

DIPLOMADOLGOZAT

Nikoletti Balázs

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Létesítménymérnök MSc képzés

Épületgépész tervező szakirány

Műemlékvédelmi épület gépészeti korszerűsítése

Belső konzulens: Benécs József

Tanszéki munkatárs

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** **Műszaki / Épületgépészeti és
Energetikai**

Külső konzulens: Makáry Csaba

Okleveles gépészmérnök

Készítette: **Nikoletti Balázs**

KBA5YW

Műszaki Intézet, Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

2025

MŰSZAKI INTÉZET
LÉTESÍTMÉNYMÉRNÖKI MESTERSZAK
Épületgépész specializáció

DIPLOMADOLGOZAT
feladatlap

Nikoletti Balázs (KBA5YW)

részére

A diplomadolgozat címe:

Műemlékvédelmi épület gépészeti korszerűsítése

Feladatkiírás:

Vizsgálja meg a műemlékvédelmi épületek gépészeti rendszereire vonatkozó előírásokat.

Tervezze meg egy belvárosi műemlékvédelmi épület fűtés-hűtési rendszerét, az előírások, az energiatudatosság és a fenntarthatóság szempontjait is figyelembevéve.

Hasonlítsa össze a kapott rendszert egy nem műemlékvédelmi épület gépészeti megoldásaival.

Elemesse és tegyen javaslatot egy műemlékvédelmi épület fűtés-hűtési energiaellátásának megoldásaira.

Közreműködő tanszék: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Külső konzulens: Makáry Csaba, Agorex Kft.

Belső konzulens: Benécs József, MATE, Műszaki Intézet

A dolgozat beadási határideje: 2025 április 17.

Kelt: Budapest, 2025. év 02 hó 13 nap

Jóváhagyom	Átvettem	
 _____ (tanszékvezető)	 _____ (szakfelelős)	 _____ (hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Kelt: Budapest, 2025. év 03 hó 17 nap



(külső konzulens)

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	4
2. Szakirodalmi áttekintés	5
2.1. Műemlékvédelmi épületek	5
2.2. Passzív energia csökkentési lehetőségek.....	8
2.2.1. Üvegezés javítása	9
2.2.2. Árnyékolás javítása	12
2.2.3. Belső oldali homlokzat szigetelés	20
3. Műemlékvédelmi épületek gépészeti rendszereinek energiatudatos felújítási korlátjai (kiinduló adatok)	31
3.1. Passzív energiacsökkentésekkel elérhető megtakarítások.....	31
3.2. Vízellátáshoz kapcsolódó ellenőrzési számítások.....	32
3.3. Optimális hőtermelők kiválasztása.....	32
3.4. Légkezelő berendezés méretezése.....	32
4. Témaépületem bemutatása	33
4.1. Energetikai számítás.....	35
4.1.1. Rétegrendek.....	37
4.1.2. Energetikai mutatók	43
4.2. Passzív energia csökkentési lehetőségek vizsgálata.....	44
4.2.1. Tető szigetelés	44
4.2.2. Belső oldali homlokzati szigetelés és talajjal érintkező fal hőszigetelése.....	46
4.2.3. Üvegezés cseréje	47
4.2.4. Összegzés	48

4.3	Épület funkciójából adódó elvárások és előírások	50
5.	Témaépületem gépészeti megoldásai.....	52
5.1	Vízellátás-csatornázás	52
5.2.	Csapadékvíz	67
5.3.	Hő és hűtési energiaellátás	68
5.3.2.	Hő-és hűtési energiatermelés.....	69
5.4.	Légtechnika	80
5.5.	Épületgépészeti tűzvédelem	88
5.5.2.	Lépcsőházak	88
5.5.3.	Átrium hő-, és füstelvezetés	89
5.5.4.	Pinceszinti közösségi terület hő-, és füstelvezetése	89
5.5.5.	Oltóvíz, tűzcsap hálózat	90
6.	Összefoglalás.....	91
	Summary	92
	Irodalomjegyzék	93
	Hallgatói nyilatkozat.....	96
	Konzulensi nyilatkozat.....	97

1. Bevezetés

Hazánkban folyamatos igény és kérdés a műemlékvédelmi épületek felújítása, azok helyes kivitelezése. Dolgozatom célja, hogy ezt a témát gépészeti szempontból külön megvizsgáljam, egy konkrét budapesti épületen keresztül. Továbbá célom, hogy a megoldási javaslatom megfeleljen a jelen kor elvárásainak, mind energiatudatosság, mind gazdaságosság és az előírásoknak való megfeleltetés szempontjából.

A fenti cél teljesíthetősége végett először tanulmányt készítek a műemlékvédelmi épületek gépészeti vonatkozásairól, valamint megvizsgálom, hogy milyen passzív energiacsökkentési lehetőségek vannak, a külső homlokzati szigetelésen kívül. Ezután keresem a leoptimálisabb gépészeti kialakítást figyelembe véve a megvalósíthatósági, üzemeltetési és energiahatékonysági szempontokat. Kutatásom során szeretném bemutatni a felmerülő problémákat, hátrányokat, és azok kezelését.

A témaépületem bemutatása után általános megoldási javaslatokat teszek a rossz energetikai mutatókkal rendelkező műemlékvédelmi épületek energiaellátására. Külön megvizsgálva ezen épületek hőtermelői megoldásait.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Műemlékvédelmi épületek

A műemlék definíciója:

Műemlék: Olyan közhiteles nyilvántartásban nyilvántartott műemléki érték, amelyet miniszteri döntéssel, határozattal vagy e törvény alapján miniszteri rendelettel védetté nyilvánítottak. [2001. évi LXIV. tv.]

Ebből látszik, hogy miniszteri rendelettel védett épületről van szó, így más előírások vonatkoznak ezen épületekre, mint az átlag épülettípusokra.

A sajátos építményekkel kapcsolatban az Építési törvény speciális előírást is tartalmaz. [Építési törvény - Étv.]

„Az építésügyi hatóság az építményekkel - beleértve a hatáskörébe tartozó sajátos építményfajtákkal és a műemléki védelem alatt álló építményekkel - kapcsolatos építési tevékenységgel összefüggő engedélyezési, kötelezési és ellenőrzési feladatai során az építményekre vonatkozó általános érvényű településrendezési és építési követelményeket juttatja érvényre. A sajátos építményfajtákkal és a műemléki védelem alatt álló építményekkel kapcsolatos építési tevékenység esetén a hatáskörrel rendelkező építésügyi hatóság a sajátos építményfajtákra és a műemlékekre vonatkozó jogszabályi követelményeket is érvényesíti.”

[Építési törvény - Étv]

Az Étv. előírásait a sajátos építményfajták, valamint a műemlékvédelem alatt álló építmények és területek tekintetében a rájuk vonatkozó külön törvényekkel, kormányrendeletekkel, miniszteri rendeletekkel és önálló szabályozó szerv vezetője által kiadott rendeletekkel együtt, a bennük foglalt kiegészítésekkel és eltérésekkel kell alkalmazni. [1997. évi LXXVIII. törvény]

Műemlékek tervezésével és megvalósításával kapcsolatos jogosultságok kiadására kizárólag az Építész Kamara jogosult. [1997. évi LXXVIII. törvény]

Az építészeti örökséghez tartoznak a műemlékek, a műemléki környezetek, a műemléki jelentőségű területek és a történeti tájak. Az építészeti örökség megfelelő fenntartása és megóvása közérdek.

Az építésügyi és az építésüggyel összefüggő szakmagyakorlási tevékenységekről szóló 266/2013. (VII. 11.) Kormányrendelet szerint a tervezési program tartalmazza a tervezési feladat részletes leírását, megnevezve az építési tevékenységet. A tervezési programban a tervezés tárgyától függően ismertetni kell — műemlékek esetén — többek között az értékleltár és az építéstörténeti kutatási dokumentáció alapján rögzített műemlékvédelmi szempontokat. [266/2013. (VII. 11.) Kormányrendelet]

Energetikai vonatkozásban, az ÉKM rendelet nem terjed ki a műemléki épületekre, emiatt nincsenek előírt hőátbocsátási tényezők az épület szerkezeteire:

A 9/2023. ÉKM rendelet hatálya nem terjed ki azon műemlék épületre, helyi védelem alatt álló épületre és azok épületelemeire, amelyek esetében az energiahatékonyságra vonatkozó minimumkövetelmények betartása a műemléki vagy a helyi védettséget megalapozó érték megváltoztatását eredményezné. [9/2023. ÉKM rendelet]

A műemlék épületnek vagy a helyi védelem alatt álló épületnek a felújítása vagy bővítése esetében figyelemmel kell lenni az a kulturális örökség védelmével kapcsolatos szabályokról szóló kormányrendeletben foglaltakra. [68/2018. (IV. 9.) Korm. rendelet]

A műemléket a törvény előírásai szerint az értékének, jellegének, történelmi jelentőségének megfelelően, ahhoz méltóan, a veszélyeztetését kizáró módon kell használni, hasznosítani. Helyreállítása során törekedni kell az eredeti állapotának visszaállítására.

Műemlékek esetében figyelni kell arra, hogy egyes, más épületek esetében építési vagy más hatósági engedélyhez nem kötött tevékenységeket is csak a KÖH (Kulturális Örökségvédelmi Hivatal) engedélyével lehet végezni, így pl.

- reklámok elhelyezése a műemléken
- funkciójának, használati módjának megváltoztatása
- egyes részeinek, szerkezeti elemeinek elmozdítása
- megóvási, restaurálási, átalakítási munkák
- műemlék jellegét és megjelenését befolyásoló fényforrás elhelyezése, üzemeltetése

A KÖH műemlékvédelmi érdekből a műemlék felújítási, helyreállítási munkáinak engedélyezése során az építési szabályoktól, nemzeti szabványoktól – az élet- és vagyonbiztonság követelményeinek megtartásával – eltérhet. **[68/2018. (IV. 9.) Korm. rendelet]**

A műemlékvédelemmel kapcsolatos szakmagyakorlási feltételek:

A műemlékek kutatási, tervezési, fenntartási és helyreállítási munkálatait a miniszter, valamint a művelődési és közoktatási miniszter együttes rendeletében meghatározott minősítéssel rendelkező kutató, tervező, kivitelező, illetve restaurátor végezheti.

A műemlékek fenntartási és helyreállítási munkálatainál az eredeti, illetve hagyományos műszaki megoldások és építőanyagok használatát előnyben kell részesíteni. **[1997. évi LIV. törvény]**

A tervezett beavatkozás mértékétől és jellegétől függően a Kulturális Örökségvédelmi Hivatal az engedély iránti kérelemhez egyéb mellékleteket is előírhat, így különösen **épületgépészeti** és elektromos tervet.

A Kulturális Örökségvédelmi Hivatal az engedély megadását megtagadja, ha

a) a tervezett tevékenység következtében a műemlék jellegét, történelmi jelentőségét, hitelességét, eredeti eszmei jelentőségét jelentősen sértő állapot jönne létre,

- b) a tervezett tevékenység a műemlék arányrendszerét rontja, értékei érvényre jutását gátolja,
- c) a tervezett beavatkozás műemléki érték pusztulását eredményezné. **[68/2018. (IV. 9.) Korm. rendelet]**

A fentiekből jól látszódik, hogy a műemlékvédelmi épületek felújításának lehetőségeit elsősorban a Kulturális Örökségvédelmi Hivatal szabályozza. Energetikai szempontból főként a homlokzatokat és a tetőket védik, melynek következtében külső homlokzati szigetelést legtöbbször nem, vagy csak korlátozottan lehet alkalmazni ezen épületeknél. Így jelentős passzív energiaigény csökkentés nehezebben érhető el ezen épületek esetében.

2.2. Passzív energia csökkentési lehetőségek

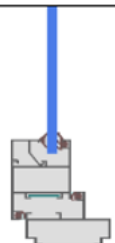
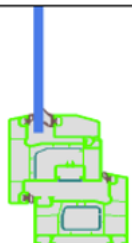
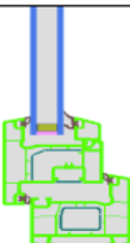
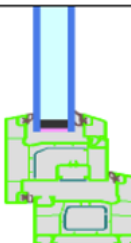
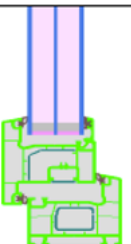
Műemlékvédelmi épületeknél elsősorban az alábbi szerkezeti felújításokkal érhető el energetikai javulás, CO₂ kibocsátás csökkenés:

2.2.1. Üvegezés javítása

Habár a homlokzati ablakok keretei általában védettség alatt állnak, az üvegezés cseréjét többnyire engedélyezik. Mellyel jobb hőátbocsátási tényező érhető el. [Szűts 2016]

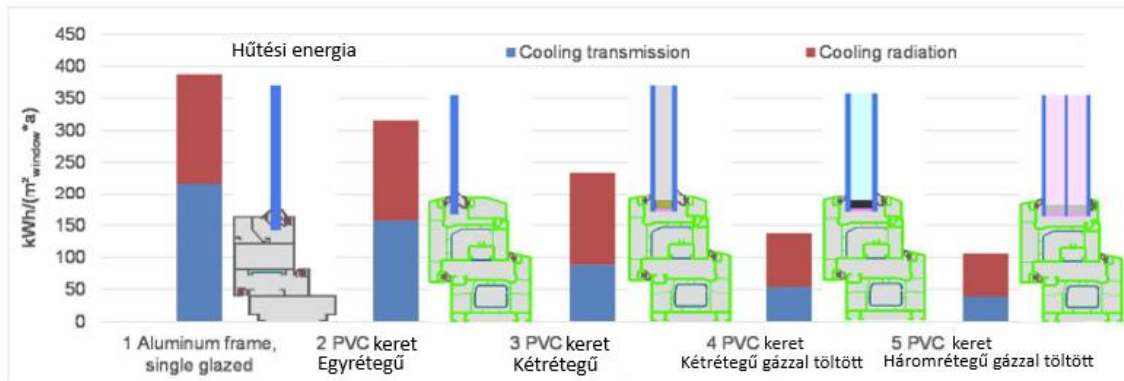
Egy korábbi tanulmány foglalkozott különböző üvegezési konfigurációk hőtechnikai jellemzőinek összehasonlításával, melynél az alábbi üvegszerkezet típusokat vizsgálták:

1. táblázat Különböző típusú keret-üveg típusok hőtechnikai jellemzői (Forrás:Krick 2016)

Model					
Ablak	Standard Aluminum	Aluplast Ideal 2000	Aluplast Ideal 2000	Aluplast Ideal 2000	Aluplast Ideal 2000
b_r [mm]	88	107			
U_r [W/(m ² K)]	6,52	1,64	1,60	1,59	1,56
Ψ_g [W/(mK)]	-0,015	-0,013	0,033	0,051	0,031
Glazing	Single	Single	Double	Double Low-e	Triple Low-e
U_g [W/(m ² K)]	5,68		2,85	1,04	0,59
U_w [W/(m ² K)]	5,83	3,92	2,43	1,45	1,11
g [-]	0,85		0,78	0,45	0,36
Invest [€/m ²]	45	70	84	107	127
Ψ_f [W/(mK)]	0,111	0,044			

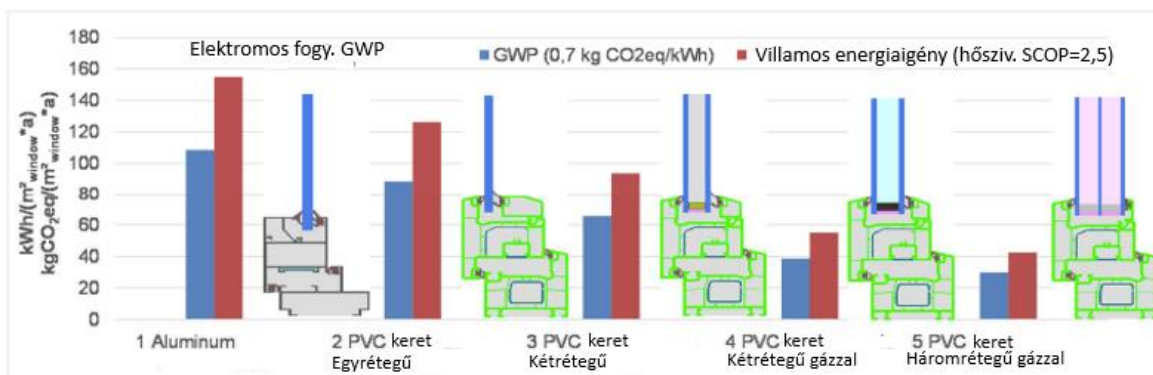
Látható, hogy az azonos keretezésnél, az üveg rétegek növelésével hogyan változnak a hőtechnikai jellemzők. Az U_g – üvegezés hőátbocsátási tényezője és az U_w – összesített hőátbocsátási tényezője jelentősen javul a rétegek növelésével, akárcsak az üvegezés g értéke, mely megadja, az összenergia átadás mértékét.

A vizsgálatot egy Indiai társasházra végezték el. Melynél kiértékeltek az üvegezés cseréjének hatásait.



1. ábra Üvegezés hatása a hűtési energiaigényre (Forrás: Krick 2016)

Látható, hogy az azonos keret megtartásánál, kizárólag az üveg rétegek növelésével 325 kWh/m²*év-ről csökkenthető a hűtési energiaigény közel 100 kWh/m²*év-re. [Krick 2016]



2. ábra Üvegezés hatása a CO2 kibocsátásra (Forrás: Krick 2016)

A vizsgált épületnél EER=2,5 hatékonyságú hőszivattyús hűtést feltételeztek. Így adódott ki a fenti GWP csökkenési potenciál (harmadára csökkenthető az egy rétegű ablak cseréje három rétegűre). [Krick 2016]

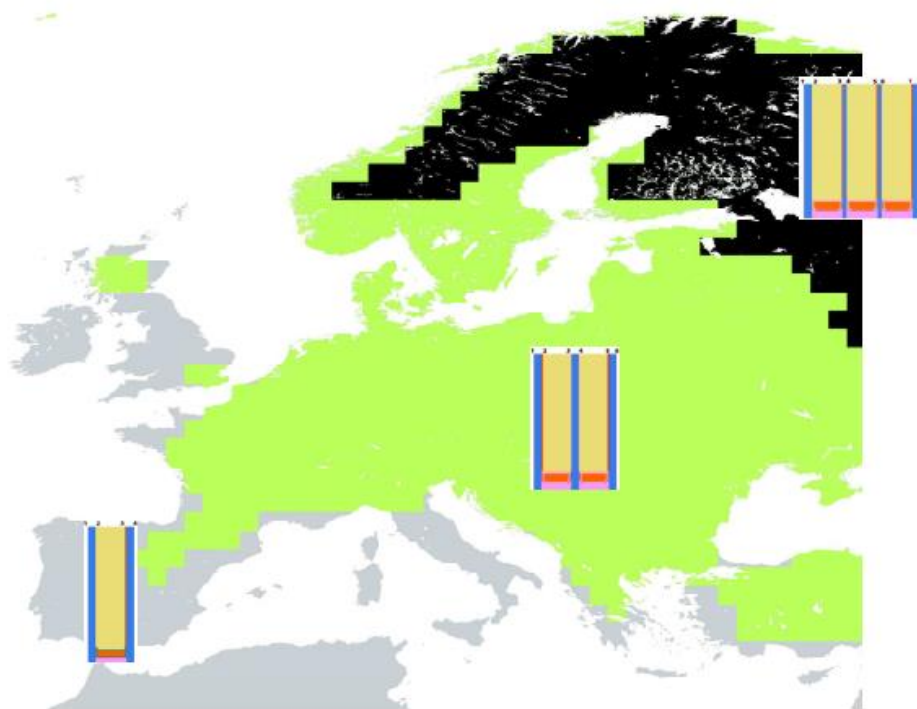
A tanulmány kimutatta, hogy a műanyag ablakok alkalmazása jelentős energia- és CO₂-megtakarítást eredményez, miközben gazdaságilag is előnyös. Különösen igaz ez a két- vagy háromrétegű hőszigetelő üvegezéssel ellátott változatokra.

A háromrétegű üvegezésű műanyag ablak éves szinten annyi CO₂-kibocsátás csökkentést eredményez a vizsgált esetenél, amely 660 km autózásnak felel meg egy VW Golf VI 1.6 TDI modellel.

A költségmegtakarításon túl a felhasználók további előnyökhöz is jutnak, például jobb hangszigeteléshez és nagyobb termikus komforthoz, amelyet a többrétegű üvegezés biztosít. **[Krick 2016]**

Fontos kiemelni, hogy a fenti eredmények egy Indiai épületre lettek kidolgozva, ahol mások az éghajlati viszonyok, mint hazánkban, viszont egy jó becslést adhat az energiamegtakarítási potenciálra.

Készült egy 2013-as kalkuláció, ahol kimutatták, hogy az akkori gazdasági helyzetben az Európai régiókon belül, melyik térségben milyen réteg üvegezés a legoptimálisabb az ablak élelciklusát tekintve. Látható, hogy már az akkori gazdasági feltételeknél is 3 réteget javasoltak a Közép-Európai régióban. Azóta az energiaárak intenzív növekedése miatt feltételezhetőleg az optimális választás egyre jobban a több rétegű ablakok felé tolódik. **[Krick 2013]**



3. ábra Optimalis üveg réteg Európában (Krick 2013)

2.2.2. Árnyékolás javítása

A hűtési energiaigény elsődleges csökkentési lehetősége, a megfelelő árnyékolás létrehozása. Habár műemlékvédelmi épületeknél utólagosan külső árnyékoló csak korlátozottan, vagy egyáltalán nem építhető ki, de belső árnyékolást többnyire meg lehet valósítani. Vizsgálatom során kitérek a napvédő üvegezés lehetőségeire és hatásaira.

Az árnyékolás nélküli üvegezés jellemzőinek hatásai a teljes energiaigényre:

A tanulmány során felvett üvegezési jellemzők:

2. táblázat Alapul vett üvegezés műszaki jellemzői (Forrás: Szabó 2013)

Kategória	Üvegezés		
	U_g [W/m ² K]	g [-]	τ_v [%]
1	a	2,7	0,75
	b		25
	c		50
2	a	1,1	0,60
	b		20
	c		45
3	a	0,6	0,50
	b		15
	c		35

Ahol

- (1) hagyományos kétrétegű szigetelő üvegezés,
- (2) kétrétegű low-e szigetelő üvegezés argon gáztöltéssel és
- (3) háromrétegű low-e szigetelő üvegezés argon gáztöltéssel
- (a) színezetlen alapüvegű összeállítás,
- (b) hagyományos napvédő üvegezés (alacsony g és τ_v érték, ~0,75 szelektivitási index), valamint
- (c) szelektív napvédő üvegezés (alacsony g és magasabb τ_v érték, 1,4 ... 2,0 szelektivitási index).

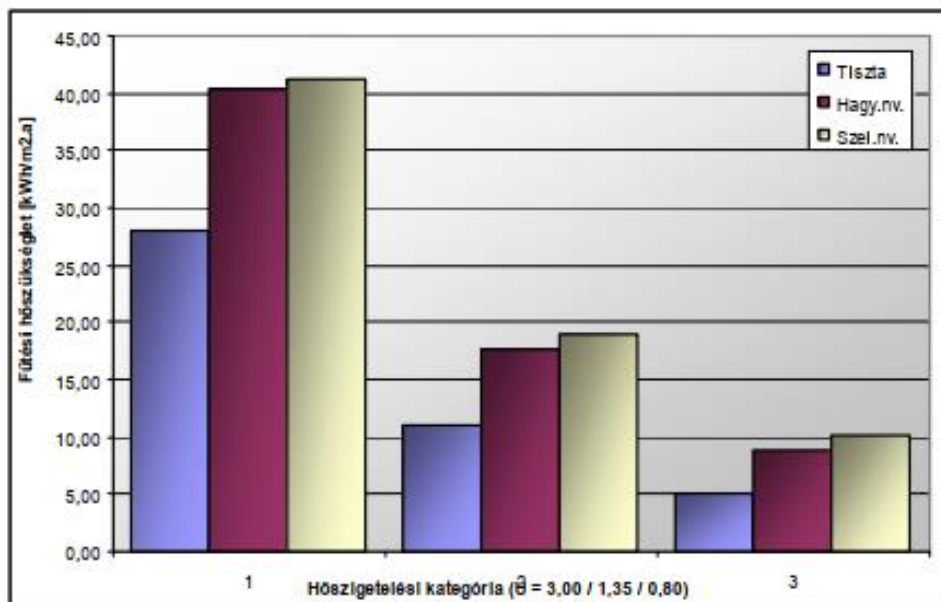
[Szabó 2013]

A napvédő üvegezés hatását a fűtési, a hűtési és a világítási energiákra vonatkozóan vizsgálom.

Habár a hűtési energiaigény csökkenthető a napvédő üvegezéssel, fűtés esetében a szoláris hőnyereség csökken, így a fűtési energia szükséglet növekedhet.

