

SZAKDOLGOZAT

Kramlik Zsolt

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Műszaki Intézet

Létesítményfenntartó szakmérnök

**Létesítmény hőterhelése, a hőterhelésének csökkentési
lehetőségei**

Belső konzulens:	Benécs József létesítménymérnök
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Épületgépészeti és Energetikai Tanszék.
Külső konzulens:	Benkő Norbert okleveles műszaki menedzser
Készítette:	Kramlik Zsolt

Gödöllő

2024

MŰSZAKI INTÉZET

Létesítményfenntartó szakmérnök

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Kramlik Zsolt (J8ZBHW)

részére

A szakdolgozat címe:

Létesítmény hőterhelése, a hőterhelésének csökkentési lehetőségei

Feladatkiírás: ismertesse az épület külső és belső hőterheléseit, az épület hűtési energiaigényeinek tényezőit. Mutassa be az épület hőterhelésének csökkentési lehetőségeit. Határozza meg az épület hűtésének teljesítményigényét. Hasonlítsa össze a hűtési rendszereket.

Közreműködő tanszék: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Külső konzulens: Benkő Norbert, *okleveles műszaki menedzser*

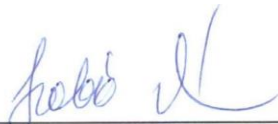
Belső konzulens: Benécs József, *létesítménymérnök*, Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

A dolgozat beadási határideje: 2024. november 05.

Kelt: Budapest, 2024. szeptember 20.

Jóváhagyom


(tanszékvezető)


(szakfelelős)

Atvettem


(hallgató)

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

Kelt: Budapest, 2024. október 31.


(külső konzulens)

Tartalomjegyzék:

1. Bevezetés és célkitűzések	4
2. A tanulmányok és a szakirodalmak áttekintése	5
2.1 Az épület hűtésének fontossága.....	5
2.1.1 A komfortérzet és a belső környezet hűtése	5
2.1.2 A hőterhelés és annak hatásai.....	5
2.1.3 Hűtési rendszerek típusai és működésük.....	6
2.1.4 Energiagazdálkodás és fenntarthatóság.....	7
2.2 Az épületek hűtési energiaigényének meghatározó tényezői	7
2.2.1 Épületek tájolása és elhelyezkedése	8
2.2.2 Az épületek szerkezete és az anyaghasználat.....	8
2.2.3 Épületgépészeti rendszerek és technológiák	9
2.2.4 Az épület használatának hatása	9
2.3 A szoláris nyereség.....	10
2.3.1 A szoláris nyereség mechanizmusa.....	10
2.3.2 Szoláris nyereség típusai	11
2.3.3 A szoláris nyereség előnyei és kihívásai:	11
2.4 Épületek hűtési energiaigényének az ismertetése.....	12
2.4.1 Külső hőterhelések	12
2.4.2 Külső hőterhelések meghatározása	15
2.4.3 Belső hőterhelések.....	19
2.4.4 A belső hőterhelések meghatározása.....	21
3 Irodaépület hűtési teljesítményének a meghatározása	28
3.1 Elemzés.....	37

4	Az épület hőterhelésének csökkentési lehetőségei	38
4.1	Az épület hőterhelésének csökkentése gépi hűtés nélkül	38
4.1.1	Természetes szellőzés	38
4.1.2	Árnyékolás	38
4.1.3	Árnyékolók.....	39
4.1.4	Árnyékvetők	39
4.1.5	Zöldtetők és zöldfalak	40
4.1.6	Hőszigetelés és építőanyagok.....	41
4.1.7	Passzív hűtési technikák.....	41
4.2	Az épület hőterhelésének csökkentése gépi hűtéssel.....	41
4.2.1	Split légkezelő, inverteres légkezelő	42
4.2.2	Hőszivattyú, VRF.....	46
4.2.3	Folyadékhűtős rendszerek	48
4.2.4	A hűtési rendszerek költségstruktúrája, megtérülése	50
	Összefoglalás	54
	Irodalomjegyzék	
	Hallgatói nyilatkozat	
	Konzulensi nyilatkozat	
	Mellékletek	

1. Bevezetés és célkitűzések

Az épületek -mind lakó-, mind középületek, hűtése napjaink egyik legfontosabb kérdésévé vált, különösen a globális felmelegedés és az éghajlatváltozás előrehaladtával.

Ahogy a nyári hőmérsékletek folyamatosan emelkednek, az épületek belső hőmérsékletének szabályozása nemcsak az emberek közérzetére, hanem az egészségre és a termelékenységre is hatással van. A túlmelegedett belső tér nemcsak kellemetlenséget okoz, hanem komoly egészségügyi kockázatokkal is járhat, mint például a hőguta, a dehidratáció vagy a hőstressz.

A megfelelő hűtési megoldások kidolgozása azonban komoly kihívásokat jelent, hiszen az épületekre ható hőterhelés számos forrásból származik. A napsugárzás, a külső levegő hőmérséklete, a belső hőforrások – mint az emberek, készülékek és világítás – mind hozzájárulnak az épületben felhalmozódó hőmennyiséghez. Ezen kívül a szellőztetés és légcseré is fontos tényező, különösen akkor, ha a külső levegő hőmérséklete magas. A hűtési rendszerek nem megfelelő tervezése esetén túlzott energiafogyasztással és magas költségekkel kell szembenézni. A modern technológiák, mint a légkondicionálás, hőszivattyúk és épületburkolati megoldások, segítenek kezelni a hőterhelést, ám ezek alkalmazása jelentős energiaigénnyel járhat.

Szakdolgozatom témája egy létesítmény hőterhelése és annak csökkentési lehetőségei.

Célom, hogy bemutassam egy irodaépület példáján keresztül a létesítmény külső és belső hőterheléseit, meghatározzam az épület hűtésének teljesítményigényét.

A témához kapcsolódóan több tanulmányt is áttekintettem, amiket kezdve az irodaház külső hőterhelésitől, a belső hőterhelések felé haladva bemutatok.

A hőterhelés számításához több szabvány és szoftveres segítség is a rendelkezésemre állt.

A dolgozatomban alkalmazom egy visszavont, de hosszú időn keresztül alkalmazott szabvány szerinti számítást. A kapott eredményt összevetem egy jelenleg is érvényben lévő rendelet szerint számoló szoftver számításai eredményével, majd a kapott végeredményekből levonom a következtetéseket.

Végül bemutatom az épület hőterhelésének csökkentési lehetőségeit gépi hűtés nélkül, valamint a különböző gépi hűtési rendszereket. [1][4]

2. A tanulmányok és a szakirodalmak áttekintése

2.1 Az épület hűtésének fontossága

Az épületek hűtése az építészeti tervezés és a modern technológia egyik legfontosabb területe. Az éghajlatváltozás és a globális felmelegedés egyre súlyosabb hatásai miatt elengedhetetlen a hatékony hűtési rendszerek kialakítása és működtetése, hogy biztosítsuk a komfortérzetet és az energiahatékonyságot. Az épületek belső hőmérsékletének szabályozása nemcsak az emberek közérzetére, hanem az egészségre és a termelékenységre is hatással van.

2.1.1 A komfortérzet és a belső környezet hűtése

Az épületek hőszabályozásának egyik legfontosabb célja az emberi komfortérzet fenntartása. A megfelelő hőmérsékletű környezet javítja a lakók, dolgozók közérzetét, hozzájárulva a jólléthez és a hatékonysághoz. A belső hőmérsékletet számos tényező befolyásolja, beleértve az időjárási viszonyokat, az épület szerkezeti kialakítását, valamint a belső hőterheléseket, például az elektronikai eszközök, világítás és az emberi test által kibocsátott hőt.

A túl magas beltéri hőmérséklet negatívan befolyásolhatja a koncentrációt, növeli a fáradtságot, és szélsőséges esetekben akár hőgutát is okozhat. A komfortérzetet nemcsak a hőmérséklet, hanem a páratartalom és a levegő áramlása is befolyásolja, ezért az épületek hűtési rendszereinek ezen tényezőket is figyelembe kell venniük. A modern hűtési rendszerek fejlett szabályozási technológiákat alkalmaznak, hogy folyamatosan fenntartsák az ideális hőmérsékleti és páratartalmi viszonyokat. [9]

2.1.2 A hőterhelés és annak hatásai

Az épületek hőterhelése több forrásból ered. A legfontosabb tényezők közé tartozik a külső környezetből származó hő (például a napenergia sugárzása), valamint a belső hőforrások, mint a világítás, gépek és a lakók által kibocsátott hő. Az épületek hűtésének tervezésekor ezeket a hőforrásokat figyelembe kell venni a megfelelő méretezés és energiahatékonyság érdekében. A hőterhelések többféleképpen juthatnak be az épületekbe. Az egyik legnagyobb kihívás a napenergia sugárzása, amely különösen az üvegfelületeken keresztül növeli a belső hőmérsékletet.

Az épületek hőszigetelése és árnyékoló rendszerei fontos szerepet játszanak a hőterhelés csökkentésében, de ezek mellett elengedhetetlen a hatékony hűtési rendszerek alkalmazása is, amelyek képesek eltávolítani a felhalmozódott hőt.

A hőterhelések csökkentésének egyik módja az épületek passzív hűtési stratégiáinak alkalmazása. Ide tartozik a megfelelő tájolás, a természetes szellőzés, az árnyékolók használata és a hővisszaverő anyagok alkalmazása az épületeken. Az aktív hűtési rendszerek ezek mellett központi szerepet játszanak a hőelvonásban, amikor a passzív megoldások már nem elegendők. [9]

2.1.3 Hűtési rendszerek típusai és működésük

Az épületek hűtési rendszerei két fő kategóriába sorolhatók: passzív és aktív rendszerek. A passzív rendszerek olyan megoldásokat kínálnak, amelyek minimális energiafelhasználással szabályozzák a hőmérsékletet, míg az aktív rendszerek külső energiaforrást használnak a hő eltávolítására és a belső tér hűtésére.

- Passzív hűtési rendszerek

A passzív hűtési rendszerek célja, hogy a természetes környezeti adottságokat kihasználva szabályozzák az épület hőmérsékletét. Ide tartozik például a természetes szellőzés, amely lehetővé teszi a meleg levegő távozását és a hideg levegő beáramlását. A keresztirányú szellőztetés és a kéményhatás hatékony módszerek a levegőáramlás optimalizálására, így csökkentve a belső hőmérsékletet.

Az árnyékolás szintén fontos passzív hűtési stratégia. A jól megtervezett árnyékoló elemek, mint a redőnyök, napellenzők vagy zsalugáterek, hatékonyan csökkenthetik a napsugárzás okozta hőterhelést. Emellett az épületek megfelelő hőszigetelése megakadályozza, hogy a külső hő bejusson az épületbe, különösen a forró nyári hónapokban.

