



ENERGETIKAI KONCEPCIÓ

LIGET BUDAPEST.

2014.12.15.



KÖRÖS CONSULT KFT.

- készült a Városliget Zrt. számára-

Készítette:



KÖRÖS CONSULT KFT.
1113, BUDAPEST KAROLINA U. 17/B.
TEL: 365-1656
FAX: 365-1659

Tartalomjegyzék

1.	Nevezéktan.....	8
2.	Az energiaforrások és technológiáik ismertetése, alkalmazhatóságuk.....	11
2.1	Távfűtés, távhűtés	12
2.2	Csatornahő hasznosítás.....	16
2.3	Földgáz alkalmazási lehetőségei, kogenerációs, trigenerációs energiatermelés	20
2.3.1	A kapcsolt energiatermelés berendezései.....	20
2.3.2	Kogeneráció vizsgálata	23
2.3.3	Trigeneráció vizsgálata.....	25
2.4	Biomassza	28
2.5	Szélenergia	30
2.6	Napenergia hasznosítási lehetőségek	32
2.6.1	Napkollektorok.....	32
2.6.2	Fotovoltaikus rendszerek	36
2.7	Hőszivattyú	41
2.7.1	Levegő/víz hőszivattyú	45
2.7.2	Folyadék (hűtőközeg)/víz hőszivattyú (földhő hasznosítás)	49
2.7.3	Víz/víz hőszivattyú.....	57
2.7.4	Épületszerkezetek termoaktivitása.....	65
2.8	Abszorpció hűtés.....	66
2.9	Adszorpció hűtés.....	70
2.10	Üzemanyagcella.....	76
2.11	Termálhő.....	78
2.11.1	Termálvíz kapacitás vizsgálata (40 C° feletti felhasználási hőmérséklet esetén- balneológiai felhasználás előtt)	80
2.11.2	Termálvíz kapacitás vizsgálata (40 C° alatti felhasználási hőmérséklet esetén- balneológiai felhasználás után)	82

2.11.3	Új termálkút fúrása.....	82
2.12	Állatkert – „Ökotorony” koncepció	85
2.13	Összefoglalás	90
3.	Hazai és külföldi múzeumok energiaigénye	93
3.1	A közel zéró energiaigényű épületekre vonatkozó várható követelmények.....	94
3.2	Hazai kitekintés	97
3.2.1	Magyar Nemzeti Múzeum.....	97
3.2.2	Magyar Nemzeti Galéria.....	97
3.2.3	Néprajzi Múzeum.....	98
3.3	Külföldi múzeumok energiaigénye, felújításokkal elért megtakarításai.....	99
3.3.1	Szórakoztató és kulturális épületekre jellemző energiaigények.....	99
3.3.2	Konkrét nemzetközi példák múzeum épületek energiafelhasználására.....	102
4.	Energiaigény csökkentő javaslatok	111
4.1	Épület szerkezetek	112
4.1.1	Zöldtető	112
4.1.2	Épületszerkezet temperálása	114
4.1.3	Fázisváltó anyagok alkalmazása	114
4.1.4	Hő- és fényvédelem	116
4.1.5	Árnyékolás	116
4.1.6	Légfüggöny, légzsilip.....	117
4.2	Hűtés.....	119
4.2.1	Kompakt léghűtéses hűtőgép alkalmazása frekvenciaváltóval.....	119
4.2.2	Kompakt léghűtéses gép alkalmazása HMV hővisszanyerővel	120
4.2.3	Kompakt léghűtéses hűtőgépek alkalmazása adiabatikus nedvesítéssel	120
4.2.4	Free-cooling – szabad hűtés	121
4.2.5	VRV-rendszerek	122
4.3	Légkezelő berendezések hővisszanyerése, szabályzása.....	123

4.3.1	Forgódobos hővisszanyerő alkalmazása	123
4.3.2	Dupla forgódobos hővisszanyerő alkalmazása	124
4.3.3	Légkezelők CO ₂ szabályozása.....	125
4.3.4	Légkezelő egység hőszivattyúval	125
4.3.5	Műtárgy védelem – Páratartalom szabályozás	127
4.4	Villamos energia.....	132
4.4.1	Villamos energiaellátó hálózat	132
4.4.2	Világítási rendszer	132
4.4.3	Elektromos kijelzők időzíthető kapcsolása	135
4.5	Vízellátás	137
4.5.1	Eső- és szürkevíz felhasználás	137
4.5.2	Vízfelhasználás csökkentő megoldások	137
4.6	Egyéb energiafogyasztás csökkentési lehetőségek	138
4.6.1	HVAC rendszerek zónás szabályozása	138
4.6.2	Programozható termosztátok alkalmazása	138
4.6.3	Személyzet tájékoztatása, oktatása	138
4.6.4	Megelőző karbantartási terv.....	139
5.	Várható energiaigények	140
5.1	Az új múzeumépületek becsült teljesítmény- és energiaigényei	141
5.1.1	Új Nemzeti Galéria	144
5.1.2	Ludwig Múzeum.....	145
5.1.3	Néprajzi Múzeum.....	146
5.1.4	Magyar Építészeti Múzeum.....	147
5.1.5	Fotó Múzeum	148
5.1.6	Magyar Zene Háza	149
5.2	A meglévő intézmények, épületek várható teljesítmény- és energiaigénye.....	151
5.2.1	Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum	151

5.2.2	Vajdahunyad vára	155
5.2.3	Műcsarnok	156
5.2.4	Műjégpálya.....	158
5.2.5	Szépművészeti Múzeum	164
5.2.6	Olof Palme Ház	168
5.3	Egyéb energiafogyasztás a projekt területén	171
5.3.1	Mélygarázsok.....	171
5.3.2	Közvilágítás	172
5.4	Liget-szintű energia- és teljesítményigények összegzése	174
6.	Átfogó műszaki koncepciók.....	176
6.1	Alapeset felvétele	177
6.2	Koncepciók.....	180
6.2.1	Decentralizált rendszer	181
6.2.2	Fél-centralizált rendszer.....	187
6.2.3	Centralizált rendszer (energiakör) 20°C-os elfolyó termálvíz hasznosításával	194
6.2.4	Centralizált rendszer (energiakör) 35°C-os elfolyó termálvíz hasznosításával	199
6.2.5	A koncepciók kiegészítő javaslatai – napelemek alkalmazása	203
6.2.6	Légfűtés/hűtés tervezése a műtárgyat tartalmazó terekben.....	207
6.3	Energiaárak	209
6.4	A koncepciók összehasonlítása.....	210
6.5	Érzékenység vizsgálat	213
6.6	Helyigény, területhasználat	215
6.7	Zajterhelés.....	218
7.	Vonatkozó helyi szabályozások, engedélyeztetés	220
7.1	Napenergia.....	221
7.2	Szélenergia.....	221
7.3	Kapcsolt hő- és villamos energiatermelés	221

7.4	Távfűtés és távhűtés	222
7.5	Hőszivattyús rendszerek	222
7.6	Termálvíz	226
8.	Kitáplálás lehetősége (hő, elektromos áram).....	227
8.1	Hőkitáplálás lehetőségei.....	228
8.2	Elektromos kitáplálás lehetőségei.....	230
8.2.1	Háztartási méretű kiserőművek csatlakozási feltételei	230
8.2.2	Gázmotorok csatlakozási feltételei	235
9.	Rendelkezésre álló támogatási források	241
9.1	Pályázati forrás bevonási lehetőségek	242
	A 255/2014. (X. 10.) Kormányrendelet szerint a VEKOP-on belül az alábbi – projekt szempontjából releváns – finanszírozási területek találhatók:	242
9.1.1	Erősebb összetartozás megteremtése a városi közösségekben a kulturális kínálatbővítés és közösségfejlesztés segítségével.....	242
9.1.2	Az energiahatékonyság növelése közszolgáltatásnak helyet adó önkormányzati ingatlanokban és önkormányzati tulajdonú lakóépületekben	246
10.	Javaslattevél és továbbtervezési feladatok	248
11.	Felhasznált források.....	253
11.1	Felhasznált irodalom	254
11.2	Felhasznált ábrák.....	257
12.	Mellékletek	260

1. NEVEZÉKTAN

„A” és „B” védőterület - az ivóvíz- és az iparivíz-ellátást stb. szolgáló vízbeszerző létesítmények körül kijelölt terület, ahol tilos vagy korlátozott a vízbeszerző hely felé áramló víz mennyiségét és minőségét veszélyeztető minden tevékenység. Az „A” védőterület az 5, a „B” védőterület az 50 éves elérési időhöz tartozó védőterület

7/2006 (V.24.) TNM rendelet – az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló rendelet, mely a Magyarországon érvényes szabályozásoknak megfelelően tartalmazza az épületek energetikai számításainak módszerét

COP (Coefficient of Performance) - A COP egy mérőszám, mely a hűtő és fűtő rendszerek energiahatékonysági mutatója. Klímaberendezések esetében a hőszivattyús (azaz fűtő funkcióval is rendelkező) berendezések kapcsán "fűtési jósági fok"-nak is hívjuk. Értéke a leadott fűtőteljesítmény (adott környezeti hőmérsékleten) és az ehhez felvett elektromos teljesítmény hányadosa. Innen a dimenziója (W/W). Minél magasabb ez az érték, annál jobb hatásfokú tehát adott fűtési feladat ellátásához kevesebb áramot felhasználó, így energiatakarékosabb a berendezésünk.

EED szoftver – az Európai Unióban a legszélesebb körben használt szoftver a függőleges talajhő szondás rendszerek tervezésére, méretezésére

EER (Energy Efficiency Ratio) - Az EER érték hűtési üzemmódban, adott környezeti hőmérsékleten utal klímaberendezés hatásfokára. Hűtési jósági foknak is nevezzük. Ez a szabvány érték azt mutatja meg, hogy a légkondicionáló berendezés adott elektromos energia felvételénél milyen hűtőteljesítménnyel bír. Az EER a hűtőteljesítmény és az elektromos teljesítményfelvétel hányadosa. Az EER az egyik legfontosabb jellemzője a légkondicionálóknak és egyben az energiasztály meghatározója. Az energiasztály jelölésére az energiacímke szolgál és szabvány szerint meghatározott formája van. Jól szemlélteti az adott légkondicionáló műszaki színvonalát, leegyszerűsítve, a magasabb jósági fokú klíma a jobb. A klímaberendezést energiatakarékosságuk szerint "A"-tól "G"-ig terjedő skálán helyezik el.

ESEER (European Seasonal Energy Efficiency Ratio) – az éves energiafelhasználás valós megítélésére alkotott, súlyozott érték, mely súlyozva veszi figyelembe az év során a 100% és a részterhelésen mért adatokat, figyelembe véve környezeti hőmérséklet változást is

EUROVENT szabvány - Az EUROVENT-CECOMAF nemzetközi szakmai szövetséget európai hűtés- és klímatechnikai gyártó vállalatok hozták létre, közös szakmai érdekképviselő céljából. A szövetség és nemzeti tagszervezetei gyűjtik és elemzik a szakma kereskedelmi forgalmának adatait, egységes és objektív műszaki mérési és minősítési eljárásokat dolgoznak ki a hűtési és klímatechnikai gyártmányok fontos csoportjaira. Az EUROVENT programjaiban részt vevő gyártmányok műszaki adatait az EUROVENT kiadványaiban és honlapján közzéteszi, ellenőrzött és pontosan összehasonlítható formában. Az EUROVENT által minősített műszaki adatok megbízható támpontot adnak a termékek megítéléséhez.

éves munkaszám – Az éves munkaszám (β) az egy év alatt leadott hőmennyiség és a teljes hőszivattyús rendszer által ezalatt felvett elektromos energia aránya. Itt figyelembe veszik a szivattyúk, szabályozók, stb. áramfogyasztását is.

fekete víz – a WC használatokor keletkező fekáliás szennyvizek

fényhasznosítás - a fényáram és a fényforrás által felvett teljesítmény hányadosa

HMKE (háztartási méretű kiserőmű) - azok a kisfeszültségű hálózatra csatlakozó kiserőművek, melyek csatlakozási teljesítménye nem haladja meg az 50 kVA-t. Kiserőműnek minősül az 50 kVA-nél nagyobb, de 50 MW-nál kisebb teljesítményű erőmű. A háztartási méretű kiserőművek mérőhely kialakításában nincs eltérés a hagyományos mérőhelyekhez képest.

HMV - használati melegvíz

MKEH – Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatal

PV rendszerek – fotovoltaikus, avagy napelemes rendszerek

szürkevíz - szürkevíznek számítanak az olyan vizek, amelyek mindössze enyhébb szennyeződések (pl. ételmaradékot, szappant stb.) tartalmaznak. Mivel a szürkevizek nem, vagy csak elenyésző mértékben tartalmaznak kórokozókat, ezért újrahasznosíthatók.

VDI 4640 – német szabványsorozat, illetve útmutató a földhő hasznosító hőszivattyús rendszerek tervezéséhez és telepítéséhez

vízkészlet gazdálkodási engedély – a termálvíz kutakból hatóságilag maximálisan engedélyezett kivehető mennyiség

teljesítménytényező (ϵ) – a hőszivattyúk adott munkapontra számított hatásfoka, számítási módusa megegyezik a COP érték számításával, azonban nem tartalmazza a hőszivattyús rendszerek segédenergia igényét (pl. szivattyúk)

2. AZ ENERGIAFORRÁSOK ÉS TECHNOLÓGIÁIK ISMERTETÉSE, ALKALMAZHATÓSÁGUK

2.1 Távfűtés, távhűtés [1]

Távfűtés

A felmerülő energiaellátási lehetőségek között kiemelt helyen szerepel - többek között - a távfűtés. Mind a távfűtés, mind a távhűtés nagy előnye, hogy a hőtermelés és annak felhasználása külön helyen történik, így egy **„tisztá” energiaellátási módot** jelent.

A budapesti távhőellátás alapját részben a Budapesti Erőmű Zrt. adja. A három budapesti erőművükben a főváros távfűtési igényének 60%-át állítják elő és adják át a Főtáv Zrt. részére. A társaság erőmű-rekonstrukciós programjának köszönhetően már mindhárom erőmű kombinált ciklusú, kapcsoltan hőt és villamos energiát termelő gázturbinás erőmű, nagy hatásfokú berendezésekkel, így a kor színvonalának megfelelő, a hagyományos erőművekhez képest jelentős primerenergia megtakarítást jelentő energiatermelést eredményeznek. A Főtáv Zrt. elmúlt évekbeli folyamatos fejlesztéseinek eredményeképpen a saját fűtőműveiben megvalósult gázmotoros, szintén kapcsolt módon történő energia előállítás ugyancsak kedvezőbb primerenergia felhasználást biztosít. A főváros távhőigényének további 40%-át 1 erőmű, 5 fűtőmű, 1 hulladékhasznosító mű, több gázmotoros és egy gázturbinás kiserőmű, illetve 4 tömbkazántelep fedezi.

Távhűtés

A távhűtés ugyan rövidebb múltra tekint vissza, jelentősége várhatóan a következő években egyre inkább megnövekedhet, melyet főleg külföldi példák igazolnak, de elméletileg már hazánkban is megoldható.

A távhűtés elve hasonló a távfűtéséhez, a keletkező hő távvezetéseken keresztül jut el az épületekhez, ahol egy abszorpciós hűtőberendezés segítségével kerül lehűtésre. Mivel a technológia a villamos energiatermelés során egyébként is keletkező hulladékhőt hasznosítja, így jelentős előnyökkel bír a nyári megnövekedett villamos energia felhasználásért felelős hagyományos klímaberendezésekkel szemben. Noha ily módon számottevő a távhűtés energiatakarékos, környezetbarát mivolta, **ára azonban jelentősen a távfűtésé fölött van.** A Főtáv Zrt. állítása alapján ugyan a távhűtés költsége bár a fűtésénél magasabb, de versenyképes árat jelent a hagyományos, villamos energiát használó klímaberendezésekkel szemben. Ennek

ellenére alkalmazásánál – amennyiben az egyáltalán kivitelezhető a helyszínen – alapos gazdasági számítások elvégzésére van szükség.

A technológia terjedésének további gátja, hogy az abszorpciós hűtési technológia jelenlegi technológiai fejlettsége gazdaságos hűtést, csak magas hőforrás hőmérséklet esetén biztosít. Jelen pillanatban nyári állapotban a távfűtési rendszerek gazdaságosan az abszorpciós hűtésteknológia által megkövetelt hőmérséklet szintek alatt tudnak csak üzemelni. Mivel a folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően ez a hőmérséklet szint kismértékben egyre csökken, ezért a **későbbiekben elképzelhető a távhűtési iparág gazdaságossá válása**, széleskörű elterjedése.

Városligeti alkalmazási lehetőségek

A terület távhővel történő ellátása jelenleg nem megoldott. Megkeresésünkre a Főtáv Zrt. képviselői elmondták, hogy előzetes felmérést már végeztek a terület elláthatóságát illetően. A velük történt egyeztetés során az 1. sz. mellékletben található térképet kaptuk tőlük, melyen megtalálható a távvezetékek tervezett nyomvonala. A terület elláthatóságát vagy a Füredi úti gázmotoros kapcsolt hő- és villamos energiatermeléssel működő erőmű felül tudnák megoldani, vagy az Újpesti Erőműből. A szolgáltató üzleti okokból megépítené mind a két irányból jövő vezetéket, hiszen így a két hőkörzet összekötésével további lehetőségei nyílnának a terjeszkedésre, a belvárosi kerületek távhővel történő ellátására, ami eddig nem volt biztosított.

A Főtáv Zrt. ajánlatát 2014.11.21-én juttatta el részünkre. Eszerint a Városliget területét az Észak-budapesti régió, Újpesti hőkörzetéből látná el hőenergiával. Az újpesti hőkörzet legfőbb hőforrása a kombinált ciklusú Újpesti Erőmű, illetve a Fővárosi Hulladékhasznosító Mű.

A 6 múzeum, a Puskás Stadion és a nyomvonal melletti lakossági, intézményi fogyasztók ellátásához szükséges vezetéket KEHOP pályázatból történő részfinanszírozásból kívánja biztosítani.

Az árajánlat kérése abban az időben történt, amikor a Közlekedési Múzeum felújítása még nem szerepelt a tervezett tevékenységek között. Ebből kifolyólag a Főtáv Zrt. részére megküldött adatszolgáltatásban csak az öt új múzeum becsült energiafogyasztása szerepelt, az ajánlatot ennek megfelelően készítették el.

Az új fogyasztók esetében - amennyiben a beruházási költségeink fedezet vizsgálata ezt lehetővé teszi - azonos alapidjért kétszeres hőkapacitás lekötést tesznek lehetővé, amely 50%-os

listaárkedvezményt jelent az alapidj vonatkozásában. Továbbá az elmúlt öt évben az új fogyasztók esetében alkalmazott hődj átlaga 3 300 Ft/GJ. Ezen információ kötelezettség vállalás nélküli indikatív ajánlatnak tekintendő a Főtáv Zrt. részéről.

Az ellátást szolgáló hőközpontok kialakításával kapcsolatban 2 változat került megvizsgálásra, mindkét változat esetén a Főtáv Zrt. mérlegelte annak a lehetőségét is, hogy a hőközpontok az ő beruházásában és üzemeltetésében valósulnak meg.

I. változat: a vezetéket 1 db a Főtáv Zrt. számára optimális helyen kialakítandó hőfogadóig, vagy hőközpontig építi meg. A Főtáv Zrt. számára legmegfelelőbb helyet a lecsatlakozási ponthoz legközelebb eső Fotó Múzeum nyugati sarkában feltételezi. Ez esetben a Főtáv Zrt. az alábbi árakat ajánlotta.

Alapidj listaár	12 012 192 Ft/MW/év
Hődj listaár	3 734 Ft/GJ
Csatlakozási díj	0 Ft

II. változat: Amennyiben az épületeket ellátó 1 db hőközpont a Főtáv Zrt. beruházásában létesül, úgy az alábbi díjtételek az irányadók.

Alapidj listaár	24 024 384 Ft/MW/év
Hődj listaár	3 734 Ft/GJ
Csatlakozási díj	0 Ft

A többi épület ellátásához szükséges szekunder vezetékek kiépítésének költsége ezen felül jelentkezik.

III. változat: A második esetben a Főtáv Zrt. megépíti a távhő bekötővezetékét az épületenként kialakítandó 5 db hőfogadó helyiségeig vagy hőközpontig.

Alapidj listaár	12 012 192 Ft/MW/év
Hődj listaár	3 734 Ft/GJ
Csatlakozási díj	0 Ft

IV. változat: Amennyiben az épületeket ellátó 5 db hőközpont a Főtáv Zrt. beruházásában létesül, úgy az alábbi díjtételek az irányadók.

Alapdíj listaár	24 024 384 Ft/MW/év
Hődíj listaár	3 734 Ft/GJ
Csatlakozási díj	0 Ft

A Főtv becslése szerint a távvezetési és a hőközponti munka megvalósulása 16 hónapot venne igénybe.

A továbbiakban a III. változat figyelembe vételével készítjük a számításainkat, a Főtv Zrt. indikatív, illetve kötelezettség vállalás nélküli kedvezményeit is figyelembe véve:

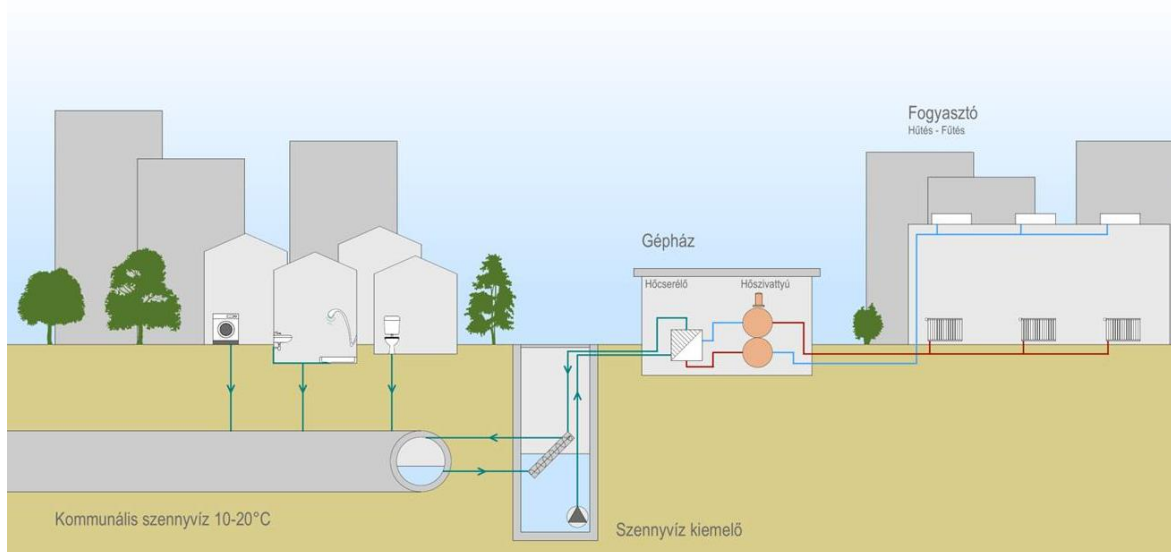
Alapdíj listaár	6 006 096 Ft/MW/év
Hődíj listaár	3 300 Ft/GJ
Csatlakozási díj	0 Ft

2.2 Csatornahő hasznosítás [2]

Csupán 4 éve rendelkezik szabadalommal az az innovatív megoldás, melyet a Thermowatt Kft. fejlesztett ki a szennyvíz hőjének energetikai hasznosítására. Az ezen alapuló rendszer hőszivattyú segítségével hasznosítja fűtésre és hűtésre a csatornák szennyvizében rejlő, közel állandó – 10-22°C-on rendelkezésre álló – hőt. Nyáron 20-22°C, téli időben 14-16 °C szennyvíz hőmérséklete, ami komoly mennyiségű hó elolvadása esetén akár 10°C-ra is csökkenhet.

A technológia lényege, hogy a főgyűjtőből a szennyvizet egy - a gyűjtőcsatornához a lehető legközelebb, de attól külön épített - vasbeton kamrába áramoltatják. Ez a víz egy szűrőállomáson halad át, ahol a szilárd szennyeződések leválasztásra kerülnek. A szilárd részecskéket zárt rendszerben kiemelik, és visszatáplálják a főgyűjtőbe a hőjében már hasznosult szennyvízáram segítségével. A folyamatos áramlás biztosítja, hogy nincsen szaghatás. A szennyvíznek csak a hőmérséklete változik meg, egyéb kémiai és fizikai paramétere nem. A főgyűjtőhöz közel (maximum 200-300 m távolságban) történő telepítés mindenképp fontos, mivel az épületek saját szennyvize nem elegendő a fűtés/hűtés megoldásához (1 MW teljesítményhez kb. 3400 m³/nap szennyvízhozam szükséges). Minél nagyobb a telepítés távolsága annál nagyobb a vezeték beruházási költsége és a kör szivattyúzási energiaigénye.

A szűrt víz nagyteljesítményű hőcserélőkbe áramlik, melyek szekunder oldalán a kezelt technológiai közeg áramlik (víz, glikolos víz, stb.). A szennyvízből így kinyert hőenergiát víz-víz hőszivattyúkkal hasznosítják. A teljesítményigények és az átlagos szennyvízterhelések időbeli eltéréseinek áthidalására szükség esetén puffer-tároló(k) kerül(nek) beépítésre.



1. ábra - A Thermowatt Kft. rendszerének folyamatábrája

A rendszer energiahatékonysági mutatói igen kedvezőek, mivel a szennyvíz relatíve magas és közel állandó hőfokon áll rendelkezésre. A cég információi szerint fűtéskor 5-6,5 COP érték (a segédenergiaigényt is figyelembe véve kb. 4,5), hűtéskor pedig 7,5-8,5 EER érték (a segédenergiaigényt is figyelembe véve kb. 6,5) érhető el.

A megoldás számos előnyös tulajdonsággal bír. Megújuló energiaforrást hasznosít, mely folyamatosan rendelkezésre áll, és aminek hulladékhője eddig felhasználatlanul távozott. A technológia helyi károsanyag kibocsátással nem jár. Könnyen hozzáférhető, karbantartható. A rendszer távfelügyelettel rendelkezik. A megvalósító cég nem csak a tervezési és kivitelezési munkákat végzi el, de az üzemeltetési és karbantartási feladatokat is vállalja - 24 órás készenlétben van, így meghibásodás esetén azonnal be tud avatkozni. A rendszer föld alatt és föld felett is kiépíthető, így elhelyezése rugalmas keretek között biztosítható.

A Thermowatt Kft. kizárólagos szerződéssel rendelkezik a Fővárosi Csatornázási Művekkel a szennyvíz hőjének hasznosítására, így amennyiben ez a technológia kerül hasznosításra, ez esetben csak velük történhet az együttműködés.

A tervezésen és a kivitelezésen kívül havi átalánydíj formájában a berendezések üzemeltetésére is szerződhet a megbízó, ami garancia a folyamatos 0-24 órás biztonságos működésre. A Thermowatt Kft. ajánlataiba az üzemeltetés költségeit is belefoglalja, a Városligetbe tervezett rendszer esetén 6 millió Ft éves karbantartási költséget állapítottak meg. A későbbiekben látható gazdaságossági számítások során ezzel az összeggel számoltunk.

Városligeti alkalmazási lehetőségek

A céggel történt kapcsolatfelvétel, és a várható hőteljesítmény igények megadását követően a cég előzetesen megvizsgálta, hogy az ellátást a területen mely intézmények számára lenne képes gazdaságosan biztosítani.

A Fővárosi Csatornázási Művek elvégezte a szóba jöhető Sajó utcai gyűjtőcsatorna egy hetes folyamatos hozammérését, melynek eredménye tanulmányunk mellékleteként megtalálható (3. sz. melléklet). A vizsgálat eredményeként megállapítást nyert, hogy a rendelkezésre álló vízmennyiség a nap folyamán ingadozik, és az éjszakai órákban akár $40 \text{ m}^3/\text{h}$ értékig is tartósan lecsökkenhet. A szennyvíz-szegény napok napközbeni értéke ezzel szemben $120\text{-}140 \text{ m}^3/\text{h}$, amely lehetőséget teremt egy 1 MW teljesítményű rendszer üzemeltetésére. Ugyanez a rendszer képes az éjszakai órákban is mintegy 300 kW fűtő/hűtő energiaszolgáltatásra.

A Városliget DK-i részén tervezett létesítményeket (Építészeti Múzeum, Fotómúzeum, Néprajzi Múzeum) lehet bevonni a hőszolgáltatásba. Az általunk javasolt energiaigény ellátási elképzelés szerint a hőszivattyús rendszer látná el az alap fűtési igényt, a további hőigényeket pedig valamilyen csúcshőforrás (pl. kondenzációs kazán/távhő) biztosítaná. Nyári üzemből a nappali órákban elegendő szennyvíz áll rendelkezésre a szükséges hőteljesítmény szolgáltatására.

A technológia alkalmazása esetén az épületek gépészeti rendszereinek tervezésekor figyelembe kell venni, hogy minél alacsonyabb hőmérsékletű fűtővízzel működő rendszer kerül betervezésre, annál jobb hatásfokkal lehet a rendszert üzemeltetni, de akár 50°C előremenő fűtővíz hőmérséklet is előállítható a hőszivattyúkkal. A berendezések enyhe téli napokon, csökkentett üzemből, részterhelésen is gazdaságosan üzemeltethetők.

A csatornaműtárgy a Dózsa György út és az Abonyi utca kereszteződésében kerülne telepítésre. Itt, hozzávetőleg 7-12 m mélyen történne a hőcsere a hozzávetőleg 100 m^2 -es hőcserélő gépházában, ahol a szennyvízszivattyú is helyet kap.

A hőcserélt víz 200 mm-es átmérőjű, hozzávetőleg 220 m hosszú csővezetékpáron közlekedne a vízakna és a Néprajzi Múzeum $60\text{-}100 \text{ m}^2$ -es hőközpontjába telepített hőszivattyú között. A várhatóan fellépő zajterhelés a gépház esetén zajelnyelő határoló felületek kialakítását fogja indokolni.

A későbbiekben ismertetésre kerülő beruházási költségekkel kapcsolatban megemlítendő, hogy ennek összegét erősen befolyásolja a csatlakozási pontnál lévő vízzáró réteg mélysége.

A pontos tervezéshez egyesített közműterv és talajvízmechanikai vizsgálat szükséges.

2.3 Földgáz alkalmazási lehetőségei, kogenerációs, trigenerációs energiatermelés

A földgáz, mint energiaforrás a projekt keretein belül felhasználható kazánokban, illetve kapcsoltan energiatermelő berendezésekben.

Kazánok alkalmazása:

Kondenzáció 50°C visszatérő hőmérséklet alatt következik be, kondenzációs kazánokat ennél kisebb visszatérő hőmérsékletű fűtési rendszerekben célszerű alkalmazni. Hőszivattyús rendszereknél alkalmazott ~ 35 °C visszatérő hőmérséklet esetén a hatásfoka 105% körül alakul (az égéshőre vonatkoztatva).

Kapcsolt energiatermelés:

A kapcsolt energiatermelés gázmotorral vagy gázturbinával történhet. A kogeneráció során földgáz felhasználásával kerül előállításra egyszerre villamos és hőenergia. Trigeneráció során hűtési energia előállítására is sor kerül.

Városligeti alkalmazási lehetőségek

A továbbiakban elvégezzük a kapcsolt energiatermelés előzetes számításait, azonban a jelentős zaj/pontforrás, illetve látképi környezetterhelés miatt nem javasoljuk ezt a technológiát. Amennyiben a projekt számára a távhőszolgáltatás nem lesz biztosított, akkor szükséges a vizsgálatot részleteiben is kidolgozni és egy - a Városliget területén kívüli helyszínrre telepített - kapcsolt energiatermelő kiserőművet létesíteni.

2.3.1 A kapcsolt energiatermelés berendezései

2.3.1.1 Gázmotorok

A gázmotorok az egészen kis teljesítménytől (5-10 kWe) széles teljesítményválasztékban érhetőek el több MWe méretig. A gazdaságos telepíthetőség miatt javasolt a minél nagyobb egységteljesítmény, amennyiben a termelt hő felhasználásra kerülhet.

A gázmotor a névleges teljesítményének $\sim 40\text{-}60\%$ -áig rugalmasan szabályozhatóak, javasolt minél inkább a névleges teljesítményük közelében üzemeltetni, minél nagyobb hőkihasználással. A működése során rendszeres, illetve időszakos nagy karbantartást is igényel. A motorok hőhasznosítása részben az olaj és vízűtésből, részben a füstgáz hőhasznosításából tevődik össze.

2.3.1.2 Gázturbinák

A gázturbinák villamos hatásfoka a turbina méretének növelésével növekszik. Kisebb teljesítményű turbinák 2 MWe alatt a villamos hatásfok alacsony $\sim 25\text{-}30\%$. Nagyobb teljesítményű turbinák esetén ~ 3 MWe felett, a hatásfok $35\text{-}39\%$ -ra növekszik.

Léteznek továbbá mikroturbinák, 30/60/200 kWe teljesítményben. A 200 kWe teljesítményű turbina villamos hatásfoka 33%, ami már viszonylag jónak mondható ebben a méretben. A 200 kWe turbinák hőtermelése 290 kW, amely már a projekt méreteiben felhasználható léptékű. Lehetőség van abszorpciós berendezést telepíteni a gázturbina mellé, így nyáron is lehet használni a berendezést. A továbbiakban a technológia sajátosságai miatt csak kis egységteljesítményű, mikroturbinák alkalmazását vizsgáljuk.



2. ábra - Gázturbinás alkalmazás

A számítások alapján a beruházási költségek nagysága miatt ez a megoldás nem gazdaságos, amit az alábbiakban támasztunk alá, a megtérülési idő 55 év földgáz kazános rendszerrel, illetve sokkal hosszabb megtérülési idő adódik távhő rendszerrel összehasonlítva. Ezen gazdasági számítás a beruházást önállóan vizsgálja, alternatív rendszer illetve alapidíjak vizsgálata nélkül.

		200 kW _e
Alapadatok		
Villamos teljesítmény	kW	200
Hő teljesítmény	kW	290
Villamos hatásfok	%	33,0
Földgáz fogyasztás	m ³ /h	64,2
Tervezési-előkészítési költség	eFt	6 000
Motor beruházási költség	eFt	85 185
Engedélyezés	eFt	2 000
Gáz, hő és villamos csatlakozások	eFt	9 000
Kémény	eFt	7 000
Építésszet	eFt	4 500
Szállítás, szerelés, egyéb	eFt	3 200
Abszorpciós hűtőgép	eFt	24 900
Abszorpciós hűtőgép teljesítménye	kW	285
<i>Szumma költség</i>	<i>EUR</i>	<i>141 785</i>
Fűtési energia termelés		
Éves átlagos fűtési kihasználtság	%	100,0%
Éves fűtési üzemidő	nap	197
Éves termelt villamos energia	MWh	946
Éves termelt hőenergia	GJ	4 936
Éves gázfogyasztás	m ³ /év	303 401
Hűtési energia termelés		
Hűtési hőfogyasztás	kWh/év	561 204
Működési óraszám	h/év	2 000
Villamos energia termelés	MWh	400
Éves termelt hidegenergia	kWh/év	570 000
Éves gázfogyasztás	m ³ /év	128 342

		200 kWe
Kiadások		
Földgáz költség	eft/év	51 090
Karbantartás	eft/év	2 826
Egyéb költség	eft/év	2 500
Költségek összesen	eFt/év	56 416
Bevételek		
Villamos energia	eft/év	36 331
Hő (földgáz kiváltása esetén)	eft/év	17 530
Hő (távhő kiváltása esetén)	eft/év	16 289
Hűtési energia	eft/év	5 130
Bevételek összesen (földgáz)	eft/év	58 991
Bevételek összesen (távhő)	eft/év	57 750
Nyereség (földgáz)	eft/év	2 575
Nyereség (távhő)	eft/év	1 334
Egyszerű megtérülési idő (földgáz)	év	55,1
Egyszerű megtérülési idő (távhő)	év	106,3

1. táblázat - Gázturbinák alkalmazásának megtérülés vizsgálata

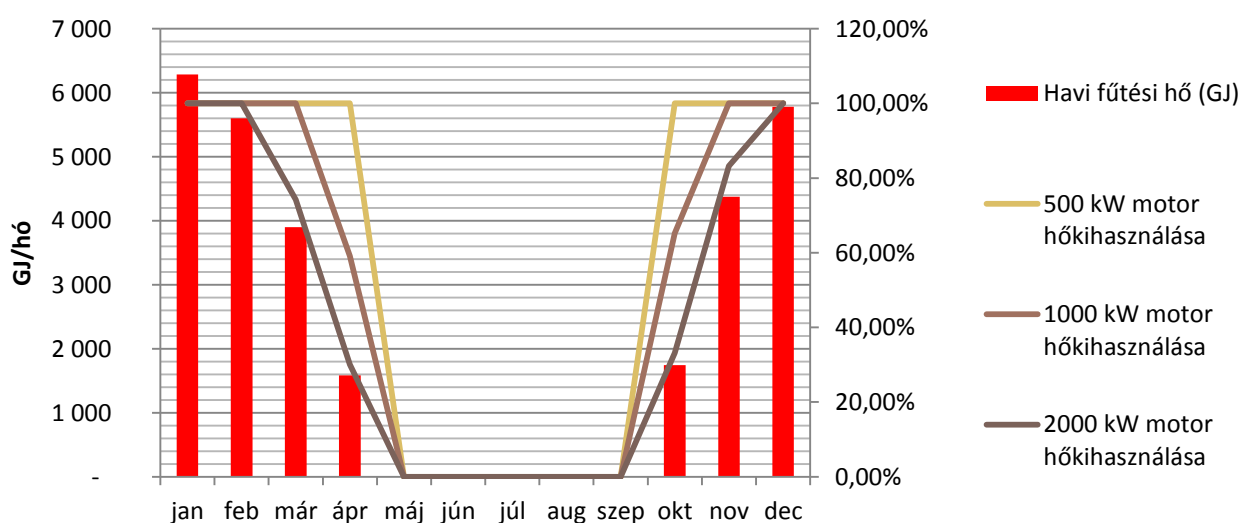
2.3.2 Kogeneráció vizsgálata

A gázmotorok gazdaságosságát három gázmotor méretben vizsgáljuk meg 500/1000/2000 kWe méretben. Az új létesítmények összesített csúcshőigénye 6660 kW. Mivel a vizsgált legnagyobb teljesítményű motor (2000 kWe) hőkihasználása az enyhébb hónapokban már nem túl kedvező, így ezen méretnél nagyobb egységek vizsgálatát nem végezzük el. Továbbá mindhárom méretű motort megvizsgáljuk távhő és földgáz, mint fűtési energiahordozó alkalmazásával összehasonlítva. Megújulókkal szembeni gazdaságosságát nem vizsgáljuk, mivel mindkét rendszer alap hőforrásként kell használni, hogy megtérüljenek, együttes alkalmazás esetén egymás megtérülési ideit rontanák. Ezen gazdasági számítás a beruházást önállóan vizsgálja, alternatív rendszer illetve alapidíjak vizsgálata nélkül.

		500 kWe	1000 kWe	2000 kWe
Energetikai alapadatok				
Villamos teljesítmény	kW	500	1 000	2 000
Hő teljesítmény	kW	583	1 032	2 029
Villamos hatásfok	%	36,0	40,7	41,4
Földgáz fogyasztás	m ³ /h	147,1	260,2	511,5
Beruházási költség				
Tervezési-előkészítési költség	eFt	8 000	8 000	8 000
Motor beruházási költség	eFt	100 500	186 000	330 000
Engedélyezés	eFt	3 000	3 000	3 000
Gáz, hő és villamos csatlakozások	eFt	30 000	35 000	40 000
Kémény	eFt	10 000	12 000	14 000
Építészeti	eFt	20 000	22 000	24 000
Szállítás, szerelés, egyéb	eFt	20 000	23 000	26 000
<i>Szumma beruházási költség</i>	<i>eFt</i>	<i>191 500</i>	<i>289 000</i>	<i>445 000</i>
Fajlagos beruházási költség	eFt/kWe	383	289	223
Éves átlagos kihasználtság	%	85,0%	84,4%	70,4%
Éves üzemidő	nap	197	197	197
Termelési adatok				
Éves termelt villamos energia	MWh	2 009	3 992	6 660
Éves termelt hőenergia	GJ	8 440	14 828	24 324
Éves gázfogyasztás	m ³ /év	591 027	1 038 409	1 703 380
Kiadások				
Földgáz költség	eFt/év	69 939	122 880	201 569
Karbantartás	eFt/év	8 440	16 764	27 973
Egyéb költség	eFt/év	8 200	8 600	9 000
<i>Költségek összesen</i>	<i>eFt/év</i>	<i>86 579</i>	<i>148 245</i>	<i>238 542</i>
Bevételek				
Villamos energia	eFt/év	54 256	107 771	179 826
Hő (földgáz kiváltása esetén)	eFt/év	29 974	52 663	86 387
Hő (távhő kiváltása esetén)	eFt/év	27 852	48 934	80 270
<i>Bevételek összesen (földgáz)</i>	<i>eFt/év</i>	<i>84 230</i>	<i>160 434</i>	<i>266 213</i>

		500 kW _e	1000 kW _e	2000 kW _e
<i>Bevételek összesen (távhő)</i>	<i>eFt/év</i>	<i>82 108</i>	<i>156 705</i>	<i>260 096</i>
<i>Nyereség (földgáz)</i>	<i>eFt/év</i>	- <i>2 349</i>	- <i>12 190</i>	- <i>27 670</i>
<i>Nyereség (távhő)</i>	<i>eFt/év</i>	- <i>4 471</i>	- <i>8 461</i>	- <i>21 554</i>
<i>Egyszerű megtérülési idő (földgáz)</i>	<i>év</i>	- <i>81,5</i>	- <i>23,7</i>	- <i>16,1</i>
<i>Egyszerű megtérülési idő (távhő)</i>	<i>év</i>	- <i>42,8</i>	- <i>34,2</i>	- <i>20,6</i>

2. táblázat - Gázmotorok kogenerációs alkalmazásának megtérülés vizsgálata



1. diagram - A különböző méretű gázmotorok hőkihasználása – kogeneráció

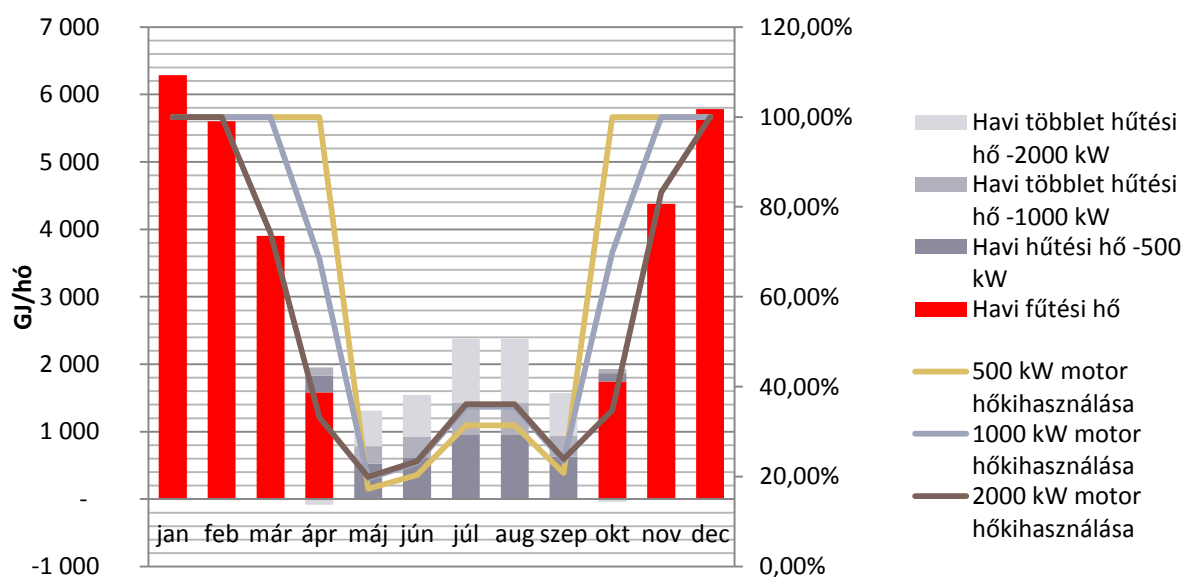
2.3.3 Trigeneráció vizsgálata

		500 kW _e	1000 kW _e	2000 kW _e
Alapadatok				
Villamos teljesítmény	kW	500	1 000	2 000
Hő teljesítmény	kW	583	1 032	2 029
Villamos hatásfok	%	36,0	40,7	41,4
Földgáz fogyasztás	m ³ /h	147,1	260,2	511,5
Tervezési-előkészítési költség	eFt	8 000	8 000	8 000

		500 kW _e	1000 kW _e	2000 kW _e
Motor beruházási költség	eFt	100 500	186 000	330 000
Engedélyezés	eFt	3 000	3 000	3 000
Gáz, hő és villamos csatlakozások	eFt	30 000	35 000	40 000
Kémény	eFt	10 000	12 000	14 000
Építészeti	eFt	20 000	22 000	24 000
Szállítás, szerelés, egyéb	eFt	20 000	23 000	26 000
Abszorpciós hűtőgép	eFt	50 497	88 194	154 689
Abszorpciós hűtőgép teljesítménye	kW	514	1 028	2 056
<i>Szumma költség</i>	<i>EUR</i>	<i>241 997</i>	<i>377 194</i>	<i>599 689</i>
Fűtési energia termelés				
Éves átlagos fűtési kihasználtság	%	85,0%	84,4%	70,4%
Éves fűtési üzemidő	nap	197	197	197
Éves termelt villamos energia	MWh	2 009	3 992	6 660
Éves termelt hőenergia	GJ	8 440	14 828	24 324
Éves gázfogyasztás	m ³ /év	591 027	1 038 409	1 703 380
Hűtési energia termelés				
Hűtési hőfogyasztás	kWh/év	561 204	1 122 408	2 106 384
Működési óraszám	h/év	962	1 088	1 038
Villamos energia termelés	MWh	481	1 088	2 076
Éves termelt hidegenergia	kWh/év	296 747	670 977	1 280 857
Éves gázfogyasztás	m ³ /év	141 480	282 960	531 021
Kiadások				
Földgáz költség	eft/év	86 681	156 364	264 408
Karbantartás	eft/év	10 460	21 333	36 693
Egyéb költség	eft/év	9 500	10 200	11 000
<i>Költségek összesen</i>	<i>eFt/év</i>	<i>106 641</i>	<i>187 897</i>	<i>312 101</i>
Bevételek				
Villamos energia	eft/év	67 244	137 138	235 886
Hő (földgáz kiváltása esetén)	eft/év	29 974	52 663	86 387
Hő (távhő kiváltása esetén)	eft/év	27 852	48 934	80 270
Hűtési energia	eft/év	2 671	6 039	11 528

		500 kW _e	1000 kW _e	2000 kW _e
<i>Bevételek összesen (földgáz)</i>	<i>eft/év</i>	<i>99 889</i>	<i>195 840</i>	<i>333 800</i>
<i>Bevételek összesen (távhő)</i>	<i>eft/év</i>	<i>97 766</i>	<i>192 111</i>	<i>327 683</i>
<i>Nyereség (földgáz)</i>	<i>eft/év</i>	- <i>6 753</i>	<i>7 943</i>	<i>21 699</i>
<i>Nyereség (távhő)</i>	<i>eft/év</i>	- <i>8 875</i>	<i>4 214</i>	<i>15 582</i>
<i>Egyszerű megtérülési idő (földgáz)</i>	<i>év</i>	- <i>35,8</i>	<i>47,5</i>	<i>27,6</i>
<i>Egyszerű megtérülési idő (távhő)</i>	<i>év</i>	- <i>27,3</i>	<i>89,5</i>	<i>38,5</i>

3. táblázat - Gázmotorok trigenerációs alkalmazásának vizsgálata



2. diagram - A különböző méretű gázmotorok hőkihasználása – trigeneráció

A fentiekben számított megtérülési idők számításakor meghatározott **beruházási költségek nem** tartalmazzák az épületek közti csővezeték kiépítésének költségét és az épületekben lévő gépészeti berendezések árát.

2.4 Biomassza [3]

A különböző megújuló energiaforrások felhasználásán belül a legnagyobb részaránnyal a biomassza felhasználás bír. A biomassza, mint energiaforrás, három csoportra osztható. Az elsődleges, növényi eredetű biomasszák közé soroljuk a mezőgazdasági termények melléktermékeit, hulladékait (pl. napraforgó, szalma, kukoricaszár, stb.), az erdőgazdasági, erdészeti melléktermékeket (gally, kéreg, stb.), illetve az energetikai célra termesztett növényeket. A másodlagos biomasszák közé tartoznak az állattenyésztés fő- és melléktermékei, hulladékai (pl. állati eredetű trágya). A harmadlagos biomasszák csoportjába tartoznak a biológiai anyagokat feldolgozó ipar termékei, az egyes települések szerves hulladékai.

A biomassza energetikai hasznosítása történhet közvetlen hőhasznosítás útján (szilárd biomassza) hő- és villamos energiatermelés céljából, folyékony energiahordozók elégetésével biomotorhajtóanyagként, illetve biogáz égetésével szintén hő- és/vagy villamos energia termelésére. Ezek közül a legelterjedtebb kiaknázása ennek az energiaforrásnak a szilárd biomassza elégetése. Épületek energiaellátása esetén is leginkább ez a módszer jöhet számításba. A felhasználható tüzelőanyagok fajtáinak választéka meglehetősen széles (pellet, brikett, energianövények, stb.). Fűtőértékük, tüzelési tulajdonságaik igen változóak lehetnek, kiválasztásukkor pedig ezeken túlmenően további fontos szempont elérhetőségük az adott helyen (a biomassza tüzelés kedvező környezeti hatása jelentősen lecsökkenhet a nagy szállítási távolságok miatt).

A biomassza tüzelés nagy előnye a többi megújuló energiához képest, hogy folyamatos jelleggel rendelkezésre áll (ellentétben például a szél-, illetve a napenergiával). A rendszer mérete széles teljesítményhatárok között megválasztható, segítségével akár hő- és villamos energia előállítására is lehetőség van. Hátrányai között megemlíthető, hogy a rendszer kialakítása során külön tervezést igényel a tárolás, ellátás kialakítása, a szállítás megoldása. A tárolótér igény nagyobb teljesítményeknél már igen jelentős is lehet (akár több száz m³), valamint odafigyelést igényel a biomassza szárazon tartása. Érdeemes a kiválasztott biomassza fajtahoz alternatív beszerzési forrást is keresni, illetve a tüzelőberendezést úgy megválasztani, hogy több fajta biomassza optimális eltüzelésére legyen képes, túlmelegedés, meghibásodás kockázata nélkül. Üzemeltetése kevésbé kényelmes, mint pl. a közműves rendszereké (távhő, földgáz tüzelés), illetve több hozzáértést is igényel. A biomassza kazánok ezen kívül nem tudják hatékonyan követni a fogyasztói hőigény változásait. Bár a legtöbb kazánt úgy alakítják ki, hogy akár 30%-os teljesítményen is képes üzemelni, ez nem jelent kedvező üzemállapotot, a hatékony és alacsony

károsanyag-kibocsátású biomassza tüzelés érdekében a biomasszát gyorsan kell elégetni magas hőmérsékleten. Erre a problémára megoldást jelenthet puffer tartály beépítése, vagy a biomassza kazánnak az épület alap fűtési igényre való méretezése mellett egy csúcsigényeket kielégítő, hagyományos kazán beépítése.

Mivel a tervezésre kerülő épületek fűtési igénye a nagyobb teljesítmény tartományokba esik ($> 150 - 250 \text{ kW}$), ezért a célszerűen választható berendezések faapríték, illetve bálátüzelésre alkalmas kazánok lehetnek. Mindenképpen számolni kell külön tároló épülettel, mozgatásra alkalmas gépekkel, automata adagoló berendezéssel, bála tüzelés esetén bálabontó, -aprító berendezéssel. Ezek jelentősen megnövelhetik a beruházási költségeket. A hőigény ingadozása a gazdaságosság szempontjából kedvezőtlen lehet.

Városligeti alkalmazási lehetőségek

Összefoglalva elmondható, hogy nem a biomassza tüzelés jelenti majd az ideális megoldást a múzeumok energia igényeinek fedezésére. A gazdaságosság vizsgálatánál számos tényező figyelembe vételére van szükség, gondos tervezésre, megtérülési számítások elvégzésére. A biomassza tüzelés továbbá helyi károsanyag-kibocsátással jár, mely bár jóval kisebb a fosszilis energiahordozókénál, azonban – különösen a Városligetben való elhelyezkedés miatt – a távozó égéstermék látványa nem túl szerencsés. Egy $\sim 3\text{-}5 \text{ MW}$ fűtési teljesítményű biomassza fűtőmű terület igénye $3000\text{-}6000 \text{ m}^2$, amely szinten a megvalósítás ellen szól. Pályázati támogatás, olcsó tüzelőanyag beszerzési lehetőség, Városligeten kívüli telepítés esetén lehet létjogosultsága, de ebben az esetben is jelentős kihívásokkal állíthatja szembe a tervezőt (pl. tárolási kapacitások kialakítása, a tüzelőanyag utánpótlásának beszállítása, stb.).

A területen keletkező biomassza (főleg zöldhulladék) magas nedvességtartalma miatt nem alkalmas tüzelésre. Ezen anyagok nem energetikai célú felhasználásával jelen tanulmány nem foglalkozik.

2.5 Szélerőenergia [3] [48]

Másik lehetőség a megújuló energiák hasznosítására a szélerőenergia felhasználása, melyből szél-turbinák segítségével forgási energia állítható elő, mely aztán generátorok segítségével elektromos energiává alakítható át. Számos különböző kialakítású szél-turbina létezik, melyek széles teljesítmény skálán mozognak. Tengelyük szerint lehetnek vízszintes, vagy függőleges tengelyűek, telepítésük szerint lehetnek szabadon állók, épület tetejére szereltek, vagy akár az épület szerkezetébe integráltak.



3. ábra – Épületbe integrált szélerőmű az Oklahomai Egészségügyi Kutatóközpont tetején

A szélerőenergia felhasználása világszerte leginkább ipari méretekben történik, emellett kezdenek elterjedni - akár napelemekkel kiegészítve - a családi és hétfégi házak számára történő áramellátásra alkalmas rendszerek is (háztartási méretű kiserőművek - HMKE). Ezeken kívül a szélerőenergia kiválóan alkalmas elszigetelt területek, valamint úszó járművek áramellátására is.

A megoldás nagy előnye, hogy helyben megtermelt villamos energiát biztosít, azonban telepítése során tisztában kell lenni azzal, hogy igen jelentős zajterhelést ró a környezetre, így ahol ez kerülendő, ott nem javasolt alkalmazása. Hátránya továbbá, hogy az építészeti arculat alkalmazkodására van szükség a szélkerekek elhelyezéséhez.

A hasznosításra legalkalmasabb helyek a megfelelően széles területek, pl. nagy egybefüggő mezős területek, vagy külföldön a tengerpartok környéke. A telepítés előtt szél-mérések szükségesek. A generátorok meghajtásához szükséges minimális szélerősebesség 2,5-5 m/s érték körül mozog (a

függőleges tengelyű szélkerekek esetében kevesebb, mint a vízszintes tengelyűeknél), előlött a kimenő teljesítmény a szélsébség közel harmadik hatványával nő. Túlságosan erős szél esetén a lapátokat és a tornyot kritikus mechanikai terhelés érheti, ezért biztonsági okok miatt 22-25 m/s szélsébség jelentkezése esetén a szélturbinákat leállítják.

Városligeti alkalmazási lehetőségek

Fentiekből következően jelen esetben a szélenergia hasznosítása nem nyújt igazán reális opciót, mivel sem szeles szabad terület nem áll rendelkezésre, illetve az áramigény sem kedvez a mai lehetőségeknek megfelelő szélenergia hasznosításra alkalmas rendszerek méreteinek (az ipari méretek egyértelműen nem jöhetnek szóba, a családi házaknál alkalmazott kis teljesítményű szélturbinák legnagyobbja is csupán 20 kW körüli, így maximum kiegészítő lehetőségként jöhet szóba). A beruházási költségek is igen magasak lehetnek az előállított áram mennyiségéhez képest.

2.6 Napenergia hasznosítási lehetőségek [3]

2.6.1 Napkollektorok

A napkollektoros rendszerek a nap hőjét víz melegítésére használják föl, ami a fűtési, vagy – főként – a használati melegvíz szükségleteket elégíti ki. Általában a tetőn kerülnek elhelyezésre a napkollektorok, a nap pedig az abban keringő folyadékot melegíti fel. Ezzel a folyadékkal aztán egy melegvíz-tartály vizét melegítjük, melyet tovább melegíthetünk igény esetén egy kiegészítő hőforrás alkalmazásával.

Többféle kialakítású napkollektor közül lehet választani, léteznek síkkollektorok, illetve vákuumcsöves kollektorok. Utóbbiak, bár vizuálisan kevésbé vonzóak, jobb éves hatásfokkal bírnak. Egyes adatok szerint a síkkollektoroknál átlagosan kb. 450-550 kWh, a vákuumcsöves kollektorok esetén pedig kb. 580-680 kWh energia nyerhető négyzetméterenként. A vákuumcsövesek további előnye, hogy magasabb vízhőmérsékletek érhetőek el vele, így akár fűtésre is alkalmas rendszerek is létrehozhatók. Hátrányuk azonban, hogy drágábbak, mint a síkkollektorok.

Telepítésük történhet nyeregtetőre, nyeregtetőbe integrálva, lapostetőre, homlokzatba installálva, valamint az ellátandó épület köré a földre helyezve. A legkedvezőbb kialakításhoz figyelembe kell venni a helyi adottságokat. Kreatív megoldás lehet a napkollektorok árnyékoló szerkezeteken való elhelyezése is.

Nem csupán családi házak, hanem nagyobb épületek használati melegvíz igényének előállítását is segíthetik bizonyos kialakítású napkollektoros rendszerek. A legegyszerűbb ilyen megoldás a már fentebb is említett módszer, ahol a napkollektorok által felmelegített közeggel fűtött melegvíz-tartályt tovább melegítjük még egy hőforrás beépítésével. Ezzel a megoldással egyben termikus fertőtlenítést is végzünk, mellyel a légionárius betegség kialakulását előzhetjük meg. Puffer tartály(ok) beépítésével elkerülhetjük a nagy vízmennyiség magas hőmérsékleten való tárolásából adódó folyamatos hőveszteségeket. Ezek a tartályok tárolják a melegvizet, mielőtt az a használati melegvíz tartályba kerülne, kiegészítő fűtés pedig már csak ebbe a tartályba kerül beépítésre. Gazdaságos lehet a napkollektoros rendszer recirkulációs rendszerrel történő kombinációja, melyet főleg nagyobb épületekben alkalmaznak.

Annak eldöntése érdekében, hogy érdemes-e alkalmazni ilyen rendszereket, először is meg kell határozni a felmerülő használati melegvíz igényt, illetve, hogy adottak-e egyáltalán a környezeti feltételek a napenergia hasznosításához (benapozottsági adatok, az új épületek árnyékoltságának vizsgálata).



4. ábra - Napkollektorok

Városligeti alkalmazási lehetőségek

Magyarország az északi mérsékelt övben, az északi szélesség $45,8^\circ$ és $48,6^\circ$ között található. A napsütéses órák száma megközelítőleg évi 2100 óra, a vízszintes felületre érkező napsugárzás hőmennyisége Budapesten hozzávetőleg $1200 \text{ kWh/m}^2\text{év}$. A napsugárzás csúcserőteke nyáron, a déli órákban, derült, tiszta égbolt esetén eléri, esetenként meghaladja az 1000 W/m^2 értéket.

A napenergia hozamokat és a gazdaságossági vizsgálatot a síkkollektorra vonatkozóan készítettük el. Ennek oka, hogy bár a vákuumcsöves kollektor jobb hatásfokkal bír és éves szinten kiegyenlítettebb teljesítményeket produkál, maximális napsugárzás esetén viszont a síkkollektor képes több energia hasznosítására. Éves szinten vizsgálva az átlagos termelési adatokat, illetve tekintve a beruházási költségeket elmondható, hogy a szelektív síkkollektor alkalmazása jobban megéri, mint a vákuum csöves technológia.

Jó rendszerméretezéssel és kialakítással az elérhető fajlagos hőtermelés a napkollektorok esetében $600 \text{ kWh/m}^2\text{év}$.

Várhatóan mind az épületek tájolása is optimális lesz, mind az előzetesen kalkulálható tetőfelületek elegendő méretűek lesznek ahhoz, hogy alkalmasak legyenek napkollektoros rendszer telepítésére, ugyanakkor komolyabb használati melegvízigény csak az Új Nemzeti Galéria, illetve a Néprajzi Múzeum esetén jelentkezik. Ebből kifolyólag csak ezeknél az intézményeknél vizsgáljuk a központi HMV termelést, melyekre a napkollektorok telepítése is történhet. A többi, kisebb épület esetén számított, csekély hőigény miatt a termelést helyi villanybojlerekkel oldjuk meg.

A napkollektorokat a teljes éves HMV igény 25-30%-ára méreteztük.

2.6.1.1 Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum

A becsült vízfogyasztásokból kiindulva meghatároztunk a használati melegvíz készítés hőigényét. Ez éves szinten **111 015 kWh**-ra adódott. Ennek egy részét napkollektoros rendszerrel biztosítva az alábbi táblázatban lévő eredményeket kaptuk.

Becsült kinyerhető energia – napkollektor	
Használati melegvíz termelés éves hőigénye	111 015 kWh/a
Becsült kollektor terület	43,3 m ²
A kollektorok darabszáma	26 db
A hőtermelés napkollektorok által megtermelt mennyisége	25 938 kWh/a
A hő napkollektorok által megtermelt hányada	25%

4. táblázat – Napkollektorok alkalmazása az Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeumnál

Az eredményekből látható, hogy a múzeum esetén a **HMV hőigény 25%-át 26 db kollektor** tudja megtermelni, melyek **együttes abszorberfelülete 43,3 m²**. Az építésztervek elkészülte után ezeken az értékeken, arányokon a beruházóval egyeztetve lehet változtatni, vagyis a kollektorokkal előállított használati melegvíz arány változhat. A hőigényt 35°C-os hőmérsékletkülönbség mellett számítottuk ki.

A napkollektoros rendszerre a gazdaságossági vizsgálatot és a megtérülési időt a távhőhöz viszonyítva a következő táblázat mutatja.

Energetikai alapadatok		
Használati melegvíz termelés éves hőigénye	kWh/év	111 015
Beruházási költség		
Napkollektoros rendszer beruházási költsége	eFt	7 361
Tervezési-előkészítési költség	eFt	368
Szumma beruházási költség	eFt	7 729
Termelési adatok		
Éves termelt melegenergia	kWh/év	25 980
Kiadások		
Karbantartás	eFt/év	37
Költségek összesen	eFt/év	37
Bevételek		
Melegenergia	eFt/év	309
Bevételek összesen	eFt/év	309
Nyereség	eFt/év	272
Egyszerű megtérülési idő	év	28.4

5. táblázat – A napkollektorok megtérülési számítása az Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum esetében

2.6.1.2 Néprajzi Múzeum

A becsült vízfogyasztásokból kiindulva meghatároztunk a használati melegvíz készítés hőigényét a Néprajzi Múzeum esetén is. Ez éves szinten **41 404 kWh**-ra adódott. Ennek egy részét napkollektoros rendszerrel biztosítva az alábbi táblázatban lévő eredményeket kaptuk.

Becsült kinyerhető energia - napkollektor	
Használati melegvíz termelés éves hőigénye	41 404 kWh/a
Becsült kollektor terület	17,8 m ²
A kollektorok darabszáma	10 db
A hőtermelés napkollektorok által megtermelt mennyisége	10 680 kWh/a
A hő napkollektorok által megtermelt hányada	26%

6. táblázat - Napkollektorok alkalmazása a Néprajzi Múzeum esetében

Az eredményekből látható, hogy ez esetben a **HMV hőigényének 26%-át 10 db, ez összesen 17,8 m² abszorberfelülettel rendelkező kollektor** tudja megtermelni. Az értékek, arányok az építésztervek elkészülte után feltehetőleg változni fognak. Ezt azt jelenti, hogy a kollektorok segítségével előállított használati melegvíz arány is változhat. A hőigény számításánál 35°C-os hőmérsékletkülönbséget vettünk figyelembe.

Néprajzi Múzeum		
Energetikai alapadatok		
Használati melegvíz termelés éves hőigénye	kWh/év	41 404
Beruházási költség		
Napkollektoros rendszer beruházási költsége	eFt	3 026
Tervezési-előkészítési költség	eFt	151
<i>Szumma beruházási költség</i>	<i>eFt</i>	<i>3 177</i>
Termelési adatok		
Éves termelt melegenergia	kWh/év	10 680
Kiadások		
Karbantartás	eFt/év	15
<i>Költségek összesen</i>	<i>eFt/év</i>	<i>15</i>
Bevételek		
Melegenergia	eFt/év	127
<i>Bevételek összesen</i>	<i>eFt/év</i>	<i>127</i>
<i>Nyereség</i>	<i>eFt/év</i>	<i>112</i>
<i>Egyszerű megtérülési idő</i>	<i>év</i>	<i>28.4</i>

7. táblázat - A napkollektorok megtérülési számítása a Néprajzi Múzeum

2.6.2 Fotovoltaikus rendszerek

A fotovoltaikus modulok segítségével a napsütés közvetlenül egyenárammá alakítható. A napelemben, a félvezető anyagban a napenergia (fotonok) hatására elektronáramlás indul meg. A rendszer így áram-generátoros jellegű, szemben a „normál” hálózat feszültség generátoros jellegével.

Sok különböző típusú napelem van forgalomban, a legtöbb ezek közül szilícium alapú anyagokból készül. A monokristályos szilícium napelemek ugyan drágák, de ezek a leghatékonyabbak, hatásfokuk 15-18%-os, míg a polikristályos szilícium napelemek hatásfoka 13-16% körül alakul, ezek valamivel olcsóbbak. Az ezeken kívül elérhető típusok hatásfoka már csekélyebb, így például az amorf szilícium napelemeké 5-8%, a kadmium-tellurid napelemeké 6-9%. Ezek a vékonyrétegű típusok - melyek esetében a félvezető réteget kémiai vagy fizikai lecsapatással viszik fel üveg, vagy egyéb felületre - felszerelhetők egyaránt kemény és rugalmas anyagokra is, ezért ideálisak például ívelt felületekhez. Bár a vékonyrétegű típusok rosszabb hatásfokkal bírnak, viszont a napelem táblák sokkal könnyebbek ennél a típusnál, ezért külön tartószerkezet nélkül, gyakorlatilag bármilyen tetőszerkezetre, homlokzatra rögzíthetők, míg a kristályos rendszerek nehezek, alkalmazásuk esetén statikai méretezés szükséges. Léteznek még

egyéb típusok is, de ezek bár olcsók, csupán 2-5% hatásfokkal bírnak (pl. szerves festék alapú napelemek, szerves anyagokból készült napelemek).

A (részben az EU által) támogatott projektek miatt, a napelemes rendszerek éves termelési volumene már jól megbecsülhető, a kidolgozott időjárási térképek és modellek segítségével. Erre jó példa a szintén EU által finanszírozott „Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps” webes modell, (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>) aminek segítségével Európán belül bárhol számolható - különféle tájolás függvényében - a bevitt a rendszer várható termelése.