A fűtési energiaigény alakulásából megfigyelhető, hogy a legmeghatározóbb tényező a transzmissziós hőveszteség, amely szoros összefüggésben áll az U_w -értékkel. Emellett jelentős hatást gyakorol a téli napsugárzásból származó hőnyereség is, amely napvédő üvegezés esetén kisebb mértékű, mint tiszta üvegnél. A különbség annál jelentősebb, minél alacsonyabb a transzmissziós hőveszteség. [Zöld 1980]

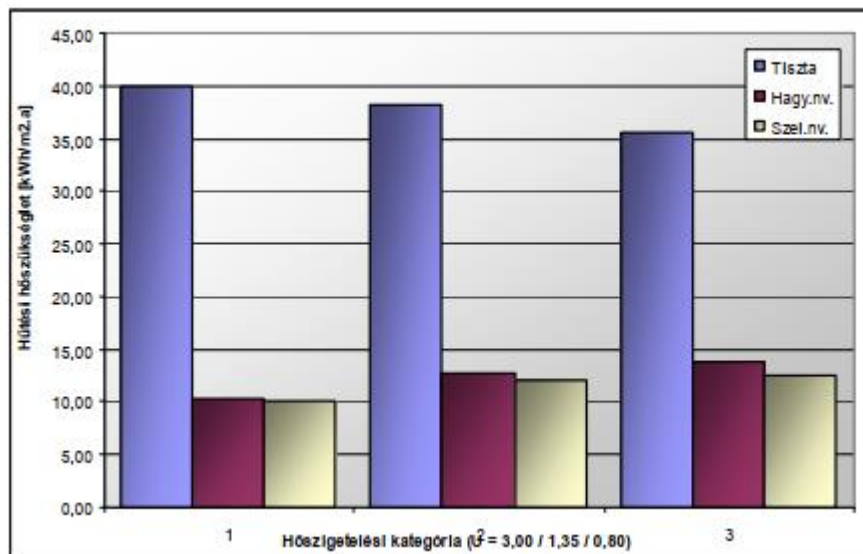
A fűtési hőszükséglet hagyományos szigetelő üveg használatával 44-47%-kal, kétrétegű szigetelő üvegezésnél 60-72%-kal, míg háromrétegű szigetelő üvegezés esetén 72-95%-kal magasabb (akár a kétszerese is lehet), ha napvédő üvegezést alkalmaznak. A kétféle napvédő üvegezés közötti eltérés abból adódik, hogy a hagyományos napvédő üvegezés esetén a világítási energiafelhasználás magasabb és az ebből származó hulladékhő hozzájárul a fűtéshez. [Szabó 2013]



4. ábra A fűtési energiaszükséglet alakulása az üvegezés függvényében (Forrás: Szabó 2013)

A hűtési igény jelentősen magasabb tiszta üvegezés esetén, mivel annak magas g-értéke a napvédelem gyakorlatilag teljes hiányát jelzi. Ez a különbség sokkal markánsabb, mint a fűtési energiaigényben tapasztalható eltérések.

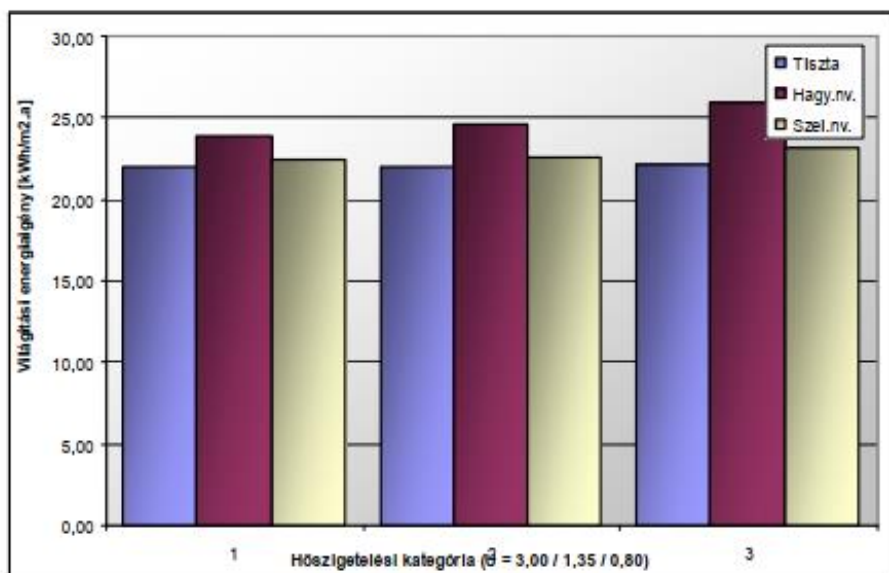
A nyári hőterhelés sugárzás és transzmisszió révén jut be a belső térbe, és ezek aránya az alkalmazott üvegezés típusától függően változik. A napvédő üvegezések esetén a kedvezőbb U-érték miatt némileg megnő a hűtési energiaigény, mivel az éjszakai hőleadás az üvegezett szerkezeten keresztül mérsékeltebb. A két különböző napvédő üvegezés közötti kisebb eltérést elsősorban a világítási energiafelhasználás különbsége okozza. Nyári időszakban a nagyobb világítási igényből származó hulladékhő többlet hűtési energiát igényel. [Szabó 2013]



5. ábra A hűtési energiaszükséglet alakulása az üvegezés függvényében (Forrás: Szabó 2013)

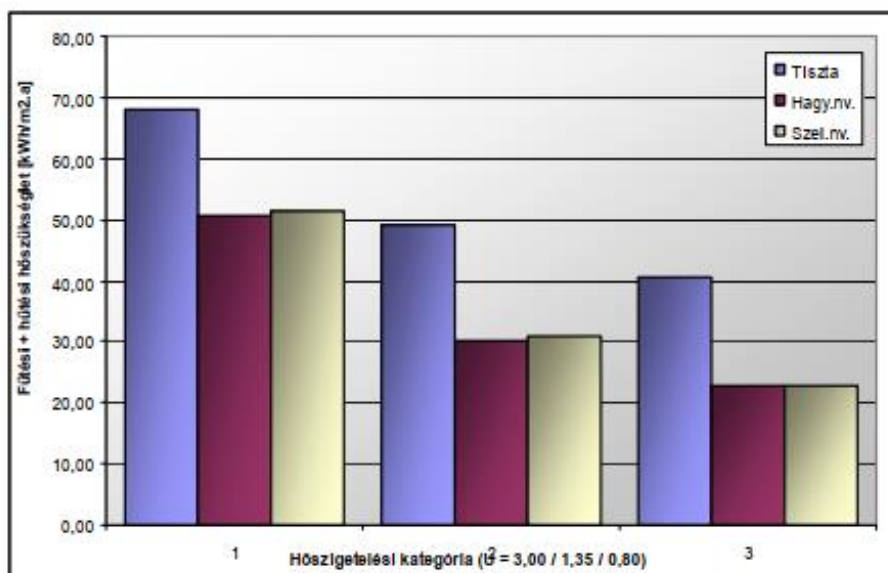
Az irodater mesterséges megvilágításának energiaigénye az üvegezés fénytárcsátási tulajdonságaitól függ. A hagyományos napvédő üvegezés alacsonyabb tv értéke hosszabb világítási üzemidőt és magasabb energiafelhasználást eredményez, míg a korszerű szelektív üvegezés esetén a világítási energiaigény csupán minimálisan haladja meg a tiszta üvegezésnél tapasztalható szintet.

A világításból származó hulladékhő télen hozzájárul a fűtési rendszer hőszükségletének csökkentéséhez, míg nyáron a hűtési rendszernek kell eltávolítania a belső térből. [Szabó 2013]



6. ábra A világítási energiaszükséglet alakulása az üvegezés függvényében (Forrás: Szabó 2013)

A fűtési, hűtési és világítási energiaigények alakulása eltérő tendenciát mutat. Emiatt fontos értékelni az összesített energiaigények arányait. A számított fűtési és hűtési összes energiaigény az alábbiak szerint alakul:

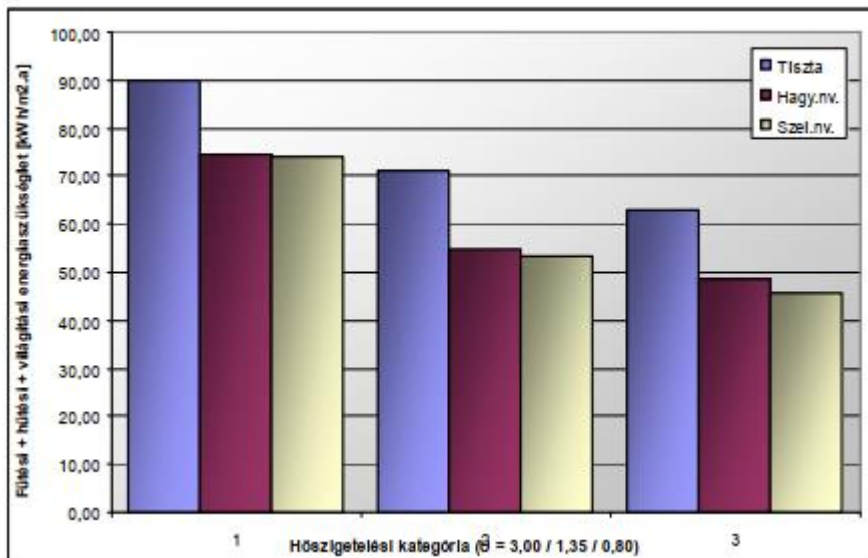


7. ábra A fűtési + hűtési energiaszükséglet alakulása az üvegezés függvényében (Forrás: Szabó 2013)

Korábban láthattuk, hogy az üvegezések közötti eltérések a hűtési energiaigényben markáns, de eltérő irányú különbségeket eredményeztek. Ennek következtében az összesített fűtési és hűtési energiaigény napvédő üvegezések esetén jelentősen alacsonyabb: az U_w kategórián belül a tiszta alapüveghez képest 56-76%-kal csökken, a legnagyobb eltérés a korszerű háromrétegű üvegezésnél figyelhető meg.

Érdemes megjegyezni, hogy a hagyományos és a szelektív napvédő üvegezések között nincs jelentős különbség: az U_w kategórián belül a szelektív napvédő üvegezés esetén a fűtési és hűtési direkt energiafelhasználás legfeljebb 2-3%-kal magasabb. [Szabó 2013]

Az arányokat csekély mértékben módosítja a világítás energiaigény számbavétele:



8. ábra A teljes (fűtési + hűtési + világítási) energiaszükséglet alakulása az üvegezés függvényében (Forrás: Szabó 2013)

Árnyékolatlan homlokzat esetén továbbra is a tiszta üvegezés mutat legmagasabb energiaigényt, azonban egyrészt az eltérések aránya mérséklődik, másrészt a napvédő üvegezések között az arány fordul: a szelektív üvegezés a kisebb világítási energiaigény révén alacsonyabb energiaigényt eredményez. [Szabó 2013]

Összegezve, bármely hőszigetelő értékű csoportban a tiszta üveghez képest a napvédő üvegek alkalmazásával 17-27% csökkenés érhető el energiafelhasználásban. A legkorszerűbb napvédő üvegezés mellett az összenergiaigény a hagyományos tiszta üvegezéshez képest kb. 50%. **[Szabó 2013]**

Fontos megjegyezni, hogy az arányokat befolyásolja a tájolás, a klimatikus viszonyok és a környezeti árnyékolási hatások is.

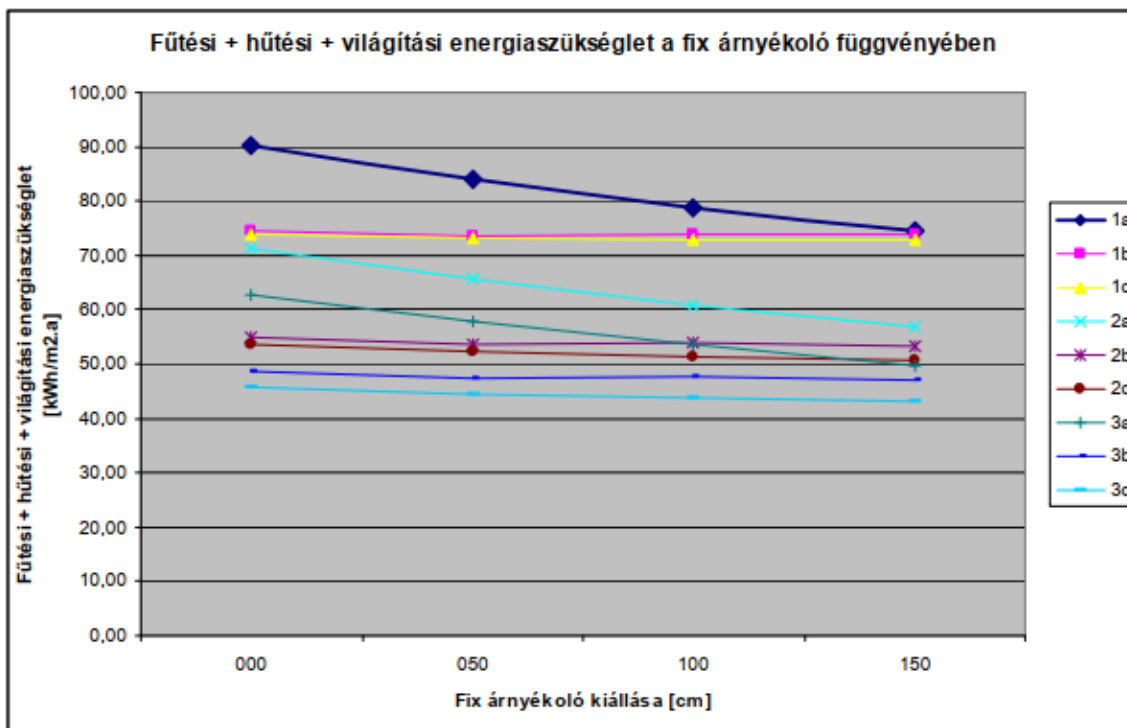
A fenti tanulmány egy fiktív, de műszaki paramétereiben jellemző épület modelljén elvégzett számítógépes épületenergetikai szimulációval készült, hazai klimatikus viszonyokat feltételezve.

Napjainkban a legtöbb épületnél a hűtési energiaigények meghaladják a fűtésit, a napvédő üvegezésen kívül a hűtési energiaigények csökkentése érdekében logikusan árnyékolók használatával lehet mérsékelni a szoláris nyereségeket, melyek legnagyobb értékben növelik a hűtési energiaigényt.

Az árnyékolók közül a fix árnyékolást és a mozgatható vezérelt külső árnyékolók hatását vizsgálom az energiaigényekre.

A nyári naphőterhelés elleni védelem egyik hatékony megoldása lehet a D-hez közeli tájolású homlokzatok esetében az ablaksávok felett elhelyezett fix konzolos külső árnyékoló szerkezet. Megfelelő geometriai kialakítással és pozicionálással ez a megoldás úgy csökkenti a nyári hőterhelést, hogy közben a téli naphőnyereséget – az alacsonyabb beesési szög miatt – nem akadályozza meg. **[Széll 2011]**

A továbbiakban látszódik, hogy az épület energiaigényét hogyan befolyásolja a különböző méretű, közvetlenül az ablaksáv felett elhelyezett fix árnyékolók alkalmazása. A szimulációkat háromféle kiállítású (50, 100 és 150 cm), vízszintes, átlátszatlan árnyékolóval végezték el, figyelembe véve a meghatározott üvegezési típusokat. **[Szabó 2013]**



9. ábra Fűtési + hűtési + világítási energiaszükséglet a fix árnyékoló méretének függvényében
(Forrás: Szabó 2013)

A teljes fűtési, hűtési és világítási energiaigény a fix árnyékoló hatására tiszta üvegezés esetén 17-21%-kal, hagyományos napvédő üvegezésnél 1-3%-kal, míg szelektív napvédő üvegezésnél 2-6%-kal csökken.

A 150 cm kiállású fix árnyékoló mellett számított teljes energiaigény az 1a típusú üvegezés esetében a 60%-os homlokzati üvegezésű épület értékével egyezik meg, míg a legkorszerűbb 3c üvegezés esetén a 75%-os homlokzati üvegezéssel számított értékkel közel azonos. Ez azt jelenti, hogy a fix árnyékoló hatása ezzel a két paraméterrel nagyjából egyenértékű. [Szabó 2013]

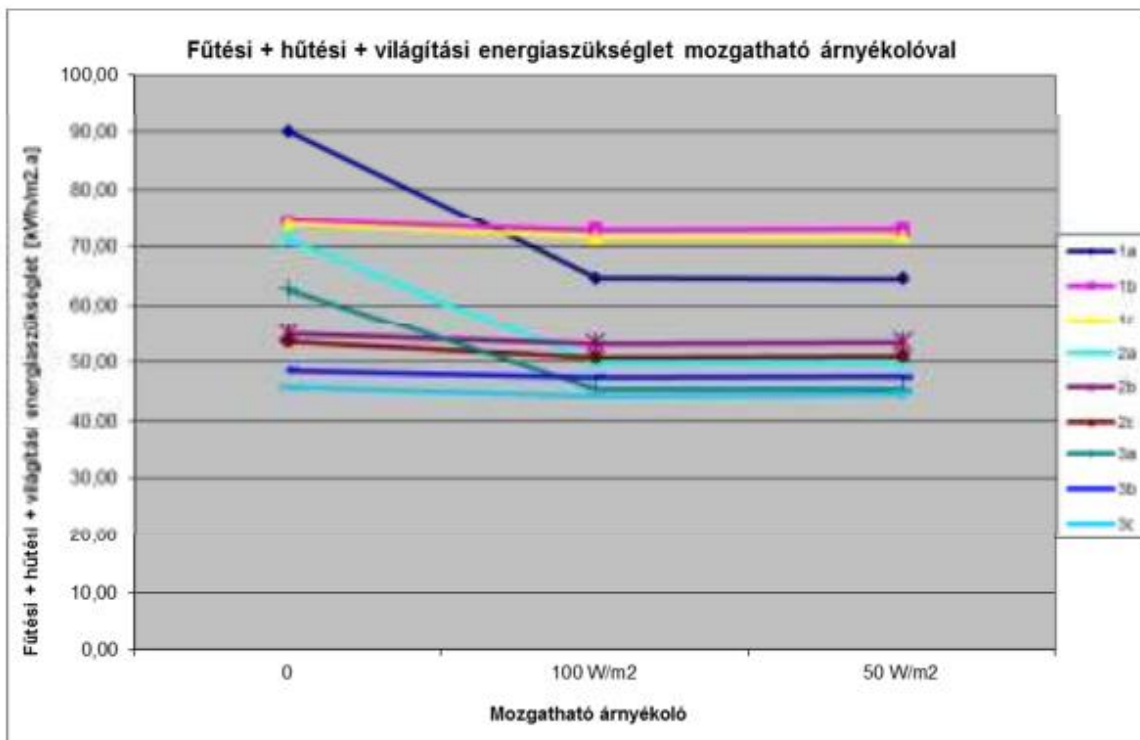
Bár a jelen kutatás ezt nem vizsgálta részletesen, érdemes megemlíteni, hogy a fix árnyékolók nemcsak az energiaigényt befolyásolják, hanem jelentős szerepet játszhatnak a direkt napsugárzásból adódó erős fénykontraszt, káprázás csökkentésében, valamint az üvegezett homlokzat közelében a lokális hőkomfort javításában is. Ezek a szempontok önmagukban is indokolhatják alkalmazásukat. [Naai-Jung 2001]

Az eddig vizsgált napvédelmi építészeti megoldások mind statikus rendszerek voltak, ideértve a különböző napvédő üvegezéseket és a fix árnyékolók alkalmazását. A napvédő üvegezés tulajdonságai állandóak, nem reagálnak sem az évszakok, sem a napi időjárás változásaira, míg a fix árnyékolók hatása kizárólag az évszaktól függő napsugárzási beesési szög alapján módosul.

Egyértelmű, hogy a nyári időjárási változásokhoz igazodó, adaptív napvédelmi rendszerek további lehetőségeket kínálnak a hűtési energiaigény csökkentésére. Ezért fontos megvizsgálni, hogy a mozgatható, vezérelt külső árnyékolók milyen mértékben képesek alkalmazkodni a környezeti viszonyokhoz, és ezáltal mérsékelni az energiafelhasználást.

A vizsgálat külső lamellás árnyékolót vesz figyelembe, amelynek lamellái fix, 45°-os dőlésszögűek. Az árnyékoló vezérlése a homlokzatot érő fajlagos hőterhelés alapján történt a szimuláció során: az árnyékoló leeresztése 100 W/m², illetve 50 W/m² küszöbérték felett valósult meg.

A szimuláció eredménye az alábbiak szerint alakult:



10. ábra Fűtési + hűtési + világítási energiaszükséglet a mozgatható árnyékoló függvényében (Forrás: Szabó 2013)

A fűtési és hűtési energiaigény együttes összege tiszta alapüvegű homlokzatok esetén jelentős csökkenést mutat, 39-46%-kal alacsonyabb a teljesen árnyékolás nélküli állapothoz képest. Ezzel szemben, ha az épület már eleve napvédő üvegezéssel van ellátva, az összesített fűtési és hűtési energiaigény csökkenése mérsékeltebb, mindössze 6-14%-os változás figyelhető meg. **[Szabó 2013]**

A fentiekből egyértelműen látható, hogy az üvegezés minősége és az árnyékolás utólagos kialakításával milyen mértékű energiamegtakarítások érhetőek el. A műemlékvédelmi épületek felújításának vonatkozásában mindenképp fontos szempont ezen lehetőségek kiaknázása, a műemlékvédelmi értékek sértése nélkül.

2.2.3. Belső oldali homlokzat szigetelés

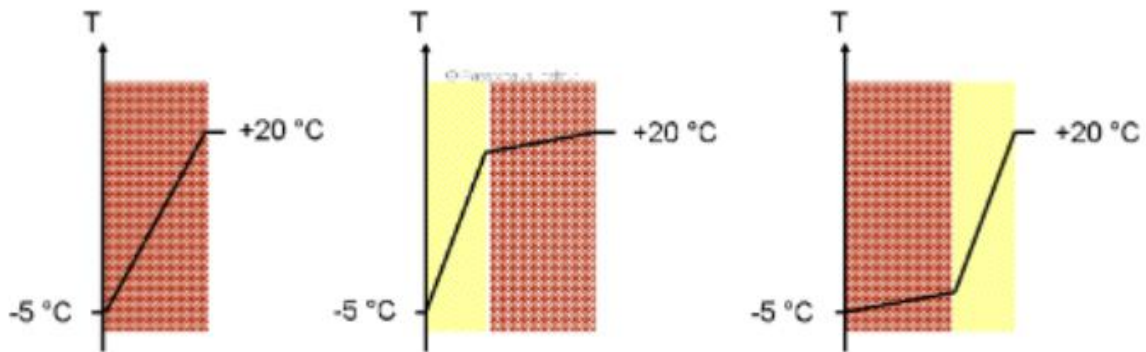
Habár legtöbbször az épületeknél több logikus szempontból is a külső oldali hőszigetelés javasolt, szeretném megvizsgálni, hogy a belső oldali homlokzati hőszigetelésnek milyen feltételei vannak, és hogy a műszaki tudományban miért indokolt az ettől való félelem.

