évszázad nyári középhőmérsékleteit a **1.1. ábra** szemlélteti.



1.1. ábra Az elmúlt évszázad nyári középhőmérsékletei

Látható, hogy 2015-től kezdődően a nyári hónapok hőmérséklete rendszerint jóval az előző évek fölött járt. Az elmúlt évtized nyári középhőmérséklete országosan 22°C körül alakult, ami az 1991–2010-es átlaghoz mérten 1°C-os emelkedést mutat. Az elmúlt két évben a június 2,1, a július pedig 2,2 °C fokkal volt melegebb a szokásosnál, amihez hasonló nem fordult elő az elmúlt 120 évben. A tendencia mutatja, hogy a hőmérsékletek folyamatosan emelkednek, a hűtés alapvető igényt fog jelenteni a felhasználók számára.

Az elmúlt évtizedek megfigyelései szerint a téli csúcsigény közel 20 %-kal haladta meg a nyárit, addig napjainkra az a különbség már csak 5-7 % körüli. Az egyre elterjedtebb hűtés, illetve a nyarak további melegedése arra enged következtetni, hogy az igények további emelkedése várható. Továbbá a klimatizáló egységek egyre szélesebb árkatóriában jelennek meg, így a hőmérsékletemelés mellett ezek az arányok csak növekedni fognak. A problémákra kielégítő megoldást nyújthat a távhőszolgáltató által biztosított távhűtési szolgáltatás.

A hőenergia szolgáltatása hazai viszonylatban műszaki és gazdasági tekintetben is kidolgozott rendszert képvisel, azonban a hidegenergia csekély számban van jelen, és a hidegenergia igények kiszolgálását nem övezi a több évtizedes szakmai tapasztalat. A szakdolgozat a hidegenergiaellátás problémakörét jellemzi.

2. A HŰTÉSI TECHNOLÓGIÁK ÁLTALÁNOS ISMERTETÉSE

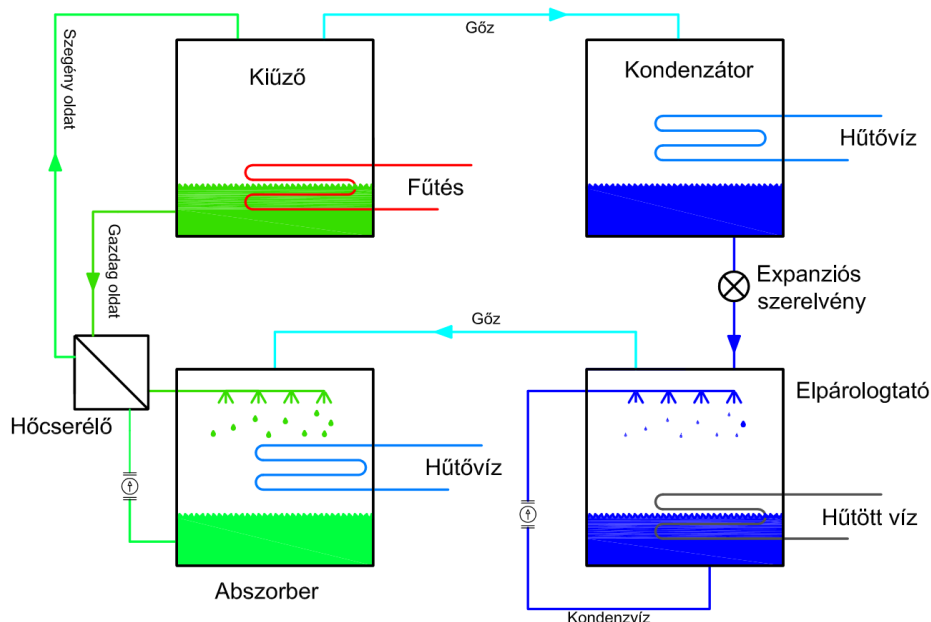
A hűtési folyamatok alkalmazásának célja egy adott térben a környezetinél alacsonyabb hőmérséklet folyamatos fenntartása. A körfolyamat alapján, külső energia befektetésével lehetséges alacsonyabb hőmérsékleti szintről egy magasabb hőmérsékleti szintre energiát juttatni. Utóbbit a végtelen kapacitású hőelnyelők képezik, mely a berendezések többségében a környezeti levegő vagy a talaj.

A hőenergiát alacsonyabb hőmérsékletű helyről elvonni és magasabb hőmérsékletű helyre szállítani, azaz hőt „szivattyúzni” csak meghajtó energia befektetésével lehetséges. Ezt a termodinamikai folyamatot megvalósító gépet hűtőberendezésnek nevezzük.

2.1. Hűtési körfolyamat megvalósítása abszorpciós hűtőgéppel

Az abszorpciós rendszer alapja egy elnyelő és egy elnyelendő (abszorbens) anyag. A legelterjedtebb műszaki megoldásokban víz és lítium-bromid (ipari környezetben néha ammónia) párosítását alkalmazzák.

A hűtőgép működésének felépítését a **2.1. ábra** mutatja. A technológia alapja, hogy a víz, alacsony nyomása miatt képes elnyelni a lítium-bromidot. A folyamat során nagy mennyiségű hő szabadul fel, amely alkalmas lehet további hasznosításra. A létrejövő elegyet egy abszorber szivattyú a generátorba továbbítja, ahol a nyomás és a bevezetett hő hatására az abszorber közeg elpárolog. A gőz halmazállapotú abszorbens nagy nyomáson kerül át a kondenzátorba, ahol lecsapatasra kerül, így ismét folyadék halmazállapotban várja a körfolyamat újraindulását. Kondenzátorban a lítium- bromid ismét cseppfolyóssá válik külső hűtés hatására.



2.1. ábra Az abszorpciós hűtőgép működése

A **2.1. ábra** alapján a nagy nyomású kondenzátorból fojtószelepen át a kis nyomású elpárolgatóba áramlik az abszorber cseppfolyós része, a nyomáscsökkenés hatására azonban gázhalmazállapotúvá válik, és így ismét hőt tud elvonni a hűtőfolyadékból. Az abszorpciós hűtőgép működéséhez hőforrás szükséges. Ez lehet hulladékhő, de lehet geotermikus energia

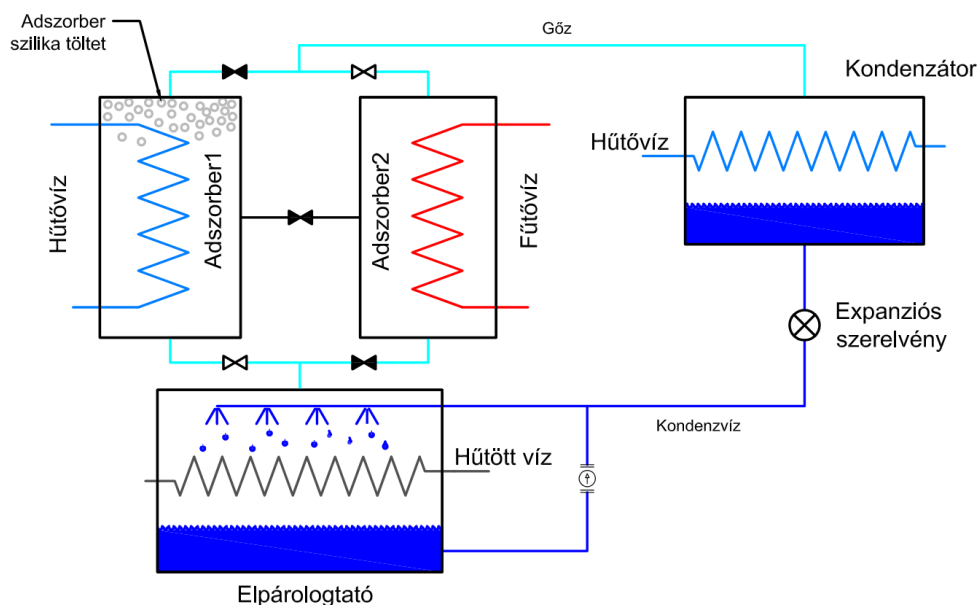
vagy napkollektoros rendszerrel előállított hőenergia is. Ahhoz, hogy a jelenlegi abszorpciós hűtőgépek teljesítménytényezője nagyobb legyen 1-nél, legalább 100 °C hőmérséklettel rendelkező hőforrásra van szükség. Ilyen magas hőmérsékletű hőforrás azonban nagyon kevés esetben áll rendelkezésre.

2.2. Hűtési körfolyamat megvalósítása adszorpciós hűtőgéppel

Az adszorpciós hűtőgép felépítését a **2.2. ábra** mutatja be. A berendezés zárt rendszerű, alapja a munkaközegként szolgáló víz, mely alacsony nyomáson elpárolog hőt vonva el környezetétől, létrehozva a hűtést. Termodinamikai okokból kifolyólag a víz elpárologtatása után közvetlen kondenzálása nem lehetséges, így azt elnyeletni szükséges. Az adszorbensként szolgáló szilikát gél a körfolyamat állapotától függően a rendszerben keringő vizet megköti, vagy felszabadítja magából.

A párologtató részleg hűtött vizet állít elő a munkaközeg elpárologtatásával, így az gőz halmazállapotában áramlik fel a hűtővizet adszorberbe, ahol a szilikát magába szívja. Ez idő alatt a másik adszorberbe beágyazott közeget a fűtővíz hatására kiválik és regenerálódik az ág. A kondenzátorban a hűtőtornyos rendszer által előállított hűtővíz segítségével a kiszálló vízpára lecsapódik és egy expanziós szerelvényen keresztül áramlik vissza az elpárologtatóba. A szelep gondoskodik róla, hogy megfelelően alacsony nyomásszintet elérve újrakezdődhessen a folyamat.

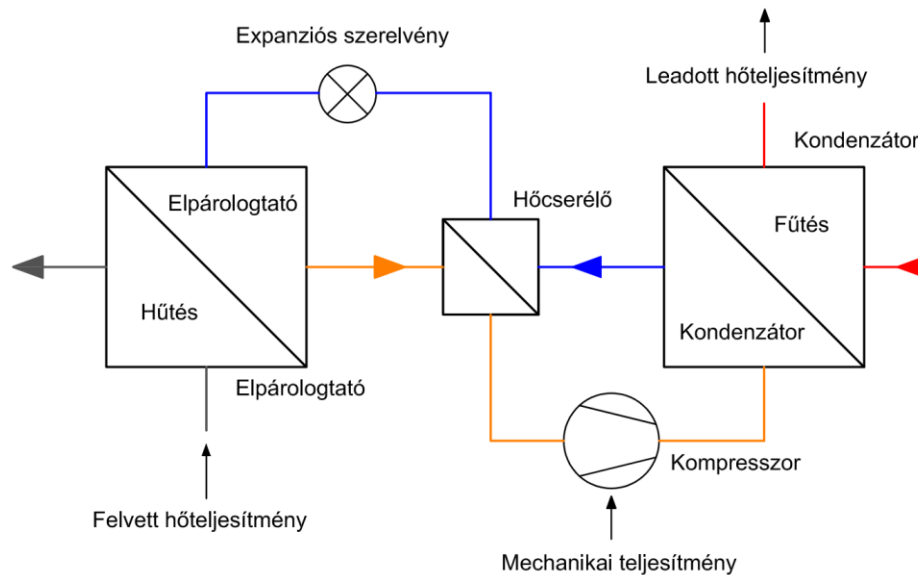
Az adszorpciós hűtőgép 3°C alatti hűtött víz előállítására is képes miközben a fűtővíz hőmérséklete 50°C és 90°C között lehet. Közege a víz, nincs szükség lítium-bór, freon vagy ammónia töltetre, így vegyi tesztek nem kell végezni, a szivárgásoktól és korróziótól nem kell tartani.



2.2. ábra Az adszorpciós hűtőgép működése

2.3. Hűtési körfolyamat megvalósítása kompresszoros hűtőgéppel

A mechanikai energiát, mint szivattyúzási hajtóenergiát felhasználó hűtőberendezések az alkalmazások döntő hányadát (csaknem 90 %-át) reprezentálják. A technológiának egyszerűsített sémáját a **2.3. ábra** mutatja be:



2.3. ábra A kompresszoros hűtőgép működése

A berendezésben mind a hőelvonás, mind a hőleadás a munkaközeg fázisváltásával történik. Az ehhez szükséges nyomáskülönbség kialakítása a kompresszor, illetve az expanziós szelep feladata. Az elpárolgató és a kondenzátor közötti hőmérsékletkülönbséget a mechanikai energia befektetése árán a gőzkompresszor biztosítja azzal, hogy a gőz nyomását az elpárolgási hőmérsékletnek megfelelő telítési nyomásról a kondenzációs hőmérsékletnek megfelelő telítési nyomásra emeli.

A körfolyamat során a kondenzátor gondoskodik az elpárolgatóban felvett hőteljesítmény, illetve a kompresszor által a hűtőközegnek átadott mechanikai teljesítmény elvonásáról. A berendezések energiahatékonyaságát így az elpárolgatóban felvett hőenergia és a körfolyamat fenntartásához bevezetett mechanikai energia aránya adja meg. Ebből fakad, hogy egy-egy kompresszoros hűtőgép annál hatékonyabb energetikailag, minél kisebb mechanikai teljesítménnyel valósul meg egységnyi hőelvonás az elpárolgatóban.