A jobb hatásfokú, szilícium alapú (mono- és polikristályos) napelemekből épített déli irányba néző rendszer esetében 1 kW teljesítmény beépítése körülbelül 5-6,5 m² napelem felületet igényel, és ez évente 1000-1150 kWh-t termel, míg a vékony rétegű típusoknál 1 kW teljesítményhez 12 m² napelem felület szükséges, amivel évente nagyjából 1400 kWh termelhető. A kinyerhető energia függ a napsütés beesési szögétől, a fény intenzitásától, valamint a napelemre csatolt ellenállástól. A napelemek lehetnek fix, vagy napkövető kialakításúak. Utóbbiakkal sokkal nagyobb teljesítmény érhető el.

A technológia korai szakaszában a napelemekkel megtermelt energiát akkumulátorokban tároltuk, mert ebben az időszakban napelemet csak hálózati infrastruktúra hiányában érte meg használni. A technológia fejlődésével, illetve a beruházási költségek drasztikus (és folyamatos) csökkenésével napelemet már érdemes telepíteni meglévő hálózati infrastruktúra mellett is. Ilyen esetekben a napelemek működhetnek szigetüzemben (hálózati szinkron nélkül), valamilyen célrendszer működtetésére, vagy legújabbán a kettős konverziós UPS rendszerek DC köréhez kapcsolva. Illetve működhetnek szinkron üzemben is hálózattal. Szinkron üzemben is megkülönböztetünk két tervezési esetet: az egyik, amikor nem számítunk kitáplálásra, vagyis a megtermelt villamos energiát a fogyasztási helyen biztosan elfogyasztjuk (a múzeumok esetén erre számítunk), illetve a másik, amikor a beépített napelemes rendszer kapacitásából adódó teljesítményt nem tudjuk a helyszínen felhasználni, ezért betápláljuk a hálózatba.

A napelemek kiválasztása során érdemes odafigyelni, hogy milyen cégháttérrel rendelkezik az adott gyártó. A nagyobb múlttal rendelkező, 25-30 éve a piacon lévő cégekben jellemzően megbízhatunk, ezek a napelemekhez használt szilíciumot saját maguk kristályosítják, míg az ismeretlen, főleg a nem régóta a piacon levő társaságok a szilíciumot különböző forrásokból beszerezve, összeszerelő üzemekben létrehozott paneleket árusítanak, melyek minősége nem

minden esetben megfelelő, a gyártási technológia még általában kiforratlan. Az inverterek kiválasztása hasonló körülmények között igényel, jellemzően az osztrák és a német minőség beépítése javasolt. Sok cég biztosít 25-30 éves teljesítménygaranciát napelemeire, mely azt ígéri, hogy a napelem ennyi idő múlva is a teljesítménye legalább 80%-át biztosítani tudja, azonban ennek kevés a jelentősége, mivel ennek a teljesítménynek a mérése laboratóriumi feltételek mellett kell, hogy történjen, így ha a napelemeket később be akarnánk vizsgáltatni, azokat le kéne szerelni a telepített helyükről. [4]

Nagy előnye a napelemeknek, hogy számos helyre telepíthetők, – hasonlóan a napkollektorokhoz – kerülhetnek a tetőre (nyereg- és lapostetőre egyaránt) – a tetőszerkezet terhelhetőségének figyelembevételével, az épülethomlokzatra, üvegtető szerkezetekre illetve árnyékoló szerkezetekre. Az épület szerkezetébe is integrálhatók, kiváltva a hagyományos építőelemeket (pl. tetőcserép), így segítve a költségek csökkentését.

A napelemes rendszerek telepítését sokszor a viszonylag magas költségek korlátozzák, azonban a PV rendszerek beruházási ár/kW mutatója - a fejlődő gyártástechnológia (tömeggyártás) és a hatásfok emelkedése (folyamatos fejlesztések a félvezető anyagokban) miatt – folyamatosan csökken, jelenleg hozzávetőleg nettó 400-600 eFt/kW körül alakul, mely érték a múzeum épületek kivitelezésekor már valószínűsíthetően még kisebb lesz. További határt szabhat az esetleges meglévő, illetve jövőbeni szomszédos épületek, fák árnyékoló hatása. Gondos tervezés, pozicionálás szükséges az optimális eredmények eléréséért. Gondolni kell a könnyű és biztonságos megközelíthetőségre tisztítás, valamint karbantartás céljából.

A napelemek teljesítménye az idő múlásával csökken, így a termelés a 10. évre ~ 90 %-ra; a 25. évre 80%-ra romlik. A rendszerek várható élettartalma 25-35 év.

Az élettartamuk végén sem kell aggódni, hogy mit kezdjünk a hulladékkal. A mai népszerű és elterjedt ún. polikristályos napelemekben már nincs mérgező anyag. A vékony-réteges technológia egyes típusaiban volt rákkeltő kadmium, de ezek már nem terjednek, gyártásuk jelentősen megcsappant amikor a kristályos napelemek ára és gyártási költsége lecsökkent. A napelemek újrahasznosítása a következő módon zajlik: először a modulokat szétbontják, majd eltávolítják az üveget és a fém keretet, melyek minden további nélkül újra feldolgozhatóak. A szendvicsszerűen, különböző műanyag fóliák közé laminált szilícium cellák újrafeldolgozására egy termikus eljárást dolgoztak ki. Ennek lényege, hogy 450 fokos, folyékony halmazállapotban levő finom szemcsés homok ágyba teszik az említett laminátumot. Ebben a berendezésben kétféle dolog történik.

Egyrésztől elégnek és elpárolognak a műanyag rétegek (ethylene vinyl acetate, vagy EVA), másrésztől lemaródik a szilícium ostyákról a bevonati réteg, így a cellákban levő szilícium alapanyag megtisztítva és elkülönítve rendelkezésre áll újabb cellák gyártására. Összefoglalva tehát mindössze csak a vékony műanyag fóliák vesznek kárba az újrahasznosítás során. [47]

A lehetséges magas költségek, illetve az alapos átgondolás, tervezés szükségessége ellenére mindenképpen javasolt megvizsgálni a napelemek telepítésének lehetőségét.

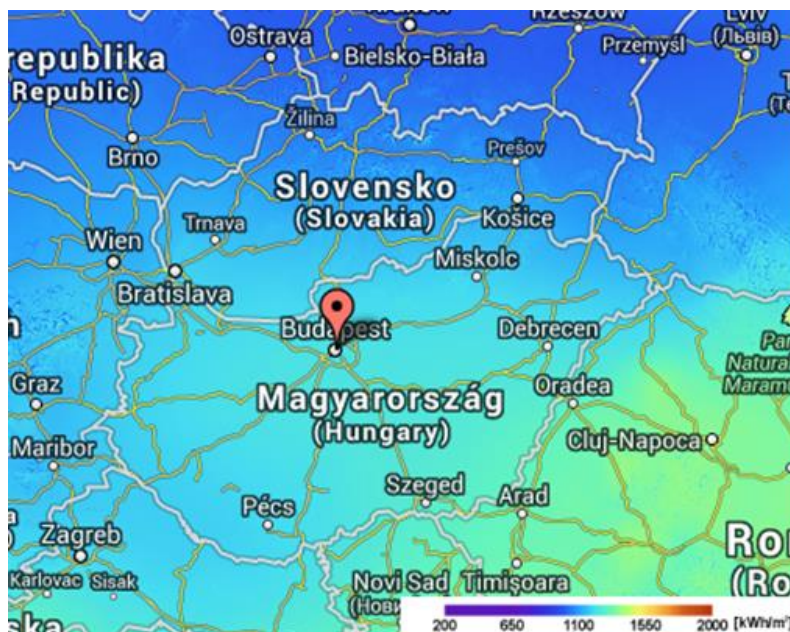


5. ábra - Napelemes alkalmazás

Városligeti alkalmazási lehetőségek

A napkollektoroknál már ismertetett sugárzási adatok alapján a projekt helyszíne alkalmas napelemek telepítésére. A napelemek telepítését az épület tetejére feltételeztük. A rendszer üzeme hangtalan.

Az elérhető fajlagos energiatermelés 1 kW beépített teljesítményre napelemek esetében 1090 kWh/a. A számításhoz a PVGIS rendszert használtuk (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>):



6. ábra - A Magyarországon napelemekkel megtermelhető villamos energia mennyisége (kWh/ m²a)

Az 50 kW alatti méretben a naperőmű, mint háztartási erőmű telepíthető. A naperőmű egy ad-vesz mérőn keresztül csatlakozik a villamos hálózatra. A termelt áram a vásárolt energia mennyiségét csökkenti, többlet termelés esetén a villamos hálózat veszi fel a felesleges villamos energiát. Jelen projekt tervezése során felülvizsgálandó az ad-vesz mérő szükségessége, mivel előzetes becsléseink szerint nem várható a napelemes rendszerek többlettermelése.

A napelemek telepítéséhez szükség van a helyi áramszolgáltató írásbeli engedélyére, mellékelni kell részükre a tervezett napelemes rendszer konkrét tervezetét, műszaki adatait, dokumentációit. Feltétel még, hogy a villamos hálózat alkalmas legyen a termelt áram fogadására. A vonatkozó szabályozások a 7. fejezetben kerülnek bővebb kifejtésre.

2.7 Hőszivattyú [5], [6], [7]

A hőszivattyúk a környezetben rejlő energiákat hasznosítják, segítségével az energiahordozó közegből alacsony hőmérsékleten kinyerhető energia – többnyire mechanikai munka ráfordítással – magasabb hőmérsékleten egy másik energiahordozónak adódik át. Elektromos energiát nem lehet velük termelni, de a fűtéshez, valamint vízmelegítéshez felhasznált fosszilis energiahordozók kiváltására kiválóan alkalmasak.

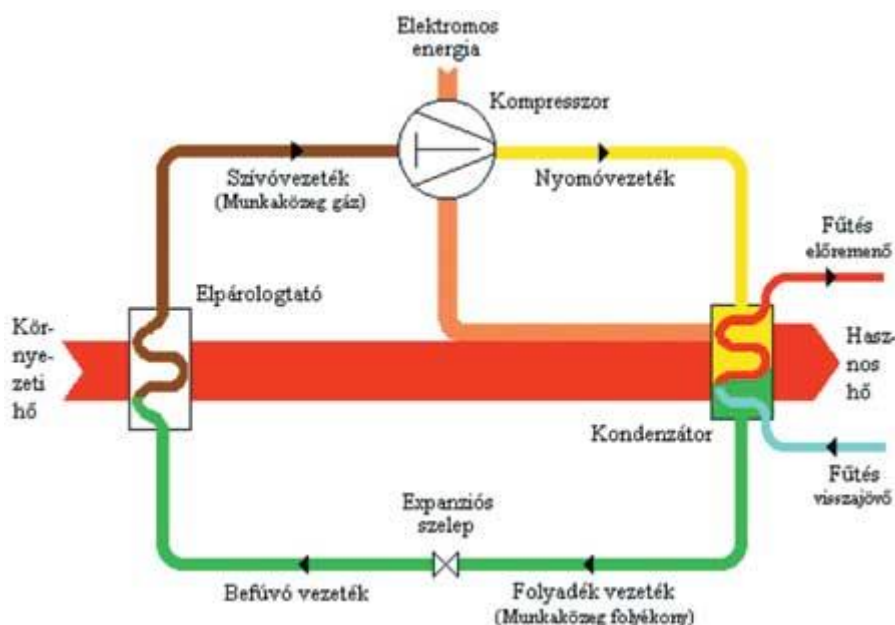
A kompresszor meghajtása villamosmotorral, belsőégésű motorral, vagy nagy teljesítményű berendezéseknél gőz- ill. gázturbinával lehetséges. Léteznek abszorpciós hőszivattyú rendszerek is, ahol mechanikai munka helyett hőt viszünk be a rendszerbe, de ezek nem igazán terjedtek el magas beruházási költségüknek köszönhetően. Manapság a legnépszerűbb megoldás a villamosmotorok alkalmazása, azok egyszerűségénél, jó szabályozhatóságánál, széles teljesítménysávban gyártott típus sorozatok rendelkezésre állásánál fogva.

A segédenergia szükségletet kielégítő primer energia jóval kevesebb, mint amennyit hőszivattyú alkalmazása nélkül, hagyományos módon használnánk fel. Ennek jellemzésére szolgál a COP érték (Coefficient of Performance), mely a hőszivattyú által leadott hőteljesítmény és a meghajtáshoz felhasznált villamos teljesítmény hányadosa. Utóbbinál azoknak a segédberendezések (pl.: keringtető szivattyú) teljesítményét is figyelembe vesszük, amik egyébként nem tartoznak a hőszivattyús alap körfolyamathoz, de a rendszer részét képezik.

Ennek értéke a leggyakrabban használt berendezések esetében 3,5 - 5,5, azaz 1 kWh villamos energia felhasználásával 2,5 - 4,5 kWh hő nyerhető a hőforrásból, a hasznosítható hő tehát 3,5 - 5,5 kWh.

A COP értékhez nagyon hasonló az ϵ teljesítménytényező, ennél azonban a villamos teljesítménybe nem számítjuk be a segédberendezések teljesítményigényét.

A hőszivattyú jellemzésére manapság már számos tényező elterjedt. Ezen értékek közül rendszerünkről a legtöbbet az éves munkaszám mondja el – amely a rendszer által előállított éves hőenergia és az egész évben felvett villamos energia hányadosa (a segédberendezések villamos igényét is beleértve) –, mivel mind a teljesítménytényező, mind a COP érték csak egy meghatározott munkapontra érvényes, csak az adott időpontbeli teljesítményeket veszi figyelembe. A készülékek jellemzésére mégis a COP érték terjedt el, mely azonban nem teszi lehetővé a valós összehasonlítást.



7. ábra - A hőszivattyú működése

A 7. ábra a hőszivattyú működésének vázlatát mutatja. Azokat az energiahordozókat, melyek alacsony hőmérsékleten a hőenergiát szolgáltatják a hőszivattyú körfolyamathoz, hőforrásoknak, amelyek pedig magasabb szinten a hőt felveszik, hőfelvevőknek nevezzük. A hőforrás oldala a primer oldal, a szekunder oldal pedig amely a hőt felveszi.

A körfolyamatban a hőforrás az elpárolgatóhoz kapcsolódik. Az elpárolgatóban a folyékony hűtőközeg (mely kellőképpen alacsony forrásponttal rendelkezik), a hőforrásból elvont hő hatására elgőzölög.

Az elpárolgott hűtőközeget ezt követően a kompresszor elszívja, és magasabb nyomásra sűríti. Az ehhez szükséges hajtóenergia egyben a hűtőközeg gőzhőmérsékletét is megnöveli.

A hűtőközeg megnövelt nyomású gőze a kondenzátorba jut, ami a hőfelvevőként szolgáló energiahordozóval van kapcsolatban. Ennek hőmérséklete kisebb, mint a hűtőközeg nyomás által megnövelt kondenzációs hőmérséklete. A gőz kondenzációja során felszabaduló hőenergia így a hőfelvevő közegnek adódik át.

Innen a hűtőközeg az expanziós szelepbe kerül, ahol a nyomás az alacsony elpárolgató nyomásra csökken, és a közeg ismét bekerül az elpárolgatóba. A kezdeti nyomás és hőmérséklet elérésével a körfolyamat be is zárul.

A hőszivattyú hűtésre is alkalmas, ilyenkor a folyamat megfordításával a fűtésnél hőforrásként használt energiahordozónak adjuk át a helyiségekből elvont hőt.

A hőszivattyúk műszaki szempontból bármely ismert fűtési rendszerrel összekapcsolhatók. Mind műszaki, mind gazdasági nézőpontból akkor lesz hatékony a rendszer, ha a hőforrás minél nagyobb hőmérsékleten áll rendelkezésre, a fűtési rendszer tervezési hőmérsékletei azonban minél alacsonyabbak. A legkedvezőbb a padló- és falfűtés, ezt követi a fan-coilok használata, végül pedig a radiátoros fűtés. A fűtési kör előremenő hőmérsékletének vannak bizonyos korlátai, ez a hagyományos kivitelű hőszivattyúk esetében 55 °C, azonban a kutatásoknak és fejlesztéseknek köszönhetően már kaphatók megnövelt előremenő hőmérsékletű hőszivattyúk is, melyek akár 65°C-os fűtővíz készítésére is alkalmasak. A technológia hőforrás oldali korlátja 25-26°C körül van, növelt hőmérséklet esetén 36-37°C lehet.

Ha kombinálni szeretnénk a hőszivattyús rendszert más fűtési rendszerrel, akkor erre remek lehetőség a használati melegvizet előállító napkollektorokkal történő együttes működtetés.

A hőszivattyú használható használati melegvíz készítésre is. Mivel az előállítandó hőmérséklet viszonylag magas (kb. 60°C-ra szükséges a tárolt vizet felmelegíteni, a legionella baktérium megjelenését elkerülendő), ezért a HMV készítés hatékonysága alacsonyabb. Sok olyan hőszivattyú kapható már, amelybe be vannak építve a melegvíz előállítására alkalmas berendezések.

A hőszivattyúkra vonatkozó szabványok rögzítik a hőforrások/hasznos hőhordozók elnevezéseit. Így a következő típusokat különböztetik meg:

Meleg vizes fűtésnél:

- levegő/folyadék hőszivattyú
- folyadék/folyadék hőszivattyú

Meleg levegős fűtésnél:

- levegő/levegő hőszivattyú
- folyadék/levegő hőszivattyú

A levegő/folyadék (levegő/víz) típusú hőszivattyú hőforrásként a levegőt használja, amelyből a kinyert hőt a hűtőfolyadék a kondenzátoron keresztül adja le a fűtőkörben keringő víznek. A

fűtővíz a fűtési rendszer kialakításától függő hőleadókon keresztül fűti az épületet, a hasznosítás során lehűlt levegő pedig a szabadba távozik.

A folyadék/folyadék típusnak kétféle kialakítása létezik, a nyitott (víz/víz) és a zárt rendszer (hűtőközeg/víz). A nyitott rendszer a talajvizet használja hőforrásként, a zárt rendszer pedig a talaj hőjét nyeri ki. A talajvíz alkalmazása esetén a rendszer COP értéke kedvezőbb, mint a talajhőt vagy a levegőt használó kialakításoknál, mivel a hőforrás ekkor viszonylag magas és az év során közel állandó hőmérsékleten van jelen. Ügyelni kell azonban arra, hogy a víz ne károsítsa a csőrendszert illetve a hőszivattyú hőcserélőjét, így annak tisztaságát szűrővel biztosítani kell.

A levegő/levegő típusba tartoznak a hőszivattyús fűtőüzemű ablak- és helyiségklíma-készülékek (kompakt és split). Ezek két részből tevődnek össze. A beltéri egység, mely egy hőcserélőből és egy ventilátorból áll, a helyiség levegőjének a hőmérsékletét hűti vagy fűti. A kültéri egység egy kompresszorból, egy hőcserélőből, egy expanziós szelepből és egy ventilátorból áll. Egyszerű és gyors kivitelezést tesz lehetővé.

A folyadék/levegő (víz/levegő) hőszivattyúk hőforrásoldalának kialakítása a folyadék/folyadék típushoz hasonlóan történik. Alkalmas meleg és hideg levegő előállítására egyaránt, valamint a használati melegvíz készítés is megoldható vele.

Annak függvényében, hogy milyen a kollektor oldal, beszélhetünk termálvizes, levegős, geotermikus, stb. hőszivattyúkról.

Felhasználói oldalról megkülönböztethetünk komfort, hűtő és fűtő hőszivattyúkat, és csak fűtő hőszivattyúkat.

Néhány (jellemzően a csak fűtő) hőszivattyún egy mellékkört építenek ki a használati melegvíz termeléshez. Nagyobb teljesítményigény esetén a HMV készítést külön hőszivattyú végzi. Manapság már technológiai vizek előállítására is alkalmaznak hőszivattyúkat.

Arra a kérdésre, hogy melyik hőforrás alkalmazása a legjobb, nem lehet általános érvényű választ adni. A kiválasztásnál minden rendelkezésre álló hőforrás gazdaságosságát meg kell vizsgálni, a döntés pedig a helyi adottságokon és a fogyasztói igényeken alapul. Mindenképp ügyelni kell arra, hogy a választott hőforrás hőmérsékletszintje nagy legyen, és az év minél nagyobb részében rendelkezésre álljon. A méretezésnél szintén előnyös, ha ez a hőmérsékletszint közel állandó. A leggazdaságosabb megoldás, ha hőszivattyú tudja biztosítani mind a teljes fűtési, mind a teljes

hűtési igényeket. Természetesen az is fontos, hogy lehetőség szerint olcsón igénybe lehessen venni. Ezek az általános szempontokon túl az adott környezet szabja meg a további feltételeket.

2.7.1 Levegő/víz hőszivattyú [41], [42]

A levegő hőjét hasznosító hőszivattyúk közül két típus is van: az egyik hőforrása a környezeti levegő, a másiké pedig az épületek elszívott levegője.

A környezeti levegőnél ügyelni kell arra, hogy a léghőmérséklet csökkenésével a fűtőtéljesítmény is csökken, romlik a hőszivattyú hatékonysága. Ha a külső levegő hőmérséklete nagyon mélyre zuhan, akkor a hőszivattyú előremenő hőmérséklete is lecsökken, s ekkor csak helyes méretezés esetén képes ellátni a feladatát. Az alacsony előremenő hőmérséklet inkább felületi fűtésnél lehet elegendő, a radiátoros rendszerek számára ez kevésnek bizonyulhat. A jégképződésre szintén figyelni szükséges és a hőcserélők leolvasztásáról gondoskodni kell. Ugyanakkor a statisztikák szerint ilyen szélsőséges hőmérsékletek Európa nagy részén nem fordulnak elő olyan gyakran a tél folyamán. A téli átlaghőmérsékletek Magyarországon -5 és $+5$ °C közé esnek.

Nemcsak a külső levegő hőjét visszanyerő berendezések használatosak, hanem az épületekből távozó levegő hőtartalmát visszanyerő hőszivattyúk is. Az épületek egyre jobb szigetelésének velejárója az épület fűtési energiaszükségletében a szellőzési veszteségek arányának növekedése. Az elszívott levegő hőjének hasznosításával a fűtési költségek csökkenthetők.

A többi hőszivattyúval szemben a legnagyobb előnye, hogy engedélyezés csak ritka esetben szükséges hozzá (csak ha megváltoztatjuk az épület külső képét, statikailag beavatkozunk, vagy megbontjuk az épület szigetelését). Másik nagy előnye, hogy igen egyszerűen felszerelhető. Emiatt a telepítése is olcsóbb, mint a legtöbb rendszeré. Hátránya azonban, hogy a különböző hőszivattyú típusok közül ennek a legrosszabb a COP értéke.

Mivel ezek a berendezések kint kerülnek elhelyezésre, ezért fontos odafigyelni a zajterhelésre is. A berendezés elkeríthető különböző olyan falakkal, felületekkel, melyek akusztikailag a gép(ek) hanghatásait mérséklék, illetve meg is szűntetik. Vannak már azonban olyan berendezések is, melyekhez kimondottan csendes üzemű ventilátort fejlesztettek ki.

Városligeti alkalmazási lehetőségek

Levegő-víz hőszivattyú hőforrásként felhasználható lehetne a Városliget területén haladó M1-es metró szellőző levegője. Ez a lehetőség energetikailag kedvezőbb eredményeket mutatna, mint a hőforrásként általában jelentkező, ingadozó külső hőmérséklet, a COP értéke ugyanis magasabb lesz magasabb hőmérsékletű hőforrás esetén. Így a metró közel állandó hőmérsékletű szellőző levegőjének felhasználásával a levegős hőszivattyúk egyik nagy hátrányát lehetne kiküszöbölni, hiszen ez esetben a külső hőmérséklet csökkenésével nem csökkenne a berendezés hatékonysága.

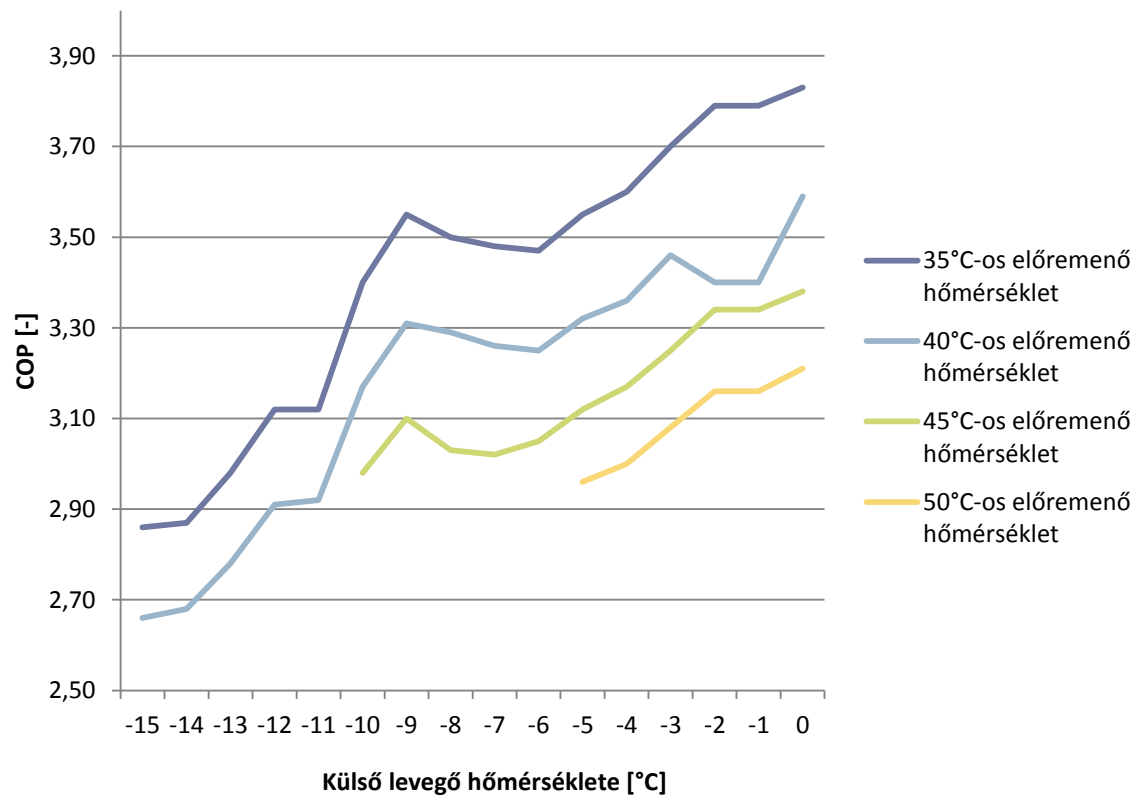
A szellőző levegő hőmérsékletét nagyjából 20°C-osra lehet becsülni, ami azt jelenti, hogy az év egészében 20°C-os hőforrás rendelkezésre áll. Ebből az következik, hogy a levegő-víz hőszivattyú COP-je is egész évben képes például egy talajszondás hőszivattyú COP értékeit produkálni.

Bekerülési költség szempontjából is kedvezőbb lenne a metró szellőző levegőjére telepített levegő-víz hőszivattyú, mint egy talajszondás rendszer, ugyanis a jelentős mértékű geotermikus szonda fúrási költségekkel nem kell számolni a levegő-víz hőszivattyú esetén.

A Városliget területén futó metróvonal a tervezett, új múzeumoktól akkora távolságban fut, hogy szellőző levegőre telepített levegős hőszivattyú alkalmazása ezen intézmények esetén nem javasolt.

Napjainkban már nagy teljesítményű, akár 164 kW fűtési és 148 kW hűtési teljesítményű levegős hőszivattyúkat is forgalmaznak a gyártók. Ezek a berendezések -15°C-os külső hőmérsékletig 60°C melegvíz termelésére képesek. 65°C -os vizet pedig -10°C-os külső hőmérsékletig tudnak termelni. Üzemképességük határát általában a -20°C-os külső hőmérséklet jelenti. Például fűtésekor 7°C környezeti levegő hőmérséklet és 45/40°C vízhőmérséklet esetén a COP 3,24. Hűtés esetén 2,81 a COP, amennyiben a környezeti levegő hőmérséklet 35 °C, a hűtővíz hőfoklépcsője pedig 7/12°C.

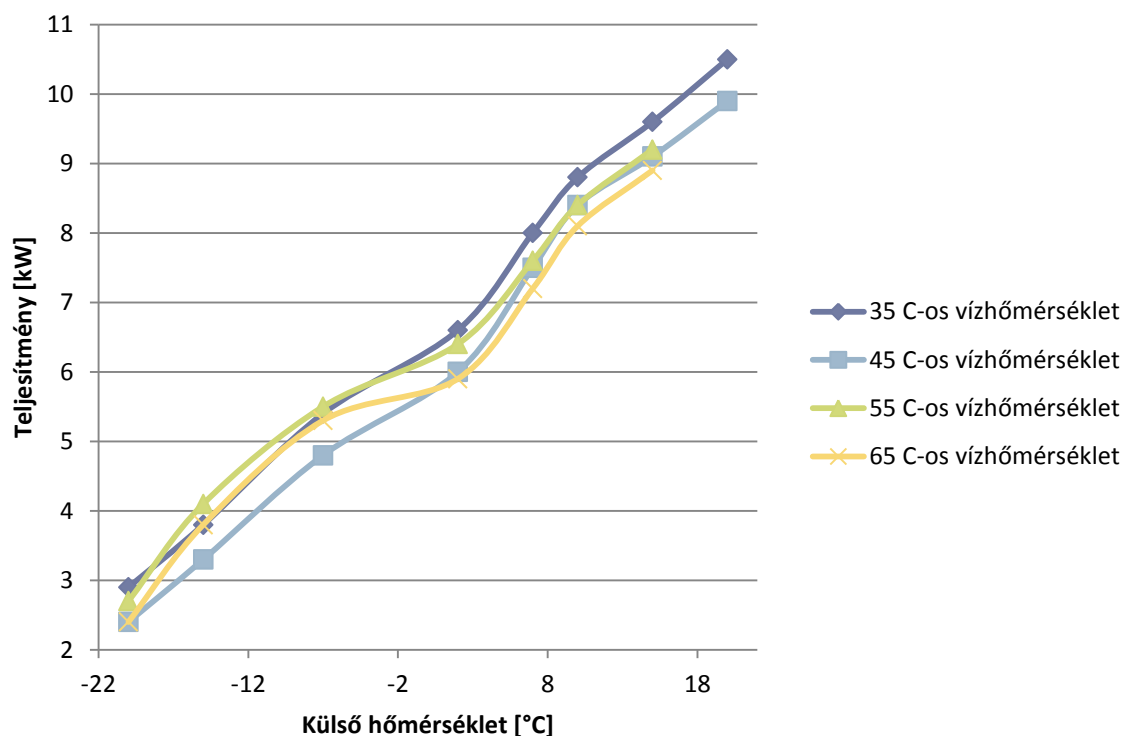
Az alábbi diagramon egy levegő-víz hőszivattyú COP értékének alakulását látjuk a külső hőmérséklet függvényében, példaként egy 47 kW-os berendezés esetén:



3. diagram - A hőszivattyúk hatásfoka a külső levegő függvényében

A levegő-víz hőszivattyúk alkalmazásakor nemcsak a COP értékének csökkenését, hanem a teljesítmény csökkenését is figyelembe kell venni.

Az alábbi diagram a teljesítmény változását mutatja a külső hőmérséklet függvényében. A diagram a változást példaként egy 10 kW-os berendezésre vonatkozóan szemlélteti.



4. diagram - A hőszivattyúk teljesítménye a külső levegő függvényében

A görbékéből jól leolvasható, hogy a maximális teljesítmény a felére, vagy akár a harmadára is csökkenhet alacsony külső hőmérséklet esetén. Ez felveti az üzembiztonság miatt túlméretezés kérdését, mely drágítaná a beruházást, növelné az üzemeltetési költségeket és a megtérülést.

A levegő-víz hőszivattyú alkalmazása joggal merülhet fel, hiszen Budapest esetén a téli átlaghőmérséklet +4°C, amiből arra lehet következtetni, hogy egész évre tekintve a hőszivattyú COP értéke elfogadható lenne. A fajlagos energiaköltségek vizsgálata az alábbi táblázatban látható, egy 3,7-es COP-val rendelkező levegő-víz hőszivattyú földgázhoz, illetve a távhőhöz viszonyított fajlagos energiaköltségét mutatja.

	Hőszivattyú		Földgáz		Távhő	
Bevitt energia egységára	27	Ft/kWh	3,43	Ft/MJ	3300	Ft/MJ
Megtermelt energia egységára	7,3	Ft/kWh	11,76	Ft/kWh	11,88	Ft/kWh

8. táblázat - Az egyes energiaforrásokból megtermelt energia egységára

Összességében elmondható, hogy ugyan a földgázzal, vagy akár a távhővel történő energiaellátás többbe kerülne, de a levegős hőszivattyú alkalmazása az energiaellátás bizonytalansága miatt csak

alternatívaként javasolt fontolóra venni abban az esetben, ha a megvalósuló koncepció valamely energiaforrása műszaki, gazdasági, vagy egyéb okokból kiesik.

2.7.2 Folyadék (hűtőközeg)/víz hőszivattyú (földhő hasznosítás)

A talaj a Nap által sugárzott hőt hosszú ideig képes tárolni viszonylag állandó hőmérsékleten. A napsugárzás a talaj legfelső 10-20 méterén befolyásolja a hőmérsékletet, 20 méter mélységtől kezdve már állandónak tekinthető, kb. 10 °C. Az eső és az eső által felmelegített talajvíz segítségével a Nap hője akár 100 méternél is mélyebbre eljuthat. Ha ennél mélyebbre helyezzük a szondákat, akkor azok már a geotermikus energiát hasznosítják, mely a Föld belsejéből áramlik. Ez a hő a Föld magjának hőközléséből, valamint természetes radioaktív izotópok bomlásából származik.

Mivel a talaj hőmérséklete a fűtési időszak során közel állandónak tekinthető, ezért kiválasztható egy olyan rendszer, ami önmagában elég a fűtési hőigény fedezésére, és nem igényel kiegészítő fűtést. Ez gazdaságos és energetikailag is kedvezőbb rendszer kiépítését teszi lehetővé. Ennek ellenére javasolt egy elektromos fűtőbetétet is betervezni, egyrészt biztonsági okból, másrészt tartalékképzés szempontjából.

A talaj hőjének kinyerésére többféle kialakítás használatos, de a két leggyakoribb: a talajszondás (vertikális) és a csőkígyós (horizontális) kivitel.

A vízszintes kollektoros rendszert 1,2-1,5 m mélységben fektetik le, a fagyhatár alatt. A 20, 25 vagy 32 mm átmérőjű csövek 0,5-0,8 m távolságban helyezkednek el. A kollektorok hőelvonási teljesítménye a talaj nedvességtartalmától függ, átlagosan 25 W/m² körül van. Hátránya, hogy nagy területet kell megbontani a csőhálózat lefektetéséhez (a tapasztalatok szerint egy családi háznál a kollektor területigénye a lakóterület egy-kétszerese), ezért inkább újépítésű házaknál alkalmazzák ezt a módszert – jellemzően kisebb rendszereknél - ahol a telekterület megfelelő méretű. Kivitelezése olcsóbb, mint a talajszondás rendszeré. A kollektor csöveket tartós műanyagból készítik, vagy azzal vonják be, így élettartamuk gyakorlatilag korlátlan.

Kisebbszerveknél legtöbbször kisebb telkek, illetve már meglévő épületek esetében alkalmazzák a talajszondás kivitel. Ezek általában 50-100 méter mélységben nyúlnak le. Ahhoz, hogy egy ilyen rendszer telepíthető legyen, először a talajviszonyokat kell részletesen megismerni (adottságok, rétegződés, talaj- és rétegvizek esetleges jelenléte). A gyakorlatban a szonda

hosszára számítva 50 W/m teljesítményt feltételeznek a tervezés során, de természetesen a talajból kinyerhető hőmennyiség nagymértékben függ a talaj minőségétől. A talajszondás rendszer gazdaságosan alkalmazható nagyobb rendszerek létrehozásakor is. Az optimális hatékonyság folyamatos üzem mellett érhető el, így a rendszer kiépítése ott a legmegfelelőbb, ahol folyamatos fűtési illetve hűtési igény merül föl.

Városligeti alkalmazási lehetőségek

A zárt függőleges földhőszondás hőszivattyús rendszer reális lehetőség a földhő hasznosítására a tervezési területen. Hátránya a termálvíz hasznosítással szemben, hogy kisebb hőmérsékletű a forrás oldal, viszont előnye, hogy fűtés mellett a nyári hűtési igényeket is képes ellátni. A környéken elvégzett geotermikus szondatesztek alapján végeztünk számításokat a rendelkezésre álló területekből kivehető fűtési és hűtési teljesítményre.

A kalkuláció elvégzéséhez a fűtési és hűtési éves munka legalább havi felbontása szükséges. Az alábbi értékeket (%) vettük alapul. Alapterhelés:

	Fűtés	Hűtés
Január	15,5%	-
Február	14,8%	-
Március	12,5%	-
Április	9,9%	5,0%
Május	6,4%	10,0%
Június	-	15,0%
Július	-	25,0%
Augusztus	-	25,0%
Szeptember	6,1%	15,0%
Október	8,7%	5,0%
November	11,7%	-
December	14,4%	-

9. táblázat - Az alapul vett éves fűtési és hűtési munka alapterhelése

A bevitt adatokat a kivitelezés előtt felül kell vizsgálni!

A kalkulációt a földhőszonda mezőre fűtési periódussal kezdtük.

A vizsgálathoz használt EED szoftver csomagot a Justus-Liebig Egyetem és a svéd Lund Egyetem Matematika-fizika kara közösen fejlesztette ki (Hellström&Sanner, 1994; Hellström et. al., 1997). Az EED alapját számos szoftver jelentette, amelyeket a Lund Egyetemen használnak.

Az EED segítségével meghatározható a szükséges földhőszonda hossz, távolság, mélység és elrendezés, valamint a földhőszondában keringetett hőhordozó közeg hőmérsékletének lefutása az előre beállított idő függvényében.

A felhasznált algoritmusok modell és paraméter tanulmányokból lettek levezetve numerikus modell szimulációval, egy analitikus megoldást eredményezve a hőáramlásra számos földhőszonda mintázattal és geometriával (g-funkció). Ezek a g-funkciók függenek a fűrólyukak távolságától a földfelszínen és a fűrólyukak talpán. A g-funkció értékei egy adat file-ban vannak tárolva, amelyek könnyen elérhetőek az EED adatbázisából. A szoftver input adatbázisát képezi a fűtési és hűtési igények havi értéke is. A fűrólyuk ellenállást számolja a program (vagy megadható a szondateszt révén) a fűrólyuk geometria, tömedékelő anyag, csőanyag alapján. A fűrólyuk/szonda elrendezés a szoftveradatbázisából választható ki, 798 alap kiosztásból választhatunk.

A hőközvetítő közeg hőmérsékletének alakulását a megadott peremfeltételek alapján számolta az EED program. A szimulációt 25 évre végeztük el úgy, hogy ebben az időintervallumban a hőközvetítő közeg hőmérséklete a megadott peremfeltételeken belül maradjon.

A hőmérséklet határok fűtési és hűtési üzemben a VDI 4640 alapján lettek felvéve:

- Hőközvetítő közeg havi átlaghőmérséklete télen a földhőszondában: nincs 0°C alatt (alapterhelésnél).
- Hőközvetítő közeg havi átlaghőmérséklete télen a földhőszondában: nincs -3°C alatt (csúcsterhelésnél).
- Hűtési üzemben az átlag hőmérséklet szonda oldalról (aktív hűtésnél): 30°C .

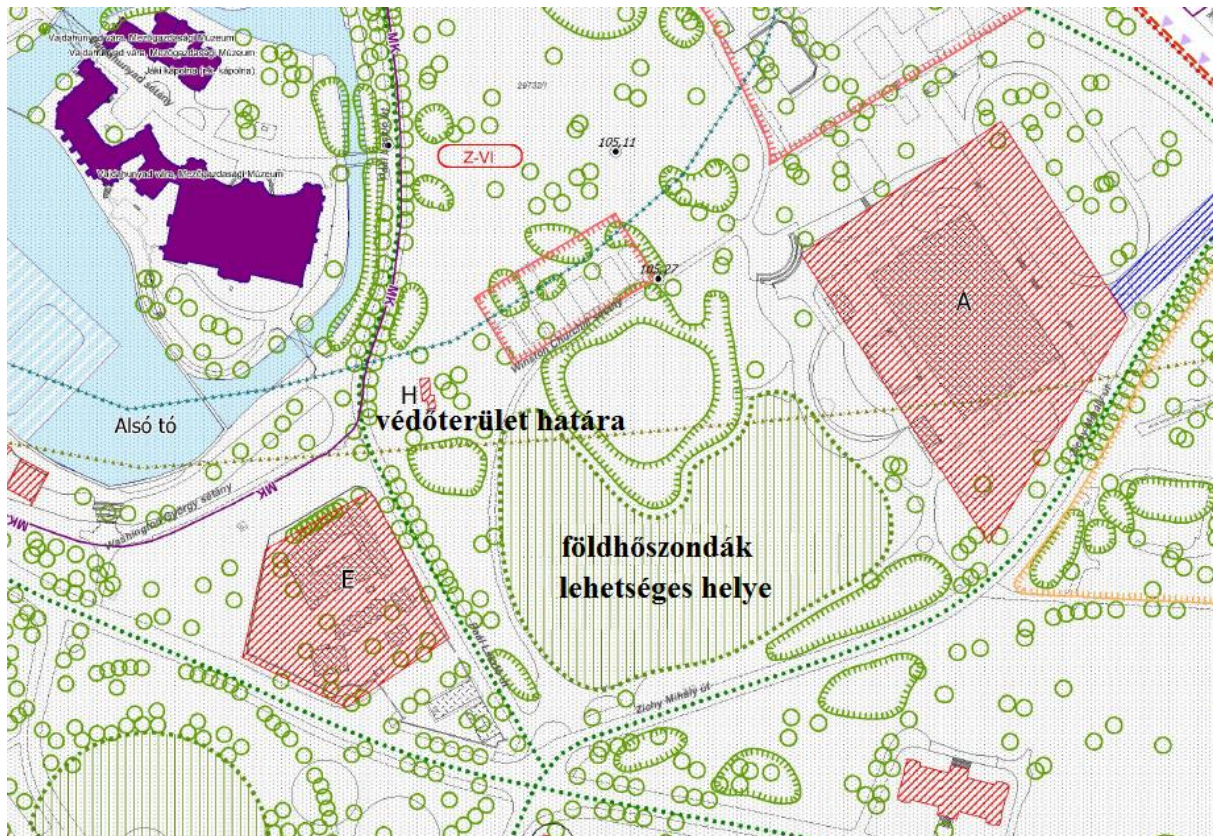
A beépíteni kívánt hőszivattyú COP értékei:

- fűtési üzemben: 5,1

- hűtési üzemben: 6,0

A Városligeti park területén mintegy 6 500 db fa található, ezek közül számos védettség alatt áll, ezért függőleges földhőszondák telepítéséhez elsősorban a nyílt térrészek jöhetnek szóba.

Az Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum előtti nyílt térrészen lehet földhőszondákat telepíteni. Előzetes számítások szerint legalább 405 db földhőszonda helyezhető el a területen.



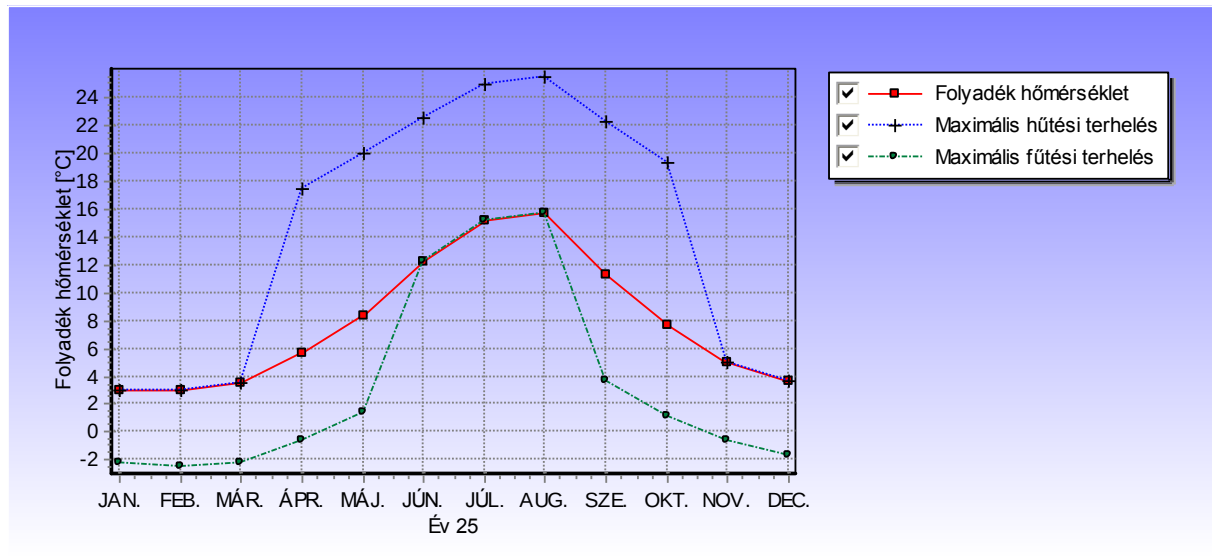
8. ábra - Függőleges földhőszondák elhelyezése Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum előtt

A szondamező számításokhoz az alábbi adatokat használtuk fel:

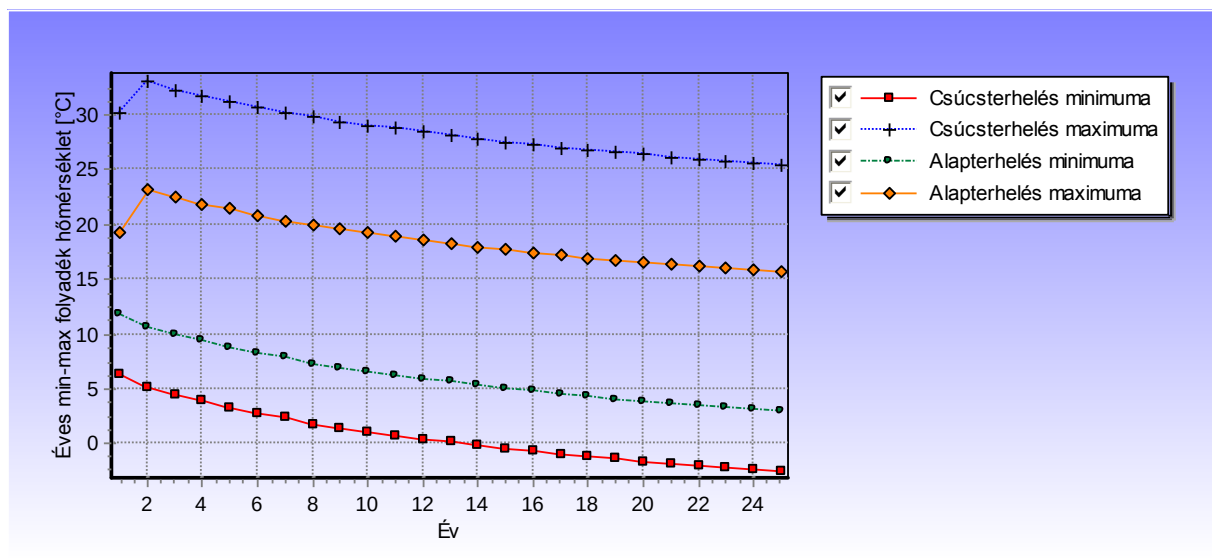
- Talaj becsült hővezetőképessége: 2,15 W/mK
- Termikus fúróluk ellenállás: 0,065 mK/W (termikusan javított tömedékelő anyaggal)
- Kiindulási hőmérséklet: 16,0 °C
- Földhőszonda típusa: szimpla 'u' szonda (2*40*3,7 mm)
- Földhőszonda hossz: 100 m
- Szondák távolsága: 7,0 m
- Fűtési teljesítmény: **2 200 kW (2,2 MW)**
- Éves fűtési munka: **3 960 MWh** (1 800 óra)

- Hűtési teljesítmény: **2 300 kW (2,3 MW)**
- Éves hűtési munka: **1 840 MWh** (800 óra)

Az alább két kép a 25. év végén és a 25 év alatt bekövetkező hőmérséklet lefutást mutatja be.



9. ábra - Hőközvetítő közeg hőmérséklete a 25. évben



10. ábra - Hőközvetítő közeg hőmérsékletének alakulása 25 év működés alatt

A német szabvány a talaj kimerülésének elkerülése végett hőmérsékletkorlátokat irányoz elő a közvetítő közegre vonatkozóan, melyek a fentiekben már ismertetésre kerültek. A diagramokból látható, hogy a talaj valamennyire veszít hőtartalmából a 25. év végére, de a német szabvány

szerint ez a csökkenés elfogadható mértékű, a következő 25 évben is működőképes lesz a rendszer.

A kapott eredményeket az alábbi táblázat foglalja össze:

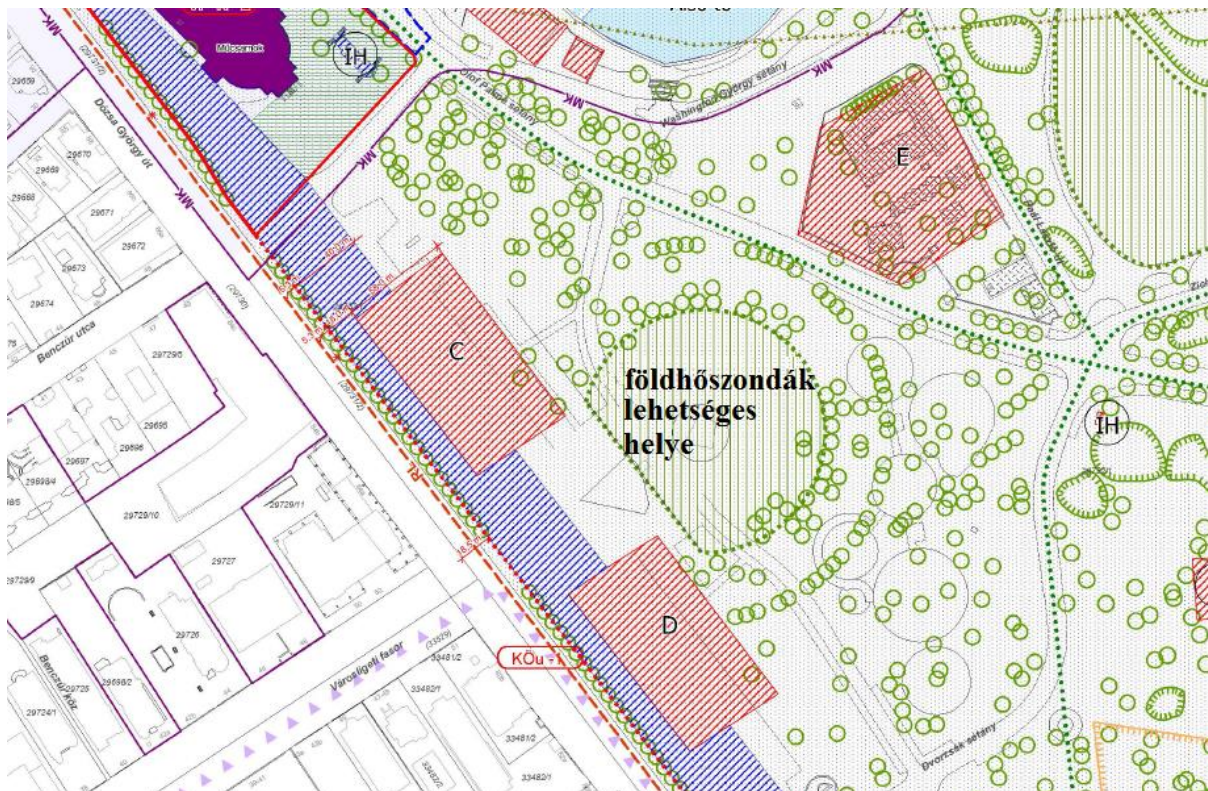
	Hőközvetítő közeg hőmérséklete 25 év után (°C)		
	Fűtés (alapterhelés)	Fűtés (csúcsterhelés)	Hűtés (csúcsterhelés)
Fűtés (2,2 MW) + aktív hűtés (2,3 MW) – 405 db 100 m-es szonda 7,0 m távolsággal. Fűtés: 3 960 MWh + aktív hűtés: 1 840 MWh	2,94 °C	-2,48 °C	25,44 °C

10. táblázat - A hőközvetítő közeg alakulása 25 év után

A fenti táblázatból látható, hogy fűtési és hűtési üzemben a hőmérsékletek az előre felvett peremfeltételeken belül maradtak.

A helyi adottságok és azok védelme miatt a később bemutatásra kerülő koncepció esetén ebből mindössze 0,5 MW teljesítményű földhő hasznosító rendszert vizsgálunk. Beruházói döntés alapján több szonda is telepíthető, hiszen műszaki akadály a fent vizsgált teljesítményig nincs.

A Fotó Múzeum és a Magyar Építészeti Múzeum előtti nyílt részen is lehet földhőszondákat telepíteni. Előzetes számítások szerint legalább 256 db földhőszonda helyezhető el a területen.



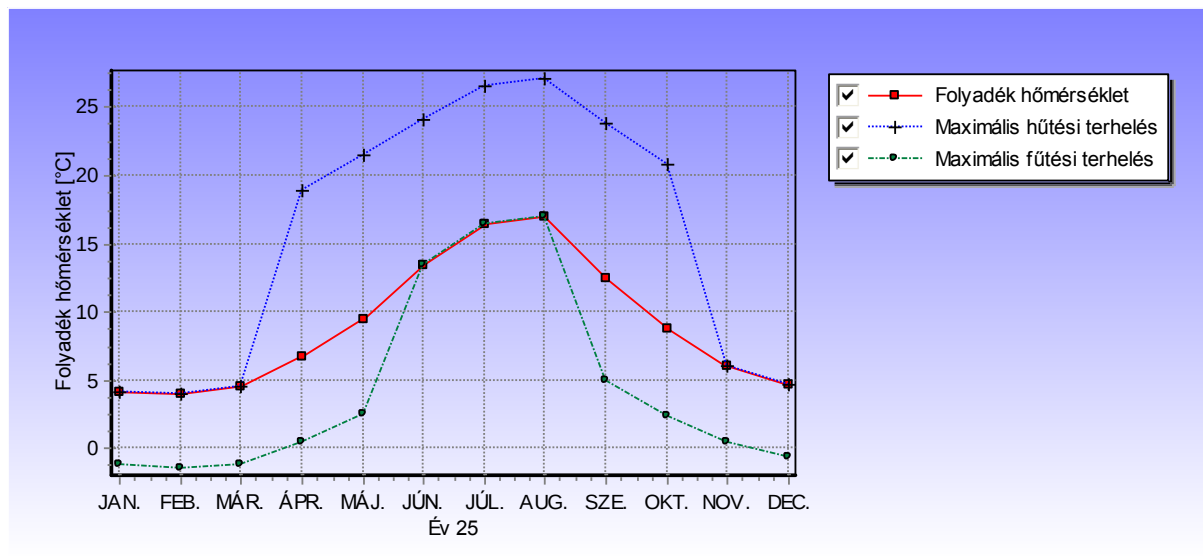
11. ábra - Függőleges földhőszondák elhelyezése Fotó Múzeum és a Magyar Építészeti Múzeum előtt

A szondamező számításokhoz az alábbi adatokat használtuk fel:

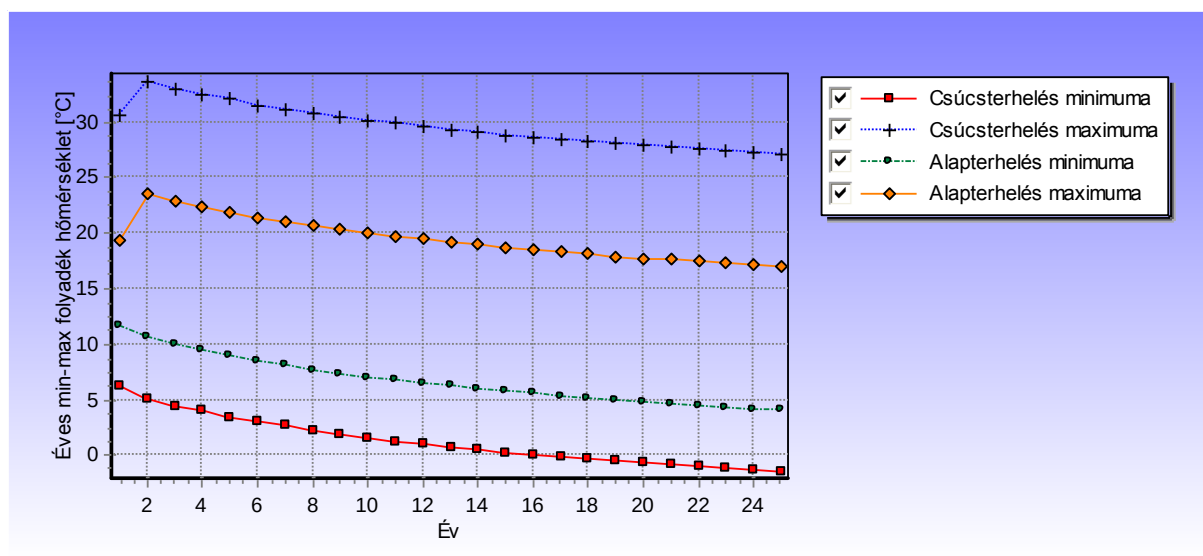
- Talaj becsült hővezetőképessége: $2,15 \text{ W/mK}$
- Termikus fűrólyuk ellenállás: $0,065 \text{ mK/W}$ (termikusan javított tömedékelő anyaggal)
- Kiindulási hőmérséklet: $16,0 \text{ °C}$
- Földhőszonda típusa: szimpla 'u' szonda ($2 \times 40 \times 3,7 \text{ mm}$)
- Földhőszonda hossz: 100 m
- Szondák távolsága: $7,0 \text{ m}$
- Fűtési teljesítmény: **$1\,400 \text{ kW}$ ($1,4 \text{ MW}$)**
- Éves fűtési munka: **$2\,520 \text{ MWh}$** ($1\,800 \text{ óra}$)
- Hűtési teljesítmény: **$1\,500 \text{ kW}$ ($1,5 \text{ MW}$)**
- Éves hűtési munka: **$1\,200 \text{ MWh}$** (800 óra)

A fentiekben már ismertetésre kerültek a diagramon szereplő görbék, az alábbi diagramok szintén a 25. év végén és a 25 év alatt bekövetkező közvetítőközeg hőmérséklet lefutását mutatják be, ez

esetben a Fotó Múzeum és a Magyar Építészeti Múzeum előtti területre vizsgált szondákra vonatkozóan.



12. ábra - Hőközvetítő közeg hőmérséklete a 25. évben



13. ábra - Hőközvetítő közeg hőmérsékletének alakulása 25 év működés alatt

A kapott eredményeket az alábbi táblázat foglalja össze:

	Hőközvetítő közeg hőmérséklete 25 év után (°C)		
	Fűtés (alapterhelés)	Fűtés (csúcsterhelés)	Hűtés (csúcsterhelés)
Fűtés (1,4 MW) + aktív hűtés (1,5 MW) – 256 db 100 m-es szonda 7,0 m távolsággal. Fűtés: 2 520 MWh + aktív hűtés: 1 200 MWh	4,01 °C	-1,45 °C	27,11 °C

11. táblázat - A hőközvetítő közeg alakulása 25 év után

A fenti táblázatból látható, hogy fűtési és hűtési üzemben a hőmérsékletek az előre felvett peremfeltételeken belül maradtak.

Fűtési üzemben 50 W/m fajlagos hőelvonás a reálisan tervezhető érték, a környékbeli mérések alapján, 1 800 fűtési órát feltételezve. A függőleges földhőszondás rendszer révén több MW fűtési és hűtési igény látható el. A földhőszondák telepítéséhez szükséges bányakapitánysági engedély kiadásának elvi akadálya nincs. Ha a szondafuratok a Széchenyi Gyógyfürdő hidegvizes kútjainak A vagy B védőidomát érintik, akkor is kiadható az engedély a földhőszondák telepítésére, viszont egyedi vizsgálat (hatásvizsgálat) elvégzését írhatják elő.

A függőleges földhőszondás rendszer nagy üzembiztonságú megoldás, kis karbantartást igényel megfelelő minőségű anyagok alkalmazása esetén.

A talajszondás rendszerek kivitelezési költségei meglehetősen magasak lehetnek. A szondák ára fúrással együtt méterenként hozzávetőleg 5400 Ft-tal számítható.

A Dózsa György út mellett létesülő múzeumok közelében vizsgált szondamező telepítésének sincs műszaki akadálya, ezt a koncepciók esetén csak a terület védett növényei miatt nem vizsgáltuk.

2.7.3 Víz/víz hőszivattyú

Nemcsak a talajt, hanem a talajvizet is alkalmazhatjuk hőforrásként, amely viszonylag állandó hőmérsékleten, 8-14°C-on áll rendelkezésre. Ennél a rendszernél termelőkútból/ -kutakból emeljük ki a talajvizet búvárszivattyú segítségével, majd miután a szükséges hőt a hőszivattyús körfolyamat segítségével kinyertük belőle, nyelőkúton/-kutakon keresztül vezetjük vissza. Ezen

kutak kisebb rendszerek esetében (pl. családi ház) 6-10, nagyobb rendszereknél kb. 15 m mélyen nyúlnak le. A hőteljesítmény jellemző tervezési értéke $1 \text{ m}^3/\text{h}$ talajvízre számítva 4-6 kW, a hőmérséklet csökkenés pedig mintegy $3\text{-}5^\circ\text{C}$.

A termelő és a nyelőkút(ak) között védőtávolságot kell betartani, hogy elkerülhető legyen az úgynevezett termikus rövidzár. Sokszor probléma olyan nyelőkutat kialakítani, amelynek befogadó képessége megegyezik a hőszivattyú működtetéséhez szükséges térfogatárammal. Ebben az esetben a vizet nyomás alatt egy segédzivattyúval sajtolni kell, de ez a megoldás jelentősen leronthatja a rendszer energetikai hatékonyságát. Az energetikai hatékonyság romlását okozhatja a túl mélyen található vízréteg is, ugyanis ennek a felszínre hozatala is jelentős elektromos szivattyúzási energiával járhat. Ezen lehetőségeket mindig a helyszíni adottságoknak megfelelően kell megvizsgálni.

Mivel ilyen esetben a kútból kinyert víz hőmérséklete egyértelműen megállapítható, a méretezést a térfogatáramra kell végezni. Vagyis, meg kell határozni, a kút hőmérsékletének figyelembevételével azt a víztömegáramot, amely a hőszivattyú működtetéséhez szükséges (elpárologtató tömegárama).

További követelmény, hogy a víz nem lehet vegyileg agresszív, és számolni kell a vízkőképződéssel is. A korrózióveszély mértéke a vízben található anyag koncentrációjától függ, különböző anyagok együttes jelenlétének függvényében változó lehet. Természetesen a talajvíz áramlási irányát is figyelembe kell venni a kutak elhelyezésekor.

Amennyiben a víz kémiai összetétele indokolja, akkor egy hőcserélővel le kell választani a hőszivattyút. Ebben az esetben viszont egy újabb kör keletkezik, egy újabb szivattyúval, amely szintén növeli a rendszer energia felvételét, a beruházási költségeket, és az újabb beiktatott hőcserélő rontja a hőátadás hatékonyságát. Az ezen körülmények által „kényszerített” megoldások oda vezethetnek, hogy a rendszer energetikai hatékonysága rendkívül leromlik, és egy hőszivattyús rendszertől elvárható szint alá esik. Ebben az esetben át kell gondolni a hőszivattyú alkalmazhatóságának gazdasági következményeit. Mindezek a kellemetlen helyszíni adottságokból adódó hátrányok kivédhetőek zárt rendszer alkalmazásával.

A felszíni vizekben (tavak, folyók) tárolt napenergiát is kinyerhetjük a medrükbe eresztett csőkiágyn keresztül. Az ilyen rendszer lehetősége azonban csak akkor merül föl, ha a közelben található az adott hőforrás. A hőmérséklet változékonysága a különböző vizeknél eltérő.

Figyelembe kell venni azt is, hogy a víz megfelelő nagyságú legyen, hogy a hőkivétel ne okozzon hőmérsékletváltozást és ezáltal kárt az élővilágban. Ennek a rendszernek az engedélyeztetése bonyolult és itthon nem is terjed a korlátozott lehetőségek miatt. Az elfolyó termálvíz és szennyvíz hulladékhője szintén hasznosítható és remek lehetőséget jelent, mivel ezek hőmérséklete általában magasabb mind a talajvíz, mind a tavak, folyók hőmérsékleténél.

Városligeti alkalmazási lehetőségek

- *Talajvíz*

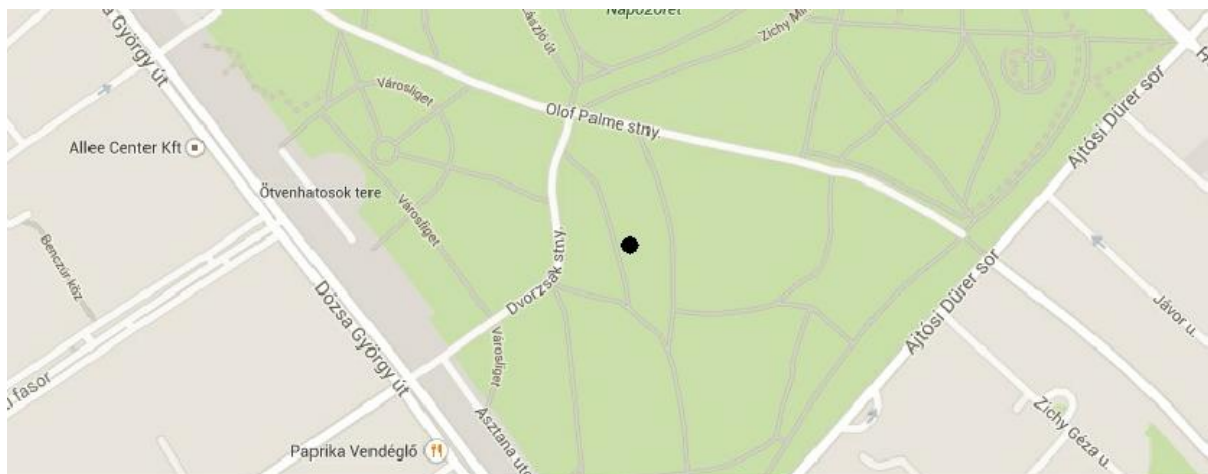
A talajvíz a vizsgált térségben általános elterjedésű, a felszín közeli dunai szemcsés (homokos kavics, kavicsos homok, azaz az ún. terasz üledékekben) tározódik. A talajvíz a főváros külső, magasabb térszintű területei felől áramlik a város belső részei felé elérve a Dunát. A Duna alacsony vízállása esetén a talajvíz a Duna vizét táplálja. Magas vízállás esetén a Duna vize visszatáplál a talajvíz tároló terasz rétegekbe. A vizsgált területen gyakorlatilag összefüggő terasz kavics-réteg található, amelyben a talajvíz elhelyezkedik. A talajvíz áramlása a szakirodalom szerint K – Ny-i irányú, azonban a Duna felé történő szivárgást több tényező befolyásolhatja lokálisan: beépítettség, rossz állapotú közművek, mélygarázsok, munkaterek, stb. Ezek a tényezők adott esetben teljesen felboríthatják az eredeti természetes viszonyok között kialakult rendet. A pillanatnyi áramlási irány az éppen aktuális, felerősödő hatás befolyása szerint alakul.