Mivel a hőszigetelés a falszerkezet belső, meleg oldalára kerül, a téli-nyári hőingadozások miatt a falak nagyobb igénybevételnek lesznek kitéve. Az alacsonyabb falhőmérséklet magasabb relatív páratartalmat eredményez ugyanazon abszolút nedvességtartalom mellett. Ezenkívül csökken a falazat szárítási potenciálja. **[Ottinger 2015]**

Ezen okok miatt különös figyelmet kell szentelni a falszerkezetek állagmegóvására és a páralecsapódás elkerülésére. Mivel a téli állapotban a teljes keretmetszetében átfagyott falak belső felületén a páralecsapódás veszélye fokozottan fennállhat. A belső oldali hőszigetelés eltérő alapelvekkel, kapilláraktív, vagy párazáró anyagok alkalmazása mellett valósulhat meg, minden esetben kötelezően vizsgálni kell a falszerkezet páratechnikai és állékonysági kérdéseit. **[Horváth 2024]**

A fenti problémáról számos esettanulmány készült, mérések alátámasztásával. Az általam vizsgált szakirodalom egy német, védett homlokzattal rendelkező sorház különböző belső oldali

hőszigeteléseit vizsgálja. A mintegy 180 lakásos sorház energetikai korszerűsítése volt a cél, melyet belsőoldali hőszigeteléssel értek el 2010-ben. A kivitelezést nehezítették a fagerendák, melyek különösen érzékenyek a nedvességre. A felújítás során négy különböző belső oldali szigetelést készítettek el, illetve kívülről 20mm vastag hőszigetelő és 10mm vastag vízlepergető vakolatot használtak. Ezen kívül hővisszanyerős szellőztető rendszert építettek. [Janetti 2014]

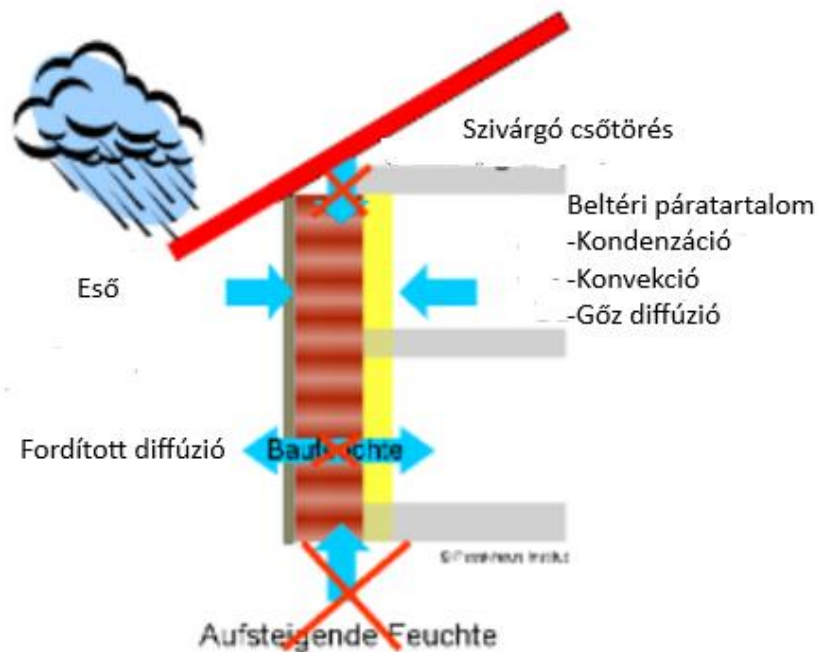


11. ábra Különböző falszerkezetek hőmérsékleti profiljai (Forrás: Passiv.de)

A belső oldali hőszigetelésnél látszik, hogy alacsonyabb falhőmérséklet adódik, melyhez magasabb relatív páratartalom társul ugyanazon abszolút nedvességtartalom mellett, így tehát páralecsapódás veszélye fennállhat, mely rontja a falszerkezet állapotát, és elősegíti a penészesedést.

Egy másik lehetséges nedvességforrás a falfelületekre a zuhogó eső, mely erős szél hatására akár vízszintesen is eshet a külső falra. Belső oldali hőszigetelés esetében ennek elkerülése végett javasolt víztaszító réteget használni. A kutatásban víztaszító külső vakolatot használtak.

Összegezve a belső oldalon hőszigetelt falak nedvességforrásait:



12. ábra Belső hőszigetelésű falak nedvességforrásai (Forrás: Passiv.de)

Az ábrán jelzett felszálló nedvességet a csövek szivárgása vagy a talajból felszálló nedvesség okozhatja, ezeknek kizárása a hőszigetelés előtt mindenképp szükséges. A belső szigetelés nedves felhordása (pl. habarcsragasztó használata) további nedvességet juttathat be a falszerkezetbe, melyek csak lassan száradnak ki. Emiatt a telepítés során az új nedvesség bevezetését a lehető legalacsonyabban kell tartani, amennyiben nem akadályozható meg, a kiszáradást a lehető legnagyobb mértékben meg kell valósítani. (pl. légszárítók használata) **[Ottinger 2015]**

Ezekon kívül a beltéri nedvesség három lehetséges módon juthat a falba:

- Vízgőz diffúzió (pl. főzés, vasalás)
- Kondenzáció (hőhidak elkerülése)
- Konvekció

A vízgőz diffúziós nedvességszállítását nagymértékben meghatározza μ szigetelőanyag diffúziós ellenállása. Ez egy dimenzió nélküli mennyiség, amely azt jelzi, hogy mennyivel nagyobb a

diffúziós fluxus a stacionárius levegőhöz képest. A teljes rendszer szempontjából az s_d érték a döntő, amely a vízgőz diffúziós egyenértékének vastagságát írja le egy álló légréteggel ($s_d = \mu \cdot d$). Ebben a projektben viszonylag alacsony s_d értékkel rendelkező rendszereket használtak. A 0,6 m és 1,9 m közötti s_d értékekkel a szigetelési rendszerek nem felelnek meg a DIN4108-3 ($s_d \leq 0,5$ m) szerinti szigorú "áteresztő" meghatározásnak, de ennek ellenére viszonylag áteresztőek a diffúzióra. Melynek előnye, hogy nagy esőterhelés esetén a nedvesség belül újra kiszáradhat.

A nedvességgel kapcsolatos belső szigetelés kritériumai

- Nincs penészesedés veszélye a helyiség oldalán (feltéve, hogy a felület minimális hőmérsékletét fenntartják).
- Nincs penészesedés a falszerkezetben (legkritikusabb pont: a szigetelési szint mögött a régi vakolatszinten). Értékelés pl. izopletilén modellel [Sedlbauer2001] szerint.
- A szerkezet teljes víztartalma nem növekedhet tartósan (állandó nedvesítés).
- A fagyveszély kizárása a régi vakolatszint területén. Ebből arra lehet következtetni, hogy a páratartalomnak a higroszkópos tartományban kell lennie ($<95\%$ rel H a pórusok légterében) [Ottinger 2015]

A belső szigeteléshez elengedhetetlen, hogy a helyiség oldalán légmentesen záródó szint jöjjön létre, amely megbízhatóan megakadályozza, hogy a szigetelési szintet meleg és párás beltéri levegővel felfűjják. A szigetelések felületeinek esetében ez azt jelenti, hogy kerülni kell a szigetelőlemezek közötti hézagokat. Ugyanez vonatkozik a szigetelési szint mögötti üregekre is. A ragasztós szigetelőrendszerek esetében ezért teljes felületű ragasztást vagy perempont-módszert kell alkalmazni. A szigetelés mögötti üregek a szigetelő vakolat felhordásával szinte teljesen kizárhatók. [Peper 2014]

A helyiség oldali nedvességterhelés erősen függ a helyiség páratartalmától, függetlenül a nedvesség szállításától. Ezért alacsony beltéri páratartalomra kell törekedni. Például a hővisszanyeréssel ellátott szabályozott lakossági szellőztetés alkalmazása a különösen kritikus téli hónapokban folyamatosan alacsony beltéri páratartalmat biztosíthat, így jelentősen csökkentheti a belülről történő párasítás kockázatát.



13. ábra Vizsgált épület (Forrás: Passiv.de)

A tanulmány során négy különböző belső oldali szigetelési megoldást értékelték ki:

1. Belső szigetelővakolat EPS 60mm

HECK DP EPS – speciális szigetelő anyagot használtak, két rétegben való felhordással, hogy lehetővé tegyék a száradást.



14. ábra Hőszigetelő vakolat (Forrás: Passiv.de)

2. IQ Therm szigetelőlemez 50mm

PUR merev hablemez, szabályos a felületre merőleges lyukakkal, melyek kapillárisvezető, ásványi anyagból készült kanóccokkal töltenek meg. (15mm ragasztó, 50mm szigetelőlemez, légmentesen záródó belső vakolat).



15. ábra PUR szigetelőlemez (Forrás: Passiv.de)

3. Polisztirol merev hablemez

Gipszkarton és szigetelő EPS-ből készült 40mm vastagságú kompozit lemez. Felvitele 20mm-es habarcstömbökkel (köztük légréssel) történt.



16. ábra Polisztirol hablemez belső oldali szigetelés (Forrás: Passiv.de)

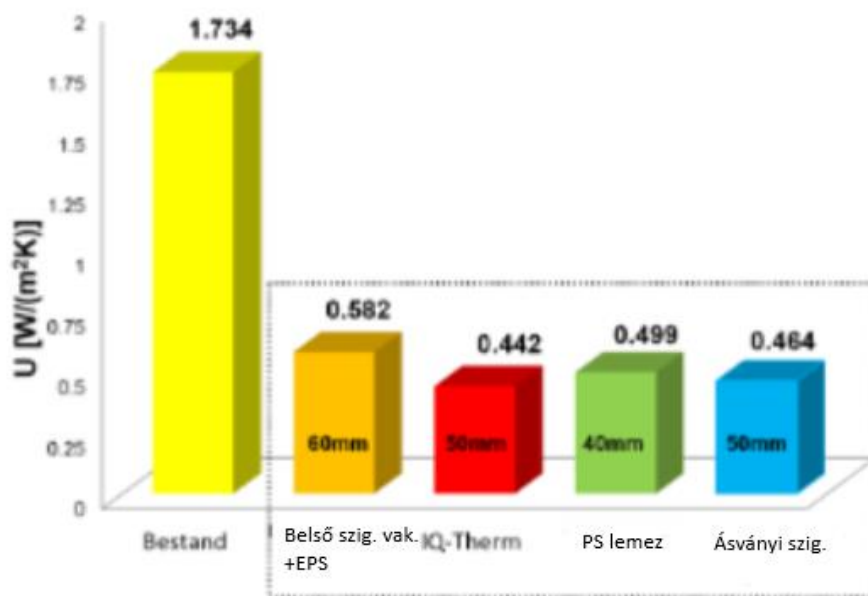
4. Belsőszigetelő lemez természetes anyagból (ásványi szigetelőlemez)

15mm-es restaurációs ragasztóval történt a felvitele.



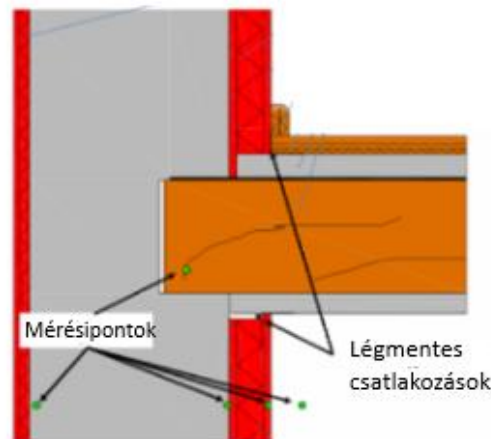
17. ábra Természetes alapú szigetelőlemez (Forrás: Passiv.de)

A szigetelési rendszerek alkalmazásával a fal U-értéke 1,7 W/(m²K) feletti értékről 0,442 és 0,582 W/(m²K) közötti értékre csökkent. [Ottinger 2015]



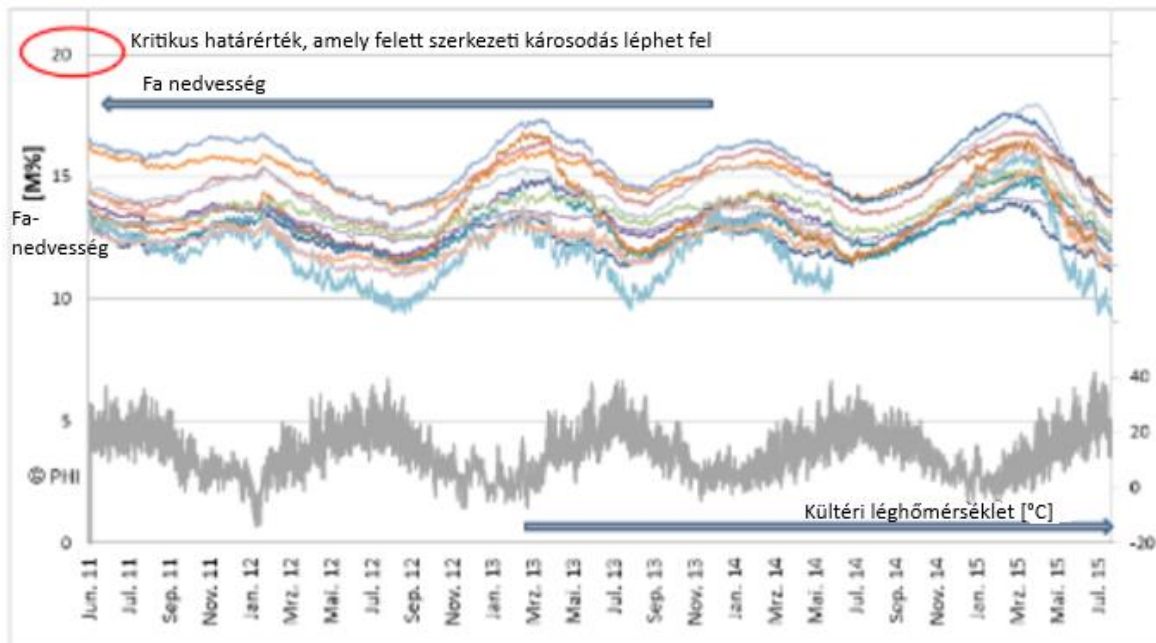
18. ábra Belső oldali hőszigetelések U értékei (Forrás: Passiv.de)

A méréshez külön meteorológiai állomást telepítettek, mellyel folyamatosan monitorozták a külső légállapotokat (páratartalom, hőmérséklet, szél, csapadék mennyiség). Valamint a falszerkezetekben az alábbi pozíciókban beépített páratartalom és hőmérséklet érzékelőkkel folyamatosan mérték a szerkezetben kialakuló viszonyokat. [Nicolai 2010]



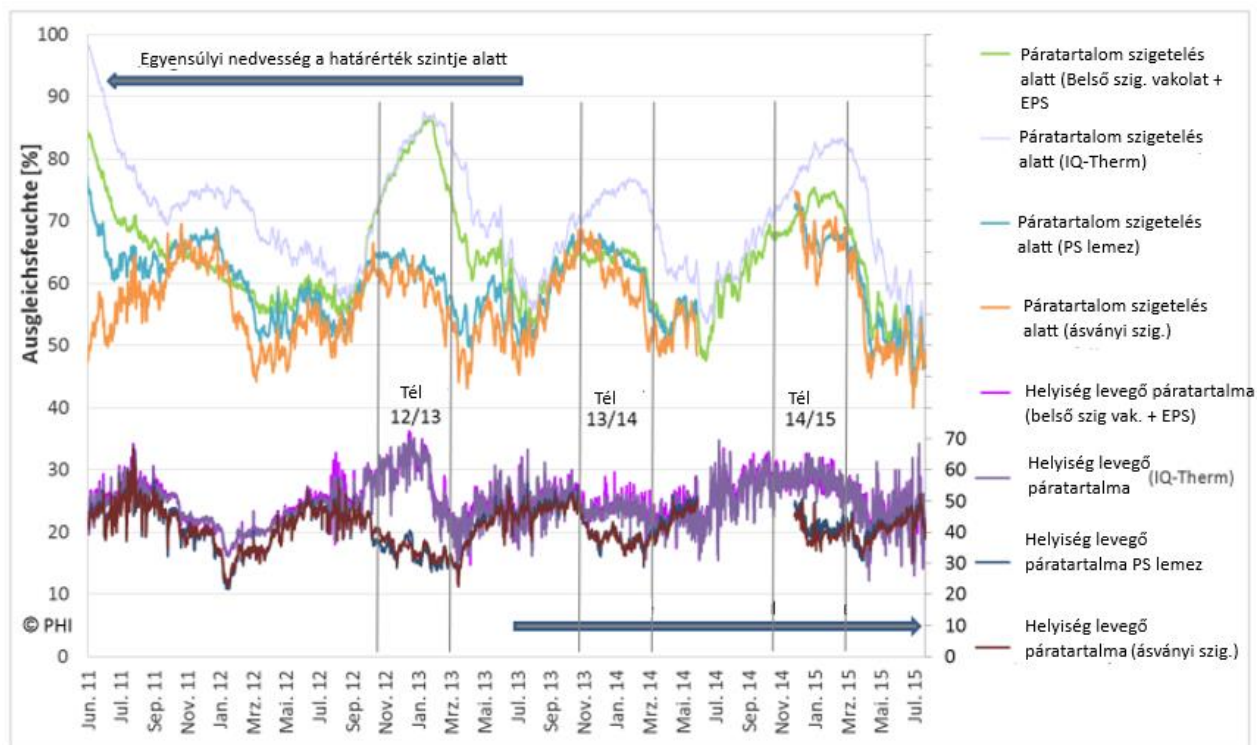
19. ábra Mérési pontok a falszerkezetben (Forrás: Passiv.de)

A fagerenda nedvességtartalmának mérési eredménye:



20. ábra Fa gerenda nedvességtartalma (Forrás: Passiv.de)

A DIN 68800-2 szabványban a fára vonatkozó konzervatív határérték 20 M%. A fenti adatokból jól látható, hogy a fa nedvességtartalma nem haladta meg ezt a határértéket, tehát gombanövekedés kockázata nem áll fenn. [DIN 68800-2]



21. ábra Szigetelősíkok alatti egyensúlyi nedvességszintek alakulása (Forrás: Passiv.de)

A mérésből jól látszik az építkezés 2012 tavaszára történő kiszáradása, amit részben az építőipari szárítók is támogattak. Az épületnedvességet a ragasztók használatával vezették be, de abból is adódik, hogy az épületet korábban sokáig nem használták. Látható, hogy a kettes számú módszernél (PUR merev hablemeznél) tart a legtovább a kiszáritás. 2012 ősztől télig a páratartalom ismét meredekebben emelkedik. Itt egyértelmű különbség látható a szigetelési rendszerek között: míg a polisztirol merev hablemez és az ásványi hátsó szigetelőlemez alatt a kompenzáló nedvesség csak kis mértékben nő (kb. 10 százalékpontos növekedés), addig a szigetelő vakolat és a kapillaris-aktív PUR szigetelőlemez alatti egyensúlyi nedvesség jelentősen megnő (közel 30 százalékponttal akár 87%-ra is emelkedik). Egyértelműen kimutatható, hogy a diffúzióáteresztőbb rendszerek (1-es és 2-es, kb. 0,6m-es sd értékkel rendelkeznek) az egyensúlyi páratartalom nagyon erős növekedését mutatják, akkor hogyha a téli időszakban a helyiség páratartalma 50% felett van. [Ottinger 2015]

A különböző szigetelési rendszerek esetében a szigetelési intézkedések költséghatékonyságát is figyelembe vették: Ebből a célból a kiegészítő szigeteléssel elért energiaköltség-megtakarítást életciklus-számítás formájában hasonlították össze a beruházási költségekkel. Az energiamegtakarítást és a külső szigetelés négyzetméterenkénti költségeit teljes energiamérleg elkészítése nélkül vették figyelembe. Az összes szigetelőrendszer élettartamát 30 évnél feltételezték. A beruházások és a megtakarítások jelenlegi értékének 30 éves időszakra vetített összehasonlítása azt mutatja, hogy a meglévő rendszerekhez képest minden rendszer nemcsak energia-, hanem pénzügyi megtakarítást is kínál. 2 %-os reálkamatláb és 10 cent/kWh fűtési költség mellett a 192-215 euró/m² energiaköltség-megtakarítás jelenértékét ellensúlyozzák a 45 és 154 euró/m² közötti beruházási költségek. [Zaman 2010]

A kísérleti épület befejezése után a hőszigetelő vakolatot több épületen is alkalmazták. Melyeknél a költségek lényegesen alacsonyabbak, mint a kísérleti épületé, ami az életciklusokban is jelentős megtakarítást eredményez. A többi rendszerrel is alacsonyabb költségekre lehet számítani a nagyobb mennyiségek feldolgozása esetén a méretgazdaságosság miatt.

3. táblázat Gazdasági kiértékelés (Forrás: Ottinger 2015)

Szigetelő rendszer	U-hőátb. tényező [W/m ² K]	Energiamegtakarítás [kWh/m ² a]	Energiaköltség megtakarítás [eur/m ²]	Beruházási költségek [eur/m ²]	Életciklus költségmegtakarítás [eur/m ²]
Kapilláris-aktív ásványi	0,464	94,5	212	105	107
Kapilláris-aktív PUR merev hablémez	0,442	96,1	215	129	86
Hőszigetelő vakolat	0,582	85,7	192	154	38
PS kompozit panelek	0,499	91,9	206	45	161

A fenti kiértékelésből látható, hogy a feltételezett 30 éves életciklus alatt mindegyik belső oldali hőszigetelés megtérülő beruházás. A legjelentősebb mértékű pedig a PS kompozit panel, így gazdasági szempontból ez ajánlott. [Ottinger 2015]

Összegezve tehát, a belső oldali hőszigetelés alapos megtervezésével és kialakításával jelentős energiamegtakarítás érhető el, így műemlékvédelmi épületeknél javasolt e beruházás mérlegelése, természetesen az állagmegóvási intézkedések szem előtt tartásával.

Legfontosabb alapelvek a belső oldali hőszigetelés telepítésénél:

Megfelelő védelem csapó eső ellen. Pl. hőszigetelő és vízlepergető vakolat használata. Amennyiben ilyen intézkedés sem hajtható végre az épületen, akkor legalább a külső felületet teljesen sértetlenné kell tenni, a repedéseket meg kell szüntetni. Különösen a szabadon álló falazat esetében a hidrofób kezelés gyakran az egyetlen lehetséges megoldás a kívülről érkező nedvesség elleni védelemre.

Még alacsony külső hőmérséklet esetén sem képződhet páralecsapódás a hideg belső felületeken.

A szigetelés nedves, meleg helyiséglevegővel történő hátsó áramlása megakadályozott. Ez különösen vonatkozik a fagerendás mennyezetekre. Hővisszanyerős szellőztetés telepítése amellyel a beltéri levegő páratartalma nem kritikus szintre korlátozható. A szellőztető rendszer megfelelő működésének biztosítása érdekében a téli félévben célszerű a karbantartási munkákat lehetőség szerint ősszel elvégezni.

3. Műemlékvédelmi épületek gépészeti rendszereinek energiatudatos felújítási korlátjai (kiinduló adatok)

Mivel nincsen külön energetikai előírás műemlékvédelmi épületekre, és az efféle épületek utólagos hőszigetelése védettségük miatt korlátozott, így általában rossz energetikai jellemzőkkel rendelkező épületekről van szó. A rossz jellemzők miatt nem lehet olyan gazdaságosan fedezni a hőszükségleteket, mint egy napjainkban épülő, energetikailag korszerű épületnél.

A jelenlegi korszerű és energiatudatos gépészeti rendszerek főként alacsonyabb fűtési előremenő hőmérséklettel működnek gazdaságosan. Ennek hátránya, hogy a műemlékvédelmi épületek esetében legtöbbször nem elégséges pl. padlófűtés alkalmazása, a nagy belmagasságok és az épületszigetelések hiánya miatt. Emiatt valamelyest eltérő eredményeket kaphatunk egy megszokott újjépítésű ingatlanhoz képest. A hőszivattyúk teljesítmény tényezője ilyen épületeknél jelentősen rosszabban alakulnak, a megnövekedett fűtési előremenő célhőmérséklet igényeknek köszönhetően.

Dolgozatom során ezen felvetéseket kívánom igazolni a témaépületemen keresztül, részletes számításokkal és elemzésekkel. Célom, hogy egy hosszútávon optimális gépészeti megoldási javaslatot tegyek.

3.1. Passzív energiacsökkentésekkel elérhető megtakarítások

Az elsődleges energia megtakarítási potenciál a passzív energiaigény csökkentésekből adódik.

Az általam vizsgált épület homlokzata műemléki védettség alatt áll, így külső hőszigetelésére nincsen lehetőség. Azonban a szakirodalmi kutatásban ismertetett megoldások kivitelezhetőségét és energetikai vonzatait ellenőrzöm. A megtakarítások mértékét számszerűsítem, így prioritizálhatóvá téve a passzív energiacsökkentési lehetőségeket.

3.2. Vízellátáshoz kapcsolódó ellenőrzési számítások

Ellenőrző számításokat végzek a hidegvíz és a szennyvíz bekötő csövekkel kapcsolatosan. Valamint megbecsülöm a felújított állapot víz és szennyvíz fogyasztását, figyelembe véve az ide vonatkozó szabványokat, előírásokat.

3.3. Optimális hőtermelők kiválasztása

A hőtermelői megoldásokat kutatom, majd összehasonlítom őket gazdasági, környezetterhelési és energetikai szempontokból egyaránt. Célom, hogy a vizsgált épületekre megtaláljam az ideális megoldást, számításokkal igazolva.

3.4. Légkezelő berendezés méretezése

A szigorú páratartalom szabályzás többlet energiaigényét kiszámolom. Dolgozatom során meghatározom, az előírt paraméterek kielégítéséhez szükséges légkezelő méretét és energiafogyasztását.

4. Témaépületem bemutatása

Témaépületem a Pázmány Péter Katolikus Egyetemhez tartozó Károlyi-palota. Az épületet Ybl Miklós tervezte 1863-ban, gróf Károlyi Lajos megbízásából. 1921-1944 között az Olasz Királyság követsége bérelte a Károlyi-családtól. 1944-ben a háború után teljesen kiégett. Ezután raktárként üzemelt, napjainkban pedig üresen áll. Az épület a Nemzeti Múzeum mögött, Budapest VIII. kerület Pollack Mihály tér 10. szám alatt található. [Hidvégi 2014]



22. ábra Károlyi palota a 60-as években (Forrás: budapestcity.org)

Az épület rekonstrukciójához készült tervek során a műemléki értékek védelmét szem előtt tartva kellett korszerű gépészeti megoldásokat alkalmazni, melyek kiszolgálják a technológiai és a komfort igényeket is. Ezen elvárások jelentősen megnehezítik a gépészeti tervezés folyamatát.