A zöldségek és zöldfalak is hatékony passzív hűtési megoldások lehetnek. Ezek a növényzet által biztosított természetes árnyékolást és párologtatást kihasználva csökkentik az épület hőmérsékletét, és javítják a környezeti komfortérzetet. [20]

- Aktív hűtési rendszerek

Az aktív hűtési rendszerek energia felhasználásával működnek, és általában elektromos áramot vagy más energiaforrást igényelnek a hő eltávolításához. Az egyik legismertebb és legelterjedtebb aktív hűtési rendszer a légkondicionáló berendezések használata. Ezek a rendszerek hűtőközeget használnak a hő elvonására, és lehetővé teszik a beltéri levegő gyors és hatékony lehűtését.

A központi hűtési rendszerek nagyobb épületek esetén alkalmazott megoldások, amelyekben egy központi hűtőegység biztosítja a hőelvonást az egész épületben. Ezek a rendszerek hűtött vizet vagy levegőt keringetnek, hogy eloszlassák a hőt, és általában magas energiahatékonyságot kínálnak.

A modern épületek esetében egyre népszerűbbek az alternatív hűtési megoldások, mint például a geotermikus hűtés vagy a hőszivattyúk alkalmazása. Ezek a rendszerek a föld hőjét vagy más természetes hőforrásokat használják a belső hőmérséklet szabályozására, és hosszú távon energiahatékony megoldást jelentenek. [4]

2.1.4 Energiagazdálkodás és fenntarthatóság

Az épületek hűtése jelentős mennyiségű energiát igényelhet. Ezért az energiahatékonyság növelése kiemelten fontos, mivel nemcsak gazdasági előnyökkel jár, hanem segít az éghajlatváltozás elleni küzdelemben is. Az épületek energiahatékonyságának javítása érdekében fontos a hűtési rendszerek optimalizálása, beleértve a hatékony hűtőberendezések használatát, az épületautomatizálási rendszerek bevezetését és a megújuló energiaforrások integrálását.

A fenntarthatóság szempontjából a passzív hűtési megoldások előnyösek, mivel csökkentik az energiafelhasználást, míg az aktív rendszerek esetében az energiahatékony megoldások és a megújuló energiaforrások alkalmazása lehetővé teszi a környezeti lábnyom csökkentését. [7]

2.2 Az épületek hűtési energiaigényének meghatározó tényezői

Az épületek hűtési energiaigénye kiemelt fontosságú az energetikai tervezésben, különösen a globális hőmérséklet emelkedése és a klímaváltozás hatásai miatt.

Ez az energiaigény azt az energiát jelenti, amely szükséges a belső terek kényelmes és élhető hőmérsékleten tartásához, különösen a forró évszakokban vagy trópusi éghajlatokon. Az energiaigény meghatározása és kezelése számos tényezőtől függ, beleértve az épület elhelyezkedését, szerkezetét, szigetelését, használatát és a technológiai megoldásokat.

2.2.1 Épületek tájolása és elhelyezkedése

Az épületek tájolása és elhelyezkedése jelentősen befolyásolja a hűtési energiaigényt. A déli vagy nyugati tájolású épületek több napenergiát nyelnek el, mivel ezeket az oldalakat több napsütés éri, különösen a nyári hónapokban, amikor a nap állása és az időjárási körülmények miatt nagyobb a belső terek felmelegedése. Ezzel szemben az északi vagy keleti tájolású épületek kevesebb közvetlen napfényt kapnak, így alacsonyabb lehet a hűtési energiaigényük. Az épület földrajzi elhelyezkedése is meghatározó tényező. Az éghajlati övek különbözősége miatt egy trópusi területen lévő épület sokkal nagyobb hűtési energiát igényelhet, mint egy mérsékelt égövön található épület. A hőmérsékleti különbségek, a páratartalom és a napsütéses órák száma mind befolyásolják a belső tér felmelegedését és így a hűtési igényt is. [8] [14] [17]

2.2.2 Az épületek szerkezete és az anyaghasználat

Az épület szerkezete, különösen az anyagok és a kialakítás módja, közvetlenül befolyásolja a hűtési energiaigényt. A hőtároló tömeg, vagyis az épületszerkezetek hőfelvevő és -leadó képessége, kulcsszerepet játszik a belső hőmérséklet ingadozásának szabályozásában. Az olyan anyagok, mint a beton vagy a téglák, képesek elnyelni és tárolni a hőt, majd lassan leadni azt, amikor a külső hőmérséklet csökken. Ez a folyamat segíthet a belső tér hűvösen tartásában éjszaka vagy hűvösebb időszakokban, de nappal, amikor a napsugárzás erősebb, ezek az anyagok további hűtési energiaigényt eredményezhetnek.

A szigetelés szintén fontos tényező. A jól szigetelt épületek kevésbé engedik be a külső hőt, ami csökkentheti a hűtési igényt.

Az épület külső burkolatának, tetőjének és falainak hőszigetelő képessége alapvető fontosságú abban, hogy a külső hőmérséklet ne befolyásolja túlzottan a belső környezetet. Például egy modern, magas minőségű hőszigeteléssel ellátott épület kevesebb hűtési energiát igényel, mivel a belső tér hőmérséklete kevésbé ingadozik a külső körülmények hatására. [16]

2.2.3 Épületgépészeti rendszerek és technológiák

Az épületek hűtési energiaigényét jelentősen befolyásolja a használt technológia, különösen a légkondicionálók és egyéb hűtési rendszerek típusa. A modern hűtési rendszerek, mint például a hőszivattyúk, sokkal energiahatékonyabbak a hagyományos légkondicionálóknál. A hőszivattyúk képesek a külső környezetből származó hőenergiát felhasználni, így jelentősen csökkenthetik az épület hűtési energiaigényét.

További fejlesztések, mint a zónás hűtési rendszerek, amelyek lehetővé teszik az épület különböző részeinek hőmérsékletének külön szabályozását, szintén hozzájárulhatnak az energiafelhasználás csökkentéséhez. Például egy épületben a déli tájolású szobák nagyobb mértékben melegedhetnek fel, így több hűtést igényelhetnek, míg az északi oldalon kevesebb hűtési igény merül fel. Az ilyen rendszerek lehetővé teszik a hűtési energiaigény optimalizálását az adott helyiség szükségleteinek megfelelően, így elkerülve az energiafogyasztás pazarlását.

Az energiahatékony megoldások közé tartozik továbbá a passzív hűtés is, amely természetes hőcsökkentő módszereket alkalmaz. Ilyenek például a természetes szellőzés, árnyékoló rendszerek és hőelvezető megoldások, amelyek csökkenthetik az aktív hűtési rendszerek használatát. A passzív módszerek alkalmazása különösen hatékony lehet azokban az épületekben, ahol a külső környezet klímája mérsékelt, és a természetes hőcsökkentő technikák elegendőek a kényelmes belső klíma fenntartásához. [24]

2.2.4 Az épület használatának hatása

Az épületek használata is jelentősen befolyásolja a hűtési energiaigényt. Például egy irodaház, amely napközben nagy létszámú emberrel működik, sokkal nagyobb hűtési energiát igényelhet, mint egy lakóépület, ahol a forgalom és az emberi jelenlét mértéke kisebb. Az emberi tevékenység és a belső hőforrások (például számítógépek, világítás, háztartási gépek) hőt termelnek, ami tovább növeli a belső tér hőmérsékletét.

Az épület belső elrendezése és az egyes helyiségek funkciója is fontos tényező. Az olyan helyiségek, mint a konyha vagy a technikai helyiségek, több hőt termelhetnek, ezért ezek hűtési energiaigénye is magasabb lehet. Az egyes helyiségek használati módjának figyelembevétele lehetővé teszi a hűtési igények optimalizálását, például azáltal, hogy energiahatékony zónás hűtést alkalmaznak az épület különböző részein. [3]

2.3 A szoláris nyereség

A szoláris nyereség egy passzív energiahasznosítási módszer, amely lehetővé teszi az épületek számára, hogy a napsugárzást hőenergiává alakítsák át. Ennek lényege, hogy a napból érkező elektromágneses sugárzás (fény) egy része hővé alakul, amelyet az épület belső tereiben hasznosíthatunk. A szoláris nyereség legfontosabb formái közé tartozik a közvetlen napsugárzás, valamint a hőtároló anyagok által továbbított hőenergia. [6] [10]

2.3.1 A szoláris nyereség mechanizmusa

A szoláris nyereség elve azon alapul, hogy a napsugárzás az épületbe jutva hőenergiát hoz létre. Az épület tervezése és felhasznált anyagai jelentősen meghatározzák, mennyi napenergiát tudunk hasznosítani. Ennek érdekében több tényezőt is figyelembe kell venni:

- **A napsugárzás intenzitása:** ez függ az évszaktól, a napszakoktól, valamint a földrajzi helyzettől. Télen kevesebb a napsütés, de a megfelelő tájolással és tervezéssel még ekkor is jelentős nyereséget lehet elérni. [10]
- **Építészeti tervezés:** az épület tájolása kulcsfontosságú. Azok az épületek, amelyek déli irányba néző, nagy üvegfelületekkel rendelkeznek, több napfényt engednek be. Az ablakok, ajtók és más üvegfelületek hozzájárulnak ahhoz, hogy a napsugárzás hővé alakuljon, amely azután melegíti az épület belső tereit. [10]
- **Hőtároló anyagok:** olyan anyagok alkalmazása, amelyek képesek elnyelni és tárolni a hőt (például vastag falak, betonszerkezetek, téglák), szintén javítja a szoláris nyereség hatékonyságát. Ezek az anyagok lassan adják le a tárolt hőt, ezáltal egyenletesebbé teszik a fűtést. [10]
- **Üvegezés és nyílászárók:** a modern üvegtechnológiák (például alacsony emissziós üvegek, hőszigetelt nyílászárók) képesek maximalizálni a szoláris nyereséget, miközben minimalizálják a hőveszteséget. Ez különösen télen fontos, amikor a cél a hő bent tartása. [10]

2.3.2 Szoláris nyereség típusai

- **Közvetlen szoláris nyereség:** ez a legegyszerűbb módszer, amelynél a napsugárzás közvetlenül jut be az épületbe, leginkább az ablakokon át. A fény energiája hővé alakul, ami felmelegíti az épület belső tereit. Ez a leggyorsabb és leghatékonyabb módja a szoláris hőnyereség kihasználásának. [22]
- **Közvetett szoláris nyereség:** ez akkor következik be, amikor a napsugárzást először egy anyag, például a falak vagy a padló elnyeli, majd ez az anyag tárolja a hőt, amelyet később lassan kibocsát. Ilyen megoldás például a Trombe-fal használata, amely egy sötétre festett fal, üvegpanellel borítva. A napsugárzás felmelegíti a falat, amely később fokozatosan bocsátja ki a hőt az épület belső tereibe. [22]
- **Izolált szoláris nyereség:** az izolált szoláris nyereség esetében a napenergia egy épületen kívüli, elkülönített részt, például napkollektort vagy üvegházat melegít fel. A hő ezt követően szellőztető rendszerek vagy hőcserélők segítségével jut be az épületbe. Ez a módszer szabályozhatóbb, mivel irányítani lehet, hogy mikor és mennyi hőt engedünk be az épületbe. [22]

2.3.3 A szoláris nyereség előnyei és kihívásai:

Előnyök:

- **Energiahatékonyság:** A szoláris nyereség segíthet csökkenteni az épület fűtési igényét, különösen télen. Ha jól van kialakítva, jelentős fűtési energia takarítható meg.
- **Fenntarthatóság:** Mivel a szoláris nyereség tiszta, megújuló energiát használ fel, csökkenti az épület ökológiai lábnyomát.
- **Kényelmes belső tér:** A hőtároló anyagok használatával az épület hőmérséklete egyenletes marad, ami kényelmesebb környezetet biztosít.