A szakirodalom szerint a talajvíz kémiai jellegében kalcium-magnézium-hidrogénkarbonátos típusú, keménysége meghaladja a 25 nk°-ot, a szulfáttartalom 300 mg/l fölé emelkedhet. A talajvíz vasra és betonra egyaránt agresszívnek minősíthető, ami a felhasználást megnehezíti. Az energetikai célra hasznosított talajvizet a jelenlegi jogszabályok szerint vissza kell sajtolni ugyanabba a vízádó rétegbe. A magas oldott só, magas keménység és magas szulfáttartalom a visszasajtolást megnehezíti (jelentősen megnövelve a karbantartási költségeket), sőt szélsőséges esetben ellehetetleníti azt.

A Széchenyi Gyógyfürdő termálvizének hűtéséhez összesen 13 db hidegvíz kutat létesítettek, melyek közül jelenleg 10 db kút üzemel (3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12 és 13). A víztermelő kutak a Városligeti tó Széchenyi Gyógyfürdő felőli oldalán találhatók. A hidegvizes kútcsoport hossza kb. 300 m, a Városligeti tótól mért távolságuk kb. 20 m. A kutak mélysége 11 – 15 m közötti, a beszűrözött szakaszuk durva homok és homokos kavics rétegben van a terepszint alatt 6,5 – 12,0 m között.

A hidegvízű talajvízre telepített 10 db üzemelő kút együttes vízhozama 4 285 m³/nap. A kutak kihasználtsága 80%, a vízmű éves kapacitása: 1 564 025 m³.

Locsolási célú vízellátásra települt a K-4 számú öntözőkút az Olof Palme és a Dvorák sétány kereszteződésétől K-re.



14. ábra - Városligeti K-4 kút

A kút víztermelésére vonatkozó adatok:

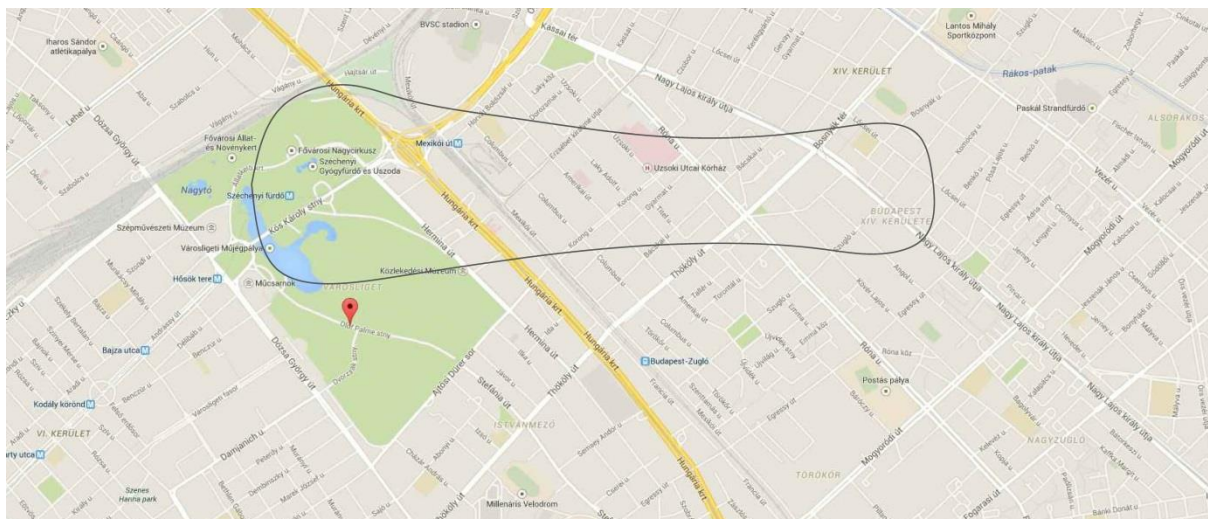
- kút vízhozama: 576 m³/nap, évi kapacitás: 210 240 m³/év

A Városliget területén egyéb kútcsoport, önálló vízkivételi kút nem található, ismereteink szerint.

A Széchenyi Gyógyfürdő hideg vizes kutak esetében az 5 éves elérési időhöz tartozó, „A” védőidomnak van felszíni metszete, melynek jellemző pontjai és kiterjedése az alábbi:

Sorszám	EOV X	EOV Y	Sorszám	EOV X	EOV Y
1.	655 380	241 751	7.	652 326	241 362
2.	655 480	241 485	8.	652 356	241 675
3.	655 368	241 231	9.	652 658	241 937
4.	654 626	241 278	10.	653 241	241 881
5.	653 563	241 219	11.	654 063	241 758
6.	652 626	241 092	12.	654 940	241 743

12. táblázat - Széchenyi Gyógyfürdő hidegvizes kutak „A” védőterületének jellemző pontjai



15. ábra - Széchenyi Gyógyfürdő hidegvizes kutak „A” védőterületének kiterjedése

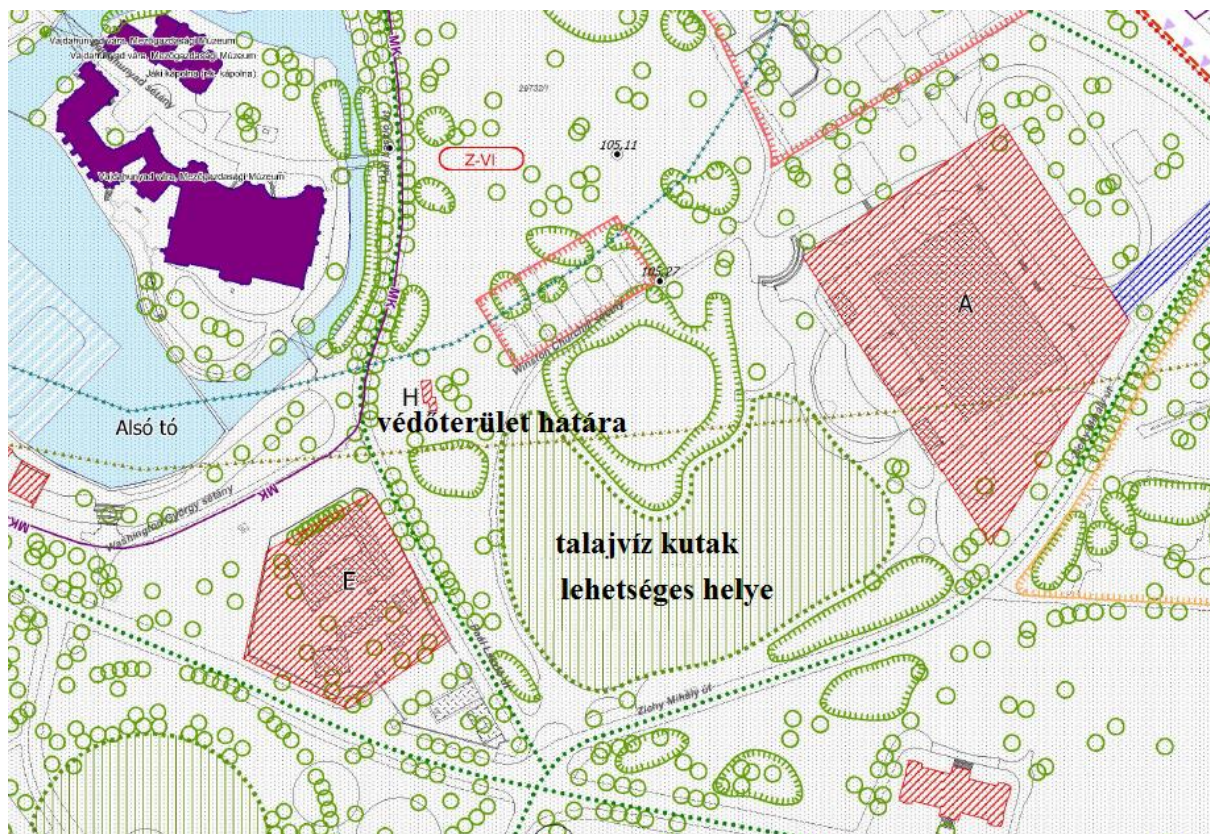
Az 50 éves elérési időhöz tartozó felszíni „B” védőidom nem lett kijelölve.

Az „A” védőterület érinti az Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeumot és az előtte lévő területet, illetve a Közlekedési Múzeumot.

A vízkutas rendszerekhez termelő és visszasajtoló kutakra van szükség. A kitermelt vízmennyiséget hőhasznosítás után ugyanabba a vízadó rétegbe kell visszajuttatni. Az adott épület/épületek ellátásához szükséges vízmennyiség esetében 10 kW-onként 30 l/perc értékkel lehet számolni.

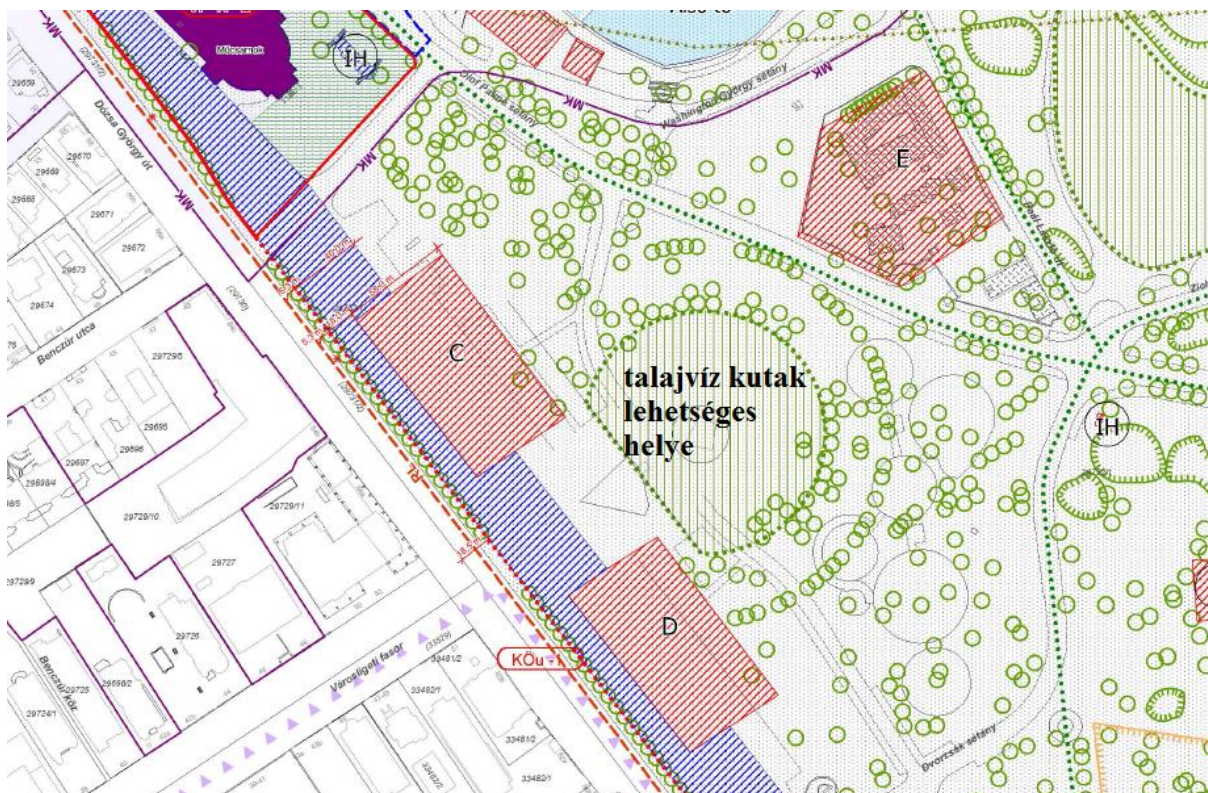
A földhőszondákhoz hasonlóan az új kutak telepítéséhez elsősorban a nyílt térrészek jöhetnek szóba (a védett faállomány miatt).

Az Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum előtti nyílt térrészen lehet kutakat telepíteni. A területen kb. 10 termelő és 20 db visszasajtoló kút helyezhető el. A becslés során termelő kutak távolságára 30 m-t feltételeztünk. A visszasajtoló kutak több, mint 100 m távolságban vannak a termelő kutaktól. A víz termikus regenerációja miatt lényeges kérdés ennek a távolságnak a körültekintő meghatározása, azonban mivel ezt sok tényező befolyásolja, ezért nincs rá ökölszabály, a pontos hatások csak modellezés révén állapíthatók meg. A 10 db termelőkútból kutanként 350 l/perc vízhozammal számolva 3 500 liter/perc vízmennyiség nyerhető ki. A fenti (10 kW/30 l/perc) viszonyszámot figyelembe véve ez 1 160 kW fűtési-hűtési energiát jelent. A talajvíz közel állandó 12 - 16°C-os hőmérséklete kiválóan alkalmas télen fűtésre, nyáron pedig hűtésre.



16. ábra - Talajvíz kutak elhelyezése Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum hőszivattyús rendszeréhez

A Fotó Múzeum és a Magyar Építészeti Múzeum előtti nyílt részen előzetesen 5 db termelőkút és 10 db nyeletőkút helyezhető el. A kutak távolságára vonatkozó becslés megegyezik az Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum előtti területnél alkalmazott módszerrel. A fenti adatokat figyelembe véve ez 580 kW fűtési-hűtési energiát jelent.



17. ábra - Talajvíz kutak elhelyezése Fotó Múzeum és a Magyar Építészeti Múzeum hőszivattyús rendszeréhez

A két helyszínről előzetes becslés szerint 5 250 l/perc vízmennyiség nyerhető ki. 1 800 óra fűtési időnyt, 800 óra hűtési időnyt figyelembe véve ez éves szinten 819 000 m³ víz kitermelését és elnyelését jelentené.

A vízkitermelés hatásait csak a helyszínen telepített próba kutakban elvégzett hidraulikai tesztek (szivattyúzási próba, visszatöltődési teszt) eredményeit felhasználó szivárgáshidraulikai modellek révén lehet meghatározni.

A kitermelt víz felhasználását jelentősen nehezíti a magas keménység és szulfáttartalom. Ezek elsősorban a kitermelt és hőjét hasznosított víz elnyelését nehezítik, szélsőséges esetben ellehetetlenítik. A kutak karbantartására (kompresszorozás, szűrőmosatás, vegyszeres karbantartás a dugulás, eltömődés, korrózió megelőzésére) félévente szükség lehet, ami növeli a karbantartás költségeit. A 30 db nyeletőkút esetében ez több millió Ft karbantartási költséget jelent félévente. A Vízügyi Hatóság részéről is kérdéses a hozzájárulás a talajvíz energetikai hasznosításhoz. Az energetikai hasznosítás szempontjából **kedvezőtlen vízösszetétel**, illetve a **rendszer bizonytalan működése miatt alkalmazása nem javasolt a területen**.

- *Városligeti-tó*

A víz-víz hőszivattyú hőforrásaként nemcsak a talajvíz, de a Városligeti-tó is szolgálhat.

A városligeti tó jelenleg kb. 6 hektár kiterjedésű, mikor teljesen fel van töltve (általában tavasztól – őszig). Az őszi lecsapolások alkalmával csak a „Robinson” sziget körüli tó-rész marad feltöltve, melynek felülete kb. 0,7 hektár. A tó mesterségesen burkolt felülettel rendelkezik, amely megkönnyíti az őszi lecsapolásokat és a tavaszi feltöltéseket, valamint a vízszintszabályozást.

A tó vizének utánpótlását a Széchenyi Gyógyfürdő elfolyó „hulladék” vizei biztosítják, melyet ősszel a leeresztéskor a városi közcsatorna rendszerbe vezetnek el.

A Városligeti tó vizének minőségét alapvetően a Széchenyi Gyógyfürdőből elfolyó víz határozza meg. Tavasztól őszig (a feltöltéstől a leeresztésig) a tóban kialakuló élővilág biológiai aktivitása, valamint a mederkotrás (iszap eltávolítás) is befolyásolja.

A tó vize nyár közepére/végére algásodásra hajlamossá válik, ezért az utóbbi időszakban a tóba olyan növényeket telepítettek, melyek megfelelő mennyiségben dolgozzák fel a vízben jelenleg túl magas százalékban jelenlévő nitrogént és foszfort, ezzel tisztítva a vizet. A beültetett növények nem csak a víz összetételének tesznek jót, hanem díszítő értékkel is bírnak.

A tó vizének minőségére vonatkozó friss mérési adatsorok nem állnak rendelkezésre. Vízszennyezésről és korábbi havária bekövetkezéséről nincs tudomásunk.

Ismereteink szerint a tóba korábban nem és napjainkban sem történik kommunális, vagy egyéb ipari szennyvíz csatorna bevezetése.

A Városligeti tó vize elviekben használható hőszivattyús rendszer hőforrásaként. A téli időszakban azonban csak a már említett 0,7 hektár áll rendelkezésre. A kivehető teljesítmény csak a tó pontos paraméterei alapján számolható ki. A hőhasznosítás egyik feltétele, hogy a rendelkezésre álló tó mélysége legalább 3 méter legyen. A téli hőhasznosítás a tó vizének lehűtésével jár, ami a tó élővilága szempontjából káros lehet. A nyári hűtéshez is igénybe lehet venni a tó vizét (a teljes, kb. 6 hektár kiterjedéssel számolható). A hűtéssel viszont melegítjük a tó vizét, ami szintén káros lehet a tó élővilága számára. Ezeket mindenképpen egyeztetni kell az illetékes hatóságokkal. A hőhasznosítás vízjogi engedély köteles tevékenység, hatósági oldalról kérdéses a hozzájárulás.

Ezen kívül a tóba vezetett meleg, 35°C körüli víz hőjét közvetlenül a keletkezési helyén lenne érdemes hasznosítani hőcserélőn keresztül, nem pedig áttételesen a tavon keresztül. Ennek a

hőnek a hasznosítása már az Állatkert által is tervbe van véve, így ha ez a hőhasznosítás (az Állatkert, vagy bárki más által) megvalósul, vagy ha a Széchenyi Gyógyfürdő vize nem a tóba kerül bevezetésre, hanem vízkezelést követően öntözővízként kerül felhasználásra, úgy a tó paraméterei (hőmérséklet, vízösszetétel) is meg fognak változni, mely jövőbeli állapottal jelenleg pontosan kalkulálni nem lehet adatok hiányában.

2.7.4 Épületszerkezetek termoaktivitása

Az épületszerkezet termoaktivitása esetén az épület saját, földalatti szerkezete vehető igénybe, s azt, mint geotermikus szondát lehet használni a belső terek légfűtésére/hűtésére hőszivattyú révén. Ezt a tervezett épület statikus tervezője által rendelkezésre bocsátott alaprajzi elrendezés, keresztmetszeti elrendezés, valamint terhelési adatszolgáltatás alapján lehet meghatározni.

Figyelembe vehető felületek:

- Cölöpök
- Alaplemez
- Résfalak

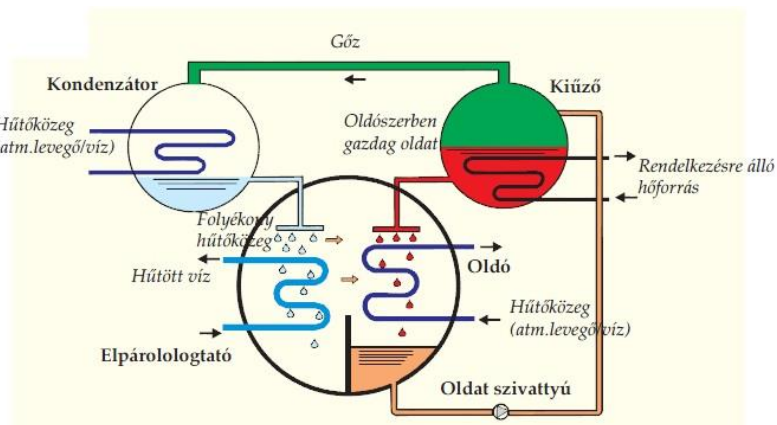
A kivehető teljesítményt illetően elég eltérőek a vélemények. A hőhasznosítás tervezését megnehezíti, hogy a hőelnyelő elemek egyik oldalán a földtani közeg található, a másikon pedig beton. Egy külföldi tanulmány összehasonlította a tervezett és a mért hőkivételt. A hosszútávú hőhasznosításra az ajánlásuk 13,9 W/m² volt, ami 10 000 m² felületű résfalat figyelembe véve 139 kW fűtési/hűtési energiát jelent. A többi hőszivattyús alkalmazáshoz viszonyítva nagy fajlagos beruházási költséggel kis fűtési/hűtési igényt tud ellátni.

A résfalak hőhasznosításának tervezésénél figyelembe kell venni, hogy a hőforrás oldalt nem lehet fűtési szezonban 4°C alá méretezni, hűtésnél pedig 30°C fölé. A hőhasznosítás során előálló hőforrás oldali hőmérsékleteket egyeztetni kell statikussal, hogy az adott épületben ne okozzon károsodást.

2.8 Abszorpciós hűtés [3] [43]

Az abszorpciós folyadékhűtők nagyon hasonlítanak a hagyományos, kompresszorral működő folyadékhűtőkhöz, de itt a hűtési energiát nem villamos energia, hanem hő bevitelével állítja elő a berendezés. Mindkét típusban megtalálhatóak ugyanazok a fő szerkezeti részek: az elpárologtató, a kondenzátor illetve az expanziós szelep. A különbséget az jelenti, hogy az abszorpciós berendezéseknél a kompresszor feladatait az abszorber, egy szivattyú és a kiűző látják el, melyeket termikus kompresszornak is szokás nevezni.

Az abszorpciós folyamatokban két folyadék közeg vesz részt: a hűtőközeg, valamint az oldószer. A leggyakrabban oldószerként lítium-bromidot, hűtőközegként pedig vizet alkalmaznak, ezen kívül oldószerként jelen lehet még a víz is, amennyiben a hűtőközeg ammónia. Ezek a folyamat során szétválasztásra, majd újra egyesítésre kerülnek. Az abszorberben az alacsony nyomású hűtőközeg az oldószerrel összekeveredik, melynek során hő szabadul föl. A folyékony keverék egy szivattyún keresztül a magas nyomású kiűzőbe kerül. Itt hőenergia betáplálásának hatására a hűtőközeg kigőzölög, és visszakerül a kondenzátorba, ahol a hő elvonásra kerül, majd egy expanziós szelepen halad át, mely lecsökkenti a nyomását. Így kerül az elpárologtatóba, ahol a rendszer hűtésére használt közvetítő közegből hőt von el, így biztosítva a hűtést. A kiűzőben maradt hűtőközegben szegény, oldószerben gazdag oldat visszakerül az abszorberbe, és ez a körfolyamat ismétlődik.



18. ábra - Az abszorpciós hűtő működése

Az üzemkésztség egyik feltétele, hogy az üzemi hőmérsékletszintek határai között folyadék állapotban is tudjanak a munkaközeg-pár komponensei oldódni, azaz ne következzen be kristályképződés, szilárd fázis.

Másik feltétel, hogy a hűtőközeg jóval illékonyabb legyen, mint az oldószer, amivel azt lehet elérni, hogy csak hűtőközeg-gőz található a gőzfázisban. Továbbá a kémiai stabilitás is rendkívül fontos az oldás utáni elkülönítés miatt. A hűtőközeg párolgás hője összefüggésbe hozható az oldatforgalommal és az ezzel kapcsolatos veszteségekkel, ha nagyobb a párolgáshő, akkor kisebb veszteségek jelentkeznek. A fajlagos hűtőteltjesítmény függ a relatív oldáshőtől, arra kell törekedni, hogy ez minél kisebb legyen.

Az abszorpciós folyamatban részt vevő szivattyú által felhasznált villamos energia sokkal kevesebb, mint a hagyományos rendszerek kompresszorainak villamos energia igénye (kb. annak 9%-a). A folyamatot nagy részben a külső hőforrás hajtja, ami lehet meleg víz, gőz, meleg levegő, illetve egy égési folyamat kipufogó gázai. Ha lehetséges, a legjobb megoldás hulladékhő felhasználása külső hőforrásként.

A lítium-bromid – víz rendszerű berendezések széles körben hozzáférhetők széles kapacitás tartományban, a 100 kW-os teljesítménytől egészen a párezer kW-os nagyságrendig. Ezek a legelterjedtebbek, korlátjuk azonban, hogy 5°C a minimális hűtött víz hőmérséklet, ami elérhető segítségükkel. Ha alacsony hőmérsékletű hűtés, vagy fagyasztás szükséges, akkor arra az ammónia-víz rendszerű berendezéseket alkalmazzák, ahol a víz az oldószer, és az ammónia a hűtőközeg. Ezekkel akár -60°C-os víz előállítása is lehetséges. Kis- (30-100 kW), közepes- (100-1000 kW) és nagy (>1000 kW) teljesítmény tartományokban is elérhetők.

Az abszorpciós rendszer üzeme csendes, rezgésmentes, megbízható. További előny, hogy viszonylag alacsony karbantartási költségei vannak. Remek lehetőséget nyújt azoknak a hulladékhő mennyiségeknek a felhasználására, amelyek egyébként nem kerülnének hasznosításra. A használatos hűtőközegek nem károsítják a légkört, és nem üvegházhatásúak. Hatékonysága azonban nem túl jó, COP értéke alacsonyabb a hagyományos kompresszorral működő folyadékhűtőkhöz képest. Beruházási költsége is magasabb a hagyományos berendezésénél. Elindítása lassabb, és a változó hűtési igényekre is lassabban reagál, emiatt akár úgy is betervezhető, hogy az épület alap hűtési igényére abszorpciós berendezés, a csúcs igények kielégítésére pedig hagyományos folyadékhűtő kerüljön beépítésre. Megfontolandó az is, hogy az abszorpciós berendezés méretezése az épület hűtési igényére, vagy az elérhető betáplálendő hőmennyiségre történjen-e. Mivel jelen esetben múzeum épületekről van szó, ahol a kiállító terekben követelmény egy bizonyos hőmérséklet illetve páratartalom szint biztosítása a kiállítási tárgyak részére, ezért mérlegelni kell, hogy szükséges-e esetleg tartalék hőforrásról is gondoskodni az abszorpciós hűtő részére.

Az abszorpciós hűtőberendezések használata a hagyományos folyadékhűtők alternatívájaként akkor merülhet föl, ha egy már meglévő kogenerációs rendszer hulladékhője nincs teljes mértékig felhasználva, ha új kogenerációs rendszer kerül betervezésre, illetve ha valahonnan hulladékhő keletkezik, melynek hasznosítása nem megoldott. Új rendszerek tervezésénél szóba jöhet akár olyan megoldás is, ahol a kiűzőben történő hőközlés során betáplált hőt napkollektorok állítják elő. Az egyes lehetőségek gazdaságosságát mindenképpen érdemes megvizsgálni.

Városligeti alkalmazási lehetőségek

A fentiekből tehát látható, hogy igazán gazdaságos működés akkor történik, ha hulladékhő áll rendelkezésre. Ez a Városliget esetén jelentkezik is, hiszen nyáron a Széchenyi Gyógyfürdő felesleges termálhőjét lehetne hasznosítani. Ezt a termálvizet a medencék hőigényének biztosítása után nyáron fel lehetne használni, hűtési célokra. A legközelebb lévő új múzeum, melyhez a legrövidebb távvezetékkel kellene kiépíteni az Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum. Ide hozzávetőleg 500 m hosszú vezeték kiépítése szükséges, melyen a 70°C-os vizet el lehetne juttatni a múzeumhoz. Az abszorpciós hűtőgép 70/60°C-os fűtővízzel 264 kW hűtési teljesítményt tud szolgáltatni. 0,6-os COP-val számítva ez hozzávetőleg 440 kW hőigényt jelent, melynek szállítását DN 80-as vezetéken lehetne az épülethez juttatni.

Energetikai alapadatok		
Belépő fűtővíz hőmérséklet	C°	68
Hűtési teljesítmény	kW	819
Beruházási költség		
Tervezési-előkészítési költség	eFt	5 455
Hűtőgép beruházási költség hűtőtoronnyal	eFt	75 795
Engedélyezés, beüzemelés	eFt	1 000
Hő és villamos csatlakozások	eFt	1 800
Építészeti	eFt	2 000
Szállítás, szerelés, beüzemelés	eFt	2 500
Távvezeték	eFt	26 000
<i>Szumma beruházási költség</i>	<i>eFt</i>	<i>114 550</i>
Éves üzemidő	h/év	900
Termelési adatok		
Éves termelt hidegenergia	kWh/év	737 100
Kiadások		
Villamos energia fogyasztás	eFt/év	967
Karbantartás	eFt/év	500
<i>Költségek összesen</i>	<i>eFt/év</i>	<i>1 467</i>
Bevételek		

Hidegenergia	eFt/év	4 975
<i>Bevételek összesen</i>	<i>eFt/év</i>	<i>4 975</i>
<i>Nyereség</i>	<i>eFt/év</i>	<i>3 508</i>
<i>Egyszerű megtérülési idő</i>	<i>év</i>	<i>32.7</i>

13. táblázat a beruházási és üzemeltetési költségeket mutatja, illetve az ezekből számított megtérülési időt. Ezen gazdasági számítás a beruházást önállóan vizsgálja, alternatív rendszer illetve alapidíjak vizsgálata nélkül.

Energetikai alapadatok		
Belépő fűtővíz hőmérséklet	C°	68
Hűtési teljesítmény	kW	819
Beruházási költség		
Tervezési-előkészítési költség	eFt	5 455
Hűtőgép beruházási költség hűtőtoronnyal	eFt	75 795
Engedélyezés, beüzemelés	eFt	1 000
Hő és villamos csatlakozások	eFt	1 800
Építészeti	eFt	2 000
Szállítás, szerelés, beüzemelés	eFt	2 500
Távvezeték	eFt	26 000
<i>Szumma beruházási költség</i>	<i>eFt</i>	<i>114 550</i>
Éves üzemidő	h/év	900
Termelési adatok		
Éves termelt hidegenergia	kWh/év	737 100
Kiadások		
Villamos energia fogyasztás	eFt/év	967
Karbantartás	eFt/év	500
<i>Költségek összesen</i>	<i>eFt/év</i>	<i>1 467</i>
Bevételek		
Hidegenergia	eFt/év	4 975
<i>Bevételek összesen</i>	<i>eFt/év</i>	<i>4 975</i>
<i>Nyereség</i>	<i>eFt/év</i>	<i>3 508</i>
<i>Egyszerű megtérülési idő</i>	<i>év</i>	<i>32.7</i>

13. táblázat - Az abszorpciós hűtő alkalmazásának megtérülési vizsgálata

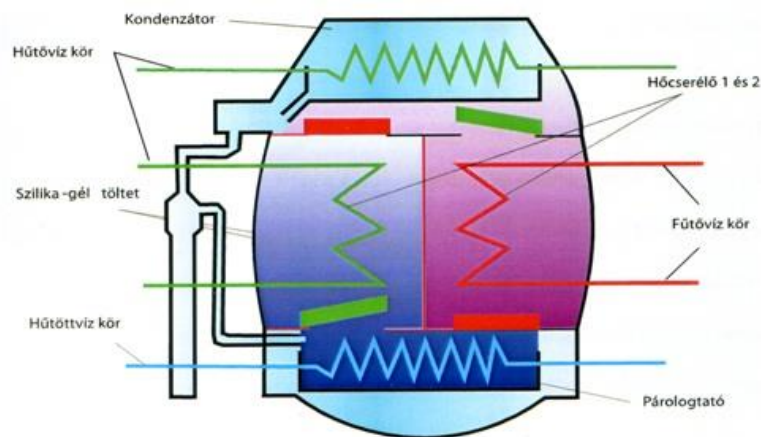
2.9 Adszorpció hűtés [43], [44]

Az adszorpció elnyeletést jelent, mely a hűtőtechnikában általában kétfázisú heterogén rendszerben történik. Ez azt jelenti, hogy a szilárd anyag felületén megkötődnek a gázok gőzök egyes komponensei. Az adszorbens az a szilárd anyag, amelynek felületén az adszorbeált anyag, más szóval adszorbeátum megkötődik. Az adszorpció, ami az úgynevezett aktív centrumokon (csúcsok, élek) történik, reverzibilis folyamat, ellentétes irányban deszorpciónak nevezik.

A hűtőtechnikában általában használt adszorbens a szilikagél, melyhez hűtőközegként vizet használnak. A szilikagél nagy mennyiségben képes a víz megkötésére, telítődése után regenerálása 50-60°C-os vízzel történik. A szilikagél tömény sósav és híg nátrium-szilikát reakciójának eredményeként születik, víz melléktermékkel.

Gélszerű anyag, porózus, lyukacsos szerkezetű, ezáltal nagy fajlagos felülettel rendelkezik. Létezik darabos, szemcsés, illetve szűk és tágporúsú.

Az alábbi ábra egy szilikagéllel üzemelő adszorpciós hűtő elvi felépítését mutatja, melyben két adszorpciós (deszorpciós) kamra, egy kondenzátor és egy elpárolgató található.



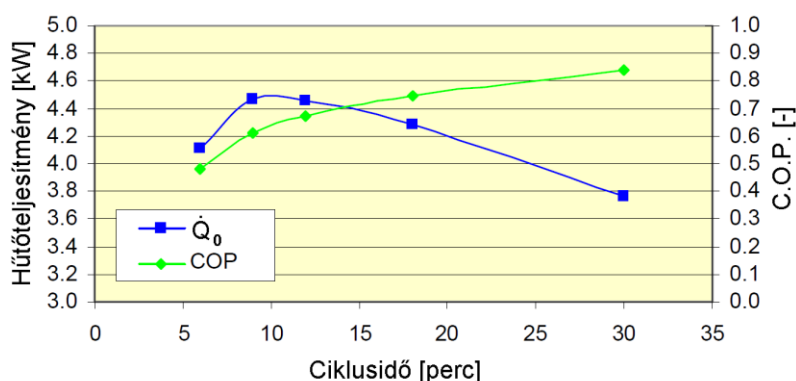
19. ábra - Az adszorpciós hűtő működése

A kamrák felváltva hol adszorpciós, hol deszorpciós üzemben működnek. A kamra adszorpció üzemállapotában a szilikagél megköti az elpárolgatóban elpárolgatatott vizet, mely során hőfejlődés történik, a hűtött közeg pedig a kívánt hőmérsékletre hűl.

Ez a kamra ilyenkor folyamatos, 29-31°C-os hűtővízzel történő hűtést igényel, annak érdekében, hogy a szilikagél minél több vizet tudjon megkötni, ezáltal a hűtött víz minél jobban le tudjon hűlni.

A másik kamrában ilyenkor a regenerálás történik, melynek következtében az adszorbenst felmelegítjük 60-90°C-os víz segítségével. Ekkor a megkötött víz távozik, majd gőz halmazállapotban a kondenzátorba jut, a fojtószelepen keresztül pedig az elpárologtatóba jut.

Az adszorpció és a deszorpció műveletek időt igényelnek, ezt az időt ciklusidőnek szokás nevezni. Minél rövidebb a ciklusidő, annál kisebb COP-val működik a rendszer, de annál nagyobb a berendezés hűtőtéljesítménye. Az alábbi diagram ezeket a viszonyokat mutatja, példaként egy 5 kW hűtőtéljesítményű berendezésre vonatkoztatva. A gyakorlatban általában használt ciklusidő 6-8 perc között mozog.



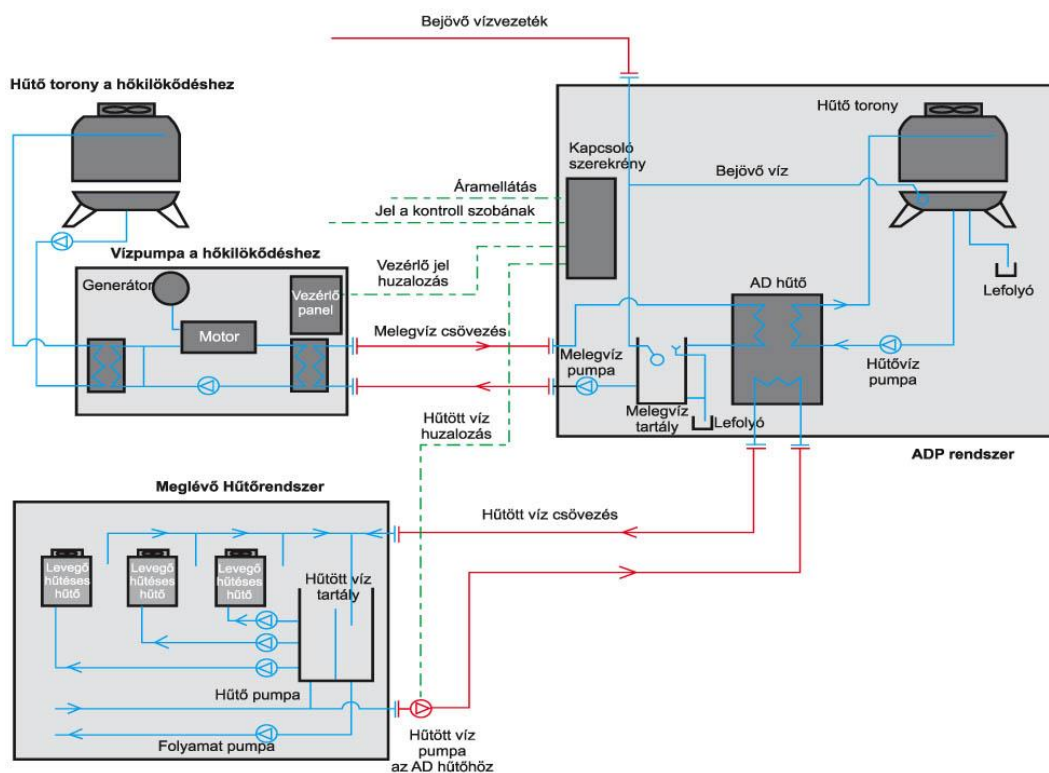
5. diagram - A berendezés hűtőtéljesítményének és COP értékének alakulása a ciklusidő függvényében

A berendezés működését hulladékhőre javasolt alapozni, de léteznek például napenergiával működő rendszerek is. A hulladékhő forrását tekintve alkalmazzák kapcsolt energiatermelésben, előfordul kórházak, szállodák esetén, ahol például a gőzkazánok hője hasznosítható, illetve a különböző technológiai folyamatokból származó hulladékhő is alkalmas a működtetésre. Valamennyire a megújuló energiaforrásokra is telepíthető, többek között a fent már említett napkollektorra, vagy akár a talajhőre is. Jellemzően 3-5°C-os hűtött víz előállítására képes egy ilyen berendezés 50-90°C-os hőforrás mellett. A COP értéke 0,68-0,78 között mozog.

Az üzemeltetésére vonatkozóan előnyként lehet megemlíteni azt, hogy a fűtővíz hőmérsékletére nincs korlát, viszont 50°C körül a COP értéke lecsökken. A berendezés pozitív jellemzője, hogy kevésbé érzékeny a fűtővíz hőmérsékletének, vagy áramlási sebességének ingadozására.

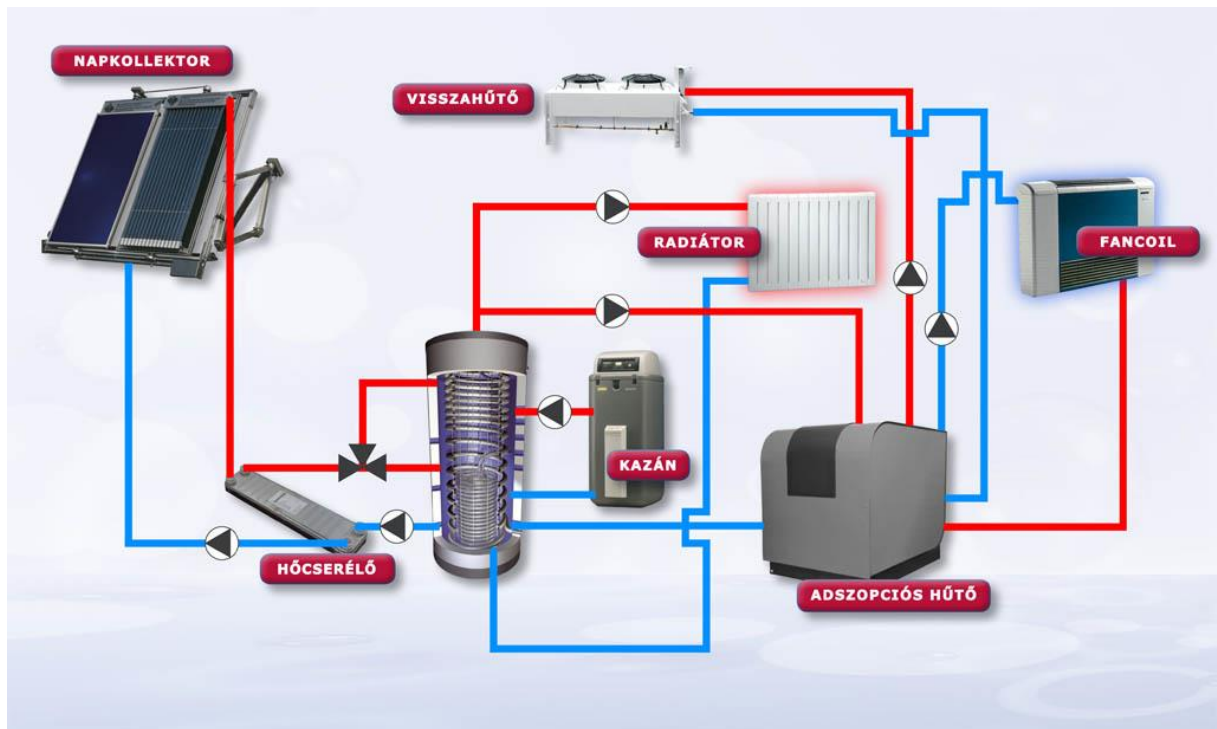
Az adszorpciós rendszerek folyamatos üzeműek lehetnek, 24 órában, a hét minden napján képesek működni, ami főleg trigeneráció esetén előnyös.

Trigenerációs alkalmazási példa:



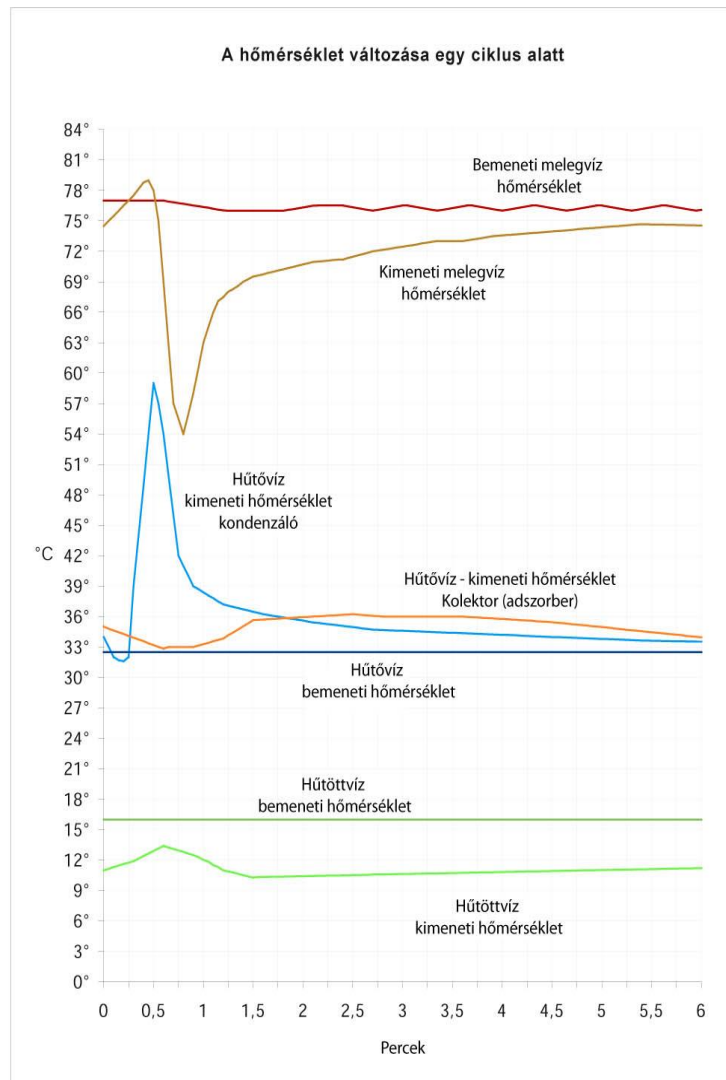
20. ábra - Adszorpciós hűtő alkalmazása trigenerációs rendszerben

Napkollektoros alkalmazási példa:



21. ábra - Adszorpciós hűtő alkalmazása napkollektoros rendszerrel kombinálva

HŐMÉRSÉKLETVÁLTOZÁS A MŰKÖDÉSI CIKLUS SORÁN



22. ábra - A különböző hőmérsékletek alakulása a ciklus alatt

Városligeti alkalmazási lehetőségek

Az adszorpciós hűtőberendezés alkalmazására lehetőség nyílna a Városligeten belül is, az abszorpciós rendszerhez hasonló módon. A szilikagél-vízgőz rendszerek esetén 7,5-3500 kW-os teljesítményű berendezések is léteznek, de a maximálisan elérhető COP érték a gépek műszaki adatai alapján 0,65 lehet, ami az abszorpciós rendszerek COP értéke alatt van.

Az abszorpciós berendezésekhez viszonyított alacsonyabb COP értéken kívül, hátrányként említendő meg, hogy a víz közeg miatt az adszorpciós rendszerrel csak és kizárólag hűtési, klimatizálási feladatokat lehet ellátni.

A beruházási költségek az abszorpciós rendszerekhez hasonlóan alakul, a megtakarítást tekintve viszont rosszabb eredményekkel lehet számolni az alacsonyabb COP érték miatt. Ezekből következően hosszabb megtérülési idő adódik.

2.10 Üzemanyagcella [3]

Az üzemanyagcella egy olyan elektrokémiai eszköz, mely egy reakció kémiai energiáját alakítja át elektromos energiává. Ezt a folyamatot hő képződése is kíséri.

Fő alkotóelemei egy anód, egy katód és egy elektrolit közeg. Az anódot gáz halmazállapotú üzemanyaggal (földgáz, hidrogén), a katódot pedig oxidáló szerrel tápláljuk folyamatosan. Az anód és a katód elektrolittal van elválasztva, amin keresztül ionok áramlanak az anód és a katód között. Egy külső terhelő ellenálláson keresztül az anódnál generálódott elektronok katódhoz áramlása zárja a kört. Az üzemanyagcellákkal egyenáram hozható létre, mely inverter segítségével váltóárammá alakítható.

Minden üzemanyagcella 1 V nagyságrendű feszültséget állít elő, ami túl kicsi a gyakorlati alkalmazásokhoz. Annak érdekében, hogy használható feszültséget lehessen előállítani, több – általában több, mint 100 - üzemanyagcellát kell összekapcsolni.

Az üzemanyagcellák elsődleges üzemanyag forrása a hidrogén, ami számos üzemanyagból előállítható (pl. földgáz, biogáz, metanol, széngáz és egyéb hidrogént tartalmazó anyagok) üzemanyag-átalakító segítségével. Ez az átalakítás is károsanyag-kibocsátással jár, de mivel elektrokémiai folyamatról van szó, a kibocsátás sokkal kisebb mértékű, mint az égés során.

Az üzemanyagcellás rendszer hatásfoka 40-55%-os skálán mozog, ami javítható a keletkező hulladék hő hasznosításával például használati melegvíz előállítására, abszorpció hűtésre, a fűtési rendszer kiegészítésére.

A rendszer előnye, hogy égés nélküli, direkt energiaátalakítás történik. Üzeme csendes, így könnyebben elhelyezhető. Teljesítménye részterhelésen is jó, az üzemanyag rugalmasan választható. Maga az üzemanyagcella nem tartalmaz mozgó alkatrészeket, amik meghibásodhatnak. Az áramszolgáltatóktól független energia ellátási mód hozható vele létre, amennyiben az üzemanyag utánpótlása megoldott, úgy nem kell tartani áramszünetektől és egyéb hálózati problémáktól, folyamatos áramellátás biztosítható. Hátránya viszont igen magas költsége, mind tőke, mind karbantartás oldalról. A rendszer speciális ritkafémeket igényel (jellemzően platinát tartalmaz a membrán). A berendezés a szennyeződésekre is igen érzékeny, már kis mennyiségű szén-monoxid vagy kén is meghibásodást okozhat a cellákban.

Városligeti alkalmazási lehetőségek

A fentiek alapján elképzelhető olyan üzemanyagcellás rendszer kialakítása, mely kedvező ellátást biztosítana mind az elektromos igények ellátására, mind a hulladékhő felhasználásával a hőigények egy részének fedezésére. Azonban az üzemanyagcella racióális felhasználására jelenlegi bekerülési költsége miatt szinte kizárólag hálózati infrastruktúra hiányában, szigetüzemben működő alkalmazások esetén kerülhet sor (pl. mindentől távol eső GSM bázisállomások, átjátszó állomások, ahol az akkumulátorok megfelelő alternatívája lehet). Ebből kifolyólag az ipar csak kis teljesítményű rendszerekben gyártja. Nagy rendszerekre jelenleg még nincsenek termékek, ezért esetünkben nem tartjuk megfontolandó műszaki alternatívának használatát. Ráadásul szervizelése, karbantartása, a pótalkatrészek beszerzése nehezekebb, hosszabb ideig tarthat, mint a már elterjedtebb technológiáknál, így ez akár hosszabb kieséseket is okozhatna az épületek üzemében.

2.11 Termálhő [9], [10] [49]

Magyarország a Pannon-medencében helyezkedik el, így a földtani felépítésnek köszönhetően a geotermikus viszonyok igen kedvezőek. Az átlagos földi hőáram értéke a medencében lényegesen magasabb, mint a medencét övező hegységeké. A felszín alatti hőmérséklet alakulását ez a hőáram, illetve a kőzetek hővezető képessége együttesen határozza meg. Hazánkban ez az érték átlagosan 50 °C/km , ami körülbelül duplája a Földön átlagosan előforduló értékeknek. Mivel a felszínen az éves középhőmérséklet 10 °C körül van, így 1 km mélyen hozzávetőlegesen 60 °C -ra, 2 km mélyen pedig 110 °C -ra lehet számítani. A felszín alatti vízáramlások hatása elsősorban a természetes hévforrások környékén növeli a geotermikus gradienst (ilyen például Budapest is), de a hőmérséklet eloszlást módosító hatás megfigyelhető a porózus medenceüledékekben is.

Termálvízen a 30 °C -nál nagyobb felszíni (fakadási) hőmérsékletű rétegvizeket értjük, melynek hasznosítása többféleképpen történhet. Felhasználható maga a víz, mint anyag főképp fürdőkben, de akár ivóvíz készítésére, vagy öntözésre is, valamint hőhordozóként is alkalmazható, villamos energia termelésre vagy közvetlen hőhasznosításra – illetve természetesen ezek kombinációjára is.

Városligeti lehetőségek

A Városligetben elhelyezkedő Széchenyi Gyógyfürdő I. és II. számú kútját az 1930-as években fúratta meg a főváros. A fürdő jelenleg is ezeknek a kutaknak a gyógyvizét használja. A Hősök terén, a Millenniumi oszlop és az ismeretlen katona sírja között 1878-ban fúrt I. Zsigmondy kút már üzemben kívül van. A kutak a triász korú karsztos kőzetekből (dolomitból, mészkőből) kapják a vízutánpótlást. A karsztos hévíz tározó nincs kapcsolatban a felsőbb vízáradó rétegekkel.

Az I. számú kút $80,0\text{ m}^3/\text{nap}$, a II. számú kút $4500\text{ m}^3/\text{nap}$ vizet ad le, ezek éves vízleadása:

I. kút $112.785\text{ m}^3/\text{év}$

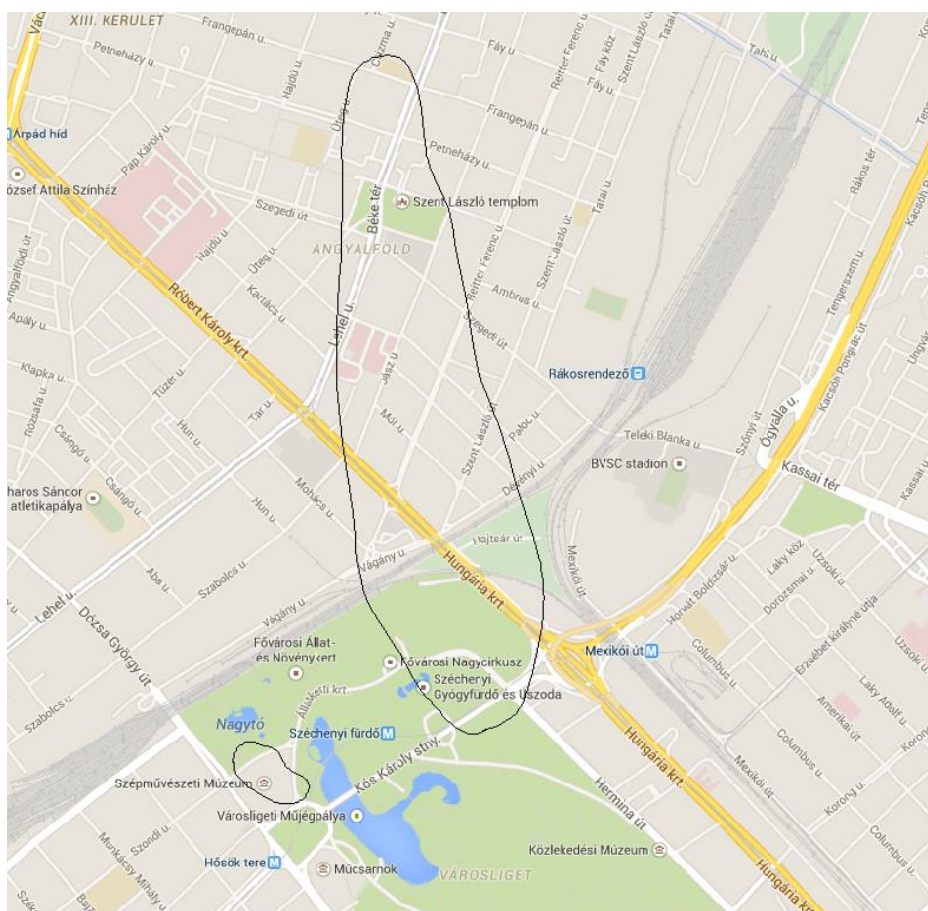
II. kút $1.319.110\text{ m}^3/\text{év}$.

A kutak mélysége 1260 fm körüli értéken van.

A kutak vize magas ásványi só és szabad szén-sav tartalma miatt (550 mg/dm^3) vasra és betonra agresszív tulajdonságú. Ehhez járul még kisebb mértékben a szulfid ion koncentrációjából adódó agresszivitása is.

A kutak az előírásoknak megfelelően elkészültek (2005 decemberében) a védőidomnak a meghatározása a 123/1997. sz. Kormányrendelet szerint. A védőterületre vonatkozó dokumentációt AQUIFER Kft. készítette.

A kutak esetében az 50 éves elérési időhöz tartozó „B” védőidomnak nincs felszíni metszete, a számításokkal meghatározott védőidomok rétegbeli maximális kiterjedésének határait az alábbi ábra tartalmazza. Az ábrán jól látható, hogy a kutak védőidoma észak felé nyúlik el. A II-es kútnál közel 3,5 km hatástávolság adódott a számítások révén. A Ny-K-i kiterjedése több, mint 500m.



23. ábra - Városligeti hévízes kutak hidrogeológiai „B” védőterületének határai (Aquifer Kft.)

A Fővárosi Állat- és Növénykert (továbbiakban FÁNK) geotermikus energiával történő hőellátása projekt megelőző tanulmányai elvetették a Hősök tere alatti, jelenleg részlegesen lefajtott I. sz. kút újraindítását a kút és a gépház közötti vezetékszakasz műszaki állapotának pontos ismeretének hiányában, a szerénynek ítélt vízáadó képesség és annak alapján kinyerhető hőteljesítmény, illetve a várhatóan jelentős költségű és hosszú kivitelezési idejű, közterületi

bontási és helyreállítási munkák miatt. Ugyanezen okok miatt a **Liget intézményeinek hőellátására sem javasoljuk**. További gondot jelentene a kitermelt vízre vonatkozó visszasajtolási kötelezettség.

Becsült adatok alapján a II. számú kútból a Széchenyi Gyógyfürdő naponta 1 100-2 400 m³ 70C° feletti hőmérsékletű vizet használ fel a medencék töltésére és utántöltésére. A fürdőnek ~ 40 C° hőmérsékletű vízre van szüksége, így ezen termálvíz visszahűtéséből származó energiát egyrészt felhasználja a Széchenyi Gyógyfürdő, másrészt az elmúlt években átadott projekt (táv hő rendszer) révén a FÁNK is. Számításaink alapjait egyéb adatszolgáltatás hiányában „A Fővárosi Állat- és Növénykert hőellátása termálvízzel” című KMOP-2009-3.3.3 kódszámú pályázat megvalósíthatósági tanulmány [9] képezte.

2.11.1 Termálvíz kapacitás vizsgálata (40 C° feletti felhasználási hőmérséklet esetén- balneológiai felhasználás előtt)

A KMOP pályázat során megépített, a FÁNK-ot ellátó távfűtési rendszer, a FÁNK meglévő, magas hőmérsékleten üzemelő rendszereire dolgozik. Ezen magas hőmérsékletű rendszerekkel a hőhasznosítás csak -5°C külső hőmérséklet felett lehetséges, ~ -5°C és ~ 0°C/+2°C részleges termálhőhasznosítás megy végbe, 0°C/+2°C külső hőmérséklet felett pedig termálhővel megy végbe a fűtési energia ellátás. A FÁNK energiafelhasználása a rendszer beüzemelésének évében a 14. táblázat szerint oszlott meg az egyes hónapokban. Az adatok alapján látható, hogy – bár a rendszer januárban még nem üzemelt – a jelenleg üzemelő állatkerti létesítmények éves energiafogyasztásának nagyságrendileg 60%-a földgázból, és 40%-a termálhőből nyert energia.

Hónap	2012					
	Földgáz			Termálhő		
	nm ³	GJ	kWh	GJ	%	kWh
Január	98 627	3 373	936 956	0	0%	0
Február	134 113	4 587	1 274 069	586	11%	162 778
Március	55 155	1 886	523 973	922	33%	256 222
Április	18 514	633	175 878	825	57%	229 167
Május	5 575	191	52 963	647	77%	179 722
Június	1 899	65	18 036	347	84%	96 389

Hónap	2012					
	Földgáz			Termálhő		
	nm ³	GJ	kWh	GJ	%	kWh
Július	1 954	67	18 566	321	83%	89 167
Augusztus	1 775	61	16 865	355	85%	98 611
Szeptember	1 557	53	14 792	457	90%	126 944
Október	27 706	948	263 204	1 467	61%	407 500
November	40 082	1 371	380 776	1 986	59%	551 667
December	5 050	173	47 975	1 404	89%	390 000
Összesen	392 006	13 407	3 724 054	9 317	41%	2 588 167

14. táblázat - Az Állatkert 2012-es földgáz és termálhő felhasználásának adatai [10]

Jelenlegi állapotban a rendszer nem használja ki teljes mértékben a termálvíz visszahűtésében rejlő kapacitásokat. Ezen kapacitások döntő többsége azonban felhasználásra fog kerülni, vagy kerülhet a Fővárosi Állat- és Növénykert területén, egyrészt a megépült és üzemelő távfűtési rendszerének módosítása, másrészt a tervezett beruházások által. A meglévő rendszer tervezett módosításával az előremenő hőmérséklet emelkedése okán, becslések szerint éves szinten további ~2 000 GJ hőmennyiség nyerhető ki.

Mindezen hatásokat figyelembe véve a múzeumok számára felhasználható várható szabad hőkapacitás mértéke csekély, ami miatt költséges távvezeték kiépítése nem javasolt, ezt a hőt nem tartjuk reális alternatívának a Liget intézményeinek hőellátására.

Bár adatszolgáltatást nem kaptunk és a rendelkezésünkre álló források információi más és más adatokat tartalmaznak a meglévő vízkészlet gazdálkodási engedély szerint kitermelhető vízmennyiségre, de ezekre az eltérő értékekre egyaránt igaz, hogy az engedély lehetővé tenne a jelenleginél magasabb kitermelést, ami további lehetőséget jelentene a termálhő hasznosítás számára a Liget intézményeiben. Azonban ezt a megoldást a várható visszasajtolási kötelezettség, illetve a meglévő vízkészletek védelme érdekében nem javasoljuk.

További lehetőség a nyári felhasználás, abszorpciós hűtőgépekkel hűtési energia előállítására (ld. 2.8 fejezet).

2.11.2 Termálvíz kapacitás vizsgálata (40 C° alatti felhasználási hőmérséklet esetén- balneológiai felhasználás után)

A korábban már említett, adatforrásként felhasznált KMOP tanulmány szerint a Széchenyi Gyógyfürdő elfolyó termálvíz hőmérséklete ~ 35-40°C értékkel, mennyisége a medencék töltéséből és utánfolyásából adódó értékekkel vehető figyelembe. Az elfolyó víz felhasználásának feltétele, hogy a medencéknél legyen vízforgalom, ami bizonyos korlátokat támaszt a felhasználásnak.

A Széchenyi Gyógyfürdő üzemviteléből adódó, rendelkezésre álló elfolyó termálvíz mennyisége és várható hőteljesítménye, becsült adatok alapján:

Időszak		02:00 - 06:00	06:00 - 18:00	18:00 - 22:00
Elfolyó víz mennyisége	m ³ /h	137,3	89,6	26,0
Kinyerhető hőteljesítmény	$\Delta t=10$ C° esetén; kW	1 583	1 033	300
	$\Delta t=15$ C° esetén; kW	2 375	1 550	450
	$\Delta t=20$ C° esetén; kW	3 167	2 067	600

15. táblázat - A rendelkezésre álló elfolyó termálvíz becsült mennyisége

A fogyasztási számítások során figyelembe vettük, hogy 22 óra és 2 óra között nincs lehetőség elfolyó termálvíz hasznosítására, ugyanis ebben az időszakban nincs elfolyó termálvízmennyiség.

A rendelkezésre álló elfolyó víz lehetséges energiaforrásként merül fel a Liget intézményei számára. Erre a vízre a FÁNK is a tervezett beruházásai alkalmával igényt tartana, így hasznosításának joga egyeztetést igényel az érintett intézmények között.

Az elfolyó víz hasznosítása hőszivattyúk révén történne. Ez minden esetben olyan hőcserélt vizet jelentene, amit az elfolyó termálvíz 20°C-ra melegít, ami a berendezés hőforrásául szolgálna. Ezért amennyiben a FÁNK nem használja fel az elfolyó termálvizet, úgy nagyobb hőkapacitás áll rendelkezésre az új intézmények számára.

2.11.3 Új termálkút fúrása

A termálvíz hasznosítás/kitermelés vízjogi engedélyhez kötött. A 147/2010. (IV. 29.) Korm. rendelet szerint az energetikai célra kitermelt felszín alatti vizet a hasznosítást követően

ugyanazon vízadóba kell visszatáplálni. Tehát a termelő kút mellé visszasajtoló kutat is kell létesíteni.

Egy új termálkút pár esetében az 50 éves elérési időhöz tartozó „B” védőidom nagy valószínűséggel érintené a Széchenyi Gyógyfürdő meglévő I. és II. kútjának védőidomát. A kutak létesítéséhez kérdéses a Vízügyi Hatóság hozzájárulása.

Egy termálkút pár (termelő és visszasajtoló kút) tervezésének, engedélyezésének, kivitelezésének várható költsége 700-800 millió Ft. Az új épületek teljes energiaellátásának biztosítására 300 000 m³/év-es kitermelésű termálkút lenne szükséges.

Alapadatok		
Termelt vízmennyiség	m ³ /év	300 000
Hőkivétel (65/35°C)	GJ/év	37 350
Beruházási költség		
Tervezési-előkészítési költség	eFt	35 000
Kutak költsége	eFt	900 000
Hőközponti rákötések és távveztékek	eFt	65 000
Egyéb költség	eFt	20 000
<i>Szumma beruházási költség</i>	<i>eFt</i>	<i>1 020 000</i>
Kiadások		
Becsült éves fenntartási költség	eFt/év	60 000
<i>Költségek összesen</i>	<i>eFt/év</i>	<i>60 000</i>
Bevételek		
<i>Bevételek összesen (földgáz)</i>	eFt/év	123 804
<i>Bevételek összesen (távhő)</i>	eFt/év	123 255
<i>Nyereség (földgáz)</i>	eFt/év	63 804
<i>Nyereség (távhő)</i>	eFt/év	63 255
<i>Egyszerű megtérülési idő (földgáz)</i>	év	16,0
<i>Egyszerű megtérülési idő (távhő)</i>	év	16,1

16. táblázat - Új termálkút létesítésének megtérülési vizsgálata

Mivel az új kútpár létesítése igen költséges, az engedélyeztetés és az engedélyezett kitermelhető víz mennyisége bizonytalan, ráadásul a meglévő kutakra történő jövőbeli hatása ismeretlen, ezért annak megvalósítását nem javasoljuk. Amennyiben mégis igény van új termálkútak létesítésére, úgy egy átfogó hatástanulmány, és számos további vizsgálat elvégzése javasolt. **Az új kút fúrásával kapcsolatban a Fővárosi Katasztrófavédelmi Igazgatóság Területi Vízügyi Hatóságához a tájékoztatási kérés benyújtása megtörtént, a válasz 2015 januárjában várható.**

A gazdaságossági számítás eredményeként kapott megtérülési idő reálisnak mondható, ugyanakkor nem szabad elfeledkezni arról, hogy **ez a megoldás rendkívül kockázatos.**

A megtérülési idő kizárólag a termálkút fúrására vonatkozik, mert a beruházási költségek nem tartalmazzák a múzeumok ellátására kiépítendő csővezetékek és gépészeti berendezések költségét.

2.12 Állatkert – „Ökotorony” koncepció

A Városliget szomszédságában található Fővárosi Állat- és Növénykert a Városliget fejlesztés energetikai lehetőségeinek vizsgálata során igen fontos szerepet játszik. A 2.11-es fejezetben érintőlegesen említettük, hogy a termálvíz hőjének jelenlegi felhasználása miként történik a FÁNK-ban.

Az itt tervezett fejlesztések magukban foglalják egy trópusi akvárium, és egy szubtrópusi biodóm létesítését. A két új létesítményben további termálhő hasznosítás van betervezve kétféle elképzelés szerint: az egyik megoldás a fejlesztések hőigényeinek tradicionális módon történő ellátását feltételezi, a másik pedig az igények ellátását egy úgynevezett integrált anyag-, víz- és energiaforgalmi rendszeren keresztül (továbbiakban IEAV rendszer, vagy „ökotorony”) biztosítaná. A fejlesztésekkel és az ökotoronnyal kapcsolatban egyrészt a FÁNK, másrészt az IEAV rendszer koncepcióját megalkotó cég is segítséget nyújtott adatszolgáltatásukkal.