A tervezett épület bemutatása:

Az épület 4337 m², 3 emeletes, alápincézett. A Pázmány Péter Katolikus Egyetem könyvtára kerülne itt elhelyezésre, elsődleges használói az egyetem hallgatói, oktatói. Részben külső

forgalmat is lebonyolítana. A fő megközelítési irány fedetten a -1. pinceszinten az új tervezett campus felől lenne, míg földszinten a campus-kert irányából lenne. A főbejárat pedig maradna az utcafrontról a Pollack Mihály tér felől.

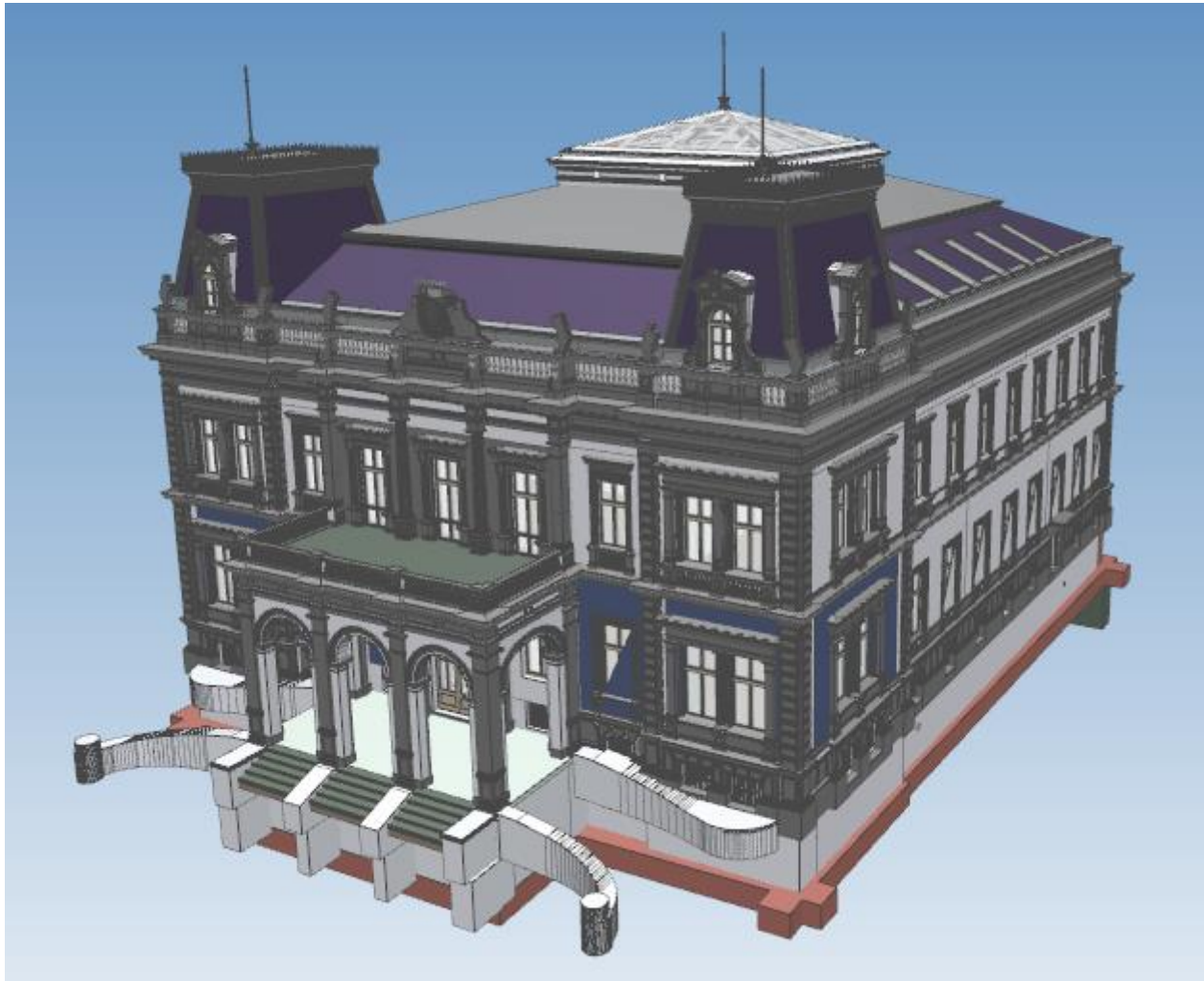
A főbb funkcionális területek:

- könyvraktárak (a pinceszinten és a 2. emeleten)
- egyéb raktárak (pinceszinten)
- 1db speciális védett könyvek és egyetemtörténeti dokumentum tár (saját, gázos rendszerű oltórendszerrel)
- 1db speciális, védett olvasótér (1 fő kutató, 1 fő személyzet, tűzvédelmi széf, emelt szintű biztonságtechnika)
- látványraktár és közösségi tér a pinceszinten
- olvasóterek a földszinten, ebből két darab tematikus olvasótér, egy számítógépes olvasótér
- külön gyűjtemények a földszinten
- könyvkiadás, önkölcsönző pultok és copy shopok közönségforgalmi szintenként
- ruhatár, olvasószolgálat a földszinten
- szabadpolcos olvasóterek és irodai területek az első emeleten
- 6-8 fős kutatószobák és 2 fős kutatói boxok a második emeleten
- gépészet, elektromos helyiségek a pinceszinten és a harmadik emeleten

Multifunkcionalitás: a földszinti előcsarnok alkalmas kiállítások megrendezésére, az első emeleti szabadpolcos olvasótér és az innen nyíló erkély egyéb rendezvény (pl. konferencia) megtartására. Ezen terek könnyű átbútorozást a földszint feletti félszinten kialakított bútorraktár teszi lehetővé.

Épület kapacitás adatai:

- max. 300 fő egyidejű látogató (olvasó) + 25 fő dolgozó (3 fő raktáros, 18 fő könyvtáros (a recepció és a könyvkiadás személyzete beleértendő) 2 fő vezető, 2 fő asszisztens)



23. ábra Károlyi palota építész modell (Forrás: Saját szerkesztés, építész tervek alapján)

4.1. Energetikai számítás

Az energetikai számítást az érvényben levő előírásoknak megfelelően az Európai Unióban érvényes magyarországi rendelettel összhangban készítettem el. A 9/2023 ÉKM rendelet előírásainak figyelembevételével.

A téli külső és nyári külső légállapotokat a MSZ 04 140/3-87 Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai, MSZ 04 140/4-78 Hűtési hőterhelés számítás szabványok- valamint az utóbbi évek időjárási adatai alapján vettem figyelembe:

	Télen:	Nyáron:
Hőmérséklet:	-13°C	+32°C
Páratartalom:	90%	+40%

A belső hőterhelések számításaiban az alábbi értékekkel számoltam:

4. táblázat Belső hőterhelések

Emberi tevékenység /ülő foglalkozás/	116W/per fő totál 76W/per fő szenzibilis 40W/per fő látens
Világítás	10W/m ²
Számítógépes munkaállomások	150 W/munkaállomás, 80W/Laptop

Az épület egyidejű, összes hőenergia igényét az alábbi elemek összessége határozza meg:

- a hőveszteség és hőterhelés számítás végeredményéből adódó a hőveszteség és hőterhelés fedezése
- használati melegvíz készítés

Az épületek hőveszteség számítását az építész tervek alapján végeztem el. Műemléki épület révén a jelenlegi rétegrendek meghatározása régi tervek hiányában többszöri felmérés alapján derült ki. Legtöbb helyen azonban a rétegrendi vastagságok eltérőek voltak, így egy átlag értékkel számoltam.

4.1.1. Rétegrendek

A rétegrendek hőátbocsátási tényezőit a ÉKM rendeletben megfogalmazott egyszerűsített módszer segítségével határoztam meg. Ezek alapján a határolószervezetek hőátbocsátási tényezője az eredő hővezetési ellenállás reciproka:

$$U = \frac{1}{R_{tot}} \left[\frac{W}{m^2K} \right] \quad (1)$$

Ahol:

U – hőátbocsátási tényező $\left[\frac{W}{m^2K} \right]$

R_{tot} – eredő hővezetési ellenállás $\left[\frac{m^2K}{W} \right]$

Az eredő hővezetési ellenállás a hőáramlás irányára merőleges n darab homogén rétegből álló szerkezet esetén:

$$R_{tot} = R_{si} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{se} \left[\frac{m^2K}{W} \right] \quad (2)$$

ahol:

R_{tot} – eredő hővezetési ellenállás $\left[\frac{m^2K}{W} \right]$

R_i - az épületszerkezet rétegeinek hővezetési ellenállása $\left[\frac{m^2K}{W} \right]$

R_{si} - belső felületi hőátadási ellenállás $\left[\frac{m^2K}{W} \right]$

R_{se} - külső felületi hőátadási ellenállás $\left[\frac{m^2K}{W} \right]$.

Egy réteg hővezetési ellenállása:

$$R = \frac{d}{\lambda} \left[\frac{m^2K}{W} \right] \quad (3)$$

ahol

d – réteg vastagsága [m]

λ – réteg tervezési hővezetési tényezője $\left[\frac{W}{mK} \right]$.

Az épület jelenlegi rétegrendjei, a számítás során felhasznált adatok:

Külső falazat:

A külső fal vastagsága horizontálisan felfelé haladva folyamatosan vékonyodik. Ezért szintenkénti átlaggal számoltam.

Földszinti homlokzat (kívülről befelé):

Mészvakolat 1,5cm → Kemény mészkő falazat 84cm → belső falburkolat(glett + festés) 1cm

Számított hőátbocsátási tényező: **0,859** $\frac{W}{m^2K}$

Emeleti homlokzat (kívülről befelé):

Mészvakolat 1,5cm → Kemény mészkő falazat 72cm → belső falburkolat (glett + festés) 1cm

Számított hőátbocsátási tényező: **0,974** $\frac{W}{m^2K}$

Talajjal érintkező pincefal (kívülről befelé):

Dombornyomott műanyag lemez szigetelésvédelem 1cm → Talajnedvesség elleni reaktív bevonatszigetelés 0,2cm → cementhabarcs simítás 1cm → kemény mészkő falazat 85cm

Számított hőátbocsátási tényező: $0,895 \frac{W}{m^2K}$

Pincefal felső zóna (kívülről befelé):

Meglévő tömbkő lábazat 1cm → Dombornyomott műanyag lemez szigetelésvédelem 1cm → Talajnedvesség elleni reaktív bevonatszigetelés 0,2cm → cementhabarcs simítás 1cm → kemény mészkő falazat 85cm

Számított hőátbocsátási tényező: $0,855 \frac{W}{m^2K}$

Átrium feletti falmagasítás (kívülről befelé):

vakolat 1,5cm → tömör téglafal magasítás 72cm → belső falburkolat (glett + festés) 1cm

Számított hőátbocsátási tényező: $0,915 \frac{W}{m^2K}$

Nyílászárók:

Jelenleg fatokos, kétrétegű nyílászárókkal rendelkezik az épület

Homlokzati nyílászárók:

Üvegezett rész arány: 0,9; belső árnyékolás; $g = 0,75$; $U = 2,4 \frac{W}{m^2K}$.

Felülvilágítók (utóbbi időben ki lettek cserélve):

Üvegezett rész aránya: 0,8; árnyékolási mód nincsen; $g = 0,2$; $U = 1,5 \frac{W}{m^2K}$.

Meglévő, fixen zárt kapu:

$U = 2,5 \frac{W}{m^2K}$.

Padlók:

Fűtetlen térrel határos padló rétegrend csak a pinceszinten található. Az egyes helyiségek között csak a burkolat változik.

Az alapvető rétegrend (kívülről befelé):

termett talaj 10cm → dombornyomott műanyag lemez tisztasági, szerelőréteg 1cm → vasbeton ellenlemez 20cm → cementhabarcs lejtésképzés 2cm → dombornyomott műanyag lemez szivárgó réteg 1cm → szintkiegyenlítő beton 4cm → talajnedvesség elleni bevonatszigetelés 0,2cm → expandált polisztirol hab hőszigetelés (EPS 150) 12cm → expandált polisztirol hab úsztatóréteg (EPS T4) 2cm → polietilén fólia technológiai réteg 0,09cm → műanyag szálerősítéses aljzatbeton 9cm → rugalmas műgyanta padlóburkolat 0,3cm

Számított hőátbocsátási tényező: $0,216 \frac{W}{m^2K}$.

Ezen kívül csak a burkolat változik, de jelentős hőátbocsátási tényező eltérés nincs.

Tetők, zárófedémek:

Fémlemez fedésű tető (kívülről befelé):

kettős állókorcos fémlemez fedés 0,07cm → deszka aljzat 2,4cm → kezelt ellenléc, kiszellőztetett légrés 8cm → páraáteresztő, vízzáró alátétszigetelés 0,02cm → OSB építőlemez aljzat 1,5cm → fa szaruzat, közte kőzetgyapot 15cm → bitumenes lemez párazárás 0,1cm → hideg bitumen emulzió kellősítés 0,1cm → monolit vasbeton lemez 12cm

Számított hőátbocsátási tényező: $0,24 \frac{W}{m^2K}$.

Kőpala fedésű tető (kívülről befelé):

pala 0,2cm → deszka aljzat 2,4cm → kezelt ellenléc, kiszellőztetett légrés 8cm → páraáteresztő, vízzáró alátétszigetelés 0,02cm → OSB építőlemez aljzat 1,5cm → fa szaruzat, közte kőzetgyapot 15cm → bitumenes lemez párazárás 0,1cm → hideg bitumen emulzió kellősítés 0,1cm → monolit vasbeton lemez 12cm

Számított hőátbocsátási tényező: $0,24 \frac{W}{m^2 K}$.

Torony kőpala fedéssel (kívülről befelé):

síkpala fedés 0,8cm → szellőző alátétszőnyeg 0,1cm → deszka aljzat 2,4cm → kezelt ellenléc, kiszellőztetett légrés 8cm → páraáteresztő, vízzáró alátétszigetelés 0,02cm → OSB építőlemez aljzat 1,5cm → 5/10 pallóváz, közte kőzetgyapot hőszig. 5cm → 5/5 cm-se stafniváz 5cm → tűzgátló gipszkarton építőlemez 1,5cm → Párazáró fólia 0,1cm → 3/5 lécváz 5cm → Lambéria burkolat 1,5cm

Számított hőátbocsátási tényező: $0,49 \frac{W}{m^2 K}$.

Torony fémlemez fedéssel (kívülről befelé):

Állókorcós fémlemez fedés 0,07cm → szellőző alátétszőnyeg 0,1cm → deszka aljzat 2,4cm → kezelt ellenléc, kiszellőztetett légrés 8cm → páraáteresztő, vízzáró alátétszigetelés 0,02cm → OSB építőlemez aljzat 1,5cm → 5/10 pallóváz, közte kőzetgyapot hőszig. 5cm → gerendázat légréssel 15cm → 5/5 cm-se stafniváz 5cm → tűzgátló gipszkarton építőlemez 1,5cm → Párazáró fólia 0,1cm → 3/5 lécváz 5cm → Lambéria burkolat 1,5cm

Számított hőátbocsátási tényező: $0,49 \frac{W}{m^2 K}$.

Porkamra padlója (kívülről befelé):

fagyálló, vasalt aljzatbeton 6cm → dombornyomott műanyag lemez felületszivárgó 0,1cm → üvegfátyol elválasztó réteg 0,1cm → csapadékvíz elleni lágyított PVC lemez szigetelés 0,15cm → üvegfátyol elválasztó réteg 0,1cm → PIR hab hőszigetelés 14cm → poliészter fólia betétes bitumenes lemez párazárás 0,15cm → hideg bitumen emulzió kellősítés 0,1cm → akusztikai álmennyezet 1cm.

Számított hőátbocsátási tényező: $0,17 \frac{W}{m^2 K}$.

A hőátbocsátási tényezők számításait Winwatt programmal végeztem. (lsd. 1. melléklet) A kapott értékekből látszik, hogy ahol lehetett, ott az ÉKM rendeletben előírt rétegrendi követelményértékek nem teljesülnek.

4.1.2. Energetikai mutatók

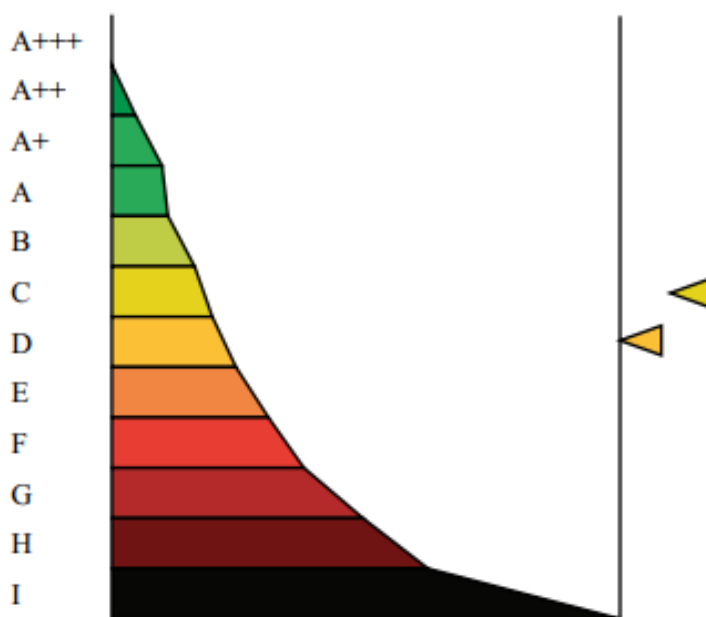
Az épület fűtési energiáját a pincei hőközpontban található gázkazánok látják el, míg a használati melegvizet elektromos bojlerok. Így az energetikai számításhoz szükséges épülettechnikai rendszereknél állandó hőmérsékletű gázkazán fűtési energiaellátást és elektromos bojleres hmv energiaellátást vettem fel. Így az energetikai adatok:

Összesített energetikai jellemző: $185,59 \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$.

Fajlagos CO₂ kibocsátás: $48,81 \frac{kg}{m^2 \cdot a}$

Összesített energetikai jellemző szerinti besorolás: **E (244,2%)**

Fajlagos széndioxid kibocsátás szerinti besorolás: **E (244,0%)**



24. ábra Károlyi palota energetikai mutatói (Winwatt programból saját szerkesztés)

5. táblázat Hőszükséglet adatok (jelenlegi állapot)

Fűtési hőszükséglet	Q_t [kW]	165
Hűtési hőszükséglet	Q_{ny} [kW]	210
HMV igény	Q_{hmv} [kW]	elhanyagolható

Az épületben jelentős használati melegvíz igény nincsen. Összesen 2db vizesblokk található, melyek hmv igényeit elektromos bojlerok látják el.

4.2. Passzív energia csökkentési lehetőségek vizsgálata

Mérlegelve az épület szerkezetei beavatkozásának lehetőségeit, az alábbi megoldásokat vizsgálom energetikai szempontból:

4.2.1. Tető szigetelés

A legtöbb tető felület esetén extra kőzetgyapot hőszigetelés beillesztésével javítható a rétegrendi hőátbocsátási tényező. Ez legtöbb esetben 10-15cm kőzetgyapot szigetelést jelent.

Ezen beavatkozások az alábbi rétegrendek módosítását jelenti:

1. Fémlemez fedésű tető (kívülről befelé):

kettős állókorcos fémlemez fedés 0,07cm → deszka aljzat 2,4cm → kezelt ellenléc, kiszellőztetett légrés 8cm → páraáteresztő, vízzáró alátétszigetelés 0,02cm → OSB építőlemez aljzat 1,5cm → fa szaruzat, közte kőzetgyapot 15cm → fa szelemen, **közte kőzetgyapot** 10cm → bitumenes lemez párazárás 0,1cm → hideg bitumen emulzió kellősítés 0,1cm → monolit vasbeton lemez 12cm

Számított hőátbocsátási tényező: **$0,15 \frac{W}{m^2K}$** .

2. Kőpala fedésű tető (kívülről befelé):

pala 0,2cm → deszka aljzat 2,4cm → kezelt ellenléc, kiszellőztetett légrés 8cm → páraáteresztő, vízzáró alátétszigetelés 0,02cm → OSB építőlemez aljzat 1,5cm → fa szaruzat, közte kőzetgyapot 15cm → fa szelemen, **közte kőzetgyapot** 10cm → bitumenes lemez párazárás 0,1cm → hideg bitumen emulzió kellősítés 0,1cm → monolit vasbeton lemez 12cm

Számított hőátbocsátási tényező: **0,15** $\frac{W}{m^2K}$.

3. Torony kőpala fedéssel (kívülről befelé):

síkpala fedés 0,8cm → szellőző alátétszőnyeg 0,1cm → deszka aljzat 2,4cm → kezelt ellenléc, kiszellőztetett légrés 8cm → páraáteresztő, vízzáró alátétszigetelés 0,02cm → OSB építőlemez aljzat 1,5cm → 5/10 pallóváz, közte kőzetgyapot hőszig. 5cm → 10/15 fa szaruzat, **közte kőzetgyapot hőszig.** 15cm → 5/5 cm-se stafniváz 5cm → tűzgátló gipszkarton építőlemez 1,5cm → Párazáró fólia 0,1cm → 3/5 lécváz 5cm → Lambéria burkolat 1,5cm

Számított hőátbocsátási tényező: **0,203** $\frac{W}{m^2K}$.

4. Torony fémlemez fedéssel (kívülről befelé):

Állókorcós fémlemez fedés 0,07cm → szellőző alátétszőnyeg 0,1cm → deszka aljzat 2,4cm → kezelt ellenléc, kiszellőztetett légrés 8cm → páraáteresztő, vízzáró alátétszigetelés 0,02cm → OSB építőlemez aljzat 1,5cm → 5/10 pallóváz, közte kőzetgyapot hőszig. 5cm → 10/15 fa szaruzat, **közte kőzetgyapot hőszig.** 15cm → 5/5 cm-se stafniváz 5cm → tűzgátló gipszkarton építőlemez 1,5cm → Párazáró fólia 0,1cm → 3/5 lécváz 5cm → Lambéria burkolat 1,5cm

Számított hőátbocsátási tényező: **0,203** $\frac{W}{m^2K}$.

Látható, hogy a gerenda közök szigetelésével nagyjából 50%-kal javítható a tetők rétegrendi hőátbocsátási tényezői.

Az ebből kiadódó nem megújuló primerenergiaigény csökkenés, a jelenlegi állapothoz képest, épületechnikai rendszer változtatása nélkül $4,85 \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$.

4.2.2. Belső oldali homlokzati szigetelés és talajjal érintkező fal hőszigetelése

A belső oldali hőszigetelésnél a szakirodalmi áttekintésben szereplő, leggazdaságosabb szigetelési megoldást használtam. (Gipszkarton és szigetelő EPS-ből készült 40mm vastagságú kompozit lemez, felvitele 20mm-es habarcs tömbökkel köztük légréssel). Míg a talajjal érintkező fal esetében 10cm vastagságú XPS szigetelést számoltam.

Az ÉKM rendelet szerinti számítást felhasználva a falak szigetelésével mindössze $21,22 \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$ nem megújuló primerenergiaigény csökkenés érhető el.

Az érintett szerkezetek:

Földszinti homlokzat (kívülről befelé):

Mészvakolat 1,5cm → Kemény mészkő falazat 84cm → **Zárt légréteg 2cm** → **polisztirol hablémez 4cm** → **gipszkarton lap légmentes zárással 1,25cm** → belső falburkolat (glett + festés) 1cm

Számított hőátbocsátási tényező: $0,424 \frac{W}{m^2 K}$

Emeleti homlokzat (kívülről befelé):

Mészvakolat 1,5cm → Kemény mészkő falazat 72cm → **Zárt légréteg 2cm** → **polisztirol hablémez 4cm** → **gipszkarton lap légmentes zárással 1,25cm** → belső falburkolat (glett + festés) 1cm

Számított hőátbocsátási tényező: $0,445 \frac{W}{m^2K}$

Talajjal érintkező pincefal (kívülről befelé):

Vízszigetelés 0,2cm → EPS szigetelés 10cm → Dombornyomott műanyag lemez szigetelésvédelem 1cm → Talajnedvesség elleni reaktív bevonatszigetelés 0,2cm → cementhabarcs simítás 1cm → kemény mészkő falazat 85cm

Számított hőátbocsátási tényező: $0,262 \frac{W}{m^2K}$

Átrium feletti falmagasítás (kívülről befelé):

vakolat 1,5cm → tömör téglafal magasítás 72cm → **Zárt légréteg 2cm** → **polisztirol hablémez 4cm** → **gipszkarton lap légmentes zárással 1,25cm** → belső falburkolat (glett + festés) 1cm

Számított hőátbocsátási tényező: $0,432 \frac{W}{m^2K}$

4.2.3. Üvegezés cseréje

A jelenlegi, egyszerű kétrétegű üvegezést a tervezett felújítás során javasolt háromrétegű, argongáz töltéses, nagyobb reflexió tényezőjű üvegre cserélni.