2.4. Hűtési technológiák összehasonlítása

Az előző fejezetekben bemutatott technológiák, a beruházó számára legfontosabb paramétereit a **2.1. táblázat** tartalmazza.

A táblázatból egyértelműen látható, hogy a kompresszoros technológia sokkal alacsonyabb fajlagos beruházási költséggel rendelkezik, mint a távhővel működtetett versenytársai, emellett a hűtési folyamat hatásfoka is lényegesen magasabb. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy a kompresszor kopása csökkentheti a folyadék-hűtő élettartamát és növelheti a rendszeres karbantartások esedékességét. A kompresszoros berendezések azonban lényegesen kevesebb helyet igényelnek, könnyebben követik a fogyasztói igények változását, továbbá kevesebb kiegészítő rendszerre van szükségük a működéshez.

	Villamos bázisú		Hőenergiával hajtott hűtőgép	
	Kompresszoros	Kompakt	Abszorpciós	Adszorpciós
Fajlagos beruházási költség (Ft/kW)	350 000	270 000	650 000	900 000
Energiaátalakítás tényező (SEER)	3,7-5,5		0,72-0,80	0,68-0,78
Leterhelhetőség	~15%-ig		~20%-ig	~40%-ig
Élettartam	10-15 év		>20 év	>20 év
Karbantartási igény	Kompresszor nagykarbantartása 10 év működés után. Munkaközeg és kenőolaj utántöltés és csere 2-3 éves periódusokban. Évenkénti tisztítás.		Vákuum rendszer évenkénti felülvizsgálata. A korrozív töltet miatt éves tisztítás.	A vákuum rendszer éves felülvizsgálata.
	A ráfordítás mértéke megközelítőleg a beruházási költség 2,5%-ka évente.			

2.1. táblázat Hűtési technológiák összehasonlítása üzemeltetői szempontból

Az abszorpciós és adszorpciós technológiának előnye, hogy képesek megújuló energiaforrásból származó, vagy hulladék hőből üzemelni. Ugyanakkor a hűtési folyamat hatékonysága jelentősen függ a fűtővíz hőmérsékletétől, ezért szükség lehet ráfűtésre a működésükhöz. Ha távhővel működnek, akkor vagy lokális, kiegészítő hőforrást, vagy emelt primer előremenő menetrendet. A berendezések nagy helyet foglalnak el, és a hőtehetetlenségből adódóan a terhelésváltoztatás sebessége alacsony. Az abszorpciós folyadékhűtők töltete erősen korrozív, így rendszeres ellenőrzést igényelnek a tömítések és fém elemek állapotára vonatkozóan. Kiemelten fontos a hűtővíz elpárolgását segítő vákuum rendszer felülvizsgálata. Az adszorpciós technológia kevesebb karbantartást igényel, a technológia üzem közbeni terhelésváltása még az abszorpciós kategóriánál is lassabb, a visszaterhelés mértéke pedig alacsony. Összességében megállapítható, hogy a távhővel hajtott folyadékhűtők csak akkor versenyképesek, ha rendelkezésre áll olcsó hőenergia, amely ellensúlyozza a magas beruházási költségeket.

3. MEGVALÓSULT, ÜZEMELŐ RENDSZEREK ÁTTEKINTŐ ISMERETÉSE

Becslések szerint a világ teljes villamosenergia-fogyasztásának közel 20%-át hűtésre fordítják, elsősorban a légkondicionálók és ventilátorok révén. Emellett a hűtőkészülékek szabályozatlan használata hűtési csúcsigényhez és áramkimaradások kockázatához vezethet. A távhűtés rendszerével nagyobb energiahatékonyság érhető el, köszönhetően a hulladékhő hasznosításával jelentkező fenntartható többletenergia felhasználásának.

Míg a távfűtési rendszereket világszerte széles körben, a távhűtést ritkábban alkalmazzák az igények kielégítésére. A távhűtés azonban effektívebb és költséghatékonyabb megoldást kínálhat a hűtési igények kielégítésére. Lehetővé teszi a természetes hűtési módszereket és az energia átalakító egységek működésének nagyobb rugalmasságát. Következésképpen a távhűtés elősegítheti a megújuló energiaforrások nagyobb százalékkal történő integrációját az energiarendszerbe, és potenciálisan összekapcsolódhat a távfűtési rendszerekkel.

A fejezetben két-két megvalósult hazai és külföldi rendszer elemzése, bemutatása következik.

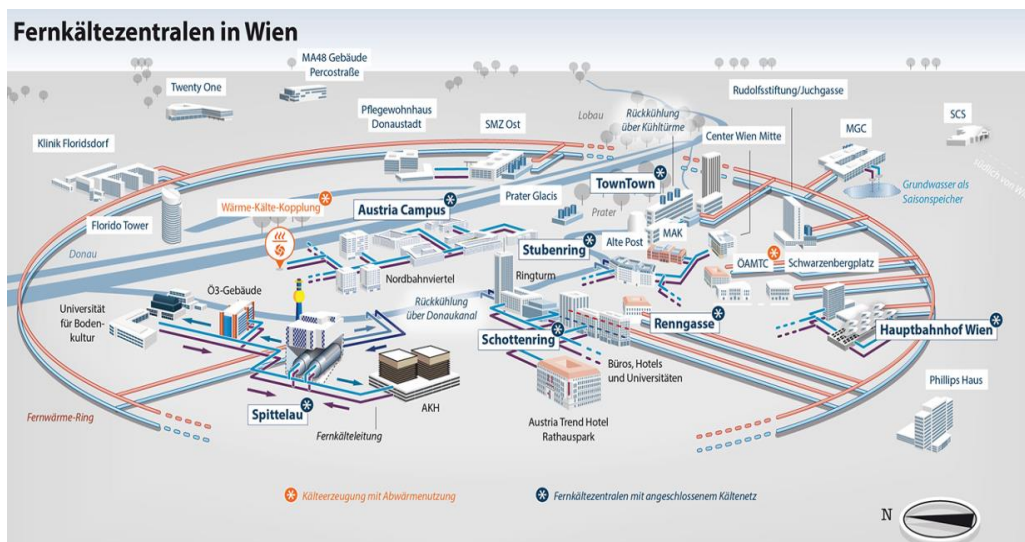
3.1. Hazai megvalósult rendszerek

Magyarországon először a hidegenergia piacra a FŐTÁV Zrt. (jelenleg BKM NZrt.) leányvállalata, a Csepeli Hőszolgáltató Kft. kívánt betörni, a **csepeli Rákóczi Liget lakóparkot** el látva. A 2005 őszén induló beruházás során lakópark tözsomszedságába letelepítésre került egy 1200 kW hűtési teljesítményű abszorpciós, és egy 300 kW hűtési teljesítményű kompakt folyadékhűtő. Előbbi hőforrása a csepeli távhőrendszer. A beruházás végül 2008-ban valósult meg, a tervezéskor várt szolgáltatási ár 4 171 Ft/GJ volt. A beruházás költségéről, valamint a szolgáltatás mai áráról a szolgáltató nem adott ki információt. A rendszert a lakópark bővüléséből kifolyólag 2018-ban korszerűsítették és egy 470 kW teljesítményű kompakt egységgel bővítették a hidegenergia termelést. Az abszorpciós gép műszaki-, és energetikai okokból kifolyólag régóta nem üzemel, az igényeket kizárólag a kompakt berendezések fedezik.

A **budapesti Városligeti Műjégpálya** hűtőgépházát alkalmassá tették arra, hogy a Városliget területén kiépített hidegenergia vezetékhálózatba betáplált alacsony hőmérsékletű hűtővízzel középületek távhűtése is biztosított legyen. Ezek között szerepel a Magyar Zene Háza, az Olof Palme Ház és a Néprajzi Múzeum távhűtése. A FŐTÁV projektjének részeként négy csavarkompresszort telepítettek, amelyek ~6 MW hűtési teljesítménnyel állítják elő a szükséges 5/10°C-os hőfoklépcsőt. Az egységek egyaránt alkalmasak a téli jégpálya hűtési, illetve a nyári komfort hűtési üzemben történő folyamatos működésre is. A projekt keretében elnyert támogatás összege 227.445.000 Ft volt, a kiadott hidegenergia ára 2021-ben 8.749 Ft/GJ-ra adódott. A beruházás teljes költségéről, valamint a szolgáltatás mai áráról a szolgáltató nem adott tájékoztatást. A tervezett hőfoklépcső 15°C-os visszatérő hőmérséklettel kalkulált, azonban a meg nem valósult beruházások miatt a jelenleg igényelt energia a méretezett negyede. Továbbá az ellátandó épületek talajszondás hűtéssel is fel vannak szerelve, így a mérsékelt igényeket nagyobb részben a helyi hűtőberendezéssel biztosítják. A körülményekből kifolyólag a folyadékhűtők jellemzően egymás tartalékaiként üzemelnek.

3.2. Külföldi megvalósult rendszerek

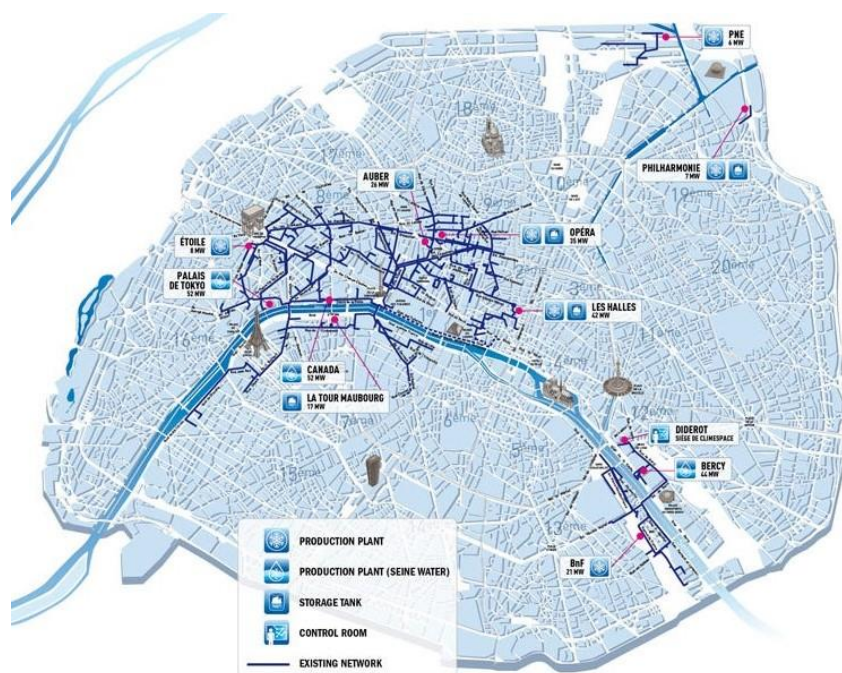
Bécsben a globális felmelegedés hatására a forró napok száma az elmúlt 30 évben megduplázódott, emiatt elkezdtek foglalkozni a hidegenergiával történő távhűtés szolgáltatásán. A város vezetősége 2009-ben üzembe helyezte az első távhűtő központot, mely a Spittelaueri Szeméttároló mellett kapott helyet, így a rendszer hő- és villamosenergia ellátása is lokálisan teljesül.



3.1. ábra Bécs távhűtési rendszere

A bécsi távhűtő központ hűtési teljesítménye kezdetben 17 MW volt, melyet 2020-ban kibővítettek a teljes hűtési kapacitás 200 MW-ra növelésével. A termelt hidegenergia 28 km vezetéken áramlik a városban, megközelítőleg 190 épületet látva el. A kezdeti telephely mellett 7 másikat is rendszerbe illesztettek, melyek egy gerinche csatlakoznak. Túlnyomórészt abszorpciós és kompresszoros hűtők állítják elő a 7°C-os előremenő hűtött vizet, mely 15°C-kal lép vissza a rendszerbe felvenni a hidegenergiát. A jövőben is további kapacitásnövelés következik; a Wien Energie GmbH tervei szerint 300 MW-os fejlesztést terveznek.

A **Párizsban** kiépített távhűtési rendszer Európa legnagyobb hálózata, Párizs központjában működik. Párizsban a távhűtést a Climespace üzemelteti koncesszió keretében 1991 óta. A távhűtési hálózat rendkívül innovatív, Európában az első hűtési hálózat volt, ma pedig beépített hűtőtelijsítmény tekintetében a legnagyobb. A hálózat számos iroda, üzlet és szálloda, valamint Párizs néhány leghíresebb épületének, például a Louvre-nak a légkondicionálóit és hűtőberendezéseit helyettesíti azzal, hogy hidegenergiát szolgáltat a városban. A párizsi távhűtési rendszer fejlesztése visszaszorította a légkondicionáló egységek terjedését a városban, ezáltal 25 éves távlatban az éves villamosenergia-fogyasztás 42 %-kal, az éves CO₂-kibocsátás 48%-kal csökkent a rendszer telepítése óta.