A jelenlegi és a tervezett létesítmények az alábbi paraméterekkel rendelkeznek:

		JELENLEGI FÁNK		AKVÁRIUM		BIODÓM	
Épület paraméterei		Tél	Nyár	Tél	Nyár	Tél	Nyár
Légtérfogat	m ³	85 700		87		183	
Temperált légtérfogat *	m ³	77 700		61 147	34 941	146 118	73 059
Össz szintterület	m ²	32 450		11 665		14 170	
Alapszintterület	m ²	24 000		5 500		11 500	
A-fűtött/V-össz.	arányszám	0,650		0,157		0,157	
q-max	W/m ³ K	0,336		0,200		0,200	
q-valós	W/m³K	0,683		0,120		0,200	
Ablakok %-a	%	12%		24%		24%	
Fényáteresztés	%	70%	70%	73%	30%	73%	30%
Hőmérséklet	°C	20	27	21,4	22,7	15	25
Légcsere	1/h	2	3	10	10	2	4
Fűtési hatások	%	84%		98%		98%	
Hűtési hatások	%		300%		450%		400%
Hővisszanyerés*	%	0%	0%	73%	73%	50%	50%
Belső vízfelület	m ²	100		1150		2000	
Víz hőmérséklet	°C	20	20	24	24	22	22
Párolgás tényező	l/m ² /h	0,20	0,10	0,30	0,25	0,26	0,13

		JELENLEGI FÁNK		AKVÁRIUM		BIODÓM	
Épület paraméterei		Tél	Nyár	Tél	Nyár	Tél	Nyár
Belső növényzet	m ²	3 245		1 176		3 030	
Növény locsolás	l/m ² /day	2	4	2	4	2	4

* A temperált terek kisebbek, mint a teljes légtérfogat, mivel a lényeges üzemeltetési terek ebből kivonódnak és a nagy belmagasság miatt fajlagosan magas légtérfogatú épületen belül olyan építészeti és gépészeti megoldások kerülnek beépítésre, melyek kisebb zónák légtömegeit elkülönítve tudják temperálni, különösen nyáron, kihasználva a levegő rétegződését.

17. táblázat - A FÁNK egyes létesítményeinek paraméterei

Az energiaigények jelenlegi és várható eloszlása:

		JELENLEGI FÁNK	AKVARIUM	BIODOM
Gépészet modellezett értékei		Éves Fogyasztás	Éves Fogyasztás	Éves Fogyasztás
Térfűtés igény	kWh/m ² /a	154	233	209
Medencék hőigénye	kWh/m ² /a	3	148	151
HMV igény	kWh/m ² /a	15	15	15
T+M+HMW	kWh/m ² /a	171	397	374
Össz Fűtés	kWh/m²/a	204	417	394
Fűtés csúcsfogyasztás	kW	3 208	1 960	2 400
<i>Szezon átlag</i>	<i>kW</i>	<i>1 270</i>	<i>870</i>	<i>1 040</i>
Össz Hűtés	kWh/m²/a	-	250	25
Hűtés csúcsfogyasztás.	kW	284	310	340
Gépészet	kW	389	930	280
Világítás	kW	467	85	100
Össz Áram	kWh/m²/a	102	435	129
<i>Áram éves átlag</i>	<i>kW</i>	<i>378</i>	<i>580</i>	<i>210</i>

18. táblázat - A FÁNK egyes létesítményeinek energiaigénye

A tervezett bővítés létesítményeinek szezonális energiaigénye a modellezések alapján a következőképpen alakul majd:

	Fogyasztás	
	kWh	GJ
Január	1 965 377	7 075
Február	1 508 336	5 430
Március	1 109 746	3 995

	Fogyasztás	
	kWh	GJ
Április	512 861	1 846
Május	330 614	1 190
Június	319 949	1 152
Július	330 614	1 190
Augusztus	330 614	1 190
Szeptember	319 949	1 152
Október	492 473	1 773
November	1 150 110	4 140
December	2 350 883	8 463
Összesen:	10 721 525	38 597

19. táblázat - A bővítés létesítményeinek energiaigénye havi bontásban

Az ökotoronyban az energia-, víz- és anyagáramok legnagyobb fokú integrálása történne, a lehető leghatékonyabb visszaforgatással.

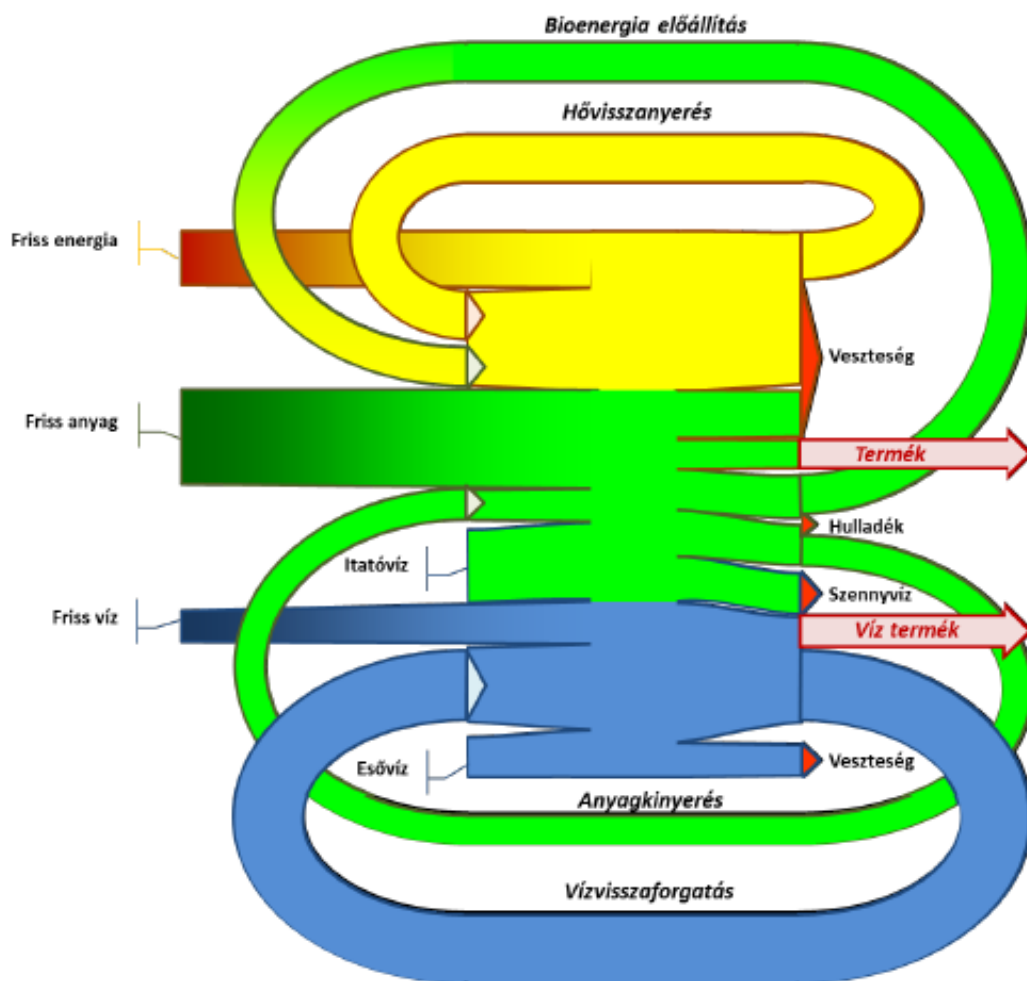
A bemenő áramok:

- energia: villamos energia, földgáz
- víz: termálvíz, csapadékvíz, vezetékes víz, kútvíz
- anyag: takarmány a tápanyag előkészítőn keresztül

A rendszert elhagyó áramok:

- hulladékok (pl. rácsszemét, szervesetlen kommunális hulladék)
- szennyvíz (pl. vízsótalanítás hulladékárama)
- termékek (pl. komposzt, száraz állateledel, biogáz és biomassa alapú tüzelőanyag)

Az integrált rendszer be- és kimenő áramait az alábbi séma szemlélteti:



24. ábra - A FÁNK ökotorony koncepciójának folyamatábrája

A rendszer a Széchenyi Gyógyfürdő termálvizének hőjét két lépcsőben hasznosítaná: a fürdő termelőkútjából kivett termálvize (még azelőtt, hogy a fürdő hűtési célból azt a talajvízből eredő kútvízzel összekeverné) először hőhasznosítási céllal kerülne bevezetésre, és a fürdőnek az igényeinek megfelelő hőcsökkentett fürdővízként kerülne visszaadásra. Második lépcsőben a használt medencevíz hőjének hasznosítása történne, mely csak abban az esetben valósítható meg, ha az ökotorony megépítésre kerül.

Energetikailag a különbséget az IEAV rendszer nélküli és az azzal történő bővítés között egy biogáz kiserőmű létesítése, a különböző hőenergiaáramokból történő hővisszanyerés, illetve a Széchenyi Gyógyfürdő elfolyó medencevizeinek hőhasznosítása jelenti. Az ökotorony a kalkulációk alapján a 9 MW termálvízben rejlő elérhető hőteljesítményből 4 MW-ot kötne le a fürdő és a FÁNK részére, a további 5 MW pedig a környező létesítményeknek lenne továbbadható. Ezen kívül a vízforgalmi rendszerre vonatkozó kalkulációk alapján az ökotorony

létesítése esetén vízkezeléssel napi 6 400 m³ víz lenne újrahasznosítással előállítható, melyből a 3 000 m³ lenne továbbadásra alkalmas – mely jelentős hozzájárulás lehetne a Liget öntézéséhez. Ezek a kalkulációk régebbi adatokon és ezeken alapuló feltételezéseken nyugszanak, valamint a hő továbbadására megvalósíthatósági tanulmány nem készült, annak vizsgálata külön tanulmányt igényelne, melyben az összes környező létesítmény vizsgálatát követően megállapítható lenne, hogy leggazdaságosabban mely intézmények ellátása valósítható így meg. Ez a vizsgálat túlmutat jelen tanulmány keretein, így a koncepcióalkotás során elkészítettük a számítást arra az esetre is, ha a FÁNK nem használja föl egyáltalán az elfolyó termálvíz hőjét, illetve arra az esetre is, hogy az elfolyó termálvíz hőjét először a FÁNK használja föl, majd ez a víz 20°C-os hőmérsékleten érkezik a Liget intézményeinek ellátására.

2.13 Összefoglalás

Az előzetes vizsgálatok, helyszínrre vonatkozó megállapítások, jelenleg rendelkezésre álló információk alapján az egyes energiaforrások alkalmazhatóságát az alábbi táblázat összegzi.

Projektterületen rendelkezésre álló megújuló és alternatív energiaforrások																
Energiaforrás	Jellemző	Javasolt	Feltételekkel javasolt	Nem javasolt	Melegenergia	Hidegenergia	Villamos energia	Vizsgálati szempontok							Szöveges magyarázat	
								helyi szabályozások, jogszab. Feltételek	környezetvédelem	terület használati akadályok	zajkibocsátás	előnyök	hátrányok	üzemeltetési kockázat		gazdaságosság
Napenergia	Napkollektor	X			X	-	-	nincs	nincs hatással	építészeti elhelyezés	++	gazdaságos üzemeltetés	alacsony hatások	nincs	+	Megvalósítható, de az összes energiatermelésben számottevő hányadot várhatóan nem fog kitenni.
	Napelem	X			-	-	X	HMKE eljárás	nincs hatással	építészeti elhelyezés	++	kevés karbantartás	csökkenő teljesítmény	nincs	+	Megvalósítható, a vásárolt villamos energiát eredményesen csökkentheti.
Szélenergia	Szélérőmű			X	-	-	X	HMKE eljárás	nincs hatással	építészeti elhelyezés	0	gazdaságos üzemeltetés	zaj	nincs	0	Nem javasolt zajterhelési és elhelyezési probléma miatt.
Kapcsolt hő- és villamos energiatermelés	Gázmotor			X	X	(X)	X	MKEH engedély	új pontforrás	elhelyezési nehézség	0	kapcsolt energia	karbantartás igényes	gáz/villany ár változás	0	A szennyezőanyag kibocsátási, zajterhelési és elhelyezési probléma miatt elvetendő.
	Gázturbina			X	X	-	X	MKEH engedély	új pontforrás	elhelyezési nehézség	0	kapcsolt energia	karbantartás igényes	gáz/villany ár változás	0	A szennyezőanyag kibocsátási, zajterhelési és elhelyezési probléma miatt elvetendő.
	Mikroturbina			X	X	-	X	MKEH engedély	új pontforrás	elhelyezési nehézség	0	kapcsolt energia	karbantartás igényes	gáz/villany ár változás	0	A szennyezőanyag kibocsátási, zajterhelési és elhelyezési probléma miatt feltételekkel javasolt.
Növényi és állati eredetű hulladék	Biomassza			X	X	-	X	engedély köteles	új pontforrás	elhelyezési nehézség	++	folyamatos üzem	tárolási nehézségek	tüzelőanyag	0	A szennyezőanyag kibocsátási és elhelyezési probléma miatt elvetendő.
Egyéb	Üzemanyagcella			X	-	-	X	nincs	nincs hatással	nincs akadálya	++	direkt energiaátalakít	könnyű meghibásodás	nincs	0	Kiépített hálózati infrastruktúra esetén nem javasolt, drága megoldás.
Egyéb	Ökotorony			X	X	-	-	nincs	nincs hatással	elhelyezési nehézség	++	komplex	nincs hazai példa	nincs hazai példa	0	Hazai tapasztalatok hiányában nem alkalmazható biztonsággal.
Távfűtés	Épületenkénti hőközponttal	X			X	-	-	nincs	nincs hatással	nincs akadálya	++	kapcsolt energiából	nincs kiépítve	nincs	+	Megvalósítható, garancia a biztonságos energiaellátásra.
Távhűtés	Épületenkénti hőközponttal			X	-	X	-	nincs	nincs hatással	nincs akadálya	++	kapcsolt energiából	kevés hazai példa	kevés hazai példa	0	Kevés hazai tapasztalat, hazánkban alig alkalmazott.

Projektterületen rendelkezésre álló megújuló és alternatív energiaforrások																
Energiaforrás	Jellemző	Javasolt	Feltételekkel javasolt	Nem javasolt	Melegenergia	Hidegenergia	Villamos energia	Vizsgálati szempontok							Szöveges magyarázat	
								helyi szabályozások, jogszab. Feltételek	környezetvédelem	terület használati akadályok	zajkibocsátás	előnyök	hátrányok	üzemeltetési kockázat		gazdaságosság
Környezeti hő hasznosítása hőszivattyús rendszerekkel	Levegő hőforrással		X		X	X	-	nincs	nincs hatással	épületen megjelenik	+	egyszerű technológia	rossz hatások	nincs	+	Zajterhelési, elhelyezési és ellátás biztonsági probléma miatt megfontolandó.
	Geotermikus szonda hőforrással		X		X	X	-	engedély köteles	nincs hatással	terület igény	++	egyszerű technológia	terület igény	nincs	+	Megvalósítható, visznylag jó hatásokkal üzemeltethető.
	Talajvíz hőforrással			X	X	X	-	engedély köteles	hatás a talajvízre	nincs akadálya	++	közel hőforrás	karbantartás igényes	vízminőség	+	Az energetikai hasznosítás szempontjából kedvezőtlen vízminőség miatt nem javasolt.
	Városligeti tó hőforrással			X	X	X	-	engedély köteles	hatás az élővilágra	nincs akadálya	++	közel hőforrás	kis kapacitás	vízminőség	+	Az energetikai hasznosítás szempontjából kedvezőtlen vízminőség és a korlátozott kivehető teljesítmény miatt nem javasolt.
	Szerkezet aktivált hőforrással			X	X	X	-	nincs	nincs hatással	nincs akadálya	++	közel hőforrás	javíthatatlan technológia	nincs	0	Hazai tapasztalatok hiányában nem alkalmazható biztonsággal, a kivehető teljesítmény korlátozott.
	Csatornahőszivattyú	X			X	X	-	engedély köteles	nincs hatással	nincs akadálya	+	jó hatások	karbantartás igényes	nincs	+	Megvalósítható, jó hatásokkal üzemeltethető kellő üzembiztonság mellett, de a kivehető teljesítmény
Termálvíz	Új termál kút létesítése		X		X	X	-	engedély köteles	visszasajtolás	hatás a II. kútra	++	gazdaságos üzemeltetés	kockázatos beruházás	visszasajtolás	0	Üzemének bizonytalansága miatt erősen megfontolandó.
Széchenyi fürdő termálvíze	Közvetlen hasznosítása ~70C°-on, hűtésre abszorpciós technológiával		X		-	X	-	nincs	nincs hatással	távvezeték szükséges	++	csökkenő kényszerhűtés	alacsony hatások	nincs	0	Alacsony hatások miatt nem javasolt.
	Közvetlen hasznosítása ~70C°-on, hűtésre adszorpciós technológiával		X		-	X	-	nincs	nincs hatással	nincs akadálya	++	csökkenő kényszerhűtés	alacsony hatások	adszorber kimerülése	0	Alacsony hatások miatt nem javasolt.
	Elfolyó vízének közvetlen használata	X			X	-	-	nincs	nincs hatással	távvezeték szükséges	++	CO ₂ semleges	távvezeték szükséges	nincs	+	Meglévő helyi adottság, hőszivattyús berendezések forrás oldalaként jó hatásokú rendszer valósítható meg.
	FÁNK felhasználása után	X			X	-	-	nincs	nincs hatással	távvezeték szükséges	++	CO ₂ semleges	távvezeték szükséges	nincs	+	Meglévő helyi adottság, hőszivattyús berendezések forrás oldalaként jó hatásokú rendszer valósítható meg.

25. ábra Energiaforrások alkalmazási lehetőségei - összefoglalás

zajkibocsátás

- 0 magas
+ elfogadható
++ alacsony, nincs

gazdaságosság

- 0 25 év feletti megtérülési idő
+ 15-25 év közötti megtérülési idő
++ 15 év alatti megtérülési idő

színmagyarázat

- zöld: javasolt/feltételekkel javasolt megvalósításra alkalmas
barna: nem javasolt/feltételekkel javasolt, csak alternatívaként szóba jövő

3. HAZAI ÉS KÜLFÖLDI MÚZEUMOK ENERGIAIGÉNYE

3.1 A közel zéró energiaigényű épületekre vonatkozó várható követelmények [11], [12]

Az újonnan épülő múzeumok az építészeti tervpályázatban meghatározott módon már a közel nulla energiaigényű épületekre vonatkozó, középületekre 2018-tól érvényes követelményeknek való megfelelést írja elő. Mivel ezekről a követelmény értékekről pontos adatok még nem ismertek, ezért a kiírásban szereplő adatok több szakmai előrejelzés segítségével kerültek megállapításra. A pályázóknak az alábbi kritériumoknak megfelelően kell épületüket megtervezni.

Az egyes szerkezetek hőátbocsátási tényezője

Az alábbi táblázat adatai a Magyar Mérnöki Kamara által 2011-ben kerültek megállapításra a magyarországi szabályozás szerint 2018 után várható hőátbocsátási tényezők értékeiről.

Épületszerkezetek típusa	U (W/m ² K)
Külső fal	0,22
Lapos tető	0,15
Padlásfödém	0,15
Alsó zárófödém fűtetlen pince felett	0,25
Homlokzati üvegezett nyílászáró (fa, PVC)	1,0
Homlokzati üvegezett nyílászáró (fém)	1,3
Homlokzati ajtó	1,3

20. táblázat – A hőátbocsátási tényező 2018-tól várható követelményértékei [11]

A fajlagos hővesztéstényező megengedett értéke [12]

A fajlagos hővesztéstényező és az összesített primerenergetikai tényező várható követelményértékére a Debreceni Egyetem által készített tanulmány ad előrejelzést.

A fajlagos hővesztéstényező maximális megengedett értéke az épület felület-térfogat arányának függvényében az alábbi képletek alapján alakul:

$$A/V \leq 0,3 \quad q_m = 0,12 \text{ W/ m}^3\text{K}$$

$$0,3 \leq A/V \leq 1,0 \quad q_m = 0,051 + 0,23(A/V) \text{ W/ m}^3\text{K}$$

$$A/V \geq 1,0 \quad q_m = 0,281 \text{ W/ m}^3\text{K}$$

A primerenergetikai tényezőre vonatkozó előírások [12]

Mivel a magyar előírások szerinti épületenergetikai számításokban külön követelmények csak lakáscélú, oktatási, illetve irodaépületekre adtak, ezért a tanulmány is ezekre vonatkozóan ad előrejelzéseket. A múzeumokra várható követelményérték annak mérlegelésével került megállapításra, hogy az épület jellege mennyire hasonlít ezekre az épülettípusokra, és azokhoz képest milyen igénybeli eltéréseket mutat. A tényező így megállapított követelményértéke **85 kWh/m²a** lett, mely magában foglalja azt a primerenergia mennyiséget, amely a fűtés, hűtés, használati melegvíz előállítás, szellőzés és a világítás energiaigényének fedezéséhez szükséges.

A fenti igényszintekhez képest a jelenlegi épületek szerkezetei, energiafelhasználása messze elmarad. A közelmúlt és az elkövetkezendő pár év időszakára előírányzott folyamatos fenntartható fejlődés számszerűsítésére egy angol publikáció az alábbi követelményeket foglalta össze az épületenergetika témakörében – galériákra, múzeumokra, archívumokra vonatkozóan. Az energiafogyasztás követelményeit összegezve megállapítható, hogy a jelenlegi jó gyakorlatnak megfelelő épületekhez képest is drasztikus épületenergetikai fejlődés szükséges.

		Minimum követelmények	Legjobb gyakorlat	Innovatív megoldás	Úttörő megoldások
		2010	2013	2016	2019
CO₂ kibocsátás tervezett célértéke (kg CO₂/ m²/év)		95	70-80	50-60	0
Energia osztály besorolás		G-D	F-D	F-C	A
Energiafogyasztás (kWh/m²a)	Fűtés + melegvíz termelés	180	120	50	20-40
	Gépi hűtés	45	37	20	0-10
	Világítás	60	40	30	<10
Helyszíni energia előállítás (az energia felhasználás százalékában)		<20%	>20%	50-100%	>100%*

		Minimum követelmények	Legjobb gyakorlat	Innovatív megoldás	Úttörő megoldások
		2010	2013	2016	2019
U értékek (W/m²K)	Külső fal	0,35	0,2	0,15	0,1
	Átlagos ablak	2,2	1,4	1,1	0,8
	Tető	0,25	0,15	0,12	0,1
	Alsó zárófödém	0,25	0,15	0,12	0,1

*a projektterületen és azon kívül előállított megújuló energia

21. táblázat – Meglévő és várható épületenergetikai követelmények – angliai becslés [13]

A táblázat a szellőzés hő- és villamos energiaigényére nem állapít meg követelményeket.

3.2 Hazai kitekintés

3.2.1 Magyar Nemzeti Múzeum

A magyar történelem tárgyi emlékeit összegyűjtő Magyar Nemzeti Múzeum országos múzeum, melynek főépülete Budapesten, a VIII. kerületi Múzeum körúton található. Az épület 1837-47 között épült. Azóta az épületen több átalakítás, átépítés történt, jelentős károk is érték mind a II. világháború, mind az 1956-os forradalom idején.

1996 és 2006 között elvégezték a régészeti könyvtár rekonstrukcióját és a Pollack Mihály tér felőli szárny tetőterének beépítését raktár céljára, elkészült továbbá a teljes tetőszerkezet felújítása.

Az épület összesen kb. 27 500 m², melyből 6 800 m²-t foglalnak el a kiállító terek.

Az épület fűtését és használati melegvíz ellátását nagy részben kondenzációs gázkazánok, részben melegvíz kazánok biztosítják. Évente becsülhetően, átlagosan kb. 160-170 000 m³ a gázfogyasztás, mely ~5500 GJ fűtési energiafogyasztást jelent. Fajlagosan így **a fűtés 50-60 kWh/m²a energiát igényel.**

Az épület hűtésére sok kis egységteljesítményű hűtőgép lett kiépítve.

Az épület egyes tereinek szellőztetésére légkezelők lettek beépítve.

Az összes éves **elektromos energiafogyasztás** becsülhetően 1 200-1 500 MWh körül alakul, így az adatok alapján a fajlagos érték **45-55 kWh/m²a.**

3.2.2 Magyar Nemzeti Galéria

A Magyar Nemzeti Galéria a magyarországi képzőművészetet dokumentáló és bemutató legnagyobb közgyűjtemény. Önálló múzeumként 1957 óta működik, jelenlegi helyén, a Budavári Palotában 1975 óta található meg.

A Budavári Palota homlokzatain a helyreállításakor a következő változtatások történtek: új, magasabb, vasbeton kupolát kapott az épület, a tetőszerkezet díszességét pedig jelentősen csökkentették. A homlokzatokon található szobrokat nagyrészt nem állították vissza eredeti helyükre. Lebontották többek között az impozáns Habsburg-lépcsőt is.

Az épület műemléki védettség alatt áll. Az épületben kb. 300 fő dolgozik, évente átlagosan 250 000 látogatót fogad. Az épület nettó alapterülete 29 000 m².

Az épület fűtése távhőellátásról van megoldva. A főbb fűtési hőfogyasztói a légtechnika és a radiátoros fűtés. Az éves hőfogyasztás kb. 5 700 GJ körül alakul. A **fűtési energiafogyasztás** fajlagos értéke így **55 kWh/m²a** a teljes területre vonatkoztatva.

A Budai Várban található illusztris közintézmények egységes klimatizálási rendszerének egyik része a Budavári Sikló Clark Ádám téri alsó megállója mellett elhelyezkedő központi hűtőgépház, ahonnan az összes alrendszer hidegvíz-igényét biztosítják.

3.2.3 Néprajzi Múzeum

A Néprajzi Múzeum főépülete Budapesten a Kossuth Lajos téren található meg. Az épület 1896-ra épült fel. A 6 392 m² beépített alapterületű és 165 104 m³ beépített térfogatú épületbe, a Magyar Nemzeti Galéria helyére a Néprajzi Múzeum 1973-ban költözött be.

Az épület 6 szintes, pince, alagsor, földszint, első, második emelet és padlástér. Az összes hasznos alapterületből kb. 12 300 m², amely a Néprajzi Múzeum területe, és az épület kb. harmada (kb. 6.000 m²) a volt Párttörténeti Intézet területét képezi. A látogatók száma évente 80-90 000 fő.

Az épület nettó fűtött légtérfogata 62 500 m³. Az épület fűtési rendszere alacsony hőmérsékletű gázkazánok által megtermelt melegvizet rendszerű. Az éves gázfogyasztás 120-130 000 m³ körül alakul. A **fűtési energiafogyasztás kb. 65-70 kWh/m²a** a teljes területre vonatkoztatva.

Az ismertetett hazai múzeumok fajlagos energiafogyasztásai:

	Fűtés	Villamos energiafogyasztás
Magyar Nemzeti Múzeum	50-60 kWh/m ²	45-55 kWh/m ²
Magyar Nemzeti Galéria	55 kWh/m ²	n.a.
Néprajzi Múzeum	65-70 kWh/m ²	20-25 kWh/m ²

22. táblázat – A hazai múzeumok becsült fajlagos energiafogyasztásai

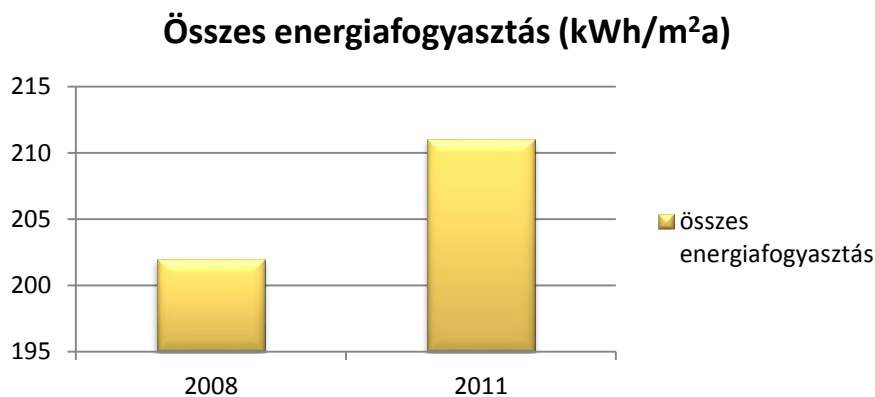
3.3 Külföldi múzeumok energiaigénye, felújításokkal elért megtakarításai

A külföldi példákat tekintve a múzeum épületek, valamint az egyéb szórakoztató és kulturális épületek (mozi, színház, kaszinó, sport aréna, könyvtár, stb.) energiaigénye több kutatásban együttesen lett felmérve, mivel a hasonló funkciókból (szabadidős, szociális tevékenységek céljából sok embert befogadni képes nagy légtérű termek) eredően többnyire összehasonlítható energiafelhasználással rendelkeznek. Ezzel együtt azonban az energiaigény mégis széles határok között mozog, mivel az épületek kevésbé tipizáltak, mint például a lakó- vagy irodaépületek, illetve különböző klimatikai viszonyok jellemzik környezetüket.

3.3.1 Szórakoztató és kulturális épületekre jellemző energiaigények

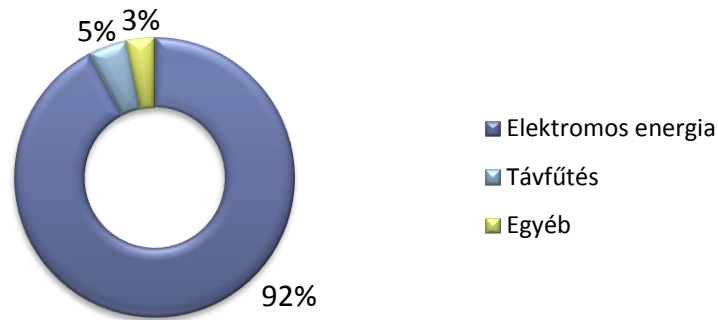
Norvégia [17]

Norvégiában a Statistics Norway végzett egy nemzeti szintű kutatást épületek energiafogyasztásainak felmérésére, mely részben a helyi telekkönyv adatokon, részben az épületek üzemeltetői által kitöltött kérdőív eredményein alapult. A vizsgálat 6 100 db, 5 000 m²-nél nagyobb épület adatait tartalmazza. A felmérést 2008-ban és 2011-ben is elvégezték, és az alábbi eredményeket hozta a múzeum és könyvtár épületekre vonatkozóan:



6. diagram – Norvégiai felmérési eredmények: múzeumok és könyvtárak összes fajlagos energiafogyasztása 2008-ban és 2011-ben

Az egyes energiatípusok százalékos megoszlása



7. diagram – Norvégiai felmérési eredmények – a múzeum és könyvtár épületekben használt energiahordozók megoszlása

Norvégiában a legelterjedtebb fűtési megoldások a távfűtés és a hőszivattyús rendszerek. A fenti diagramon látható magas elektromos energia részarányból kiderül, hogy a múzeum és könyvtár épületeket nagyrészt hőszivattyús rendszerek szolgálják ki. Érdekesség még, hogy a helyi épületenergetikában eleve hangsúlytalan szerepet kapó földgáz felhasználás részaránya ennél az épülettípusnál 0%, noha az egyéb kategóriába tartozó fűtések részben fosszilis energiahordozót használnak.

Egyesült Államok [18]

Az Egyesült Államokban a U.S Energy Information Administration szervezete országos felmérést készített a kereskedelmi épületek energiafogyasztási adatainak feltárására (Commercial Building Energy Consumption Survey - CBECS). Kereskedelmi épületként lett számba véve minden olyan épület, amelynek területének több, mint felét nem lakás-, ipari- vagy mezőgazdasági célra használják – így a felmérésben olyan épületek is szerepelnek, melyeket hagyományosan nem szokás kereskedelminek nevezni (pl. iskolák, kórházak). Az adatok bekérését minden esetben először az épület valamilyen képviselőjétől próbálták bekérni, amennyiben ők nem tudtak adatot szolgáltatni, akkor az energiaszolgáltatóik elérhetőségét, illetve ügyfélszámaikat adták meg, így a kutatás készítői közvetlenül az energiaszolgáltatóktól kapták meg a szükséges adatokat. A felmérést 2003-ban készítették, azóta 2012-ben is készült hasonló felmérés, azonban annak eredményeit még nem publikálták.

A múzeum épületek szórakoztató épületekként kerültek kategorizálásra, tágabb értelemben pedig együtt vizsgálták őket az összes olyan típusú épülettel, mely nagy tömegek befogadására képes, szociális, szórakoztatási, vagy egyéb céllal (pl. könyvtárak, kiállítótermek, kaszinók, sport arénák, stb.).

A tágabb kategóriára vonatkozó eredmények- leszűkítve azokra az épületekre, amelyek Magyarországhoz hasonló klímájú területen találhatók:

Végfelhasználás módja	Energiafogyasztás (kWh/m ²)
Fűtés	180,8
Hűtés	12,5
Szellőzés	41,8
Használati melegvíz előállítás	3,9
Világítás	19,4
Irodai berendezések	0,5
Számítógép használat	1,1
Egyéb	17,1
Összesen:	277,1

23. táblázat – Egyesült Államok felmérése – nagy tömegek befogadására alkalmas épületek fajlagos energiafelhasználásának megoszlása

Hasonló klimatikai szűkítéssel, és a kategórián belül még tovább szűkítve az eredményeket csak a szórakoztató jellegű épületekre (melybe a múzeumok is tartoznak), az alábbi táblázat foglalja össze az eredményeket – azonban mivel kevés mintát tartalmaz ez a halmaz, ezért a kapott adatok így kevésbé megbízhatóak.

Végfelhasználás módja	Energiafogyasztás (kWh/m ²)
Fűtés	167,7
Hűtés	16,7
Szellőzés	36,1
Használati melegvíz előállítás	3,2
Világítás	30,5

Végfelhasználás módja	Energiafogyasztás (kWh/m ²)
Irodai berendezések	0,4
Számítógép használat	1,2
Egyéb	17,9
Összesen:	273,7

24. táblázat – Egyesült Államok felmérése - szórakoztató jellegű épületek fajlagos energiafelhasználásának megoszlása

Az eredményekben meglepő, hogy a fűtésre fordított energiafelhasználás viszonylag magas, ami valószínűleg az épületek állagával magyarázható. Ennél is váratlanabb eredmény a hűtés rendkívül alacsony energiafogyasztása. Mivel a felmérés a 2002-es évig bezárólag tartalmaz adatokat, ezért ez valószínűleg az akkor még számottevően kisebb hűtési igényekkel magyarázható.

3.3.2 Konkrét nemzetközi példák múzeum épületek energiafelhasználására

3.3.2.1 Museum of Modern Art felújítása (Kristinehamn, Svédország) [19]

Az épület elsődlegesen a kortárs művészetek múzeumaként funkcionál. Három kiállító teremben vannak bemutatva hazai és nemzetközi műtárgyak, köztük festmények, szobrok, illetve egyéb installációk. Ezen kívül az épületben található még konferencia terem, könyvtár, kreatív műhely, kávézó, ajándékbolt, recepció, valamint irodai és személyzeti terek. A nyilvánosság számára keddtől vasárnapig 12 órától 16 óráig, nyaranta 10-től 16 óráig tart nyitva.

A múzeum épületét a városi távhőhálózat látja el távhővel. A távhőt egy biomassza fűtőmű állítja elő, mely faaprítékot tüzel el. A kiállítási terekben padlófűtés, az egyéb terekben radiátoros fűtés működik. Az épület egy felszín alatti, és két felszín feletti szinttel rendelkezik, a teljes fűtött illetve hűtött terület 1500 m², melyből 330 m²-t foglalnak el a kiállító termek. A fűtött légtérfogat körülbelül 6000 m³, az épület határoló felületeinek összege kb. 1 600 m². Az állandó személyzet rendszerint 3-5 fő, a látogatók száma változó.

Az épület vidéki területen található, ahol az éves átlagos hőmérséklet -5 és 15°C között változik. A kiállító terekben nyáron 20-25°C-ot, télen 19-20°C-ot biztosítanak.

Az energiaigény csökkentő intézkedések során a mennyezet/tető, a padló, valamint némely fal is kiegészítő hőszigeteléssel lett ellátva. Az ablakok megnövelt energiahatékonysággal bírnak, a bejárati ajtó légzsilippel van ellátva a huzat elkerülése érdekében.

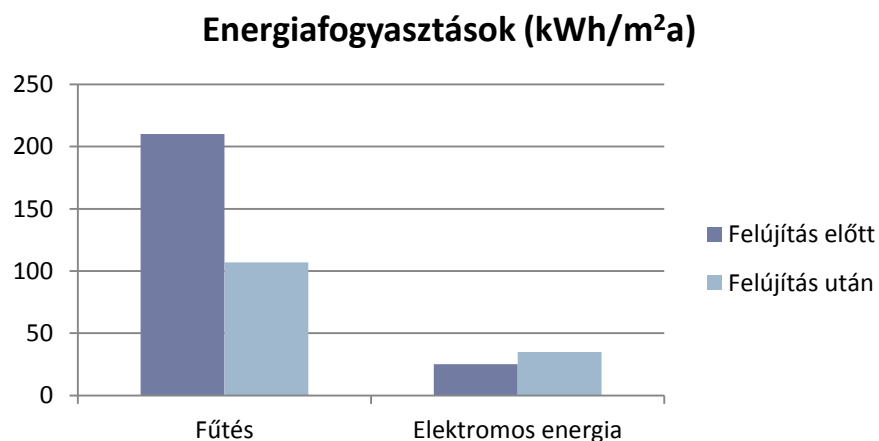
A kiállító terek igény vezérelt vegyes (mesterséges és természetes) szellőzéssel rendelkeznek. A természetes szellőzés során a belépő frisslevegő előmelegítése levegős napkollektorokkal történik. Az így előmelegített levegőt egy ventilátor továbbítja egy további egység felé, ahol a végső hőmérséklet és páratartalom érték beszabályozása végbemegy. A levegő alacsony sebességgel lép a kiállító termekbe a padlóba épített szellőző rácsokon keresztül. A befűjt levegő mennyiségét CO₂ érzékelők szabályozzák. Az egyéb terek gépi forgódobos hővisszanyerővel ellátott szellőzéssel üzemelnek. A szabályozási feladatokat fejlett épületfelügyeleti rendszer látja el.

A világítás megtervezése során egyaránt szempont volt a természetes fény optimalizálása, valamint a műtárgyak megóvása az UV-sugárzás káros hatásaitól. Annak érdekében, hogy egy rugalmasan alkalmazható megoldás szülessen, kettős árnyékoló rendszer került beépítésre. Az árnyékolás távvezérléssel működtethető, és az összes fény beeresztése és a teljes sötétség között tetszőlegesen állítható. Az ablakok belső üvegfelülete energia visszaverő réteggel lett ellátva, mely csökkenti a beszűrődő UV-sugárzást. A beépített mesterséges világítás mindenhol alacsony energiafelhasználású.



26. ábra – A Museum of Modern Art kiállítóterme

A **fűtési energiaigény** az energiacsökkentő intézkedések hatására 50%-kal, **210 kWh/m²a** értékről **107 kWh/m²a-re csökkent**, és még további csökkenés elérhető, mellyel a tervezett 90 kWh/m²a célérték biztosítható. Noha a világítás és a szellőzés is fejlesztésre került, az **elektromos energiafelhasználás** kis mértékben növekedett (35 kWh/m²a-ról kb. **40 kWh/m²a-re**) annak köszönhetően, hogy további villamos energiát igénylő berendezések lettek beépítve.



8. diagram – Museum of Modern Art – fajlagos energiafelhasználás alakulása felújítás előtt és után

3.3.2.2 *Bardini Museum felújítása (Florence, Olaszország)* [19]

Az épület elsődlegesen múzeumként üzemel, a nyár kivételével hétfőtől szombatig, 9:30-tól 19 óráig áll nyitva a nyilvánosság előtt. A háromszintes épület $3\,200\text{ m}^2$ fűtött és hűtött területtel, és $76\,784\text{ m}^3$ légtérfogattal rendelkezik. Az épület határoló felületei $3\,431\text{ m}^2$ -t tesznek ki. Az épületben tartózkodók átlagos száma 150 körül van.

A múzeum városi környezetben található, ahol az átlagos külső hőmérséklet 5 és 24°C között alakul. A belső tervezési hőmérséklet 20°C , a külső tervezési hőmérséklet -2°C , a páratartalom pedig 50% . A tervezési légcserezszám értéke 16 l/h . A műtárgyak megvilágítására vonatkozó követelményértékek: akvarellek esetén 50 lux , olajfestmények esetén pedig 200 lux .

A fűtést és a hűtést hőszivattyús rendszer biztosítja $32,6\text{ kW}$ -os fűtési és $29,1\text{ kW}$ -os hűtési kapacitással.

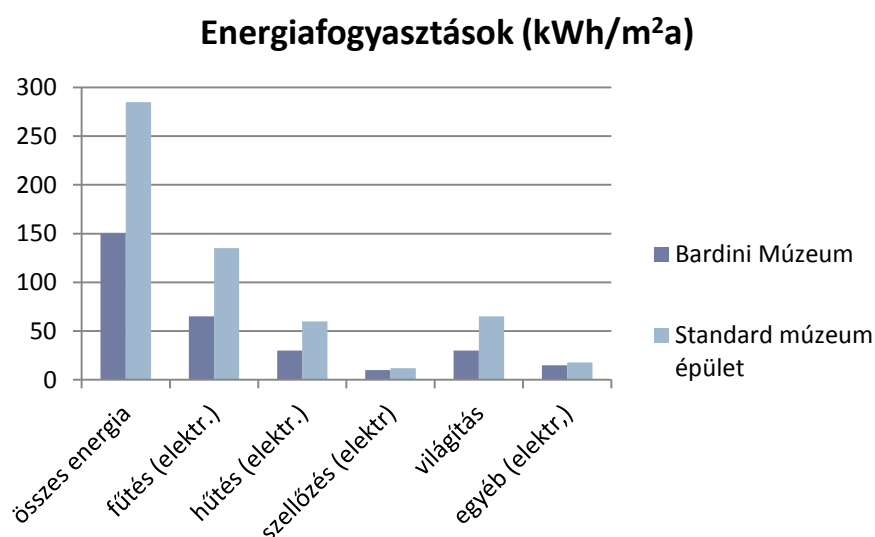
Az épületbe a természetes fény kettős üvegezésen keresztül jön be, ami UV filmréteggel van ellátva annak érdekében, hogy csökkentse a ragyogó fény káros hatásait a kiállított műtárgyakra. A hőnyereség és a direkt napfény beáramlásának csökkentésére az új ablakokat UV elnyelő üvegezéssel látták el, ami jelentősen mérsékli az ultraviola sugárzást, valamint belső árnyékolókat építettek be.

A korábbi magas elektromos energia igény a beépített világítótestek magas villamos energia fogyasztásának és az alacsony szabályozhatóságnak volt köszönhető. A meglévő lámpatesteket lecserélték magas energiahatékonyságúakra, ami nem csak az energiafogyasztást csökkentette, de a vizuális élményen is sokat javított a kiállító terekben. Ez annak köszönhető, hogy az új szerkezetek olyan speciális reflektorfényvel vannak felszerelve, amelyek nagyobb mennyiségű fényt irányítanak a kiállító térre, csökkentve a ragyogó hatást és biztosítva az optimális megvilágítási szintet, mindezt csupán feleannyi lámpatest alkalmazásával, mint a felújítás előtt. A természetes fény kihasználásának optimalizálása érdekében a különböző szoftveres szimulációk eredményei alapján a középen elhelyezett tetőablak üvegezett felületeit teljes egészében lecserélték 30 mm -es polikarbonát panelekre, melyek szórt fényáteresztő képessége 70% (a korábbi üvegezés 80% -ához képest).

A különböző féle kiállítások figyelembevételével új lámpák kerültek telepítésre, amik a megfelelő megvilágítottságot biztosítják a kiállítási tárgyak számára (olajfestmények: 200 lux, vízfestmények: 50 lux). A világítási megoldások megreformálásával az igényelt megvilágítási szintet feleannyi lámpatest biztosítja, és a ragyogáshatás is jelentősen csökkent.

A felújítás során a tetőszigetelés minőségének javításával (U érték 1,9 W/m²K-ről 0,36 W/m²K-re csökkent), egy szabályozott hűtő-fűtő-szellőztető rendszer létrehozásával, és természetes passzív hűtési megoldásokkal elérték az optimális hőmérséklet és páratartalom biztosítását.

A standard épületekhez viszonyítva az alábbi fogyasztások mérhetők az épület felújítása után:



9. diagram – A Bardini Museum és egy standard múzeumépület fajlagos energiafelhasználásainak összehasonlítása

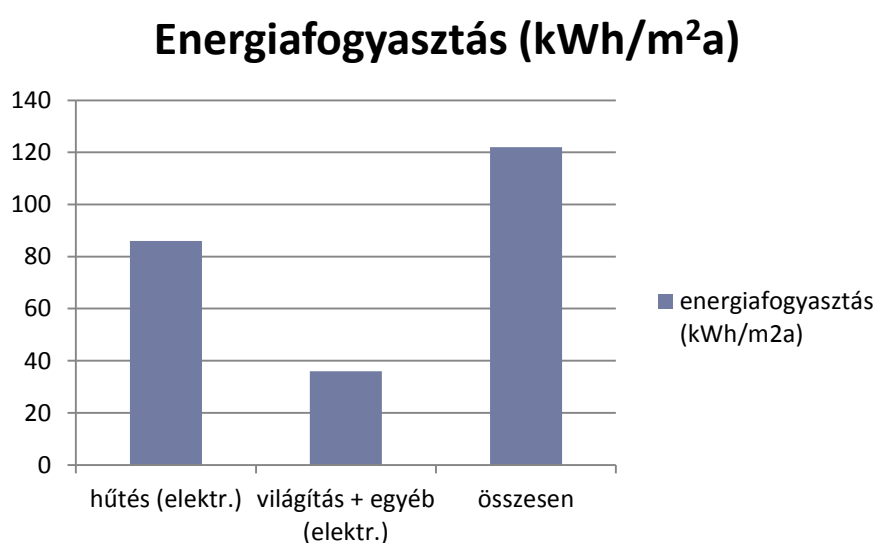
3.3.2.3 *Ethnographic Museum (Kanári-szigetek, Spanyolország) [19]*

A Kanári-szigeteken található néprajzi múzeum épületében kiállítások és előadótermek kapnak helyet. Az egyszintes épület területe 1 328 m², a fűtött légtér pedig 4 545 m³. A múzeum minden nap 9:30 és 18 óra között van nyitva.

A helyi klíma itt merőben szokatlan, a meleg mérsékelt éghajlat annyira állandó az év folyamán, hogy hűtési és fűtési igények szinte nincsenek is – az átlagos külső hőmérséklet 17 és 24°C között

változik. Az épület vastag betonfalakkal rendelkezik, melyet helyenként növénytakaró borít további védekezésül a kinti meleg ellen. Az üvegezett felületek is limitáltak az azon keresztül bejövő külső hőnyereség mérséklése végett.

Fűtési igény gyakorlatilag nem jelentkezik, hűtési igénye pedig gyakorlatilag csak a föld alatt található előadóteremnek van, ahol a nagyfokú kihasználtság miatt jelentős hőterhelés alakulhat ki. A hűtést hőszivattyú biztosítja. Ezen kívül még a világításnak és az egyéb elektromos berendezéseknek van villamos energia igénye, de ez sem számottevő, mivel magas a napsütéses órák száma. Az épület fogyasztásait az alábbi diagram szemlélteti.



10. diagram – Az Ethnographic Museum fajlagos energiafelhasználásai

3.3.2.4 Egyéb külföldi példák a fenntarthatóság és az energiahatékonyság fejlesztésére [14]

Manchester Museum

A Manchester Museum több, mint 4,25 millió műtárgynak ad otthont. A kiállítási kollekciók témái igen széles skálát fednek le, az Ókori Egyiptomtól kezdve a Váltózó Bolygóig. 2008-ban a múzeum energia felhasználása vizsgálatra került, annak érdekében, hogy meghatározzák, hogy mi módon tudnák a leghatékonyabban csökkenteni az épület ökológiai lábnyomát. Megállapítást nyert, hogy a legfőbb pontok, ahol megtakarítás érhető el: a világítás, a használati melegvíz

előállítása, és a fűtés. Ezek közül is a legjelentősebb javulást a világítás korszerűsítésével lehetett elérni, mivel az a felújítás előtti villamos energiafogyasztás 50%-át tette ki.

A korszerűsítés során 576 db 35W-os halogén lámpát cseréltek 5W-os LED-es fényforrásokra. Ezen kívül optimalizálták a világítási zónákat, és jelenlét érzékelőket helyeztek el. A fejlesztéseknek köszönhetően 89%-kal csökkent a világítás energiafogyasztása, 1,5 év megtérülési idővel. Ez 60 tonna CO₂ megtakarítást jelent évente.

Abbot Hall Art Gallery, Kendal

Az Abbot Hall Art Gallery egy 1759-ben épült épületben nyitotta meg kapuit 1962-ben. Az épületet az 1950-es évek végén és az 1980-as években is felújították, azonban azóta változatlanul áll, igen limitált karbantartási intézkedések mellett. Ennek eredményeképp az energiahatékonyság rendkívül rossz, mind a fűtés, mind a használati melegvíz előállítása villamos energia felhasználásával történik, illetve a világítás is igen korszerűtlen.

Mindezek fényében egyértelművé vált, hogy az épület gépészeti és elektromos rendszerei nagy felújításra szorulnak. A jelenleg a főbb terekben meglévő, régi és drága padlófűtés a villamos energiafogyasztás 60%-áért felelős, ráadásul képtelen a benn tartózkodók optimális körülményeinek biztosítására. A felújítás célkitűzései között az alábbiak szerepelnek: a régi lámpatestek cseréje LED-es fényforrásokra, jelenlét érzékelők beépítése, huzatfogók alkalmazása, másodlagos üvegezés hozzáadása a meglévő szimpla üvegezéshez a szigetelés javítására, illetve a fal és a tető szigetelésének fejlesztése. Ezen kívül megújuló energiaforrás alkalmazását is tervezik, mely tovább csökkentené a villamos energia felhasználást.

Whitworth Art Gallery, Manchester

A Whitworth Art Gallery a Manchesteri Egyetem része. Nemzetközileg híres modern művészeti, festmény-, rajz-, textil- és szoborkollekcióknak ad otthont. Az épület 1908-ban épült, majd az 1960-as években került sor a belső építészet modern felújítására.

Nemrégiben még nagy teljesítményű (50-100W) volfrám és halogén lámpákat alkalmaztak, melyek napi 10-24 órát üzemeltek, és gyakori cserére szorultak. Gazdaságossági számítások alapján a teljes világítási rendszer cseréjének nem lett volna értelme, így az egyes világítási helyeken külön-külön vizsgálták meg az optimális világítás módját.

Sok lámpa típus került vizsgálatra, és meghatározták ezek közül azokat, melyek az épületben alkalmazhatóak. A kutatás során egyértelművé vált, hogy az ismertebb gyártók lámpái sokkal jobb színvisszaadást biztosítanak és hamarabb is megszépülnek be, az olcsóbb márkákhoz viszonyítva. A magas költségű LED-es világítótestekre történő cserék több helyen kevésbé voltak életképesek, és sokszor az energiafogyasztásuk összehasonlítható volt a kompakt fénycsőkével. A nem kiállításra használt terekben a volfrám lámpákat felújított kompakt fénycsőkre cserélték. A volfrám lámpák és kompakt fénycsővek vegyes használata a kiállító terekben is előfordul olyan helyeken, ahol a kiváló színvisszaadási tulajdonságok nem jelennek meg prioritásként. Az 50W-os halogén lámpák - olyan terekben, mint például a recepció, ajándék bolt, vagy az általános galériavilágítás – 7W-os LED-es fényforrásokra lettek kicserélve.

Fenti változtatásokkal évi 53 373 kWh-t sikerült megspórolniuk, ami kb. 10% csökkenést jelent a villamos energiafogyasztásban. A projekt kiemelte annak jelentőségét, hogy a különböző területek különböző világítási igényeket és termék minőséget kívánnak meg, illetve hogy érdemes a hangsúlyt a leggyakrabban használt terekre fektetni, mivel itt érhetők el a legrövidebb megtérülési idők.

Manchester Art Gallery

Ez a galéria ad otthont a város nemzeti jelentőségű művészeti alkotásainak, nagy horderejű, minőségi, nemzetközi hírnevű kiállítások kerülnek itt megrendezésre. A galéria két XIX. századi épületben foglal helyet, évente kb. 400 000 ember látogatja.

Az éves energiafogyasztása 4,8 millió kWh és az energetikai besorolás szerint G osztályba tartozik, így a galéria az Egyesült Királyság múzeumai és galériái közül az energetikailag legrosszabb 5%-ba sorolható.

Fentiek miatt meg kellett állapítani, melyek azok az elsődlegesen végrehajtandó intézkedések, amelyekkel ez a magas energiaigény csökkenthető. A legfőbb prioritásként a meglévő volfrám-halogén galériavilágítás energia hatékony LED-es világításra történő cseréje lett megjelölve. Ez az intézkedés 60% villamos energia megtakarítást tett lehetővé, 2,5 éves megtérülési idővel. A meglévő világítási rendszer nem csak jelentős villamos energia fogyasztása miatt volt kedvezőtlen, de mivel jelentős volt a hőleadása is, ezért a hűtési igény is megnőtt. További 10% megtakarítást jelent az is, hogy a teljes galériavilágítás csak a látogatási időben van bekapcsolva.

Évekkel ezelőtt a LED-es világítás még nem nyújtott megfelelő megoldást a múzeumokban és galériákban történő alacsony energiafogyasztású műtárgy megvilágítás biztosítására, színvisszaadási és spektrális összetételbeli problémák miatt. A fejlesztéseknek köszönhetően azonban sikerült előállítani olyan hidegfényű foszforbevonatos LED fényforrást, melynek kiváló színvisszaadási tulajdonságai vannak, nincs UV spektrumú komponense és rendkívül hosszú élettartam jellemzi a világítás minőségének csökkenése nélkül.

A galéria további intézkedése, hogy összefüggő közműv almérő rendszert építettek ki, mely szoftveresen megjeleníti a gáz, villamos energia és vízfogyasztásokat. Ezen kívül időkapcsolókat is telepítettek a kisebb berendezésekre, és a csatlakozó aljzatokra.

Az almérőknek köszönhetően beazonosíthatók azok a helyek, ahol a fogyasztás magasabb, illetve ahol nem hatékony az üzemeltetés (pl. hosszan nyitva hagyott áruszállításra használt ajtók). A személyzet részvételével az ezekből adódó veszteségek csökkenthetők. Továbbá a mérőrendszer segítségével pontosíthatók a továbbszámítható költségek olyankor, amikor a galéria külön rendezvényre kerül kibérlésre.

4. ENERGIAIGÉNY CSÖKKENTŐ JAVASLATOK

4.1 Épület szerkezetek

Az épületek megfelelnek majd a 2018. december 31-étől a középületekre vonatkozóan bevezetésre kerülő közel zéró energiájú épületekre vonatkozó előírásoknak.

4.1.1 Zöldtető [20]

A zöldtető hőszigetelő és hőtároló tulajdonsággal bír, vagyis télen a lehűléstől, nyáron a túlmelegedéstől véd. A zöldtető esetén megemlíthető a csatorna tehermentesítő hatása is, ugyanis a növényzet a csapadék 40-90%-át tudja tárolni és újra elpárologtatni éves szinten. A növények kedvező mikroklímát teremtő környezeti hatását is meg kell említeni, kiegyenlített hőmérséklet, magasabb pára és alacsonyabb portartalom mondható el. A növények óvják a tető felületét, ezzel növekszik annak élettartama. További előnyös hatása, hogy csökkenti az ún. hőszigetek kialakulását. Ez a nagyvárosokban bekövetkező mikroklimatikus jelenség, melynek lényege, hogy a városi beépített területen magasabb a hőmérséklet, mint a külvárosi, illetve vidéki területeken. Ennek egyik oka, hogy hiányoznak a természetes párolgó felületek (pl. talaj, növényzet), amik a vidéki területeken hozzájárulnak a természetes egyensúly fenntartásához.

Léteznek extenzív és intenzív zöldtetők. Az intenzív típus esetén a növényzet az igényekhez formáltan kerül kialakításra, gyakorlatilag egy tetőn lévő természetes kertet jelent. Ezen típust 10°-os lejtés alatt szükséges készíteni annak érdekében, hogy csökkentsük az erózió veszélyét. A növények az intenzív zöldtetők esetén ugyanolyanok lehetnek, mint a kertben lévő növények, vagyis ápolás és öntözés terén is ugyanolyan igényei vannak. Ez azt jelenti, hogy az építési és karbantartási költségek magasnak mondhatóak az extenzív zöldtetőkhöz képest.



27. ábra – Intenzív zöldtető

Az extenzív tető kialakítása pedig a helyi ökológiai adottságokat figyelembe véve történik, tehát a telepítés hangsúlya a növényzetre kerül. A gyakorlatban 10-15 cm-es vastagságú rétegeket telepítenek, célszerű olyan növények alkalmazása, melyek jó szárazságtűrő képességgel bírnak és ápolási igényük elég csekély.



28. ábra – Extenzív zöldtető

A félintenzív tetők a két típus kombinációjából születtek, ahol a réteg vastagság 20-30 cm, nem igényes növényekből áll. Gondozás szempontjából kevésbé igényes, de az aszályos időszakokban elengedhetetlen az öntözése.

4.1.2 Épületszerkezet temperálása [21]

Az épületszerkezetek temperálásakor azok hőtároló képességét lehet kihasználni. Ez a szerkezetekben elhelyezett csövekben keringtetett hűtő/fűtővízzel történik, mellyel óriási hőtároló tömeg jön létre. A befektetési és üzemeltetési költségek viszonylag alacsonynak mondhatók. Alkalmazása révén huzathatás nélkül alakítható ki a kellemesen hűvös környezet.

A hőtároló tömeg aktiválása biztosítja az alap fűtési és hűtési igényt, így elégséges kisebb teljesítményű berendezéseket beépíteni. Mivel a rendszer alacsony teljesítményre képes, és reakcióideje lassú, ezért fontos a helyes tervezés, összehangolás a beépített gépészeti rendszerekkel. A rendszer alacsony előremenő fűtési hőmérsékletet igényel, ami energetikailag kedvező.



29. ábra – Beton vasalatba elhelyezett fűtési/hűtési csövek

4.1.3 Fázisváltó anyagok alkalmazása [22], [23]

A jövő egyik kiemelkedő megoldása lehet az energiaigények csökkentésére az ún. fázisváltó anyagok, angolul PCM (Phase Change Material) használata. Ezen anyagok olvadáspontja kémiai

úton előre beállítható tetszőleges hőmérsékletre – ennek megfelelően többféle típus kapható (23, 25, 27°C-os, stb.). A melegítésre fordítandó hőmennyiség sokkal kisebb, mint amennyi fázisváltáshoz szükséges, ezért ezek az anyagok igen nagy mennyiségű energiát képesek felvenni, amit felolvadásukra fordítanak. Később, mikor a hőmérséklet az anyagok fagypontja alá süllyed, akkor ugyanezt az energiát adják le, és így képesek a környezet egyenletes hőmérsékletét biztosítani.

Nálunk fejlettebb országokban tanulmányok, kutatások és tapasztalatok is igazolják a fázisváltó anyagok illetve a hőtárolás jelentőségét az energetikában, Németországban a passzívház komfortproblémáinak kiküszöbölésére tesztelik alkalmazásukat.

A hőtároló kapacitással a jelentkező fűtési és hűtési igények késleltetve, a kisebb csúcsigényekkel jelennek meg. Egyes mért adatok szerint az elérhető energia megtakarítás 15% körül alakul ezen anyagok használatával, alkalmazásuk esetén kisebb hőtermelőkre, kisebb csőhálózatokra, kisebb hőleadókra van szükség.

Anyagukat tekintve igen sokszínű a választék, elterjedtek a paraffinok és polimerek felhasználásával készült kompozíciók, de léteznek olyan természetes anyagokból készült PCM-ek is, mint pl. az amerikai BioPCM nevezetű termék, melynek két fő összetevője a szójababolaj és a pálmaolaj. Ennek élettartamára is történtek vizsgálatok, melyek alapján átlagos körülmények közötti felhasználás esetén kb. 48 év feltételezhető, teljesítmény csökkenés nélkül.



30. ábra – Fázisváltó anyag

4.1.4 Hő- és fényvédelem

Az épület hő- és fényvédelme több szempontból is fontos. A már említett hőszigetek kialakulásában fontos szerepet játszik a városi környezet beépítése sötét, a napsugárzást nagyobb arányban elnyelő mint visszaverő felületekkel (pl. beton, aszfalt). A zöldtetőn kívül jó megoldás lehet világos, magas fényvisszaverő indexszel rendelkező tető építőanyagok alkalmazása.

Hő- és fényvédelem alkalmazásával a bejutó fény mennyisége szabályozható, oly módon, hogy a helyiség természetes megvilágítása megmarad. Hő- és fényvédő fóliákkal a sugárzással bejutó hőmennyiség akár 80%-kal is csökkenthető, az UV sugárzást pedig akár 99%-ban is csökkenteni képes. Gyártanak kültéri, illetve beltéri fóliákat is. Jelen projekt keretein belül ez igen jó megoldás lehet olyan kiállítóterek esetén, ahol természetes megvilágítás van, de fontos a műtárgyak UV sugárzás elleni védelme.



31. ábra – UV védő fólia

4.1.5 Árnyékolás

Az árnyékolástechnikában léteznek szórt fény, vagy direkt sugárzás továbbítására alkalmas szerkezetek. Ezeknek a fényterelő elemeknek az elhelyezése történhet a homlokzaton kívül, vagy belül, de önálló szerkezetként vagy árnyékoló rendszer részeként is. Bármelyik típusra jellemző a fény helyiség mennyezetére történő reflektálása, s ezzel a fény a belső területek irányába szóródik.

Felhős időszakban a terelőlemezek nem túl hatékonyak, viszont erős napsütés esetén rendkívül jól működnek. Hátránya a szerkezetnek, hogy csökken a belső terek megvilágítási szintje, akár mesterséges világításra is szükség lehet. Ennek elkerülése végett célszerű a homlokzat felső szakaszán szórt fény beengedése, de csakis korlátozott mennyiségben.



32. ábra – Árnyékoló rendszer

4.1.6 Légfüggöny, légzsilip [24]

A kereskedelmi és középületek nyitott, illetve gyakran nyíló, forgalmas ajtóinál a beltéri klíma fenntartása érdekében légfüggönyöket alkalmaznak, léggátat képezve az ajtónyílás felett az áramló levegő révén. Ennek segítségével a nyitott ajtó ellenére elválasztható egymástól a külső és a belső levegő. A technológia hatására csökkenthetők az energiaveszteségek, ezáltal a fűtési és hűtési energiafogyasztások és költségeik is, miközben az oda látogató emberek komfortérzetére is kedvező hatással van. Helyes méretezés mellett a légfüggöny által leadott hőmennyiség kb. 70-80%-a a fűtésbe beleszámítható. A légfüggönyök képesek visszaverni a szellőzéseket, továbbá csökkentik az épületbe bejutó szennyeződések, porok, gázok mennyiségét. Hulladékhő felhasználás is lehetséges vele (pl. légkezelők, hűtőgépek hulladékhője). Éjszaka akár hűteni is lehet vele egy csappantyún keresztül külső levegővel történő szellőztetéssel.

A légzsilip eltérő nyomásviszonyú vagy összetételű légtérrel választ el egymástól. Jellemzője, hogy az egyik oldalon a nyomásviszony emberi tartózkodásra alkalmas, a másikon viszont vákuum,

vagy nagy nyomású víz lehet. A berendezést arra a célra használják, hogy minimális légcserével és légvesztéssel mozgassanak tárgyakat, embereket. A két „ajtó”-t egyszerre nem lehet kinyitni.

4.2 Hűtés

A hűtőgépeket a fajlagos hűtőteljesítménnyel, EER értékkel (Energy Efficiency Ratio – energiahatékonysági mutató) jellemezhetjük, melyet a gép teljes (100%-os) terhelésén számítják ki az EUROVENT szabványban egységesen leírt külső fizikai feltételek (hőmérséklet, vízárám) mellett. Az érték a szabványtól eltérően, bármilyen üzemviszony mellett is kiszámolható, de ebben az esetben ezt meg kell adni. A gépeket Az EER érték alapján sorolják a berendezéseket A-G kategóriákba.

A hűtőgépek esetén a másik mutató az ESEER (European Seasonal Energy Efficiency Ratio - európai szezonális energiahatékonysági mutató). Értékének meghatározása úgy történik, hogy mérik a berendezés EER értékét 100%-os, 75%-os, 50%-os és 25%-os terhelés mellett, majd a kapott adatokat a meghatározott arányban súlyozzák.

Kiterhelés	Külső környezeti hőmérséklet	Súlyozás
100	35	3%
75	30	33%
50	25	41%
25	20	23%

25. táblázat – ESEER értékének meghatározásakor használt súlyozás

$$\text{ESEER} = (\text{EER}(100\text{-on}) \times 0,03) + (\text{EER}(75\text{-on}) \times 0,33) + (\text{EER}(50\text{-on}) \times 0,41) + (\text{EER}(25\text{-on}) \times 0,23)$$

4.2.1 Kompakt léghűtéses hűtőgép alkalmazása frekvenciaváltóval

Kompakt léghűtéses gépek 1,5-1,6 MW egységteljesítményig állnak rendelkezésre, de több gép együttes alkalmazásával a rendszer mérete növelhető.

Frekvenciaváltó nélkül és frekvenciaváltóval az elérhető EER és ESEER értékeket az alábbi táblázat foglalja össze.

Kompakt léghűtés $t_k=35^\circ\text{C}$	EER	ESEER
Frekvenciaváltó nélkül	3.2-3.3	4.2-4.3
Frekvenciaváltóval	3.25-3.35	4.5-4.7

26. táblázat – Kompakt léghűtési gépek által elérhető EER és ESEER értékek

A táblázatból látható, hogy frekvenciaváltó alkalmazása 35°C -os külső hőmérséklet esetén $7/12^\circ\text{C}$ -os előremenő és visszatérő hőmérséklet mellett az EER értékében 1-2%-os javulást okoz. Az ESEER értéke 4,2-4,3-as értékéről 4,5-4,7 értékre nőhet.

4.2.2 Kompakt léghűtési gép alkalmazása HMV hővisszanyerővel

A hűtőgépek kondenzátorai nyáron jelentős hőt adnak le. Ezt a hőmennyiséget akár HMV termelésre, vagy a HMV tárolók pótvizének előmelegítésére is fel lehet használni. A felhasználás előnye, hogy a víz felmelegítésének energiaigényét hulladékhőből fedezzük, és csak a szivattyúzási munka árán termeljük a melegvizet. Hátránya a rendszernek, hogy komfort hűtés esetén, döntő többségben csak nyáron áll rendelkezésünkre ez a megoldás.

A HMV hővisszanyerő alkalmazása a fent ismertetett számításból eredően az EER és az ESEER mutatók javulását nem okozza, hiszen a nyereséget a hulladékhő hasznosításával tudjuk elérni. A kondenzátor teljesítményének hozzávetőleg 25%-a fordítható a HMV termelésre, melyet vízglikolos hőcserélő alkalmazásával érhetünk el. Ezzel $30/40^\circ\text{C}$ -os hőfoklépcsőjű vizet előállítani, a maximálisan előállítható HMV hőmérséklet hozzávetőleg 55°C . Ennek állandó értéken tartása elérhető a térfogatáram változtatásával.