A számításaimhoz az alábbi értékeket vettem fel:

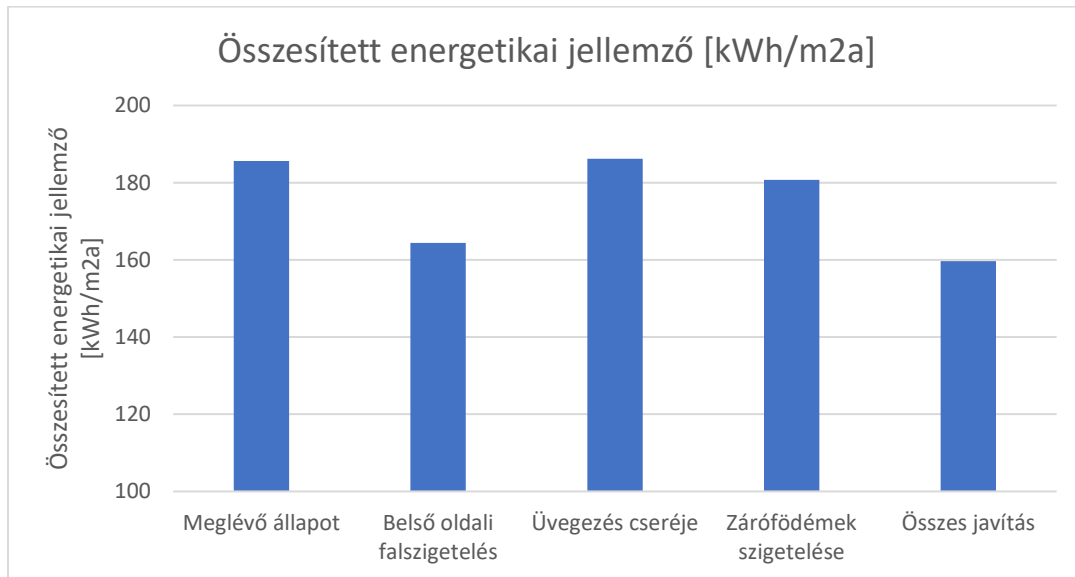
Üvegezett rész arány: 0,9; belső árnyékolás; $g = 0,32$; $U = 1,1 \frac{W}{m^2K}$.

A nyílászárók cseréjével lecsökkennek a méretezési hőszükséglet adatok, viszont a szoláris hőnyereség is, amely miatt fűtés tekintetében jelentős energiamegtakarítás nem érhető el.

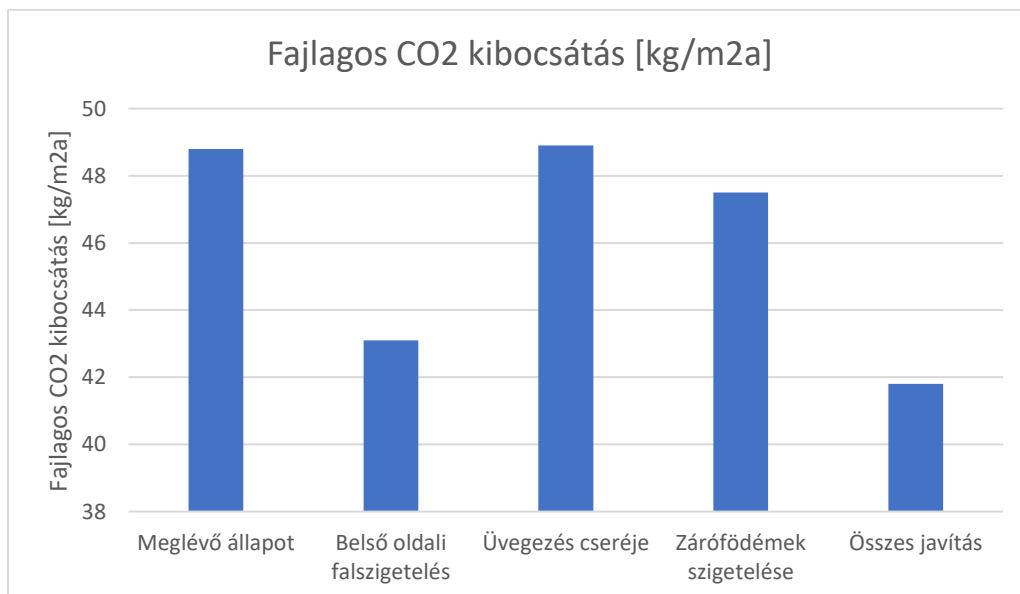
Esetemben a nem megújuló primerenergiaigény nem csökkent, hanem nőtt, $0,6 \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$ -al.

4.2.4. Összegzés

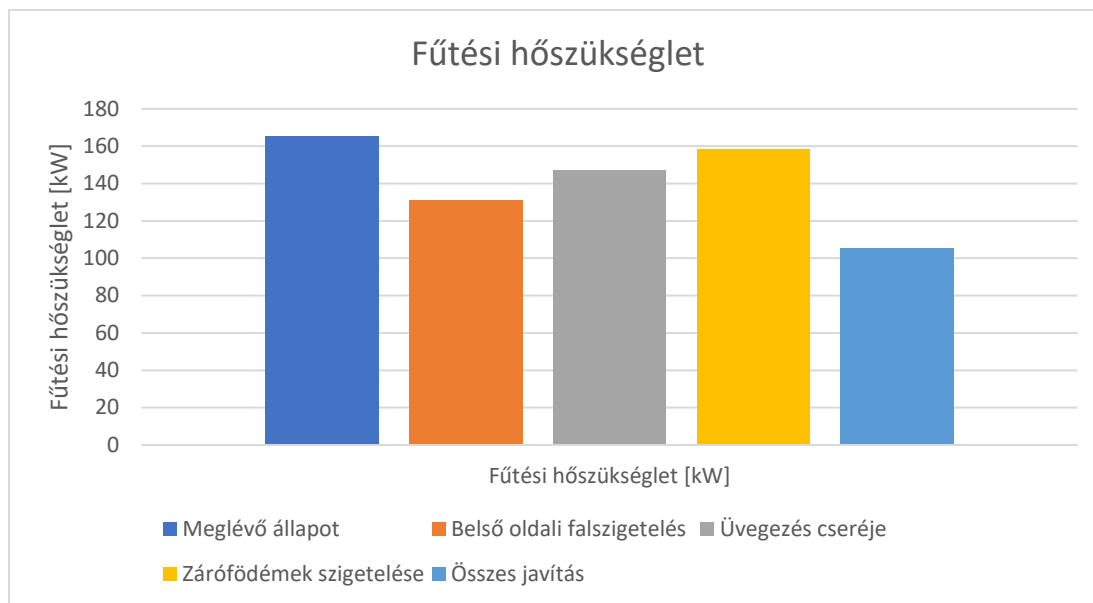
A fenti szerkezeti beavatkozásokkal, a gépészeti rendszer változtatása nélkül az alábbi értékek adódtak:



25. ábra Összesített energetikai jellemzők (Forrás: saját szerkesztés)



26. ábra Fajlagos CO2 kibocsátás (Forrás: saját szerkesztés)



27. ábra Méretezési fűtési hőszükségletek (Forrás: saját szerkesztés)

Táblázatos formában a kiértékelt adatok:

6. táblázat Beavatkozások energetikai értékelése

Károlyi palota energetikai vizsgálata					
	Meglévő állapot	Belső oldali szigetelés	Üvegezés cseréje	Tető szigetelése	Összes javítás
Összesített en. jellemző [kWh/m ² a]	185,6	164,4	186,2	180,7	159,7
Fajlagos CO ₂ kibocsátás [kg/m ² a]	48,8	43,1	48,9	47,5	41,8
Összesített e.j. szerinti besorolás	E (244%)	E (216%)	E (245%)	E (238%)	E (210%)
Fajlagos CO ₂ kib. szerinti besorolás	E (244%)	E (215%)	E (245%)	E (238%)	E (209%)
Fűtési hőszükséglet [kW]	165	131	147	158	105
Hűtési hőszükséglet [kW]	212	210	183	209	179

Látható, hogy a legnagyobb energiamegtakarítást a falak belső oldali hőszigetelésével lehet elérni, így elsődlegesen ez a szerkezeti beavatkozás javasolt. Továbbá megállapítható, hogy az üvegezés cseréjével a fajlagos fűtési energiaigény nem csökken. Melyet a szoláris nyereségek csökkenése eredményez. Azonban a hűtési energiaigény jelentősen lecsökken az üvegezés cseréjével, pont ennek hatása miatt. Érdekesség, hogy a tető szigetelésével az ÉKM számítása szerint csekély mennyiségű energiamegtakarítás érhető el.

4.3 Épület funkciójából adódó elvárások és előírások

Az épületben alapvetően könyvtár működne, és néhány irodahelyiség. Kettő helyiségben pedig muzeális értékű könyveket és tárgyakat tartanának. Ezen helyiségekben szigorú páratartalom és hőmérséklet értékek tartandóak az állagmegóvás érdekében.

Könyvtártechnológiai adatszolgáltatás alapján:

Kijelölt könyvraktárakban az igény:

- hőmérséklet: 15-20°C
- páratartalom: 45-55 %RH
- napi ingadozás: +/- 2°C; +/- 10% RH

Kiemelt gyűjteményeknél:

- hőmérséklet: 14-18°C
- páratartalom: 35-50 %RH
- napi ingadozás: +/- 1°C; +/- 5 % RH

A többi helyiséghez tartozó előírások, helyiség funkciók szerint:

7. táblázat *Előírt komfortparaméterek (Forrás: tervezői adatszolgáltatás)*

ÉPÜLETGÉPÉSZETI KOMFORT PARAMÉTEREK

Komfortkövetelmények (a szigorúbb előírásnak kell megfelelni)							
	Kategória	Foglaltság [m ² /fő]	Nyári belső hőm. [op. °C]	Téli belső hőm. [op. °C]	Légsebesség nyár [max.m/s]	Légsebesség tél [max.m/s]	MSZ EN 15251:2007 (BREEAM Hea 04 kredit)
Auditórium	A	0,7	24,5±1,0	21,0±1,0	0,10	0,10	MSZ EN 15251:2007
Előadók	B	0,7	24,5±1,5	21,0±2,0	0,10	0,10	
Tantermek	B	2,0	24,5±1,5	21,0±2,0	0,10	0,10	
Cellás irodák	B	10,0	24,5±1,5	21,0±2,0	0,10	0,10	
Tárgyalók	B	2,0	24,5±1,5	21,0±2,0	0,10	0,10	
Kávézó, étterem	B	1,5	24,5±2,0	21,0±2,5	0,10	0,10	
Könyvtár	-	10,0	24,5±1,5	21,0±2,0	0,10	0,10	
Tornacsarnok	-	0,7	23±1,5	19,5±2,5	0,10	0,10	
Aula	-	5,0	24,5±2,0	21,0±2,5	0,10	0,10	
Teakonyha	-	-	-	20	-	-	MSZ EN 15251:2007
Mosdó, WC	-	-	-	20	-	-	
Hulladékártaló	-	-	-	20	-	-	
Öltöző	-	-	-	24	-	-	
Műhely	-	-	-	20	-	-	
Takszerraktár	-	-	-	18	-	-	
Írtár, raktár, szerver, elektromos	-	-	-	20	-	-	
Liftelőtér	-	-	-	20	-	-	
Közlekedő	-	-	-	20	-	-	
Gépezet	-	-	-	18	-	-	
Lépcsőház	-	-	-	18	-	-	

Megjegyzések:

- 1.) Komfort paraméterek MSZ CR 1752:2000 "B" kategória szerint, csak az auditórium "A" kategória!
- 2.) A helyiségekben a dohányzás nem megengedett!
- 3.) Az épület "low-polluting building" kategória (alacsony szennyezőanyag kibocsátású)
- 4.) Téli méretezési külső légállapot: -13°C/90%
- 5.) Nyári méretezési külső légállapot: +32°C/40% ($\Delta t=6K$ követő szabályozás)
- 6.) Nyári külső méretezési légállapot gépválasztáshoz a tetőn: +38°C/40%
- 7.) Nedvesítés nem tervezett!

A komfort paraméterek előírásain kívül figyelembe kell venni a hatályos tűzvédelmi, az akusztikai és a frisslevegő ellátási előírásokat is.

5. Témaépületem gépészeti megoldásai

5.1 Vízellátás-csatornázás

Az épület vízbekötése a pinceszinti gépházban kapcsolódik a közműhálózathoz. Itt lesz kialakítva a közműcsatlakozás és a szolgáltatói mérőóra, szerelvényesor, ami egyben a tervezési határ is.

A víz betáp vezetékéből egy leágazás kerül kiépítésre, mely az épület tűzivíz hálózatát látja el.

A vízfogyasztás és szennyvíz kibocsátás az MI-10-158-1 számú Víznormák műszaki irányelv 3.2. Közületek, intézmények területen belüli fajlagos vízigénye 3.2.6. pontja szerint értékkel számolva, valamint a Beruházótól, Építész tervező kollégáktól kapott adatok alapján a következőképp becsülhető [**MI-10-158-1**]:

Tervezett hálózati vízfogyasztás:

8. táblázat Károlyi palota vízfogyasztási adatok

VÍZFOGYASZTÁS ADATOK		
Fajlagos napi vízfogyasztás	mennyiség	me.
Figyelembe vett létszámok, felületek, egyéb adatok		
Könyvtár látogatók	150	fő
Zöldtető földszint	512	m ²
Személyzet	25	fő
Hallgatók, személyzet, fajlagos adatok		
Személyzet	50	Liter/fő, nap
Könyvtár látogatók	30	Liter/fő, nap
Terület alapján - takarítás, öntözés		
Belső udvar, tetők, teraszok, garázs	2.0	Liter/m ²
Zöld terület öntözés	5.0	Liter/m ²
Napi vízigény összesen:		
V oltóvíz belső =	600	liter/perc
V látogatók =	4500	liter/nap
V személyzet =	1250	liter/nap
V takarítás =	784	liter/nap
V kert öntözés =	2560	liter/nap
Napi vízigény összesen:	9094	liter/nap

Tehát a napi vízigény: **9,1 m³/nap**.

A csúcs vízigényt, a fogyasztók ismeretében közelítőleg a következők szerint lehet becsülni:

$$\dot{V} = \alpha * 0,2 * \sqrt{\sum N} \left[\frac{l}{s} \right] \quad (4)$$

Ahol α az épület rendeltetésétől függő tényező (esetünkben 2,5; oktatási épületet feltételezve).

Így a pillanatnyi csúcs vízigény: **2,39 l/s**.

A vízvezetékek szükséges csődimenzióit, úgy állapítottam meg, hogy a szükséges kifolyási nyomás – 0,5bar az előforduló egyidejűség figyelembevételével a legkedvezőtlenebb helyzetű csapolónál is biztosítva legyen, betartva a vízsebesség zajvédelmi előírásait:

bekötő és alapvezetékben 2,5 m/s

felszállókban 1,5 m/s

ágvezetékben 1,5 m/s

csendet igénylő épületek vezetékeiben 0,5...1,0 m/s [15]

Ezek alapján a víz betáp keresztmetszetét az alábbiak szerint határoztam meg:

$$v_{\max} = 1,5 \frac{m}{s}$$

$\dot{V}_{\text{csúcs}} = 2,39 \frac{l}{s} = 0,00239 \frac{m^3}{s}$ (kalkulált csúcs vízigény az egyidejűségek figyelembevételével)

$$v = \frac{\dot{V}}{A}, \text{ ahol } A = \frac{d^2 * \pi}{4}$$

$$\text{Így } d = \sqrt{\frac{4 * \dot{V}}{v * \pi}} \text{ esetünkben}$$

$$d_{min} = \sqrt{\frac{4 * 0,00239 \frac{m^3}{s}}{1,5 \frac{m}{s} * \pi}} = 0,045m = 45mm$$

Ehhez a belső átmérőhöz a legközelebbi szabvány csőméret 2". Cső típusra a tartósság és a gyorsabb szerelhetőség érdekében rozsdamentes, inox, préselhető acélcsövet javaslok. Ennek a csőnek a 2"-hoz legközelebb eső mérete: 54x1,5mm azaz a belső átmérője 51mm.

Ehhez a belső átmérőhöz tartozó nyomásesések kiszámolása:

A súrlódások kiszámításához szükség van a Reynolds szám meghatározására:

$$Re = \frac{v*d}{\eta_{kin}} = \frac{\dot{V}}{A}*d = \frac{4*\dot{V}*d}{d^2*\pi} = \frac{4*\dot{V}}{d*\pi} = \frac{4*\dot{V}}{d*\pi*\eta_{kin}} \quad (5)$$

ahol η_{kin} = kinematikai viszkozitás. Jelen esetben 10°C-os vizet feltételezve $\eta_{kin} = 1,3*10^{-6} \frac{m^2}{s}$

[16]

így

$$Re = \frac{4 * \dot{V}}{d * \pi * \eta_{kin}} = \frac{4 * 0,00239 \frac{m^3}{s}}{0,051m * \pi * 1,3 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 45898$$

Re > 2320, így az áramlás turbulens, a λ csősúrlódási együttható a Colebrook-White összefüggéssel határozható meg.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_n}} = -2 \lg \left(\frac{2,51}{Re * \sqrt{\lambda_{n-1}}} + 0,27 * \frac{k}{d} \right) \quad (6)$$

Ahol

k = érdesség (esetünkben 0,01mm = 0,00001m)

A fenti iterációs műveletet addig végzem, amíg egyezred pontossággal megkapom a csősúrlódási tényező értékét.

(Tapasztalatok alapján a kiindulási értékem $\lambda_0 = 0,02$)

Így

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= \frac{1}{\left(-2\lg\left(\frac{2,51}{Re * \sqrt{\lambda_{n-1}}} + 0,27 * \frac{k}{d}\right)\right) * \left(-2\lg\left(\frac{2,51}{Re * \sqrt{\lambda_{n-1}}} + 0,27 * \frac{k}{d}\right)\right)} \\ &= \frac{1}{\left(-2\lg\left(\frac{2,51}{45898 * \sqrt{0,02}} + 0,27 * \frac{0,01}{51}\right)\right) * \left(-2\lg\left(\frac{2,51}{45898 * \sqrt{0,02}} + 0,27 * \frac{0,01}{51}\right)\right)} \\ &= 0,02218\end{aligned}$$

A műveletet folytatva

$$\lambda_2 = 0,02193$$

$\lambda_3 = 0,02195$, ez már egy ezreden belüli módosulás, így ezt az érték elfogadható. Tehát $\lambda = 0,02195$.

Ebből kiindulva a fajlagos csőszúrlódási veszteség:

$$\acute{s} = \rho * \frac{v^2}{2} * \frac{\lambda}{d} \left[\frac{Pa}{m}\right] \quad (7)$$

Ahol ρ = a közeg sűrűsége (esetünkben 10°C-os vizet feltételezve $\rho = 999,7 \frac{kg}{m^3}$).

Így

$$\acute{s} = 999,7 * \frac{\left(\frac{4 * 0,00239}{0,051^2 * \pi}\right)^2}{2} * \frac{0,02195}{0,051} = 294,5 \left[\frac{Pa}{m}\right]$$

Alaki ellenállás (1db könyökre):

$$\rho * \frac{v^2}{2} * \sum \xi$$

ahol $\xi = 1,5$; így

$$\Delta p = 999,7 * \frac{\left(\frac{4 * 0,00239}{0,051^2 * \pi}\right)^2}{2} * 1,5 = 1026 Pa$$

A csövek méreteit a fenti áramlási sebesség határértékek ismeretében kiválasztottam, ellenállásukat ellenőriztem. Így a legkedvezőtlenebb csapolónál a kifolyási nyomás az alábbiak szerint adódott:

9. táblázat Legkedvezőtlenebb csapoló csőszűrlődésből adódó nyomásesése

szakasz	Belső csőátmérő [mm]	V [l/s]	csőhossz [m]	ζ [-]	dp [Pa]
1	51	2,39	8	7,5	5624
2	51	2,16	4	4	2541
3	51	1,95	4	2	1455
4	39	1,48	4	4	3574
5	32	1,14	4,5	4,5	4683
6	25	0,7	2	6	5395
7	15	0,5	4	8	41324
				Össz.	64596

A vízóra betápnál előzetes információk alapján 3,5-4bar közötti nyomást biztosít a vízművek. Az ellenőrzés esetében 3,5bar-t feltételezek. Ezek alapján a felhasználható nyomás:

$$p = p_{\ddot{u}} - p_m - p_v - p_k \text{ [bar]} \quad (8)$$

ahol:

$p_{\ddot{u}}$ – a rendelkezésre álló hálózati nyomás (bar)

p_m – a bekötéstől a legfelső csapoló geodetikus magasságából származó nyomásveszteség (bar)

p_v – a vízmérő ellenállása (bar)

p_k – a kifolyási nyomás (bar)

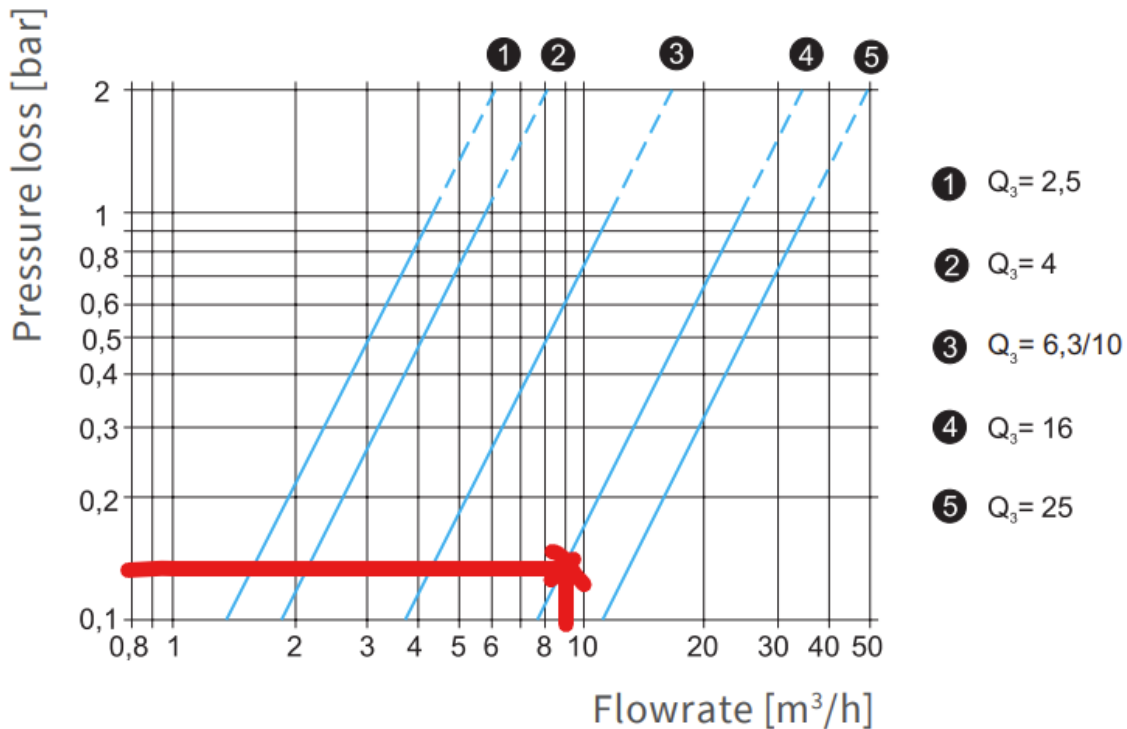
Esetünkben

a geodetikus magasságból származó veszteség:

$$p_m = \rho * g * \Delta h = 999,7 \frac{kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 11m = 107888Pa = 1,08bar$$

a vízmérő ellenállása:

Ennek meghatározásához, egy vízmérő gyártó által közzétett katalógus adatát használtam:



28. ábra Vízmérőóra nyomásesése a térfogatáram függvényében (Forrás: Zenner vízmérőóra katalógus)

Mely alapján $p_v = 0,15\text{bar}$

p_k – előírt kifolyási nyomás az MSZ-04-132-1991 szabvány alapján: 0,5bar Így ezen értékeket behelyettesítve:

$$p = 3,5\text{bar} - 1,08\text{bar} - 0,15\text{bar} - 0,5\text{bar} = \mathbf{1,77\text{bar}}$$

Tehát a csőhálózat nyomásvesztésére felhasználható nyomás érték: 1,77bar. Mely meghaladja a számított 0,65bar-t. Így nyomásfokozó berendezés nem indokolt az épületbe, a határsebességek alapján kiadódó cső dimenziókkal tehát az épület vizes berendezései biztonsággal elláthatóak hideg és melegvízzel.

A napi szennyvíz kibocsátást közelítőleg a vízigényből az alábbiak szerint becsültem (A szennyvíz kibocsátásban nem kell figyelembe venni az öntözés által elhasznált vízfogyasztást):

10. táblázat Számított szennyvíz mennyiségek

SZENNYVÍZ MENNYISÉG		
Napi szennyvíz összesen:		
V látogatók =	4500	liter
V személyzet =	1250	liter
V takarítás=	784	liter
V(szennyvíz)=V(víz) - V(öntözés)	6534	liter/nap

Napi szennyvíz kibocsátás: **6,5 m³/nap**.