Kihívások:

- **Túlmelegedés:** Nyári időszakban a nagy üvegfelületek és a fokozott szoláris nyereség túlmelegedést okozhatnak. Ennek szabályozására megfelelő árnyékolási megoldások (például redőnyök, napellenzők, növények) szükségesek.
- **Építészeti korlátok:** Nem minden épület vagy helyszín alkalmas a szoláris nyereség maximális kihasználására. Például északi tájolású épületeknél vagy sűrűn beépített területeken korlátozott lehet a napfény bejutása.
- **Kezdeti költségek:** Bár hosszú távon megtakarítást eredményez, a szoláris nyereséget maximalizáló építészeti megoldások (pl. hőtároló anyagok, különleges üvegezés) kezdetben költségesek lehetnek. [22]

2.4 Épületek hűtési energiaigényének az ismertetése

Az épületek tervezése és üzemeltetése során az egyik legfontosabb szempont a hőterhelés, amely nagyban befolyásolja az épület energiahatékonyságát és a bent tartózkodók komfortérzetét. A hőterhelés az a hőmennyiség, amely egy adott időszakban bejut az épületbe vagy onnan távozik. Ezt számos tényező befolyásolja, és két fő kategóriába sorolható: külső és belső hőterhelések. Ezek megfelelő kezelése és szabályozása elengedhetetlen az energiahatékonyság növeléséhez és az optimális beltéri klíma biztosításához.

2.4.1 Külső hőterhelések

A külső hőterhelések olyan tényezőkből származnak, amelyek az épületen kívülről befolyásolják annak hőháztartását. A legjelentősebb külső hőforrás a napsugárzás, amely az épület külső falait, tetőszerkezetét és ablakait éri. A napenergia közvetlenül növeli az épület belső hőmérsékletét, különösen a nagy üvegfelületeken keresztül, amelyeken keresztül a hő könnyen bejut az épületbe.

Ezen kívül a külső hőterheléshez hozzájárul az épületet körülvevő levegő hőmérséklete is. Forró nyári napokon a magas külső hőmérséklet miatt az épület felületei felmelegsznek, és hőt adnak át az épület belső tereibe. Télen pedig a hideg levegő az épület lehűléséhez vezethet, ami

növeli a fűtési igényt. A szél, a csapadék és a páratartalom szintén fontos külső tényezők, amelyek befolyásolják az épület hőegyensúlyát. [11]

- **Napenergia és annak hatása:** a napenergia az egyik legjelentősebb külső hőterhelési tényező, amely közvetlenül az épület felületeire sugárzik. A napsugárzás intenzitása függ a földrajzi elhelyezkedéstől, az évszaktól és a napszaktól.

Nyáron, amikor a napsugarak meredekebb szögben érkeznek, az épület homlokzatai több sugárzást kapnak, ami felmelegíti a falakat és az ablakokat, és ez a hőenergia bejut az épület belső tereibe. Az épületek különböző anyagai eltérő mértékben képesek elnyelni és leadni a napenergiát. Például a sötét színű burkolatok több hőt vesznek fel, míg a világosabb felületek visszaverik a napsugarakat.

A napsugárzásból eredő hőterhelést csökkenthetjük megfelelő árnyékolási megoldásokkal, mint például előtetőkkel, redőnyökkel vagy növényekkel. Az árnyékolás különösen fontos a déli fekvésű ablakoknál, mivel ezeken keresztül érkezik a legtöbb napsugárzás. Emellett az épület tervezése során alkalmazott passzív hűtési technikák, mint a természetes szellőztetés vagy a hőtömeg hasznosítása, szintén hozzájárulhatnak a napenergia által okozott hőterhelés csökkentéséhez. [24]

- **Hőmérsékletkülönbség és levegőáramlás:** a külső hőterhelés egyik meghatározó tényezője a külső és belső hőmérséklet közötti különbség. Amikor a külső levegő hőmérséklete magasabb, mint az épület belső tereinek hőmérséklete, hőátadás történik az épület külső szerkezetein keresztül. Ez a hőáramlás különösen nyári időszakban jelentős, amikor a forró levegő a falakon, ablakokon és tetőkön át behatolva emeli az épület belső hőmérsékletét.

A hőmérséklet-különbségből eredő hőterhelés csökkenthető különféle hőszigetelő anyagok használatával. A falak, ablakok és tetők megfelelő hőszigetelése hatékonyan lassítja a hőátadást, így kevesebb energiára van szükség a belső tér hőmérsékletének fenntartásához. Továbbá, a jó légzárás is kulcsfontosságú a hőterhelés csökkentésében, mivel a rések és repedések lehetőséget adnak a meleg levegő bejutására. [12]

- **Épület anyagainak hőtani tulajdonságai:** az épületek külső hőterhelését nagyban befolyásolják az alkalmazott építőanyagok hőtechnikai tulajdonságai.

Az eltérő anyagok különböző mértékben vezetik a hőt, ami hatással van az egész épület energiahatékonyására. Az alacsony hővezetésű anyagok, mint például a fa, kevésbé engedik át a hőt, míg a fémek és a beton gyorsabban vezetik azt. A hőkapacitás is kulcsfontosságú tényező: azok az anyagok, amelyek magas hőkapacitással bírnak, sok hőt képesek elnyelni és lassan leadni, így csökkentve a hőterhelést.

Az anyagok megfelelő kombinálása és elhelyezése az épület különböző részein optimalizálhatja a hőterhelést. A magas hőkapacitású anyagok, mint a téglá vagy a beton, ideálisak olyan felületeken, ahol nagy a napsugárzás, mivel ezek elnyelik a hőt, majd lassan bocsátják ki, ezáltal mérsékelve a belső hőmérséklet ingadozásait. [27]

- **Szél- és légmozgások hatása:** a szél és a légmozgások szintén jelentős szerepet játszanak az épületek külső hőterhelésének alakulásában. A szél hűtő hatása, amely hőelvonást eredményez, különösen fontos lehet. Ha a szellőző rendszerek megfelelően vannak kialakítva, a szél energiája felhasználható az épület természetes hűtésére, ezáltal csökkentve a mesterséges hűtőrendszerek energiafogyasztását.

Egy másik lényeges tényező a szél által létrehozott nyomáskülönbség révén kialakuló ventilációs hatás. Az épület tervezésekor fontos figyelembe venni a nyílászárók optimális elhelyezését, hogy a természetes légmozgások hatékonyan hasznosíthatók legyenek. Ezzel biztosítható, hogy a friss, hűvösebb levegő bejusson az épületbe, miközben a meleg levegő távozik, így csökkentve a belső terek hőterhelését. [12]

- **Városi hősziget hatás:** a nagyvárosi környezetben különösen kiemelt jelentőségű a városi hősziget hatás, amely nagymértékben növeli az épületek külső hőterhelését. A városi területeken a sűrűn elhelyezkedő épületek, valamint az aszfalt, a beton és a fémfelületek napközben nagy mennyiségű hőt nyelnek el, amelyet éjszaka lassan bocsátanak ki.

Ez a jelenség azt eredményezi, hogy a városi levegő hőmérséklete magasabb a vidéki környezethez képest, ami fokozza az épületek hőterhelését.

A városi hősziget hatás enyhítésére többféle megoldást alkalmaznak. Az egyik legelterjedtebb módszer a zöldtetők és zöldhomlokzatok telepítése, amelyek növényzettel borított felületeikkel képesek elnyelni a napsugárzást, ezáltal hűtve a környező levegőt. Emellett a városi parkok és vízfelületek kialakítása is hozzájárulhat a mikroklima javításához, csökkentve a városi hőmérséklet emelkedését. [5]

- **Épület orientáció és forma:** az épület orientációja és formája szintén jelentős hatással van a hőterhelésre. Az északi féltekén a déli tájolású épületek fokozottabb napenergiának vannak kitéve, ezért kiemelten fontos a megfelelő árnyékolás és az anyagok gondos megválasztása. Az épület alakja is döntő tényező, mivel a különböző formák eltérő mértékben érintkeznek a környezeti hatásokkal. A kompakt, egyszerű formák kevesebb külső felülettel rendelkeznek, ami hozzájárul a hőterhelés csökkentéséhez.

2.4.2 Külső hőterhelések meghatározása

Az irodaépület hűtési teljesítményének meghatározásához áttekintettem a rendelkezésre álló szakirodalmakat és azt tapasztaltam, hogy a számításhoz több szabvány és szoftveres segítség is a rendelkezésemre áll. A témához kapcsolódóan több tanulmányt is áttekintettem, ezek közül kiemelném a Magyar Épületgépészeti folyóiratban 2019/3. számban megjelent L. Szabó Gábor által jegyzett lektorált cikket [13], ami bemutatja, hogy a különböző szabványok szerinti számításokkal mekkora eltérések tapasztalhatók a végeredményben.

Ebből kiindulva felkerestem több, (kilenc) klímatechnikával foglalkozó vállalkozást, akikkel munkámból adódóan szerződéses, vagy egyéb módon kapcsolatban állok, azzal a kérdéssel, hogy a hőterhelések meghatározásához milyen számítási módszereket alkalmaznak.

A válasz egységesen a szoftveres számítás volt. Arra a kérdésre pedig, hogy abban az esetben, ha nem állna rendelkezésre szoftver és papíron kellene kiszámolni a végeredményt az volt a válasz, hogy abban az esetben már nem lesz szükség a hűtésre. Azonban még dolgoznak öreg motorosok, akik, ha szükséges kivétel nélkül az MSZ-04-140-4:1978 U szabvány [18] szerint számolnak. A szabvány 34 évig volt érvényben egészen 2012.-ig. Mára pedig széles körben elterjedtek a szoftverek, amiket egyszerűbb frissíteni, mint tanulmányozni a folyamatosan változó szabványokat, rendeleteket.

Ezek információk birtokában úgy döntöttem, hogy a szakdolgozatom számítási példájában bemutatom az MSZ-04-140-4:1978 U szabvány szerint hőterhelést [4], majd egy jelenleg érvényben lévő 9/2023 ÉKM rendeletnek [1] megfelelő szoftveres számítással ellenőrzöm a végeredményt, és ebből levonom a következtetést.