3.2. ábra Párizs távhűtési hálózata

A városban a hidegenergia szolgáltatása hat telephelyről történik, melyek összesen 215 MW hűtési teljesítménnyel rendelkeznek. A rendszerbe három tároló is beépítésre került, 140MWh hűtőkapacitással hozzájárulva az üzemek működésének rugalmas és optimalizált működéséhez. Az előállított hűtött víz 16 bar-on üzemel, előremenő ágában 4°C-os áramlik a hőhordozó víz a fogyasztókhoz, majd 14°C-os hőmérséklettel tér vissza. A hidegenergia szolgáltatása 71 km hosszú csővezetékrendszeren keresztül történik a városban.

A szolgáltató számos téli időszakban is hűtési szükséglettel rendelkező ügyfele van, mint például bankok nagy szerverszobái, valamint a múzeumok. A Climespace nem csatlakozik a párizsi lakossági felhasználókhoz, mivel a lakossági ügyfelek hűtési szezonja túl rövid, körülbelül három hónap, és a hűtési igény túl alacsony. A lakossági fogyasztók rendszerre csatlakoztatása érdekében olyan magas költségű fejlesztést kellene végezni, ami a rövid szezon és a kihasználtság bizonytalansága miatt soha nem térülne meg.

4. HŰTÉSI IGÉNYEK KIELÉGÍTÉSÉHEZ SZÜKSÉGES TERMELŐI BERENDEZÉSEK

A fogyasztói épületek hidegenergia ellátás többféle módon valósítható meg, melyek a következőkben kifejtésre kerülnek.

A **hőtermelő telephelyen** történő telepítés előnyei közé tartozik, hogy mind a szükséges hőfokszintű hőenergia, mind pedig a villamosenergia helyben rendelkezésre áll. Emellett a fogyasztói igények egyidejűsége miatt kisebb hűtési teljesítmény szükséges az ellátás biztosításához.

A kialakítás hátránya, hogy alacsony hőfoklépcsővel üzemel, így a rendszer nagy átmérőjű, és drága távhűtő vezetékek kiépítését igényli, így helyhiány esetén kiépítésük ellehetetlenül. Továbbá a vezeték kiválasztása a várható hidegenergia igény és a későbbi igénynövekedések bizonytalansága miatt alul vagy túlméretezéssel járhat.

Épületenkénti hűtőközpont létesítése esetén elegendő tartalékkal kell a berendezéseket figyelembe venni, hogy az igények biztonságos ellátása megvalósuljon.

Ezen megoldás esetén biztosítani kell a berendezések telepítéséhez megfelelő méretű területet, a hő- és villamosenergia-ellátást, emellett a hűtőtornyok elhelyezését az épület tetején, valamint a zaj- és rezgésvédelmet.

Az **épületcsoportonkénti hűtőközpont** telepítése esetén kisebb hűtési teljesítményű gépcsoport is el tudja látni a fogyasztói igényeket, mivel a különböző igények egyidejűleg hatnak, azonban a hidegenergia központból a fogadókig vezetékhálózat kiépítése szükséges. A fogyasztói épületek hűtőrendszereinek ellátása a központi hűtőközpontban termelt hidegenergiával lenne fedezve. Azonosan az épületenkénti koncepcióhoz, fontos a környezetvédelmi előírások betartása, kiváltképpen a zajterhelési határértékek figyelembevétele.

A a Hűtési technológiák általános ismertetése **2. fejezetben** vizsgált hűtőgépek alapján megállapítható, hogy a kompakt hűtőgép a kondenzációs folyamatát beépített hőcserélők segítségével a berendezésen belül végzi. A kompresszoros és az abszorpciós folyadékűtés megoldások azonban nem rendelkeznek hasonló rendszerrel, így működésükhöz szükséges külön hűtőtorny telepítése. Alapvetően háromféle hűtőtorny típust különböztetünk meg.

A száraz technológia, mely során felületű hűtőbordák kerülnek beépítésre, amiken ventilátor szívja keresztül a levegőt és biztosítja a hűtést. A nedves hűtőtorny esetében nyitott a rendszer, a kondenzátorból érkező vizet permetezve részlegesen elpárologtatja azt, így történik a hőelvonás. A technológia ebből kifolyólag magas pótvíz-igénnyel rendelkezik és megfelelő kapacitású vízkezelő rendszert igényel. Az adiabatikus hűtőtorny a korábbi típusok ötvözésével üzemel, alapvetően a száraz zárt hűtőtorny szerint, csúcsigények esetén pedig a hűtőbordákra perme-
tezt folyadék szabályozza a kondenzvíz hőmérsékletét.

4.1. A vizsgált teljesítményszintek

A műszaki és gazdasági számításokat tartalmazó fejezetekben szereplő hűtőgépek az alábbi teljesítmény lépcsőben kerültek meghatározásra. Ilyen módon bemutathatóvá válik a fajlagos költségek teljesítménytől való függése.

- A legkisebb, **50 kW**-os teljesítményű hűtőgép beépítése esetén a berendezés képes egy kisebb társasház hidegenergia ellátását biztosítani.
- A **100 kW**-os rendszer hűtőberendezése egy nagyobb társasház vagy kisebb irodaépület ellátását biztosítja, de még mindig csak 1 épület ellátása biztosítható.
- Az **500 kW**-os berendezés egy nagyobb irodaépület vagy több társasház hűtési energiáját képes fedezni. Ekkora teljesítmény már alkalmas lehet helyi távhűtő rendszer kialakítására. A műszaki koncepció 3 épület távvezetéken történő hidegenergia ellátását tartalmazza.
- A legnagyobb, **1000 kW**-os folyadékhűtő nagyobb komplexumok, több lakóépület, sorházak ellátására alkalmas, így komplex helyi távhűtő rendszerek is kialakíthatók a beruházással. A műszaki koncepció 5 épület távvezetéken történő ellátását tartalmazza.

4.2. Abszorpciós folyadékhűtő

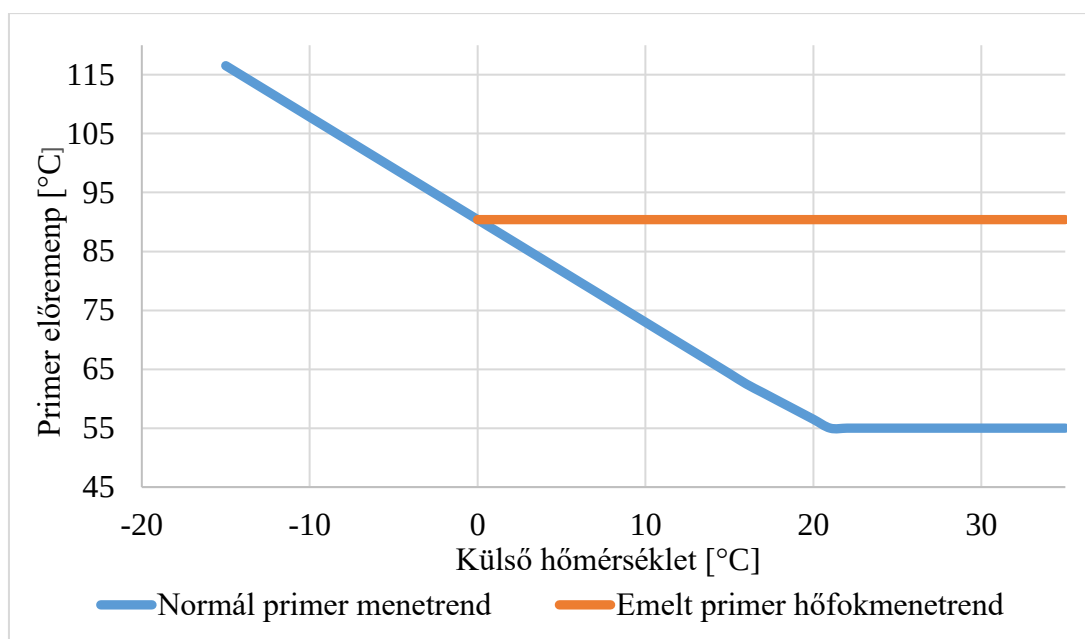
A berendezés a távhőrendszerben keringetett víz hőenergiájából állítja elő a hidegenergiát, kiegészítő villamosenergia felhasználásával. A távhőrendszeri előremenő hőfokmenetrend azonban a fűtési időszakon kívül általában 65°C körüli hőmérsékletű, az abszorpciós berendezés hatékony működéséhez azonban magasabb, 85-90°C körüli hőmérséklet szükséges. Ez a hőfokszint több módon állítható elő. Megoldást nyújthat a távfűtési menetrend hőmérsékletének 90°C-ra való emelése, vagy egy helyi hőszivattyú beépítése kiegészítő hőforrásként, mely az épület hőközpontjára csatlakozva vételezne hőt a távhőrendszerből. A kiegészítő gáztüzelés a felhasznált fosszilis energiahordozók arányának csökkentése miatt elvetendő.

Szükség van továbbá a folyadékhűtő kondenzátorának megfelelő hőmérsékletű hűtővíz-ellátására. A berendezés üzeméhez különálló elemként egy hűtőtorony szükséges. A hűtőtorony méreteinek csökkentése érdekében célszerű adiabatikus technológiát alkalmazni. A korrózió és kiválások megelőzésének céljából, az adiabatikus hűtőtoronyok megfelelő kapacitású vízkezelő rendszer telepítését is megkövetelik, hogy biztosítva legyen a pótvíz felhasználásuk. Bár magának a folyadékhűtőnek csekély a villamosenergia-igénye azonban a kiegészítő rendszerekkel együtt jelentős villamos kapacitás kiépítése válik szükségessé. A rendszer éves villamosenergia-igénye emiatt az azonos kapacitású kompresszoros berendezések szükségletének ~80%-ot is elérheti. Ebből adódik, hogy abszorpciós berendezések telepítése esetén is kalkulálni kell a megfelelő villamos energia betáplálás kialakításával.

A hűtő berendezés 5/12 °C hőfoklépcsővel szolgáltatja a hűtött vizet, azonban a visszaterhelhetőségi mértéke okán kiegészítő egységre van szükség. Figyelembe véve az éves hidegenergia szolgáltatási igény lefutását, a külső hőmérséklet fokozatos növekedése alapján a kora tavaszi és késő őszi időszakokban kis hidegenergia-igény jelentkezik. Az abszorpciós hűtő a névleges teljesítményének 20 %-a alatt nem képes a hatékony működésre, ezáltal a kis teljesítményigényekre egy megfelelően méretezett kompakt folyadékhűtő rendszerbe illesztése szükséges. A

kompakt folyadékhűtő méretezését az abszorpciós berendezés teljesítményének 30 %-ára kell végezni, így biztosítva a fokozatmentes átmeneti üzemet.

Az előzőekben bemutatásra került az abszorpciós berendezések fűtővízzel kapcsolatos hőmérséklet igénye. Amennyiben a hőigény biztosítása a távhőhálózattól történik, meg kell vizsgálni annak primer hőfokmenetrendjét. A külső hőmérséklethez igazodó hőfokmenetrend ugyanis csak az év egy bizonyos szakaszában, a téli, hidegebb napok alatt képes biztosítani a megfelelő 90°C-os fűtővizet.



4.1. ábra A távhőrendszer jelenlegi és emelt primer hőfokmenetrendje

A 4.1. ábra alapján kitűnik, hogy abszorpciós folyadékhűtő alkalmazása esetén a hűtési időszak legnagyobb részében emelt menetrendre, vagy lokális hőfokszint emelésre van szükség, hogy az abszorpciós hűtési körfolyamat hatásfoka megfelelő legyen.

A nyári emelt primer hőfokmenetrend növeli a távvezetési hőveszteséget, ami többletkiadásként jelenik meg a hidegenergia árában. Etekintetben az abszorpciós berendezések hátrányban vannak a kompresszoros technológiákkal szemben. Azonban a hőveszteség növekedése csökkenthető, ha a szolgáltató képes úgy kialakítani a vezetékhálózatot, hogy csak a hidegenergiát igénylő fogyasztókat szolgálja ki magasabb hőmérsékletű vízzel. A többi hőközpont a külső hőmérsékletnek megfelelő hőfokmenetrenddel üzemel.

Ha a fajlagos hőveszteséget vizsgáljuk, a magasban vezetett szakaszokon a hőleadás növekedése sokkal kisebb aránnyal jelentkezik, mint a védőcsatornába vagy közvetlenül a földbe fektetett szakaszokon. Ahogy a hidegenergiát igénylő fogyasztók száma, úgy az emelt menetrenddel üzemelő hálózatrészek területe is arányosan nőni fog, elegendő nagy fogyasztói bázis esetén az egész hálózat előremenő hőmérséklete is emelkedhet.

4.3. Kompakt folyadékhűtő

A kompakt folyadékhűtőben egy vagy több kompresszor üzemelhet, amelyek a hidegenergia igényeknek megfelelően kerülnek bekapcsolásra és felterhelésre. A hűtőgép kondenzátorából kilépő vizet, a körfolyamat fenntartásához vissza kell hűteni. Ehhez a feladathoz a kompresszorok mellett a készüléken belül egy víz-levegő hőcserélő is helyet kapott. Ennek segítségével a hűtővíz visszahűtése lokálisan a berendezésen belül megy végbe. A kompresszor teljesítményének függvényében a villamos hálózat fejlesztése is szükséges lehet, megközelítőleg a beépített hűtési teljesítmény harmadát lefedő villamos kapacitásig.