4.2.3 Kompakt léghűtési hűtőgépek alkalmazása adiabatikus nedvesítéssel

Vízzel permetezett háló révén valósítható meg a berendezések adiabatikus nedvesítéssel történő kiegészítése. Ennek eredményeként csökkenni fog a kondenzátor előtti hőmérséklet és a hűtőgép villamos energia felhasználása. A berendezés működése során a hálóra permetezett víz elpárolog, miközben lehűti a kondenzátorra szívott levegőt.

Így csökkenthető a környezeti hőmérséklet a nyári csúcsideszakban, ami a kompresszor kedvezőbb üzemvitelét eredményezni, melynek következményeképp nő a gép élettartama.

Megemlíthető még a háló esetén az is, hogy a kondenzátorra vetett árnyékolásával szintén kedvezően befolyásolja a gép üzemvitelét.

A berendezésekre szerelt háló az alábbi képen látható.



33. ábra – Kompakt léghűtőes gépek adiabatikus nedvesítéssel

	EER	ESEER
Frekvenciaváltóval és adiabatikus nedvesítéssel	3.72	4.59

27. táblázat – Kompakt léghűtőes gépekkel elérhető EER és ESEER értékek adiabatikus nedvesítéssel történő kiegészítés esetén

A táblázatból látható, hogy a nedvesítés hatására a 35°C-os külső hőmérséklet 30°C-ra csökkenése esetén frekvenciaváltóval 3,72-es EER és 4,59-es ESEER érték érhető el.

4.2.4 Free-cooling – szabad hűtés [45], [46]

A szabadhűtésnek olyan helyeken van létjogosultsága, ahol az év téli időszakában is hűtési igény jelentkezik, mint például számítógéptermekek, ipari technológia során. Az angolul free-cooling-nak nevezett technológia során primer energia ráfordítás nélkül hűthetünk, csupán a segédenergia igényt kell fedezni. A primer energia kiváltását az alacsony külső hőmérséklettel lehet elérni. A szabadhűtés úgy valósul meg, hogy az alacsony hőmérsékletű külső levegőt a ventilátorok a

hőcserélőn áramoltatják át. A megvalósíthatósághoz az szükséges, hogy a hűtőgép free-cooling technológiával, plusz hőcserélővel rendelkezzen.

A múzeumok esetén a technológia akkor javasolt, ha az épületeknek lesz olyan helyisége, mint például hűtőkamra, vagy olyan helyiség ahol télen-nyáron folyamatosan hideget kell biztosítani speciális tárolási követelmények miatt. Ez esetben mindenképp javasolt a tervezés során ezen helyiségek szabad-hűtéses megoldásának vizsgálata, jelen koncepció azonban nem foglalkozik bővebben a technológia alkalmazásával, mivel jelenleg még nincs ismeretünk a leendő követelményekről.

4.2.5 VRV-rendszerek

A VRV (Variable Refrigeration Volume=változó hűtőközeg térfogatáram) elsősorban irodaházak, hotelek klimatizálására kifejlesztett, direkt elpárologtatós rendszerek. Inverteres kültéri egységből és számos beltéri egységből áll. A hűtőközeg környezetbarát, R410a, a működési tartomány hűtésben -5 és 43°C, fűtésben -20 és 15,5°C között van. Az átlagos teljesítménytényező hűtésben (EER) 4-6., fűtésben (COP) 3-4.

Múzeumok esetében létjogosultsága kérdéses, tervezői feladat annak eldöntése, hogy esetleg megvalósítható-e gazdaságosan az épület valamely részének ellátására (pl. irodahelyiségeknél).

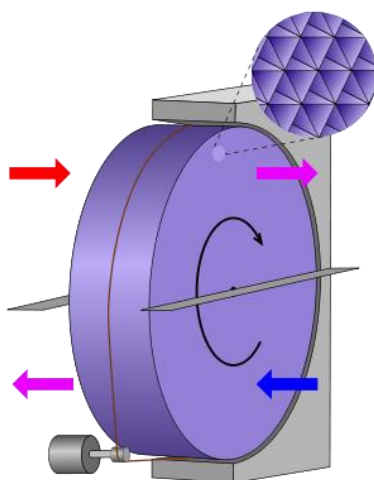
4.3 Légkezelő berendezések hővisszanyerése, szabályzása

A légkezelőgépek által kidobott levegő hőtartalmának visszanyerésére több megoldási mód is ismert. Alkalmaznak például lemezes vagy forgódobos hővisszanyerőt. További energiacsökkentő módszer a CO₂ szabályzás, alkalmazásakor a frisslevegő zsalu csak a szükséges levegő mennyiséget enged be.

A legkézenfekvőbb hővisszanyerési lehetőség, a távozó levegő visszakeverése a befúvó ágba. A visszakeverésnek viszont sok esetben korlátai vannak, ilyenkor a távozó levegő hőtartalmát hővisszanyerő berendezések segítségével lehet hasznosítani, illetve szabályzás kialakításával lehet optimalizálni.

4.3.1 Forgódobos hővisszanyerő alkalmazása

A rekuperatív hővisszanyerésen belül, a keresztáramú hővisszanyerést vizsgálva, hozzávetőleg 50-65%-os hővisszanyerési hatásfokot tudunk elérni. Ehhez képest a regeneratív, forgódobos hővisszanyerővel az alábbi hővisszanyerési hatásfokot lehet produkálni.



34. ábra – Forgódobos hővisszanyerő működése

A méretezést 10 000 m³/h légszállításra vonatkozóan végeztük el, különböző légkezelőgépek esetén. A gyakorlatban a VS 75 és a VS 100 berendezés a javasolt, a VS 120 és a VS 150 túlméretezett.

Légkezelő mérete	Hővisszanyerés hatásfoka (télien) [%]	Hővisszanyerés hatásfoka (nyáron) [%]
VS 75	72	73
VS 100	73	74
VS 120	73	74
VS 150	83	83

28. táblázat – Különböző méretű légkezelők hővisszanyerési hatásfoka

A hővisszanyerés hatásfoka alapján, a forgódob a javasolt berendezés. Az elszívás csak komfort térből történhet!

A forgódobos hővisszanyerés estén felmerült a nem higroszkopikus, és higroszkopikus rendszer mérlegelése. Azonos körülmények között a vizsgálatot elvégezve a következőre jutottunk. A relatív páratartalom visszanyerés közel 15%-al kedvezőbb a higroszkópikus forgódob esetén. Ennek oka, hogy a higroszkópikus forgódob használatkor a porózus töltetű hőcserélőkön, nem csak hőcsere, hanem anyagátadás is bekövetkezik. Így a téli időszakban megtakarítható a nedvesítés hatásfoka, míg a nyári időszakban az épületfelügyelet szabályozza az előírt értéknek megfelelően.

Az energiaigények számításánál 55%-os hővisszanyerési hatásfokkal számoltunk minden esetben (keresztáramú hővisszanyerő), de a forgódobos hővisszanyerők beépítésével gazdaságos módon elérhető lenne akár 70-75%-os hővisszanyerési hatásfok is, ezért beépítésük mindenképp javasolt.

4.3.2 Dupla forgódobos hővisszanyerő alkalmazása

A dupla forgódobos hővisszanyerő esetében a méretezést 10 000 m³/h légszállításra vonatkozóan végeztük el, VS 100 típusú légkezelő esetén. A nyári időszakban a 85,2%-os hatásfokot, a téli időszakban 82,3%-os hatásfokot lehet elérni.

A hatékonyság a friss levegős ágba, a hővisszanyerő elé beépített glykol-levegő hőcserélővel növelhetjük. Ez a megoldás csak úgy válhat gazdaságos megoldássá, ha az előmelegítéshez szükséges energiát például a hűtési rendszer visszahűtéséből nyerjük.

4.3.3 Légkezelők CO₂ szabályozása

A légtechnikai rendszerek esetén a friss levegő megfelelő hőmérsékletre történő felmelegítés hőenergia szükséglettel jár. A friss levegő mennyisége viszont időben változó, hiszen a helyiségben tartózkodók száma változhat. Ez igaz különösen múzeumok esetében, így célszerű olyan berendezések beépítése, melyek képesek az aktuális igényeknek megfelelően működni. A feladatra modern CO₂ érzékelő jelenti a megoldást, a berendezés egy szabályzó segítségével a bent tartózkodó emberek által kilélegzett CO₂ mennyiség alapján 0-10V-al szabályozza a frisslevegő, keverőkamra, és kidobott levegő zsaluját. Ezzel a gép csak a szükséges frisslevegő mennyiséget szívja be. Tehát ha kevesebb ember tartózkodik az épületben, a légkezelő az elszívott levegőt a befúvó ágba keveri vissza. A térfogatáram állandó marad.

Működési elve: a CO₂ koncentráció infravörös fénnel van mérve, és a gázok fényelnyelésén alapul. A referencia mérőrendszer a fény intenzitás változásának függvényében kompenzálja az értékeket. A mért gázokat pontosan azonosítja be, rövid reakcióidőt biztosít az automatika rendszer számára.

Az üzemeltetési költséget jelentősen csökkentheti a CO₂ szabályzásra történő épületfelügyeleti rendszer kiépítése.

A légkezelő berendezés kültéri elhelyezése esetén, megoldottnak kell lennie a kaloriferek fagyvédelmének, melyet glykolos közeggel biztosíthatunk. Továbbá a légkezelő berendezéseket tartószerkezetre kell helyezni, a hóhatárnak megfelelően.

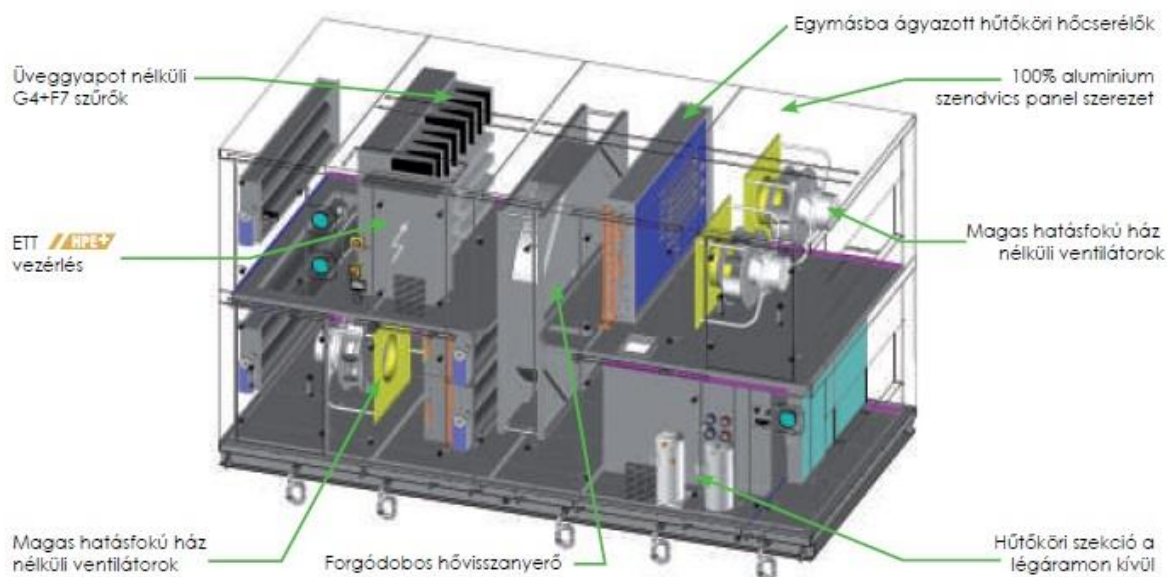
4.3.4 Légkezelő egység hőszivattyúval

Jelenleg már hazánkban is elérhető az a külföldön már bevett technológia, ami gyakorlatilag egy légkezelő egységgel egybeépített víz – levegő és/vagy levegő - levegő hőszivattyú kombinációját jelenti. Ezek a gépek az optimális hővisszanyerést és a frisslevegő ellátást az igényeknek megfelelően biztosítják, minden esetben a legkedvezőbb energiafelhasználás mellett, a kívánt fűtési teljesítményt a beépített forgódobos hővisszanyerő és az említett hőszivattyú együttesen biztosítják. A friss levegő előfűtését és hűtését az időszaktól függően a forgódob végzi, a még hiányzó hűtési, illetve fűtési teljesítményt a légkezelőben elhelyezett hűtőkörök, egyben

hőszivattyúk szolgáltatják. Ez a berendezés lehetőséget nyújt az esetleges free-cooling üzemmódra is. Anyagában 100% alumínium, így nem merül fel az átrozsdásodás problémája.

Az elérhető COP érték kimagasló, üzemállapottól függően 8-10 is elérhető (hagyományos rendszer 3-4,5). Hűtés esetén az EER 3,6-4,1 körül mozog. A berendezésbe az energiakör csatlakozási lehetőségének biztosításával a COP értéke becslések szerint hozzávetőleg akár 11-12 is lehet.

A berendezés további előnye a kimagasló hatásfokán kívül a hagyományos koncepciókkal szemben hogy helyigénye jóval kisebb, a berendezés önmagában tartalmazza a komplett erős és gyengeáram, automatika kiépítést, felügyeleti rendszert, ami a tervezési, kivitelezési, üzemeltetési fázisokban különös előnyt jelent. Tapasztalatok szerint a rendszer beépítése az üzemeltetési költségek terén 35 – 45 % megtakarítást eredményez.



35. ábra – Légkezelő egység hőszivattyúval egybeépítve

4.3.5 Műtárgy védelem – Páratartalom szabályozás

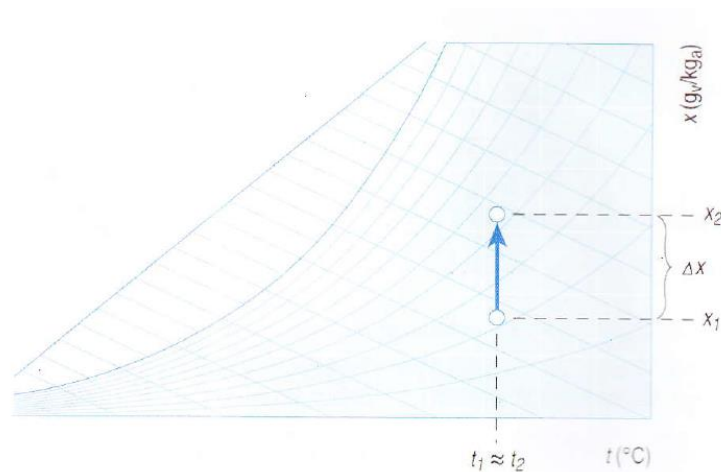
Múzeumok esetében rendkívül fontos, hogy a műtárgyak megóvása érdekében azoknak ideális körülményeket biztosítsunk. Ezt minden olyan helyiségben meg kell tennünk, ahol a műtárgyak megfordulhatnak kiállítás, tárolás (raktárak), helyreállítás (restaurátor helyiségek) esetén. A műtárgyakat körülvevő közeg, a levegő állapotának beállítása a műtárgyak állagmegóvását tekintve az egyik legfontosabb szempont, mivel annak változásával a műtárgyak anyagában változás, hőtágulás következhet be. A levegő hőmérsékletében bekövetkező változás akkor okozhat problémát, ha az gyorsan történik (1-2 órán belül $2-5^{\circ}\text{C}$, anyagtól függően). A károsodások fokozódhatnak, amennyiben a gyors hőmérsékletváltozás gyors páratartalom változással (egy órán belül $\pm 5\%$ relatív páratartalom változás) jár együtt.

A levegő, hőmérsékletének függvényében tud nedvességet felvenni, mely jelenség a téli időszakban okoz problémákat a fűtött terekben. Ugyanis 1 m^3 téli fagypont alatti külső levegő, maximum 4g nedvességet tud felvenni vízgőz formájában. Ezt a levegőt melegítik fel és juttatják a komfortterekbe szellőző berendezések segítségével, mely azonos vízgőztartalom mellett 22%-os relatív páratartalmú lesz (22°C -ra történő felfűtést követően). A száraz levegő egészségügyi és állagmegóvási problémát jelenthet, alátámasztva a levegő nedvességszabályozásának szükségességét.

A légnedvesség beállításának két lehetséges módja van: az izotermikus nedvesítés, és az adiabatikus nedvesítés.

4.3.5.1 Izotermikus nedvesítés

Az izotermikus nedvesítés során a levegőbe hálózati vizet juttatunk, gőz formájában. A gőz állapotba történő nedvesítése során a levegő hőmérséklet közel állandónak tekinthető. Maximum $1-2^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletváltozás alakulhat ki. Általánosságban viszont $0,5^{\circ}\text{C}$ a jellemző.



11. diagram - Izotermikus nedvesítés t-x diagramja

A gőznedvesítés előnyei:

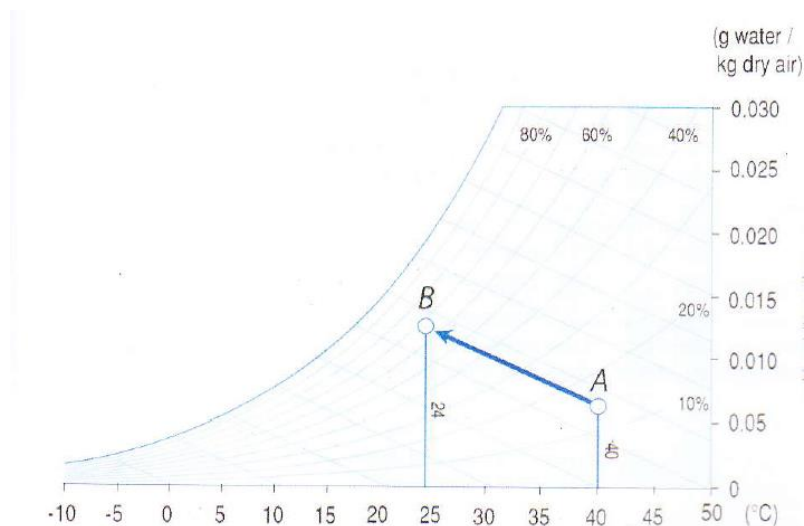
- A gőz használata baktérium mentességet biztosít.
- A gőzt könnyen felveszi a levegő, így a bepárolgási hatásfoka magas.
- Hálózati vízzel használható.

A gőznedvesítés hátrányai:

- Magas elektromos teljesítmény felvétel ($0,75 \text{ kW}_e/(\text{kg/h})$)

4.3.5.2 *Adiabatikus nedvesítés*

Az adiabatikus nedvesítés kihasználja a természetes párolgást a víz levegővel történő érintkezése során. A természetes párolgás során, a víz elnyeli a hőt a környező levegőből, így nedvesítjük, és hűtjük egyszerre a levegőt, mely közben az entalpia állandó marad. Ez a dupla effektus teszi lehetővé, hogy a nyári időszakban hűtésre is felhasználjuk az adiabatikus rendszert.



12. diagram - Adiabatus nedvesítés t-x diagramja

Az adiabatus nedvesítés előnyei:

- Alacsony elektromos teljesítmény felvétel (100-120 $W_e/(kg/h)$, gyakran 10 $W_e/(kg/h)$ alatt)
- Párásítási, és hűtési funkciót is elláthat, csökkentheti a hűtési teljesítmény igényt
Például: A hűtési rendszernek 3 kW hűtési teljesítmény leadására, 1 kW elektromos energiára van szüksége. Párolgási hűtést felhasználva, ugyan azon elpárologtatáskor 4 l/h vizet használunk fel, amihez 16-40 W elektromos energiára van szükség.

Az adiabatus nedvesítés hátrányai:

- A víz permetezve kerül bejuttatásra a légkezelőbe, így a légkezelő tisztítása az előírásoknak megfelelően folyamatos karbantartást igényel.
- A légkezelőbe permetezett cseppek miatt a nedvesítési hossz 1-1,5 m is lehet. A be nem párolgott vizet össze kell gyűjteni csepptálca segítségével, és elvezetni a csatornába.
- Cseppleválasztó beépítése a csepptálcháoz, a higiénia biztosítása érdekében.
- Sótlanított, kezelt víz szükséges az üzemeltetéséhez.

4.3.5.3 Izotermikus és adiabatus nedvesítés összehasonlítása

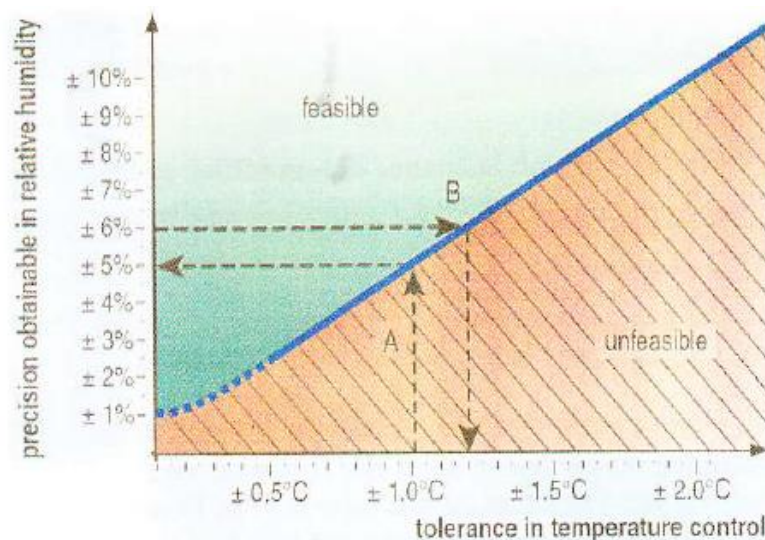
	Izotermikus	Adiabatikus
Kapacitás	Kis teljesítménytől közepes teljesítményig, maximum 130-150 kg/h	Egészen 5 000 kg/h permetezett víz
Felvett teljesítmény	Magas elektromos teljesítmény felvétel (0,75kWe/(kg/h) gőznedvesítésnél)	Alacsony elektromos teljesítmény felvétel (100-120 We/(kg/h), gyakran 10 We/(kg/h), vagy kevesebb)
Hőmérséklet változás	A gőz nem befolyásolja a levegő hőmérsékletét, max. 1-2°C eltérést okoz, vagy kevesebbet.	Jelentősen befolyásolja a helyiség hőmérsékletét. Többet fűtési igény. Nedvesítésen kívül hűtésre is használható.
Légkezelő berendezésbe építéskor	A légkezelő üres elemébe csepptálca kialakítása szükséges, a be nem párolgott víz mennyiségének elvezetésére.	A légkezelő üres elemébe csepptálca kialakítása szükséges, a be nem párolgott víz mennyiségének elvezetésére.
Víz típusa	Hálózati, vagy ioncserélt víz alkalmazható.	Sótlanított, kezelt víz szükséges.

29. táblázat – Az izotermikus és az adiabatikus nedvesítés összehasonlítása

Összegzésül, a légnedvesítés kiválasztásakor figyelembe kell vennünk az alkalmazás szerinti előírásokat, az üzemeltetési költségeket, és ezekből adódó karbantartási igényeket, illetve a berendezések működési alapkövetelményeit (pl. sótlanított vízbetáp). Ezek függvényében érdemes elvégezni egy megtérülés számítást.

4.3.5.4 Tolerancia táblázat

A száraz levegő hőmérséklete jelentősen befolyásolja a pontosságát a relatív páratartalom szabályozásnak. Ez függ a levegő hőmérsékletétől, és az azonos fajlagos páratartalomtól. A grafikonról leolvasható, hogy $\pm 1^\circ\text{C}$ hőmérséklettűrésnél $\pm 5\%$ relatív páratartalom tűrést, $\pm 5\%$ relatív páratartalom tűrésnél $\pm 1,2^\circ\text{C}$ hőmérséklettűrést lehet elvárni.



13. diagram - Tolerancia diagram, a száraz hőmérséklet és relatív páratartalom ellenőrzésére

4.3.5.5 Nedvesítési igényt, üzemeltetési költséget csökkentő megoldások

Az elektromos energiafelhasználás, és a vízfogyasztás csökkenthető a légkezelő berendezés megfelelő kialakításával.

Keverőkamra alkalmazása esetén az elszívott levegő egy részét visszakeverhetjük a befűjt levegőhöz. Az elszívott levegő nedvességét visszanyerjük, így csak a friss levegő számára kell nedvesítést biztosítanunk.

Regeneratív hővisszanyerés használatával is elérhető megtakarítás. A higroszkópikus forgódob használatakor a porózus töltetű hőcserélőkön nem csak hőcsere, hanem anyagátadás is bekövetkezik.

4.3.5.6 Beruházást csökkentő megoldások

A légnedvesítő berendezéseket fagyvédelem szempontjából javasolt beltérben elhelyezni. Amennyiben ez nem megoldható, fűtött és szellőztetett légnedvesítő házban kell elhelyezni, amely biztosítja az üzemi körülményeit.

4.4 Villamos energia

4.4.1 Villamos energiaellátó hálózat

A hálózatok megfelelően hatékony és gazdaságos tervezésének és megvalósításának kulcsa a helyes méretezés. Sok esetben nehezen határozható meg az adott hálózatrészen várható egyidejű maximális teljesítmény-igény, ami miatt sokszor erősen túlméretezett rendszer kerül megtervezésre. Ez felesleges nyersanyag (és munka) felhasználását (beépítését) is jelenti, amiből fakadóan többlet (felesleges) üzemeltetési költség is keletkezik, valamint a hálózat villamos tulajdonságai sem lesznek optimálisak.

A tervezés során figyelembe kell venni a villamos berendezések folyamatos fejlődését, hatékonyság növekedését, így egy épület egységnyi területére számított teljesítményigényt csökkenteni kell a korábbiakhoz képest. A betervezett berendezések névleges teljesítménye helyett a tervezett munkaponti igényt kell figyelembe venni. A hálózati feszültség-áram jellemzők minőségi követelményeinek kézben tartása érdekében figyelni kell a villamos fogyasztók kapacitív irányba történő erős elmozdulására, valamint a szennyező felharmonikus-tartalomra.

4.4.2 Világítási rendszer [14], [15], [16]

A világítási rendszer kialakítása számos energia megtakarítási lehetőséggel bír, ráadásul a jelentős megvilágítási igények miatt igen jelentős hányada ez a teljes energiaigénynek.

A világításnak a kiállítási terek megfelelő fényviszonyait, és a kiállított tárgyak kiváló láthatóságát kell biztosítani, emellett nem szabad, hogy azokban állagromlást (elszíneződés, fokozott törékenységi) okozzon. A különböző típusú kiállítási tárgyak megvilágításának követelményeit az alábbi táblázat foglalja össze:

Tárgyfajta	Megvilágítás [lux]	
	Megengedett határérték	Optimális érték
Festetlen kő	Nem érzékeny	Nem érzékeny
Festett kő	150-250	150
Falfestmények	150-250	150
Festetlen fémtárgyak	Nem érzékeny	Nem érzékeny

Tárgyfajta	Megvilágítás [lux]	
	Megengedett határérték	Optimális érték
Festett fémtárgyak	150-250	150
Festetlen fatárgyak	150-250	150
Festett fatárgyak	150-250	150
Papírtárgyak	50 +-5	50

30. táblázat – Az egyes műtárgy fajták megvilágítási követelményei [25]

A világítás méretezésénél komplex módon kell vizsgálni a megvilágítottságot, az elvárt színviszáadást, a színhőmérsékletet, és káprázási szinteket. A speciális megvilágítás igénylő műtárgyak esetében a megvilágítottságon túl figyelembe kell venni a tárgy anyagi tulajdonságaiból származó tényezőket. Így olyan megvilágítást kell választani, ami a műtárgy állagromlását nem idézi elő. Ehhez meg kell választani azt a spektrumot, amivel világíthatunk. A spektrum ismeretében választható megfelelő (működésű elvű) fényforrás, végül a fényforráshoz lámpatest.

A tárgyak állapotának megőrzése sokszor ellentétben áll a jól láthatóság biztosításával, ami a fényerővel nő. Az elnyelt fény energiája a tárgyakat roncsolja. Minél rövidebb az alkalmazott fény hullámhossza, annál károsabb a sugárzás, ezért van az is, hogy az UV vagy kék fény károsító hatása sokkal erősebb, mint a zöld vagy piros fényé. A különböző anyagok érzékenysége is eltérő – például a papír sokkal érzékenyebb, mint a fém. A megvilágítás ideje is befolyásolja az anyag öregedését.

A fenti táblázat a megvilágítás követelményeit ezek alapján a tényezők alapján határozza meg. Míg az 50 lux-os érték a minimum követelménye a jól láthatóságnak, addig sokszor ez a maximum értéke is az érzékenyebb papír és ruha tárgyak megvilágításának. Ezek a követelmények ráadásul tudományos szempontból sebezhetőek, mivel nem állapítanak meg határértéket sem a megvilágítás idejére, sem a fény hullámhosszára. Ezért a múzeumok igyekeznek a tárgyaikat megővni az alábbiak biztosításával:

- a különböző maximum megvilágítási értékek meghatározása a fényforrástól függően
- a kiállítás idejének maximálása
- teljes UV sugárzás elleni védelem és a kiállítási időn kívüli elsötétítés biztosítása
- a műtárgyak egyedi besorolása a fényérzékenységi kategóriába

Sok múzeum alkalmaz természetes fényt a kiállítóterekben, mivel ez a megoldás jó színvisszaadást, folyamatos hullámhossz eloszlást és energia hatékonyságot garantál. A direkt napsütés bejutása ugyanakkor elkerülendő a ragyogás miatt. A megfelelő árnyékolásról (fix, vagy mozgatható – például lamellás) gondoskodni kell.

Az alkalmazott fényforrásokat illetően több fajta megoldás is létezik. A halogén világítás igen elterjedt a múzeumokban, mivel remek színvisszaadó tulajdonsággal bír. Ugyanakkor energetikailag nem hatékony, és léteznek alternatívái, melyek energiát takarítanak meg, és jobban szolgálják a műtárgyak megóvását. Ilyenek például a LED-ek, a kompakt fénycsővek, illetve a kerámia fémhalogén lámpák. A LED-ekkel kapcsolatban megemlítendő, hogy bár gyártástechnológiák rohamos fejlesztése miatt - várhatóan a közeljövőben - lesz már minden világítási esetre megfelelő LED lámpa, ugyanakkor jelenlegi paramétereik még nem előzik meg a fénycsővékét, vagy más területen a kisülő lámpákét. LED lámpák nélkül is túlteljesíthető a legtöbb minősítési rendszerben elvárt 60 lm/W fényhasznosítási teljesítmény.

Ahhoz, hogy a megfelelő világítótestek kerüljenek kiválasztásra, definiálni kell a kiállítás megvilágításának kívánatos tulajdonságait. Direkt, és nem diffúz megvilágítás szükséges - a fény nagy részének a kiállított tárgyat kell megvilágítania. A műtárgy a természetes fényhez a lehető legközelebb álló fényforrással kell, hogy megvilágításra kerüljön, ami a magas színvisszaadó indexszel rendelkező fényforrások segítségével érhető el. Minimális ultraviola és infravörös sugárzás megengedett csak, azok károsító hatása miatt. Továbbá a személyzetnek a lámpatestek és tartozékaik kicserélése nélkül is tudnia kell szabályozni a fény intenzitását, ahol a kiállítások az év során változnak.

A LED-es lámpatestek majdnem mindegyik fenti szempontból jó tulajdonságokkal rendelkeznek. Direkt fényt adnak, UV sugárzást egyáltalán nem, és infravörös sugárzást is csak minimálisan bocsájtanak ki és telepítésük megoldható úgy, hogy kiváló fényintenzitás állíthatóságot tegyenek lehetővé. A fényvisszaadó indexük a folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően már egyre jobb, de még elmarad pl. a halogén lámpákétól. Mivel rendkívül színes ezekből a fényforrásokból a kínálat, ezért körültekintően, minden tulajdonságot megvizsgálva szerencsés kiválasztani az alkalmazáshoz éppen megfelelőt.

A kompakt fénycsővek esetében azok sokfélesége miatt (fénycső bevonat kialakítása) a kiállítási térben való felhasználást szem előtt tartva kell kiválasztani a megfelelőt. A különböző kialakítások

egészen eltérő tulajdonságokkal is rendelkezhetnek. A fényerősség szabályozhatósága megoldható ugyan, de változó eredménnyel.

A kerámia fémhalogén lámpák is jó megoldást nyújtanak a kiállítási terekben történő világításra. Magas fényvisszaverő indexük van, direkt fényt adnak, és kb. egyharmadát fogyasztják a hagyományos izzóknak. A kibocsájtott UV sugárzásuk szűrővel minimalizálható.

Egyéb terek esetében érdemes jelenlét érzékelőket elhelyezni, melyeket akár kapcsolók elhelyezésével is lehet kombinálni. A nagy raktárak, műhelyek esetében sem szükséges folyamatos jelleggel az egész tér bevilágítása, elég csak a tartózkodásra használt részekben biztosítani külön kapcsolható világítást. Amennyiben nagyobb irodateretek kerülnek betervezésre, akkor a világítási zónákat érdemes 100 m²-nél kisebb részekre felosztani, így az épp nem használt terekben le lehet kapcsolni a világítást, ha nincs rá szükség. Az épület különböző területein az ottani körülményeknek, igényeknek megfelelő megvilágítási szintet elégséges biztosítani (például eltérő igények jelentkeznek a könyvtárban, a kiállítóterekben vagy a személyzeti lépcsőházban. A fényerő állíthatóságát is érdemes lehet biztosítani, ha például természetes fénnel rendelkező terekben egy borús napon nem szükséges teljes, csak kiegészítő világítás – a kintről bejutó fényhez mérten. A nyitvatartási időn kívül ahol nincs rá szükség, ott ajánlott lekapcsolni, vagy vissza szabályozni a világítást. A személyzet részére létrehozható egy „utolsó ember kapcsoló”, mellyel az utolsó távozó dolgozó minden olyan világítást egyszerre lekapcsol, melyre a munkaidő kezdetéig már nem lesz szükség.

4.4.3 Elektromos kijelzők időzíthető kapcsolása [14]

A mai modern múzeumokban egyre több nagy monitor, kijelző, látványelemek, egyéb villamos energiát használó berendezések kerülnek telepítésre. Természetesen minden berendezés akkor fogyaszt a legkevesebbet, ha ki van kapcsolva. Bekapcsolásuk és használhatóságuk közötti idő azonban széles skálán mozog, ezért az energiatakarékosságból indokolt lekapcsolásokat minden esetben a használt technológiát figyelembe vevő módon kell meghatározni, mert sok esetben az elhibázottan sok kapcsolás éppen fogyasztásnövekedést okozhat és funkcionálisan sem megfelelő, például kisülő lámpák (fémhalogén) gyakori kapcsolása esetén.

Amennyiben a szóban forgó berendezések manuális kikapcsolást igényelnek, úgy könnyen megeshet, hogy a személyzet megfeledkezik róluk. Érdemes ezeket a berendezéseket időzíthető módon be- és kikapcsolni (a kapcsolás gyakoriság fenti szempontok szerinti megállapítását szem előtt tartva). Az irodai dolgozók szintén hajlamosak számítógépeik bekapcsolva hagyására, akár rövidebb távozás esetén (pl. ebéd), akár hétvégére is. Ennek elkerülésére beállítható, hogy bizonyos tétlenségi idő elteltével a számítógépek kikapcsoljanak, vagy készenléti állapotba álljanak. Igaz ez egyéb irodai berendezésekre is (pl. nyomtató). Ezen kívül terjednek az alacsony teljesítményű számítógépek, illetve létezik már olyan megoldás is, melynél csupán az egyes munkaállomásokon a monitor hátuljára szerelt mini pc működik, amely egy központi szervergéppel kommunikálva képes ellátni ugyanazokat a feladatokat, mint a munkaállomásonkénti számítógépek.

4.5 Vízellátás

4.5.1 Eső- és szürkevíz felhasználás

Az ivóvíz és a csatorna szolgáltatások árának folyamatos emelkedése indokoltá teszi az esővíz összegyűjtését az épületek lapos tetőiről, amely vizet a WC-k öblítésére, takarítására, kertlocsolásra lehet felhasználni. A tetőről összegyűjtött, központi vákuumos esővíz-elvezető rendszerek által a pincszintre vezetett esővíz tárolása műanyag tartályokban valósul meg. A tartályokból a szűrt esővizet az automatikus esővíz-hasznosító és frissvíz utánpótló telep juttatja a felhasználás helyére, esetleges tárolt esővíz hiány során a fogyasztók felé hálózathoz vételezett friss vizet juttat.

Az esővíz mellett lehetőség nyílik a talajvíz és kútvíz szürkevízként történő felhasználására. Ezt a vizet a mélygarázs alatt található kutakból lehet a tartályokba szivattyúzni.

Egyéb szürkevíz hasznosítási lehetőség az épületben felhasznált, nem fekete víznek minősülő vizek összegyűjtése, és felhasználása pl. WC-öblítésre, azonban ezek a megoldások kiépítése igen költséges lehet, és nem valószínű, hogy ezekben a nem túl nagy vízigényű épületekben gazdaságos lenne megvalósításuk.

4.5.2 Vízfelhasználás csökkentő megoldások

Vízfogyasztás csökkentő módszerként merül fel az ún. perlátorok beépítése. A perlátor a csapból kifolyó vizet levegővel keveri össze, így a felhasználó számára az átfolyási érzet jelentősen nem csökken, csak maga a vízfogyasztás. Egy átlagos csapból egy perc alatt kifolyó víz mennyisége 12-15 liter, melynek mennyisége lecsökkenthető a perlátor segítségével 1,7/3/5 liter/percre.

Másik lehetőség még az infravezérlésű csaptelep. A kifolyó alá tartott kézről visszaverődő infrafényt érzékelve a vezérlőelektronika a csapot nyitja, majd kezelvétel után a beprogramozott idő elteltével a mágnesszelepeket elzárja.

További vízfelhasználás csökkentő javaslatként merül fel a duplanyomógombos WC öblítés, a megfelelő tisztulással rendelkező fajansz, vízmentes kivitelű pissoir. Azzal, hogy a szerelvények víztakarékosabbá válnak, megnő a nyomásvesztésük. A csaptelep előtt akár 1,5 bar túlnyomás biztosítása is szükséges lehet. Létezik a nyomás beállítására központi beállítás is.

4.6 Egyéb energiafogyasztás csökkentési lehetőségek

4.6.1 HVAC rendszerek zónás szabályzása

Általánosságban is elmondható, hogy a mai épületekben a gépészeti rendszerek szabályzására már nem elegendő egy központi termosztát, fokozottan igaz ez a múzeum épületekre a helyiségenként akár igen eltérő biztosítandó körülmények miatt. Egy egyszerű időjáráskövető szabályozás is segíthet hozzájárulni akár jelentősebb energia megtakarítás eléréséhez, viszont a különböző funkciójú helyiségek időben, hőmérsékletben eltérő hőigényeit és légállapotait is megfelelően akarjuk biztosítani, ez esetben többzónás fűtési ill. hűtési rendszerek kialakítása válhat szükségessé.

Érdemes alaposan átgondolni, körültekintően megtervezni a rendszert, annak érdekében, hogy minden olyan terület, ahol energia megtakarítási lehetőség van, optimálisan legyen kialakítva. Nagyterű raktárakban például ajánlatos annak csak az emberi tartózkodásra, tevékenységre kijelölt részében fűteni az ott lévők komfortérzetének biztosítására, míg a teljes raktárcsarnok hőmérsékletét az ott tárolt tárgyaknak, műtárgyaknak az igényeit figyelembe véve alacsonyabb értékre meghatározni.

4.6.2 Programozható termosztátok alkalmazása

Az energiatakarékosság egyik lehetősége a programozható termosztátok alkalmazása is. Használatukkal megvalósítható, hogy télen a fűtési időn kívül az épületeket egy alacsonyabb hőmérsékleten temperáljuk, nyáron pedig magasabb hőmérsékleten tartjuk. Fűtésnél az 1°C-os szobahőmérséklet különbség átlagosan 10%, hűtésnél 20% energiafogyasztás eltérést okozhat. Természetesen a műtárgyakat tartalmazó terekben fontos odafigyelni, hogy ott a szükséges légállapotok 24 órán keresztül fennálljanak. A beállított set-point értékeket érdemes évszakonként felülvizsgálni, átállítani ha szükséges.

4.6.3 Személyzet tájékoztatása, oktatása [26]

A zöld, energiatakarékos megoldások beépítése önmagában még nem elegendő, szükség van az épület használóinak tájékoztatására, oktatására a rendszerek megfelelő használatáról. Ennek többféle módja is lehet. A személyzet számára rendszeres oktatások szervezhetők annak

érdekében, hogy megismerjék, megtanulják a helyes üzemeltetést, és így gyorsabban is reagálhatnak az adódó problémákra. Akár illusztrált kiadványok is készíthetők, melyek felhívják a figyelmet a víz-, illetve energiatakarékos üzemeltetésre vonatkozó stratégiákra, a mérők rendszeres leolvasásának a fontosságára, a szelektív hulladékgyűjtésre. A könnyen érthető felcímkézések (pl. világítás kapcsolók) megkönnyítik a személyzet dolgát.

4.6.4 Megelőző karbantartási terv

A megelőző karbantartási terv lényege, hogy a meghibásodásokat, gépleállásokat megelőzzük a gépek jó állapotának fenntartásával. Ez lehet időalapú karbantartás, melyet rendszeres időközönként vagy használatonként végeznek el, illetve állapotalapú, előrejelző karbantartás, melyet a berendezés problémáit jelző diagnosztikai rendszerek figyelmeztető jelzése alapján végeznek el. Megelőző karbantartási terv hiányában csak hibaelhárító karbantartást lehet végezni, melynek nagy hátránya, hogy a meghibásodások hirtelen, előre nem megjósolható helyen és időben következnek be, és bizonytalan időre kiesést okoznak az adott rendszerben. Ez a múzeumok esetében feltétlenül elkerülendő, mivel a műtárgyak megkívánt légállapotának biztosításában bekövetkező szünet könnyen azok megrongálódását okozhatja. Minimális követelményként támasztható legalább a műtárgyakat tartalmazó tereket kiszolgáló berendezések megfelelő időszakos karbantartási tervének elkészítése.

5. VÁRHATÓ ENERGIAIGÉNYEK

5.1 Az új múzeumépületek becsült teljesítmény- és energiaigényei

Az érintett területen az alábbi képen látható új múzeumok fognak létesülni.



36. ábra – Az új múzeumépületek tervezett helye

Az új múzeum épületekre vonatkozó becslések során számos feltételezéssel kellett élni, mivel az építészeti tervpályázatnak még nincs eredménye, és jelenleg kevés konkrétum áll rendelkezésre. A

becslések az egyes múzeumokra megadott helyiséglisták és a rájuk vonatkozó tervezési programokban található konkrétumokon, illetve feltételezéseken alapulnak.

Mivel a helyiséglistákban az egyes helyiségekre megadott tervezési területekhez $\pm 10\%$ -on belül alkalmazkodni kell, ezért az energiaigény becslésnél a megadott területek 1,1-szeresével számoltunk. Ahol nem volt megadva terület a helyiségekre (pl. mosdók, közlekedők), ott feltételezésekkel éltünk. A belmagasságok a tervezési programokban szereplő értékeken alapulnak.

Az egyes helyiségeket funkció szerint csoportosítottuk, és az egyes funkcióknak megfelelően megállapítottuk, hogy a helyiségben várhatóan jelentkezik-e fűtési, hűtési, illetve szellőztetési igény. A hűtési igény megállapítása során a belső hőfejlődéssel is számoltunk a jellemző tervezési értékek, és a látogatók várható számának figyelembevételével. Alapesetben a légtechnikai rendszerbe beépített hővisszanyerőt keresztáramú lemezes hővisszanyerőnek feltételeztük, 55% hatásfokkal. A használati melegvíz termeléshez szükséges hőteljesítményt a becsült melegvíz fogyasztásra kalkuláltuk. Az, hogy ennek a hőteljesítménynek az előállítása gazdaságos módon miként történik majd (központi cirkulációs hálózaton keresztül történő melegvíz ellátás, egyedi villamos bojler, stb.), azt az épület ismeretében a tervező határozza meg.

Az épület szerkezeténél az egyes hőátbocsátási tényezőket a tervpályázati kiírásban megadott, közel zéró energiaigényű épületekre vonatkozó várható követelményeknek éppen megfelelő értékkel vettük fel. A fajlagos hőveszteségtényező megengedett értékét szintén a várható követelményeknek megfelelően állapítottuk meg. Az üvegezési arányt minden homlokzaton 30%-nak becsültük.

A téli külső méretezési hőmérsékletet az MSZ-140/3-87 szabvány szerint -13°C -nak, a belső kiállítótérre ill. raktárak esetében 18°C -nak¹, irodák esetében az MSZ EN 15251 alapján 20°C -nak vettük fel. Az épületek energetikai jellemzőinek számítását a 7/2006 (V.24.) TNM rendelet

¹ Mivel múzeumokra kevés helyen találhatók követelményértékek, és azok is eltérőek, ezért a kiállítótérre és a raktárakra vonatkozó belső hőmérséklet értékét Járó Márta: Klimatizáció, világítás és raktározás a múzeumokban (1991) c. munkájában található, a különböző anyagokból készült műtárgyak által károsodás nélkül elviselhető hőmérséklettartományok alapján 18°C -nak vettük fel. Ez a várható összes típusú műtárgynak megfelelő hőmérséklet, de az egyes múzeumoknál a konkrét tárolási követelmények ismeretében ez az érték felülvizsgálandó múzeumonként, illetve kiállító termenként/raktáronként.

2015.01.01-étől hatályos állapota szerint végeztük el. A nyári külső méretezési hőmérséklet esetében 36°C –kal, a belső hőmérsékletnél 24°C-kal számoltunk.

A becsült hőteljesítményeket megadtuk a 6.1-es pontban felvett alapesetre vonatkozóan. A várható energiaigények számítása az alapesetre vonatkozóan történt.

A fűtési fogyasztások meghatározása órai átlaghőmérsékletekből történt 12°C fűtési határhőmérséklet, -13°C méretezési külső hőmérséklet és 19°C belső átlaghőmérséklet mellett. Az órai külső hőmérséklet adatbázis az IDA ICE Skandináv dinamikus hőtechnikai méretező szoftverből származik. A számításoknál figyelembe vettünk belső hőterheléseket, melyek a világítás, az informatikai berendezések és az épületben tartózkodó személyek hőleadásából ered. A látogatók és a dolgozók számának forrása „A Liget Budapest projekt, mint kulturális és turisztikai beruházás hatása a nemzetgazdaságra” c. tanulmány volt. A belső hőterhelésekhez felvett egyidejűség miatti korrekciós szorzókat az alábbi táblázat foglalja össze, melyeket kizárólag a fogyasztási számítások esetén használunk, a csúcsigények megállapításánál nem. A fűtési és hűtési időszakokra vonatkozó eltérő korrekciós tényezők oka a fogyasztási számítások bemenő adataként szolgáló teljesítmények alulméretezésének elkerülése.

Helyiség típus	személy	világítás	IT
előcsarnokok		0.1	
vendéglátás, konyhák		0.5	
kiállítótér	0.15	0.1	
irodák	0.7	0.6	0.7
boltok		0.1	0.7
oktatás		0.1	0.7
rendezvény		0.1	0.7

31. táblázat – A belső hőterhelések egyidejűség miatti korrekciós szorzói fűtési időszakban

A hűtési energiaigény meghatározásának alapjait szintén az órai átlaghőmérsékletek képezték, a számítások 20°C hűtési határhőmérséklet mellett készültek. A belső hőterheléseket a világítás, az informatikai berendezések és az épületben tartózkodó személyek esetén számítottuk az alábbi korrekciók figyelembe vételével:

Helyiség típus	személy	világítás	IT
előcsarnokok	0.2	1	
vendéglátás, konyhák	0.5	1	
kiállítótér	0.5	1	

Helyiség típus	személy	világítás	IT
irodák	0.7	0.6	0.7
boltok	0.6	1	
oktatás	0.35	0.6	0.7
rendezvény	0.35	1	0.7

32. táblázat - A belső hőterhelések egyidejűség miatti korrekciós szorzói hűtési időszakban

A használati melegvíz előállításához szükséges energia mennyisége a becsült hideg víz mennyiség, a látogatók és dolgozók várható száma, illetve a takarítás igénye alapján lett kiszámítva. A becsült villamos energia a várható szigorúbb követelményeknek való megfelelés miatt 40 kWh/m²a értékkel került becslésre, azonban mivel nem ismertek az épületeken belüli villamos energiafogyasztók, azok mennyisége, a világítás technológiája, a lámpatestek darabszáma, így ez az érték az egyes épületeknél a pontosabb tervezési körülmények ismeretében felülvizsgálandó. Az esetleges cirkulációs hálózat hőenergia igényeit a számítások nem tartalmazzák.

5.1.1 Új Nemzeti Galéria

Az épületre a fenti feltételezések alapján az alábbi teljesítményigényeket kalkuláltuk:

	Csúcsigények alapesetben
Alapterület (m ²)	31 768
Légköbméter (m ³)	174 724
Befűjt levegő mennyisége (m ³ /h)	154 965
Elszívott levegő mennyisége (m ³ /h)	154 965
Fűtési hőteljesítmény igény (kW)	1 236
Légtechnika fűtési hőteljesítmény igénye (kW)	930
Hűtési hőteljesítmény igény (kW)	1 584
Légtechnika hűtési hőteljesítmény igénye (kW)	744
Légtechnika villamos teljesítmény igénye (kW)	93
Használati melegvíz hőteljesítmény igénye (kW)	98

33. táblázat – Az Új Nemzeti Galéria becsült csúcsteljesítmény igényei

Az éves energiaigények becsült értékei:

	Éves energiaigény		Fajlagos energiaigény
Fűtés	11 589 GJ/a	3 219 089 kWh/a	101,33 kWh/m ² a
Hűtés	4 087 GJ/a	1 135 278 kWh/a	35,74 kWh/m ² a
HMV	266 GJ/a	74 010 kWh/a	2,33 kWh/m ² a
Villamos energia	4 575 GJ/a	1 270 720 kWh/a	40 kWh/m ² a

34. táblázat – Az Új Nemzeti Galéria becsült éves energiaigényei

5.1.2 Ludwig Múzeum

Az épületre a fenti feltételezések alapján az alábbi teljesítményigényeket kalkuláltuk:

	Csúcsigények alapesetben
Alapterület (m²)	15 879
Légköbméter (m³)	87 332
Befűjt levegő mennyisége (m³/h)	77 419
Elszívott levegő mennyisége (m³/h)	77 419
Fűtési hőteljesítmény igény (kW)	654
Légtechnika fűtési hőteljesítmény igénye (kW)	461
Hűtési hőteljesítmény igény (kW)	749
Légtechnika hűtési hőteljesítmény igénye (kW)	372
Légtechnika villamos teljesítmény igénye (kW)	46
Használati melegvíz hőteljesítmény igénye (kW)	52

35. táblázat – A Ludwig Múzeum becsült csúcsteljesítmény igényei

Az éves energiaigények becsült értékei:

	Éves energiaigény		Fajlagos energiaigény
Fűtés	6 231 GJ/a	1 730 789 kWh/a	108,99 kWh/m ² a
Hűtés	1 765 GJ/a	490 278 kWh/a	30,88 kWh/m ² a
HMV	133 GJ/a	37 005 kWh/a	2,33 kWh/m ² a
Villamos energia	2 287 GJ/a	635 160 kWh/a	40 kWh/m ² a

36. táblázat – A Ludwig Múzeum becsült éves energiaigényei

5.1.3 Néprajzi Múzeum

Az épületre a fenti feltételezések alapján az alábbi teljesítményigényeket kalkuláltuk:

	Csúcsigények alapesetben
Alapterület (m²)	19 619
Légköbméter (m³)	98 093
Befűjt levegő mennyisége (m³/h)	96 015
Elszívott levegő mennyisége (m³/h)	96 015
Fűtési hőteljesítmény igény (kW)	678
Légtechnika fűtési hőteljesítmény igénye (kW)	570
Hűtési hőteljesítmény igény (kW)	879
Légtechnika hűtési hőteljesítmény igénye (kW)	461
Hűtés villamos teljesítmény igénye (kW)	445
Légtechnika villamos teljesítmény igénye (kW)	58
Használati melegvíz hőteljesítmény igénye (kW)	49

37. táblázat – A Néprajzi Múzeum becsült csúcsteljesítmény igényei

Az éves energiaigények becsült értékei:

	Éves energiaigény		Fajlagos energiaigény
Fűtés	6 659 GJ/a	1 849 843 kWh/a	94,29 kWh/m ² a
Hűtés	2 259 GJ/a	627 500 kWh/a	31,98 kWh/m ² a
HMV	149 GJ/a	41 404 kWh/a	2,11 kWh/m ² a
Villamos energia	2 825 GJ/a	784 760 kWh/a	40 kWh/m ² a

38. táblázat – A Néprajzi Múzeum becsült éves energiaigényei

5.1.4 Magyar Építészeti Múzeum

Az épületre a fenti feltételezések alapján az alábbi teljesítményigényeket kalkuláltuk:

	Csúcsigények alapesetben
Alapterület (m²)	7 678
Légköbméter (m³)	34 551
Befűjt levegő mennyisége (m³/h)	45 296
Elszívott levegő mennyisége (m³/h)	45 296
Fűtési hőteljesítmény igény (kW)	300
Légtechnika fűtési hőteljesítmény igénye (kW)	273
Hűtési hőteljesítmény igény (kW)	393
Légtechnika hűtési hőteljesítmény igénye (kW)	217
Hűtés villamos teljesítmény igénye (kW)	204
Légtechnika villamos teljesítmény igénye (kW)	27
Használati melegvíz hőteljesítmény igénye (kW)	14

39. táblázat – A Magyar Építészeti Múzeum becsült éves csúcsteljesítmény igényei

Az éves energiaigények becsült értékei:

	Éves energiaigény		Fajlagos energiaigény
Fűtés	3 081 GJ/a	855 744 kWh/a	111,46 kWh/m ² a
Hűtés	1 003 GJ/a	278 611 kWh/a	36,29 kWh/m ² a
HMV	42 GJ/a	11 803 kWh/a	1,54 kWh/m ² a
Villamos energia	1 106 GJ/a	307 120 kWh/a	40 kWh/m ² a

40. táblázat – A Magyar Építészeti Múzeum becsült éves energiaigényei

5.1.5 Fotó Múzeum

Az épületre a fenti feltételezések alapján az alábbi teljesítményigényeket kalkuláltuk:

	Csúcsigények alapesetben
Alapterület (m²)	7 739
Légköbméter (m³)	38 693
Befűjt levegő mennyisége (m³/h)	48 564
Elszívott levegő mennyisége (m³/h)	48 564
Fűtési hőteljesítmény igény (kW)	331
Légtechnika fűtési hőteljesítmény igénye (kW)	290
Hűtési hőteljesítmény igény (kW)	437
Légtechnika hűtési hőteljesítmény igénye (kW)	233
Hűtés villamos teljesítmény igénye (kW)	222
Légtechnika villamos teljesítmény igénye (kW)	29
Használati melegvíz hőteljesítmény igénye (kW)	12

41. táblázat – A Fotó Múzeum becsült éves csúcsteljesítmény igényei

Az éves energiaigények becsült értékei:

	Éves energiaigény		Fajlagos energiaigény
Fűtés	3 309 GJ/a	919 161 kWh/a	118,77 kWh/m ² a
Hűtés	1 065 GJ/a	295 833 kWh/a	38,23 kWh/m ² a
HMV	73 GJ/a	20 246 kWh/a	2,62 kWh/m ² a
Villamos energia	1 114 GJ/a	309 560 kWh/a	40 kWh/m ² a

42. táblázat – A Fotó Múzeum becsült éves energiaigényei

5.1.6 Magyar Zene Háza

Az épületre a fenti feltételezések alapján az alábbi teljesítményigényeket kalkuláltuk:

	Csúcsigények alapesetben
Alapterület (m²)	8 353
Légköbméter (m³)	41 767
Befűjt levegő mennyisége (m³/h)	40 774
Elszívott levegő mennyisége (m³/h)	40 774
Fűtési hőteljesítmény igény (kW)	347
Légtechnika fűtési hőteljesítmény igénye (kW)	249
Hűtési hőteljesítmény igény (kW)	414
Légtechnika hűtési hőteljesítmény igénye (kW)	196
Hűtés villamos teljesítmény igénye (kW)	205
Légtechnika villamos teljesítmény igénye (kW)	24
Használati melegvíz hőteljesítmény igénye (kW)	15

43. táblázat – A Magyar Zene Háza becsült éves csúcsteljesítmény igényei

Az éves energiaigények becsült értékei:

	Éves energiaigény		Fajlagos energiaigény
Fűtés	3 217 GJ/a	893 611 kWh/a	106,98 kWh/m ² a
Hűtés	1 067 GJ/a	296 389 kWh/a	35,48 kWh/m ² a
HMV	78 GJ/a	21 579 kWh/a	2,58 kWh/m ² a
Villamos energia	1 203 GJ/a	334 120 kWh/a	40 kWh/m ² a

44. táblázat – A Magyar Zene Háza becsült éves energiaigényei

5.2 A meglévő intézmények, épületek várható teljesítmény- és energiaigénye

5.2.1 Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum [30], [31]

A Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum központi épülete Magyarország egyik legrégebbi műszaki jellegű múzeuma. A múzeum 1899-ben, Magyar Királyi Közlekedési Múzeum néven nyitotta meg kapuit. Az épületet a második világháború alatt, 1944-ben bombatalálatok érték. Az épületet helyreállítását követően, az eredetihez képest jelentősen megcsönkített állapotban 1966-ban nyitották meg újra. Ezt követően 1987-ben kiegészítették egy új épületszárnyal, és így nyerte el mai formáját.



37. ábra – A Közlekedési Múzeum eredeti állapotában



38. ábra – A Közlekedési Múzeum jelenlegi állapotában

A jelenleg üzemelő múzeumépület nettó alapterülete 7 569 m². Ebből 7 248 m² a fűtött alapterület (31 188 légméter) és 3 012 m² rendelkezik hűtéssel (12 321 légméter). A fűtésről állandó hőmérsékletű kazánok gondoskodnak, a hűtés központi fan-coil hálózatról, illetve helyiségenkénti split klímák által biztosított. A szekunder fűtési hálózat 85/65°C hőfoklépcsővel üzemel, állandó fordulatszámú szivattyúkkal. A hőleadók fan-coilok, illetve radiátorok. A rendszer időjárás szabályozással van ellátva. A használati melegvizet a felhasználási helyeken helyileg állítják elő villanybojlerekkel, vagy átfolyós elektromos vízmelegítővel, cirkuláció nincs. Szellőzés csak a nagy előadóteremben és a kupolás részben van.

Az éves gáz és villamos energia felhasználás alakulása 2010 és 2012 között az alábbiak szerint alakult:

Időszak	Gázfogyasztás (m ³)	Villamos energia fogyasztás (kWh)
2010	120 663	327 986
2011	91 358	260 493
2012	83 695	222 031

45. táblázat – A Közlekedési Múzeum elmúlt évekbeli energiafogyasztási adatai

A gázfogyasztás megoszlása negyedévenként 2012-ben:

Időszak	Gázfogyasztás (m ³)
1. n.év	46 043
2. n.év	87
3. n.év	0
4. n.év	37 565

46. táblázat – A Közlekedési Múzeum 2012. évi gázfogyasztási adatai negyedéves bontásban

A villamos energiafogyasztás alakulása a 2012-es évben:

Hónap	Villamos energia fogyasztás (kWh)
1.	23 197
2.	23 556
3.	20 633
4.	16 959
5.	15 924
6.	15 934
7.	15 454
8.	15 626
9.	14 932
10.	16 694
11.	20 822
12.	22 300
Összesen:	222 031

47. táblázat – A Közlekedési Múzeum 2012. évi villamos energiafogyasztási adatai havi bontásban

A műtárgyak megvilágítására többnyire halogén izzós világítást alkalmaznak, energiatakarékos izzók kiegészítő fényeivel, sínes rendszeren. Ezeken kívül az épületben több helyen használnak kompakt fénycsőket, hagyományos izzókat, illetve LED-es világítást is.

Az épületet évente kb. 130-140 000 ember látogatja. A múzeumban 85 fő dolgozik. Külön téli és nyári nyitvatartási rend van, a téli időszakban 38, a nyárban 44 órát tartanak nyitva. A dolgozók hétköznapi napokon napi 8 és fél órát tartózkodnak az épületben.

A Liget Budapest Projekt részeként tervbe van véve az épület lebontása, és külsőre az eredeti állapot szerint történő újjáépítése. Az új épületnek azonban szintén meg kell felelnie a közel zéró energiájú épületekre megállapított követelményeknek. Ez alapján, illetve a korábbi metódusok alkalmazásával az alábbi teljesítményigényeket kalkuláltuk:

	Csúcsigények alapesetben
Alapterület (m²)	6 388
Légköbméter (m³)	38 723
Befújt levegő mennyisége (m³/h)	37 801
Elszívott levegő mennyisége (m³/h)	37 801
Fűtési hőteljesítmény igény (kW)	328
Légtechnika fűtési hőteljesítmény igénye (kW)	193
Hűtési hőteljesítmény igény (kW)	399
Légtechnika hűtési hőteljesítmény igénye (kW)	150
Hűtés villamos teljesítmény igénye (kW)	183
Légtechnika villamos teljesítmény igénye (kW)	19
Használati melegvíz hőteljesítmény igénye (kW)	15

48. táblázat – A Közlekedési Múzeum tervezett helyreállítását követő becsült csúcsteljesítmény igények

Az éves energiaigények becsült értékei:

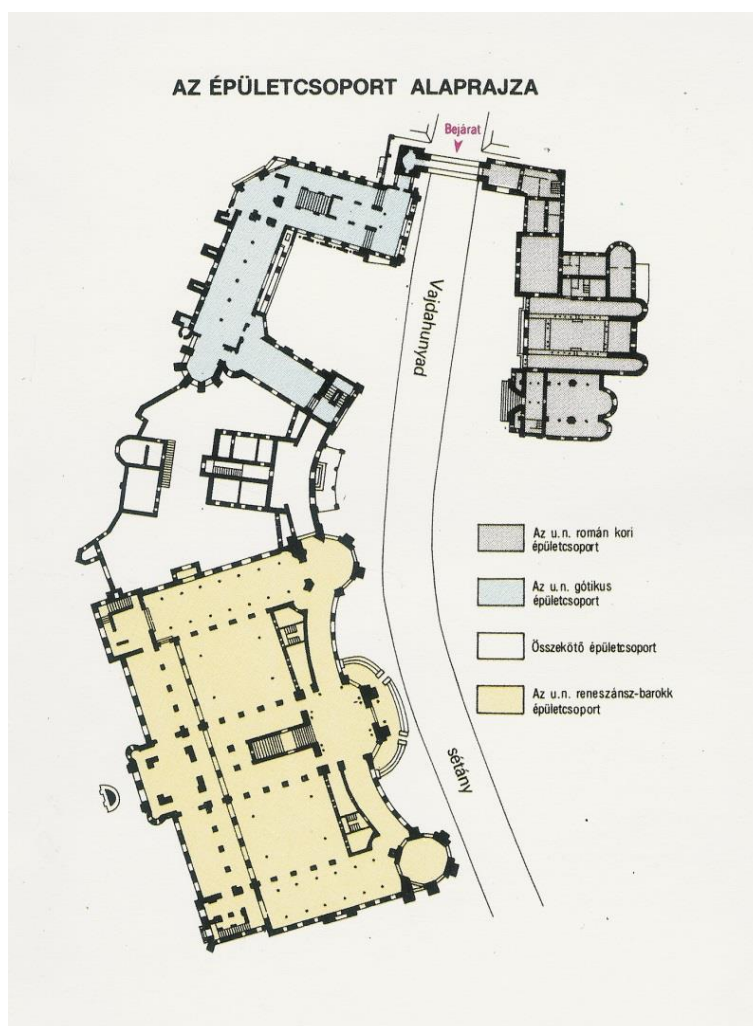
	Éves energiaigény		Fajlagos energiaigény
Fűtés	2 860 GJ/a	794 444 kWh/a	124,37 kWh/m ² a
Hűtés	1 007 GJ/a	279 722 kWh/a	43,79 kWh/m ² a
HMV	90 GJ/a	25 063 kWh/a	3,92 kWh/m ² a
Villamos energia	920 GJ/a	255 520 kWh/a	40 kWh/m ² a

49. táblázat – A Közlekedési Múzeum becsült éves energiaigényei

5.2.2 Vajdahunyard vára [32]

A Vajdahunyard vára 1907-ben épült műemlék épületegyüttese román-gót és reneszánsz-barokk részekből áll. A háborúban sérült (barokk) részeket 1959-ig állították helyre. Az épület belső felújítását 1978-85 között végezték, mely nem terjedt ki a külső, illetve a tetők, tornyok felújítására. Az épület falszerkezetei beton alapra épült téglá, illetve kő vegyes falazatok. Az emeletközi födém szerkezetek boltozat, illetve Hortsik szerkezetűek, a zárófödémek 12 cm vastag gipsz boltozatok, melyek nem járhatóak. A nyílászárók fa szerkezetű fenyő ajtók, illetve vörösfenyőből készült pallótokos ablakok, melyek 3 mm-es üvegezéssel készültek.

Az épület általános alaprajza a 39. ábraán látható:



39. ábra – A Vajdahunyard várának általános alaprajza

Jelenleg az épületben a Magyar Mezőgazdasági Múzeum kap helyet, azonban a Városliget rekonstrukciója részeként a múzeum kiköltözik innen, és a Vajdahunyad várának épületegyüttese gasztronómiai/vendéglátási célokat fog ellátni. Az épület jelenleg heti 6 napon keresztül 7 órát van nyitva a látogató közönség számára, a dolgozók pedig napi 8 és fél órát dolgoznak.

Az épület alapterülete $8\,559\text{ m}^2$, szintenkénti területe $12\,689\text{ m}^2$, a belmagasság 2,5 és 12 méter között változik. A fűtött léghőbméter 292 000.

Az épületben lévő trafóházról az egyes épületrészek (román, gót, reneszánsz) ellátása külső földkábelrel történik. Az épületrészekben kialakított elosztószekrényekből a világítás és erőátviteli hálózat padlóban csövezett alumínium vezetékek. A kiállított tárgyak megvilágítása részben hagyományos, a vitrinekben száloptikás és LED-es fényforrással történik. Az éves villamos energiafogyasztás a kapott adatszolgáltatás alapján 305 619 kWh.

Az épületben alsó-felső elosztású fűtési rendszer van kialakítva forrcső vezetékekkel, öntöttvas radiátorokkal. A kazánház 2008-ban felújításra került, a nyílt égésterű kazánokat 2 db Remeha 610 ECO kondenzációs kazánokra cserélték. Az épület fűtési teljesítmény igénye 1 250 kW. Az elosztórendszer 6 körre osztott, körönként automata szivattyúkkal, motoros szeleppel. A rendszert Rematic automatika vezérli. A lekötött gázteljesítmény $130\text{ m}^3/\text{h}$, az éves felhasznált gázmennyiség $168\,520\text{ m}^3/\text{év}$, ami kb. 5 800 GJ fűtési energiaigényt jelent. A használati melegvizet helyi villanybojlerek biztosítják.

Jelenleg az épületben hűtés a 360 m^2 -es aulában, illetve egy 200 m^2 -es konferencia teremben biztosított, 1-1 db York típusú, 1 kW teljesítményű split klíma készülékkel. Légkezelés egyáltalán nincs az épületben.