A számítás menete a szabvány szerint:

A hűtési hőterhelés alatt azt a hőteljestményt értjük, amelyet a legmelegebb nyári időszakban az épületből el kell vonni, hogy fenn tudjuk tartani a kívánt belső hőmérsékletet.

$$Q_e = Q_f + Q_{\ddot{u}} \quad (1)$$

, ahol:

Q_e = [W] a külső hőterhelés,

Q_f = [W] a külső tömör határoló szerkezeten átjutó hőterhelés,

$Q_{\ddot{u}}$ = [W] az üvegezésen átjutó hőterhelés

A külső hőterhelést úgy számítjuk, hogy összeadjuk a kívülről bejutó hőáramokat. Az üvegezett felületeken és a tömör falfelületeken átjutó hőáramokat külön kell számítani.

A fal és a födém felületein bejutó hőterhelés számítása:

$$Q_f = A_f \times k \times \Delta t_{ekv} \quad (2)$$

, ahol:

Q_f = [W] a külső tömör felületen átjutó hőterhelés,

A_f = [m²] a külső tömör határoló felületek területe,

k = [$\frac{W}{m^2 K}$] a külső fal, vagy födém hőátbocsátási tényezője,

Δt_{ekv} = [K] az egyenértékű hőfokkülönbség.

Ez a módszer a nap folyamán folyamatosan ismétlődő hőmérsékleti és sugárzási hatásokat egy változó hőmérsékletkülönbség mellett zajló hőátbocsátással helyettesíti. Az egyenértékű hőmérséklet-különbség függ a külső felület elhelyezkedésétől. Nem mindegy például, hogy egy függőleges falról vagy egy lapostetőről van szó. Ide tartozik a tájolás is, az hogy melyik irányba néz a felület: minél inkább déli tájolású, annál nagyobb hőterhelés éri. A külső felület minősége szintén nagyban befolyásolja a hőterhelést, hiszen a burkolat emissziója és sugárzáselnyelése is döntő tényező. Minél több sugárzást nyel el a felület, annál nagyobb lesz a hőterhelés.

Emellett a határoló szerkezetek hőtechnikai tulajdonságai, mint a hőátbocsátási tényező, hőelnyelés és hőcsillapítás, valamint a belső hőmérséklet is fontos szempont.

Az egyenértékű hőfokkülönbség a következőképpen számítható:

$$\Delta t_{ekv} = t_0 + C_t \times A_t + C_l \times A_l - t_i \quad (3)$$

, ahol:

$t_0 = [K]$ értékét táblázatból kell kiolvasni,

$C_t; C_l = [-]$ konstansok, melyek értékeit táblázatból kell kiolvasni,

$A_t; A_l = [-]$ konstansok, melyek értékeit nomogramokból lehet kiolvasni, szükség esetén interpolálással lehet őket meghatározni,

$t_i = [^{\circ}C]$ a tartani kívánt belső hőmérséklet.

Ahhoz, hogy ki lehessen olvasni a fenti $C_t; C_l$ adatokat, szükséges az abszorpciós és a hosszú hullámhosszú környezeti emissziós tényező meghatározása. Ezen tényezők értékeit különböző felületű határoló rétegekre táblázat tartalmazza a szabványban.

A_t tényező értékét ki lehet olvasni nomogramból, ehhez először szükséges meghatározni a fal és a tetőfödém f_1 jellemző értékét.

$$f_1 = \frac{\alpha_1}{k \times v} \quad (4)$$

, ahol:

$\alpha_1 = [\frac{W}{m^2K}]$ a belső felületi hőátadási tényező,

$k = [\frac{W}{m^2K}]$ a hőátbocsátási értéke,

$v = [-]$ a hőfokcsillapítási tényező.

Az A_l tényező értékét a határoló felületek fekvése és az égtájak szerinti irányultsága alapján nomogramból lehet kiolvasni.

Az üvegezésen átjutó hőterhelést a következő összefüggéssel lehet kiszámítani:

$$Q_{\ddot{u}} = A_{\ddot{u}} \times [N_{\ddot{u}} \times N_{\acute{a}} \times I_{SGR} \times Z + k_{\ddot{u}} \times (t_e - t_i)] \quad (5)$$

, ahol:

$A_{\ddot{u}} = [m^2]$ az üvegezés felülete,

$N_{\ddot{u}} = [-]$ az üvegezés naptényezője,

$N_{\acute{a}} = [-]$ az árnyékolás naptényezője,

$I_{SGR} = [\frac{W}{m^2}]$ a 3mm-es vastagságú síküvegen behatoló napsugárzás intenzitása,

$Z = [-]$ a redukciós tényező,

$k_{\ddot{u}} = [\frac{W}{m^2K}]$ az üvegezés hőátbocsátási tényezője,

$t_e = [K]$ a külső léghőmérséklet,

$t_i = [K]$ a belső léghőmérséklet.

Az I_{SGR} ; Z ; $k_{\ddot{u}}$; $N_{\ddot{u}}$; $N_{\acute{a}}$ értékek táblázatból kiolvashatók, ha nincs elérhető pontosabb adat.

Az árnyékolás naptényezője főleg D-i, DK-i, DNY-i tájolással időfüggő. Ezen tájolásoknál annyit vándorol az égen a nap, hogy akár rövid idő alatt is nagymértékben változik, ezeknél fontos, hogy vizsgálatuk ezt is figyelembe vegye. Nem lehet figyelmen kívül hagyni az árnyékolási naptényező meghatározásánál. A számításnál azt az időpontot kell figyelembe venni, amikor a nap az üvegezett felület tájolásának irányából h° szög alatt süt.,

Ezen időpont béli naptényező értékét a következőképpen lehet meghatározni:

$$N_{\acute{a}} = \frac{I_{DIF} + \frac{A_{kr}}{A_{\ddot{u}}} \times I_{DIR}}{I_{SRG}} \quad (6)$$

, ahol:

$I_{DIF} = [\frac{W}{m^2}]$ a diffúz napsugárzás intenzitása,

$I_{DIR} = [\frac{W}{m^2}]$ a direkt napsugárzás intenzitása.

$A_{kr} = [m^2]$ a kritikus időpontban (amikor a napmagasság h°) árnyékolás nélkül maradó üvegfelület.

Az I_{SRG} ; I_{DIF} ; I_{DIR} névleges értékei függenek a tájolástól, a táblázat – ahol ezen értékeket ki lehet olvasni – a levegő szennyezettségére van vonatkoztatva. Ez azt jelenti, hogy más és más szennyezettségű területeken, más és más értékeket kell felvenni ezen értékeknek, illetve módosítani kell a táblázatbeli értéküket. Ha az épület tiszta környezetben – például tiszta levegőjű vidéki környezetben – épült, I_{DIF} ; I_{DIR} értékét 15%-kal kell növelni, ha a környezet különösen tiszta, 30%-kal kell megnövelni. Mindemellett az I_{SRG} értékét 30, illetve 60°-kal kell növelni.

A Z redukciós tényező figyelembe veszi az épület tömegét és a napsugárzás intenzitásának változását az időben.

A k_u üvegezési tényező figyelembe veszi, hogy hány rétegűek a transzparens felületek.

Egyrétegű üvegezésű felület értéke $5 \frac{W}{m^2K}$, kétrétegűnél $2,5 \frac{W}{m^2K}$, háromrétegűnél $1,6 \frac{W}{m^2K}$.

2.4.3 Belső hőterhelések

Az épületek belső hőterhelései jelentős hatással vannak az energetikai teljesítményükre, komfortérzetükre és fenntarthatóságukra. A hőterhelések nemcsak az épület tervezésekor fontosak, hanem az üzemeltetés és karbantartás során is. A hőterhelések alapos ismerete és kezelése elengedhetetlen a megfelelő klímakörnyezet megteremtéséhez, a költségek csökkentéséhez, valamint az energiahatékonyság javításához.

A belső hőterhelés azt a hőmennyiséget jelenti, amely az épület belső terei (például irodák, közösségi helyiségek) különböző tevékenységek és berendezések révén kapnak. E hőterhelés forrásai közé tartoznak a szellőzés, a világítás, az elektromos eszközök, valamint az emberek által kibocsátott hő. A belső hőterhelések nagysága függ az épület funkciójától, az ott tartózkodó személyek számától és a használt berendezések típusától. [3]

- **Az emberek hőterhelése:** az emberek által kibocsátott hő mennyisége kulcsfontosságú tényező a belső hőterhelés szempontjából. Egy átlagos felnőtt nyugalmi állapotban körülbelül 70-100 watt hőt termel, míg aktív tevékenységek, például sport vagy munka során, ez a mennyiség 100-300 wattal is nőhet. A hőtermelés változik a napszak, az évszak és a végzett tevékenység intenzitása szerint.

Ezt a hőterhelést különösen figyelembe kell venni olyan helyiségekben, ahol sok ember tartózkodik, mint például irodákban vagy előadótermekben. [3]

- **Elektromos berendezések hőterhelése:** az elektromos berendezések, mint például számítógépek, világítási rendszerek, fűtőtestek és egyéb készülékek, jelentős hőterhelést jelentenek az épületek belső környezetében. A berendezések által kibocsátott hő mennyisége a működésük intenzitásától és típusától függ. Például egy számítógép működése során körülbelül 100-300 watt hőt termel, míg a világítási rendszerek, különösen az izzók használata során, szintén jelentős hőforrást jelenthetnek. A LED világítás kevesebb hőt termel, mint a hagyományos izzók, ami energiatakarékosság szempontjából előnyös.
- **Szellőzés és a légkondicionálás hatása:** a szellőzés és a légkondicionálás rendszerek kulcsszerepet játszanak a belső hőterhelések kezelésében. A megfelelő szellőzés nemcsak a levegő minőségét javítja, hanem hozzájárul a hőmérséklet szabályozásához is. Az épületekben alkalmazott légcserét biztosító rendszerek, mint például a természetes vagy gépi szellőzés, képesek csökkenteni a belső hőterhelést, amennyiben jól vannak megtervezve. Ezzel szemben a légkondicionálás aktívan csökkenti a belső hőmérsékletet, de energiát igényel, ami gazdasági szempontból fontos tényező. [12]
- **Hőszigetelés és építési anyagok:** az épületek hőszigetelése és az építőanyagok szintén kulcsfontosságú tényezők a belső hőterhelés szempontjából. A megfelelő hőszigetelés csökkenti a kívülről érkező hőmérséklet-ingadozások hatását, így a belső terek hőmérséklete stabilabbá válhat. Az építőanyagok hőmegtartó képessége is hozzájárul a belső hőmérséklet szabályozásához. Például a téglák és a beton jó hőmegőrző tulajdonságokkal rendelkeznek, míg a fém és az üveg gyorsan leadják a hőt, ami kedvezőtlen hatással van a belső hőterhelésekre.
- **A hőterhelések hatásainak kezelése:** a belső hőterhelések hatásainak kezelésére számos intézkedés létezik. A tervezési fázisban kiemelten fontos figyelembe venni a belső hőforrásokat és optimális elhelyezést választani a berendezések számára. Az aktív hűtési és fűtési rendszerek mellett a passzív megoldások, mint például a napvédelem és a természetes szellőzés, szintén jelentős szerepet játszanak a hőterhelés csökkentésében.