4.4. Kompresszoros folyadékhűtő

A kompresszoros hűtőgép működéséhez is csak villamosenergiára van szükség. A kondenzációhoz szükséges energiát az egység teljesítményéhez mérten egy vagy több kompresszor szolgáltatja.

Szükséges továbbá a folyadékhűtő kondenzátorának megfelelő hőmérsékletű hűtővíz ellátása. A kompresszoros folyadékhűtő nem rendelkezik beépített hőleadó rendszerrel. A környezetbe történő hőleadást különálló elemként egy, vagy több hűtőtorony végzi. Kompresszoros hűtőgép esetén a hűtést általában száraz hűtőtorony alkalmazásával valósítják meg, így nincs szükség vízellátásra és vízkezelésre, valamint pótvíz rendszer kiépítésére.

A kompresszor teljesítményének függvényében a villamos hálózat fejlesztése is szükséges lehet, megközelítőleg a beépített hűtési teljesítmény harmadát lefedő villamos kapacitásig.

4.5. Folyadékhűtők telepíthetősége

A megfelelő hűtési rendszerek kiválasztásánál feltétlen meg kell vizsgálni a főberendezések telepíthetőségét. Kis teljesítmény tartományban (50-100 kW), az alábbiak szerint kell eljárni:

Abszorpciós folyadékhűtőt mérete és jelentős tömege miatt célszerű az ellátandó épületek pincéjébe vagy földszintjére telepíteni. Maga az abszorpciós hűtő nem okoz jelentős zaj- és rezgésterhelést, viszont ennek megszüntetése a fogyasztók közvetlen közelsége miatt ugyanolyan fontos, mint a kompresszoros gépek esetén. A technológiához szükséges adiabatikus hűtőtoronyokat a vizes technológia miatt csak tetőn vagy szabadtéren lehet elhelyezni. Ezesetben is gondoskodni kell a rezgés- és zajcsillapításról, valamint a nyári időszakban keletkező nagy mennyiségű vízpára akadálymentes távozásáról.

A kompakt és kompresszoros folyadékhűtőket elsősorban tetőn, jól átszellőző tetőtérben, külvárosi területeken, esetleg az épületek mellett érdemes elhelyezni. A telepítés esetén biztosítani kell, hogy a folyadékhűtő kompresszora által keltett rezonancia ne terjedjen át az épület szerkezetére, mely a berendezés megfelelő alapozásával biztosítható. A rezgések mellett a zajvédelemről is gondoskodni kell zajvédő falak, illetve hangtompító elemek alkalmazásával.

A vizsgált, nagyobb teljesítményű rendszerek (500-1000 kW) esetén a folyadékhűtők és alrendszereik vagy a fogyasztói épületek egyikében, vagy egy önálló építményben kaphatnak helyet. Az adott épület akár új, akár meglévő, a korábban említett szempontoknak megfelelően kell a kialakításukat végrehajtani.

5. FEJLESZTÉS

A korábbi fejezetekben bemutatásra kerültek azon technológiák és teljesítményszintek, amelyekre a műszaki és gazdasági elemzések a **6 fejezetben** elvégzésre kerülnek. A távhűtési szolgáltatás megvalósulásához a folyadékhűtők kiválasztásán túl további fejlesztések is szükségesek.

5.1. Szolgáltatói oldalon szükséges fejlesztések

A szolgáltató részéről két fő beruházás szükséges a távhűtési szolgáltatás elindításához, először a hűtőközpont kialakítása, a szükséges közműkapcsolatokkal együtt. Valamint több épület ellátása esetén a hidegenergiaközpontból a fogadóig vezetékhálózat kiépítése.

A hűtőközpont kialakításánál fontos szempont annak elhelyezése. A berendezések méretei alapján megállapításra került, hogy alacsonyabb hűtési teljesítmény esetén egy kisebb helyiség, vagy a tetőtér egy része is elegendő a hűtőközpont kialakításához. Magasabb teljesítményszint mellett azonban már nagyobb területet kell kialakítani a hűtési rendszernek, a hűtőtornyok pedig a tetőfelületnek nagy részét lefedik. A hűtőközpont gépészeti és építészeti kialakítása, valamint a hűtőtornyok befogadásához szükséges tetőszerkezeti munkálatok minden esetben a szolgáltató felelőssége. A telepítésénél a berendezések magasságát is figyelembe kell venni, hiszen a nagyobb hűtési teljesítményű abszorpciós hűtők esetén a 3 méteres belmagasság is elégtelen. Amennyiben nem lehetséges a hűtőközpontot az ellátandó épületen belül elhelyezni, úgy azt egy új, vagy meglévő ingatlanon kell kialakítani.

A folyadékhűtőkön kívül a hűtőközpontokban elhelyezendőek a hűtési rendszer keringető szivattyúi, a nyomástartó rendszer, a töltési, ürítési és légtelenítő pontok, a megfelelő kapacitású elektromos csatlakozási pont, az szabályozási rendszer elemei, valamint (abszorpciós folyadékhűtő esetén) a távhőhálózati bekötővezeték és az adiabatikus hűtőtornyhoz tartozó vízkezelő rendszer.

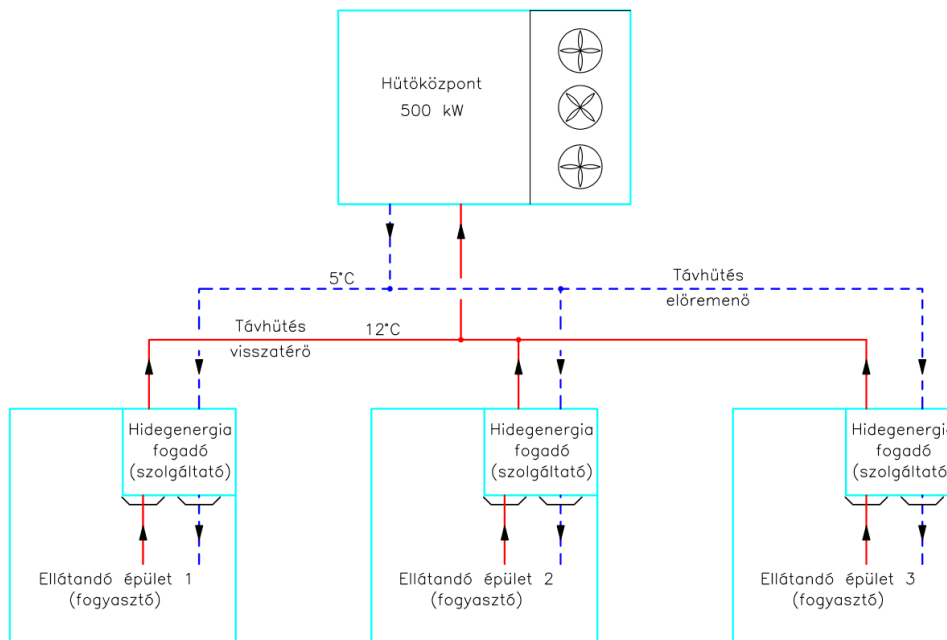
A fenti listából kitűnik, hogy a hűtőközpontokban villamos közmű csatlakozást kell kialakítani, abszorpciós berendezések esetén távhő, ivóvíz, valamint szennyvízcsatorna kiépítésére is szükség van.

A fogyasztók számára szolgáltatott energiamennyiség elszámolására különböző mérőberendezések telepítése szükséges a hűtőközpontban. Ezen az eszközök az különböző elszámolási mennyiségmérők, melyek a villamosenergia, igényelt pótvíz, a termelt hidegenergia, valamint (abszorpció gép esetén) a felhasznált hőenergia fogyasztását mérik.

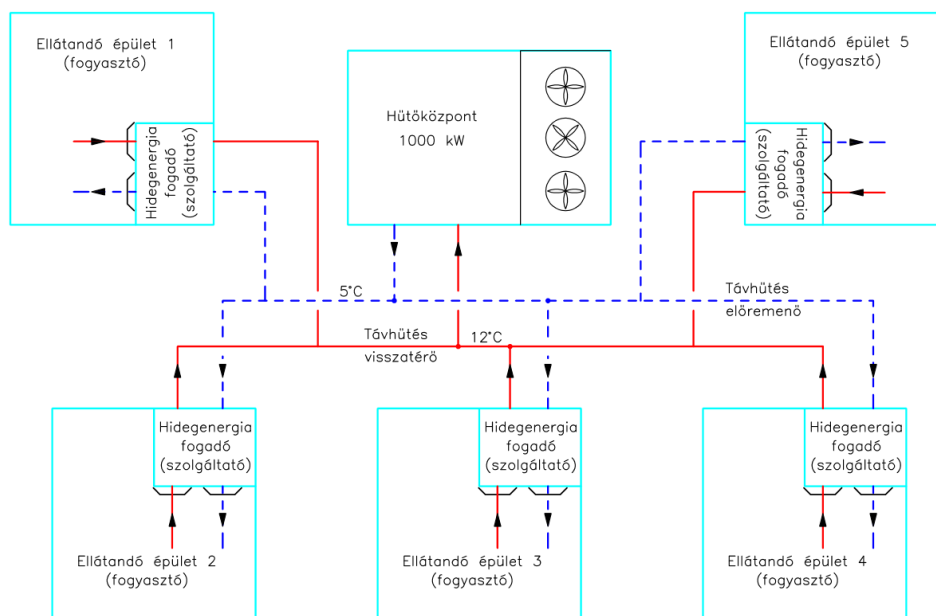
A hűtőtornyok kiépítése során a szükséges statikai munkálatokat elvégzésén túl, gondoskodni kell a megfelelő kapacitású villamos csatlakozás kiépítéséről, valamint a hűtendő víz előremenő és visszatérő vezetékeiről. Amennyiben adiabatikus hűtőtornyot kerül alkalmazásra, akkor a hűtővíz hozzávezetését is biztosítani kell, továbbá fontos a megfelelő légáram biztosítása, valamint a zaj- és rezgéscsillapítás kiépítése.

Épületcsoportot felölelő hálózat esetén a beruházás része a szükséges távvezeték hálózat lefektetése. A kétvezetékes rendszer a hűtőközpontot köti össze az ellátott épületek hidegenergia fogadóival. A hűtési rendszerek alacsony hőfoklépcsővel üzemelnek, így a szükséges teljesítmény továbbításához nagy vezetékátmérők szükségesek. Amennyiben a fogyasztóknál felület-hűtés is kialakításra kerül, úgy lehetséges a vezeték dimenziók csökkentése. A sűrűn beépített területeken előnyös lehet a műanyag csővezeték használata, mivel azok lefektetéséhez keskenyebb munkaárok szükséges, miközben a vezetékek hővesztése sem növekszik számottevően.

Az 500 kW-os teljesítményszint mellett 3 fogyasztó, 1000 kW hűtési teljesítmény esetén pedig 5 fogyasztó rendszerre csatlakozása szerepel. Ezen változatok egyszerűsített kapcsolási sémáit a 5.1. ábra és 5.2. ábra szemléltetik.



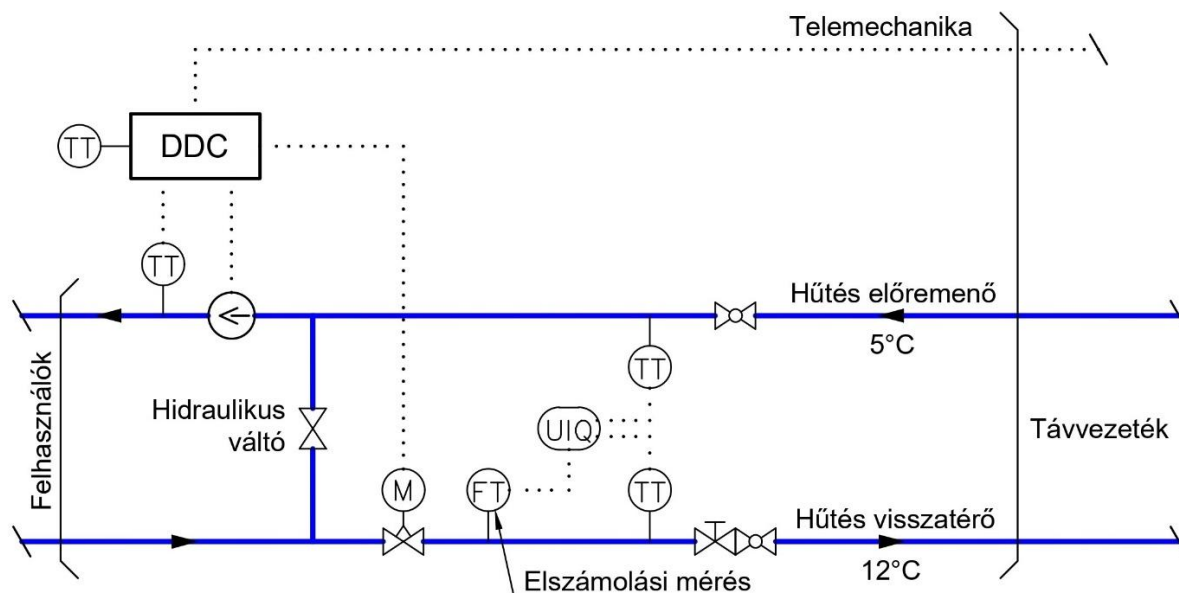
5.1. ábra A szolgáltató/fogyasztói határok 500 kW teljesítmény mellett



5.2. ábra A szolgáltató/fogyasztói határok 1000 kW teljesítmény mellett

A fogyasztói épületekben ki kell alakítani a hidegenergia fogadókat, amelyek tartalmazzák a szakaszoló; a légtelenítő, ürítő szerelvényeket; és a hidegenergia méréséhez szükséges berendezéseket, valamint a telemechanikai rendszert.