A csúcs szennyvíz kibocsátást közelítőleg az alábbi képlet segítségével lehet becsülni:

$$V_{sz} = 0,33 * \sqrt[k]{\sum e} \left[\frac{l}{s} \right] \quad (9)$$

ahol

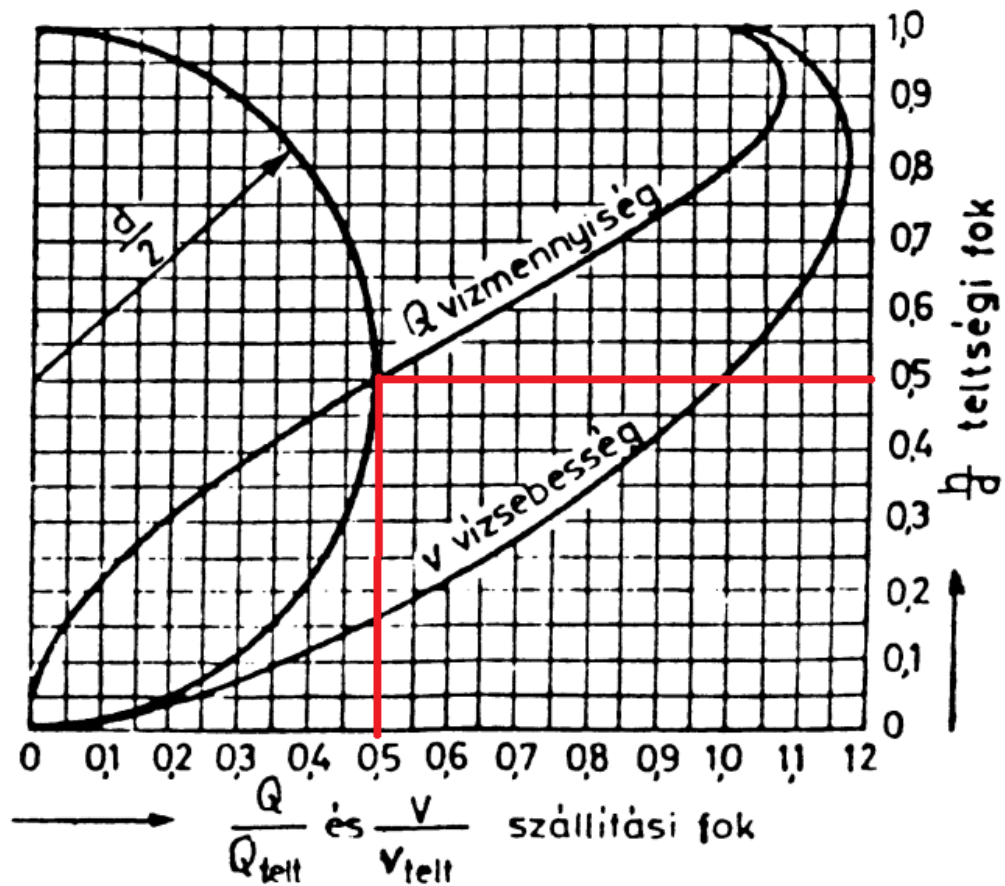
e: víznyelő egyenérték

k: egyidejűségi tényező (esetünkben k=2)

Így esetünkben a csúcs szennyvíz kibocsátás: **2,73 l/s**.

A jelenlegi szennyvíz alap gyűjtőcső méretének meghatározását és ellenőrzését az MSZ-04-134 szabvány előírásai szerint határoztam meg:

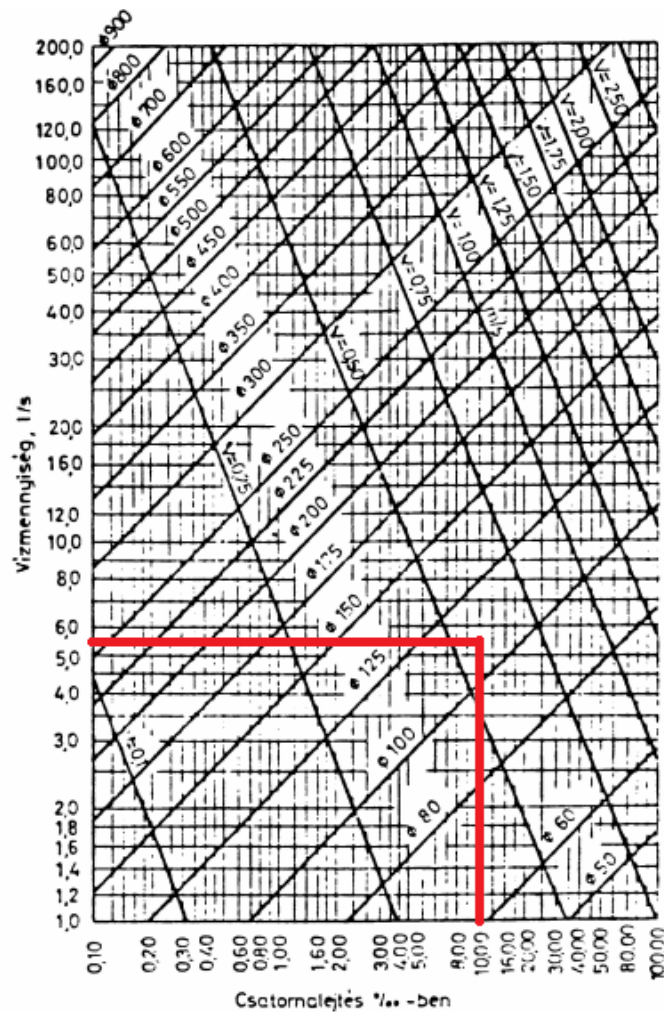
A mértékadó terhelést (Q) átszámítva telt keresztmetszetre vonatkoztatva (Q_{telt})



29. ábra Levezethető vízmennyiség és vízsebesség változása a töltés fokának függvényében körszelvényű csatornában

(Forrás: MSZ-04-134)

$$\text{Így } \frac{q}{Q_{telt}} = 0,5 \rightarrow Q_{telt} = \frac{Q}{0,5} = \frac{2,73 \text{ l/s}}{0,5} = 5,46 \text{ l/s.}$$



30. ábra Körszelvényi csövek vízlevezető képességének diagramja feltelt csőszelvényeknél (Forrás: MSZ-04-134)

A számítás során 10‰ lejtéssel számoltam, így a kiadódó csőátmérő: Ø125mm.

Előírás szerint a homok és hordalékmentes szennyvizet szállító alapcsatornában a legkisebb sebesség 0,4 m/s lehet. [MSZ-04-134]

A kiválasztott csőátmérőhöz tartozó teltszelvényű térfogatáram a diagram alapján:

$$Q_{telt} = 8 \text{ l/s}$$

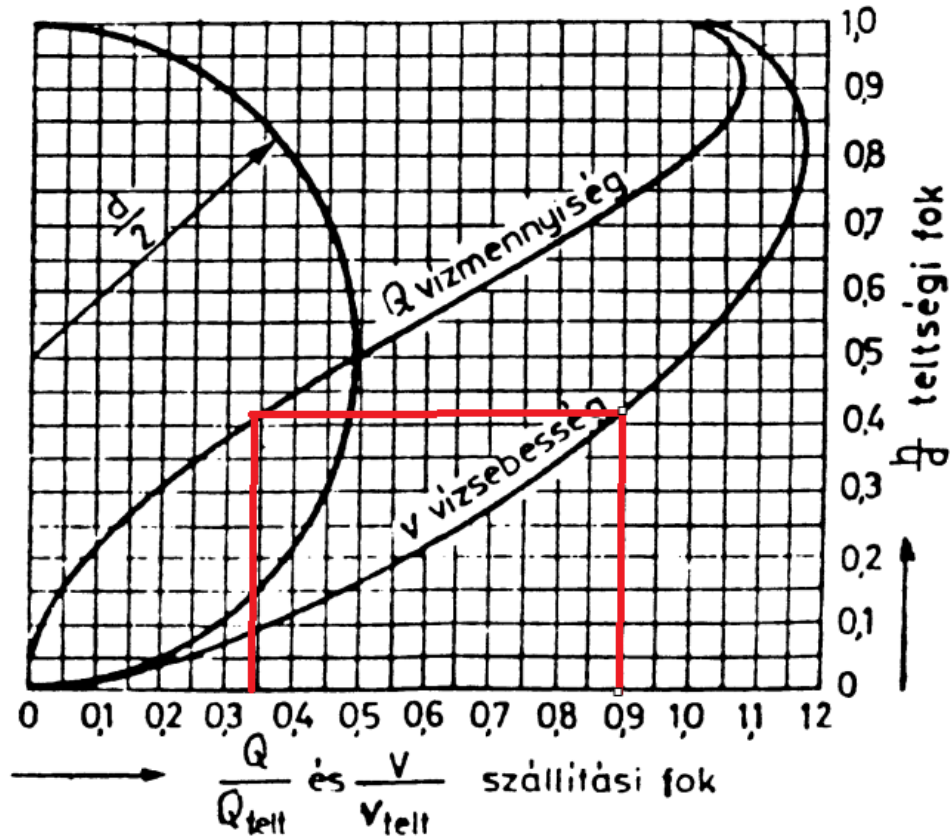
A teltszelvényű áramláshoz tartozó sebesség a diagram alapján megközelítőleg:

$$v_{telt} = 0,6 \text{ m/s}$$

A tényleges és a teltszelvényű áramlás szállítóképességének hányadosa:

$$\frac{Q}{Q_{telt}} = \frac{2,73}{8} = 0,341$$

Visszatérve a szabvány diagramjához, a valós és a teltszelvényű áramlás sebességének aránya:



31. ábra Levezethető vízmennyiség és vízsebesség változása a töltés fokának függvényében körszelvényű csatornában

(Forrás: MSZ-04-134)

Így a valós sebesség:

$$v_{valós} = 0,9 * 0,6 \frac{m}{s} = 0,54 \frac{m}{s}$$

A kiválasztott csőátmérő esetében az áramlási sebesség az előírt értéket meghaladja, így megfelelő:

$$v_{valós} = 0,54 \frac{m}{s} > 0,4 \frac{m}{s}$$

Így a kiválasztott méret megfelelő.

Mivel a pinceszinten is biztosítandóak vizesblokki helyiségek, melyek szennyvíz csatlakozásai a közműcsatlakozás alatt találhatóak, így egy darab szennyvíz átemelő berendezés létesítése is szükséges. Az átemelő az alábbi berendezések szennyvizét gyűjtené:

- 1db tartályos WC
- 2db mosdó
- 2db kiöntő
- 1db zuhany

Ezen berendezések víznyelő egyenértéke: 7,5, míg a csúcs szennyvíz kibocsátás értéke: $Q = 0,9$ l/s.

A gyűjtőcsőre való csatlakozás és az átemelő szivattyú tervezett pozíciója közötti geodetikus magasság különbség: 3m.

A nyomott csőszakasz hossza összesen: 10m.

Nyomott csőszakasz előzetesen választott dimenziója: DN50 (Ehhez tartozó fajlagos nyomásesés: kb. 300Pa/m, a megadott cső dimenzió és a csúcs szennyvíz kibocsátás mértéke alapján).

Így az átemelő berendezés méretezési munkapontja:

$$Q = 0,9 \text{ l/s}$$

$$dp = 3,03\text{m.}$$

A fekáliás szennyvíz miatt további feltétel, hogy zárt rendszerű, vágókéses, darálós átemelő berendezés legyen. A tároló kapacitást úgy kell meghatározni, hogy az óránkénti szivattyú indítási ciklus ne haladja meg a 60-at. **[MSZ EN 12056:2001]**

A vizes helyiségekben az építész terv szerinti vizes berendezési tárgyak kerülnek elhelyezésre. A teakonyhában csatlakozási lehetőség biztosítandó a gépek, mosogatók, mosdók és egyéb vizes berendezési tárgyak részére.

A beépítésre kerülő berendezési tárgyak típusát, darabszámát és átfolyási (fogyasztási) értékeit az alábbi táblázatban foglaltam össze:

11. táblázat Károlyi palota vizes berendezési tárgyak

Szaniter	Átfolyás	Darabszám a KÁROLYI épületben
mosdó	5,0 liter/perc	16
mosdó AKM	5,0 liter/perc	8
kiöntő	10,0 liter/perc	8
mosogató	2,0 liter/perc	2
mosogatógép	2,0 liter/ciklus	2
pissoire (infrás)	0,5 liter/öblítés	6
WC	4,5/2,5 liter/öblítés	14
WC AKM	4,5/2,5 liter/öblítés	3

mosdó	hideg – meleg vízzel
mosdó mozgássérült részére	hideg – meleg vízzel
kiöntő	hideg – meleg vízzel
mosogató	hideg – meleg vízzel
mosogatógép	hideg vízzel
infra vezérlésű pissoire berendezés	hideg vízzel
konzolos WC berendezés rejtett tartállyal	hideg vízzel
konzolos WC berendezés mozgássérült részére	hideg vízzel

A felszálló vezetékek alsó pontján elzárókat és ürítőket, a felső pontján légbeszívó szelepeket kell felszerelni. A hőközpontokban, szellőző gépházakban, takarítási célú helyiségekben vízvételi hely alakítandó ki. A vízvezetékek anyaga ivóvíz szállítására alkalmas és arról ÉMI +1 engedéllyel rendelkező rozsdamentes acélcső, illetve polietilén műanyagcső, toldóhévelyes kötéssel szerelve.

A vízvezeték rendszerbe minden nagyobb funkció ellátásához épületfelügyeletre kapcsolt almérőt és motoros mágnesszelepeket javaslok, amelyek által az üzemeltetés döntésének megfelelően a nyomott vezetékrendszer időszakosan (pl. éjszakára, vagy kihasználatlan területen) elzárható. Ezzel csökkenthető a használati időn kívül történt csőtörések által okozott károk kockázata. Az alvímérők épületfelügyeletre való bekötése az épületek és funkciók közti pontos elszámolást segíti.

Az épületben központi HMV termelés nem tervezett. A Károlyi-palota fajlagosan kisebb HMV fogyasztású területein lokális csoportokat vagy egy-egy fogyasztót kiszolgáló elektromos bojler tervezett a HMV biztosítására. Az épületben szintenként egyetlen vizesblokk van, amit az álmennyezetbe telepített elektromos bojler szolgál ki. A fogyasztók és a tároló közti távolság miatt cirkulációs vezeték kialakítása nem szükséges.

A 9/20233 ÉKM rendelet alapján a HMV rendszer vezetékain az alábbi táblázat szerinti szigetelésvastagságokat kell alkalmazni:

12. táblázat Előírt szigetelési vastagságok

	A	B
1	Vezeték/szerelvény fajtája	A hőszigetelés minimális vastagsága 0,036 W/mK hővezetési tényezőre vonatkoztatva
2	belső átmérő 22 mm-ig	19 mm
3	belső átmérő 22 mm-től és 35 mm-ig	30 mm
4	belső átmérő 35 mm-től és 100 mm-ig	belső átmérővel megegyező
5	belső átmérő 100 mm felett	100 mm
6	fal- és födémáttöréseknél, vezetékkeresztezéseknél, kötéseknél, központi elosztóknál	az 1-4 sorok értékeinek fele
7	különböző tulajdonú fűtött helyiségek elválasztó falaiba kerülő fűtési vezetékek	az 1-4 sorok értékeinek fele
8	különböző tulajdonú fűtött helyiségek elválasztó födemeibe kerülő fűtési vezetékek (*)	6 mm

Az épületen belüli csatornahálózatot az MSZ 04 – 134 – 1991 sz. szabvány előírásai szerint terveztem. Az alapvezetéknek az épületből történő kilépésénél, illetve az iránytöréseknél tisztító- és ellenőrző aknákat kell beépíteni. A csatorna vezetékek anyaga PE, előregyártott idomokkal, hegesztett kötésekkel szerelve. Az esetleges iránytöréseket maximum 45 fokos idomokkal kell megoldani. A cseppvíz hálózat teljes szakaszát szintén PE vezetékrendszerből kell készíteni, a szennyvíz hálózathoz való csatlakozásoknál kiszáradás ellen védett búzzárat kell beépíteni (pl. golyósszifon).

5.2. Csapadékvíz

A tervezett épület kialakítása során a telken és épületen keletkező esővíz mennyiséget az alábbi táblázatban foglaltam össze az MI-10/455-2/1988 iránymutatása alapján:

13. táblázat Károlyi palota esővíz mennyiség adatok

PPKE Károlyi Palota ESŐVÍZ MENNYISÉG ADATOK (csapadékvíz intenzitás a 4 éves 10 perces záporintenzitásra számítva)					
Burkolatok	Esővíz gyűjtő jele	Terület [m ²]	Lefolyási tényező	Csapadékvíz [l/s]	Csapadékvíz intenzitás [l/s,ha]
Szilárd	Direkt	1 234,00	0,95	32,12	274,00
Üvegfelület	Direkt	205,00	0,95	5,34	
Összes keletkező esővíz		1 439,00			
A területen keletkező összes csapadékvíz mennyisége				37,46	

A Károlyi-palota esővíz elvezetése közvetlenül a közműhálózatba van vezetve. A keletkező összes csapadékvíz mennyiség: **37,46 l/s**.

5.3. Hő és hűtési energiaellátás

Az energetikai számítás eredményét és a légkezelők fűtési/hűtési energiaigényeit összegezve az alábbi hőigények adódtak ki:

Fűtési energiaigény:

14. táblázat Károlyi Palota - Fűtési teljesítményigény

PPKE Károlyi Palota		
FŰTÉSI TELJESÍTMÉNY		
Fogyasztás típusa, megnevezése	Vizes fűtési igény (kW)	Me.
Transzmissziós hővesztesség	105	kW
HMV - előnykapcsolás	-	kW
Légkezelők		
KP_L1	114	kW
KP_L2	103	kW
KP_L3	63,7	
Légkezelők összesen:	280,7	
Összesen:	386	kW

Hűtési energiaigény:

15. táblázat Károlyi Palota - Hűtési teljesítményigény

PPKE Károlyi Palota		
HŰTÉSI TELJESÍTMÉNY		
Fogyasztás típusa, megnevezése	Vizes hűtési igény (kW)	Me.
Épület hőterhelés	179	kW
Légkezelők		
KP_L1	84,9	kW
KP_L2	80,2	kW
KP_L3	71	
Légkezelők összesen:	236,1	kW
Összesen:	415	kW

5.3.2. Hő-és hűtési energiatermelés

Az épület hőenergia ellátásáért felelős gépészeti megoldási lehetőségeket szeretném bemutatni, és meghatározni, hogy 15 éves távlatban mely műszaki megoldás bizonyulna a legoptimálisabbnak, főként energetikai szempontokból.

Az általam vizsgált műszaki megoldások:

1. eset: Gázkazános rendszer kiegészítve levegős hőszivattyúval, minimálisan kielégítve a jelenlegi előírásokat
2. eset: Talajszondás és levegős hőszivattyús rendszer

3. eset: Kizárólag levegős hőszivattyús rendszer
4. eset: Távhő ellátás
5. eset Napkollektoros rendszer kiegészítve levegős hőszivattyúval
6. eset: Talajvizes hőszivattyús rendszer

A felsorolt műszaki megoldások közül a 4., 5. és 6. esetet kizárom, az alábbi indokok miatt:

Távhő:

A területen jelenleg nincsen távhő ellátás, bevezetését nem is tervezik.

Napkollektoros rendszer:

A panelek a tetőn helyezhetők el, az épületen belül egy nagy melegvítárolóval. Műemléki épületeknél nem alkalmazható.

Talajvizes hőszivattyús rendszer:

Az épület alá telepített kutak kockázata (előntésveszély) igen magas, műemléki környezetben semmiképp nem ajánlott.

A fennmaradó három műszaki megoldás előnyeit és hátrányait összefoglalva:

16. táblázat Javasolt gépészeti megoldások előnyei és hátrányai

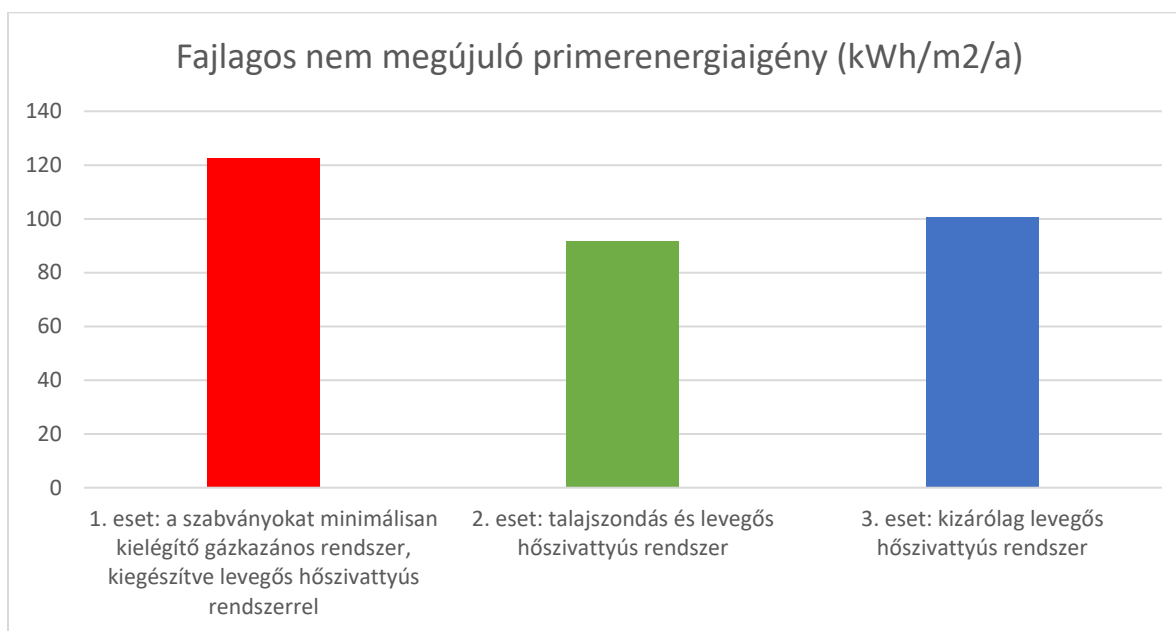
Vátozat	Előnyök	Hátrányok
1. Verzió-Alapeset: a szabványokat minimálisan kielégítő gázkazános + levegős hőszivattyús rendszer	Előnyök: - Kedvező árú kivitelezési költség - Kevesebb gépészeti tér helyigény	Hátrányok: - Korszerűtlen energetikai rendszer - Nem előremutató megoldás - Kedvezőtlen üzemeltetési költségek - Lokális CO2 szennyezés - Kémény szükséges az épületen keresztül
2. Verzió: talajszondás és levegős hőszivattyús rendszer	Előnyök: - Legkorszerűbb, energiatakarékos megoldás - Nincs lokális szennyezőanyag forrás, nincs kémény - A talajszondás gépeknél nincs kültéri egység, így kevesebb az akusztikai probléma - Kevesebb levegős hőszivattyú kell a tetőre - Jobban szabályozható rendszer	Hátrányok: - Költségesebb beruházás - Talajszondás gépházaknak helyigénye van a pince szinten
3. Verzió: kizárólag levegős hőszivattyús rendszer	Előnyök: - Korszerű, energiatakarékos megoldás - A kötelező 25% megújuló részarány biztosítva van	Hátrányok: - Költségesebb beruházás, mint gázkazános esetben

Az első három esetet a 9/2023 ÉKM rendelet szerint fajlagos energiaigény és fajlagos CO2 kibocsátás szempontjából elemeztem.