Az energiatakarékos világítás és berendezések használata szintén hozzájárulhat a belső hőterhelés csökkentéséhez.

2.4.4 A belső hőterhelések meghatározása

A belső hőterhelések számítása [4] [18] viszonylag egyszerű, mivel a berendezések adatlapjairól és adattábláiról könnyen kikereshetők az általuk leadott hőmennyiségek. Nagyobb, ipari gépek esetében a környezetre gyakorolt hőterhelést a hatásfok alapján lehet kiszámítani. Jelentős hőterhelést okoznak a helyiségekben található, szigetelés nélküli vagy szigetelt melegközeget szállító csövek. A nyitott vízfelületekről párolgó víz nemcsak növeli a levegő nedvességtartalmát, hanem rejtett (látens) hőterhelést is jelent. A gépek és berendezések belső környezetre gyakorolt hőhatása esetén figyelembe kell venni a terhelés időtartamát és egyidejűségét is. Ha többféle gép van a térben, de nem működnek egyszerre, akkor kevesebb hűtőtéljesítmény szükséges, ami költségmegtakarítást eredményezhet. A továbbiakban ezeket a terheléseket fogom részletezni.

A **világítás és a világítótestek hőterhelését** azok nagy száma miatt gyakran egységnyi felületre vetítve adják meg. A helyiséget érő hőterhelést úgy számíthatjuk ki, hogy az adott felületre fajlagosan meghatározott hőmennyiséget megszorozzuk a helyiség alapterületével. Ezáltal pontosan meghatározható a világítótestek által okozott hőterhelés az adott térben.

$$Q_{vill} = A_{helyiség} \times Q_{vill1m^2} \quad (7)$$

, ahol:

$Q_{vill} = [W]$ a világításból eredő hőterhelés,

$A_{helyiség} = [m^2]$ a helyiség alapterülete,

$Q_{vill1m^2} = [\frac{W}{m^2}]$ a világítás felülete fajlagosított hőtéljesítménye,

Továbbá megadható a világítótestek darabszámára fajlagosított hőteljesítmény is:

$$Q_{vill} = n_{lámpa} \times Q_{vill1db} \quad (8)$$

, ahol:

$Q_{vill} = [W]$ a világításból eredő hőterhelés,

$n_{lámpa} = [\text{darab}]$ a világítótestek darabszáma,

$Q_{vill1db} = [\frac{W}{m^2}]$ a világítótestek darabszámára fajlagosított hőtermelés.

Az **emberek által leadott hőteljesítmény** jelentősen függ az elvégzett munka típusától és a munkavégzés közbeni testtartástól. Minél nehezebb fizikai munkát végez valaki, annál nagyobb hőteljesítményt bocsát ki, míg ezzel szemben az ülő, szellemi munkát végző személyek lényegesen kevesebb hőt termelnek. Nyugalmi állapotban egy felnőtt körülbelül 88 W hőteljesítményt ad le. A munkák hőtermelés szempontjából három kategóriába sorolhatók: könnyű, közepes és nehéz fizikai munka. Ezeket a hőértékeket szabványok alapján határozzák meg. Az ember által leadott hőteljesítmény kiszámításában segítséget nyújt a metabolikus hő fogalma, amelyet úgy kapunk meg, hogy összeadjuk az ember belső hőfejlődése által keletkezett hőt és a külső fizikai munkából származó hőmennyiséget. [3]

$$M = H + W \quad (9)$$

, ahol:

$M = [W]$ a metabolikus hő,

$H = [W]$ a belső hőtermelés,

$W = [W]$ a külső mechanikai munka.

A mechanikai munka hatásfoka kifejezhető:

$$\eta = \frac{W}{M} \quad (10)$$

, ahol:

$\eta = [-]$ a munkavégzés hatékonysága.

Ebből következik:

$$\frac{H}{M} = 1 - \eta \quad (11)$$

Ebből tudjuk kifejezni egységnyi testfelületre a metabolikus hőt:

$$\frac{H}{F_{Du}} = \frac{M}{F_{Du}} \times (1 - \eta) \quad (12)$$

, ahol:

F_{Du} = az emberi test Du Bois felülete.

Ez a mutató figyelembe veszi az emberi test legfontosabb adottságait, úgy, mint a tömege és a magassága.

$$F_{Du} = 0,203 \times G^{0,425} \times L^{0,725} \quad (13)$$

, ahol:

G = [kg] a személy tömege,

L = [m] a személy magassága,

A nemzetközi gyakorlatban a *met* mértékegységet használjuk a munkavégzés numerikus hőegyenértékének a kiszámításához.

$$1met = 58 \frac{W}{m^2}$$

A különböző tevékenységek metabolikus értékeit az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat: Az emberi tevékenységhez tartozó metabolikus hő.
(Forrás: MSZ EN ISO 7730:2006)

Tevékenység	M/F_{Du} [W/m ²] met		η	v_{rel} [m/s]
<i>Pihenés</i>				
Alvás	41	0,7	0	0
Pihenés	47	0,8	0	0
Nyugodt ülés	58	1,0	0	0
Állás laza testtartással			0	0
<i>Gépi munka</i>				
könnyű (pl. elektromos ipar)	116–140	2,0–2,4	0–0,1	0–0,2
gépszerelő	163	2,8	0–0,1	0–0,9
nehéz (pl. festőipar)	232	4,0	0–0,1	0–0,2
<i>Nehéz munka</i>				
targoncatolás (57 kg, 4,5 km/h)	145	2,5	0,2	1,4
50 kg-os zsák hordása	232	4,0	0,2	0,5
kubikus munka	232–280	4,0–4,8	0,1–0,2	0,5
árokásás	350	6,0	0,2	0,5
<i>Irodai munka</i>				
Számítógépes	70	1,2	0	0
Különböző irodai munka (pl. ívek kitöltése, ellenőrzés)	58–70	1,0–1,2	0	0–0,1
Rajzolás	70	1,2	0	0–0,1

Ezek alapján már meg lehet határozni a térben lévő személyek hőleadását.

A **térben lévő berendezések** által leadott hőteljesítmények a következőképpen számíthatók:

$$Q_{tech} = e \times \sum \eta^P \times w \quad (14)$$

, ahol:

$P = [W]$ a berendezés névleges hasznos teljesítménye,

$\eta = [-]$ a berendezés hatásfoka,

$e = [-]$ az egyidejűségi tényező,

$w = [-]$ a terhelési tényező,

A hőterhelés kiszámításához először a gépbe betáplált teljesítményt kell meghatározni. Ezt úgy érjük el, hogy elosztjuk a névleges hasznos teljesítményt a berendezés hatásfokával. Ezt követően a pillanatnyi felvett teljesítményt számítjuk ki, amelyet a terhelési fokkal szorzunk meg. Erre azért van szükség, mert a berendezések a működésük során gyakran nem a névleges állapotban üzemelnek, és így a leadott és felvett teljesítményük is változó. Sok épületgépészeti berendezés az életciklusa során gyakran eltér a névleges állapottól. Ha több berendezés is jelen van, a kapott teljesítményeket össze kell adni. Végül az egyidejűségi tényezővel is meg kell szorozni az értéket, mivel a berendezések nem mindig működnek egyszerre, és így a tényleges hőterhelés is kisebb lehet.

Az ilyen gépek által kibocsátott hőhatások olyan jelentősek lehetnek, hogy még télen is szükség van a helyiségek, sőt, akár az egész épület hűtésére. Jó példa erre a szerverszobák vagy szerverparkok esete, ahol bár egyszerűnek tűnhetne télen „kinyitni az ablakot”, ez nem lehetséges, mivel a gépek érzékenyek a levegő minőségére. Emiatt gépi hűtésre van szükség. Kifejezetten ezekhez a környezetekhez gyártanak speciális légkezelőket, akár álpadlóba fűjő kivitelben is, amelyek nemcsak a hőmérsékletet, hanem a páratartalmat is szabályozzák. Ezek a megoldások azonban igen költségesek.

Mivel a szerverszobák kis helyen adnak le jelentős hőteljesítményt – tehát nagy az energiasűrűség –, a hűtés meghibásodása komoly problémákat okozhat, például túlmelegedés vagy akár tűzeset is előfordulhat. Ezért gyakran több kisebb rendszerrel biztosítják a hűtést, gyakran túlméretezve a rendszereket, hogy egy hiba esetén is legalább az eszközök biztonságos leállításáig működhessen a másik rendszer.

Fontos, hogy ilyen környezetek hűtésére nem érdemes VRF rendszereket alkalmazni, helyette inkább technológiai hűtésre tervezett split klímákat vagy folyadékhűtőket érdemes használni. Ezek a speciális splitek képesek alacsonyabb hőmérsékleten is hatékonyan működni, ahol a VRF rendszerek kevésbé gazdaságosan vagy egyáltalán nem üzemelnek.

A **szellőzési hőterhelés** azt a hőmennyiséget jelenti, amely a szellőztetés (friss levegő beáramlása) során kerül be a helyiségbe. Ez lehet fűtési vagy hűtési hőterhelés attól függően, hogy a beáramló levegő hidegebb vagy melegebb, mint a helyiség belső hőmérséklete.

A szellőzési hőterhelést a következő képlet segítségével számíthatjuk ki:

$$Q_{szellőztetés} = \dot{V} \times \rho \times c_p \times \Delta T \quad (15)$$

, ahol:

Q = [W] a szellőzési hőterhelés,

$\dot{V}$ = [m³/s] a szellőztetés során beáramló levegő térfogatárama,

ρ = levegő sűrűsége, általában 1,2 kg/m³ a standard légköri nyomás és hőmérséklet mellett.

c_p = a levegő fajhője, ami körülbelül 1005 J/kgK.

ΔT = [°C] a külső és belső hőmérséklet különbsége.

A belső hőterhelések közé tartozik az is, amikor szabad meleg vízfelületről párolgás révén hő adódik le a levegőbe. A víz felületén a párolgás következtében egy 100%-os relatív páratartalmú határréteg alakul ki, amely hőt ad át a környezetnek. Ez a látens hőterhelés növeli a helyiség nedvességtartalmát, ami befolyásolja a belső klímát, és további hűtést igényelhet annak érdekében, hogy a megfelelő komfortérzet és hőmérséklet biztosítható legyen.