A fogyasztói helyiségek hűtését a hidegenergia fogadóktól a meglévő, vagy újonnan kiépített épületgépészeti rendszerek biztosítják. Ezen rendszerek már a szolgáltatói határon kívül esnek, így nem feladata kiépíteni. A 5.3. ábra egy hidegenergia fogadó elvi kapcsolási sémáját mutatja be, bemutatva a korábbi felsorolásban feltüntetett elemeket.



5.3. ábra Egy hidegenergia fogadó egyszerűsített kapcsolási sémája

5.2. Beruházási költségbecslés

A meghatározott teljesítményigények kielégítésére, az egyes technológiák esetén, az alábbi beruházási költségek merülnek fel:

Műszaki árajánlatok tartalma alapján az abszorpciós folyadékhűtőket csak az 500 és 1000 kW teljesítmények mellett kerülnek vizsgálat alá, mivel a kisebb, 50 és 100 kW hűtési teljesítményű berendezések nem jellemzőek a piacon. A beruházási költségbecslésnél a korábban ismertetett okokból kifolyólag 2 db abszorpciós folyadékhűtő, illetve 2 db adiabatikus hűtőtorny lett figyelembe véve. Az üzemeltetéshez szükséges eszközöknél a keringető és nyomástartó, valamint a pótvízrendszer szerepel a költségeknél, beépítésükkel együtt. Az egyes tételek árai a korábbi beruházásoknál tapasztaltak szerint a főberendezések költségének felét tették ki és az installációt is tartalmazzák. A villamos erőátvitel és irányítástechnika, valamint az építészeti költségei szintén korábbi beruházások alapján, a beépített villamos teljesítmény és a szükséges alapterület arányában lett figyelembe véve.

A kompakt és kompresszoros folyadékhűtők beruházási költségbecslése hasonló módon lett kalkulálva, mint az abszorpciós technológia esetében. Különbséget a hőtávvezeték, illetve a vízkezelő rendszer elhagyása jelenti, az eltérő technológiából fakadóan. A kompakt berendezéstípus továbbá már minden vizsgált teljesítményszintre elérhető. A kisebb tartományoknál jelentkező kialakítás miatt a távvezetékrendszer költségével nem szükséges kalkulálni.

A folyadékhűtők fűtésoldali megtáplálására távhőrendszeri vezetékpar kerül kialakításra. A hidegenergia ellátó hálózat esetén előreszigetelt, közvetlenül földbe fektethető acél haszoncsővű vezetékpar kivitelezési költsége került számításba, a távhűtőrendszer térfogatáramának

megfelelő dimenzióval. A költségtétel tartalmazza a hidegenergia fogadók beruházási költségeit is, amely 500 kW-os rendszer esetén 3, az 1000 kW-os rendszer esetén pedig 5 darabszámmal jelentkezik. Az építészeti költségek magukban foglalják a hűtőközpont kialakításához szükséges bontási és építési munkákat, valamint a hűtőtornyok telepítéséhez szükséges földem erősítést. A teljes beruházási költség végül magában foglalja a tervezési és projektmenedzsment költségeket 5-5%-os arányban, valamint egy 10%-os pénzügyi tartalékot.

A beruházások becsült költségeit teljesítmény lépcsőkre bontva az alábbi táblázatok mutatják.

50 kW-os hűtőberendezések beruházási költségei		
	Kompresszoros hűtőgép beruházási költsége [eFt]	Kompakt hűtőgép beruházási költsége [eFt]
Folyadékhűtő + hűtőtorny + szabályozó elektronika	8 400 600	6 045 000
Folyadékhűtő beépítés, gépészet, installáció	4 200 300	3 022 500
Villamos erőátvitel, irányítástechnika, telemechanika	16 728 160	2 329 448
Hidegenergia ellátó rendszer: vezetékhálózat, keringetés, hidegenergia fogadó	6 000 000	6 000 000
Helyigény biztosítás költsége		
Építészeti, statika	6 000 000	6 000 000
Tervezési díj	2 066 453	1 169 847
Projektmenedzsment	2 066 453	1 169 847
Tartalék	4 546 197	2 573 664
Összesen	50 008 162	28 310 307

5.1. táblázat Az 50 kW teljesítményű hűtőgépek beruházási költsége

100 kW-os hűtőberendezések beruházási költségei		
	Kompresszoros hűtőgép beruházási költsége [eFt]	Kompakt hűtőgép beruházási költsége [eFt]
Folyadékhűtő + hűtőtorny + szabályozó elektronika	13 653 900	8 404 500
Folyadékhűtő beépítés, gépészet, installáció	6 826 950	4 202 250
Villamos erőátvitel, irányítástechnika, telemechanika	23 811 658	20 510 332
Hidegenergia ellátó rendszer: vezetékhálózat, keringetés, hidegenergia fogadó	6 000 000	6 000 000
Helyigény biztosítás költsége		
Építészeti, statika	7 500 000	7 500 000
Tervezési díj	2 889 625	2 330 854
Projektmenedzsment	2 889 625	2 330 854
Tartalék	6 357 176	5 127 879
Összesen	69 928 934	56 406 670

5.2. táblázat Az 100 kW teljesítményű hűtőgépek beruházási költsége

500 kW-os hűtőberendezések beruházási költségei			
	Kompresszoros hűtőgép beruházási költsége [eFt]	Kompakt hűtőgép beruházási költsége [eFt]	Abszorpciós hűtőgép beruházási költsége [eFt]
Folyadékhűtő + hűtőtorony + szabályozó elektronika	51 464 400	38 610 000	170 410 500
Folyadékhűtő beépítés, gépészet, installáció	25 732 200	19 305 000	85 205 250
Villamos erőátvitel, irányítástechnika, telemechanika	51 070 316	46 620 607	31 672 465
Hőtávvezeték kiépítése	0	0	5 471 310
Hidegenergia ellátó rendszer: vezetékhálózat, keringetés, hidegenergia fogadók	94 509 960	94 509 960	94 509 960
Vizellátás	0	0	2 147 550
Helyigény biztosítás költsége			
Építészeti, statika	15 000 000	15 000 000	15 000 000
Tervezési díj	11 888 844	10 702 278	20 220 852
Projektmenedzsment	11 888 844	10 702 278	20 220 852
Tartalék	26 155 456	23 545 012	44 485 874
Összesen	287 710 020	258 995 136	489 344 613

5.3. táblázat Az 500 kW teljesítményű hűtőgépek beruházási költsége

1000 kW-os hűtőberendezések beruházási költségei			
	Kompresszoros hűtőgép beruházási költsége [eFt]	Kompakt hűtőgép beruházási költsége [eFt]	Abszorpciós hűtőgép beruházási költsége [eFt]
Folyadékhűtő + hűtőtorony + szabályozó elektronika	112 616 400	67 399 800	287 008 020
Folyadékhűtő beépítés, gépészet, installáció	56 308 200	33 699 900	143 504 010
Villamos erőátvitel, irányítástechnika, telemechanika	72 692 276	64 316 164	45 778 492
Hőtávvezeték kiépítése	0	0	7 894 780
Hidegenergia ellátó rendszer: vezetékhálózat, keringetés, hidegenergia fogadók	223 134 900	223 134 900	223 134 900
Vizellátás	0	0	3 761 800
Helyigény biztosítás költsége			
Építészeti, statika	15 000 000	15 000 000	15 000 000
Tervezési díj	23 987 589	20 177 538	36 304 100
Projektmenedzsment	23 987 589	20 177 538	36 304 100
Tartalék	52 772 695	44 390 584	79 869 020
Összesen	580 499 649	488 296 425	878 559 223

5.4. táblázat Az 1000 kW teljesítményű hűtőgépek beruházási költsége

5.3. Fogyasztói oldalon szükséges fejlesztések

Az épületeket alkalmassá téve a távhűtő rendszerhez való csatlakozására szükséges a hidegenergia fogadására és felhasználására épületgépészeti rendszerek telepítése. Ezek a rendszerek a hűtőközpont vagy hidegenergia fogadó csatlakozásaitól a felhasználási pontokig terjednek. Ennek keretében víz-levegő hőcserélőket, légszállító berendezéseket, légcsatornákat,

valamint a hűtendő helyiségek befűvási pontjait kell kialakítani. A szakdolgozat keretein belül feltételezve van, hogy a felsorolt beruházások eleve rendelkezésre állnak.

A fogyasztók hűtési igényei két módon fedezhetőek; egy alacsonyabb hőmérsékletű, vízdalról 5/12 °C hőfoklépcsővel dolgozó, fan-coil típusú berendezéssel, amely közvetlenül áramoltatja be a hideg levegőt, valamint egy magasabb, 12/18 °C-os hőfoklépcsővel rendelkező vízzel ellátott felülethűtéssel. Utóbbi technológiánál a levegő harmatpontját elkerülendő szükséges a hőfokszint megemelése.

A megvalósult rendszerek alapján épületenként általában csak egy hűtési rendszert szoktak alkalmazni, viszont amennyiben vegyes rendszer kerülne kiépítésre a felülethűtés jelentősen növelné a hőfoklépcsőt ezzel csökkentve a keringetett térfogatáramot. A fan-coil rendszerek visszatérő hőmérséklete 12 °C-os, még felhasználható a felülethűtés táplálására. Energiahatékonysági szempontból ajánlott lehet a két technológia vegyes alkalmazása új beruházások esetén.

5.4. Üzemviteli fejlesztések

A távhűtőrendszerek kiépülése a rendszerek mérete szerint lehet épületcsoportonként, vagy épületenként. Előbbi esetén egy adott helyszínen létrehozott hűtőközpontot foglal magába, ahonnan a fogyasztók hidegenergia távvezeték hálózaton keresztül kerülnek ellátásra. Az utóbbi a felhasználás helyén létesített hűtőközpontot képvisel.

A rendszer méretén túl a felhasznált technológiák alapján kell szeparálni a rendszereket, mivel attól függően eltérő módon hatnak ki a távhőszolgáltatók üzemvitelére. A **2. fejezetben** ismertetett technológiák két energiahordozóra, illetve azok vegyes használatán alapulnak:

- **Villamosenergiából:** Ebbe a csoportba a kompresszoros hűtőberendezések tartoznak, amelyek tisztán villamosenergia felhasználásával végzik a folyadékhűtést. Az ilyen berendezések létesítése, kiegészülve a száraz hűtőkkel, nem járnak jelentős üzemviteli kihívással, a korábbi pontokon túlmenően.
- **Hőenergiából:** Amennyiben a hidegenergiát abszorpciós berendezésekkel állítja elő a szolgáltató, úgy a kogenerációs energiatermelés trigenerációsra bővülne. Ebben az esetben az erőművek üzemvitelének szempontjából figyelembe kell venni a hidegenergia igényeket is. A távhőrendszer hőfogyasztásának, különösen a nyári hőfogyasztásának emelkedése csökkenti a fajlagos tüzelőanyag költségeket, ezáltal az erőmű kihasználtsága is emelkedhet. Emellett a hűtési és a villamosenergia-fogyasztási csúcsigények egyidejű megjelenése miatt az erőmű nagyobb kapacitást tud értékesíteni a villamosenergia piacon. Ugyanakkor a nyári hőszolgáltatás emelkedése korlátozza a szükséges leállások és karbantartások időtartamát. Ha az abszorpciós hűtőgépek közvetlenül a távhőrendszerből kapják az ellátást, akkor a nyári időszakban emelt primer hőfokmenet lesz szükséges, mely növeli a hálózati hőveszteséget, és csökkenti a használati melegvíz előállításához igényelt vízmennyiséget. Ennek következtében a keringetett térfogatáram a hűtési rendszerek kiépülése alatt csökkenni fog, ebből kifolyólag a hidegenergiát is igénylő ág menetrendjét kell megemelni, hogy a primer térfogatáram ne csökkenjen olyan mértékben, ami veszélyezteti a keringető rendszer folyamatos működését.

6. HŰTÉSI RENDSZEREK ENERGETIKAI ÉS GAZDASÁGI JELLEMZŐI- NEK MEGHATÁROZÁSA

A távhűtési szolgáltatás versenyképességét a megtermelt hidegenergia fajlagos ára szerint lehet értékelni, ezért a továbbiakban bemutatásra kerülnek a különböző teljesítményű hűtőberendezések energetikai adatait figyelembe véve az adott fogyasztói csoport ellátása esetén kapott eredő hidegenergia árak.