Energiafogyasztási eredmények alapján az alábbi értékek adódtak:

17. táblázat Energiafogyasztási eredmények

Üzemeltetési energiahatékonysági rangsor	Fajlagos nem megújuló primerenergiaigény [kWh/m ² a]
1. hely: 2.eset - talajszondás és levegős hőszivattyús rendszer	91,6
2.hely: 3.eset - kizárólag levegős hőszivattyús rendszer	100,4
3.hely: 1.eset - a szabványokat minimálisan kielégítő gázkazános rendszer, kiegészítve levegős hőszivattyús rendszerrel	122,5

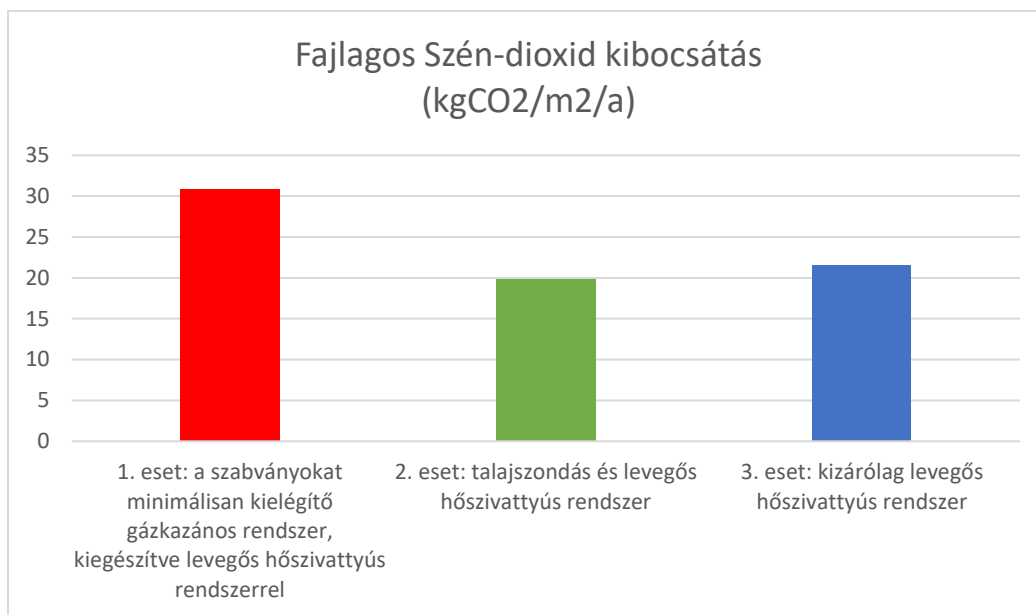


32. ábra Fajlagos nem megújuló primerenergiaigények (Forrás: saját szerkesztés)

Fajlagos szén-dioxid kibocsátás alapján:

18. táblázat Gépészeti rendszerek fajlagos CO2 kibocsátása

Fajlagos CO2 kibocsátás alapú rangsor	Fajlagos CO2 kibocsátás [kg/m2a]
1. hely: 2.eset - talajszondás és levegős hőszivattyús rendszer	19,8
2.hely: 3.eset - kizárólag levegős hőszivattyús rendszer	21,5
3.hely: 1.eset - a szabványokat minimálisan kielégítő gázkazános rendszer, kiegészítve levegős hőszivattyús rendszerrel	30,8



33. ábra Fajlagos CO2 kibocsátás értékek (Forrás: saját szerkesztés)

Jól látható, hogy energetikai és környezet terhelési szempontokból is a 2. eset a legkedvezőbb megoldás, viszont a megfelelő döntés meghozatala érdekében a különböző rendszerek üzemeltetési költségeit is szeretném becsülni.

A három gépészeti megoldás becsült energiafogyasztási adatai:

19. táblázat Energiafogyasztási adatok

	Gázfogyasztás [kWh/m2a]	Éves gázfogyasztás [kWh/a]	Hálózati villamos energia fogyasztás [kWh/m2a]	Éves hálózati villamos energia fogyasztás [kWh/a]
1. eset: a szabványokat minimálisan kielégítő gázkazános rendszer, kiegészítve levegős hőszivattyús rendszerrel	87	379184	15,63	67787
2. eset: talajszondás és levegős hőszivattyús rendszer	0	0	39,84	172786
3. eset: kizárólag levegős hőszivattyús rendszer	0	0	43,64	189267

Az éves üzemeltetési költségek meghatározásához a 2023-as nettó energiadíjakat vettem alapul.

20. táblázat Villamosenergia nettó ára 2023 (Forrás: kozbeszerzes.gov.hu)

The screenshot shows the website of the Hungarian Public Utility Regulatory Authority (KEF). The page title is "Termék adatlap" (Product data sheet). The product details are as follows:

Cikkszám:	ve23
Név:	Általános felhasználási célú villamos energia díj, egységár a 2023-as villamos energia évre, teljes ellátás alapú szerződés keretében
Mértékegység:	kWh
Leírás:	
Nettó szerződéses ár:	146,167 Ft
Közbeszerzési díj verseny újraindítás esetén	1%
Gyártó:	ELMŰ-ÉMÁSZ Energiakereskedő Kft.

21. táblázat Földgáz nettó ára 2023 (Forrás: kozbeszerzes.gov.hu)



Termék adatlap

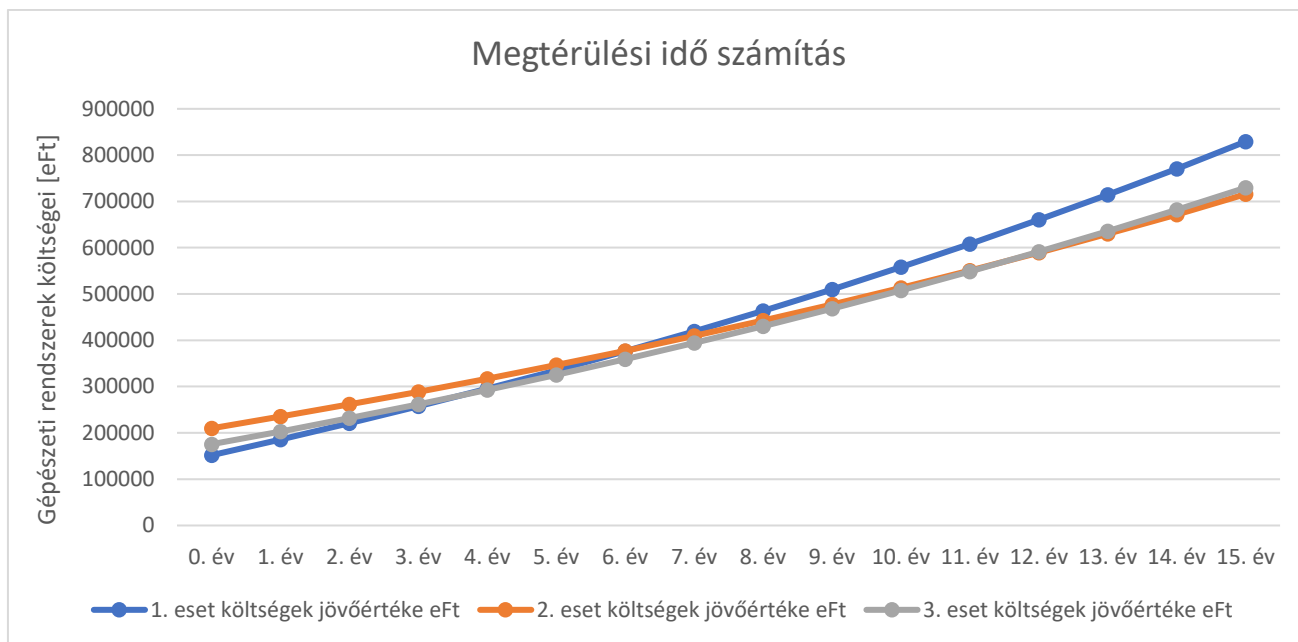
Cikkszám:	GE23
Név:	Általános felhasználási célú földgáz energia díj, egységár a 2023-as földgáz energia évre, teljes ellátás alapú szerződés keretében
Mértékegység:	KWh
Leírás:	
Nettó szerződéses ár:	63,096 Ft
Közbeszerzési díj verseny újranyitás esetén	1%
Gyártó:	MVM Next Energiakereskedelmi Zrt.

Így az éves becsült üzemeltetési költségek:

22. táblázat Éves energia költségek

	Összes éves energia költség [Ft]
1. eset: a szabványokat minimálisan kielégítő gázkazános rendszer, kiegészítve levegős hőszivattyús rendszerrel	33 837 009 Ft
2. eset: talajszondás és levegős hőszivattyús rendszer	25 261 325 Ft
3. eset: kizárólag levegős hőszivattyús rendszer	27 670 789 Ft

A rendszerek megtérülési idejének számításához előzetes gépész költségbecslési adatok alapján becsültem az egyes rendszerek bekerülési költségeit, majd jövőérték számítással 4%-os diszkont tényezővel kalkulálva az alábbi eredmények adódtak ki:



34. ábra Gépészeti rendszerek megtérülési ideje (Forrás: saját szerkesztés)

Táblázatos formában a kiadódó költségek:

23. táblázat Gépészeti rendszerek költségei

Év	1. eset költség jövőértéke eFt	2. eset költség jövőértéke eFt	3. eset költség jövőértéke eFt
0. év	151725	209775	175500
1. év	185562	235036	203170
2. év	220752	261307	231947
3. év	257351	288630	261875
4. év	295413	317045	293000
5. év	334997	346597	325370
6. év	376165	377331	359034
7. év	418980	409294	394046
8. év	463507	442536	430458
9. év	509815	477107	468326
10. év	557976	513061	507709
11. év	608063	550454	548667
12. év	660153	589342	591264
13. év	714327	629786	635565
14. év	770668	671847	681637
15. év	829263	715591	729553

A fenti számításokból látható, hogy a 4.évben már megtérülő beruházás a gázkazános rendszer helyett levegő hőszivattyús rendszert létesíteni. 15 év kiértékelésével pedig jól látható, hogy jelentős megtakarítás érhető el talajszondás hőszivattyúk alkalmazásával. A számítás során 40%-os talajszonda lefedettséggel számoltam, várhatóan ez magasabb értékre is adódhat, mellyel gyorsabb megtérülés adódna.

Az épület adottságai és a Megrendelői igények alapján elsősorban fan-coilok és padlókonvektorok segítségével javaslom a belső terek fűtési és hűtési energia ellátását. A díszes padló burkolatok helyreállítása, a nagy belmagasságok és galériaszintek, valamint a bekerülési költségek miatt a felületfűtés/hűtési rendszerek elvetésre kerültek.

Az épület kiemelt tereiben és a pinceszinti tömörraktárakban homlokzat mentén padlóba süllyesztett ventilátoros padlókonvektorok helyezhetőek el, melyek nem zavarják a belsőépítészeti kialakítást és gyors reagálással képesek a változó igényeket kielégíteni.



35. ábra Padlókonvektor (Forrás: oriva.hu)

A padlókonvektorok 4 csöves kialakítású rendszerben működnek, egyidőben képesek egymástól függetlenül fűteni vagy hűteni. A két üzem közötti váltást az adott helyiség hőmérséklet és páratartalom érzékelője szabályozza.

Az épület többi helyiségében alapvetően 4 csöves Fan-coil berendezések elhelyezését javaslom, amik biztosítják a megfelelő fűtési, és hűtési energiát. A fan-coil berendezés a helyiség funkciója és építészeti lehetőségei szerint lehet álmennyezetbe építhető légcsatornás, burkolattal ellátott

oldalfali kivitelű vagy burkolat nélküli parapet berendezés. Szabályozása fali termosztáttal vagy központi automatikáról történik. A fan coil egységet el kell látni a villamos energia, fűtött és hűtött víz, valamint kondenzvíz csatlakozással.

Az alárendelt helyiségekben, ahol hűtési igények nem adódnak, ott radiátoros fűtési rendszer javasolt.

A légkezelő egységek kalorifereit a hőközpontból fűtő és hűtő vízzel látom el a megfelelő hőmérséklet elérése érdekében. Az energiatakarékosság érdekében a berendezések hővisszanyerő egységet is tartalmaznak. A légkezelők 4 csöves rendszerben működnek, azaz fűtési és hűtési kaloriferük is van, mely az épület radiátoros és fan-coilos hálózatától függetlenül tud fűteni vagy hűteni.

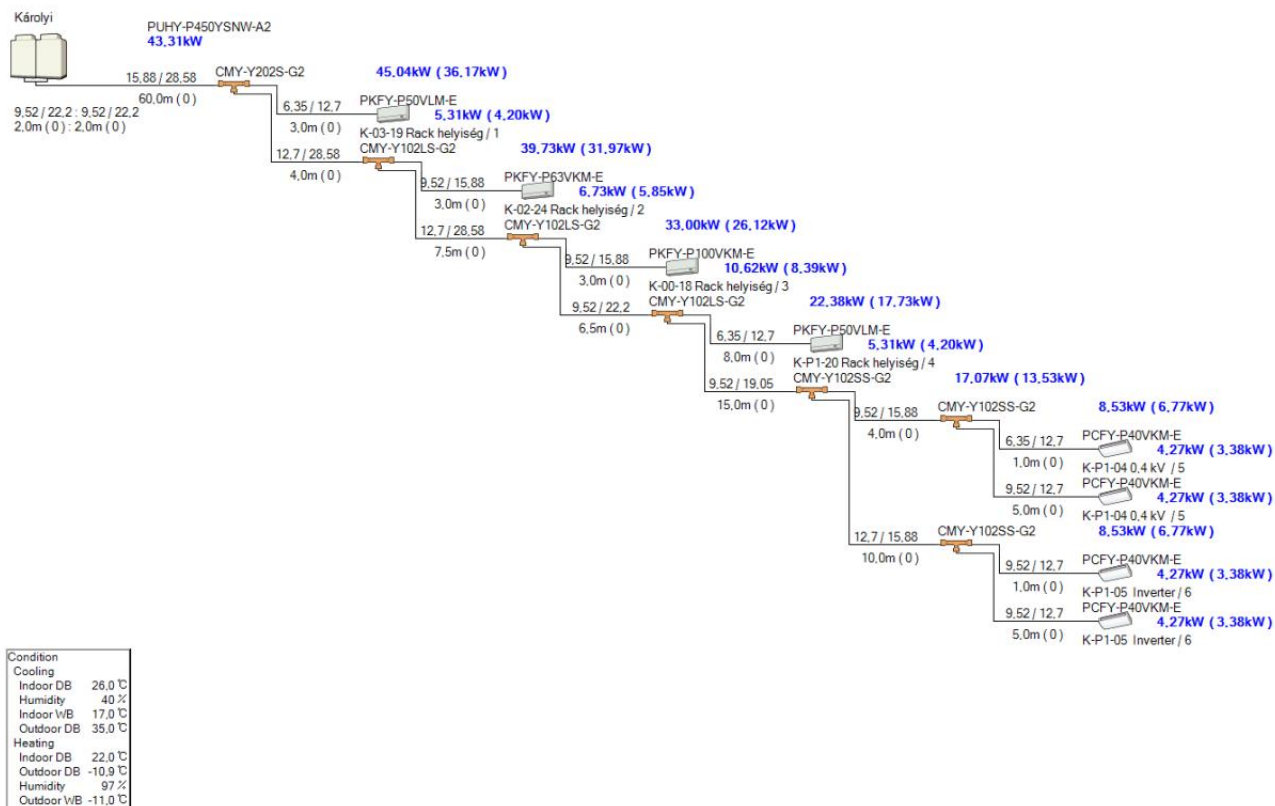
A vizes fűtési rendszerben a szennyeződések és a káros mikrobuborékok eltávolítására mikrobuborék, iszapleválasztó és szennyfogó szűrők beépítését javaslom. Az iszapleválasztó és szűrő berendezések előtt és után nyomásmérési lehetőséget kell biztosítani. A tervezett hálózat jellemző pontjain üzemviteli műszerek, hőmérők és feszmérők helyezendők el, amelyekkel vizuálisan a rendszer állapota nyomon követhető.

Az épületben szerver és elektromos helyiségek is kialakítandóak, melyek technológiai hűtést igényelnek. Ezen hűtési igények kielégítése független, VRF rendszerrel lehetséges. Melynek kültéri egysége a tetőn kialakított kirekesztett „külső térben” helyezendő el.

A VRF kültéri és beltéri egységek közötti összeköttetést szavatolt minőségű (KS) hűtéstechnikai tisztított vörösrézcső biztosítja, szakaszos nyomáspróbával, idomokkal, kemény forraszos kötésekkel, 19 mm-es zártcellás csőhéjjal szigetelve, szavatolt minőségű (KS) hűtéstechnikai tisztított vörösrézcső fittingekkel.

A kültéri egységek működéséhez nagy külső levegő mennyiség szükséges, melyet a gép beépített ventilátorai mozgatnak, ezzel biztosítva a megfelelő hőcserét.

A technológiai hűtés tervezett elvi kapcsolása:



36. ábra VRF elvi kapcsolás (Forrás: daikin.hu)

A technológiai hűtés energiaigényének meghatározásában külön szakági tervező segített. A stabilabb rendszer érdekében, a nyomvonalat úgy határoztam meg, hogy később is hozzáférhetőek legyenek a csőkötések, és viszonylag közel kerüljenek egymástól a hőleadók.

5.4. Légtechnika

Az épületben a megrendelői igényeknek és előírásoknak megfelelően minden helyiségben központi szellőzőrendszer biztosítja a frisslevegőt.

A helyiségekbe befűjt és elszívott friss levegő mennyiségét a Megrendelő által meghatározott követelményeknek megfelelően terveztük (lásd előírt tervezési paraméterek).

A szellőzési rendszer oly módon működik, hogy a beépített szellőzőgép biztosítja az emberek számára az előírt friss levegő mennyiséget, helyiség hőmérsékleten történő befűvással. A helyiségek hőmérsékleti szabályozását a beépített Fan-coil, padlókonvektor vagy radiátoros fűtési berendezések biztosítják.

A szellőző gépegységek tiszta friss levegővel működnek, nagy hatásfokú hővisszanyerő egység beépítésével. A könyvraktárakban és értékes kiállító termekben szigorú páraszabályzás tervezett a gépekbe, állagmegóvási szempontok miatt. A szellőző ventilátorokat fokozatmentes fordulatszám szabályozású motorral javasolt felszerelni. A fokozatmentes szabályozás a változó igényeknek megfelelően energiatakarékos üzemeltetést biztosít.

A páratartalom szabályozott helyiségek alapterülete: 634m². Mely helyiségekhez tartozó hőterhelések, az alábbiak szerint adódik (kiolvasva az épület hőszükséglet számításából):

$$Q_T = 15,7 \text{ kW}$$

$$Q_{NY} = 20,5 \text{ kW}$$

Az előírt célhőmérsékletek:

Télen: 20°C +/- 2°C; $\varphi = 50\%$ +/- 5%

Nyáron: 22°C +/- 2°C; $\varphi = 50\%$ +/- 5%

Méretezési külső hőmérsékletek:

Télen: -13°C; $\varphi = 90\%$

Nyáron: 35°C; $\varphi = 40\%$

A helyiségek nedvességterhelése az emberi nedvességterhelések figyelembevételével becsülhető. ASHRAE által előírt értékekkel:

A téli nedvességterhelés: $m_{e,t} = 30 \frac{g}{h}$

$$\text{Így } \sum \dot{m}_t = n * m_{e,t} = 60 * 30 \frac{g}{h} = 1800 \frac{g}{h} = 5 * 10^{-4} \frac{kg}{s} \quad (10)$$

A nyári nedvességterhelés: $m_{e,ny} = 58 \frac{g}{h}$

$$\text{Így } \sum \dot{m}_{ny} = n * m_{e,t} = 60 * 58 \frac{g}{h} = 3480 \frac{g}{h} = 9,67 * 10^{-4} \frac{kg}{s} \quad (11)$$

Ezen adatokból meghatározható a téli és nyári állapotváltozás irányjelzője:

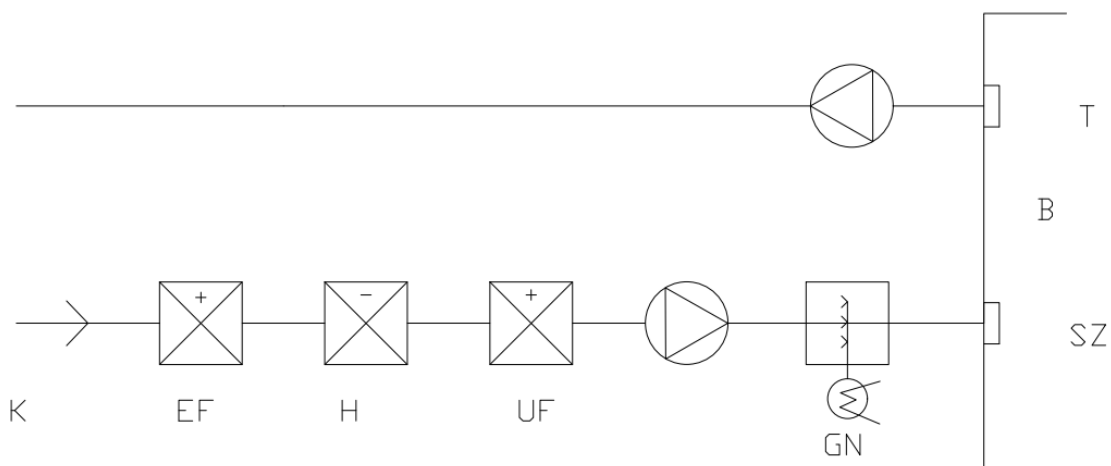
$$\text{Télen: } \frac{\Delta h}{\Delta x} = \frac{\sum Q_T}{\sum \dot{m}_t} = \frac{-15,7}{5 * 10^{-4}} = -31400 \frac{kJ}{kg} \quad (12)$$

$$\text{Nyáron: } \frac{\Delta h}{\Delta x} = \frac{\sum Q_{NY}}{\sum \dot{m}_{ny}} = \frac{20,5}{9,67 * 10^{-4}} = 21199 \frac{kJ}{kg} \quad (13)$$

A hűtő kalorifer felületi közepes hőmérséklete a hőfoklépcsőből ($t_e / t_v = 6/11^\circ\text{C}$) és a hűtőberendezés ismerete alapján becsülhető. Esetünkben: $t_{fK} = 11^\circ\text{C}$.

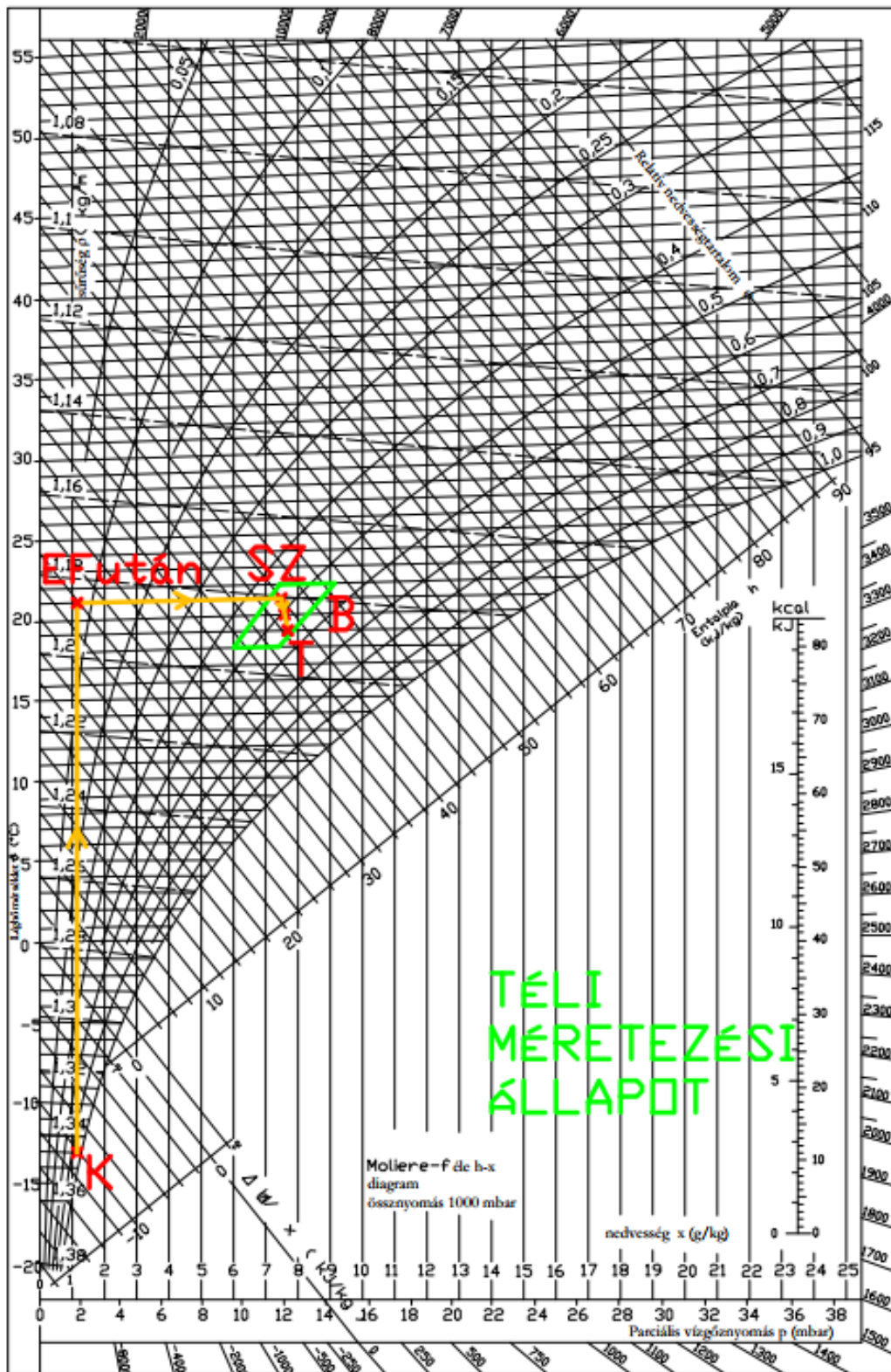
Ezen adatokból meghatározható a méretezési állapot Mollier diagramja.