Bár irodaépületeknél ritkán találkozunk jelentős melegvízfelülettel, ahonnan számottevő hőáram kerülne a térbe, mégis érdemes megemlíteni ezt a tényezőt. Nagyobb irodakomplexumokban gyakran találhatók szökőkutak, akár jelentős méretűek is, amelyekből nem elhanyagolható mennyiségű látens hő kerülhet a belső térbe. Ez a hőhatás növeli a tér nedvességtartalmát és a szükséges hűtőteljesítményt, így figyelembe kell venni a tervezés során a hűtési igények pontos meghatározásakor.

$$Q_{vízfelület} = \dot{m}_{vízfelület} \times h_{vg} \quad (16)$$

$$\dot{m}_{vízfelület} = \beta \times A_{vízfelület} \times (\rho_{vt} - \rho_v) \quad (17)$$

$$h_{vg} = c_{p,vg} \times t_{vf} + r_0 \quad (18)$$

, ahol:

$Q_{vízfelület}$ = [W] a meleg vízfelületről bejutó hőtéljesítmény,

$\dot{m}_{vízfelület}$ = [$\frac{kg}{s}$] a víz tömegárama,

h_{vg} = [$\frac{l}{kg}$] a vízgőz entalpiája,

$\rho_{vt} = [\text{Pa}]$ a teljesítési vízgőznyomás,

$\rho_v = [\text{Pa}]$ a parciális vízgőznyomás,

$c_{p,vg} = [\frac{J}{kgK}]$ a vízgőz állandó nyomáson vett fajhője,

$t_{vf} = [K]$ a vízfelület hőmérséklete,

$r_0 = 2500 [\frac{J}{kg}]$ a látens hőmennyiség entalpiája.

3 Irodaépület hűtési teljesítményének a meghatározása

A számításokhoz a cégünk irodaházát választottam. Az épület kb. 30 évvel ezelőtt épült, vasbeton pilléres téglapépület, külső hőszigetelés nélkül, melynek homlokzati nyílászáróit 10-15 évvel ezelőtt korszerű műanyag nyílászárókra cserélték. Az épületnek van egy földszinti és három emeleti része. A földszinten egy ügyféltér és irodahelyiségek, az emeleti szinteken irodák vannak. Minden szinten találhatók mosdók, amiknek a hűtési teljesítményigényét az összes teljesítmény igénybe nem számolom bele. Az épület belmagassága egységesen 3 méter. Az irodák kialakítása és az irodákban dolgozó emberek létszáma hasonló, csak az alapterület méretei különböznek. Ezért választottam egy minta irodát, aminek kiszámolom a hőterhelését.

Az iroda alapterülete 6 x 5 méter, az irodában két ember dolgozik, az irodában lévő nyílászárók felülete 10 nm. A többi iroda hőterhelését ehhez az értékhez fogom viszonyítani, és a kapott eredményeket egy táblázatban foglalom össze.

A számítási példához alkalmazott fogalmak:

Hűtési hőterhelés alatt azt a hőtelteljesítményt értjük, amelyet egy helyiségből a legmelegebb nyári időszakban el kell vonni a kívánt belső légállapot fenntartása érdekében. A hűtési hőterhelés tehát időben változó hűtési teljesítményigény, amely nyáron a kívánt belső hőmérséklet mellett ellensúlyozza a helyiségbe időegység alatt behatoló és az ugyanakkor bent keletkező hőmennyiséget.” [18]

Hőségnapról beszélünk, ha a napi maximum hőmérséklet legalább 30 °C. Az extrém hőségnap abban különbözik az előbbitől, hogy nem a napi maximumnak, hanem legalább 1 órai átlag hőmérsékletnek el kell érnie a 30 °C-ot.

Forrónapról beszélünk, ha a napi maximum hőmérséklet legalább 35 °C és extrém forrónapról, ha legalább az 1 órai átlag hőmérséklet elérni a 35 °C-ot.

Először meghatározom a külső hőterheléseket, kezdve az ablakon keresztül bejutó hőterheléssel:

A helyiség hőterhelésén Q_{001} a legnagyobb átlag hőterhelés értéket fogom érteni az adott számítási módszerrel [20], mivel a mérnöki gyakorlatban ez alapján választjuk ki a helyiségűtő eszközöket. Az ehhez tartozó t_e értéke a 35 °C.

A hűtött iroda belső méretezési levegőhőmérséklete 26 °C.

$$Q_{\ddot{u}} = A_{\ddot{u}} \times [N_{\ddot{u}} \times N_{\acute{a}} \times I_{SGR} \times Z + k_{\ddot{u}} \times (t_e - t_i)] \quad (19)$$

, ahol:

$A_{\ddot{u}} = [m^2]$ az üvegezés felülete,

$$A_{\ddot{u}} = 10 \text{ m}^2$$

$N_{\ddot{u}} = [-]$ az üvegezés naptényezője:

Egy üvegfelület tulajdonsága, amely megmutatja, hogy az üvegfelületre érkező napsugárzás energiájának mekkora része jut át az üvegen a helyiségbe.

Az értéke 0 és 1 között van, ahol:

- 0: Nem jut át napsugárzás az üvegen keresztül.
- 1: A napsugárzás teljes mértékben áthalad az üvegen.

A gyártó által megadott érték 40 – 50 %. A számításoknál az 50%-ot vettem alapul.

$N_{\acute{a}} = [-]$ az árnyékolás naptényezője:

Az árnyékoló által átbocsátott napenergia arányát adja meg egy tiszta, normál átlátszó üveghez képest, 0 és 1 között van:

- 0: Az árnyékolás teljesen megakadályozza a napsugárzás áthaladását.
- 1: Az árnyékolás ugyanolyan mértékben engedi át a napsugárzást, mint egy tiszta üvegfelület.

A különböző árnyékoló szerkezetek naptényező értékeit a 2. táblázat alapján fogom meghatározni.

2. táblázat: különböző árnyékoló szerkezetek naptényező értékei
(Forrás: MeRSZ)

Elhelyezés	Árnyékoló szerkezet megnevezése	Világos ($r > 0,5$)	Középszín ($0,5 > r > 0,3$)	Sötét ($0,3 < r < 0,1$)	Fekete ($r < 0,1$)
Külső	Faspaletta nyitott levelekkel	0,148	0,131	0,122	0,113
	Faspaletta félig nyitott levelekkel	0,113	0,122	0,131	0,131
	Fémlamella	0,174	0,174	0,174	0,174
	Fémspaletta nyitott levelekkel	0,139	0,122	0,122	0,122
	Fémspaletta félig nyitott levelekkel	0,122	0,131	0,139	0,139
	Műanyag redőny	0,087	0,087	0,087	0,096
	Ponyvaernyő	0,174	0,218	0,218	0,218
	Reluxa	0,087	0,087	0,104	0,104
Közbenső	Reluxa	0,305	0,348	0,392	0,435
	Vászonredőny (roló)	0,261	0,305	0,348	0,392
Belső	Függöny	0,392	0,522	0,609	0,696
	Reluxa	0,479	0,566	0,653	0,740
	Vászonredőny (roló)	0,348	0,479	0,566	0,653

Az ablakok a belső részükön reluxával szereltek, ezért az árnyékolás naptényezője 0,5.

$I_{SGR} = \left[\frac{W}{m^2} \right]$ a 3mm-es vastagságú síküvegen behatoló napsugárzás intenzitása.

A napsugárzás intenzitásának értékét a 3. táblázat alapján fogom meghatározni.

3. táblázat: különböző árnyékoló szerkezetek naptényező értékei
(Forrás: MeRSZ)

MSZ-04.140/4-78

- 16 -

T.10. A napsugárzás névleges intenzitása $[W/m^2]$				
Üvegezés tájolása	I_{SRG}	I_{DIR}	I_{DIF}	h^o
É	157	158	55	35
ÉK	467	432	111	
K	620	560	157	
DK	503	420	187	
D	398	317	196	
DNY	503	420	187	
NY	620	560	157	
ÉNY	467	432	111	

A nyári sugárzási hőterhelés számításánál a bizonyítottan árnyékos északi ablakok a déli tájolásra vonatkozó hőterhelési értékkel vehetők figyelembe.

A táblázatból kiolvasott érték ebben az esetben: $398 \frac{W}{m^2}$.

$Z = [-]$ a redukciós tényező, olyan arányszám, amely megmutatja, hogy egy adott szerkezet (például üveg, árnyékoló, vagy fal) mennyire képes csökkenteni a napsugárzás, vagy más hőenergia bejutását egy helyiségbe. Ez különösen fontos tényező az épületek energiamenedzsmentjében, ahol az árnyékolás, az üvegezés vagy egyéb hővédelmi rendszerek segítségével optimalizálni lehet a belső hőmérsékletet.

A redukciós tényező értékét a 4. táblázat alapján fogom meghatározni.

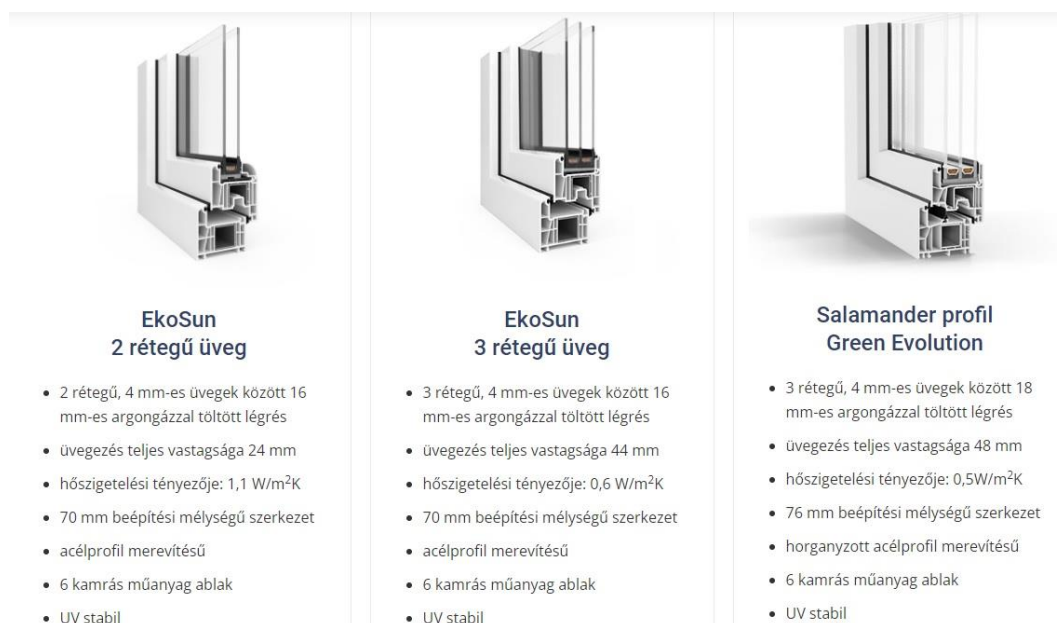
4. táblázat: déli tájolású üvegezett felületen behatoló külső hőterhelés
(Forrás: MeRSZ)

τ (óra)	Z
10	0,46
11	0,51
12	0,56
13	0,56
14	0,53
15	0,44
16	0,36

A legmagasabb értékkel számolva: 0,56.

$k_{\text{ü}} = \left[\frac{W}{m^2K} \right]$ az üvegezés hőátbocsátási tényezője, egy kulcsfontosságú paraméter, amely megmutatja, hogy egy üveg milyen mértékben engedi át a hőt.

Általában a gyártók megadják az üveg paramétereit (1. ábra).