5.2.3 Műcsarnok [33]

A Műcsarnok épülete 1895-ben épült, 1991-1994 között pedig sor került teljes körű rekonstrukciójára, mely a műemléki részletek megőrzése mellett a modern technikai követelmények figyelembevételével történt.

Az épület alábbi szintekből áll:

Szint	Terület (m ²)
Pince	3267
Földszint	3329
Emelet	558
Tetőtér	457
Összesen:	7612

50. táblázat – A Múcsarnok szintterületei

A Múcsarnokban 12 db kiállító terem található, összesen 2 346 m²-en. A termek belmagassága 6 és 8,5 m között változik.

Az épület téglafalazattal rendelkezik. A külső nyílászárók többnyire hőszigetelő üvegezéssel rendelkeznek.

A fűtés a tetőtérben elhelyezett 4 db Bay típusú, 1 800 kW összteljesítményű gázkazánnal és 90/70°C-os hőfoklépcsőjű radiátoros rendszerrel történik, mely időjárásfüggő szabályozással rendelkezik. Ez alól kivételt jelent az előcsarnok, az Art shop, illetve a könyvtár, ezekben a helyiségekben padlófűtés van kiépítve. A kiállítótermekben centralizált, 24 órás klimatizációs rendszer, és nedvességszabályozó rendszer működik. A légkondicionálás részét képezik a termek padozatába épített szellőzők is. A levegő fűtése 90°C-os melegvízzel fűtött léghevítőkben, a hűtés 6°C-os vízzel hűtött hőcserélőkben, a nedvesítés gőzbefúvással történik. A fűtőenergiát a hőközponti nagyteljesítményű hőcserélő, a hűtőenergiát központi hűtőkompresszor, a nedvesítéshez szükséges gőzt központi hálózatról a szellőzőgépházban telepített elektromos gőzfejlesztő szolgáltatja. A hűtőkompresszorhoz léghűtéses kondenzátor csatlakozik.

Az éves gázigény kb. 63 000 m³, ami 2 420 GJ hőmennyiséget jelent. A téli lekötött csúcsteljesítmény 101 m³/h.

Minden teremben felső világítás van, árnyékolókkal ellátva. Az árnyékolók kézi, vagy automata vezérlésűek. Általános világításként a termekben az álmennyezet alatt fénycsövek vannak elhelyezve. Ezen kívül 600 db Guzzini lámpa áll rendelkezésre általános és műtárgy megvilágítási célokra, melyek a mennyezetre szerelt sínre akaszthatók.

Az épület heti hat napon keresztül, napi 8 órát tart nyitva a látogatók számára. A dolgozók is napi 8 órán keresztül tartózkodnak az épületben. A portaszolgálat illetve a klímaügyelet napi 24 órában működik.

A Múcsarnokot átlagosan évente 58 000 fő látogatja. A maximális egyidejű látogatók száma 200 fő.

5.2.4 Műjégpálya [34], [35]

A Városligeti Műjégpálya 1926-ban nyílt meg, Európa második műjégpályájaként. A második világháború során szintén bombatalálatot szenvedett, ideiglenes javítása az 50-es években történt meg, a legutóbbi nagyobb javítására 1986-ban került sor – ekkor került beépítésre az átalakított gépház és a kondenzátortelep. Ezt követően kisebb-nagyobb gépészeti átalakítások történtek, majd EU-s támogatással teljes építészeti és gépészeti rekonstrukció valósult meg. Ennek része volt egy új hűtőgépház létesítése, a műemlék korcsolyacsarnok teljes felújítása, a híd felőli lebombázott épületszárny teljes újjáépítése és az új jégpálya és jégkorongpálya kialakítása.

A jégpálya felülete $14\,800\text{ m}^2$, a pályacsövek - melyek acélhálóra vannak erősítve 80 mm-es osztásban - Uponor gyártmányú térhálósított PEX csövek, melyek hosszúsága összesen 198 km. A beépített névleges hűtőteljesítmény 5 MW, a legnagyobb hűtőteljesítmény igény 4,5 MW. Ezt a hűtési igényt 5 db ammónia hűtőközegű hűtőgép látja el, az ammónia mennyisége 4,5 tonna. A berendezés eredetileg propilénglykol oldatot hűtött, 2014 folyamán azonban ezt a közeget lecserélték káliumsó tartalmú só-víz kevert közegre, ezzel növelve a szekunder oldali hőátadást. A hűtési hőátadó közeget keringtetik a szivattyúk a betonba öntött csövekben. A közvetítő közeg mennyisége 180 m^3 . A beépített gépek, berendezések legnagyobb elektromos teljesítmény felvétele 2 300 kW. A jég készítésére szolgáló berendezések többször átestek felújításon, a legutolsó ilyen felújítás során, amit 2011 decemberében adtak át, a teljes szekunder oldali rendszert újjáépítették, a primer rendszer maradt az eredeti (ammónia hűtőközegű hűtő aggregátok, tornyok, hőcserélők, szivattyúk). Gondoskodtak a kompresszorok új - a kornak megfelelő – távfelügyelettel történő vezérelhetőségéről. A rendszer – hűtési körfolyamat - hatékonyságát több módon növelték, pl.: kondenzátor túlhevítési hőmérsékletének hővisszanyerése HMV termelésre, jégolvasztásra.

Az újonnan létesített hűtőgépház magába foglalja a hűtőközeg kis- és nagynyomású oldalát (kompresszor-aggregátok, evaporatív kondenzátorok, folyadékgyűjtő tartály, folyadékleválasztók, hőcserélők, ammónia szivattyúk), biztonsági lefúvató tartályt, szivattyútelepet, vízlágyítót, hőhasznosítót és a közvetítő közeg tartályt.

Az ammóniát 5 db csavarkompresszoros hűtőaggregát sűríti össze, a nagynyomású, magas hőmérsékletű túlhevített gőz 4 db evaporatív kondenzátor segítségével, az azok csöveire permetezett víz és az áramoltatott levegő hatására kondenzálódik. A nagynyomású cseppfolyós hűtőközeg a folyadékgyűjtő tartályba áramlik, ahonnan fojtás után a folyadékleválasztókba jut. Innen a kis nyomású hűtőközeg folyadék 5 db nagy teljesítményű hőcserélőbe áramlik, ahol a hűtőközeg elpárolog és a sólé oldatot hűti. A folyadékleválasztóba visszajutó hűtőközeg gőz-folyadékkegely szétválk, a gőzöket a kompresszorok elszívják. A folyadékűtők alatti két szivattyú a csavarkompresszorok olajűtője számára a hőelvonást biztosítja.



40. ábra – A Műjégpálya hűtőgépháza

A Műjégpálya október közepétől március közepéig üzemel. Ez a szezonális kiemelkedően látszik a pályához tartozó két villamos energia fogyasztási pont egy évre vonatkozó havi villamos energia fogyasztásából:

	1. fogyasztási pont (kWh)	2. fogyasztási pont (kWh)
2013.08. hó	187	97 233
2013.09. hó	1 669	57 325
2013.10. hó	760	53 229
2013.11. hó	144 172	156 046
2013.12. hó	387 482	210 356
2014.01. hó	367 302	233 105
2014.02. hó	321 767	234 166
2014.03. hó	325	47 396
2014.04. hó	176	30 924
2014.05. hó	338	56 755
2014.06. hó	609	86 052
2014.07. hó	508	92 793
Összesen (évi):	1 238 430	1 368 535

51. táblázat – A Műjégpálya egy éves villamos energiafogyasztása havi bontása

Az épület kazános fűtéssel rendelkezik, a gázfogyasztás egy évre az alábbiak szerint alakul:

Számlázott időszak	Gáz hőmennyiség (MJ)	Fűtőérték (MJ/m ³)	Gáz mennyiség (m ³)
2013.07.13.-08.13	52 114	34,57	1 507
2013.08.14-09.12	43 853	34,73	1 263
2013.09.13-10.09.	194 397	34,53	5 630
2013.10.10.-11.14.	353 913	34,53	10 249
2013.11.15-12.05.	397 051	34,54	11 495
2013.12.06-01.17.	1 047 704	34,4	30 457
2014.01.18-02.12.	701 652	34,45	20 367
2014.02.13-03.14.	470 051	34,33	13 692
2014.03.15-04.11.	232 086	34,39	6 749
2014.04.12-05.13.	172 828	34,7	4 981
2014.05.14.-06.11.	101 369	34,82	2 911
2014.06.12-07.10.	64 049	34,74	1 844
Összesen:	3 831 067	34,47	111 145

52. táblázat – A Műjégpálya éves gázfogyasztási adatai havi bontásban

Az ammóniás hűtési körfolyamat komplex, üzemeltetéséhez nagy hozzáértésre van szükség. A jégpálya üzemeltetésénél a legnagyobb energiaigényű folyamat a jég elkészítése, ezt jelenleg csak alacsony hőmérsékleti tartományban lehet végezni, az időjárás függvényében. Ebben az esetben akár 4 db hűtőgép együttes üzemével is lehet számolni, amely a rendszer maximális kapacitása. A jég készítésének ideje körülbelül 1 hét. Abban az esetben, ha a jégpályát több fázisban töltik fel korcsolyázható minőségű jéggel ilyenkor, a teljesítmény megoszlás miatt 3 db gép együttes működésével lehet számolni, így a jégkészítés ideje is eltolódik. A jég feltöltése után annak fenntartására - hosszú üzemeltetési tapasztalatokból adódóan - az előforduló legalacsonyabb hőmérséklet esetén egy hűtőgépnek 100% körüli kiterheléssel kell működnie, a külső hőmérséklet növekedésével egyenesen arányosan emelkedik a szükséges befektetett kompressziós munka, elektromos áram igény.

A rendszerbe történő csatlakoztatás a jelenlegi formában nem ajánlott, mivel a hűtési körfolyamat kialakítása, azaz a direkt ammóniás osztott rendszerű berendezések és a hozzájuk tartozó hűtőtornyok nem használhatóak fel az energia kör nyári visszahűtésére. Téli működés esetén az energia visszanyerés maximális kiaknázása érdekében a hűtési körfolyamatba kellene beavatkozni, azaz a rendszerbe egy teljes hővisszanyerésre alkalmas kondenzátort kellene beépíteni. A Városliget távhő rendszerébe ez a megoldási forma kevésbé ajánlott.

Ellenben a Műjégpályáról történő hűtési és fűtési energiavételezés megvalósítása esetén megfontolandó a Jégpályánál lévő rendszer átalakítása és az energiakörbe való integrálása. Ez az ott lévő gépészeti rendszer egy részének cseréjével és bővítésével járna. A meglévő kondenzátor tornyokat modern lemezes hőcserélő váltaná fel, ezzel a hamarosan jelentkező karbantartási és felújítási költségektől mentesülne a Műjégpálya, ugyanis az előző felújítás részét a kondenzátor hűtőtornyai nem képezték.

A kondenzátor hőcserélőt a meglévő tornyok helyére beépített víz közvetítő közeges zárt evaporatív hűtőtornyokkal vagy a Liget energiakörével tudjuk hűteni.

Az átalakításból adódóan a rendszer magasabb hatásfokkal tud működni azáltal, hogy télen állandó hőmérsékletű folyamatos a kondenzátorokat hűtő rendszerhez csatlakoztatjuk. A megnövelt kondenzátor hőcserélő felület jótékony hatása az elektromos energia felvétel csökkenése mellett, +5°C feletti külső hőmérséklet esetén (meglévő rendszerénél) nem kellene a hűtőtornyok vízveszteségével számolni.

A jégpálya energia hatékonyságának növelése és az épület fűtési energiájának csökkentése érdekében a kompresszorok olaj hűtésébe egy-egy hővisszanyerő hőcserélőt lehetne beépíteni, amellyel a gázkazánok energia felhasználásának csökkenése érhető el. Az olajhűtés hővisszanyerése 100-150 kW fűtési energiát jelentene kompresszoronként - egy kompresszor az előforduló legnagyobb hidegben is működik. Mindenképpen azt javasoljuk, hogy ezt a magasabb hőmérsékletű energiát, ne tápláljuk be az alacsonyabb hőmérsékletű energiakörbe. Célszerűbb csatlakoztatni a jégpálya fűtési rendszeréhez, így ezzel csökken az épület fosszilis tüzelőanyagból származó energia ráfordítása.



41. ábra Hűtőtornyok jelenlegi pozíciója

A jelenlegi, közel 7 MW hűtőtorny kapacitás helyett a centralizált rendszer esetén **~8,8 MW** teljesítményre lenne szükség. Ezek az új, magas minőséget képviselő vizes zárt tornyok a jelenlegi ammóniás hűtőtornyok helyére elhelyezhetők, de telepítésük kis mértékben az épület kibővítését, átalakítását igényelné. Ezen hűtőtornyok alkalmazása esetén szükséges egy további hőcserélő beépítése.

A minimális átalakítás az energiafogyasztás növekedését jelenti 35°C-os külső hőmérséklet felett, ekkor ugyanis az energiakör 35/27°C-os hőfoklépcsője 36/28°C-ra fog módosulni. Ennek eredményeként az épületek víz-víz hőszivattyú rosszabb hatásfokkal fognak üzemelni, hozzávetőleg 10%-kal nagyobb villamos energiaigény jelentkezik, körülbelül az év 10 napján.

A fél-centralizált rendszer teljesítményigénye a hűtőtornyokat tekintve 5 MW. Ezek a jelenlegi tornyok helyére épület átalakítás nélkül helyezhetők el. Ezen kisebb teljesítmény esetén is a már említett egyéb gépészeti berendezéseket szükséges betervezni.



42. ábra Szívóaknák pozíciója

A felújítás – átépítés során a megnövekedett helyigény nem okoz problémát mivel az összes beépítendő berendezés – hőcserélő, szivattyú, kiegészítő szerelvények – elhelyezhetők a hűtőgépek és tornyok után elhelyezkedő épületben. Ez az épület ad helyet a trafóknak és a jég karbantartásához szükséges berendezéseknek. Az épület belső struktúráját át kell alakítani, hogy a meglévő és új funkció igényeit ki tudja elégíteni. A két épület között ki kell építeni egy kis közmű alagutat, közvetlenül a felszín alá, az épületek és a jégpálya közé. Ebben helyezhető el a kompresszorokat – hőcserélőt összekötő vezetékek és a hőcserélő víz közeg oldala - tornyok csövezése.

A beruházás költségének alakulása:

• Kondenzátor csere – lemezes hőcserélőre	350 000	EUR
• Kondenzátor oldali szivattyúk	40 000	EUR
• Vezetékek kiépítése	10 000	EUR
• Hűtőtornyok	437 260	EUR

A jégpálya integrálása a Liget hideg- és melegenergia ellátó rendszerébe a fent kifejtett módon lehetséges, fizikai kialakításának nincsenek korlátai, de a hűtési rendszerbe történő beavatkozás körültekintő tervezést igényel.

5.2.5 Szépművészeti Múzeum [25]

A múzeumi adatszolgáltatás alapján az épület az alábbi főbb paraméterekkel rendelkezik:

Padlószint	Szintmagasság	Alapterület
Pinceszint	-1,20-1,50 m	3 737 m ²
Mélyföldszint	-0,75 m	3 126 m ²
Földszint	+3,20 m	8 765 m ²
½ emelet	+8,00 m	1 064 m ²
I. emelet	+12,29 m	4 023 m ²
I ½ emelet	+12,98 m	901 m ²
II. emelet	+21,89 m	1 137 m ²
III. emelet	+28,47 m	818 m ²
Összesen:		23 572 m²

53. táblázat – A Szépművészeti Múzeum szintterületei és szintmagasságai

Az épülethatároló szerkezeteket tekintve a függőleges teherhordó szerkezetek 98%-ban 65 és 96 cm vastag tömör téglafalból, 2%-ban pedig falazott téglapillérből és kőoszlopból állnak. Az ablakszerkezetek fakeretesek, nyithatóak, a külső ajtók tömör fából készültek. A tetőszerkezet idomacélból készült rácsostartó, 6 mm vastag dróttüveg fedéssel. A kiállítóterek mennyezetei a padlástér felé néző, gipszrabicba épített felülvilágítók, hőszigetelt kettős üvegezéssel ellátva. Az épület alapozása terméskőből illetve betonból készült.

Az energiaellátás jelenlegi módjai:

Fűtés és használati melegvíz ellátás

A főépületben a fűtést 2 db, egyenként 950 kW teljesítményű melegvíz- és 2 db egyenként 1 160 kW teljesítményű gőzkazán biztosítja. A kazánok földgáz üzeműek, a lekötött gázteljesítmény 175 m³/h, melyből maximálisan kb. 120 m³/h van kihasználva. A fűtés módjai az épületben: radiátoros-bordácsöves, padlófűtés illetve légfűtés. Az épület jelenleg központi

melegvíz ellátással rendelkezik. Két darab 1200 l-es HMV tároló áll rendelkezésre, kb. 10 fogyasztói leágazással.

Hűtés

A klímaberendezések hűtőenergia ellátását a mélyföldszinten részben üzemelő hűtőközpont, továbbá a kibontott tetőtéri részben elhelyezett 3 db Baltimore gyártmányú hűtőtorony biztosítja, amelyből 2 db vízhűtésű, 2+1 különálló nyitott hűtőtoronnyal, valamint 1 db léghűtésű folyadékhűtővel. A folyadékhűtők hőteljesítménye 2×306 kW ill. 270 kW. A központi rendszerhez 20 db légkezelő csatlakozik 160 kW ventilátor teljesítménnyel, illetve néhány fan-coil. A központi hűtőrendszer mellett üzemel még egy 84 kW teljesítményű VRV rendszer és 14 db split klíma összesen 120 kW teljesítménnyel.

Villamos energia

Az épület két db csatlakozási ponttal rendelkezik, a két db áramszolgáltatói tulajdonú 630 kVA névleges teljesítményű, 10/0,4 kV feszültségű transzformátoron keresztül sínáthidalással csatlakoznak az üzemszerűen osztott gyűjtősínnel üzemelő új főelosztó berendezéshez. A lekötött teljesítmények 360, illetve 475 kW.

Az épületben a következő épületenergetikai fejlesztéseket tervezik:

Fűtési és használati melegvíz rendszer korszerűsítése:

A hőtermelő berendezések időjárásfüggő - külső hőmérsékletről történő - szabályozásának megvalósítása, heti időprogram alapján történő beállíthatósága mellett terveznek megvalósítani egy központi elosztórendszert és a hőleadók beszabályozhatóságának biztosítását. Ezen kívül a hőelosztó rendszer központi és gerinchálózati szakaszainak a szigetelése is meg fog történni a hőveszteség csökkentése céljából. A jelenleg meglévő gőzkazánok elbontásra kerülnek, helyettük kondenzációs kazánokat telepítenek. Ezzel együtt átalakítják a hőfogyasztó végpontokat az alacsonyabb fűtőközeg hőmérséklet miatt.

A világítási rendszer korszerűsítése:

Az épület általános kiszolgáló területeinek jelenlegi világítási rendszere elavult, a lámpatestek optikája, háza elöregedett, elszíneződött, és igen alacsony energiahatékonysággal rendelkezik. A

hagyományos vasmagos előtétellel szerelt T8, T16 illetve T20-as fénycsővel rendelkező lámpatesteket amennyiben nagyfrekvenciás előtétellel szerelt T5-ös energiatakarékos lámpatestekre cserélnék le, úgy a kalkulációik alapján 45-50% energia megtakarítás, amennyiben pedig energiatakarékos LED lámpatestekre cserélnék le, akkor pedig 55-60%-os energia megtakarítás lenne elérhető. Várhatóan az első verzió kerül megvalósításra. Az időszakos használatú közlekedőkben, gépészeti folyosókon, terekben található régi 40-60 W-os izzó lámpatesteket nagyfrekvenciás elektronikus előtétellel szerelt, energiatakarékos kompakt fénycsőves lámpatestekre tervezik cserélni.

Megújuló energiaforrás hasznosítására vonatkozó fejlesztések:

A fejlesztések során a napenergia kerül majd hasznosításra. Egyrészt napkollektorok kerülnek majd telepítésre, melyek a múzeum használati melegvíz termelését fogják majd biztosítani. A napkollektorok által előállított hőmennyiség a használati melegvíz hőigényének 60%-ára lesz méretezve. Ezen kívül napelemek is elhelyezésre kerülnek a tetőn, 43 kW teljesítménnyel, melyek éves várható termelése kb. 43 840 kWh.

Az éves energiafogyasztások jelenlegi alakulása:

- **Gázfogyasztás:**

Időszak	Gázfogyasztás (nm³)	Hőmennyiség (MJ)
2011	305 753	10 505 838
2012	290 169	9 996 373
2013	297 100	10 264 851
Átlagos évi	297 674	10 255 687

54. táblázat – A Szépművészeti Múzeum elmúlt évekbeli gázfogyasztási adatai

- **Villamos energia:**

Időszak	1. csatlakozási pont villamos energiafogyasztás (kWh)	2. csatlakozási pont villamos energiafogyasztás (kWh)	Összes villamos energiafogyasztás (kWh)
2011	1 479 603	1 485 629	2 965 232
2012	1 400 702	1 585 393	2 986 095
2013	1 391 073	1 640 676	3 031 749
Átlagos évi	1 423 792	1 570 566	2 994 358

55. táblázat – A Szépművészeti Múzeum elmúlt évekbeli villamos energiafogyasztásai

A múzeum heti hat napon tart nyitva, napi 8 órában, esetenkénti rendezvénysorozatok miatt (évi kb. 10-11 alkalommal) előfordulnak 12 órás nyitvatartású napok is. A dolgozók 12 órán keresztül dolgoznak az épületben, a munka törzsidejében 100%-os, egyébként 50%-os kihasználtságúak az irodák. Ez alól kivételt jelentenek a klímacsoport és a fegyveres őrség tagjai, akik napi 24 órát vannak jelen. Évente nagyjából 4-5 alkalommal időszakos nagy kiállítás nyílik, mely előtt 2-3 intenzív munkavégzésű hét szokott lenni, amikor kora reggeltől késő estig zajlanak a kiállítások előkészítő munkálatai. Az épületben 310 alkalmazott dolgozik.

Az éves látogatószám a következőképpen alakult az elmúlt években:

Időszak	Fizető látogatószám	Ingyenes látogatószám	Összes látogatószám
2009	402 385	93 296	495 681
2010	419 040	106 516	525 556
2011	319 948	65 703	385 651
2012	414 031	93 085	507 116
2013	410 394	126 742	537 136

56. táblázat – A Szépművészeti Múzeum éves látogatószámának alakulása

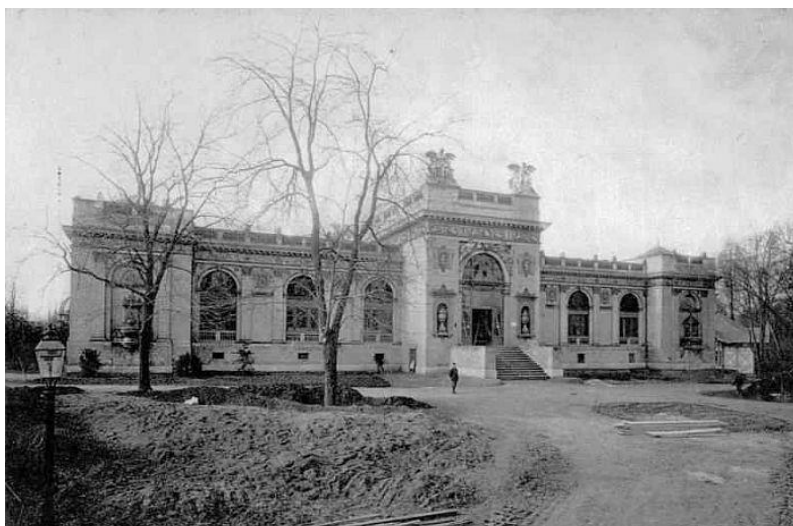
A látogatók szezonális eloszlása:

Hónap	Éves látogatószám megoszlása
Január	12,75%
Február	15,53%
Március	3,93%
Április	5,62%
Május	5,96%
Június	8,24%
Július	6,83%
Augusztus	6,99%
Szeptember	7,78%
Október	4,71%
November	6,79%
December	14,87%

57. táblázat – A Szépművészeti Múzeum éves látogatóinak havi megoszlása

5.2.6 Olof Palme Ház [36], [37]

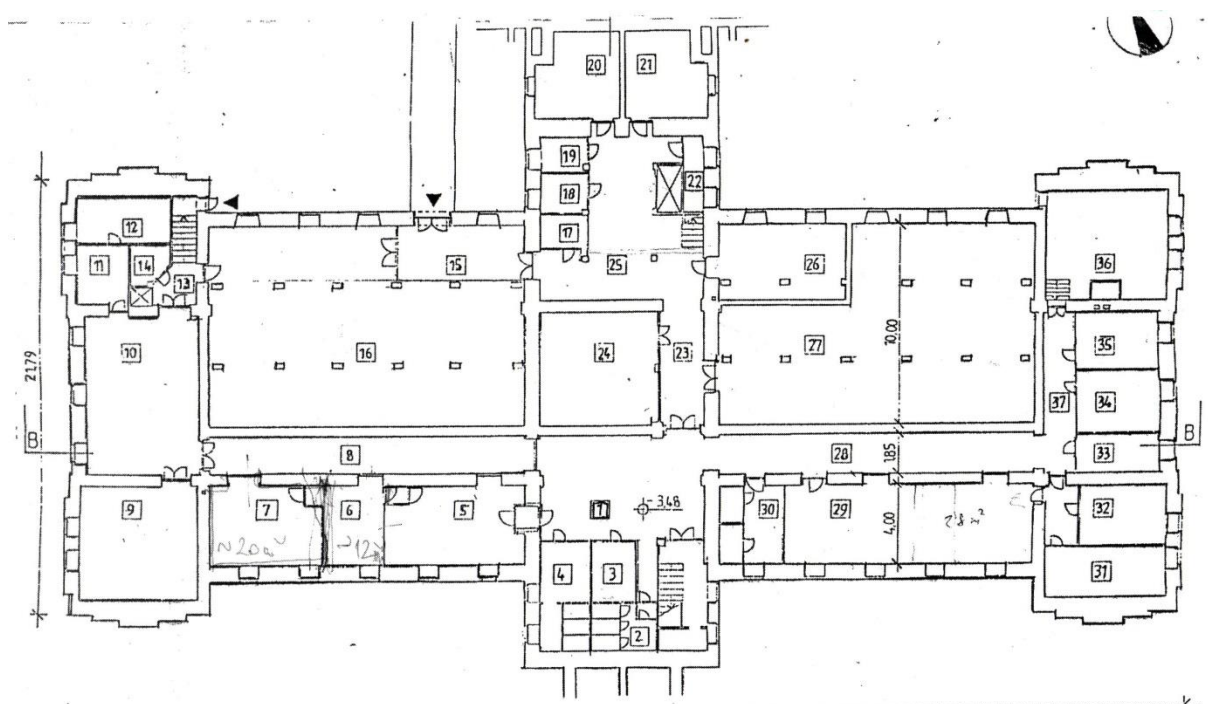
Az épületről számos megkeresés után sem szolgáltatott semmiféle adatot. Így csak az interneten elérhető anyagokból, és hallomásból ismert adatokból tudtunk nagyságrendi becslést adni az épületre.



43. ábra – Az Olof Palme Ház

Az Olof Palme sétányon álló neoreneszánsz stílusú épület az 1885-ös Országos Általános Kiállításra épült, Műcsarnoknak. Bár a kiállítás egyik legszebb épülete lett, kiderült, hogy a Műcsarnokkal szemben támasztott követelményeket nem elégíti ki, mivel túl kicsi és a helyszín sem megfelelő (a fő közlekedési útvonalaktól túl messze esik). Ezt követően számos módon használták az épületet, egy időben (1990-1993) a Műcsarnok ide költözött, amíg épületük felújítása zajlott. 2008 májusa óta napjainkig a Magyar Alkotóművészek Háza kap itt helyet. Ők a tavasztól ősziig tartó időszakban kiállítóhelyként tartják nyitva az Olof Palme Házat, keddtől vasárnapig minden nap 10 és 17 óra között.

Az épületnek egy kiemelkedő középrésze van, melyhez két alacsonyabb oldalszárny tartozik. Eredeti állapotában két nagy felülvilágított kiállítóter, hat oldalvilágítású mellékterem és további négy oldalterem volt benne. Amikor a Képzőművészeti Kivitelező Vállalat székhelye lett, 1959-ben átalakítást végeztek rajta. Ekkor jött létre az épület belső kialakításának ma is látható ipari jellege, az átépítés során a kiállítótermek egy részét irodákká és modellező műtermekké alakították át, illetve szobrász és kőfaragó műhelyeket hoztak létre a kiállítóterben. Az épület vázlatos alaprajza a 44. ábraán látható.



44. ábra – Az Olof Palme Ház vázlatos alaprajza

Mivel az évek során senki nem fordított figyelmet az épület karbantartására, állagmegóvásra, ezért az rendkívül rossz műszaki állapotban van. Még nem tisztázott, hogy a Városliget megújítása során az Olof Palme Háza milyen sors vár, sem felhasználási célját, sem esetleges felújítását illetően.

5.3 Egyéb energiafogyasztás a projekt területén

5.3.1 Mélygarázsok [38]

A rendelkezésünkre álló információk alapján az alábbi mélygarázsok vannak tervezve a területre:

	Parkoló szám (db)	Parkoló területe (m ²)
Dózsa György úti mélygarázs	650	19 500
Hermina úti mélygarázs	450	13 500
Állatkerti mélygarázs	200	6 000

58. táblázat – A projekt területére tervezett mélygarázsok

Amennyiben a fenti táblázat összes mélygarázsa megvalósul, akkor az energiaigények az alábbi módon alakulnak:

CO elszívás:

A mélygarázsok szellőztetésére a belső égésű motorok működése során keletkező, a levegőbe kibocsátott egészséget veszélyeztető, illetve a légzést és a látást akadályozó anyagok elvezetése érdekében van szükség. A kipufogógáz komponensek közül mennyisége miatt a legjellemzőbb egészségkárosító mérgező anyag a szén-monoxid.

Mivel vonatkozó szabvány, vagy rendelkezés nem áll rendelkezésre a mélygarázsok szellőzőrendszer-kialakításának követelményeire, ezért azt a munkahelyek levegőtisztasági követelményének megfelelően kell elvégezni. A számításnál a megengedhető maximális légszennyezettségként a csúcskoncentrációt – azaz a légszennyező anyagnak egy műszakon belül legfeljebb 30 percig megengedett legnagyobb koncentrációját kell figyelembe venni. Ennek értéke a szén-monoxid esetén: **40 mg/m³**.

Az energiafogyasztás becslésekor **11 db, egyenként 20 000 m³/h légszállítású ventilátor** beépítését feltételeztük, melyek napi 4 h/db üzemidőt feltételezve évente **~ 100 000 kWh villamos energiát fogyasztanak**.

Világítás

A mélygarázsokban a szellőztetésen kívül a világításnak van még villamos energia fogyasztása. Az **összesen 39 000 m² garázsterületen feltételezett 75 lux-os megvilágítást** 58,5 kW összteljesítményű világító testekkel fedezve, napi 7 órás átlagos üzemidőt feltételezve a világításból fakadó éves villamos energia felhasználás **~ 150 000 kWh**.

5.3.2 Közvilágítás

Az épületeken kívül eső energiafogyasztás további jelentős eleme a közvilágítás. Mivel a Városliget viszonylag nagy területű, ezért érdemes a jelenlegi közvilágítást korszerűsíteni, energiatakarékos lámpatesteket alkalmazni, amivel akár jelentős megtakarítások is elérhetők.

Hozzá kell tenni, hogy bár a LED-et látjuk a jövő fényforrásának, jelen pillanatban a térvilágításban használt korábbi technológiák fényparaméterei (fényhasznosítás – lm/W) nem rosszabbak a LED-nél. Szabályozhatóságuk, akár folyamatos kapcsolhatóságuk miatt a LED-ek mindenképpen kedvezőbb tulajdonságokkal bírnak. Felhasználásuk indokoltsága nagyban függ a megvilágított területtel szembeni elvárásoktól. Jelen projekt közvilágítási rendszerének villamos energiafogyasztás becsléséhez feltételezzük, hogy LED-ek kerülnek beépítésre. A konkrét tervezés során fontos odafigyelni a fényszennyezés minimalizálására.

Előzetes kalkulációink során a Városligetben **~ 7 500 m közlekedési útvonal megvilágításával** számoltunk. Amennyiben ez a feladat **LED oszlopokkal** kerül megvalósításra, ez esetben **30 méterenként** telepített oszlopokkal számolva, összesen **250 db oszlop** telepítése nagyjából **150 millió Ft-os beruházási költséggel** járna. Noha az energiatakarékos világítótestek beruházási költsége magasabb, azonban mind az energiafogyasztása, mind a karbantartása alacsonyabb költséggel jár az üzemeltetés során, mint a hagyományosan alkalmazott világítótestek esetében, ráadásul fényáram (látható fény) tekintetében is kedvezőbb.

A telepítendő 250 db oszlop névleges összteljesítménye 4,5 kW. A magyarországi **~ 4 000 közvilágítási óraszám**mal kalkulálva az **éves energiafogyasztás 18 000 kWh**.

Igény esetén már lehetőség nyílik a közvilágítás megújuló energiából (szélkerék, napelem) történő fedezésére (45. ábra). Ekkor az oszlopon elhelyezett akkumulátor tárolja a megtermelt energiát.

[40] Erre a megoldásra szintén igazak a napelemmel termelt villamos energiával kapcsolatban elmondottak – kiépített hálózati infrastruktúra esetén nem javasolt megoldás a drága akkumulátoros tárolás, az ilyen rendszereknek szigetüzem esetén lehet létjogosultsága.



45. ábra – Napelemes kültéri lámpa

5.4 Liget-szintű energia- és teljesítményigények összegzése

Az új múzeumok teljesítményigényeinek összegzése:

Teljesítményigények (kW)		Új Nemzeti Galéria	Ludwig Múzeum	Néprajzi Múzeum	Építészeti Múzeum	Fotó Múzeum	Magyar Zene Háza	Közkedési Múzeum	Összesen
Hő	Fűtés	2090	1081	1207	550	599	572	501	6600
	Hűtés	2352	910	1068	612	666	614	549	6771
	HMV	98	52	49	14	12	15	15	255
Villamos energia	Légtechnika	93	46	58	27	29	24	19	296
	Hűtés	784	303	356	204	222	205	183	2257

59. táblázat – Az új múzeumok teljesítményigényei

Az új múzeumok várható energiaigénye:

Energiaigény	Új Nemzeti Galéria	Ludwig Múzeum	Néprajzi Múzeum	Építészeti Múzeum	Fotó Múzeum	Magyar Zene Háza	Közkedési Múzeum	Összesen
Fűtés (GJ)	11456	6085	6556	2980	3229	3134	2860	36300
Hűtés (GJ)	4087	1765	2259	1003	1065	1067	1007	12253
HMV (GJ)	266	133	149	42	73	78	90	831
Villamos energia (kWh)	1270720	635160	784760	307120	309560	334120	255520	3896960

60. táblázat – Az új múzeumok energiaigényei

A meglévő intézmények energiaigénye:

Energiaigény	Vajdahunyad vára	Műcsarnok	Műjégyháza	Szépművészeti Múzeum	Összesen
Fűtés (GJ)	5800	2400	3800	10300	22300
Villamos energia (kWh)	306000	n.a.	2606965*	2934358	5847323

*technológiai hűtés

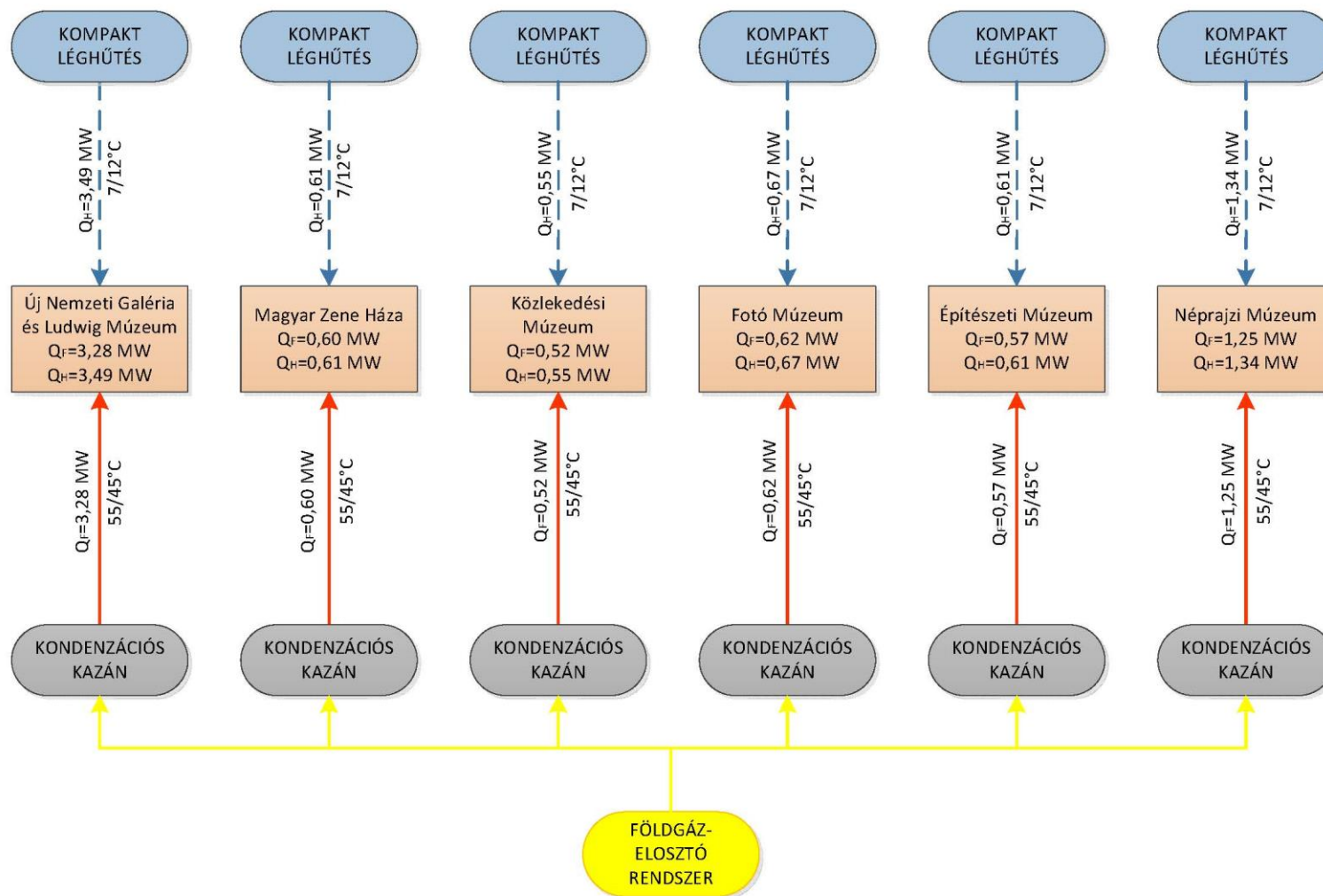
61. táblázat – A meglévő épületek energiaigényei

6. ÁTFOGÓ MŰSZAKI KONCEPCIÓK

6.1 Alapeset felvétele

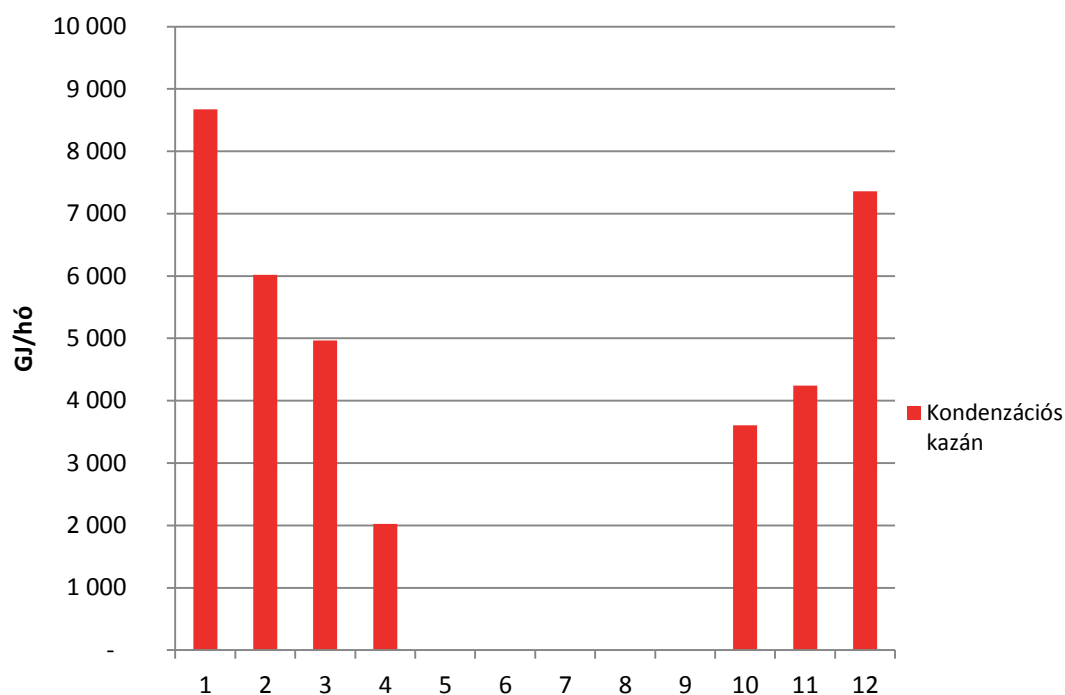
A nemzetközi minősítő rendszerek gyakorlatának megfelelően jelen tanulmány során is elsőként felvettünk egy rendszert, mely összehasonlítási alapként szolgál a később bemutatásra kerülő további rendszerkialakítások koncepcióihoz. Az alapeset rendszerét egy szokványos, a kor minőségi követelményeinek megfelelő, jó hatékonyságú, de szokványos elemeket alkalmazó rendszerként szokás meghatározni, mely aztán összevethető a tervezett, jelenlegi gyakorlatnál fejlettebb rendszerek energiahatékonysági, műszaki gazdasági mutatóival.

Az alapesetként meghatározott rendszerben a fűtési igényeket kondenzációs üzemű gázkazánok biztosítják - minden intézmény a földgáz-elosztó hálózatra csatlakozik -, a hűtési igényekről pedig csavarkompresszoros kompakt léghűtőgépek gondoskodnak. A beépített szivattyúk frekvenciaszabályozással rendelkeznek. A használati melegvíz előállítása helyileg, elektromos átfolyós vízmelegítőkkal történik. A légkezelőgépek keresztáramú lemezes hővisszanyerővel rendelkeznek, a hővisszanyerés hatásfokát 55%-nak vettük a számítások során. A teljes villamos energiaigény a hálózatról biztosított. A 46. ábraán látható az alapesetnél felvett rendszer sémája.



46. ábra - Az alapeset rendszersémája

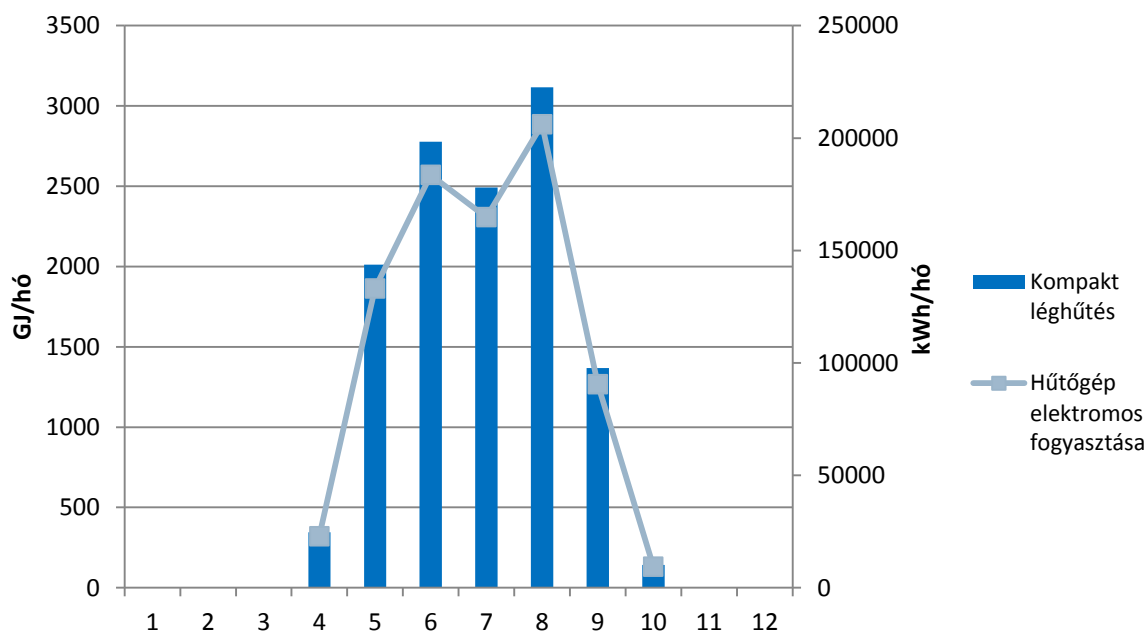
A rendszer fűtési energiafogyasztási adatait a 14. diagram szemlélteti.



14. diagram – Az alapeset rendszerének fűtési energiafogyasztási adatai havonta

Az éves hőfogyasztás 36 963 GJ/év, mely 100%-ban a fosszilis energiahordozó eltüzeléséből származik.

A hűtési energiát a villamos energia rendszer biztosítja az alapesetben, a nyári időszak fogyasztása a következők szerint alakul:



15. diagram – Az alapeset rendszerének hűtési energiafogyasztása havi bontásban

Az éves fogyasztás hűtés esetén 12 253 GJ/év, a villamos energiafogyasztás 810 MWh.

A rendszer éves szinten 2 622 746 kg CO₂ –t bocsájt ki.

6.2 Konceptiók

Három, a Városliget területén épülő, új „Múzeum Negyed”-re vonatkozó átfogó energetikai koncepciót alkottunk, melyeket a következőkben mutatunk be. Minden koncepció az ellátásbiztonságot helyezi előtérbe, ennek következtében került integrálásra a távhőrendszer az összes esetben. A megalkotott koncepciók mindegyike csak a tervezett múzeumok hideg- és melegenergiaellátását tartalmazza, de magukban hordozzák az esetleges későbbi intézmények integrálását a rendszerbe, amennyiben sikeresen kerül új energiaforrás bevezetésre, azaz felépítésüket tekintve moduláris jellegűek. A meglévő múzeumok ellátásától való eltekintésnek másik indoka, hogy amennyiben biztosítanánk is a kellő megújuló energiaforrást, azok jó hatásfokkal csak újszerű, alacsony előremenő hőmérsékletet igénylő fűtési rendszerek esetén üzemelnének. Ezt megteremteni csak a meglévő múzeumok szekunder rendszereinek magas költségekkel járó átalakításával lehetne. Jelen körülmények között így elmondható, hogy nemcsak energetikailag, de gazdaságilag sem javasolt a meglévő intézmények bevonása az új rendszerbe.

Amennyiben felújításra kerülnek ezek fűtési rendszerei és hőleadói, akkor bármelyik koncepcionális rendszerbe történő integrálásuk megoldható. Mivel több épület jövőbeli használatának módja, esetleges fejlesztési tervei jelenleg még nem ismertek, illetve az adatszolgáltatás hiánya miatt, jelen tanulmány ellátásukkal nem foglalkozik. Esetükben távhő rendszer kiépítésekor az ezzel történő ellátás lehetséges alternatívaként merülhet fel.

6.2.1 Decentralizált rendszer

Ezen koncepción belül a távhőrendszer kialakítása decentralizált módon történne, a meglegergia a Főtáv Zrt. által kiépített távvezetéken keresztül jutna el minden épülethez, melyek mindegyikében hőközpont kerülne kialakításra. Az előzetes becslések szerint ez összesen 2700 m, 2xDN 300/450 távvezeték kiépítését jelentené.

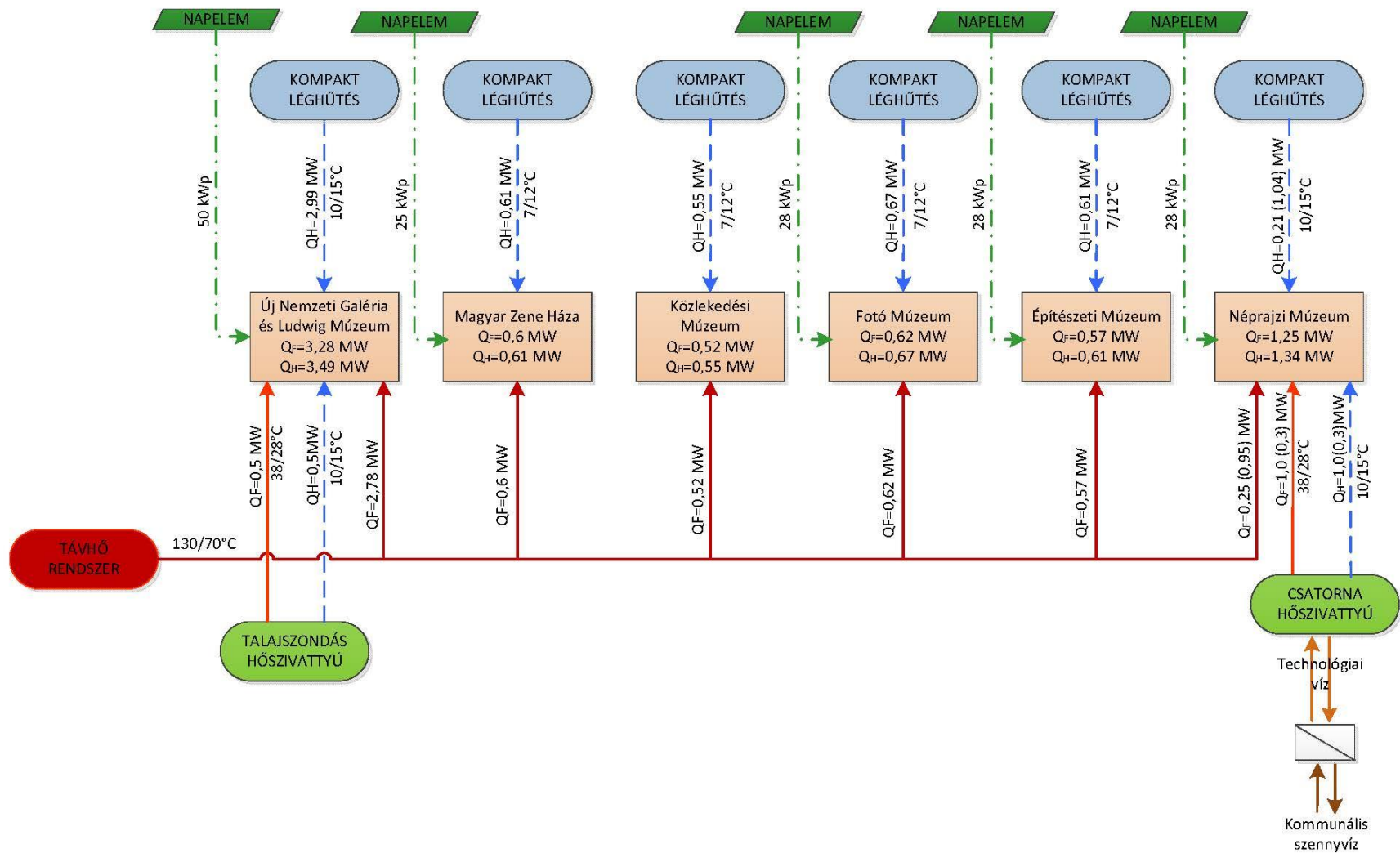
A távhőn kívül ebben a koncepcióban a Néprajzi Múzeum esetén csatornahőt hasznosító hőszivattyús energiaellátás kerülne telepítésre. A csatornahőszivattyús rendszer a Néprajzi Múzeum hőigényét a maximális vízhozamokból becsülve 1 MW-ig fedezné. Az 1 MW feletti teljesítmények lefedésére a távhő szolgálna.

A Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum hőellátását távhővel és a múzeum előtt lévő rétre telepített, a korábban ismertetett indokok miatt (ld. 2.7.2 fejezet) a 0,5 MW maximális teljesítményre kalkulált talajszondás hőszivattyú kombinációjával biztosítjuk. Mivel ez a talajszondás rendszer önállóan nem tudja ellátni az épület igényeit, ezért a csúcsigényeket ez esetben is távhővel kell biztosítani, a hőszivattyú pedig az épület alapfűtését látná el. Ez a bivalens rendszer azért is lenne előnyös, mert a rendszerben fellelhető, megújuló energiaforrások alacsonyabb hőmérsékletek előállítása esetén sokkal gazdaságosabbak.

A használati melegvíz készítest helyi villanybojlerekkel oldjuk meg, a kismértékű HMV igény miatt központi rendszer kiépítését egyik koncepcióban sem javasoljuk. Esetlegesen felmerülő lehetőségként a fentiekben vizsgáltuk az Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum, illetve a Néprajzi Múzeum esetén a központi HMV készítest és napkollektor telepítését. A számított megtérülési időket a 2.6.1 pontban található táblázat tartalmazza.

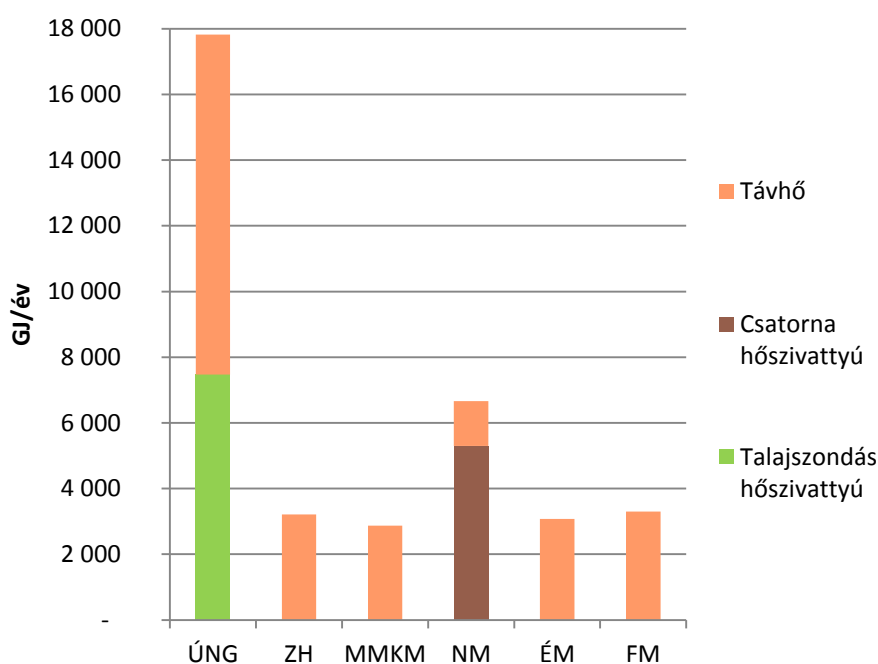
A Közlekedési Múzeum kivételével ebben a koncepcióban minden épülethez napelemes rendszer kerül telepítésre. Alkalmazásával további 5-10% CO₂ megtakarítás érhető el.

A decentralizált rendszer sémáját a 47. ábra mutatja. Üzemeltetése egyszerű, nem tartalmaz olyan berendezést, mely helyi pontforrásnak számítana. Hátrányként viszont megemlítendő, hogy minden épülethez a távhő vezeték kiépítése szükséges. Mivel a hűtést kompakt léghűtéses gépek biztosítják, ezért az általuk kibocsátott zajterhelés jelentős mértékű lehet. Mind emellett esztétikai és látványbeli szempontból sem lenne előnyös, villamos energiafogyasztása pedig igen jelentős.



47. ábra - A decentralizált rendszer sémája

Az éves energia fogyasztás alakulását épületenként az alábbi diagram szemlélteti a források felhasználásának feltüntetésével:



16. diagram Az energiaigény ellátására használt energiaforrások összetétele múzeumonként

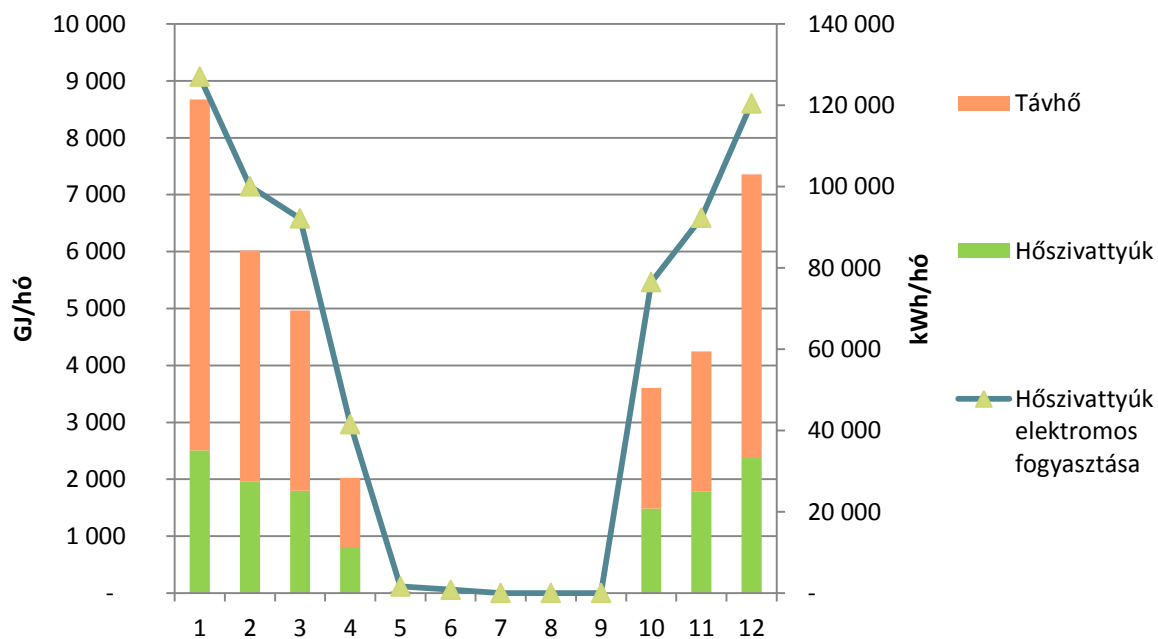
A fogyasztások különböző energiaforrásokból biztosított százalékos arányát az alábbi táblázat foglalja össze.

	ÚNG	ZH	MMKM	NM	ÉM	FM
Talajszondás hőszivattyú	42%	0%	0%	0%	0%	0%
Csatorna hőszivattyú	0%	0%	0%	80%	0%	0%
Táv hő	58%	100%	100%	20%	100%	100%

62. táblázat - Az energiaigény ellátására használt energiaforrások összetétele múzeumonként

Eszerint az Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum fogyasztásának 42%-át talajszondáshőszivattyú révén, 58%-át távhővel fedezzük. A Zene Háza, a Közlekedési Múzeum, az Építészeti Múzeum és a Fotó Múzeum hőellátását 100%-ban távhő biztosítja. A Néprajzi Múzeum fogyasztásának 80%-át lefedi a csatornahőszivattyú, a maradék 20%-ról a távhő gondoskodik.

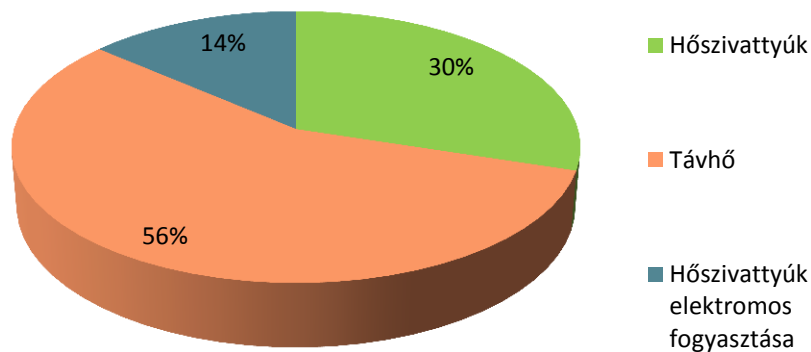
A decentralizált koncepció fűtési energiafogyasztását a 17. diagram mutatja be.



17. diagram – A decentralizált rendszer fűtési energiafogyasztásai havi bontásban

A rendszerfogyasztás hozzávetőleg 30%-át lehetne megújuló energiaforrással fedezni. A talajszondás hőszivattyú esetén 5,1 átlagos COP értékkel számoltunk 38/28°C a szekunder oldali méretezési hőfoklépcső mellett. A csatornahőt hasznosító berendezés COP-ja 7,0, az előállított szekunder méretezési hőfoklépcső szintén 38/28°C.

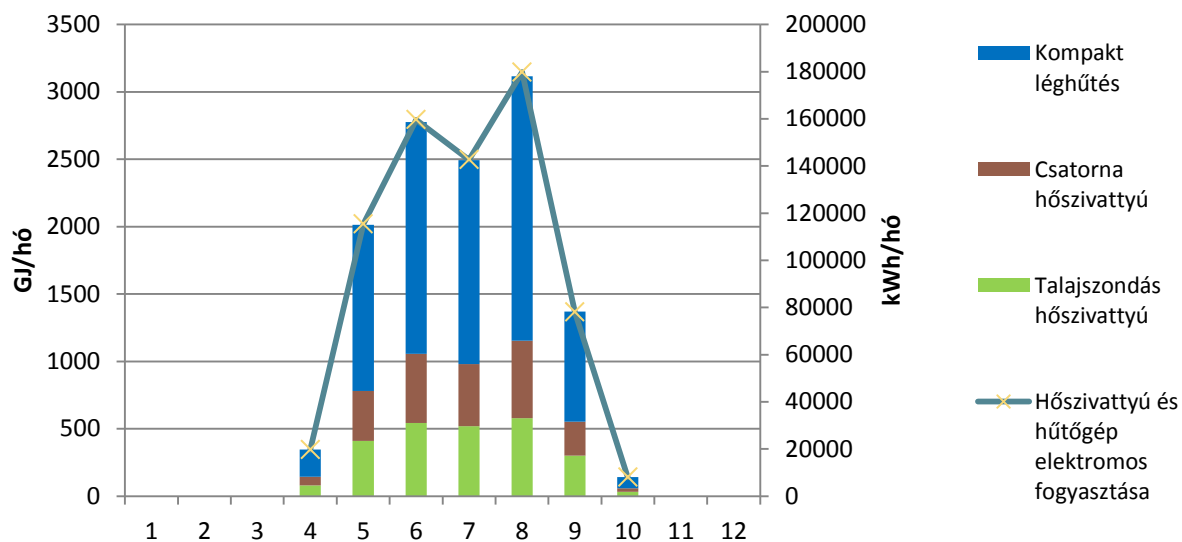
A energiafelhasználás megoszlását az alábbi kördiagram mutatja be, ahol a villamos energiafogyasztást 2,5-szeres szorzóval vettük figyelembe a primerenergia forrásra való tekintettel.



18. diagram – A hő- és villamos energia megoszlása

A hűtési igényekről a Néprajzi Múzeumnál a csatornahőt hasznosító hőszivattyú, az Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum esetén a talajszondás hőszivattyú gondoskodik. A többi épületben, illetve a hőszivattyúk kiegészítésére az alapeset kapcsán is már szereplő, kompakt léghűtés működne.

A fogyasztási számításokat a nyári, hűtési üzemben a talajszondás rendszer esetén 6,0, a csatornahőszivattyúnál 6,9 EER érték mellett készítettük el.



19. diagram – A decentralizált rendszer hűtési energiafogyasztásának havi megoszlása

Éves szinten a decentralizált rendszer CO₂ kibocsájtása 1 764 333 kg/év.

6.2.2 Fél-centralizált rendszer

A fél-centralizált koncepció esetén a múzeumok energiaellátás szempontjából történő csoportosítását több változatban is vizsgáltuk, a lent bemutatásra kerülő legkedvezőbb felosztás esetén készítettük el a gazdaságossági vizsgálatokat. Az optimális kialakítás esetén a Széchenyi Gyógyfürdő elfolyó termálvizének hője úgy kerülne felhasználásra, hogy abból az Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum, a Magyar Zene Háza és a Közlekedési Múzeum részesülne egy újonnan épített, hozzávetőleg 1200 m hosszú távvezetéken keresztül.

A Néprajzi Múzeum, a Magyar Építészeti Múzeum és a Fotó Múzeum melegenergia ellátása csatornahőt hasznosító hőszivattyúval történne. Ebben a fél-centralizált koncepcióban a Dózsa György út mentén létesülő három múzeum között oszlana meg a csatornahőszivattyú 1 MW csúcsteljesítménye, melynek hőközpontja a Néprajzi Múzeumban kapna helyet, a többi létesítményhez távvezetéken juttatnánk a 40/32°C-os fűtővizet. Ilyen hőmérsékletű szekunder hőfoklépcső mellett a csatornahőszivattyú COP értéke 5,6.

A fél-centralizált kialakítást az alábbi séma mutatja be. Ezen diverz rendszer révén minden fogyasztó több energiaforrásból táplálkozhat. Míg az északabbra lévő három épület az elfolyó termálvízre és a távhőre támaszkodna, addig a Dózsa György úti intézményeket egyrészt a csatornahőszivattyú, másrészt a távhő látná el hőenergiával.

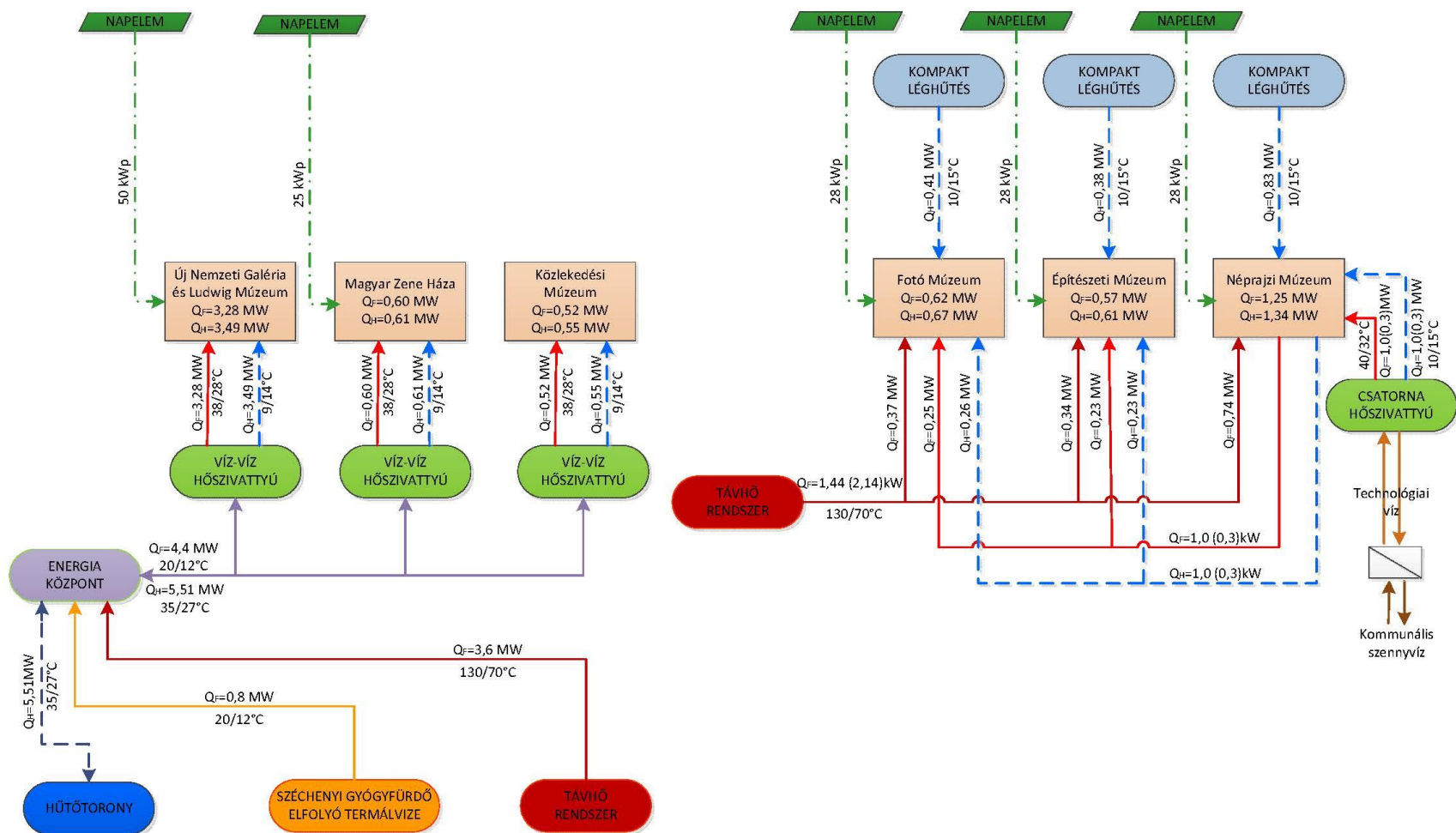
Ahogy a korábbiakban már bemutattuk, egyik koncepció esetén sem javasoljuk a központi HMV termelést. Az igények ellátását ez esetben is helyi villanybojlerekkel javasoljuk biztosítani.