6.1. A hűtési rendszerek energetikai számításaihoz szükséges adatok

A fejezet részben a fogyasztói szokásokat figyelembe véve meghatározásra került adott hűtési teljesítmény mellett az egyes fogyasztói csoportok részére értékesíthető hidegenergia mennyisége, a felhasznált villamosenergia és az esetlegesen fellépő pótvíz és keletkező szennyvíz mennyisége.

Az adott időszakra jellemző terhelési szintek és működési óraszámok ismeretében kiszámítható az adott teljesítményű hűtőberendezés által termelhető hidegenergia mennyisége. Az egyes fogyasztói csoportokra jellemző hűtési csúcskihasználási óraszám a következő táblázatban látható.

Fogyasztó megnevezése	Csúcskihasználási óraszám
	[h]
Lakossági	778
irodaépület (KKI)	1040
Multifunkcionális (egyéb)	1762

A különböző változatok során az energetikai jellemzők, valamint a naturáliák (értékesíthető hőmennyiség, felhasznált villamosenergia mennyisége, pótvíz igény, elfolyó szennyvíz mennyisége stb.) az adott hűtési teljesítményszintek szerint, a csúcskihasználási óraszámok ismeretében, valamint az egyes hűtőberendezések műszaki adatainak figyelembevételével kerültek meghatározásra.

A következő fejezet részben az adott hűtési teljesítményű kompresszoros, kompakt és abszorpciós folyadékhűtő alkalmazása esetén alakuló nettó, eredő hidegenergia árak kerülnek bemutatásra a különböző fogyasztó csoportok ellátása esetén. Továbbá egyéni hűtési rendszerek hidegenergia ára is hasonló módon vizsgálatra kerül, így referenciaként szolgálnak a távhűtés során alkalmazandó hűtőberendezésekkel szemben.

Az eredő hidegenergia ár gazdasági számításainak elkészítése során figyelembe vett kiindulási adatok (banki hitel tényezői, hődíj, hőenergia alapidja, villamos tarifa, szennyvízdíj stb.) a MEKH, VKSZ adattárában lévő és a távhőszolgáltatók által kínált árak alapján lettek meghatározva. Az abszorpciós berendezés működéséhez szükséges hőenergia alapidja 0 értékkel lett kalkulálva, mivel a termelői oldalon lekötött hőmennyiség nem változik, így a szolgáltató nem vesz figyelembe hőtermelői alapidját.

6.1.1. ABSZORPCIÓS FOLYADÉKHŰTŐ ALKALMAZÁSA

A továbbiakban bemutatott gazdasági számítások során a távhőrendszer primer menetrendjének emelésével ellátott folyadékhűtő koncepciója került alkalmazásra. Ennek oka, hogy a kiégészítő hőforrásként vizsgált hőszivattyús egységben ilyen hőmérsékletek mellett a kompresszor jóval magasabb teljesítmény igénytel jelentkezik. A villamosenergia fogyasztása

önmagában meghaladná az abszorpciós folyadékűtővel azonos hűtési teljesítménnyel rendelkező kompresszoros, illetve kompakt hűtőberendezések fogyasztását. Összegezve a berendezés hatékonysága ilyen körülmények között jelentősen lecsökken, gazdaságtalan mutatókkal rendelkezik, így ez a koncepció elvetésre került.

Az abszorpciós folyadékűtők beruházási költsége tartalmazza maga a hűtőberendezés költségét, az adiabatikus hűtőtornyok költségét, a kiegészítő kompakt folyadékűtő költségét, a létesítendő távhővezeték és egyéb közműcsatlakozások (víz, szennyvíz, villamos) költségét, a hidegenergia központ és hőfogadók költségét, valamint az egyes berendezések telepítésének költségét is. A berendezés költsége a különböző kiegészítő berendezéseknek és csatlakozások következtében megközelítőleg duplája egy hasonló teljesítményű kompakt vagy kompresszoros hűtőberendezésnek.

Az üzemeltetési költségeket a felhasznált hőenergia, a hűtőberendezés és részegységei által felhasznált villamosenergia éves költségei képezik, valamint kiegészülnek az adiabatikus hűtőtornyok által vételezett pótvíz és a keletkező szennyvíz közműhálózatra történő elvezetésének költségével. A karbantartási költségek számítása a beruházási költség 2,5%-ával történt.

A **6.1. táblázat** összefoglalásra került hűtési teljesítményenként felosztva az abszorpciós folyadékűtő alkalmazása esetén alakuló eredő hidegenergia árak az egyes fogyasztói csoport számára.

Látható, hogy 50 és 100 kW hűtési teljesítmény esetén az abszorpciós folyadékűtőnél nem történt számítás, mivel ekkora teljesítmény szinten alig forgalmaznak abszorpciós folyadékűtőt, a gyártók és forgalmazók ilyen alacsony hűtési teljesítmény esetén nem javasolják abszorpciós hűtőgépek alkalmazását.

A táblázat alapján megállapítható, hogy az abszorpciós folyadékűtő esetén a fajlagos állandó költségek kb. **170-200 ezer Ft/kW** értékre, amíg a fogyasztással arányos fajlagos változó költségek **~10-11 ezer Ft/GJ** értékre adódott.

Fogyasztói csoport megnevezése	Hűtési teljesítmény	Beruházási költség	Üzemeltetési költség	Termelhető hidegenergia mennyisége	ÉCS. Időtartam	Eredő hidegenergia ár	Ebből alapidíj	Ebből változó költség
	[kW]	[eFt]	[eFt/év]	[GJ/év]	[év]	[Ft/GJ]	[Ft/kW]	[Ft/GJ]
Lakossági fogyasztó	50	-	-	-	-	-	-	-
Lakossági fogyasztó	100	-	-	-	-	-	-	-
Lakossági fogyasztó	500	489 345	29 138	1 401	10	80 511	194 879	10 947
Lakossági fogyasztó	1 000	878 559	54 744	2 801	10	73 142	174 822	10 737
Iroda épület (KKI fogyasztó)	50	-	-	-	-	-	-	-
Iroda épület (KKI fogyasztó)	100	-	-	-	-	-	-	-
Iroda épület (KKI fogyasztó)	500	489 345	34 293	1 872	10	63 007	194 879	10 947
Iroda épület (KKI fogyasztó)	1 000	878 559	64 858	3 743	10	57 439	174 822	10 737
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó)	50	-	-	-	-	-	-	-
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó)	100	-	-	-	-	-	-	-
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó)	500	489 345	48 524	3 172	10	41 668	194 879	10 947
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó)	1 000	878 559	92 774	6 343	10	38 297	174 822	10 737

6.1. táblázat A hidegenergia ár alakulása abszorpciós folyadékűtő esetén

8.2 KOMPAKT FOLYADÉKHŰTŐ ALKALMAZÁSA

A kompakt folyadékhűtő nagy előnye, hogy nincs szükség kiegészítő berendezésre, illetve távhőhálózati kapcsolatra, a működését biztosító összes berendezés egy alapkereten kerül kialakításra.

Az kompakt folyadékhűtők beruházási költsége tartalmazza maga a hűtőberendezés költségét, nagyobb hűtőteljesítmény esetén hűtési energia elosztásához létesítendő hőtvázeleték és a villamos hálózathoz való csatlakozás költségét, a hidegenergia központ és hőfogadók költségét, valamint az egyes berendezések installációjának költségét is.

Az üzemeltetési költségeket elsődlegesen a felhasználó villamosenergia mennyisége képezi, valamint kiegészül a hűtőberendezés karbantartásának költségével. A hűtőberendezés karbantartási költségének számítása a beruházási költség 2,5%-ával történt.

A **6.2. táblázat** bemutatja, hogy a hidegenergia ár miképpen alakul egy adott hűtési teljesítményű kompakt folyadékhűtő esetén.

A táblázat alapján megállapítható, hogy a kompakt folyadékhűtő mellett a fajlagos állandó költségek kb. **100-120 ezer Ft/kW** értékre, amíg a fogyasztással arányos fajlagos változó költségek **~4-4,5 ezer Ft/GJ** értékre adódott.

Fogyasztó megnevezése	Hűtési teljesítmény	Beruházási költség	Üzemeltetési költség	Termelhető hidegenergia mennyisége	ÉCS. Időtartam	Eredő hidegenergia ár	Ebből alapidj	Ebből változó költség
	[kW]	[eFt]	[eFt/év]	[GJ/év]	[év]	[Ft/GJ]	[Ft/kW]	[Ft/GJ]
Lakossági fogyasztó	50	28 310	1 748	140	10	47 023	120 551	3 991
Lakossági fogyasztó	100	56 407	3 343	280	10	46 347	117 778	4 305
Lakossági fogyasztó	500	258 995	14 944	1 401	10	42 271	107 019	4 069
Lakossági fogyasztó	1 000	488 296	28 875	2 801	10	40 098	100 931	4 069
Iroda épület (KKI fogyasztó)	50	28 310	1 936	187	10	36 195	120 551	3 991
Iroda épület (KKI fogyasztó)	100	56 407	3 749	374	10	35 769	117 778	4 305
Iroda épület (KKI fogyasztó)	500	258 995	16 861	1 872	10	32 659	107 019	4 069
Iroda épület (KKI fogyasztó)	1 000	488 296	32 708	3 743	10	31 032	100 931	4 069
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó)	50	28 310	2 455	317	10	22 995	120 551	3 991
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó)	100	56 407	4 868	634	10	22 872	117 778	4 305
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó)	500	258 995	22 151	3 172	10	20 940	107 019	4 069
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó)	1 000	488 296	43 289	6 343	10	19 981	100 931	4 069

6.2. táblázat A hidegenergia ár alakulása kompakt folyadékhűtő esetén

6.2. Kompresszoros folyadékhűtő alkalmazása

A kompresszoros folyadékhűtő működése nagyban megegyezik a kompakt folyadékhűtővel, a kettő berendezés közötti különbség, hogy a kompresszoros folyadékhűtő nem rendelkezik beépített hőleadó rendszerrel, ezért külön hűtőtorony telepítése szükséges.

A kompakt folyadékhűtőknek beruházási költsége tartalmazza maga a hűtőberendezés költségét, nagyobb hűtőteljesítmény esetén hűtési energia elosztásához létesítendő hőtávvezeték és a villamos hálózathoz való csatlakozás költségét, a hidegenergia központ és hőfogadók költségét, valamint az egyes berendezések installációjának költségét is.

Az üzemeltetési költségeket elsődlegesen a felhasznált villamosenergia mennyisége képezi, valamint kiegészül a hűtőberendezés karbantartásának költségével. A hűtőberendezés karbantartási költségének számítása a beruházási költség 2,5%-ával történt.

A Hiba! A hivatkozási forrás nem található. bemutatja, hogy a hidegenergia ár miképpen alakul egy adott hűtési teljesítményű kompakt folyadékhűtő esetén.

A táblázat alapján megállapítható, hogy a kompresszoros folyadékhűtő mellett a fajlagos állandó költségek kb. **120-210 ezer Ft/kW** értékre, amíg a fogyasztással arányos fajlagos változó költségek **~4-5 ezer Ft/GJ** értékre adódott.

Fogyasztó megnevezése	Hűtési teljesítmény [kW]	Beruházási költség [eFt]	Üzemeltetési költség [eFt/év]	Termelhető hidegenergia mennyisége [GJ/év]	ÉCS. Időtartam [év]	Eredő hidegenergia ár [Ft/GJ]	Ebből alapidij [Ft/kW]	Ebből változó költség [Ft/GJ]
Lakossági fogyasztó	50	50 008	2 392	140	10	78 099	207 109	4 168
Lakossági fogyasztó	100	69 929	3 763	280	10	56 095	146 023	3 970
Lakossági fogyasztó	500	287 710	17 538	1 401	10	47 627	119 549	4 952
Lakossági fogyasztó	1 000	580 500	33 104	2 801	10	47 233	120 396	4 256
Iroda épület (KKI fogyasztó)	50	50 008	2 589	187	10	59 496	207 109	4 168
Iroda épület (KKI fogyasztó)	100	69 929	4 137	374	10	42 980	146 023	3 970
Iroda épület (KKI fogyasztó)	500	287 710	19 870	1 872	10	36 889	119 549	4 952
Iroda épület (KKI fogyasztó)	1 000	580 500	37 113	3 743	10	36 419	120 396	4 256
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó)	50	50 008	3 131	317	10	36 818	207 109	4 168
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó)	100	69 929	5 169	634	10	26 990	146 023	3 970
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó)	500	287 710	26 308	3 172	10	23 799	119 549	4 952
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó)	1 000	580 500	48 179	6 343	10	23 236	120 396	4 256

6.3. táblázat A hidegenergia ár alakulása abszorpcióos folyadékhűtő esetén

6.3. Egyedi lakásonkénti fogyasztói hűtőberendezések összevető értékelése

A lakóépületek, lakossági fogyasztók hűtési igényeinek ellátására kézenfekvő megoldás nyújt a légkondicionáló berendezések közül a split klímák, valamint hőszivattyúk telepítése, melyek a fűtési igények biztosítására is alkalmazhatóak. A következőkben ezen lakásonkénti hűtőberendezések kerülnek vizsgálat alá a távhűtés versenyképességének felmérése érdekében.