1. ábra: különböző vastagságú üvegezések hőátbocsátási tényezői.
(Forrás: <https://www.euroablak.hu>)

Az irodaházban beépített ablakok hőátbocsátási tényezője $0,6 \frac{W}{m^2 K}$.

$t_e = [K]$ a külső léghőmérséklet, *forrónapról* beszélünk, ezért $35\text{ }^\circ\text{C}$.

$t_i = [K]$ a belső léghőmérséklet, a hűtött iroda belső méretezési levegőhőmérséklete $26\text{ }^\circ\text{C}$.

$$Q_{\ddot{u}} = A_{\ddot{u}} \times [N_{\ddot{u}} \times N_{\acute{a}} \times I_{SGR} \times Z + k_{\ddot{u}} \times (t_e - t_i)] \quad (20)$$

behelyettesítve az értékekkel:

$$Q_{\ddot{u}} = 10m^2 \times [0,5 \times 0,5 \times 398 \frac{W}{m^2} \times 0,56 + 0,6 \frac{W}{m^2 K} \times (35^\circ\text{C} - 26^\circ\text{C})] \quad (21)$$

$$Q_{\ddot{u}} = 611,2\text{ W}$$

- árnyékolás nélkül: 1168,4 W

Ezután kiszámolom a falakon és a tetőfödémen keresztül bejutó hőáramot:

$$Q_{fal} = (t_{ekv}) \times (A_{fal} \times k_{fal} + A_{födém} \times k_{födém}) \quad (22)$$

, ahol:

t_{ekv} = az egyenértékű hőfokkülönbség [K].

Az egyenértékű hőmérsékletkülönbség függ:

- a külső felület helyzetétől (tájolás, illetve fekvés),
- a külső felület minőségétől (rövidhullámú napsugárzási abszorpció- és hosszuhullámú környezeti emisszió),
- a határoló szerkezet hőtechnikai tulajdonságaitól (hőátbocsátási tényező, hőelnyelés, hőcsillapítás) és
- belső léghőmérséklettől

Az egyenértékű hőmérsékletkülönbség értékét a 5. táblázat alapján fogom meghatározni.

5. táblázat: déli tájolású üvegezett felületen behatoló külső hőterhelés
(Forrás: MeRSZ)

τ (óra)	t_{ekv} (K)
10	5,15
11	10,62
12	12,96
13	13,55
14	13,27
15	11,81
16	11,60

A táblázat alapján ez az érték: 13,55 K.

$A_{fal} = [m^2]$ a fal területe: $8 m^2$

$k_{fal} = [\frac{W}{m^2K}]$ a külső fal hőátbocsátási tényezője: $1,62 \frac{W}{m^2K}$

- 5 cm külső vakolat
- 12 cm kisméretű tömör agyagtégla falazat
- 33 cm vasbeton falazat
- 2 cm belső vakolat

$A_{födém} = 30 m^2$

$k_{födém} = 1,1 \frac{W}{m^2K}$ erről a szerkezetről semmilyen információ nincs, így a 80-as években alkalmazott hőátbocsátási tényező határértékét vettem alapul.

$$Q_{fal} = (t_{ekv}) \times (A_{fal} \times k_{fal} + A_{födém} \times k_{födém}) \quad (23)$$

behelyettesítve az értékekkel:

$$Q_{fal} = (13,55) \times (8 \text{ m}^2 \times 1,62 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} + 30 \text{ m}^2 \times 1,1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}) \quad (24)$$

$$Q_{fal} = 622,75 \text{ W}$$

Ezután meghatározom a belső terheléseket:

A belső terhelések az emberek által kibocsátott hőből, az általuk használt számítógépekből, valamint a világításból áll.

A vizsgált helyiségben 2 fő tartózkodik munkaidőben (07:00-17:00), és többnyire a számítógép előtt végeznek ülő munkát. Az emberek hőleadását 116 W/fő-vel számoltam, az általuk használt számítógépeket 150 W-al vettem figyelembe.

Az irodákban fénycsőes világítás működik.

Általában egy 40 W-os fénycső armatúra esetében az elektromos energiának nagyjából 30-50%-a hővé alakul át. A fennmaradó része a fény, de az izzószálak és az elektronikai elemek működése során keletkező energia jelentős része hő formájában távozik.

Egy 40 W-os fénycső armatúra általában 15-20 W hőenergiát adhat le.

Az irodában 4 armatúra található.

Az iroda belső terhelése a fentiek alapján:

$$Q_{belső} = Q_{emberek} + Q_{számítógép} + Q_{világítás} \quad (25)$$

behelyettesítve az értékekkel:

$$Q_{belső} = 232 \text{ W} + 300 \text{ W} + 80 \text{ W} \quad (26)$$

$$Q_{belső} = 612 \text{ W}$$

A vizsgált iroda hőterhelésének meghatározásához össze kell adni a külső és a belső terheléseket:

$$Q_{iroda} = Q_{üveg} + Q_{fal} + Q_{belső} \quad (27)$$

behelyettesítve az értékekkel:

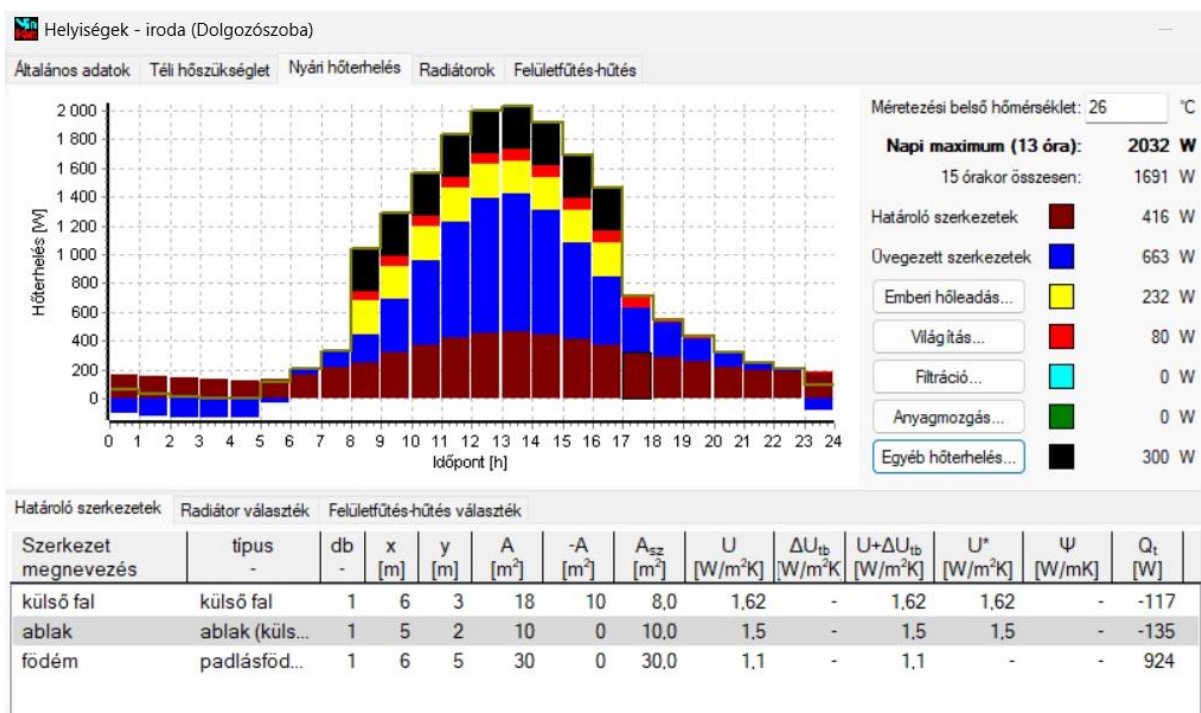
$$Q_{iroda} = 611,2 \text{ W} + 622,75 \text{ W} + 612 \text{ W} \quad (28)$$

$$Q_{iroda} = 1845,95 \text{ W}$$

Az irodaépület helységeinek hűtési teljesítményigényét az 1. sz mellékletben foglaltam össze.

A számítások elemzéséhez és a 9/2023. ÉKM rendeletnek megfelelő számításához a WinWatt szoftvercsomag DEMO változatát választottam.

A WinWatt programmal kiszámolt értékeket az 2. ábrán mutatom be:



2. ábra: az iroda nyári hőterhelése.
(Forrás: WinWatt DEMO)

3.1 Elemzés

A fenti számításokból kiderül, hogy a két érték eltér egymástól. A 2012-ben visszavont, és az általam megkérdezett célcsoport által javasolt MSZ-04-140-4:1978 U szabvány szerint az iroda hőterhelése a vizsgált paraméterekkel és időpontban **1845,95 W**. A jelenleg használt 9/2023. ÉKM rendeletnek megfelelő szoftverrel kiszámolt eredmény **2032 W** lett.

A fentiekből következik, hogy az MSZ-04-140-4:1978 U szabvány szerint kiszámolt érték **9,15%-kal** alulméretezi a hűtési rendszert.

A hőterhelésének számítása az 1978-as szabvány szerint és a jelenlegi szabványok alapján több szempontból is eltért, mivel az építési szabványok és a hőtechnikai követelmények az idők során fejlődtek.

A legtöbb hőt a napenergia termeli, és ha kiemelem az üvegezett felület hőterhelésének számítási módszerét akkor több különbséget is felfedezni vélek.

Az egyik és a legfontosabb különbség, hogy az akkor alkalmazott szabványok a kor technikai és energetikai követelményeinek megfelelően születtek, az akkor használt üvegek hőátbocsátási tényezője jelentősen magasabb volt (jellemzően 2,8-5 W/m²K között), ami nagyobb veszteséget jelentett. A mai követelmények sokkal szigorúbbak, különös tekintettel az energiahatékonyságra. Az üvegezett szerkezetek hőátbocsátási tényezője 0,6-1,1 W/m²K-re csökkent.

A másik fontos tényező, hogy a napenergia áteresztés (g-érték) mérése kevésbé volt központi szempont. Ma már fontos szerepet kap a g-érték, amely azt mutatja, hogy mennyi napenergia jut át az üvegen.

Ez az érték egy irodahelység esetében nem tűnik jelentősnek, a kivitelező cégek a számításoknál szeretnek bőven fölé számolni ezért az iroda hűtési rendszere biztosan nem lesz alul méretezve.

Ha azonban gazdasági oldalról nézem akkor az összes. teljesítményt figyelembe véve jelentős is lehet az eltérés, ezért mindenképp az aktuális érvényben lévő rendelet szerinti számítást részesítem előnyben.

A mellékelt táblázat értékei támpontot adnak egy épületgépészeti tervezésnél vagy egy árajánlat bekérés során, ugyanis ekkora össz. teljesítménynél már a gépi hűtési rendszerek között jelentős ár/érték különbség is lehet. A továbbiakban részletezem az épület hőterhelésének csökkentési lehetőségeit, gépi és gépi hűtés nélkül. Bemutatom a lehetséges gépi hűtések típusait, az előnyeiket, és a hátrányokat

4 Az épület hőterhelésének csökkentési lehetőségei

A modern épületek hőterhelése egyre komolyabb kihívást jelent a fenntartható építészet és az energiahatékonyság szempontjából. A hőterhelés csökkentésére különféle stratégiák alkalmazhatók, amelyek két fő kategóriába sorolhatók: gépi hűtés nélküli és gépi hűtéses megoldásokra.