A légkezelő berendezés elvi sémája az alábbi:



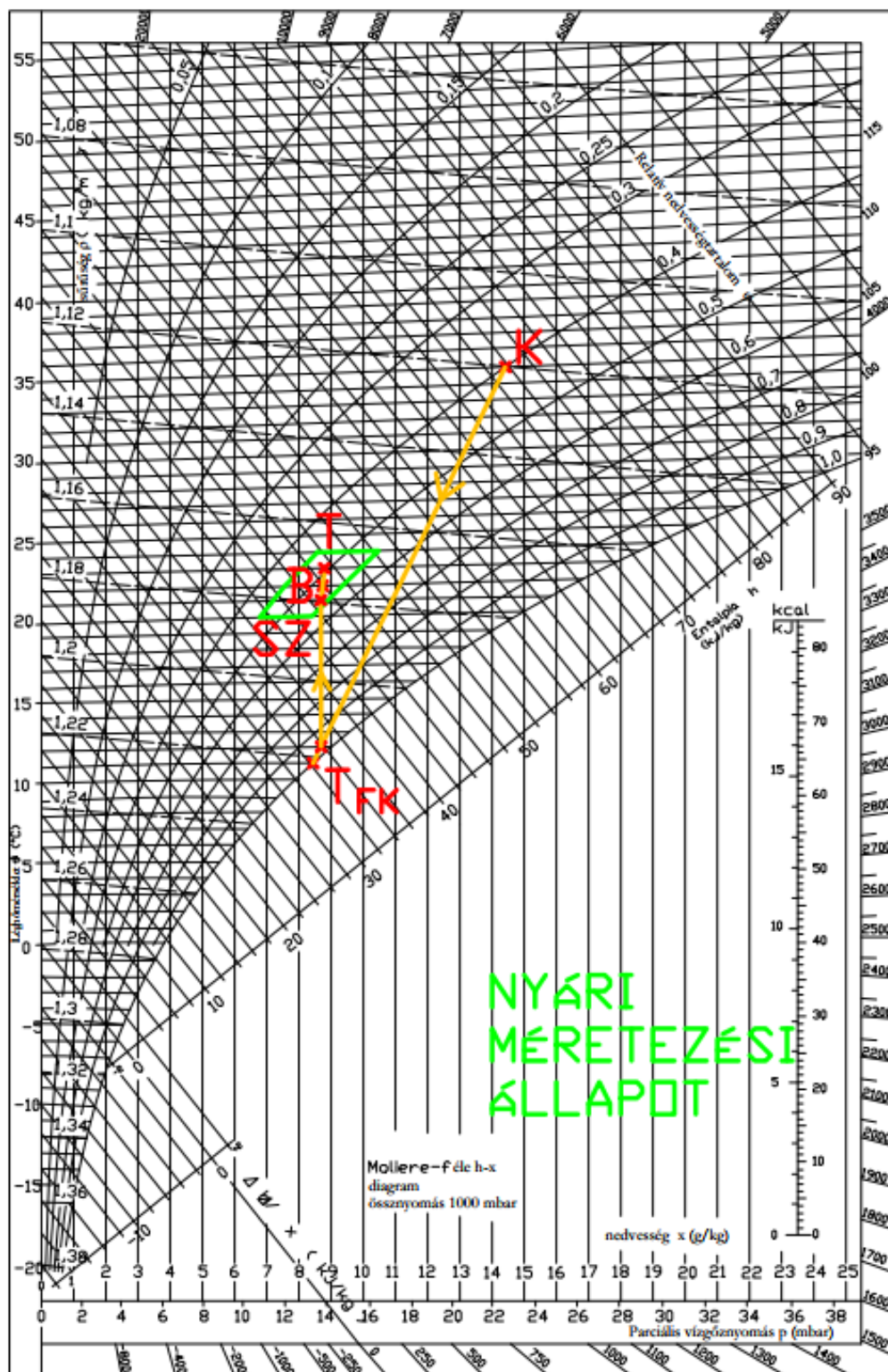
37. ábra Légkezelő elvi séma (Forrás: saját szerkesztés)

A fenti adatokból meghatározott téli méretezési állapotban a Mollier diagram:



38. ábra h-x diagram téli állapotban (Forrás: saját szerkesztés)

Nyári állapotban:



39. ábra h-x diagram nyári állapotban (Forrás: saját szerkesztés)

A szükséges friss levegő mennyiség:

$$\text{MSZ 04 135/1 szerint: } \dot{V}_{friss} = \frac{\dot{K}}{k_b - k_k} = \frac{20 \frac{l}{h f\ddot{o}}}{1400 ppm - 1000 ppm} = 20 \frac{m^3}{h f\ddot{o}} \quad (14)$$

$$\text{MSZ 21 875-2-1991 szerint (jelenleg érvényes): } \dot{V}_{friss} = 30 \frac{m^3}{h f\ddot{o}}$$

$$\text{DIN 1946/2 szerint: } - \text{gyülekező tér: } \dot{V}_{friss} = 20 \frac{m^3}{h m^2}$$

$$\text{Fejadag alapján: } \dot{V}_{friss} = 30 \frac{m^3}{h f\ddot{o}} * 60 = 1800 \frac{m^3}{h} \quad (15)$$

$$\text{DIN szabvány alapján: } \dot{V}_{friss} = 20 \frac{m^3}{h m^2} * 634 m^2 = \mathbf{12680} \frac{m^3}{h} \quad (16)$$

$$\text{Így a mértékadó frisslevegő igény } 12680 \frac{m^3}{h} = 3,52 \frac{m^3}{s}$$

$$\dot{m}_{sz} = 4,54 \frac{kg}{s}; (\rho_{lev} = 1,29 \frac{kg}{m^3})$$

Így az egyes elemek teljesítményigénye:

Előfűtő berendezés:

$$\dot{Q}_{EF} = \dot{m}_{sz} \cdot (h_{EF \text{ után}} - h_K) = 4,54 \frac{kg}{s} * \left(24 \frac{kJ}{kg} - \left(-10 \frac{kJ}{kg} \right) \right) = \mathbf{154,36 kW}. \quad (17)$$

Gőz beporlasztás:

$$\dot{m}_g = \dot{m}_{sz} \cdot (x_{SZ} - x_{UF \text{ után}}) = 4,54 \frac{kg}{s} * \left(7,4 \frac{g}{kg} - 1,1 \frac{g}{kg} \right) = 28,6 \frac{g}{s} = \mathbf{103} \frac{kg}{h} \quad (18)$$

$$\dot{Q}_g = \dot{m}_g \cdot h_g = \dot{m}_g (r_0 + c_{pg} \cdot t_g) = 28,6 * 10^{-3} \frac{kg}{s} * \left(2500 \frac{kJ}{kg} + 1,86 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} * 21^\circ C \right) = \mathbf{72,6 kW}. \quad (19)$$

Hűtés:

$$\dot{Q}_H = \dot{m}_{sz} \cdot (h_K - h_{SZ}) = 4,54 \frac{kg}{s} * \left(71,8 \frac{kJ}{kg} - 33,8 \frac{kJ}{kg} \right) = \mathbf{172,52 kW}. \quad (20)$$

A fenti eredményekből látható, hogy a szigorú pára és hőmérséklet előírások kielégítéséhez méretezési állapotokban nagy teljesítményigények adódtak. Ezen értékek mérséklésére van

lehetőség hővisszanyerő beépítésére, vagy levegő visszakeverésre. A hővisszanyerővel például a méretezési hőmérséklet 35°C-ról 30,1°C-ra csökkenthető.

A fentiekén kívül a légkezelőgépbe az alábbi elemek építendőek be:

- Szűrő egység

A szűrőegységhez kapcsolódik a szellőző rendszer frisslevegőt szívó oldala. Az áramló levegő szabályozására, valamint az elzárására motoros szabályozó zsalu kerüljön beépítésre. A szűrő egységek több fokozatúak, az utolsó fokozat az érvényes ErP2018 rendeletek értelmében min. F-7 fokozatúak legyenek. Ahol szükséges és az épület funkciója ezt megköveteli, ott többfokozatú szűrést kell kialakítani.

- Hővisszanyerő egység

A friss levegő és a távozó levegő hőenergia és nedvesség tartalom cseréjére szolgáló berendezés. Alkalmazása növeli a beépített berendezések energiatakarékos üzemeltetését. A rendszerbe való beépítés esetén a kiválasztás során figyelembe kell venni a hő-visszanyerő elem jóságát. A hővisszanyerő berendezés műszaki paramétereinek teljesítenie kell az ErP2018-as rendelet előírásait.

- Előfűtő kalorifer

Ez az elem végzi télen a levegő fűtését a hővisszanyerő meghibásodása esetén. A fűtőközeg melegvíz. A téli szabályozási funkciót szabályozószelep látja el. A kalorifer egység oldalán kerülhet elhelyezésre a fűtési szabályozó beavatkozó szerve a háromjáratú szelep. A szabályozó berendezés érzékelői a légcsatornában kerülnek majd elhelyezésre. A rendszer szabályozása értéktartó szabályozás. A kalorifert fagyvédelemmel kell ellátni.

- Hűtő kalorifer

Ez az elem végzi nyáron a levegő hűtését. A hűtőközeg a hűtőgép által előállított 7/12°C hidegvíz. A kalorifer egység oldalán kerülhet elhelyezésre a hűtési szabályozó beavatkozó szerve a kétjáratú szelep. A szabályozó berendezés érzékelői a légcsatornában kerülnek elhelyezésre. A rendszer szabályozása értéktartó, mennyiségi szabályozás.

- Fűtő kalorifer

Ez az elem végzi télen a levegő fűtését. A fűtőközeg melegvíz. A téli szabályozási funkciót szabályozószelep látja el. A kalorifer egység oldalán kerülhet elhelyezésre a fűtési szabályozó

beavatkozó szerve a háromjáratú szelep. A szabályozó berendezés érzékelői a légcsatornában kerülnek majd elhelyezésre. A rendszer szabályozása értéktartó szabályozás. A kalorifert fagyvédelemmel kell ellátni.

- Ventilátor

A berendezés kiválasztásánál különösen ügyelni kell a berendezés áramlástechnikai és akusztikai illesztésére. A feladatunk megoldásánál igény a csendes-járású járókerékkel üzemelő, és hangcsillapító dobozban elhelyezett berendezés.

- Hangcsillapító

A berendezés akusztikai szempontból igényes megoldást követel. Ennek megfelelően igen fontos szempont a légtechnikai rendszer akusztikai illesztése. A hangcsillapító berendezéseket mind a gépegység, mind a légcsatorna hálózat rendszerébe be lehet építeni.

- A gépek elemekből felépíthető (modul-rendszerűek) és mind statikai, mind hőtechnikai szempontból optimalizált felépítéssel rendelkeznek. Erre főként azért van szükség, mert a emglévő tetőtérbe csak így szállítható be.

- Fontos, hogy a ventilátorház korróziómentes anyagból készüljön, főként hogy a tetőtérben a frisslevegő vételi pontoknál és kidobásoknál eső érheti a készüléket

- A légszűrők javasolt jóságai foka: F-7.

A bemutatott páraszabályzós légkezelőn kívül kettő darab légkezelőgép szükséges a többi terület ellátásához. Mindkét berendezés a második emeleten kialakított gépészeti térben (beltérben) kapott helyet. A frisslevegő beszívása frisslevegős rácsokon keresztül a tető felett történik. A fűtött, hűtött, megszárt levegőt szigetelt légcsatornákon vezetjük a komforttérbe. Az elhasznált levegőt az álmennyezet felett az elszívó légkezelőhöz vezetjük, ahol hővisszanyerés után a szabadba engedjük. A szellőzés rendszere enyhén túlnyomásos, amit a teakonyhák és vizesblokkok elszívásával egyenlítünk ki. A friss levegő beszívása és az elhasznált levegő kidobása egymástól távol történik.

Ezen terekben az előírt

Befűjt levegő hőmérséklete télen: 24°C; elszívott levegő: 18-20°C

Befűjt levegő hőmérséklete nyáron: 24°C; elszívott levegő: 26-28°C

Összes légmennyiség:

- Befűvás: 32.500 m³/h
- Elszívás: 30.500 m³/h

24. táblázat Károlyi palota légkezelők méretei

PPKE-Károlyi Palota		
SZELLŐZÉS ALAPPARAMÉTEREK		
Légkezelő berendezések	Befűjt levegő légmennyisége	Elszívott levegő légmennyisége
Légkezelők megnevezése	tél-nyár	tél-nyár
	m³/h	m³/h
KP_L1	17 500	17 500
KP_L2	15 000	13 000
KP_L3	12 680	12 680

Az adott szintek légmennyiségeinek beállításához minden szinti leágazásnál egy-egy motoros CAV szabályzó építendő be. A motoros CAV szabályzók a termekbe telepített CO₂ vagy BLM érzékelők és jelenlét érzékelők alapján tudnak zárni, ha a terem nincs használatban. A jelenlét érzékelők információi és az elszívott levegő CO₂ mennyisége alapján a légtechnikai rendszer fordulata – és ezáltal a befűjt levegő mennyisége – a bennlévő emberek számához illeszthető. Ez a rendszer energiatakarékosságot biztosít az épület számára.

Belső terű vizesblokk helyiségek szellőztetése:

Az épületben a belsőterű helyiségek gépi úton szellőztetendők. Az elszívó rendszereket folyamatosan vagy időprogram alapján rendszeresen üzemeltetni kell, hogy a vizes blokkokban a penészesedést, ill. a kellemetlen szagok kiáramlását megakadályozzuk. Mindegyik ilyen jellegű helyiségben depressziós szellőztetés valósítandó meg. A helyiségek levegő utánpótlása egyrészt befűvő ventilátorok által. másrészt a kapcsolódó helyiségek légteréből ajtórácsokon keresztül történik. Az elszívó ventilátorokat a gépészeti térben helyezük el, az általuk szállított levegő kidobása a friss levegő beszívástól távol történik.

5.5. Épületgépészeti tűzvédelem

5.5.2. Lépcsőházak

Az épületben egy hő- és füstelvezetéses lépcsőház kerül kialakításra. A lépcsőház füstmentesítését gravitációs úton, a lépcsőház tetejébe tervezett RWA berendezésekkel biztosítjuk. Légpótlás gépi úton a terepszint közeléből történik. A vonatkozó tűzrendészeti előírások alapján a túlnyomást biztosító ventilátorok kiemelten védett fogyasztók, elektromos megáplálásukat tűzálló kábellel kell megoldani.

A hő- és füstmentesítés kézi működtetését biztosítani kell

- a lépcsőházba nyíló, a menekülésre szolgáló ajtók – lépcsőház felől nézve – külső oldala mellett, a menekülés valamennyi irányából észlelhető helyen és

- a lépcsőház kijárat szintjén a lépcsőházból kivezető, menekülésre szolgáló ajtó külső vagy belső oldala mellett.

A füstmentesítés légbevezetésének helye biztosítja, hogy ezeken a helyeken keresztül a füst nem kerülhet vissza az épületbe.

5.5.3. Átrium hő-, és füstelvezetés

Az épületben található átriumot hő-, és füstelvezetéssel szükséges ellátni. A tűzvédelmi tervfejezetben leírtak szerint gravitációs füstelvezetés valósul meg a többszintes átrium tetején található kupolákon keresztül.

A füstelvezetés légutánpótlása is gravitációs úton tervezett.

5.5.4. Pinceszinti közösségi terület hő-, és füstelvezetése

A pince szinten található közösségi terület hő-, és füstelvezetése valamint a légutánpótlása gépi úton biztosított a tűzvédelmi fejezetben részletezett számítás szerinti légmennyiség szerint.

A légutánpótlás a belmagasság alsó 2m-es sávjában történik, a füstelvezetés a mennyezet közeléből valósul meg.

A légutánpótlás frisslevegő vétele a térszintről tervezett.

5.5.5. Oltóvíz, tűzcsap hálózat

Tűzoltás céljára a szükséges oltóvíz-intenzitás a mértékadó tűzszakasz alapterülete alapján 3x200l/perc. (3-as egyidejűség)

A vízkivétel szempontjából legkedvezőtlenebb fali tűzcsapnál (legfelső szinten) legalább 600 kPa (6 bar) kifolyási nyomást kell biztosítani.

6. Összefoglalás

Látható, hogy az elavult épületek szerkezeteinek energetikai korszerűsítésével mekkora mennyiségű energiákat lehet megspórolni. Melyek a későbbi üzemeltetési költségeket jelentősen csökkentik. Ez kiemelten igaz a műemlékvédelmi épületekre. Habár általában a külső szerkezeteket nincs lehetőség kicserélni, vagy utólagos hőszigeteléssel ellátni, ahol lehet ott érdemes megcsinálni az energetikai javításokat. Mint például esetünkben a nyílászárók cseréje, a padló rétegrendek utólagos hőszigetelése, a talajjal érintkező pincefalak szigetelése, a tető utólagos szigetelése vagy a homlokzat belső oldali hőszigetelése.

Ugyanis, ha a jövőben is szeretnénk a műemlék értékű épületeket fenntarthatóan használni, érdemes minden lehetőséget megragadni, amelyet a hatóságok engedélyeznek.

A szerkezeti beavatkozásokon kívül bemutatásra került, hogy a gépészeti rendszerek között is mekkora különbségek vannak. Esetünkben a legoptimálisabb hőtermelői megoldás a talajszondás és levegős hőszivattyúkkal adódott. Egy ilyen mértékű beruházásnál kiemelten fontosnak tartom a számba vehető gépészeti megoldások részletes elemzését, annak érdekében, hogy minél üzemeltethetőbb és energiatudatosabb épületek létesüljenek vagy újuljanak meg.

Ezeken túlmenően szeretném kiemelni, a légnedvesítési eljárások nagy teljesítményigényét, melyet csak gázkazán vagy elektromos fűtő rendszerrel, magas üzemeltetési költségekkel lehet ellátni. A nagy teljesítményigények kompenzálása miatt nagyon fontos a különböző szakágakkal való együttműködés, hogy ők is átlássák az egyes döntések energetikai hozadékait.

A dolgozatomban bemutatott kutatások és számítások alátámasztják, hogy egy műemlékvédelmi épület felújításánál széleskörű és szerteágazó megoldások születhetnek. A szigorú szabályozások ellenére számos műszaki megoldás létezik ezen épületek energetikai korszerűsítésére.

Summary

It is evident that substantial energy savings can be achieved through the enhancement of the energy efficiency of outdated building structures. This, in turn, results in a significant reduction in future operational expenditures. The importance of such measures is particularly pronounced in the case of heritage-protected buildings. Although the replacement or retrofitting of external structural elements is often restricted, it is advisable to implement energy-efficient upgrades wherever permitted. In our case, this includes the replacement of windows and doors, the integration of thermal insulation in floor assemblies, the insulation of basement walls in contact with the ground, the insulation of the roof, and the application of internal wall insulation on façades.

To ensure the sustainable use of heritage buildings in the future, it is imperative to utilize every opportunity allowed by regulatory authorities.

Beyond structural modifications, the research has also demonstrated significant variation among mechanical system solutions. In our analysis, the most optimal heating strategy involved the use of ground-source and air-source heat pump systems. For an investment of this scale, the detailed evaluation of feasible mechanical alternatives is essential to ensure that the resulting new or renovated buildings are as energy-efficient and operationally viable as possible.

It is also important to draw attention to the considerable energy demands associated with air humidification processes, which can currently only be satisfied through gas-fired or electric heating systems—both of which are associated with high operating costs. In order to address these challenges effectively, interdisciplinary collaboration is crucial, allowing all technical participants to understand the broader energy implications of their respective design decisions.

The research and calculations presented in this thesis underscore the fact that the renovation of a heritage-protected building can give rise to a diverse range of technical solutions. Despite the presence of stringent regulatory constraints, numerous viable options exist for the energy modernization of such structures.

Irodalomjegyzék

Benjamin Krick (2016 december). *Energie-, CO₂- und Kosteneinsparungen durch die Verwendung von Kunststofffenstern mit unterschiedlicher Verglasung im Vergleich zum einfach verglasten Aluminiumfenstern im Klima Neu Dehli, Indien Kurzstudie des Passivhaus Instituts im Auftrag von ALUPLAST INDIA*. Passivhaus Institut

Bianchi Janetti, M. (2014). *Assessment of the moisture risk in constructions including convection inside air cavities; 10th Nordic Symposium on Building Physics*; Lund DELPHIN: Simulation program for coupled heat, air, moisture, salt and VOC transport. Available at: www.bauklimatik-dresden.de

Feist, W., Ottinger, O., Bräunlich, K., & Kaufmann, B. (2015, december). *Sanierung der Hohenzollern-Höfe: Monitoring & Simulation des Feuchtegehalts in Wandaufbau und Holzbalkenköpfen für vier verschiedene Innendämmsysteme*. Passivhaus Institut. https://passiv.de/downloads/05_hohenzollernhoefe_innendaemmung_bericht.pdf

Hídvégi, V., & Marótzty, K. (2014). *Ybl-épületsorsok az Unger-háztól a Kálvin térig*. Budapest Főváros Levéltára. https://library.hungaricana.hu/hu/view/BFLV_SK_18_Ybl/?pg=0&layout=s

Horváth, T., & Szecskő, H. (2024). *A Budapest belvárosi historikus lakóépületek energetikai korszerűsítésében rejlő kihívások és lehetősége*. XXVIII. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia – ÉPKO. Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság. <https://ojs.emt.ro/EPKO/article/view/1648>

Kehl, D.; Ruisinger, U.; Plagge, R., Gruenewald, J.; *Holzbalkenköpfe bei innengedämmten Mauerwerk (2013) – Ursachen der Holzzerstörung und Beurteilung von Holz zerstörenden Pilzen*; Dresden,

Krick, B. (2014, július). *Smartwin compact – Economic optimum in the regions of Europe*. Passivhaus Institut. forrás:

https://passiv.de/downloads/05_report_smartwin_in_europe_final.pdf

MI-10-158-1 – A kommunális vízellátás fajlagos vízigényeinek meghatározása (1992).

Letöltés dátuma: 2024.12.04. forrás:

<https://www.hds.bme.hu/letoltesek/targyak/BMEGEVGMG13/muszaki.pdf>

MI-10/455-2/1988 – Csapadékvíz elvezető hálózat (1988). Letöltés dátuma: 2025.01.07.

forrás: <https://adoc.pub/krnyszetvedelmi-es-vizgazdalkodasi-miniszterium-mszaki-irany.html>

MSZ-04-132-1991 – Épületek Vízellátása (1991). Letöltés dátuma: 2008.10.26.

MSZ-04-134-1991 – Épületek csatornázása (1991). Letöltés dátuma: 2008.10.26.

MSZ-EN 12056-1:2001 – Gravitációs vízvezető rendszerek épületen belül. Letöltés dátuma: 2025.02.21.

Naai-Jung Shih (2001). *An analysis and simulation of curtain wall reflection glare*; 36th Building and Environment

Peper, S., Bangert, A.; Bastian, Z. (2014) *Einbindung von Holzbalken in die luftdichte Ebene, Projektbericht 3enCult*, Passivhaus Institut, Darmstadt

Széll Mária (2011). *Transzparens épületszerkezetek*; Budapest; TERC kiadó

Szűts László, Dr. Szalay Zsuzsa (2016) *Történeti ablakok hőtechnikai tulajdonságai*, Budapest, Megtérülő Energetika

Völgyes István (1989). *Fűtéstechnikai adatok* [H.n.] Műszaki könyvkiadó

Zaman, A., (2010) *Hohenzollernhöfe Sanierung einer denkmalgeschützten Wohnanlage mit Passivhaus-Komponenten*, LUWOGÉ, Tagungsband 14. internationale Passivhaustagung, Dresden, Passivhaus Institut, Darmstadt

Zöld András (1980) *Építészeti, épületszerkezeti és épületgépészeti eszközök együttes alkalmazása az energiafogyasztás ésszerűsítése érdekében.* – MTA Doktori értekezés

1997. évi LXXVIII. törvény - az épített környezet alakításáról és védelméről. Letöltés dátuma: 2024.11.04., forrás: <https://mkogy.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99700078.TV>

2001. évi LXIV. tv. 7. § 15. pont. Letöltés dátuma: 2024.11.04., forrás: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0100064.tv>

266/2013. (VII. 11.) Kormányrendelet 16. §. Letöltés dátuma: 2024.11.06., forrás: <https://njt.hu/jogszabaly/2013-266-20-22>

68/2018. (IV. 9.) Korm. rendelet - a kulturális örökség védelmével kapcsolatos szabályokról. Letöltés dátuma: 2024.11.13., forrás: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1800068.kor>

9/2023. ÉKM rendelet - az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról. Letöltés dátuma: 2024.11.12., forrás: <https://njt.hu/jogszabaly/2023-9-20-8X>

Hallgatói nyilatkozat

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Nikoletti Balázs
A Hallgató Neptun kódja:	KBASYW
A dolgozat címe:	Műemlékvédelmi épület gépészeti korszerűsítése
A megjelenés éve:	2025
A konzulens intézetének neve:	Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: Hernád, 2025. április 15.


Hallgató aláírása

Konzulensi nyilatkozat



NYILATKOZAT

Nikoletti Balázs (név) (hallgató Neptun azonosítója: KBASYW) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2025 év 04 hó 15 nap


belső konzulens