Fontos megjegyezni, hogy split klímák esetén más szabvány szerint történik az energiaátalakítási tényező meghatározása, mint a folyadékűtőknél. A hűtők energia átalakítási tényezője 35°C-os környezeti hőmérsékleten, 12/7°C-os hőfoklépcsővel előállított hűtővíz mellett, amíg a split klímák esetén 27°C-os szobahőmérséklet mellett és 35°C-os külső hőmérséklettel végzik a mérést. Az összehasonlíthatóság, egyenértékűség érdekében a klíma berendezéseknél 24 °C-os beltéri hőfokhoz tartozó EER értékek (3,8–4,2) lettek figyelembevéve.

6.3.1. SPLIT KLÍMA ALKALMAZÁSÁNAK VIZSGÁLATA

A split klímák az elmúlt két évtizedben terjedtek el elsősorban a régebbi építésű társasházakban, mivel utólag könnyen beépíthetők. Ezen épületek típusokban a hűtési teljesítményükhöz mérten olcsón telepíthető berendezések feltételezhetően továbbra is népszerűek fognak maradni. Ennek oka, hogy az említett épületek nem alkalmasak központi hűtőrendszer kiépítésére, nem képesek a távhűtési szolgáltatásra való csatlakozásra.

Annak ellenére, hogy a split klímák elterjedtek, a távhőszolgáltatás számára a potenciálisan új fogyasztókat az újépítésű társasházak jelenthetik, amelyek már központi hűtési és fűtési rendszerrel épülnek fel, és így mindkét szolgáltatást egy komplex csomagként igényelhetik a helyi távhőszolgáltatóktól.

Az egyes hűtőberendezésekre végzett egyszerűsített, statikus gazdasági számítások során kapott hidegenergia áraknak megítéléséhez referenciaszámítás készült egy lakás ellátására képes, 5 kW hűtési teljesítményű split berendezés fajlagos hidegenergia árára vonatkozóan. A számítás alapjául egy közepkategóriás berendezés műszaki paraméterei lettek figyelembe véve. A következő táblázatban a kiválasztott 5 kW hűtési teljesítményű split klíma telepítésének beruházási költségbecslése szerepel.

Megnevezés	Költség-elem [Ft]
Split berendezés	400 000
Split klíma beépítés, gépészet, installáció	100 000
Villamoshálózat bővítése	100 000
Összesen	600 000

6.4. táblázat Az 5 kW-os split klíma telepítésének beruházási költségbecslése

A táblázatban feltüntetett költségelemek közül a legnagyobb tétel maga a légkondicionáló készülék beruházási költsége. A split klíma telepítésének becsült költsége megközelítőleg a berendezés költségének fele, mely magába foglalja a gépészeti kialakítást és villamoshálózat szükséges bővítését is. Megállapítható, hogy a split klímák hűtési teljesítményre vonatkoztatott fajlagos beruházási költsége töredéke a **5.2 fejezetben** bemutatott folyadékűtők fajlagos

beruházási költségének. Ez igazolja a lakossági fogyasztók körében a split klímák széleskörű terjedését.

A split klímák akár a fűtési igények biztosítására is alkalmazhatók. Ennek megfelelően a gazdasági számítások során a berendezés telepítési költsége a fűtési és hűtési csúskihasználási órászáma 60-40%-os arányban került felosztásra.

Az üzemeltetési költségek számításában szereplő energiaköltségek elsősorban a felhasznált villamosenergia éves költségéből tevődnek össze. A lakossági fogyasztók számára évi 2 523 kWh fogyasztásig rendelkezésre áll egy csökkentett tarifa, azonban a split berendezések villamosenergia igényével az adott fogyasztó felhasználása meghaladná az ártámogatott mennyiséget, ezért a számítás során a magasabb árú „A1” -es tarifa lett figyelembe véve. Az energiaköltségek kiegészülnek még a hűtőberendezés karbantartási költségeivel, amelyet a beruházási költség 4,5%-ával került meghatározásra. Mivel a split berendezések lakossági fogyasztókat látnak el, így az eszközarányos nyereség a számításban nem szerepel.

A hűtőberendezések lakossági fogyasztó mellett alakuló hidegenergia árával való összevetés érdekében az értékcsökkenés időtartamát 10 évben számolva, a **6.5. táblázat** és **6.6. táblázat** látható hő- és hidegenergia árak alakultak a split típusú légkondicionáló berendezések alkalmazása esetén.

Beruházási költség	Üzemeltetési költség	Termelt hőmennyiség	ÉCS. időtartam	Eredő hőenergia ár	Ebből alapidj	Ebből változó költség
[eFt]	[eFt/év]	[GJ/év]	[év]	[Ft/GJ]	[Ft/kW]	[Ft/GJ]
360	282	42	10	7 497	9 849	6 266

6.5. táblázat A hőárak alakulása 5 kW-os fűtés esetén

Beruházási költség	Üzemeltetési költség	Termelt hidegenergia mennyiség	ÉCS. időtartam	Eredő hidegenergia ár	Ebből alapidj	Ebből változó költség
[eFt]	[eFt/év]	[GJ/év]	[év]	[Ft/GJ]	[Ft/kW]	[Ft/GJ]
240	76	15	10	6 859	6 692	4 470

6.6. táblázat A hidegenergia árak alakulása 5 kW-os hűtés esetén

A táblázat alapján látható, hogy a split klíma fajlagos hőenergia ára 7 497 Ft/GJ, hidegenergia ára pedig 6 859 Ft/GJ értékre adódott.

6.3.2. HŐSZIVATTYÚ ALKALMAZÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Új építési beruházások esetén a távfűtési és távhűtési szolgáltatás legnagyobb vetélytársát a hűtő-fűtő hőszivattyús rendszerek jelentik. Alternatív megoldásként így a split berendezések mellett hőszivattyús rendszereket alkalmazó koncepció kerül vizsgálat alá.

A hőszivattyúk működhetnek geotermikus energia felhasználásával, talajszondás és kollektoros technológiával. Azonban mindkét technológia hátránya, hogy magas helyigényük miatt történelmi belvárosokban elhelyezkedő épületek, toronyházak ellátásához a telepítésük ellehetetlenül.

A talajhőn túl a hőszivattyús rendszerek másik forrása lehet még a környezeti levegő. Ez különösen a fűtési csúcsigények közelében problémát jelenthet, mivel 0°C fok alatti hőmérséklet esetén a hőszivattyú COP értéke nagyon kis értékre csökken, bizonyos hőmérséklet alatt pedig tisztán villamos fűtéssel történik a hőtermelés.

A hőszivattyú előnye, hogy nincs szükség kiegészítő berendezésre, illetve távhőhálózati kapcsolatra, a működését biztosító összes berendezés egy alapon kerül kialakításra. A rendszer gazdasági számításai a körülményeknek megfelelő levegő-víz bázisú egységtípusra kerültek meghatározásra. A hőszivattyú becsült beruházási költsége tartalmazza maga a hűtőberendezés költségét, nagyobb hűtőteljesítmény esetén hűtési energia elosztásához létesítendő hidegenergia távvezeték és a villamos hálózathoz való csatlakozás költségét, a hidegenergia központ és hőfogadók költségét, valamint az egyes berendezések installációjának költségét is. Az ezek alapján meghatározott beruházási költségeket a **6.7. táblázat** mutatja.

	500 kW hőszivattyú beruházási költsége [eFt]	1000 kW hőszivattyú beruházási költsége [eFt]
Hőszivattyú + szabályozó elektronika	117 448 500	268 370 700
Hőszivattyú beépítés, gépészet, installáció	58 724 250	134 185 350
Villamos erőátvitel, irányítástechnika, telemechanika	75 299 073	99 370 814
Hidegenergia ellátó rendszer: vezetékhálózat, keringetés, hidegenergia fogadók	161 695 680	369 673 700
Építészet, statika	15 000 000	15 000 000
Tervezési díj	21 408 375	44 330 028
Projektmenedzsment	21 408 375	44 330 028
Tartalék	47 098 425	97 526 062
Összesen	518 082 678	1 072 786 683

6.7. táblázat A levegő-víz közeges hőszivattyús rendszerek beruházási költségei

Az üzemeltetési költségek számításánál elsődlegesen a felhasznált villamosenergia éves költségét szükséges figyelembe venni, amit az energiaköltségek alkotnak. Adódik meg a berendezés karbantartásának költsége, melynek számítása a beruházási költség 2,5%-ával adódott.

A hőszivattyúk gazdasági vizsgálata 500 kW és 1 000 kW hűtési teljesítményre történt, ahonnan, a folyadékűtőkhöz analóg módon, több épületcsoport hidegenergia ellátása valósulna meg.

Fontos megjegyezni, hogy a hőszivattyúk mind fűtésre, mind hűtésre alkalmasak. Ennek megfelelően a split klímák vizsgálatával azonos módon a becsült beruházási költséget 60-40% arányban kerül felosztásra a fűtési és hűtési üzemmódok között.

A hőszivattyúk több kompresszorral is üzemelhetnek, ami lehetővé teszi a fogyasztói igények széleskörű kielégítését, így kiegészítő berendezésre nincs szükség.

Különböző igények esetén a hőszivattyúk csúcskihasználási óraszámai az egyes fogyasztó csoportokra az alábbi táblázatban láthatók.

Fogyasztó megnevezése	Fűtési igények esetén	Hűtési igények esetén
	[h]	[h]
Lakossági	2267	778
irodaépület (KKI)	1432	1040
Multifunkcionális (egyéb)	2988	1762

6.8. táblázat Hőszivattyú esetén a csúcskihasználási óraszámok alakulása

A **6.9. táblázat** és **6.10. táblázat** bemutatja, hogy a hő- és hidegenergia ára az egyes fogyasztói csoportok ellátása esetén miképpen alakul az adott teljesítményű hőszivattyú alkalmazása mellett. A számítás során alkalmazott peremfeltételek azonosak a folyadékhűtőknél meghatározott adatokkal.

A táblázat alapján megállapítható, hogy hőszivattyú üzemelése mellett a hidegenergia fajlagos állandó költsége kb. **94-97 ezer Ft/kW** értékre, amíg a fogyasztással arányos fajlagos változó költsége **~ 4-5 ezer Ft/GJ** értékre adódott.

Fogyasztó megnevezése	Hűtési teljesítmény	Beruházási költség	Üzemeltetési költség	Termelhető hidegenergia mennyisége	ÉCS. Időtartam	Eredő hidegenergia ár	Ebből alapdíj	Ebből változó költség
	[kW]	[eFt]	[eFt/év]	[GJ/év]	[év]	[Ft/GJ]	[Ft/kW]	[Ft/GJ]
Lakossági fogyasztó	500	207 233	19 715	1 401	10	39 361	96 840	4 793
Lakossági fogyasztó	1 000	429 115	32 475	2 801	10	37 772	94 754	3 948
Iroda épület (KKI fogyasztó)	500	207 233	21 973	1 872	10	30 663	96 840	4 793
Iroda épület (KKI fogyasztó)	1 000	429 115	36 194	3 743	10	29 261	94 754	3 948
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó)	500	207 233	28 204	3 172	10	20 060	96 840	4 793
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó)	1 000	429 115	46 460	6 343	10	18 886	94 754	3 948

6.9. táblázat A hidegenergia ár alakulása hőszivattyú esetén

Fogyasztó megnevezése	Hő- teljesítmény	Beruházási költség	Üzemeltetési költség	Termelhető hőenergia mennyisége	ÉCS. Időtartam	Eredő hőenergia ár	Ebből alapdíj	Ebből változó költség
	[kW]	[eFt]	[eFt/év]	[GJ/év]	[év]	[Ft/GJ]	[Ft/kW]	[Ft/GJ]
Lakossági fogyasztó	1 000	310 850	88 411	8 163	10	17 340	72 349	8 476
Lakossági fogyasztó	2 000	643 672	158 055	16 325	10	16 420	71 330	7 682
Iroda épület (KKI fogyasztó)	1 000	310 850	62 903	5 153	10	22 515	72 349	8 476
Iroda épület (KKI fogyasztó)	2 000	643 672	111 823	10 307	10	21 523	71 330	7 682
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó)	1 000	310 850	110 400	10 757	10	15 202	72 349	8 476
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó)	2 000	643 672	197 910	21 514	10	14 313	71 330	7 682

6.10. táblázat A hőenergia ár alakulása hőszivattyú esetén

7. ÖSSZEFOGLALÁS/EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

9.1 EREDMÉNYEK

Az alábbi táblázatokban összefoglaltam a különböző hűtési teljesítmény esetén alakuló fajlagos hidegenergia árakat adott folyadékűtő alkalmazása mellett.