Fontos megemlíteni, hogy ebben a koncepcióban sem jelennek meg a Városliget területén pontforrásnak tekinthető hőtermelők. Az Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum, a Zene Háza és a Közlekedési Múzeum úgynevezett energiaköre révén megvalósítható a hőtranszport, így az egyik helyen elvont hőt a másik helyen leadhatjuk.

A koncepció hátránya, hogy a távvezeték kiépítése az egész területre vonatkozna, hiszen a Dózsa György út mellett épülő múzeumok távhőcsatlakozását is meg kell oldani. Abban az esetben, ha a jövőben olyan új energiaforrást kívánnának az ellátó rendszerbe integrálni, melyből a Múzeum

Negyed új épületének mindegyike részesül, akkor ezt, a minden fogyasztót összekapcsoló, közös energia-elosztóhálózat hiányában csak korlátozottan lehetne megtenni.

A decentralizált rendszernél vizsgálatra került talajszondás hőszivattyú alkalmazásának műszaki akadálya a félcentralizált rendszer esetében sincs, azonban alkalmazását itt nem javasoljuk, ugyanis ez a 0,5 MW teljesítményű, talajhőt hasznosító rendszer direktben nem lenne képes a víz-víz hőszivattyúk primer oldala számára megkívánt, 20/12°C hőlépcsőjű kör előremenő hőmérsékletének előállítására. Ennek következtében a körre kapcsolódás miatt először 20°C-ra (20/12°C kör) kellene hőszivattyúzni (COP ez esetben 5,1), majd továbbemelni a hőmérsékletet 38°C-ra (38/28°C épület szekunder fűtési köre). Ezért eredő COP-ként 2,98 körüli érték adódna, ami elég gazdaságtalannak mondható a jelenleg már elérhető eredményekhez képest.



48. ábra - A fél-centralizált rendszer sémája

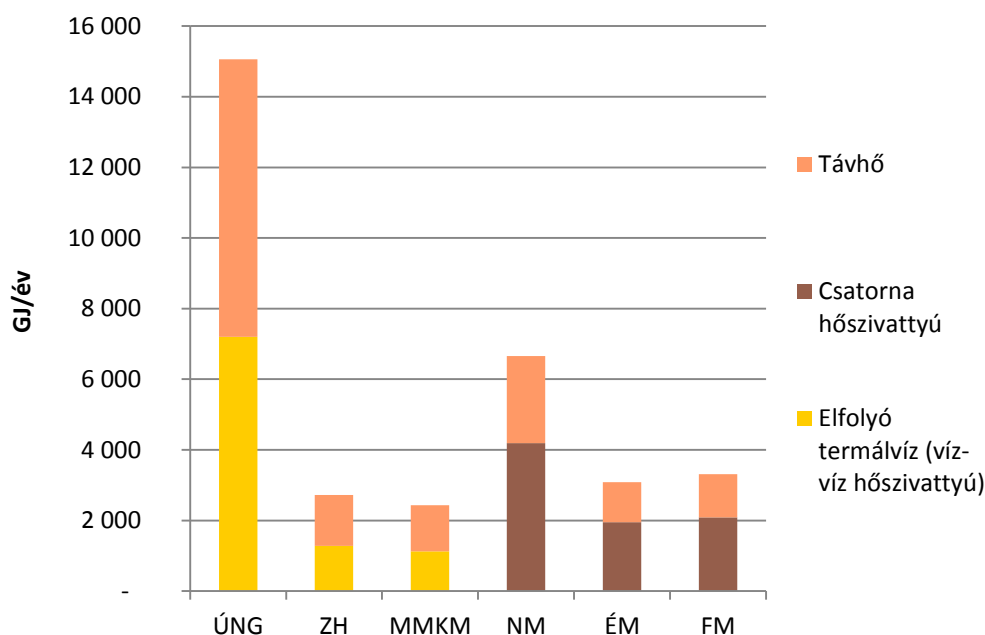
Az elfolyó víz hasznosítása hőszivattyúk révén történne. Ez minden esetben olyan hőcserélt vizet jelentene, amit az elfolyó termálvíz 20°C-ra melegít, ami a berendezések hőforrásául szolgálna. Ezért amennyiben a FÁNK nem használja fel az elfolyó termálvizet, úgy nagyobb hőkapacitás áll rendelkezésre az új intézmények számára. Amennyiben az állatkerti felhasználás megvalósul, formájának függvényében a víz további felhasználása előtt szűrés, kezelés válhat indokolttá, melynek energetikai, műszaki és gazdasági vonzatával nem számoltunk (pl. karbantartás, segédenergiaigény). Ezen nyitott kérdés okán jelen koncepcióban az alacsonyabb hőmérsékletű elfolyó vízzel számoltunk, de a tervezéshez és a részletes számítások elvégzéséhez mindenképp szükséges a témában érintett felek egyeztetése.

Az elfolyó vízből a fenti indokok miatt a KMOP tanulmány adatai alapján a maximálisan becsült teljesítmény 0,8 MW, melyet 86 m³/h térfogatáram mellett vettünk figyelembe, értékét a medence töltési-ürítési adatai alapján számítottuk. Az elfolyó termálvíz révén 20°C-ra felmelegített, energiakörben lévő fűtővizet az épületek hőszivattyúi 12°C-ig hűtenék le.

A fél-centralizált rendszernél a vizsgálat tárgyát csak a 20°C-os vízre végeztük el, mert az ennél nagyobb rendelkezésre álló hőmérséklet és hőkapacitás vizsgálata csak háromnál több épület ellátása esetén célszerű.

Az elfolyó termálvíz felhasználhatósága - ahogyan már említésre került - további egyeztetéseket igényel az érintett intézmények között, a felhasznált adatok és az ebből számított értékek becslésen alapulnak.

Mindegyik épület esetén az alapfűtést a megújuló energiaforrás adná, a csúcsigények biztosítása pedig távhővel történne. Ezek alakulását a fűtési szezonban a 20. diagram szemlélteti.



20. diagram – Az energiaigény ellátására használt energiaforrások összetétele múzeumonként

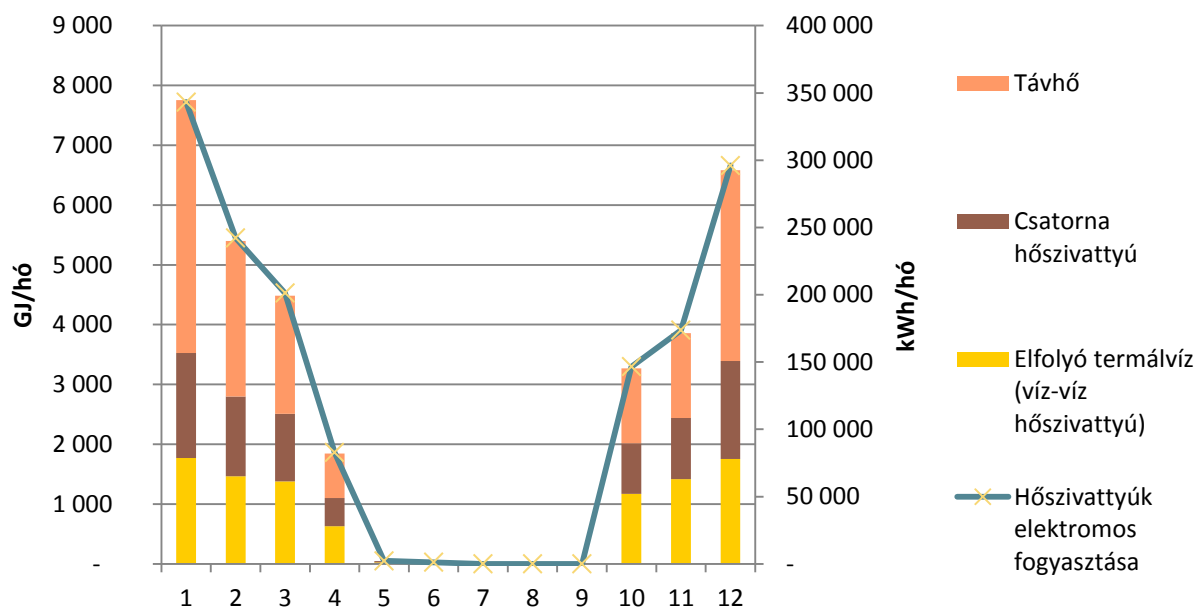
Az épületek fogyasztásának energiaforrások közti százalékos megoszlását foglalja össze az alábbi táblázat.

	ÚNG	ZH	MMKM	NM	ÉM	FM
Elfolyó termálvíz (víz-víz hőszivattyú)	48%	48%	48%	0%	0%	0%
Csatornahőszivattyú	0%	0%	0%	63%	63%	63%
Távhő	52%	52%	52%	37%	37%	37%

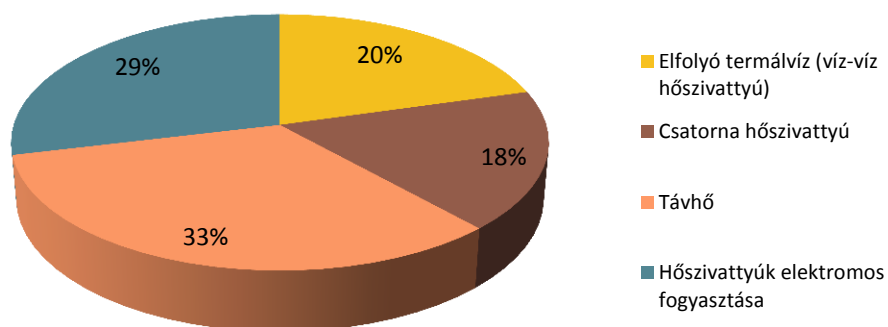
63. táblázat - Az energiaigény ellátására használt energiaforrások összetétele múzeumonként

Az Új Nemzeti Galéria illetve a Zene Háza és a Közlekedési Múzeum fogyasztásának 48%-át az elfolyó termálvíz fedezi, a fennmaradó 52%-ot a távhő garantálja. A Néprajzi Múzeum, az Építészeti Múzeum és a Fotó Múzeum fogyasztásának 63%-a csatornahőszivattyú, fennmaradó 37%-a távhő révén biztosított.

Az összes fogyasztás biztosítása, számításaink szerint hozzávetőleg 29%-ban történhetne az elfolyó termálvízből, körülbelül 25%-ban pedig a csatornahőszivattyúzás révén. A fennmaradó, 46%-ot a távhő adja.



Az energiafelhasználás megoszlását az alábbi kördiagram tükrözi. Eszerint látható, hogy a megújuló energiaforrások 38%-ot tesznek ki.

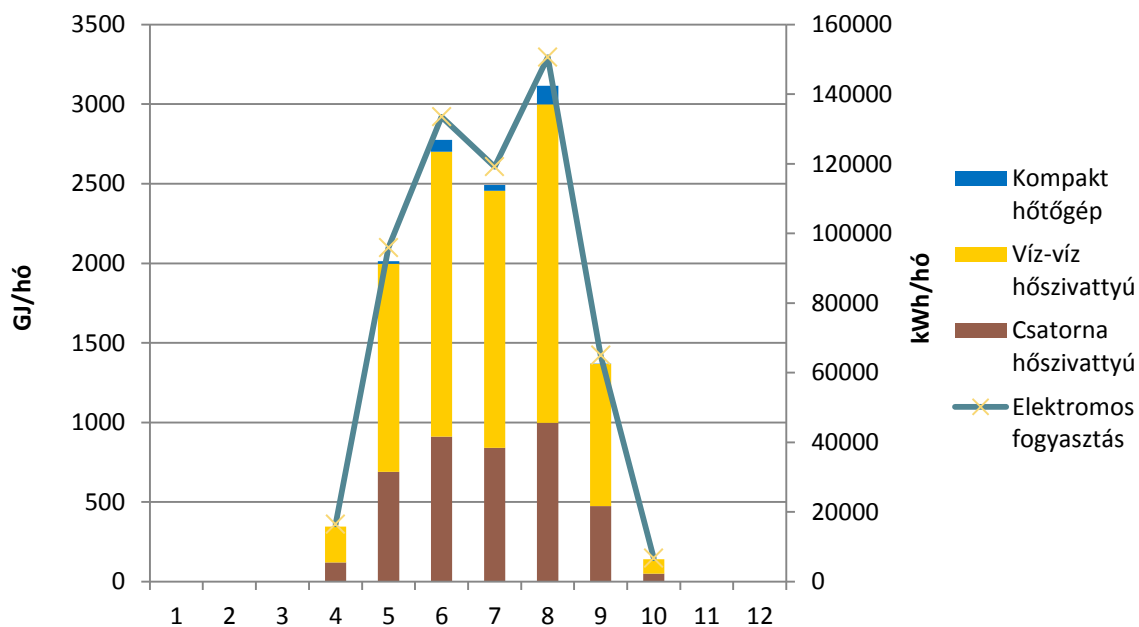


21. diagram – A hő- és villamos energia megoszlása

A hűtési igényeket teljes mértékben a hőszivattyúk biztosítanák 9/14°C –os hőfoklépcső mellett az Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum, a Magyar Zene Háza és a Közlekedési Múzeum esetén. A felmelegedett víz visszahűtéséről a 35/27°C–os hőfoklépcsővel üzemelő hűtőtornyok gondoskodnának.

A Fotó, Építész és Néprajzi Múzeum hűtését 94%-ban a csatornahőszivattyú garantálni tudja, ezen felül a kompakt léghűtési gépek szolgáltatják a hidegenergiát.

Mind a csatornahőszivattyú, mint a kompakt léghűtési gépek méretezési hőfoklépcsője 10/15°C.



22. diagram – A fél-centralizált rendszer hűtési energiaigénye havi bontásban

A fél-centralizált rendszer CO₂ kibocsátása 2 059 546 kg/év.

6.2.3 Centralizált rendszer (energiakör) 20°C-os elfolyó termálvíz hasznosításával

Az energiakör alatt az összes múzeum közös központból történő energiaellátását értjük, mely a Városliget új Múzeum Negyedében létesülő épületeket kötné össze. Hőtartalmának egy részét a Széchenyi Gyógyfürdő elfolyó termálvize biztosítaná. Az energiakörrel az épületenkénti hőigénybiztosítást víz-víz hőszivattyúkkal lehetne megoldani. Az energiakör elfolyó termálvízen kívüli inputja a Dózsa György út sarkán telepíthető csatornahőszivattyús rendszer lenne. Mivel ez a teljesítmény még nem elegendő az egész Negyed számára, ezért a távhőre való csatlakozási lehetőség is kialakításra kerülne.

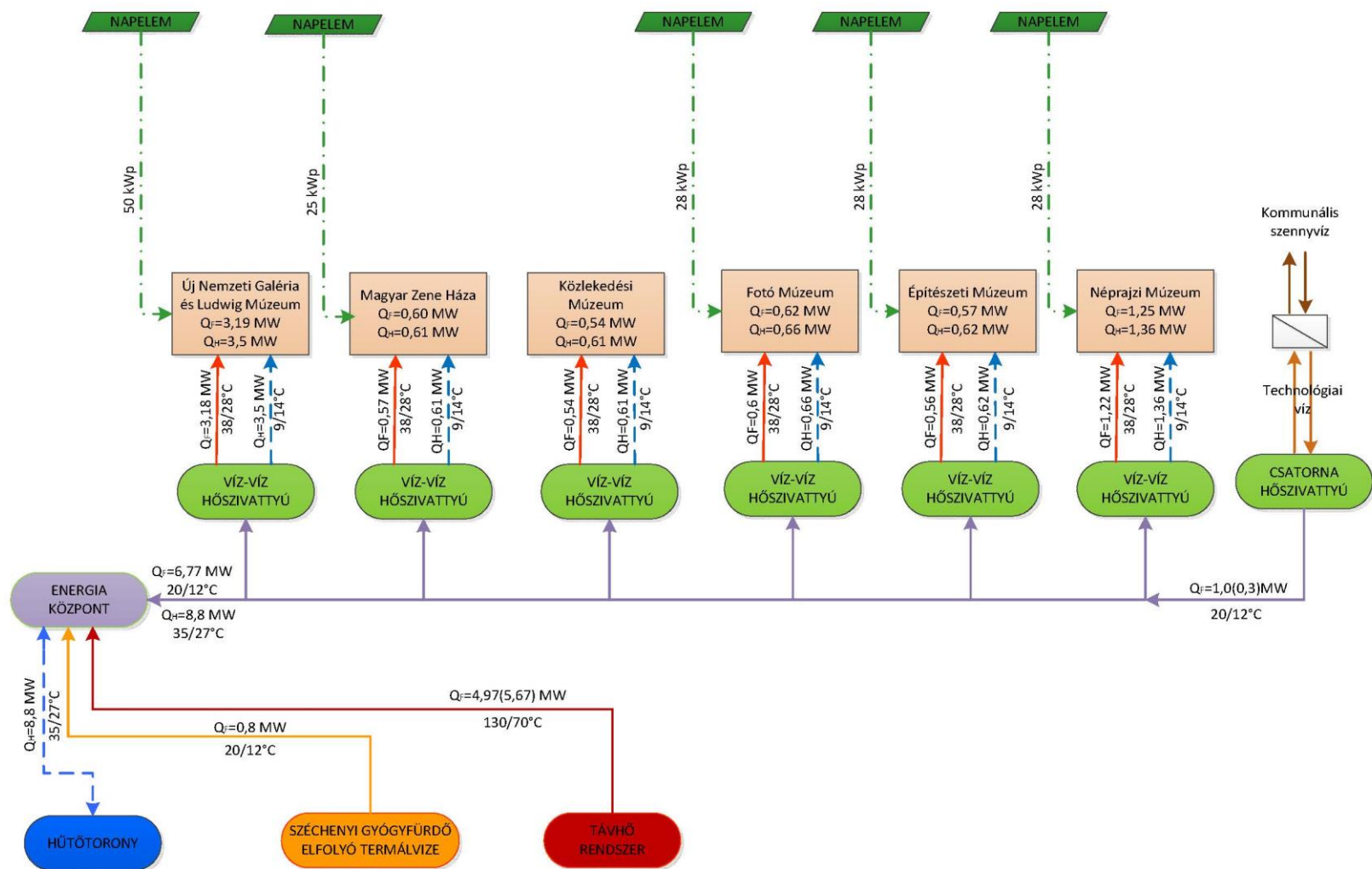
Az elfolyó termálvízből kinyerhető hőenergia számítását a Fővárosi Állat- és Növénykert esetleges fejlesztései miatt két esetre készítettük el. Ebben a fejezetben a Liget projekt számára kedvezőtlenebb, 20/12°C-on történő hasznosítást, 86 m³/h térfogatáram mellett vizsgáltuk.

A hűtési üzemnél az energiaközpont és az épületek közti víz 35/27°C, melynek visszahűtésére a hűtőtornyok hivatottak.

A HMV-készítés módja az energiakör esetén is villanybojlerek segítségével történne.

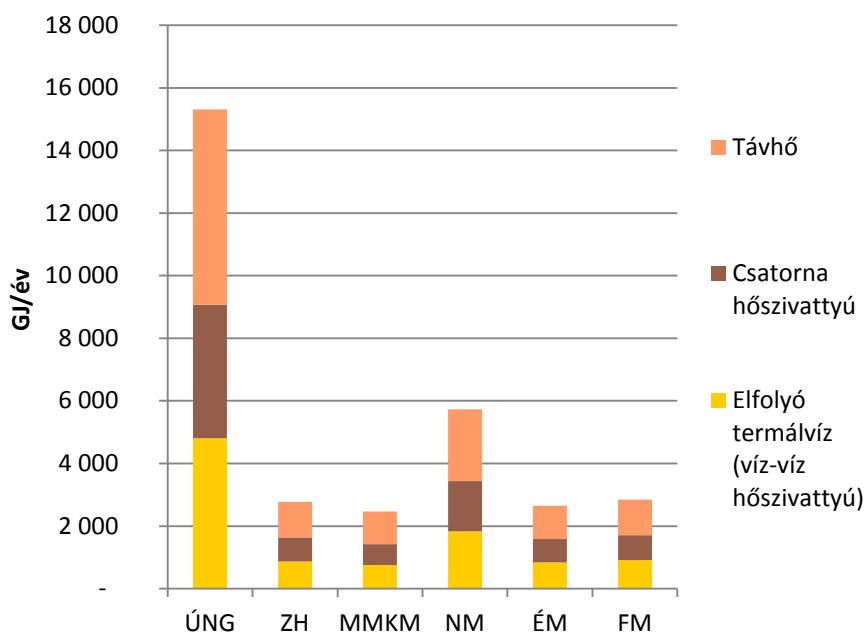
A koncepció egyik nagy előnye, hogy energiatranszport valósulhat meg az egyes intézmények között. Ez a különböző üzemállapotok esetén történhet, amikor az egyik épületnél hűtünk, vagyis hőt vonunk el, a másiknál pedig fűtünk, azaz hőt adunk le. A bemutatott koncepciók közül ez az egyetlen, ahol a hűtést is központosítottan, hőszivattyúkkal lehetne biztosítani. A megvalósulást követő, új energiaforrás integrálása a minden intézményt ellátó energiakörre a legegyszerűbb, hiszen így a központba való csatlakoztatással az új forrás a 6 intézmény mindegyikéhez könnyen eljuthatna.

A koncepció nagy hátrányaként megemlítendő, hogy ennek megvalósítása járna a becslések szerint a legtöbb Városligeten belüli földmunkával.



49. ábra – A centralizált rendszer sémája a termámvíz 20°C-on történő hasznosítása esetén

Az éves fogyasztás alakulását épületenként az alábbi diagram szemlélteti a források felhasználásának feltüntetésével:



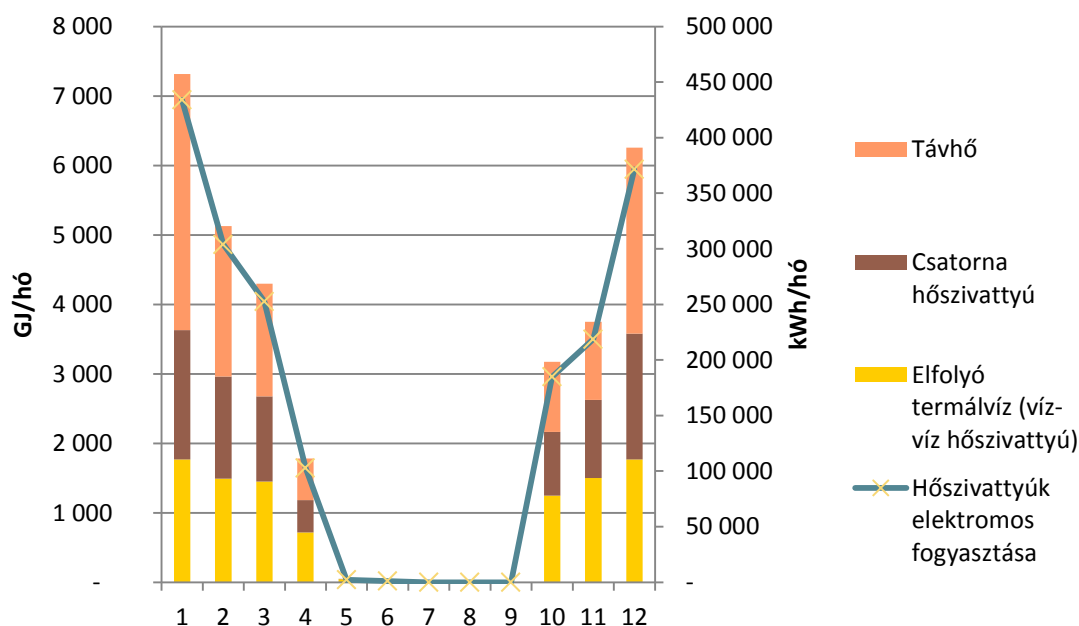
23. diagram - Az energiaigény ellátására használt energiaforrások összetétele múzeumonként

A százalékos megoszlást az alábbi táblázat foglalja össze.

	ÚNG	ZH	MMKM	NM	ÉM	FM
Elfolyó termálvíz (víz-víz hőszivattyú)	32%	32%	32%	32%	32%	32%
Csatorna hőszivattyú	28%	28%	28%	28%	28%	28%
Távhő	40%	40%	40%	40%	40%	40%

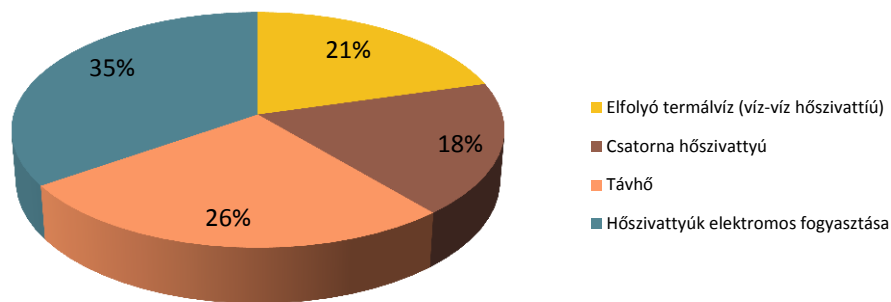
64. táblázat - Az energiaigény ellátására használt energiaforrások összetétele múzeumonként

Az energiakör esetén minden épület fogyasztásának 32%-át az elfolyó termálvízből, 28%-át a csatornahő révén, a fennmaradó 40%-ot pedig a távhő segítségével biztosítjuk.



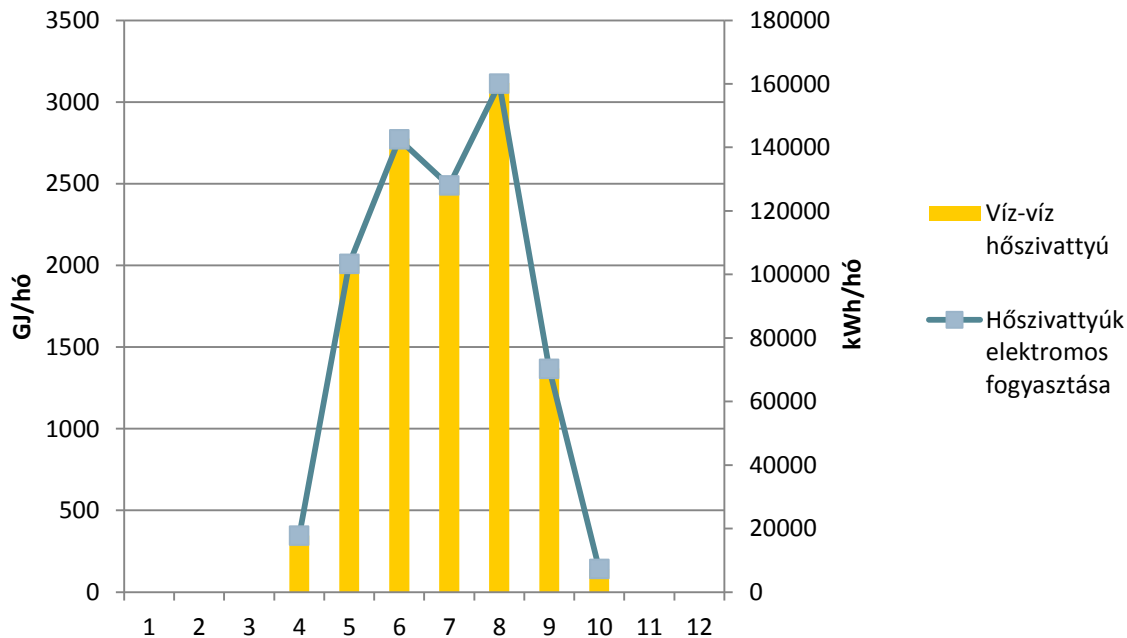
24. diagram – Az energiakör fűtési energiafogyasztásai havi bontásban (termálvíz 20°C-on történő hasznosítása esetén)

Az energiafelhasználás megoszlását a 25. diagram mutatja. Az előző koncepcióhoz képest a hőszivattyúk elektromos áramfogyasztása 6%-kal nőtt. Ez a növekedés köszönhető többek között annak, hogy akárcsak a fél-centralizált koncepció alternatívájaként vizsgált, talajszondával kombinált rendszer esetén, ez esetben is dupla hőszivattyúzással kell számolni. Ez a csatornahőszivattyú révén nyert hőre vonatkozik, mert az így előállított 20/12°C-os fűtővíz hőmérsékletét a házaknál újra hőszivattyú segítségével emeljük az épület fűtési rendszere által igényelt 38°C-os előremenő hőmérsékletére.



25. diagram - A hő- és villamos energia megoszlása

A hidegenergia-ellátást az épületenkénti víz-víz hőszivattyúk adnák. Mivel a hűtési teljesítmény nagyobb, mint a fűtési teljesítmény, ezért ez esetben a hőszivattyúkat úgy kell kiválasztani, hogy a hűtési igényeket is biztosítsák. A berendezések az energiakörnek adják le a hőt, az így felmelegedett víz hűtőtornyokkal kerülne visszahűtésre 27°C-ra.

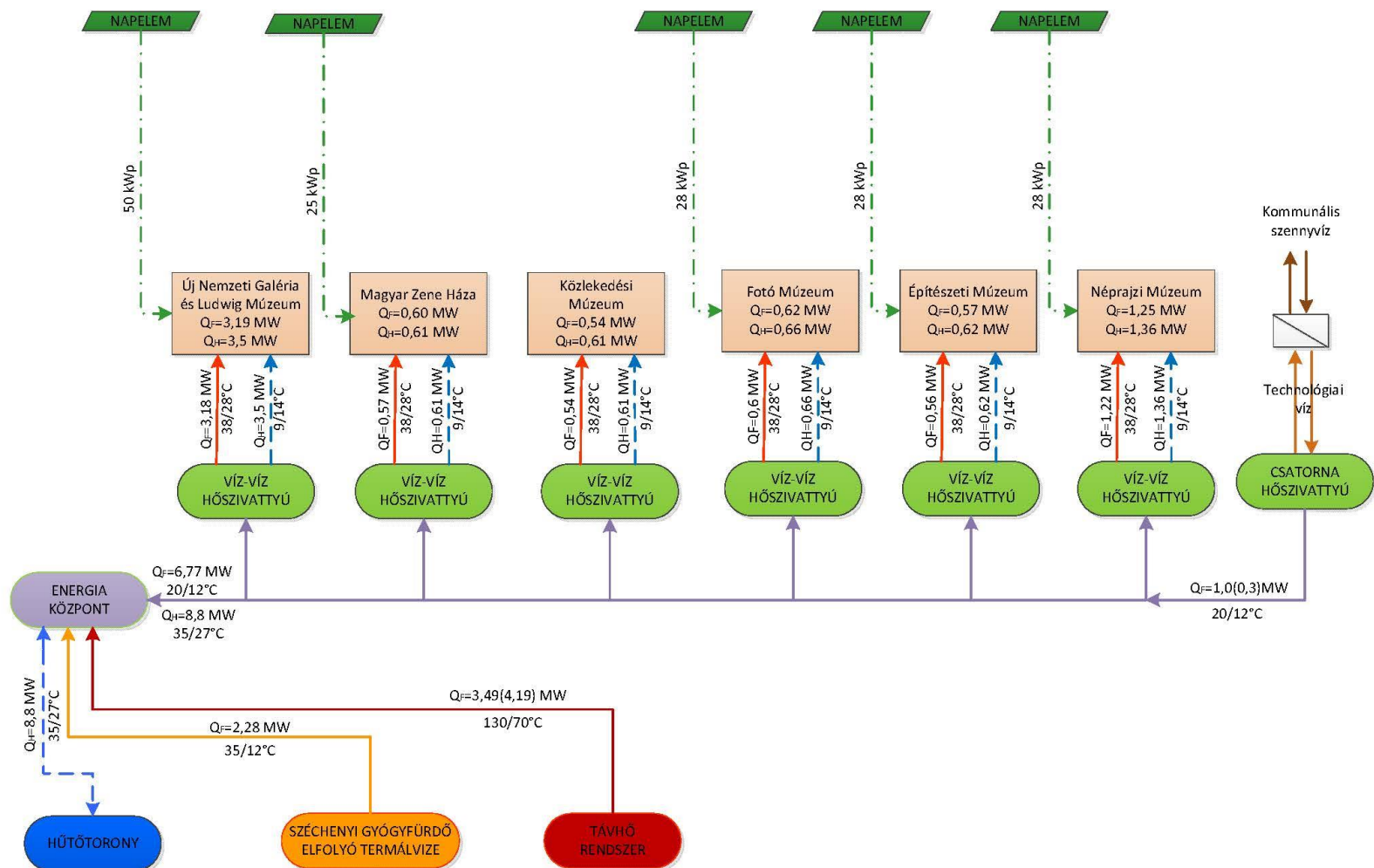


26. diagram – Az energiakör hűtési energiaigénye havi bontásban

Az energiakör alkalmazása 2 555 884 kg/év CO₂ kibocsátással jár.

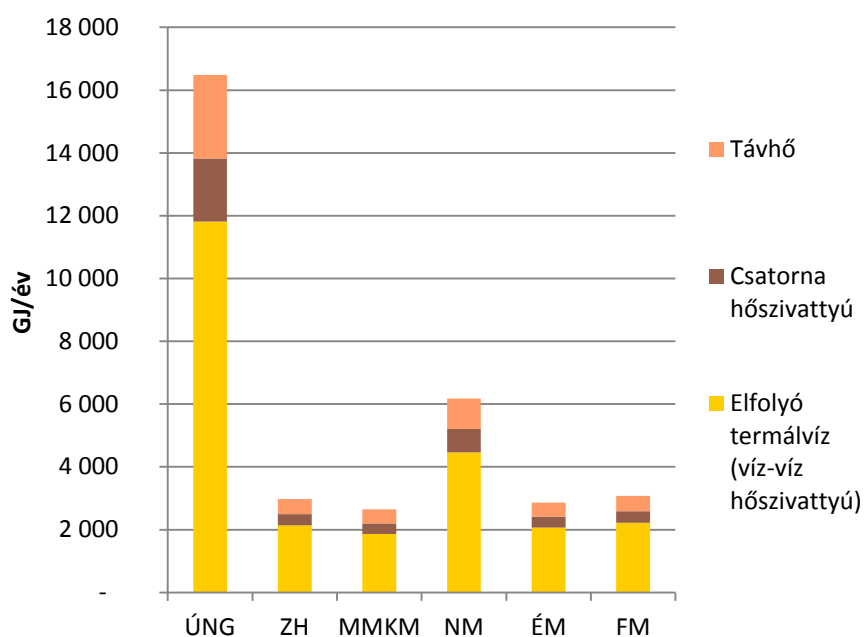
6.2.4 Centralizált rendszer (energiakör) 35°C-os elfolyó termálvíz hasznosításával

A Múzeum Negyed számára kedvezőbb eset az elfolyó termálvíz azonnali, FÁNK felhasználás nélküli hasznosítása, így a termálvízből kinyerhető maximális teljesítmény 2,28 MW.



50. ábra - A centralizált rendszer sémája a termálvíz 35°C-on történő hasznosítása esetén

35°C-os elfolyó termálvíz hasznosítása esetén az épületek fogyasztása az alábbi diagram szerint alakul a különböző energiaforrásokot tekintve.

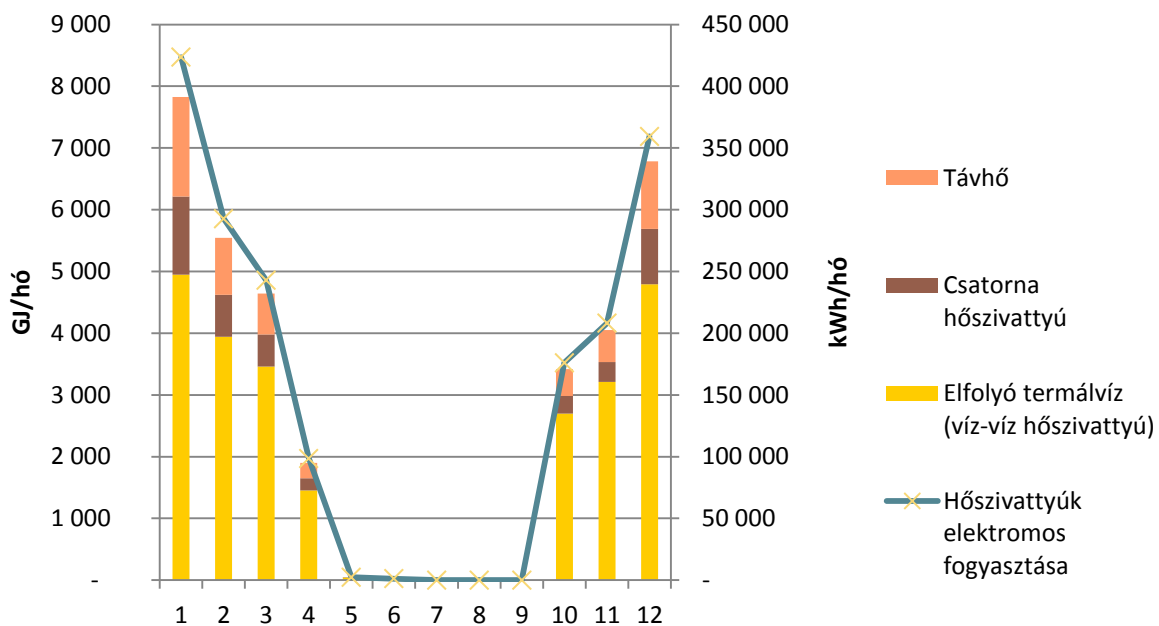


27. diagram - Az energiaigény ellátására használt energiaforrások összetétele múzeumonként

	ÚNG	ZH	MMKM	NM	ÉM	FM
Elfolyó termálvíz (víz-víz hőszivattyú)	72%	72%	72%	72%	72%	72%
Csatorna hőszivattyú	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Távhő	16%	16%	16%	16%	16%	16%

65. táblázat - Az energiaigény ellátására használt energiaforrások összetétele múzeumonként

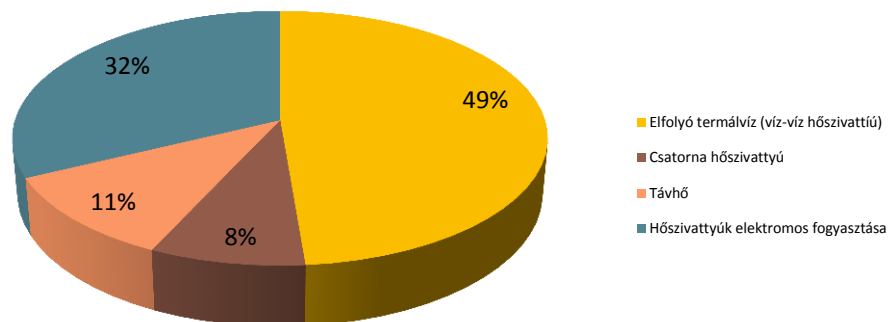
A fogyasztás 72%-át elfolyó termálvíz, 12%-át csatornahőszivattyú képes szolgáltatni. A fennmaradó 16%-ot távhő révén biztosítjuk.



28. diagram - Az energiakör fűtési energiafogyasztásai havi bontásban (termálvíz 35°C-on történő hasznosítása esetén)

Az éves fogyasztás 71,8%-át az elfolyó termálvíz, 12,2%-át a csatornahő hasznosítása révén fedezni tudjuk. A fennmaradó 16%-ot a távhő rendszerből fedezzük.

Az energiafelhasználás megoszlását az alábbi kördiagram szemlélteti.



29. diagram - A hő- és villamos energia megoszlása

Az energiakör 2 210 658 kg/év CO₂ kibocsátással jár.

6.2.5 A koncepciók kiegészítő javaslatai – napelemek alkalmazása

Mindhárom koncepció részeként javasoljuk napelemek telepítését az új múzeumok esetében (kivéve a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeumot). Az egyes épületekhez telepítendő rendszerek méretezését a következőekben ismertetjük.

6.2.5.1 Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum

Kiindulásképp az építész tervek és a kalkulált villamos fogyasztási adatok hiánya miatt a legnagyobb tervezett múzeum esetén **50 kW** teljesítményű napelemes rendszerrel kalkuláltunk. Ehhez képest a többi épületre telepített napelemes rendszerek teljesítményét az épületek alapterületének arányában csökkentettük, hiszen ezek esetén sem áll rendelkezésünkre a fogyasztási adat vagy az építész terv.

A táblázat egy szimuláció eredményét mutatja, ahol kiindulási adatnak meg kell adni a telepítés helyét (GPS koordináta), a napelemek összteljesítményét, azok dőlésszögét és a déli iránytól való eltérését. A rendszer éves szinten **56 800 kWh villamos energiatermelésre** képes. A számítás során 25°-os dőlésszögöt és déli iránytól való 10°-os eltérést alkalmaztunk.

	Villamos energiatermelés (kWh)		Besugárzás értéke (kWh/m ²)	
	Átlagos napi	Átlagos havi	Átlagos napi	Átlagos havi
Január	64,60	2000	1,53	47,5
Február	107,00	2990	2,58	72,1
Március	170,00	5270	4,29	133
Április	212,00	6350	5,56	167
Május	218,00	6770	5,92	184
Június	217,00	6500	5,96	179
Július	221,00	6840	6,13	190
Augusztus	214,00	6620	5,88	182
Szeptember	175,00	5260	4,65	139
Október	140,00	4340	3,57	111
November	76,80	2300	1,90	57,0
December	49,40	1530	1,18	36,6

	Villamos energiatermelés (kWh)		Besugárzás értéke (kWh/m ²)	
	Átlagos napi	Átlagos havi	Átlagos napi	Átlagos havi
Évi átlag	156,00	4730	4,10	125
Évi összesen:		56 800		1500

66. táblázat – A napelemek által éves szinten előállítható villamos energia az Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum esetében

6.2.5.2 Néprajzi Múzeum

A Néprajzi Múzeum esetén a napelemes rendszer előzetesen kalkulált összteljesítménye **28 kW**. A rendszer éves szintű **termelése 31 800 kWh**. A számítás során 25°-os dőlésszöget és déli iránytól való 10°-os eltérést alkalmaztunk.

	Villamos energia termelés (kWh)		Besugárzás értéke (kWh/m ²)	
	Átlagos napi	Átlagos havi	Átlagos napi	Átlagos havi
Január	36,20	1120	1,53	47,5
Február	59,80	1670	2,58	72,1
Március	95,20	2950	4,29	133
Április	119,00	3560	5,56	167
Május	122,00	3790	5,92	184
Június	121,00	3640	5,96	179
Július	124,00	3830	6,13	190
Augusztus	120,00	3710	5,88	182
Szeptember	98,20	2950	4,65	139
Október	78,40	2430	3,57	111
November	43,00	1290	1,90	57
December	27,70	858	1,18	32,6
Évi átlag	87,10	2650	4,10	125
Évi összesen:		31800		1500

67. táblázat - A napelemek által éves szinten előállítható villamos energia a Néprajzi Múzeum esetében

6.2.5.3 Magyar Építészeti Múzeum

28 kW teljesítményű a Magyar Építészeti Múzeum általunk kalkulált napelemes rendszere. A rendszer éves szintű **termelése 31 800 kWh**. A számítás során szintén 25°-os dőlésszöget és déli iránytól való 10°-os eltérést alkalmaztunk.

	Villamos energiatermelés (kWh)		Besugárzás értéke (kWh/m ²)	
	Átlagos napi	Átlagos havi	Átlagos napi	Átlagos havi
Január	36,20	1120	1,53	47,5
Február	59,80	1670	2,58	72,1
Március	95,20	2950	4,29	133
Április	119,00	3560	5,56	167
Május	122,00	3790	5,92	184
Június	121,00	3640	5,96	179
Július	124,00	3830	6,13	190
Augusztus	120,00	3710	5,88	182
Szeptember	98,20	2950	4,65	139
Október	78,40	2430	3,57	111
November	43,00	1290	1,90	57
December	27,70	858	1,18	32,6
Évi átlag	87,10	2650	4,10	125
Évi összesen:		31800		1500

68. táblázat - A napelemek által éves szinten előállítható villamos energia a Magyar Építészeti Múzeum esetében

6.2.5.4 Fotó Múzeum

A Fotómúzeum napelemes rendszere a Magyar Építészeti Múzeumhoz hasonlóan szintén **28 kW** teljesítménnyel lett számítva, ugyanis a 2 épület alapterületben is megközelíti egymást. A rendszer éves szintű **termelése 31 800 kWh**. A számítás során szintén 25°-os dőlésszöget és déli iránytól való 10°-os eltérést alkalmaztunk.

	Villamos energia termelés (kWh)		Besugárzás értéke (kWh/m ²)	
	Átlagos napi	Átlagos havi	Átlagos napi	Átlagos havi
Január	36,20	1120	1,53	47,5
Február	59,80	1670	2,58	72,1
Március	95,20	2950	4,29	133
Április	119,00	3560	5,56	167
Május	122,00	3790	5,92	184
Június	121,00	3640	5,96	179
Július	124,00	3830	6,13	190
Augusztus	120,00	3710	5,88	182
Szeptember	98,20	2950	4,65	139
Október	78,40	2430	3,57	111
November	43,00	1290	1,90	57
December	27,70	858	1,18	32,6
Évi átlag	87,10	2650	4,10	125
Évi összesen:		31800		1500

69. táblázat – A napelemek által éves szinten előállítható villamos energia a Fotó Múzeum esetében

6.2.5.5 Magyar Zene Háza

A Magyar Zene Háza alapterülete a Fotómúzeum, illetve a Magyar Építészeti Múzeum alapterületével közel azonos, vagyis ebben az esetben is **25 kW** teljesítményű PV-rendszerrel számoltunk. A rendszer **termelése 28 400 kWh/év**. A számítás során szintén 25°-os dőlésszöget és déli iránytól való 10°-os eltérést alkalmaztunk.

	Villamos energia termelés (kWh)		Besugárzás értéke (kWh/m ²)	
	Átlagos napi	Átlagos havi	Átlagos napi	Átlagos havi
Január	32,30	1000	1,53	47,5
Február	53,40	1500	2,58	72,1
Március	85,00	2630	4,29	133
Április	106,00	3180	5,56	167
Május	109,00	3390	5,92	184
Június	108,00	3250	5,96	179

	Villamos energia termelés (kWh)		Besugárzás értéke (kWh/m ²)	
	Átlagos napi	Átlagos havi	Átlagos napi	Átlagos havi
Július	110,00	3420	6,13	190
Augusztus	107,00	3310	5,88	182
Szeptember	87,70	2630	4,65	139
Október	70,00	2170	3,57	111
November	38,40	1150	1,90	57
December	24,70	766	1,18	36,6
Évi átlag	77,80	2370	4,10	125
Évi összesen:		28400		1500

70. táblázat - A napelemek által éves szinten előállítható villamos energia a Magyar Zene Háza esetében

6.2.6 Légfűtés/hűtés tervezése a műtárgyat tartalmazó terekben

A légkezelők hőigényének meghatározása a kiállítóterek kivételével 22°C-os befűjt levegő mellett történt, 55%-os hővisszanyerési hatásfokot feltételezve. A kiállítóterek esetén a teljesítményigényeket 29°C befűjt hőmérséklet mellett határoztuk meg. A kiállítóterek esetén a méretezési téli belső hőmérséklet 18°C. A szárítás, nedvesítés energiaigényével nem kalkuláltunk.

A kiállítóterek esetén a tér alsó, képekkel még nem érintett területén alkalmazható lenne a felületfűtés, vagy hűtés. A vízszivárgás elkerülése és a műtárgyakban az esetleges károkozás kivédése érdekében megoldás a csővezetékek csőkötések nélküli vezetése is, a csatlakozások kihelyezhetők a műtárgyak szempontjából nem kritikus helyekre.

Amennyiben a kiállítóterek esetén a felületfűtés alkalmazása nem tervezhető opció, úgy az alternatív megoldást a légfűtés jelentené. Ennek gondos kiviteli tervezésével lehetne meghatározni az így szükséges hőigényeket. Az új épületek nagy belmagasságai miatt szóba jöhet több légvezetési rendszer alkalmazása, többek között az elárasztásos típus is, mely esetén a szellőző és a helyiség levegő hőmérsékletének különbsége általában 6°C. Ez esetben a primer levegő a tartózkodási zónába kerül bevezetésre, az elszívás a mennyezet alatt történik. A szellőző levegő helyiségbe történő injektálása történhet például perforált paneleken keresztül.

A fenti rendszer tervezése esetén 25°C-os befűjt levegőt kell biztosítani. Erre 38/28°C-os fűtővíz használata és -13°C-os külső hőmérséklet mellett lehetőség nyílik.

A kialakult koncepciók szerint az energiakör 20/12°C-os vize révén az épületek víz-víz hőszivattyúi 38/28°C-os fűtővizet produkálnak, ami a légkezelők kaloriferének fűtővizeként is szolgálna.

6.3 Energiaárak

A gazdaságossági számításoknál az alábbi energiaárakkal kalkuláltunk:

Vásárolt energia várható, becsült egységei	Nettó	Bruttó	Egység
Villamos energia (energiadíj)	19	24	Ft/kWh
Villamos energia (energia alapú rendszerhasználati díjak és adók)	8	10	Ft/kWh
Távhődíj (Főtáv indikatív ajánlat)	3 300	3 465	Ft/GJ
Földgáz (becsült)	3,43	4,36	Ft/MJ
Vásárolt energia alapidíjak	Nettó	Bruttó	
Távhődíj (közüzemi, hőátalakítás nélkül kedvezmény nélkül) (Főtáv indikatív ajánlat)	12 012 192	12 612 802	Ft/MW/év
Távhődíj (közüzemi, hőátalakítás nélkül kedvezmény nélkül) (Főtáv indikatív ajánlat)	6 006 096	6 306 401	Ft/MW/év
Földgáz (becsült)	14 479	18 388	Ft/ m ³ /h/év
Földgáz (becsült)	57	73	Ft/GJ
CO ₂ emisszió mértéke, CO ₂ megtakarítás számításának alapjai			
Földgáz	56,10		kg CO ₂ /MJ
Villamos energia	0,678		kg CO ₂ /kWh
Távfűtés	40,05		kg CO ₂ /GJ

71. táblázat – A számítások során használt energiaárak

6.4 A koncepciók összehasonlítása

			Alapeset	1. koncepció - Decentralizált rendszer	2. koncepció - Félcentralizált rendszer	3. koncepció - Centralizált rendszer 20°C- os termálvízzel	3. koncepció - Centralizált rendszer 35°C- os termálvízzel
Fűtés	Hőellátás földgázzal	GJ	36 957	-	-	-	-
	Felhasznált megújuló energiaforrás	GJ	-	12 796	17 851	18 887	28 739
	Hőellátás távhővel	GJ	-	24 161	15 412	12 894	5 493
	Villamos energiafogyasztás	kWh	-	652 606	1 489 080	1 872 256	1 804 557
	CO ₂ emisszió	kg/év	2 073 288	1 410 115	1 626 847	1 785 794	1 443 484
	Földgáz költség (bruttó)	Ft/év	160 988 388	-	-	-	-
	Távhődíj (bruttó)	Ft/év	-	83 717 865	53 402 580	44 677 710	19 033 245
	Alapdíjak (bruttó)	Ft/év	15 050 413	37 838 405	31 532 004	31 532 004	31 532 004
	Áramköltség (bruttó)	Ft/év	-	22 377 860	51 060 553	64 199 658	61 878 260
Hűtés	Hűtés hőszivattyúval	GJ	-	4 723	12 009	12 253	12 253
	Hűtés kompakt hűtővel	GJ	12 253	7 530	244	-	-
	Villamos energiafogyasztás	kWh	810 410	703 046	587 505	629 154	629 154
	CO ₂ emisszió	kg/év	549 458	476 665	398 328	426 566	426 566
	Áramköltség (bruttó)	Ft/év	27 788 959	24 107 447	20 145 546	21 573 691	21 573 691
Egyéb	Egyéb villamosenergia (napelem termelés, segédenergiaigény)	kWh/év	-	-180 600	50 695	506 672	502 370

Összesített adatok	Éves áramköltség (bruttó)	Ft/év	27 788 959	40 292 533	72 944 431	103 147 132	100 678 217
	Összes CO ₂ emisszió (napelemmel)	kg/év	2 622 746	1 764 333	2 059 546	2 555 884	2 210 658
	Összes energiaköltség (bruttó)	Ft/év	203 827 759	161 848 803	157 879 015	179 356 846	151 243 466
	Összes karbantartási költség (bruttó)	Ft/év	20 708 242	37 352 230	35 779 843	37 857 098	37 857 098
	Összes éves költség (bruttó)	Ft/év	224 536 002	199 201 033	193 658 858	217 213 944	189 100 565
	Összes tervezési költség (becsült) (bruttó)	Ft	51 770 606	93 380 576	89 449 607	94 642 746	94 642 746
	Összes beruházási költség (becsült) (bruttó)	Ft	1 035 412 118	1 867 611 512	1 788 992 137	1 892 854 919	1 892 854 919
	Összes tervezési és beruházási költség (becsült) (bruttó)	Ft	1 087 182 724	1 960 992 088	1 878 441 744	1 987 497 665	1 987 497 665
	Egyszerű megtérülési idő alapesethez képest	év	-	34,5	25,6	123,0	25,4
	Áramfogyasztás az alapesethez képest	%	-	167,28	256,24	308,66	300,31
	CO ₂ megtakarítás az alapesethez képest	kg/év	-	858 412	563 199	66 861	412 088
	CO ₂ megtakarítás az alapesethez képest	%	27 788 959	40 292 533	72 944 431	103 147 132	100 678 217

72. táblázat – Az egyes koncepciók összehasonlítása

A koncepciók összehasonlítása a rendszerek becsült energiafogyasztásának meghatározásával lett elkészítve. Az energiahordozók ára, illetve a fajlagos CO₂ kibocsátás értékek az előző fejezetben találhatóak. Az összehasonlítás során a távhő és a földgáz eltérő ÁFA adózása miatt, a beruházási költséget és a fogyasztási költségeket is bruttó értéken határoztuk meg. A figyelembe vett távhő lekötések decentralizált rendszer esetén 6 MW; fél-centralizált, illetve centralizált rendszer esetén: 5 MW. A rendszerek karbantartási költsége a beruházási összeg 2%-nak lett felvéve.

6.5 Érzékenység vizsgálat

A 6.3 pontban ismertetésre kerültek a gazdaságossági vizsgálat esetén alkalmazott energia egységarak. Azonban ezekre a gazdasági és politikai döntések komoly befolyással bírnak, így indokolt úgynevezett érzékenység vizsgálat készítése, mely az energiaárak változásának függvényében mutatja a különböző koncepciók megtérülési idejét.

A megtérülési időt 5, 10 és 15%-os, az alapesetben bemutatott energiaárakhoz viszonyított csökkenéssel, illetve növekedéssel számítottuk ki. A vizsgálat eredményét az alábbi táblázatok foglalják össze koncepcióként. A táblázatokban zöld színnel a 35 év alatti megtérülési idők láthatóak.

Decentralizált rendszer:

		Távhődj árváltozása						
Villamos energia árváltozása		-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%
	15%	27.44	31.59	37.22	45.30	57.85	80.02	129.77
	10%	25.80	29.44	34.28	41.01	51.04	67.56	99.89
	5%	24.36	27.57	31.77	37.47	45.67	58.45	81.19
	0%	23.06	25.92	29.60	34.49	41.32	51.51	68.39
	-5%	21.90	24.46	27.71	31.95	37.72	46.04	59.07
	-10%	20.84	23.16	26.04	29.76	34.70	41.62	51.99
	-15%	19.89	21.98	24.57	27.85	32.13	37.98	46.43

73. táblázat – A decentralizált rendszer érzékenységi vizsgálata – megtérülési idők

Fél-centralizált rendszer:

		Távhődj árváltozása						
Villamos energia árváltozása		-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%
	15%	28.31	31.31	35.00	39.69	45.83	54.21	66.35
	10%	25.05	27.36	30.14	33.55	37.84	43.37	50.81
	5%	22.45	24.29	26.46	29.06	32.22	36.15	41.17
	0%	20.35	21.85	23.59	25.63	28.05	30.98	34.60
	-5%	18.60	19.85	21.27	22.92	24.84	27.11	29.84
	-10%	17.13	18.18	19.37	20.73	22.29	24.10	26.23
	-15%	15.88	16.78	17.79	18.92	20.21	21.69	23.40

74. táblázat – A fél-centralizált rendszer érzékenységi vizsgálata – megtérülési idők

Centralizált rendszer a termálvíz 35°C-on történő felhasználásával:

Villamos energia árváltozása		Távhődíj árváltozása							
		-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	
		15%	38.83	40.49	42.30	44.28	46.45	48.85	51.51
		10%	31.90	33.01	34.21	35.49	36.87	38.37	39.99
		5%	27.07	27.87	28.72	29.61	30.57	31.59	32.68
		0%	23.51	24.11	24.74	25.41	26.11	26.85	27.63
		-5%	20.78	21.25	21.74	22.25	22.78	23.34	23.94
		-10%	18.62	18.99	19.38	19.79	20.21	20.65	21.11
		-15%	16.86	17.17	17.49	17.81	18.16	18.51	18.88

75. táblázat - A centralizált rendszer érzékenységi vizsgálata
(termálvíz 35°C-on történő hasznosítása esetén) – megtérülési idők

6.6 Helyigény, területhasználat

A Városliget esetén beépítendő gépészeti berendezések helyigényére vonatkozó becslést koncepcióként az alábbi táblázat foglalja össze. A becsült terület már tartalmazza a karbantartáshoz szükséges helyigényt is.

	Új Nemzeti Galéria	Magyar Zene Háza	Közlekedési Múzeum	Fotó Múzeum	Építészeti Múzeum	Néprajzi Múzeum	Épületen kívül, Liget területén
	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
Alapeset							
<i>Hőközpont</i>	130-150	100-130	100-130	100-130	100-130	120-140	0
<i>Kompakt légűtés</i>	190-200	40-50	40-50	40-50	40-50	80-90	0
Decentralizált							
<i>Hőközpont</i>	250-300	100-130	100-130	100-130	100-130	170-220	0
<i>Kompakt légűtés</i>	160-170	40-50	40-50	40-50	40-50	40-50	0
Félcentralizált							
<i>Hőközpont</i>	300-350	150-200	150-200	150-170	150-170	170-220	0
<i>Kompakt légűtés</i>	0	0	0	30-40	30-40	40-50	0
<i>Hűtőtorny</i>	0	0	0	0	0	0	90-110
<i>Csatornaműtárgy</i>	0	0	0	0	0	0	100
Centralizált							
<i>Hőközpont</i>	280-330	150-200	150-200	150-200	150-200	200-220	0
<i>Energiaközpont</i>	0	0	0	0	0	0	300-350
<i>Hűtőtorny</i>	0	0	0	0	0	0	150
<i>Csatornaműtárgy</i>	0	0	0	0	0	0	100

76. táblázat – Az egyes koncepciók berendezései által igényelt területek

A hőközpontokba várhatóan a szokásosan alkalmazott gépészeti berendezések kerülnek: pl.: szivattyúk, hőcserélők, szelepek, szűrők, légtelenítők, iszapleválasztók, tágulási tartályok, osztógyűjtők. Ezek minden esetben elengedhetetlen elemei egy jól működő rendszernek, telepítésük az épületek mindegyike esetén értendő.

Alapesetben a hőközpontban a kondenzációs gázkazánok kapnak helyet. A kompakt légűtő gép elhelyezése a tetőre történik, ezen kívül még a hozzá tartozó gépészet is viszonylag nagy

helyigénnyel bír. A négyzetméterek becslése a gépek teljesítményének függvényében került meghatározásra.

A decentralizált koncepcióban az Új Nemzet Galéria és Ludwig Múzeum hőközpontjába a talajszondás hőszivattyú és annak gépészete kerül, ezen kívül távhőcsatlakozás kiépítése szükséges még. Mivel a talajszonda a hűtési igények egy részét is biztosítani tudja, ezért az alapesethez képest kisebb teljesítményű, ezáltal némileg kisebb helyigényű kompakt léghűtéses gépek kerülnek telepítésre. A csatornahőszivattyú a Néprajzi Múzeum esetén került elhelyezésre, mellyel egy bizonyos szintig biztosított a hidegenergia előállítása is. Ezen felül kompakt léghűtéses berendezések biztosítják az igényeket, melyek a kisebb teljesítmény miatt az alapesethez képest kisebb helyigénnyel bírnak. Az Abonyi és a Dózsa György út kereszteződésében létesülő aknánál a hőcserélőket, illetve a szennyvízszivattyút szükséges elhelyezni. A további múzeumok kizárólag távhőcsatlakozást kapnak, hűtésük az alapesetrel megegyező.

A félcentralizált rendszer esetén elképzelt „mini-energiakör” központja az Új Nemzet Galéria és Ludwig Múzeum gépházába kerülne. Vagyis a távhőn kívül az elfolyó termálvíz csatlakozását is ide kell kialakítani, továbbá innen kerülne szétosztásra a meleg/hidegenergia a Magyar Zene Háza és a Közlekedési Múzeum részére. Víz-víz hőszivattyúkat szükséges telepíteni minden intézmény hőközpontjába, ezek az elfolyó termálvíz, vagy a távhő, illetve a hűtőtornyok révén tudják a meleg/hidegenergiát szolgáltatni. A hőközponti helyigény a decentralizált megoldáshoz képest azért nagyobb, mert a berendezések a hűtési energiát is szolgáltatják, ami nagyobb teljesítményű, méretű berendezések telepítésével jár, viszont a kompakt léghűtés részére így nem kell területet biztosítani. Nyári üzemállapotban a kör felmelegedett vizét hűtőtornyok csökkentik a kívánt szintre, melyeket beruházói döntés alapján valamelyik épülethez célszerű elhelyezni. A Dózsa György út mentén épülő három múzeum mindegyikénél a távhőcsatlakozáson kívül a csatornahő is bevezetésre kerül távvezeték segítségével, a hőközponti alapterületek ebből kifolyólag nagyobbak a Fotó Múzeumnál és az Építészeti Múzeumnál, mint a decentralizált esetben. A Néprajzi Múzeum gépházába a decentralizált megoldáshoz hasonlóan, szinte ugyanaz a csatornahőszivattyú gépészet kerül. A kompakt léghűtés szükséges beépítendő teljesítménye, így helyigénye is a csatornahőszivattyú miatt valamennyire redukálódik.

A centralizált rendszer esetén az energiaközpont elhelyezése az Olof Palme Ház, illetve annak környékén lenne kedvező, kialakítása a fél-centralizált koncepciónál ismertetethez hasonló. Minden intézmény gépházába telepítésre kerül a víz-víz hőszivattyú, ami a hideg- és

melegenergiaellátást szolgáltatja. Az Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum esetén a félcentralizált kialakításhoz képest valamivel csökkent a helyigény, hiszen az energiaközponthoz tartozó gépészet máshol kap helyet. A Fotó Múzeum, az Építészeti Múzeum és a Néprajzi Múzeum fűtését és hűtését is teljes mértékben a hőszivattyú biztosítja, így emiatt növekedett meg a hőközponti alapterület. Mivel nyári esetben a hűtőtorony mind a hat épületet kiszolgálva üzemel, így nagyobb teljesítménye révén nagyobb helyigénnyel is rendelkezik, melyet szintén az egyik épületen, illetve amellet lehet elhelyezni.

6.7 Zajterhelés

A Városliget energetikai koncepciói esetén alkalmazott gépészeti berendezések kapcsán vizsgálni szükséges azok zajterhelését is. Minden, üzeme során zajt kibocsájtó berendezés kiválasztása előtt a helyi adottságok pontos felmérése szükséges, melyekből megállapítható a pontos zajhatás. A hangnyomásszint a szakirodalomban található összefüggésekkel határozható meg a berendezés hangteljesítmény szintjéből.

Az alkalmazott berendezések egyike a csatornahőszivattyú, mely a Néprajzi Múzeum gépházában kerülne elhelyezésre. A gép hangteljesítményszintje hozzávetőleg 100-110 dB(A), a gépházat zajelnyelő felülettel célszerű ellátni.

Az épületekben elhelyezendő víz-víz hőszivattyúk hangteljesítményszintje 90-100 dB(A), ez az érték némileg kevesebb, mint a csatornahőszivattyú esetén.

Az extra magas hatásfokú, kompakt, kültéri léghűtéses folyadékhűtő esetén hasonló mértékű hangteljesítmény szinttel lehet kalkulálni, mint a csatornahőszivattyús berendezés esetén, ez az érték 100-120 dB(A). A kültéri, Városligeti elhelyezés miatt esetlegesen hanggátló falak építésére is szükség lehet.

Kültéri elhelyezést igényel még az alkalmazott berendezések közül a hűtőtorony, mely hangteljesítményszintje 70-90 dB(A). Amennyiben a telepítési körülmények megkívánják, ez esetben is előfordulhat hanggátló falak építésének szükségessége.

Kültéri telepítésre kerül még a napelem, de ezen rendszernek nincs környezetre gyakorolt zajterhelése.

A talajszondás hőszivattyú kültérbe telepített részegységével kapcsolatos környezeti zajterheléssel nem kell számolni. A múzeum gépházába telepített berendezésre is a fent már bemutatásra került víz-víz hőszivattyú adatai érvényesek.

A bemutatott és vizsgált, de a koncepciók esetén nem alkalmazott, zajterhelés szempontjából vizsgálandó berendezések közé tartozik a levegős hőszivattyú. Alkalmazásakor a hűtőgéphez hasonló értékekre kell számítani, nagyságrendileg 80-100 dB(A) értékre.

Megemlítendő az abszorpciós hűtőgép is, melyet alacsony zajkibocsátással jellemezhetünk, hangteljesítmény szintje 60-70 dB(A).