A lakossági fogyasztók igényeinek ellátására kielégítő megoldást nyújt a split klímák alkalmazása, mely a hűtésen túl a fűtési igényeket is biztosítani tudja. Referenciaként megemlítendő a **7.1. táblázat** A hidegenergia ár alakulása lakossági fogyasztó esetén kalkulált értékekhez, hogy a **6.3 fejezetben** kalkulált hidegenergia ára egy 5kW hűtési teljesítményű klímaberendezésnek **6 859 Ft/GJ** értékre adódott.

Lakossági fogyasztó megnevezés	Abszorpciós folyadékűtő				Kompakt folyadékűtő				Kompresszoros folyadékűtő				Levegő-víz közeges hőszivattyú			
	Eredő hidegenergia ár	Ebből alapdíj	Ebből változó költség	Becsült költség	Eredő hidegenergia ár	Ebből alapdíj	Ebből változó költség	Becsült költség	Eredő hidegenergia ár	Ebből alapdíj	Ebből változó költség	Becsült költség	Eredő hidegenergia ár	Ebből alapdíj	Ebből változó költség	Becsült költség
	[Ft/GJ]	[Ft/kW/év]	[Ft/GJ]	[Ft/év]	[Ft/GJ]	[Ft/kW/év]	[Ft/GJ]	[Ft/év]	[Ft/GJ]	[Ft/kW/év]	[Ft/GJ]	[Ft/év]	[Ft/GJ]	[Ft/kW/év]	[Ft/GJ]	[Ft/év]
50 kW hűtési teljesítményű hűtőberendezés	-	-	-	-	47 023	120 551	3 991	6 586 554	78 099	207 109	4 168	10 939 340	-	-	-	-
100 kW hűtési teljesítményű hűtőberendezés	-	-	-	-	46 347	117 778	4 305	12 983 806	56 095	146 023	3 970	15 714 609	-	-	-	-
500 kW hűtési teljesítményű hűtőberendezés	80 511	194 879	10 947	112 772 368	42 271	107 019	4 069	59 209 364	47 627	119 549	4 952	66 711 062	39 361	96 840	4 793	55 133 787
1 000 kW hűtési teljesítményű hűtőberendezés	73 142	174 822	10 737	204 900 319	40 098	100 931	4 069	112 330 633	47 233	120 396	4 256	132 318 251	37 772	94 754	3 948	105 815 183

7.1. táblázat A hidegenergia ár alakulása lakossági fogyasztó esetén

A táblázatban látható fajlagos hidegenergia költség egyértelműen mutatja, hogy a split klímákhoz képest a vizsgált hűtőberendezések sokkal magasabb költségekkel járnak a lakossági felhasználók számára. Ez alapján arra lehet következtetni, hogy az egyedi, lakásonként telepíthető légkondicionáló berendezések a gazdaságosabb választások lehetnek a lakóépületek hűtési igényeinek kielégítésére.

A lakossági fogyasztók hűtési igényei megközelítőleg csupán három hónapra jelentkeznek, mivel a hűtési szezon alatt sokan nyaralnak és így a hűtés iránti igényük alacsony. Az kapott hidegenergia árak alapján látható, hogy a lakossági fogyasztók hűtési igényeinek kielégítése, valamint a hűtési rendszerbe való csatlakoztatása érdekében olyan költséges fejlesztésekre lenne szükség, hogy a lakosság rövid hűtési szezonja és annak kihasználtsága miatt soha nem térülne meg a beruházás.

A fenti okok miatt lakossági fogyasztók részére nem rentábilis a távfűtés és távhűtés komplex szolgáltatása.

Egy irodaépület vagy multifunkcionális épület hűtési igényeinek ellátására nem alkalmas split klímák telepítése, így a továbbiakban ezekkel a fogyasztótípusokkal foglalkozom. A **7.2. táblázat** egy iroda épület (KKI fogyasztó) esetét szemlélteti, amíg a **7.3. táblázat** egy multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó) előzetesen becsült hidegenergia árának alakulását a mutatja be.

Iroda épület (KKI fogyasztó) megnevezés	Abszorpciós folyadékhűtő				Kompakt folyadékhűtő				Kompresszoros folyadékhűtő				Levegő-víz közeges hőszivattyú			
	Eredő hideg- energia ár	Ebből alapdíj	Ebből változó költség	Becsült költség	Eredő hideg- energia ár	Ebből alapdíj	Ebből változó költség	Becsült költség	Eredő hideg- energia ár	Ebből alapdíj	Ebből változó költség	Becsült költségek	Eredő hideg- energia ár	Ebből alapdíj	Ebből változó költség	Becsült költség
	[Ft/GJ]	[Ft/kW/év]	[Ft/GJ]	[Ft/év]	[Ft/GJ]	[Ft/kW/év]	[Ft/GJ]	[Ft/év]	[Ft/GJ]	[Ft/kW/év]	[Ft/GJ]	[Ft/év]	[Ft/GJ]	[Ft/kW/év]	[Ft/GJ]	[Ft/év]
50 kW hűtési teljesítményű hűtőberendezés	-	-	-	-	36 195	120 551	3 991	6 774 502	59 496	207 109	4 168	11 135 656	-	-	-	-
100 kW hűtési teljesítményű hűtőberendezés	-	-	-	-	35 769	117 778	4 305	13 389 287	42 980	146 023	3 970	16 088 590	-	-	-	-
500 kW hűtési teljesítményű hűtőberendezés	63 007	194 879	10 947	117 927 661	32 659	107 019	4 069	61 125 859	36 889	119 549	4 952	69 043 275	30 663	96 840	4 793	57 391 103
1 000 kW hűtési teljesítményű hűtőberendezés	57 439	174 822	10 737	215 013 543	31 032	100 931	4 069	116 163 625	36 419	120 396	4 256	136 326 967	29 261	94 754	3 948	109 534 243

7.2. táblázat A hidegenergia ár alakulása iroda épület (KKI fogyasztó) esetén

Multifunk- cionális épület (egyéb fogyasztó) megnevezés	Abszorpciós folyadékhűtő				Kompakt folyadékhűtő				Kompresszoros folyadékhűtő				Levegő-víz közeges hőszivattyú			
	Eredő hideg- energia ár	Ebből alapdíj	Ebből változó költség	Becsült költség	Eredő hideg- energia ár	Ebből alapdíj	Ebből változó költség	Becsült költség	Eredő hideg- energia ár	Ebből alapdíj	Ebből változó költség	Becsült költség	Eredő hideg- energia ár	Ebből alapdíj	Ebből változó költség	Becsült költség
	[Ft/GJ]	[Ft/kW/év]	[Ft/GJ]	[eFt/év]	[Ft/GJ]	[Ft/kW/év]	[Ft/GJ]	[Ft/év]	[Ft/GJ]	[Ft/kW/év]	[Ft/GJ]	[Ft/év]	[Ft/GJ]	[Ft/kW/év]	[Ft/GJ]	[Ft/év]
50 kW hűtési teljesítményű hűtőberendezés	-	-	-	-	22 995	120 551	3 991	7 293 313	36 818	207 109	4 168	11 677 565	-	-	-	-
100 kW hűtési teljesítményű hűtőberendezés	-	-	-	-	22 872	117 778	4 305	14 508 573	26 990	146 023	3 970	17 120 925	-	-	-	-
500 kW hűtési teljesítményű hűtőberendezés	41 668	194 879	10 947	132 158 293	20 940	107 019	4 069	66 416 139	23 799	119 549	4 952	75 481 094	20 060	96 840	4 793	63 622 180
1 000 kW hűtési teljesítményű hűtőberendezés	38 297	174 822	10 737	242 930 004	19 981	100 931	4 069	126 744 183	23 236	120 396	4 256	147 392 592	18 886	94 754	3 948	119 800 305

7.3. táblázat A hidegenergia ár alakulása multifunkciós épület (egyéb fogyasztó) esetén

7.1. Következtetés

A kapott hidegenergia árak közül adott teljesítmény szint mellett a legmagasabb ár a hőenergiával (távhővel) üzemelő abszorpciós folyadékhűtő alkalmazása esetén adódik.

Elvégeztem az abszorpciós hűtőberendezés versenyképességének vizsgálatát, amely alapján megállapítható, hogy 0 Ft-os erőművi hőenergia ár és 0 Ft-os villamosenergia tarifa mellett sem versenyképes az azonos hűtési teljesítményű kompakt vagy kompresszoros folyadékhűtőjével. Kijelenthető, hogy a távhűtés gazdasági potenciálja jelenleg alacsony, hiszen pusztán az abszorpciós folyadékhűtő energiaköltségei egyértelműen meghaladják a hagyományos villamos hajtású kompresszoros/kompakt folyadékhűtőkkel előállított hidegenergia energiaköltségét, nem is említve a jelentősen nagyobb beruházási költségek miatti tőketelher eltéréseket. Erre megoldást jelenthet egy hazai vagy Európai Unió támogatás, amely pénzügyi forrást biztosíthat a hűtőberendezés és a kialakítandó távhűtési rendszer létesítéséhez.

Az abszorpciós hűtőberendezés versenyképességét vizsgálva megállapítottam, hogy még akkor sem versenyképes az azonos hűtési teljesítményű folyadékhűtőkkel, ha az erőművi hőenergia ára és a villamosenergia tarifa is nulla forint lenne. Kijelenthető, hogy jelenleg az abszorpciós berendezéssel megvalósított távhűtés gazdasági potenciálja alacsonynak tekinthető, az berendezés energia költségei magasabbak, mint a villamos hajtású kompresszoros/kompakt folyadékhűtők által előállított hidegenergia költségei. Továbbá fontos megjegyezni az abszorpciós folyadékhűtő magasabb beruházási költségeit is.

Lehetséges megoldásként említendő, hogy hazai vagy Európai Unió támogatással pénzügyi forrást lehetne biztosítani az abszorpció hűtőberendezés és a kialakítandó távhűtési rendszer létesítéséhez, a technológia terjedését elősegítve.

Az irodaépületek és egyéb intézményi fogyasztók esetében a távfűtés és távhűtés komplex szolgáltatásának legnagyobb vetélytársát az egyedi fűtési/hűtési megoldások közül a levegő-víz közeges hőszivattyús rendszerek jelentik.

A vizsgált hűtési berendezések közül a legkedvezőbb hidegenergia árral a kompakt folyadékűtő rendelkezik, amely nagyságrendileg megegyezik a hőszivattyús rendszer hidegenergia árával. Ezért a továbbiakban összehasonlításra kerül a hőszivattyús rendszer komplex fűtés és hűtés szolgáltatását a távhőszolgáltatás és egy kompakt folyadékűtő alkalmazásán alapuló távhűtési rendszer kombinációjával.

A két komplex szolgáltatás hő- és hidegenergia árának meghatározására számított eredményeket a **7.4. táblázat** szemléltetem.

Fogyasztó csoport megnevezése	Hőenergia ár		Hidegenergia ár	
	Távhőszolgáltatás + kompakt folyadékűtőn alapuló távhűtés	Levegő-víz közeges hőszivattyú	Távhőszolgáltatás + kompakt folyadékűtőn alapuló távhűtés	Levegő-víz közeges hőszivattyú
	[Ft/GJ]	[Ft/GJ]	[Ft/GJ]	[Ft/GJ]
Iroda épület (KKI fogyasztó), 500 kW hűtési teljesítmény	5 741	22 515	32 659	30 663
Iroda épület (KKI fogyasztó), 1 000 kW hűtési teljesítmény	5 741	21 523	31 032	29 261
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó), 500 kW hűtési teljesítmény	10 570	15 202	20 940	20 060
Multifunkcionális épület (egyéb fogyasztó), 1 000 kW hűtési teljesítmény	10 570	14 313	19 981	18 886

7.4. táblázat A hő- és hidegenergia ár alakulása a két komplex szolgáltatási csomag esetén

A táblázat alapján látható, hogy a távfűtés és a kompakt folyadékűtőn alapuló távhűtési rendszer hőenergia ára jóval kedvezőbb, míg a hidegenergia ára közel azonos a levegő-víz közeges hőszivattyús rendszerével. Fontos megjegyezni, hogy míg a távhőszolgáltatás esetén értékesített hőenergiára csak 5% ÁFA vonatkozik, addig a hőszivattyú által termelt hőenergiára 27% ÁFA kulcs érvényes. Továbbá távhűtési szolgáltatást biztosító hidegenergia központok és fogadók a szolgáltató távfelügyeleti rendszerébe csatlakoztathatók ami lehetővé teszi a rendszer folyamatos megfigyelését, ellenőrzését. Valamint a távhőszolgáltató üzemeli és karbantartja a távhűtési rendszert, meghibásodás, vagy katasztrófa esetén felmerülő problémákat ő kezeli. Ezen előnyök tovább növelik a távhőszolgáltatás versenyképességét.

Összeségében kijelenthető, hogy a távfűtés és a kompakt folyadékűtőn alapuló távhűtési rendszer versenyképes a vele megegyező hűtési teljesítményű levegő-víz hőszivattyús rendszerrel. Emellett a távhőszolgáltatás számos olyan hozzáadott értékkel (távfelügyelet, szakemberek) rendelkezik, amelyet az egyedi fűtési és hűtési megoldások nem nyújtanak a fogyasztók számára.