A kapcsolt energiatermelésben szereplő berendezések (pl. gázmotorok) zajemissziója is jelentősnek mondható. Az ez elleni védekezés a motor zajszigetelésével történhet, hangteljesítményszintje 110-120 dB(A). A gázmotorok kéményének is jelentős a zajterhelése, szintén kb. 110-120 dB(A), amely hangcsillapítóval 80-90 dB(A) értékre csökkenthető.

A tanulmányban ismertetésre került szélérőmű esetén is magas zajhatással kell kalkulálni, a hangnyomás szintje a szélérőműtől mért 40 m távolságban 50-60 dB(A).

7. VONATKOZÓ HELYI SZABÁLYOZÁSOK, ENGEDÉLYEZTETÉS

7.1 Napenergia

A rendelkezésre álló tetőfelületek alapján főleg 50 kVA alatti méretű naperőművek képzelhetők el. A 2007. évi LXXXVI. törvény a villamos energiáról (VET) előírásai alapján háztartási méretű kiserőműként létesíthető, amennyiben kisméretű hálózatra csatlakozik, illetve csatlakozási teljesítménye nem haladja meg az 50 kVA-t. Ebben az esetben csak áramszolgáltató részére kell csatlakozási dokumentációt benyújtani, további engedélyezési eljárás nincs.

7.2 Szélenergia

Szélerőmű létesítése a projekt keretében csak 50 kW alatti teljesítményben képzelhető el. Ebben a teljesítményben az előbbiek szerint háztartási méretű kiserőműként kezelendő, csak áramszolgáltató felé kell csatlakozási dokumentációt benyújtani.

7.3 Kapcsolt hő- és villamos energiatermelés

A 320/2010. (XII. 27.) Korm. rendelet első fokon eljáró építésügyi hatóságként az illetékes területi mérésügyi és műszaki biztonsági hatóságot jelölte ki egyes sajátos építményszíntípusokkal kapcsolatos építésügyi beruházások engedélyezése során. Sajátos építményszíntípus a rendelet alapján az 50 kVA-nál nagyobb névleges teljesítőképességű kiserőművet ellátó hőtermelési rendeltetésű berendezés védelmét vagy a 0,5 MW-nál nagyobb hőteljesítményű hőtermelési és hőszolgáltatási berendezés (ideértve a fűtőművet is) védelmét közvetlenül szolgáló építmény.

Kapcsolt energia termelésre vonatkoznak még a 2007. évi LXXXVI. törvény a villamos energiáról (VET) előírásai is.

Ez alapján háztartási méretű kiserőműként létesíthető, amennyiben kisméretű hálózatra csatlakozik, illetve csatlakozási teljesítménye nem haladja meg az 50 kVA-t. Ebben az esetben csak áramszolgáltató részére kell csatlakozási dokumentációt benyújtani, további engedélyezési eljárás nincs.

Nem engedély köteles kiserőműként létesíthető, ha a villamos teljesítménye 0,5 MW alatti. Ebben az esetben csak a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatalnál kell lefolytatni KÁT kvótakérelmi eljárást.

0,5 MW feletti villamos teljesítmény esetén Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal engedélye szükséges.

7.4 Távfűtés és távhűtés

A területen jelenleg nincs távhő ellátás. Egyes távhővel ellátott területeken a távhő alkalmazása az érvényes előírások alapján kötelező, de a Városliget esetén erről nincs szó.

A XVI. Kerület városrendezési és építési szabályzatában, illetve a Városliget építész szabályzatában nincsenek a távfűtő rendszerekre vonatkozó szabályok, csak a távfűtővezetékek környezetében történő építkezésekre vonatkoznak.

A távhővezeték közterületnek nem minősülő idegen ingatlanon történő elhelyezése vezetékjog engedélyezési eljárás köteles, amit a területileg illetékes mérésügyi és műszaki biztonsági hatóságnál kell lefolytatni. A jövőbeni vezeték Főtáv Zrt. tervezésben és kivitelezésben valósulna meg, így ez a feladat a Főtáv Zrt. tevékenységi körébe tartozna.

7.5 Hőszivattyús rendszerek

Geotermikus hőszivattyúk:

A talajszondás föld-víz rendszer tekintetében a bányakapitányság, mint építésügyi hatóság ad ki létesítési és használatbavételi engedélyt.

Helyi jelentőségű védett természeti területet érintő létesítés esetén a bányakapitányság köteles bevonni a települési önkormányzat jegyzőjét annak megválaszolására, hogy a létesítmény a helyi önkormányzati rendeletben meghatározott természetvédelmi követelményeknek megfelel-e vagy sem.

A függőleges zárt földhőszonda telepítése érdekében végzendő fúrás Bányakapitánysági engedélyhez kötött.

A Kormány 53/2012. (III. 28.) Korm. rendelete a bányafelügyelet hatáskörébe tartozó egyes sajátos építményekre vonatkozó építésügyi hatósági eljárások szabályairól

1. melléklet az 53/2012. (III. 28.) Korm. rendelethez

A bányafelügyelet építésügyi hatósági engedélyéhez kötött sajátos építmények

4. Egyéb sajátos építmények:

4.1. a geotermikus energia felszín alatti víz kitermelését nem igénylő, 20 métert meghaladó mélységből történő kinyerésének és energetikai célú hasznosításának építményei az épületgépészeti berendezések kivételével,

1993. évi XLVIII. törvény a bányászatról **20. § (1)** A kitermelt ásványi nyersanyag és geotermikus energia után az államot részesedés, bányajáradék illeti meg.

(6) Nem kell bányajáradékot fizetni

c) a 30 °C-ot el nem érő energiahordozóból kinyert geotermikus energia után

4/2010 bányászatról szóló törvény 2010. évi IV. törvény a bányászatról szóló **1993. évi XLVIII. törvény** módosításáról

2. § **A Bt. 5. § (1) bekezdésének g) pontja** helyébe a következő rendelkezés lép:

[(1) A bányafelügyelet engedélyezi:]

"g) a geotermikus energia kinyerését és hasznosítását, valamint az ehhez szükséges - külön jogszabályban meghatározott – földalatti és felszíni létesítmények megépítését és használatba vételét, ha a tevékenység nem vízjogi engedély köteles,"

(8) A természetes felszíntől mért 20 méteres mélységet el nem érő földkéreg részből történő geotermikus energia kinyerés és hasznosítás nem engedélyköteles. E rendelkezés nem mentesíti a tevékenységet végzőt a más jogszabályban előírt engedély megszerzése alól."

267/2006. (XII. 20.) Korm. rendelet a Magyar Bányászati és Földtani Hivatalról

1. melléklet a 267/2006. (XII. 20.) Korm. rendelethez

A bányakapitányságok megnevezése és székhelye, a bányakapitányságok illetékességi területe:

1. Budapesti Bányakapitányság

Budapest

Budapest főváros, Komárom-Esztergom, Nógrád és Pest megye

2. melléklet a 267/2006. (XII. 20.) Korm. rendelethez

A bányászati hatóságnak a bányászatról szóló törvény alapján a bányafelügyelet építésügyi hatósági és építésfelügyeleti hatáskörébe tartozó építményekre, valamint ezen létesítmények elvi építésének, építésének, használatbavételének, fennmaradásának, átalakításának, megszüntetésének, továbbá rendeltetésük megváltoztatásának első és másodfokú engedélyezési eljárásában közreműködő szakhatóságok kijelölése.

A bányafelügyelet részére fizetendő igazgatási szolgáltatási díjakra, valamint a felügyeleti díj fizetésének részletes szabályaira a 57/2005. (VII. 7.) GKM rendelet vonatkozik.

29. A geotermikusenergia-kutatás, -kinyerés és -hasznosítás föld alatti és felszíni létesítményei, amennyiben az nem érinti felszín alatti víz felszínre hozatalát

Létesítési engedély díj: 36 000 Ft, használatbavételi engedély díj: 36 000 Ft.

Levegő-levegő hőszivattyúk:

A levegős hőszivattyúk, mint a levegő hőfokát hasznosító rendszerek nem esnek külön engedélyezési eljárás alá.

Víz-víz hőszivattyúk:

A létesítés vízügyi engedélyezés tárgyát képezi, és a vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény hatálya alá tartozik. az illetékes hatóság a környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi felügyelőség.

A vizek áramlási, lefolyási viszonyait, mennyiségét, minőségét, medrét, partját vagy a felszín alatti vizek víztartó körülményeit befolyásoló vagy megváltoztató vízilétesítmény megépítése, átalakítása, megszüntetése, vagy vízimunka elvégzése vízjogi engedélyhez kötött.

1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról

Az Országgyűlés a vizek hasznosításával, hasznosítási lehetőségeinek megőrzésével és kártételeinek elhárításával összefüggő alapvető jogok és kötelezettségek meghatározására - a környezet- és természetvédelmi követelményekre figyelemmel.

18/1996 (VI.13.) KHVM rendelet: A vízjogi engedélyezési eljáráshoz szükséges kérelemről és mellékleteiről.

72/1996 (V.22.) Korm. rendelet: a vízgazdálkodási hatósági jogkör gyakorlásáról (Tartalmazza az engedélyezési eljárásra vonatkozó rendelkezéseket, a helyi önkormányzat vízgazdálkodással kapcsolatos hatáskörét)

101/2007. (XII. 23.) KvVM rendelet a felszín alatti vízkészletekbe történő beavatkozás és a vízkútúrás szakmai követelményeiről

219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet: a felszín alatti vizek védelméről

314/2005 (XII.25.) Korm. rendelet: a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról

33/2005. (XII. 27.) KvVM rendelet a környezetvédelmi, természetvédelmi, valamint a vízügyi hatósági eljárások igazgatási szolgáltatási díjairól

4/2010 (II.25.) KvVM rendelet: igazgatási, szolgáltatási díjak módosítása

A vidékfejlesztési miniszter 48/2011. (VI. 1.) VM rendelete a környezetvédelmi, természetvédelmi, valamint a vízügyi hatósági eljárások igazgatási szolgáltatási díjairól szóló 33/2005. (XII. 27.) KvVM rendelet módosításáról

123/1997. (VII.18.) Korm. Rend. vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízellátási létesítmények védelméről (Meghatározza a védőidomok, védőterületek és védősávok fogalmát valamint kijelölésének módját)

6/2010 (VII. 30.) NFM rendelet a Mélyfúrási Biztonsági Szabályzatról

A vízügyi igazgatási és a vízügyi, valamint a vízvédelmi hatósági feladatokat ellátó szervek kijelöléséről szóló **223/2014. (IX. 4.) Kormányrendeletben** foglaltak szerint a vízügyi hatósági feladatokat 2014. szeptember 10-től a katasztrófavédelem látja el. Az Országos Vízügyi Főigazgatóság korábbi önálló szervezeti egységének, az Országos Vízügyi Hatóságnak a jogutódja ettől kezdve a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. Vízvédelmi hatósági

és szakhatósági ügyekben az Országos Környezetvédelmi és Természetvédelmi Főfelügyelőség jogutóda a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság.

Résfal és energiacölöp hőszivattyúk:

A levegős hőszivattyúkhöz hasonlóan nem esnek külön engedélyezési eljárás alá.

Csatornahős rendszerek:

A csatornahőszivattyús rendszerek létesítése egyrészt építési engedélyköteles, másrészt vízjogi engedélyköteles tevékenység. Az engedélyezési eljárások lebonyolítását is elvégzi a Thermowatt Kft.

7.6 Termálvíz

A vízgazdálkodásról szóló törvény alapján termálvíznek minősül minden olyan felszín alatti (vízadó rétegből származó) eredetű víz, melynek kifolyó (felszínen mért) hőmérséklete 30 °C, vagy annál magasabb.

Termálvíz felhasználása esetén az alábbi engedélyezési eljárásokat kell lefolytatni:

- Környezetvédelmi engedélyezés
- Bányahatósági engedélyezés
- Vízjogi engedélyezés

1995. évi LVII. vízgazdálkodásról szóló törvény 15. §. (3) alapján „Az ásvány-, gyógy- és termálvizek felhasználásánál előnyben kell részesíteni a gyógyászati, illetve gyógyüdülési használatot. A termálvíz hasznosítás/kitermelés vízjogi engedélyhez kötött. A 147/2010. (IV. 29.) Korm. rendelet szerint az energetikai célra kitermelt felszín alatti vizet a hasznosítást követően ugyanazon vízadóba kell visszatáplálni. Tehát a termelő kút mellé egy visszasajtoló kutat is kell létesíteni.

Balneológiai vízhasználatok következtében keletkező használt termálvizek esetében a jogszabályok nem teszik lehetővé a használt vizek visszasajtolását.

8. KITÁPLÁLÁS LEHETŐSÉGE (HŐ, ELEKTROMOS ÁRAM)

8.1 Hőkitáplálás lehetőségei

A hőkitáplálásról például kapcsolt energiatermelés esetén beszélhetünk, amennyiben a felesleges hő befogadására alkalmas vezeték van néhány száz méteres körzetben. Amennyiben nincs távhőellátásra vezeték, akkor a hőbetápláláshoz több kilométer hosszan külön célvezeték építésére lenne szükség, amelynek előzetesen becsült költsége mintegy 900 MFt. A hőbetápláláshoz szükséges csatlakozás fejlesztési és építési költségei a hőeladót terhelik.

A hőbetáplálás elvben történhet a visszatérő és az előremenő vezetékbe egyaránt. Azonban hidraulikailag a Múzeumi Negyed a rendszer végére csatlakozna, ahol a saját visszatérő vizét tudná csak melegíteni, így a hőbetáplálás a távhő felé csak az előremenő vezetékbe történhet, úgy, hogy a visszatérő vezetékből (50-60[65]°C) kivett vizet az előremenő vezetékbe táplálják be a hőteljesítménytől függően szükséges nyomáskülönbséggel (> 3 bar). Az üzemelési költségek a hőeladót terhelik.

Az előremenő vezetékbe történő hőbetápláláshoz az alábbi hőfokmenetrend követésére lenne szükség 3°C-on belüli pontossággal. Ebben van bizonyos mozgástér, amely külön egyeztetés alapján lehetséges, ha már ismert a hőteljesítmény és a betáplálási időszak.



30. diagram – A hőbetápláláshoz szükséges hőfokmenetrend

A távhőrendszerbe betáplált hőt az adott hőkörzet helyettesítő hődíjánál alacsonyabb hőáron tudja a Főtáv Zrt. átvenni a csatlakozáskori lehetőségektől függően, azok 75-90 %-án. A helyettesítő hődíjak attól függően eltérhetnek, hogy melyik hőkörzethez történik a csatlakozás. A helyettesítő hőárak:

- az Észak-pesti hőkörizetben:
márc. 1. – nov. 15. ~1200 Ft/GJ;
nov.16. - febr. 28. ~3600 Ft/GJ,

Ezek hatásági árak, ettől függően változhatnak.

- a Füredi hőkörizetben: ~2700 Ft/GJ, amely a gázáraktól függően változhat.

A fenti adatok bizalmasak a Főtv tulajdonát képezik és csak a tárgyi hőbetáplálás ügyében használhatók fel. Fentiekben megadottak kis (3 MW alatti) hőteljesítmény esetére vonatkoznak, efelett a konkrét műszaki paraméterek ismeretében további előzetes egyeztetések szükségesek. A fent leírtak tájékoztató jellegűek, azok nem tekintendő kötelező érvényű ajánlatnak.

8.2 Elektromos kitáplálás lehetőségei

A fejezetben az 50 kVA névleges csatlakozási teljesítmény alatti naperőművek-, míg gázmotorok terén az 500-, 1000- és 2000 kW-os névleges teljesítményű berendezések hálózatsatlakozásának műszaki és jogi feltételeit elemezzük. A 2007. évi LXXXVI. törvény 3. § 24. bekezdése és az annak végrehajtására szóló 273/2007. (X.19.) Korm. rendelet bevezette a háztartási méretű kiserőmű (röviden: HMKE) fogalmát, mely szerint a „háztartási méretű kiserőmű olyan, a kiefeszültségű hálózatra csatlakozó kiserőmű, melynek csatlakozási teljesítménye egy csatlakozási ponton nem haladja meg az 50 kVA-t”. A berendezések és fogalmak definiálásához a villamosenergia törvény – a már fentebb említett 2007. évi LXXXVI. törvény – egyes bekezdéseit, valamint a törvény végrehajtásáról szóló rendeletet és az Elosztói szabályzat mellékletét vesszük igénybe.

8.2.1 Háztartási méretű kiserőművek csatlakozási feltételei

8.2.1.1 Csatlakozás műszaki feltételei

Háztartási méretű kiserőmű létesítése engedélyköteles (de nem termelői engedélyhez kötött) tevékenység minden olyan esetben, amikor a kiserőmű hálózatra csatlakozik és a hálózattal párhuzamos üzemben működik vagy működhet. Hálózatra csatlakozás műszaki és gazdasági paramétereit az elosztói engedélyes a 76/2011 (XII. 21.) NFM rendelet alapján, a hálózati viszonyok és paraméterek figyelembevételével saját hatáskörében bírálja el. Budapest – így a Városliget is – az ELMŰ Hálózati Kft., mint elosztói engedélyes hatáskörébe tartozik, ezáltal a Liget Budapest fejlesztéssel esetlegesen telepítendő naperőművek csatlakozásának engedélyeztetésével az ELMŰ Hálózati Kft.-t kell megkeresni. A következőkben a csatlakozás részletes műszaki feltételeit mutatjuk be az elosztói szabályzat 6/B. számú melléklete és a vonatkozó előírások alapján.

Csatlakoztatható teljesítmény

Naperőművek esetében – a csatlakozás tekintetében – a névleges, illetve beépített teljesítmény alatt az inverter névleges teljesítményét értjük. Egy fogyasztói csatlakozási ponton kizárólag egy háztartási méretű kiserőmű létesíthető; melynek névleges teljesítménye – azaz inverter(ek) látszólagos váltakozó áramú névleges teljesítménye – nem haladhatja meg az 50 kVA-t.

A csatlakozás vizsgálatánál az első legfontosabb feltétel, hogy az adott felhasználási helyen a rendelkezésre álló teljesítmény hálózathasználati, hálózati csatlakozási szerződéssel vagy korábbi közüzemi szerződéssel igazolható módon elérje, vagy meghaladja a telepíteni szándékozott HMKE névleges teljesítményét. Amennyiben ezen feltétel nem teljesül, úgy először teljesítménybővítésre van szükség és ezt követően kezdhető meg a erőmű engedélyeztetése.

Naperőművek közcélú villamos energia hálózatra történő csatlakozása egyfázisú és háromfázisú termelő berendezéssel – inverterrel- valósítható meg. Egyfázisú termelőegység általában 2,5 kVA-ig csatlakoztatható a kisfeszültségű hálózatra, 5 kVA felett csak 3 fázisú csatlakoztatás a megengedett. Amennyiben a felhasználó egyfázisú ellátással rendelkezik, és a hálózathasználati szerződésben szereplő kismegszakító érték megengedi, több egyfázisú HMKE is csatlakoztatható, de ezek össz névleges teljesítménye legfeljebb 5 kVA lehet. Többfázisú csatlakoztatás esetén törekedni kell a termelő berendezések szimmetrikus elosztására, a fázisok közötti aszimmetria maximum 5 kVA lehet.

Inverterrel szemben támasztott műszaki követelmények

A termelő berendezést a hálózati hatások, visszahatások szempontjából meg kell vizsgálni, így közcélú hálózatra kizárólag a 79/1997. (XII. 31.) IKIM rendeletben írtaknak megfelelő (pl.:Európai Unióban lévő székhelyű független minősítő intézet által kiállított minősítéssel rendelkező) berendezést lehet csatlakoztatni. Ezen minősítést a gyártónak vagy a forgalmazónak kell beszereznie, és bemutatnia. Inverteres csatlakoztatás esetén elég az invertert minősíttetni, amennyiben az minden egyéb hálózati funkciót is kiszolgál (védelem, leválasztás). Az Elosztói engedélyes a hálózatra csatlakoztatható invertereket hozzáférhetővé teszi a honlapján.

(<http://halozat.elmu.hu/eromuvi-informaciok>)

A termelő berendezéssel kapcsolatos lényeges műszaki előírások a következők:

- A villamos energia visszatáplálására alkalmas berendezés legyen ellátva olyan védelemmel, amely a közcélú kisfeszültségű hálózat irányából a hálózati feszültség kimaradása esetén az automatikus és galvanikus leválasztást 200 ms-on belül automatikusan biztosítja. A közcélú hálózatra való visszakapcsolásra csak a hálózati feszültség tartós visszatérését követően min. 5 perc múlva kerülhet sor.

- Az energiatermelő berendezést rövidzárlati, túlterhelési, földzárlati és érintésvédelmen túlfeszültség és frekvencia csökkenési és emelkedési védelemmel, valamint túlfeszültség és szigetüzem elleni védelemmel kell ellátni.
- A hálózati visszahatások tekintetében az MSZ-EN 50160 előírásai az irányadóak. A hálózatba visszatáplált áram lehetséges maximális felharmonikus tartalma: $THDi < 5 \%$
- A berendezésnek a felhasználói hálózatra fixen beépített eszközökön keresztül kell csatlakoznia, alapértelmezetten a fogyasztói főelosztóba.

HMKE létesítésével telepítendő védelmek

A HMKE nem veszélyeztetheti a közcélú villamos hálózat biztonságos üzemét, és nem ronthatja a villamosenergia-szolgáltatás minőségi paramétereit:

- nem táplálhat a közcélú hálózati zárlatra $1,1I_n$ -nél nagyobb áramot
- nem maradhat a közcélú elosztóhálózattal szigetüzemben
- nem okozhat megengedettnél nagyobb feszültségváltozást
- nem okozhat a szabványban előírttól eltérő feszültséget
- nem okozhat zavaró mértékű aszimmetriát, harmonikus torzítást, villogást
- nem táplálhat a közcélú hálózatra a KIF/KÖF transzformatort aszimmetrikus gerjesztési állapotba juttató egyenáramú komponens

A fentiek alapján HMKE-nél az alábbi védelmekről kell minimálisan gondoskodni:

- rövidzárlati védelem;
- túlterhelési védelem;
- feszültségnövekedési védelem
- feszültségcsökkenési védelem
- frekvencianövekedési védelem
- frekvenciacsökkenési védelem
- elosztóhálózati-szigetüzem elleni védelem;
- földzárlati/testzárlati védelem;
- áramütés elleni védelem;
- egyenáramú védelem

A HMKE védelmi berendezéseit az érvényes szabványok szerint kell tervezni, kivitelezni. Ha a telepítendő HMKE, vagy ennek működtetésével összefüggő felhasználói hálózati elemként tervezett berendezés, vagy műszaki megoldás nem a vonatkozó hatályos szabványok előírása szerint kerül tervezésre a tervezőnek összehasonlító elemzéssel be kell mutatnia az engedélyezési tervdokumentációban az engedélyező elosztói engedélyes részére az eltérés mibenlétét, annak az alkalmazásra előírt szabványban írtakkal való egyenértékűségét, és indokolnia kell annak szükségszerűségét, vállalnia kell a szabványtól való eltérésből eredő következményeket.

A feszültségcsökkenés és feszültségemelkedés elleni védelmet (3 fázisú berendezésnél) háromfázisúan kell kialakítani. A frekvencianövekedési és frekvenciacsökkenési védelem egyfázisúan is kivitelezhető. A feszültségcsökkenés és feszültségemelkedés, frekvenciaemelkedés és frekvenciacsökkenési elleni védelem kioldása az elosztói engedélyes engedélye alapján késleltetett is lehet, az időzítéseket a közcélú hálózat jellemzőihez, védelmi beállításaihoz kell illeszteni.

A termelő berendezést olyan védelemmel kell ellátni, amely közcélú hálózaton bekövetkező feszültség kimaradásra 200 ms-on belül automatikusan kikapcsol, és a hálózati feszültség tartós visszatérése esetén 5 perc folytonos üzemben eltelt idő után kapcsol vissza, az előírt szinkronozási feltételekkel.

A HMKE-t létesíteni szándékozó felhasználónak kell gondoskodnia arról, hogy az elosztói engedélyes hálózatán bekövetkező események, feszültségingadozások vagy különböző visszakapcsolási, átkapcsolási jelenségek ne okozzanak kárt a termelő berendezésben.

Az egyenáramú védelem beállítási értéke 3A 5s. Nem szükséges egyenáramú védelem, amennyiben leválasztó transzformátoron keresztül csatlakozik a HMKE a hálózatra.

HMKE túlfeszültségvédelme

A felhasználó által üzemeltetett HMKE a csatlakozási ponton potenciális túlfeszültség forrás, ezért a telepítendő berendezésnek rendelkeznie kell a típusának megfelelő komplex túlfeszültség védelemmel, amely a hálózatba kerülő túlfeszültséget a szabványban rögzített mértékre korlátozza. A termelő berendezés túlfeszültség védelmi megoldását a HMKE csatlakozási dokumentációjának tartalmaznia kell.

HMKE áramütés elleni védelme

A felhasználó által üzemeltetett HMKE és a felhasználói berendezéseinek áramütés elleni védelem módjai meg kell feleljenek a berendezés gyártójának megfelelőségi nyilatkozata, és/vagy az akkreditált független vizsgáló intézmény által kiadott tanúsítvány előírásainak, illetve a közcélú hálózatokra a csatlakozási ponton megkövetelt érintésvédelmi előírásoknak. Amennyiben az inverteres hálózati kapcsolatnál alkalmazott inverter váltakozó áramú kimenete nem földelhető, úgy leválasztó transzformátoron keresztül történő csatlakozást kell kialakítani.

HMKE-vel telepítendő kapcsoló berendezés

A hálózati engedélyes közcélú hálózatán, a termelni kívánó felhasználó hálózatán vagy a HMKE-ben bekövetkező hiba esetén a HMKE közcélú hálózatról történő leválasztásra a felhasználói oldalon olyan automatikus (védelmi) kapcsoló-berendezést kell alkalmazni, amelyet a következő fejezetben tárgyalt védelmi berendezés működtet. A kapcsoló berendezésnek galvanikus leválasztást kell biztosítania. A kapcsoló-berendezést az inverter váltakozó áramú oldalán kell elhelyezni, kialakítása pedig olyan legyen, hogy az inverter belső hibája esetén se váljon működésképtelenné. A kapcsoló-berendezés a beépítés helyén fellépő zárlati áramot károsodás nélkül legyen képes elviselni.

A HMKE létesítőjének a közcélú hálózat zárlati szilárdságát figyelembevéve a csatlakoztatott villamos berendezés rövidzárlati szilárdságát biztosítania kell. Az ehhez szükséges hálózati adatokról az elosztói engedélyesnek kell tájékoztatást adnia a termelni kívánó felhasználó részére.

8.2.1.2 Csatlakozásának jogszabályi környezete

Háztartási méretű kiserőmű közcélú hálózatra történő csatlakozását a 2007. évi LXXXVI törvény, annak végrehajtására szolgáló 273/2007. (X.19.) Korm. rendelet, a közcélú villamos hálózatra csatlakozás pénzügyi és műszaki feltételeiről szóló 76/2011. NFM rendelet az elosztói szabályzat 6/B melléklete határozza meg. A fentebb említett védelmi berendezések, eszközök tervezésekor, kialakításakor az érvényben lévő magyar, uniós vagy nemzetközi szabványnak megfelelően kell megtenni.

Az elosztói engedélyes a műszaki és gazdasági feltételeknek való megfeleléséről minden esetben tájékoztatja - a háztartási méretű kiserőmű igénybejelentését követően - a fogyasztót, melyben a

szabványoknak-, és jogszabályi környezetnek való részletezését is megteszi (a fent részletezett műszaki követelmények alapján).

8.2.2 Gázmotorok csatlakozási feltételei

A kapcsolt energiatermelés (kogeneráció) során valamilyen primer energiahordozó felhasználásával hő- és villamos energiát állítanak elő, közös technológiai folyamatban. Az utóbbi időben létesülő kapcsolt energiatermelő berendezések túlnyomó többsége földgázt használ fel.

A hasznosítható hő hidegenergia előállítására is felhasználható, a télen fűtésre felhasznált forróvíz nyáron abszorpciós hűtőgép segítségével hűtésre használható. A fosszilis energiahordozók legkorszerűbb felhasználói technológiája -három kiadott termék- esetén (villamos energia, meleg energia, hideg energia) trigenerációról beszélünk. Ezek a berendezések meleg víz felhasználásával tudnak előállítani jellemzően 7/12 °C-os vizet, ami közvetlenül használható a hűtési rendszerekben.

A CHP egyben ezeknek a berendezéseknek az összefoglaló megnevezése is. A CHP berendezések alapvetően három nagy csoportra sorolhatók:

- mikro turbinák: 1-300 kW kapacitásig
- gázmotorok: 300 kW-3 MW kapacitásig
- kombinált ciklusú gáz- és gőzturbinák: 3 MW feletti kapacitásban

Ebben a részben a gázmotorok villamos energia hálózati csatlakozásával kapcsolatos kérdéseket tisztázzuk.

8.2.2.1 A CHP projektek jogi és közgazdasági környezete

A CHP projekt jogi kereteit részben a 2007. évi LXXXVI. törvény a villamos energiáról (továbbiakban VET), 389/2007. (XII. 23.) Korm. rendelet a megújuló energiaforrásból vagy hulladékból nyert energiával termelt villamos energia, valamint 382/2007. (XII. 23.) Korm. rendelet a villamosenergia-ipari építésügyi hatósági engedélyezési eljárásokról határozzák meg.

Az 50 MW névleges kapacitás alatti erőművek telepítésére előzetes engedélyt nem kell kérni.

500 kW névleges kapacitás alatti kiserőművek engedélyeztetése egyszerűsített eljáráskeretében történik, míg e fölött a Kiserőművek engedélyeztetésére vonatkozó szabályok a mérvadóak.

A közcélú villamos energia hálózathoz csatlakozó magánhálózatok építése és üzemeltetése magánterületen minden külön engedély nélkül megvalósítható.

8.2.2.2 A CHP projekt műszaki környezete

Meg kell vizsgálni a villamos hálózatra kapcsolódás lehetőségét.

- Milyen távolságra lehet a hálózatra kapcsolódni?
- Milyen feszültség szinten üzemel ott a hálózat?
- A hálózat kapacitása elegendő-e a termelt villamos energia fogadására?
- A rákapcsolódás kiépítése milyen műszaki követelményekkel jár?

Ezek kérdéskörök tisztázása előtt, meg kell vizsgálni azt az alapvető kérdést, hogy a tervezendő Kiserőmű a.) Hálózatkapcsolt üzemre lesz képes vagy b.) Sziget üzemben fog termelni.

Hálózatkapcsolt üzem esetén, a jogszabályi illetve elosztói/hálózatüzemeltető által meghatározott feltételeknek meg kell felelni:

pl. jellemző Hálózat üzemeltető feltétel, hogy a *Kiserőmű (gázmotor) csatlakozás tekintetében a kiserőmű telemechanikai jelzései esetén a kábelköri kapcsoló állomás előírásait kell betartani, és azt ki kell egészíteni a betáplálás hatásos- és meddő teljesítmény pillanatérték méréssel*

8.2.2.3 Engedélyezési eljárás általános leírás

A 382/2007. (XII. 23.) Korm. rendelet a villamosenergia-ipari építésügyi hatósági engedélyezési eljárásokról az alábbiakat határozza meg:

- Építési engedély adható:
 - belső kezelőterű átalakító vagy kapcsoló berendezés építésére;
 - termelői, magán- és közvetlen vezetékek építésére;
 - erőmű építésére.
- Vezetékjog engedélyezhető:
 - közcélú hálózatra (előkészítő eljárás után, hatósági engedélyezési eljárás keretében)

- termelői vezetékre (előkészítő eljárás után, hatósági engedélyezési eljárás keretében).

8.2.2.4 Szolgáltatói engedélyezés leírása

A gázmotoros rendszer mint kiserőmű, amely áramszolgáltatói területén fekszik, a kiserőmű engedélyeztetése az adott áramszolgáltató Hálózati Elosztó Kft.-nél kell, hogy történjen. Az engedélyeztetés számos pontból áll, melyek a következő:

1. Igénybejelentés

A Hálózati Elosztó Kft. minden kiserőműves igényt egyedi igényként kezel, így a közcélú hálózatra csatlakozáshoz szükséges feltételeket írásos igénybejelentés alapján egyedileg vizsgál meg.

Az igénybejelentéshez és a villamosenergia betáplálási igény biztosításának műszaki feltételeinek meghatározásához a következő magyar nyelvű dokumentációkat kell mellékelni:

- A létesítendő kiserőmű típusa, működési elve és beépített teljesítménye
- Az érintett ingatlan tulajdonosának hozzájáruló nyilatkozatát a kiserőmű létesítéséhez.
- Az érintett ingatlan tulajdonosának hozzájáruló nyilatkozatát ahhoz, hogy az Igénybejelentő a kiserőmű létesítésének érdekében az ingatlan tulajdonosának nevében eljárjon.
- A beruházó hozzájáruló nyilatkozatát ahhoz, hogy az Igénybejelentő a kiserőmű létesítésének érdekében az ingatlan tulajdonosának nevében eljárjon.
- Az ingatlan tulajdoni lap másolatát.
- A kiserőmű telepítési helyét bemutató, 1:30.000-1:50.000 közötti léptékű átnézeti térképet
- A kiserőmű leállása esetén a telephelyen jelentkező, fogyasztói berendezések által vételezésre igényelt villamos teljesítmény nagysága (vagy a jelenlegi rendelkezésre álló teljesítmény, kismegszakítók áramerőssége a csatlakozási ponton).
- Nyilatkozat, hogy kíván-e villamos energiát a közcélú hálózatba táplálni, vagy kizárólag saját villamos energia fogyasztását kívánja kielégíteni.

2. Ajánlat

Az igénybejelentés alapján a Hálózati Elosztó Kft. megvizsgálja a közcélú hálózatra történő csatlakozás műszaki feltételeit. Itt adja meg a csatlakozási pontot, melynek meghatározásához szükség esetén Megvalósíthatósági tanulmány készítését kéri. Részletesen ismerteti az elfogadó nyilatkozathoz szükséges Szándéknyilatkozat tartalmát.

3. Megvalósíthatósági tanulmány

A 120 kV-os hálózathoz történő csatlakozás esetén mindenképpen, ennél kisebb feszültségszintre történő csatlakozás esetén pedig az ajánlatban kért esetekben megvalósíthatósági tanulmányt kell készíteni, melyet a Hálózati Elosztó Kft.-nek jóváhagyásra be kell nyújtani.

4. Szándéknyilatkozat

Az ajánlat elfogadására - ha szükséges a Megvalósíthatósági Tanulmány, annak elkészültét követően - a beruházónak Szándéknyilatkozatot kell küldeni. A részletes csatlakozási feltételeket az ajánlatot elfogadó nyilatkozat és a Szándéknyilatkozat alapján határozza meg a Hálózati Elosztó Kft.

5. Részletes csatlakozási feltételek

A részletes csatlakozási feltételeket meghatározó levelünk tartalmazza a közcélú hálózatot érintő beavatkozások leírását, a teljes engedélyezési eljárást. A részletes csatlakozási feltételeket tartalmazó levél alapján lehet a kiserőmű létesítéséhez kapcsolódó, a közcélú hálózatot érintő tervezési feladatokat megkezdeni. Itt kerülnek részletesen megadásra közcélú hálózati beavatkozások, valamint a mérési feltételek.

6. Csatlakozási terv

A közcélú hálózatot érintő tervezést csak az arra jogosult, a Hálózati Elosztó Kft -vel keret megállapodással rendelkező cég készítheti el.

7. Csatlakozási terv jóváhagyás

A csatlakozási tervet a Hálózati Elosztó Kft. számára jóváhagyásra be kell mutatni. Amennyiben a terv nem megfelelő akkor kérjük annak pontosítását a dokumentáció benyújtójától. 120 kV-os csatlakozás esetén a MAVIR Zrt. jóváhagyása is szükséges.

8. Hálózati Csatlakozási Szerződés megkötése

A jóváhagyott Csatlakozási Terv után küldjük ki aláírásra a Hálózati Csatlakozási Szerződést, amely biztosítja a vételezés és a hálózatba történő betáplálás lehetőségét.

A beruházó és a Hálózati Elosztó Kft. közötti hálózati csatlakozási szerződés megkötéséhez a kiserőmű beruházójának az alábbi eredeti vagy hiteles másolatú dokumentumokat kell benyújtani a Hálózati Elosztó Kft.-hez:

- 30 napnál nem régebbi cégkivonat
- Jogerős környezetvédelmi határozat
- Jogerős építési engedély a Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivaltól
- Jóváhagyott csatlakozási terv

9. Kiserőmű engedély iránti kérelme

Az 500 kW és ezt meghaladó teljesítményű erőmű létesítése, működtetése engedélyköteles tevékenység, melyet a Magyar Energia Hivaltól kell megkérni. Ekkor határozzák meg a kiserőmű kötelező átvétel alá eső évenkénti mennyiségét.

10. Kiviteli terv készítése, jóváhagyása

A Hálózati Csatlakozási Szerződés foglaltak alapján a csatlakozási díj ajánlatban meghatározott előlegének befizetését követően a Hálózati Elosztó Kft. elkészíti a közcélú hálózaton szükséges beavatkozások kiviteli tervét.

11. Kiserőmű és a hálózati csatlakozás kivitelezése

A kiviteli terv alapján a Hálózati Elosztó Kft. elvégzi a közcélú hálózaton szükséges beavatkozásokat

12. Üzembe helyezési eljárás

Az üzembe helyezésre az kiserőmű és a közcélú hálózati beavatkozás elkészültét a sikeres műszaki átadás-átvételt és a próbaüzemet követően kerülhet sor.

13. Üzemviteli megállapodás, hálózathasználati szerződés, kereskedelmi és mérlegkör tagsági szerződés megkötése

A kiserőmű kereskedelmi üzemének megkezdésének feltétele, hogy a Rendszerhasználó rendelkezzen:

- (i) a Hálózati Elosztó Kft.-vel kötött Üzemviteli Megállapodással,
- (ii) Hálózathasználati szerződéssel,
- (iii) üzembe helyezett elszámolási méréssel és az erről kiállított beavatkozási lappal,
- (iv) Üzembehelyezési jegyzőkönyvvel,
- (v) a csatlakozási ponton Rendszerhasználói szempontból vételezésre kerülő villamos energiára vonatkozó vételezési kereskedelmi szerződéssel,
- (vi) valamint a termelt villamos energia átvételére vonatkozó Kereskedelmi szerződéssel és
- (vii) Mérlegkör Tagsági Megállapodással.

8.2.2.5 Mérlegköri tagság megszerzésének menete

A jelenlegi jogszabályi rendelkezések alapján a KÁT mérlegkörbe történő villamos energia energia értékesítés nem lehetséges. A megtermelésre kerülő villamos energia így vagy saját fogyasztás felhasználására történhet, vagy olyan mérlegkört kell keresnie a CHP berendezés üzemeltetőjének, aki átveszi a megtermelt villamos energiát. Mivel a berendezés primer energia igénye nem megújuló forrásból származik, így a helyi szolgáltatónak nincs átvételi kötelezettsége.

9. RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ TÁMOGATÁSI FORRÁSOK

9.1 Pályázati forrás bevonási lehetőségek

Jelen tanulmányban bemutatott fejlesztési célok megvalósításához két jogcímen nyílik lehetőség támogatást lehívni. Egyrészt turisztikai attrakció fejlesztésként a teljes projekt finanszírozható pályázati forrásból, másrészt az épületek megújuló energiaforrást alkalmaznak, így ezen technológiák kiépítésére is lehet pályázni.

A projekt Budapesten valósul meg, ezért a Széchenyi 2020 (2014-2020-as uniós támogatási rendszeren) belül a VEKOP - Versenyképes Közép-Magyarország Operatív Program keretében tud a projektgazda pályázaton elindulni.

A 255/2014. (X. 10.) Kormányrendelet szerint a VEKOP-on belül az alábbi – projekt szempontjából releváns – finanszírozási területek találhatók:

- erősebb összetartozás megteremtése a városi közösségekben a kulturális kínálatbővítés és közösségfejlesztés segítségével,
- az energiahatékonyság növelése közszolgáltatásnak helyet adó önkormányzati ingatlanokban és önkormányzati tulajdonú lakóépületekben *(a téma nem csak önkormányzatoknak kiírt pályázatokat tartalmaz)*

9.1.1 Erősebb összetartozás megteremtése a városi közösségekben a kulturális kínálatbővítés és közösségfejlesztés segítségével

A 255/2014. (X. 10.) Kormányrendelet vonatkozó részei:

43. A kultúrát és a kulturális örökség megőrzését előmozdító támogatás

A kultúrát és a kulturális örökség megőrzését előmozdító támogatás beruházási, működési vagy zenei és irodalmi alkotások kiadásához nyújtott támogatásként nyújtható.

A támogatás - a nyomtatott vagy elektronikus formában közzétett sajtótermék és magazin kivételével - a következőkhöz nyújtható:

- muzeális intézmény, levéltár, könyvtár, művészeti vagy közművelődési intézmény - ide értve a közösségi teret -, koncertterem,

- tárgyi kulturális örökség, régészeti lelőhely, emlékmű, történelmi emlékhely és épület, a kulturális örökséghez kapcsolódó természeti örökség, kulturális vagy természeti örökséggé nyilvánított örökség,

- a szellemi kulturális örökség valamennyi formája (pl. népi hagyományok, kézművesség),

- művészeti vagy kulturális esemény, előadás, fesztivál, kiállítás és hasonló kulturális tevékenység.

Beruházási támogatás esetén a támogatás összege nem haladhatja meg az elszámolható költség és a beruházás megvalósításából származó működési eredmény közötti különbséget azzal, hogy az infrastruktúra üzemeltetője - a támogatást nyújtó döntésétől függően - jogosult ésszerű nyereséget szerezni.

A beruházási támogatás elszámolható költségei az immateriális javak és a tárgyi eszköz következő költségei:

- az infrastruktúra építésének, korszerűsítésének, bővítésének, megvásárlásának, megőrzésének és fejlesztésének költsége, ha az infrastruktúra időbeli vagy térbeli kapacitását évente legalább 80%-ban kulturális célra használják.

Az egymillió eurónak megfelelő forintösszeget meg nem haladó beruházási vagy működési támogatás esetén a támogatás összege egyedi meghatározás alapján sem haladhatja meg az elszámolható költségek 80%-át.

A jelenleg ismert pályázati lehetőségek között nincs a projekthez megfelelő pályázati kiírás.

Várható intézkedés, mely a projekt szempontjából releváns:

- természeti és kulturális örökségi vonzerők, termékek, valamint az egészséggazdasághoz és a kreatív gazdasághoz kapcsolódó szolgáltatások fenntartható, innovatív fejlesztése (meghatározó adottságokkal rendelkező turisztikai termékek fejlesztése a Közép-Magyarország régióban, egészségturisztikai fejlesztések, időskori és piacosítható egészségügyi, orvosi, személyi és közösségi szolgáltatások fejlesztése, a kreatív gazdasághoz kapcsolódó szolgáltatások),

Lehetséges kedvezményezettek:

- **az attrakciófejlesztések esetében állami, önkormányzati, illetve magántulajdonú gazdasági szervezetek,**
- önkormányzatok;
- szolgáltatásfejlesztés esetében a profitorientált vállalkozások,
- az egészségügyi és jól-léti szolgáltatásfejlesztés, illetve a zárandokturisztikai fejlesztések,
- az ifjúsági és szociális turizmus kapcsán a kedvezményezettek között hangsúlyosan jelennek meg a civil és a közsféra szereplői.

Mivel a Széchenyi 2020 pályázati program még kialakítás alatt áll, és így konkrét pályázati felhívás nem áll rendelkezésre, megvizsgáltuk, milyen pályázati lehetőség volt a 2007-2013-as időszakban.

A turisztikai vonzerő- és termékfejlesztés előmozdítása konstrukció

E) Kiemelt projektek komponense keretében

Kódszám: KMOP -2007/-3.1.1.E.

Projekt célja:

a Közép-magyarországi régió versenyképes turisztikai desztinációvá váljon és komplex kínálatot alakítson ki a természeti és épített örökség fenntartható turisztikai hasznosításának biztosításával. A budapesti és a Pest megyei területek differenciált fejlesztése indokolt, az átlagos tartózkodási idő és a fajlagos turisztikai költség növelésével.

Projektgazda:

A projektgazda költségvetési szerv, illetve 100%-os állami tulajdonban lévő szervezet, Kormány által alapított közalapítvány, önkormányzat, önkormányzati társulás vagy önkormányzati intézmény, illetve egyház.

Támogatható tevékenységek:

Épített örökség (pl.: egyedi építészeti alkotások, világörökségi helyszínek, műemlékek, kastélyok, várak, egyházi létesítmények), valamint turisztikai jelentőséggel rendelkező kulturális intézmények (muzeális intézmények, kiállítótermek, szabadtéri színpadok,) látogatóbarát fejlesztése, magas vonzerőt generáló turisztikai terméké alakítása, élményszerűen bemutatathatóvá tétele, turisztikai funkcióval való bővítéshez kapcsolódó felújítása, rekonstrukciója. Fogadóterület bővítése,

kiállítóterek kialakítása, bővítése, turisztikai hasznosításra alkalmas új funkciók, élményelemek kialakítása, interaktív információszolgáltatás fejlesztése.

Elszámolható költségek köre:

- Előkészítés költségei (tanulmányok, tervek, engedélyek)
- Projekt menedzsment
- Beruházás
 - o Eszközbeszerzés
 - o Immateriális javak beszerzése:
 - o Építések
- Megvalósításhoz kapcsolódó szolgáltatások költségei
- Marketing és nyilvánosság
- Képzés
 - Föld –és ingatlanvásárlás
- Adminisztratív költségek
- ÁFA, valamint más adók és közterhek

Támogatás mértéke:

A kulturális és örökségturisztikai fejlesztések esetén a költségvetési intézmények, non-profit szervezetek részére nyújtható támogatás mértéke a projekt elszámolható összes költségének legfeljebb 90 %-a.

Támogatás összege

Az Akciótervben nevesített kiemelt projektjavaslatok maximális indikatív támogatási összege.

„A Budai Vár kulturális-turisztikai fejlesztése” projekt esetében 10.000.000.000 Ft volt.

9.1.2 Az energiahatékonyság növelése közszolgáltatásnak helyet adó önkormányzati ingatlanokban és önkormányzati tulajdonú lakóépületekben

A 255/2014. (X. 10.) Kormányrendelet vonatkozó részei:

35. A megújuló energia termeléséhez nyújtott beruházási támogatás

A megújuló energia termeléséhez nyújtott beruházási támogatás (ezen alcím vonatkozásában a továbbiakban: támogatás) kizárólag új berendezéshez nyújtható.

A támogatási intenzitás nem haladhatja meg az elszámolható költségek 45%-át (bizonyos esetekben 30%-át).

Ha a támogatást egyértelmű, átlátható és megkülönböztetés-mentes kritériumok alapján kidolgozott valódi versenyeztetésen alapuló, megkülönböztetés-mentes, valamennyi érdekelt vállalkozás részvételét lehetővé tevő ajánlattételi eljárás keretében nyújtják, a támogatás az elszámolható költségek 100%-áig nyújtható.

A támogatás keretében a magasabb környezetvédelmi szint eléréséhez közvetlenül kapcsolódó beruházási költség számolható el.

Várható intézkedés, mely a projekt szempontjából releváns:

- energia és környezeti hatékonysági beruházások és megújuló energia alkalmazásának elősegítése,

Lehetséges kedvezményezettek:

- települési önkormányzatok,
- **állami vagy önkormányzati többségi tulajdonú gazdasági társaságok,**
- közlekedési közszolgáltatást végző gazdasági társaságok,
- civil szervezetek.

Mivel a Széchenyi 2020 pályázati program még kialakítás alatt áll, és így konkrét pályázati felhívás nem áll rendelkezésre, megvizsgáltuk, milyen pályázati lehetőség volt a 2007-2013-as időszakban.

Megújuló energia energetikai felhasználására a KMOP-3.3.3-as konstrukció volt alkalmas. A pályázatot 2007, 2009, 2011 és 2013-ban írták ki, különböző feltételekkel. A kiírások azon részeit,

melyek a jelen tanulmányban ismertetett projekt esetében is érdekesek, a 77. táblázat – Összefoglaló táblázat a pályázati lehetőségekről 77. táblázat foglalja össze.

Pályázat címe: Megújuló energiahordozó-felhasználás növelése

Pályázat kódszáma	Pályázók köre	Támogatható tevékenységek köre	Támogatás mértéke	Támogatás összege
KMOP-3.3.3-13.	Vállalkozás (1, 2) Költségvetési szervek és költségvetési rend szerint gazdálkodó szervek (3) Nonprofit szervezet (5, 6)	Megújuló energia alapú villamosenergia termelés (napelem), Helyi hő és hűtési igény kielégítése megújuló energiaforrásokkal (hőszivattyú)	Közsféra szervezet: 100% Non-profit szervezetek: 85% Egyéb vállalkozások: 10%	2-100 m Ft
KMOP-3.3.3-11.	Vállalkozás (1, 2) Költségvetési szerv (3) Költségvetési szerv és intézménye (3) Nonprofit szervezet (5, 6)	Megújuló energia alapú villamosenergia-, kapcsolt hő- és villamosenergia-, valamint biometán-termelés (napelem), Helyi hő és hűtési igény kielégítése megújuló energiaforrásokkal (hőszivattyú)	Költségvetési szervek és intézményeik: 85% Non-profit szervezetek: 85% Egyéb vállalkozások: 10%	3-100 m Ft
KMOP-2009-3.3.3	Vállalkozás (1, 2) Költségvetési szerv (3) Költségvetési szerv és intézménye (3) Nonprofit szervezet (5, 6)	Megújuló energia alapú villamosenergia-, kapcsolt hő- és villamosenergia-, valamint biometán-termelés (napelem), Helyi hő és hűtési igény kielégítése megújuló energiaforrásokkal (hőszivattyú)	Költségvetési szervek és intézményeik: 60% Non-profit szervezetek: 60% Egyéb vállalkozások: 25%	10-500 m Ft
KMOP-2007-3.3.3	Vállalkozás (1, 2) Költségvetési szerv (3) Költségvetési szerv és intézménye (3) Nonprofit szervezet (5, 6, 8)	Napenergia hasznosítása (napelem) Hőszivattyús rendszerek telepítése	Költségvetési szervek és intézményeik: 50% Non-profit szervezetek: 50% Egyéb vállalkozások: 25%	10-500 m Ft

77. táblázat – Összefoglaló táblázat a pályázati lehetőségekről

10. JAVASLATTÉTEL ÉS TOVÁBBTERVEZÉSI FELADATOK

Kutatásaink, vizsgálataink és számításaink alapján három, a Városliget új „Múzeum Negyed” egészére vonatkozó átfogó energetikai koncepció született meg. Ezen koncepciók alapján megítélhető az elképzelhető energiaellátási módok alkalmazásának műszaki lehetőségei, várható gazdasági eredményei, illetve környezetvédelmi hasznosságuk.

A koncepciókban vizsgált energiaellátási rendszerek közül a javasolt megoldásokat az alábbiakban foglaljuk össze:

- **Távhő:** A földgázzal szemben környezetvédelmi, illetve látványképi megfontolásokból a távhő alkalmazása javasolt. A számításokból kiderül, hogy a földgázzal szemben gazdasági szempontból is a távhő életképes energia ellátás lehet akár decentralizált, akár centralizált kialakításban. A terület közműellátottságát tekintve viszont a földgáz előnyt élvez, ugyanis míg a Városliget területe földgázzal már ellátott, távhővel még nem. Abban az esetben, ha a távhővezeték megépítése meghiúsulna, létjogosultságot nyerne a kapcsolt energiatermelés, melynek központját a Városliget területén kívül, a „deltában” lehetne elhelyezni. A kapcsolt energiatermelésen kívül ebben az esetben a levegős hőszivattyú is szóba jöhető technológia lehetne.

<i>TÁVHŐ</i>	
Erősségek (Strengths)	Gyengeségek (Weaknesses)
- ellátásbiztonságot ad - kedvező ÁFA besorolás	- alapidj mértéke - nem helyben termelt energia
Lehetőségek (Opportunities)	Fenyegetettségek (Threats)
- csúcsgények biztosítása - kapcsolt energiatermelésből származó hő, részben hulladékhő felhasználás - a meglévő épületek ellátására kiváló	- jelenleg a területen nem elérhető

78. táblázat – SWOT analízis - távhő

- **Csatorna hőszivattyú:** A közeli, Sajó utcai közcatorna szennyvízhozamára alapozva mindenképpen javasolt csatornahőszivattyús rendszer telepítése oly módon, hogy az a Dózsa György úton létesülő három új intézmény mindegyikének alap energiaellátását biztosítaná. Ez esetben a csatornahőszivattyú telepítése a Néprajzi Múzeum gépházába telepítendő, a másik két épülethez távvezetéken juthatna el a meleg, illetve a hidegenergia.

CSATORNAHŐSZIVATTYÚ	
Erősségek (Strengths)	Gyengeségek (Weaknesses)
- megújuló energia hasznosítása	- viszonylag magas beruházási költségek - éjszaka a visszaeső vízhozam miatt csökkenő teljesítmény
Lehetőségek (Opportunities)	Fenyegetettségek (Threats)
- kiváló hatásfokkal üzemelhet	- szennyvízhozam csak egyszeri mérés alapján becsült és az időjárás függvényében változhat

79. táblázat – SWOT analízis - Csatornahőszivattyú

- **Elfolyó termálvíz:** A Városliget területén lévő, Magyarország egyik leghíresebb és leglátogatottabb gyógyfürdője, a Széchenyi Gyógyfürdő termálvizének hasznosítása is a vizsgálat tárgyát képezte. Elmondható, hogy a termálvíz fűtési célú közvetlen hasznosítására nincs, vagy csak nagyon korlátozott lehetőség adódik, a FÁNK jelenlegi, illetve a tervezett fejlesztései miatt. Energetikai szempontból viszont lehetőség rejlik a gyógyfürdő elfolyó termálvizében akár a FÁNK hőhasznosítását követően $\sim 20^{\circ}\text{C}$ -on, vagy ezt megelőzően, $\sim 35^{\circ}\text{C}$ -on. A melegvizet az épületenként telepített víz-víz hőszivattyúkkal javasolt a kívánt szekunder fűtési hőmérsékletre emelni.

ELFOLYÓ TERMÁLVÍZ FELHASZNÁLÁSA FÉL-CENTRALIZÁLT, CENTRALIZÁLT ESETBEN	
Erősségek (Strengths)	Gyengeségek (Weaknesses)
- hulladékhő hasznosítása, megújuló energia	- hasznosítása magas segédenergia-igénnyel jár - a rendelkezésre álló termálvíz mennyiség alapján kell a hőfogyasztókat kiválasztani
Lehetőségek (Opportunities)	Fenyegetettségek (Threats)
- hőtranszport lehetősége az épületek között	- felhasználási lehetősége még nem eldöntött - pontos mennyiségi adat nem áll rendelkezésre

80. táblázat – SWOT analízis – elfolyó termálvíz

- **Talajszondás hőszivattyú:** Vizsgálatra került a talajszondás hőszivattyú is, esetében a szondák fúrására több terület is rendelkezésre áll. Telepíthetőek mind az Új Nemzeti Galéria, mind a Fotó Múzeum közelében lévő területekre, de akár a Liget további területein is. Telepítésük viszont decentralizált esetben javasolt, ugyanis energiakörre kötve a dupla hőszivattyúzás miatt a hatásfok kedvezőtlenül alakulna.

<i>TALAJSZONDÁS HŐSZIVATTYÚ</i>	
Erősségek (Strengths)	Gyengeségek (Weaknesses)
- tiszta energia - helyi energia	- magas beruházási költség - decentralizált esetben megoldás
Lehetőségek (Opportunities)	Fenyegetettségek (Threats)
- alapfűtés esetén jó hatásfokkal üzemelhet - meglévő épületek ellátására is alkalmas lehet	- a terület védett növényei miatt a fúrások problémákat okozhatnak

81. táblázat – SWOT analízis – talajszondás hőszivattyú

- **Napelem:** A tervezett épületek mindegyike esetén javasolt a fotovoltaikus rendszerek telepítése.

<i>NAPELEM</i>	
Erősségek (Strengths)	Gyengeségek (Weaknesses)
- tiszta energia - helyi energia	- optikai megjelenés - szezonális termelés
Lehetőségek (Opportunities)	Fenyegetettségek (Threats)
- villamos energia fogyasztás csökkentése - kedvező megtérülés	- építéssel történő összeegyeztetés - termelés csökkenés, a panelek öregedése miatt

82. táblázat – SWOT analízis - napelem

- **Napkollektor:** A napenergiát nemcsak elektromos áram termelésére, hanem melegvíz előállítására is hasznosíthatjuk. A napkollektoros hőtermelést azoknál az intézményeknél célszerű alkalmazni, ahol a használati melegvízkészítés hőigényének mértéke ezt indokolja. Ez leginkább az Új Nemzeti Galéria és Ludwig Múzeum, illetve a Néprajzi Múzeum esetén elképzelhető.

<i>NAPKOLLEKTOR</i>	
Erősségek (Strengths)	Gyengeségek (Weaknesses)
- tiszta energia - helyi energia	- optikai megjelenés - szezonális termelés
Lehetőségek (Opportunities)	Fenyegetettségek (Threats)
- használati melegvízkészítés	- építéssel történő összeegyeztetés

83. táblázat – SWOT analízis - napkollektor

A továbbtervezés során az energiacsökkentő javaslatok közül alkalmazandó a nyílászárók árnyékolása, illetve hő- és fényvédelme.

Kompakt léghűtő gépek esetén a frekvenciaváltós kivitel választandó, melyekre használati melegvízkészítő hővisszanyerő beépítése célszerű azoknál a múzeumoknál, ahol központi HMV készítő rendszer lesz kiépítve. Ezen kívül a hűtőgépekre adiabatikus nedvesítő háló rögzítése is megfontolandó.

Amennyiben a hidegenergiát szolgáltató rendszerek berendezései free-cooling opcióval is elláthatóak, akkor ennek alkalmazása mindenképpen javasolt. A légtechnika szakág tekintetében tervezési követelményként a forgódobos hővisszanyerő és a CO₂ szabályzó jelenik meg. Minden múzeum esetén ajánlott épületfelügyeleti rendszer kiépítése.

A koncepciók további energiaforrások integrálásának lehetőségét is magukban hordozzák, melyeket a Megbízói kéréseknek megfelelően lehet tovább tervezni.

11. FELHASZNÁLT FORRÁSOK

11.1 Felhasznált irodalom

- [1] Főtv adatszolgáltatás, árajánlat
- [2] Thermowatt adatszolgáltatás, <http://www.thermowatt.hu/>
- [3] BSRIA Guide – The illustrated guide to renewable technologies
- [4] Somogyi Máté (Profiszolár) előadás – Napelem beruházások az iparban
- [5] Dr. U. Schreier, K-H Stawiarski, W. Kirchensteiner, F. Anthony: A hőszivattyú
- [6] Heinrich, Najork, Nestler (1982): A hőszivattyú és alkalmazásai
- [7] Oktoklíma Kft. – Hőszivattyús rendszerek (2007)
- [8] FTV Zrt. Vízbázis-védelmi hatástanulmány
- [9] Főtv Zrt. - A Fővárosi Állat- és Növénykert hőellátása termál vízzel – Megvalósíthatósági tanulmány
- [10] Biopolus Zrt. adatszolgáltatás
- [11] Magyar Mérnöki Kamara becslés
- [12] Debreceni Egyetem: A megújuló energiaforrásokat alkalmazó közel nulla energiafogyasztású épületek követelményrendszere
- [13] <http://www.maxfordham.com/>
- [14] Museums&art galleries – Survival strategies
- [15] Helmut F.O. Mueller : Energy efficient museum buildings
- [16] Managing energy costs in museums
- [17] Statistics Norway - <http://www.ssb.no/en/energi-og-industri/statistikker/entjeneste/hvert-3-aar-endelige/2013-06-04?fane=tabell#content>
- [18] Commercial Building Energy Consumption Survey

- [19] <http://www.new-learn.info/>
- [20] www.zoldteto.hu
- [21] <http://www.rehau.com/hu-hu/epitoepar/futes-es-hutes/feluletfutes-hutes-kulonleges-felhasznalások/epuletszerkezet-temperálás/bkt-modul-kesz-betonelemekre-torteno-fekteteshez>
- [22] <http://tdk.bme.hu/EPK/Epites/Fazisvalto-anyagok-az-energiatudatos>
- [23] <http://ikomfort.ngbsh.hu/2014/10/fazisvalto-anyagok-az-epuletenergetikaban/>
- [24] Rosenberg légfüggönyök – katalógus
- [25] Szépművészeti Múzeum adatszolgáltatás
- [26] LEED v4 BD+C Reference Guide
- [27] http://www.immergas.hu/sites/www.immergas.hu/files/Magyar%C3%89p%C3%BCletg%C3%A9p%C3%A9szet2006_10.pdf
- [28] http://www.leanforum.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=187:teljeskoer-hatekony-karbantartas-tpm&catid=35:lean-articles&Itemid=62
- [29] Járó Márta: Klimatizáció, világítás és raktározás a múzeumokban (1991)
- [30] http://hu.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6zleked%C3%A9si_M%C3%A9zeum
- [31] Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum adatszolgáltatás
- [32] Magyar Mezőgazdasági Múzeum adatszolgáltatás
- [33] Műcsarnok adatszolgáltatás
- [34] Városligeti Műjégpálya adatszolgáltatás
- [35] <http://www.e-gepesz.hu/?action=show&id=10992>
- [36] <http://varosliget.info/index.php/olof-palme-haz/tortenete>

- [37] <http://www.alkotomuveszet.hu/index.php/kiallitohelyek/olof-palme-haz>
- [38] Magyar Útügyi Társaság – Tervezési útmutató (Mélygarázsok tervezése)
- [40] <http://www.kozvilagitas.com>
- [41] Aermec levegő/víz hőszivattyúk anz R407C- katalógus
- [42] Kivonatos összefoglaló A Magyar Energia Hivatal által saját hatáskörben kiírt „Megvalósíthatósági tanulmány készítése a Magyar Energia Hivatal 1081 Budapest, Köztársaság tér 7. szám alatti épülete energetikai jellemzőinek felmérésére, az energia hatékonyság növelésére és a megújuló energiaforrások hasznosítására” című nyílt pályázati projektre vonatkozólag
- [43] Mayaleh Tarek: Szorpciós hűtés
- [44] Adszorpciós hűtővel a környezettudatos energiafelhasználásért, www.adszorpcio.hu
- [45] <http://www.tool-temp.hu/70/free-cooling-system-ipari-szabadhutok-kompresszor-nelkuli-rendszer.html>
- [46] <http://ikomfort.ngbsh.hu/2014/06/mi-az-a-szabad-hutes/>
- [47] <http://elolanc.hu/index.php/component/content/article/10552-paks-2-arabol>
- [48] Jánosi Imre – A szélenergia hasznosításának hazai perspektívái
- [49] VITUKI – A fürdőfejlesztésekkel kapcsolatban a hazai termálvízkészlet fenntartható hasznosításáról és a használt víz kezeléséről szóló hidrogeológiai kutatás

11.2 Felhasznált ábrák

1. ábra - A Thermowatt Kft. adatszolgáltatása.....	20
2. ábra - Regale katalógus	25
3. ábra – https://collaborativeservicesinc.wordpress.com/tag/oklahoma-medical-research-foundation/	35
4. ábra - http://www.homeinfo.hu/images/stories/futes/20121120_Weis_lapos_uj.jpg	38
5. ábra - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tuebingen-sporthalle.jpg	45
6. ábra - http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/	46
7. ábra - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Heatpump.svg	48
8. ábra - Saját ábra	60
9. ábra - Saját ábra	61
10. ábra - Saját ábra	61
11. ábra - Saját ábra	63
12. ábra - Saját ábra	64
13. ábra - Saját ábra	64
14. ábra - Saját ábra	69
15. ábra - Saját ábra	70
16. ábra - Saját ábra	71
17. ábra - Saját ábra	72
18. ábra - Saját ábra	77

19. ábra - Adszorpció hűtővel a környezettudatos energiafelhasználásért, www.adszorpcio.hu ..	81
20. ábra - Adszorpció hűtővel a környezettudatos energiafelhasználásért, www.adszorpcio.hu ..	83
21. ábra - Adszorpció hűtővel a környezettudatos energiafelhasználásért, www.adszorpcio.hu ..	84
22. ábra - Adszorpció hűtővel a környezettudatos energiafelhasználásért, www.adszorpcio.hu ..	85
23. ábra - Saját ábra	91
24. ábra - Inqátor – A, B, C, D, E, F, G, H melléklet	100
25. ábra - Saját ábra	104
26. ábra – http://www.new-learn.info/	118
27. ábra – www.zoldteto.hu	128
28. ábra – www.zoldteto.hu	128
29. ábra – http://www.rehau.com/hu-hu/epitoepar/futes-es-hutes/feluletfutes-hutes-kulonleges-felhasznalasok/epuletszerkezet-temperalas/bkt-modul-kesz-betonelemekre-torteno-fekteteshez	129
30. ábra – http://www.designbuilder.co.uk/helpv3.1/Content/Phase_Change.htm	131
31. ábra – http://www.threadsmagazine.com/item/10986/whats-on-your-sewing-wish-list	132
32. ábra – http://static1.architectforum.hu/files2012/n00/00/13/52/phpkigdxp-9.jpg	133
33. ábra – Trane katalógus	137
34. ábra – VTS katalógus.....	139
35. ábra – Regale katalógus	143
36. ábra – Városliget építési szabályzat	159

37. ábra –	
http://www.magyardmuzeumok.hu/kiallitas/2023_70_eve_dolt_romba_a_kozlekedesi_muzeum	
.....	169
38. ábra – http://budapest.varosom.hu/latnivalok/muzeum/Kozlekedesi-Muzeum.html	170
39. ábra – Magyar Mezőgazdasági Múzeum adatszolgáltatás	174
40. ábra – A Műjégpálya hűtőgépházában készített saját fénykép	178
41. ábra - A Műjégpályán készített saját fénykép	182
42. ábra - A Műjégpályán készített saját fénykép	183
43. ábra – http://varosliget.info/index.php/olof-palme-haz/tortenete	189
42. ábra – Az Olof Palme Ház vázlatos alaprajza	190
43. ábra – Napelemes kültéri lámpa	193
44. ábra - http://www.alkotomuveszet.hu/index.php/kiallitohelyek/olof-palme-haz	198
45. ábra - http://www.kozvilagitas.com/#prettyPhoto	203
46. ábra - Saját ábra	209
47. ábra – Saját ábra	215
48. ábra - Saját ábra	220

12. MELLÉKLETEK

1. sz. melléklet – Helyszínrajz a Főtáv Zrt. előzetesen tervezett nyomvonalával
2. sz. melléklet – Főtáv Zrt. árajánlata
3. sz. melléklet – Thermowatt Kft. adatszolgáltatása – a Fővárosi Csatornázási Művek Sajtó utcai gyűjtőcsatorna vízhozam mérése.
4. sz. melléklet – Az új múzeumépületek WinWatt szoftverrel készített hőtechnikai számításai
5. sz. melléklet – A Műcsarnok alaprajzai (Műcsarnok adatszolgáltatás)
6. sz. melléklet – A Műjégpálya alaprajzai (Műjégpálya adatszolgáltatás)
7. sz. melléklet – Emlékeztető 2014.09.08. - A Liget Budapest projekt energiastratégiájának kialakítása, a vizsgálat feladatainak egyeztetése