4.1 Az épület hőterhelésének csökkentése gépi hűtés nélkül

Az épületek hőterhelésének csökkentése napjainkban egyre fontosabb kérdés, különösen a klímaváltozás és az energiafogyasztás mérséklésének szükségessége miatt. A hagyományos gépi hűtési rendszerek, mint például a légkondicionálók, jelentős energiafelhasználást igényelnek, és hozzájárulnak az üvegházhatású gázok kibocsátásához. Emiatt egyre nagyobb hangsúly kerül azokra az alternatív, energiahatékony megoldásokra, amelyek csökkenthetik az épületek hőterhelését gépi hűtés alkalmazása nélkül.

Ilyen megoldások közé tartoznak a passzív hűtési technikák, a megfelelő szigetelés, valamint az épületek orientációjának és árnyékolásának optimalizálása.

4.1.1 Természetes szellőzés

A természetes szellőzés kihasználása az egyik legegyszerűbb és leghatékonyabb módszer az épületek hőterhelésének csökkentésére. A jól megtervezett nyílászárók és szellőzőnyílások lehetővé teszik a levegő természetes áramlását, ami elősegíti a hűtést anélkül, hogy gépi rendszerekre lenne szükség. Fontos, hogy keresztuzat alakuljon ki az épületben, amely biztosítja a meleg levegő távozását és a hűvösebb levegő beáramlását, ami jelentősen csökkentheti a belső hőmérsékletet.

4.1.2 Árnyékolás

Az árnyékolás szintén kulcsfontosságú a hőterhelés mérséklésében. A napfénynek kitett homlokzatokon, különösen a déli és nyugati oldalakon, külső árnyékolók, napellenzők vagy növényzet használata hatékonyan csökkenti a közvetlen napsugárzás okozta felmelegedést.

A belső árnyékolók, például függönyök vagy rolók, bár hasznosak lehetnek, kevésbé hatékonyak, mint a külső megoldások, mivel a napsugárzás már belépett az épületbe.

Az árnyékolási műveket kétfelé bonthatjuk, vannak árnyékolók és árnyékvetők. [19]

4.1.3 Árnyékolók

Az árnyékolók fősíkja párhuzamos az üvegfelülettel, míg az árnyékvetők fősíkja merőleges vagy közel merőleges az üvegfelületre. Fontos azonban megjegyezni, hogy az árnyékvetőket nemcsak üvegfelületek mellett alkalmazzuk; például szabadtereken is használhatók, ahol ezek fősíkja általában párhuzamos vagy közel párhuzamos az üvegfelülettel.

Az árnyékolók csökkentik az üvegezett, szabad, napsütötte felületek méretét, ezáltal meggátolják a direkt és diffúz napsugárzás bejutását. Ilyenek például a zsalugáterek, redőnyök és külső rolók, de a biológiai árnyékolók, mint a fák, cserjék és facsoportok is ide tartoznak. A lombhullató növények nyáron felfogják a napsugárzást, míg télen 85-90%-át átengedik.

Az árnyékolók jelentős hátránya, hogy a természetes megvilágítást csökkenthetik, ami miatt mesterséges fényforrások használata válhat szükségessé, így növelve a belső hőterhelést. Ugyanakkor olyan helyiségekben, ahol nem szükséges a természetes fény, de van nyílászáró, ahol besüthet a nap, az árnyékolók kiváló választást jelentenek a külső hőterhelés csökkentésére. Ilyen például egy kisebb szerverhelyiség, amelyet utólag alakítottak ki egy másik rendeltetésű helyiségből, vagy hasonló tároló szobák. [19]

4.1.4 Árnyékvetők

Az árnyékvetők a direkt napsugárzás ellen védenek, miközben a diffúz fényt beengedik. Ezt a jelenséget jól szemlélteti az a mondás, hogy az árnyékvetőknél olyan, mintha az ablak északi tájolású lenne. Kivételtől függően, amikor a nap alacsonyan jár, a direkt fényt is beengedhetik, így jelentősen csökkentik a természetes fény elvesztését, ami miatt a mesterséges világítás szükségessége is mérséklődik.

Az árnyékvetők tervezésénél azonban sokkal pontosabb vizsgálatokat igényelnek, mint az egyszerű árnyékolók. Figyelembe kell venni a Nap pályáját az égen, mivel különböző időpontokban más irányból érkezik a sugárzás, ami eltérő hőáramokat és megvilágítást eredményez.

Az égbolton lévő zavarások, mint például felhők, szintén befolyásolják a természetes megvilágítást; ha ezek kitakarják a Napot, drasztikus csökkenés következhet be, ami a mesterséges világítás aktiválását indokolja.

Ha elegendő pénzt fektetünk be egy árnyékvető rendszerbe, lehetőség van motoros megoldások alkalmazására, amelyek automatikusan igazodnak a beérkező sugárzáshoz, így növelve a tér kényelmét és energiahatékonyságát. Az árnyékvetők elhelyezése is kulcsfontosságú: érdemes őket kívül elhelyezni, mert így a közvetlen napsugárzás nem jut be az épületbe.

Ha az árnyékvető belül található, akkor a sugárzás ugyan bejut, de csak a közvetlen fényt fogja fel, így a benti levegőt tovább melegíti. Ebből következik, hogy a behúzott függöny nem igazán hatékony megoldás.

Külső árnyékvetők esetében csak a diffúz sugárzás, valamint az ablak hővédő bevonata miatt annak egy része jut be, ami csökkenti a benti levegő felmelegedését. Az árnyékvetők funkcióját többféle szerkezet is elláthatja, például ereszek, párkányok, erkélyek, lamellásorok, és különböző anyagú (például vászon) árnyékvetők. Érdekes megjegyezni, hogy manapság már elérhetők az ablaküvegek közé integrált árnyékvető lamellák, de ezeknek hátrányuk, hogy nem teszik lehetővé az átszellőzést, így nem biztos, hogy a legjobb megoldásnak számítanak, és nem elterjedtek.

Az árnyékvető lamellák vízszintes és függőleges elrendezésűek is lehetnek, és a tervezés során fontos figyelembe venni a lamellák közötti távolságot és hosszukat, mivel ezek befolyásolják a kialakításukat és az áteresztőképességüket. Például, ha több lamellasort szeretnénk elhelyezni, akkor rövidebb lamellák is elegendők lehetnek, míg, ha nem akarjuk annyira csökkenteni az ablaküveg hasznos felületét, akkor hosszabb lamellákra van szükség kevesebb sorral. [19]

4.1.5 Zöldtetők és zöldfalak

A zöldtetők és zöldfalak remek megoldást kínálnak az épületek hűtésére, mivel élő növényzetet alkalmaznak a hőszigetelés javítására. A zöldtetők csökkentik a tetőre érkező hőmennyiséget, mivel a növények párologtatása természetes hűtést biztosít a környezet számára. Ezen kívül a talajréteg is hőszigetelőként működik, így a belső terek hőmérséklete alacsonyabb marad.

A zöldfalak hasonló módon járulnak hozzá a hűtéshez, különösen akkor, ha az épület homlokzatán helyezkednek el, védve ezzel a falakat a közvetlen napsugárzástól és csökkentve a hőterhelést. [15] [27]

4.1.6 Hőszigetelés és építőanyagok

A hőterhelés csökkentése érdekében elengedhetetlen a megfelelő hőszigetelés alkalmazása. Az energiahatékony építőanyagok, például a vastagabb szigetelőrétegek, jelentősen csökkentik a hővezetést, így nyáron a külső hőmérséklet kevésbé hatol be az épületbe. Ezen kívül a reflektív tetőbevonatok, amelyek visszaverik a napsugárzást, szintén hozzájárulnak a hűvösebb belső klíma fenntartásához.

A megfelelő építőanyagok gondos kiválasztása is kulcsfontosságú. A hőtároló anyagok, mint például a kő vagy a vályog, képesek elnyelni és tárolni a napsugárzást, amelyet lassan adnak le, ezzel egyenletesebbé téve az épület belső hőmérsékletét. [16]

4.1.7 Passzív hűtési technikák

A passzív hűtés olyan módszerek összessége, amelyek lehetővé teszik az épület hőmérsékletének szabályozását külső energiaforrások nélkül. Ilyen technika például a hőtároló falak alkalmazása, amelyek nappal elnyelik a hőt, majd éjszaka leadják azt, amikor a külső hőmérséklet alacsonyabb. A napsugárzás irányának és szögének figyelembevételével történő épületorientáció is hatékonyan hozzájárulhat a belső hőmérséklet csökkentéséhez.

4.2 Az épület hőterhelésének csökkentése gépi hűtéssel

A gépi hűtési megoldások az aktív hőterhelés-kezelésre összpontosítanak, és magukban foglalják a különböző klímaberendezések és hűtési rendszerek alkalmazását. Ezen rendszerek hatékony működéséhez elengedhetetlen a megfelelő méretezés és karbantartás. A modern technológiák, mint például a hőszivattyúk és az intelligens vezérlőrendszerek, lehetővé teszik a hőmérséklet pontos szabályozását és a hűtési igények dinamikus kezelését. A gépi hűtési megoldások beépítése az épület tervezésébe nemcsak a komfortérzet növelését célozza, hanem hozzájárul az energiatakarékossághoz is, különösen a forró nyári hónapokban.

4.2.1 Split légkezelő, inverteres légkezelő

A légkondicionálók megjelenésekor az elsődleges szempont a kívánt hőmérséklet elérése volt a lehető legrövidebb időn belül. Ez az igény azóta is fontos szerepet játszik a klímaberendezések kiválasztásában, de az eszközök fejlődésének köszönhetően más funkciók is kulcsfontosságúvá váltak. A legfontosabbak közé tartozik az energiatakarékosság, a berendezések egészségre gyakorolt hatása, a zajszint és az esztétikai jellemzők.

A klímapiacot az utóbbi években az úgynevezett split légkezelő uralja.

- **Mono split légkezelő:**

A mono split légkezelő (3. ábra) egyre népszerűbb megoldás a hűtés és fűtés terén, különösen az irodaházakban. Ez a légkezelős két fő egységből áll: a külső egységből, amely a kompresszort és a kondenzátort tartalmazza, valamint a belső egységből, amely a hűtött levegőt juttatja a helyiségbe. A két egység között hűtőközeg áramlik, amely a belső egységben elnyeli a hőt, majd a külső egységben leadja azt.



3. ábra: mono split légkezelő
(Forrás: <https://www.webklima.hu>)

A mono split légkezelő működése a hőszivattyú elvén alapul. A belső egység ventilátora beszívja a helyiség levegőjét, majd ezt átvezeti a hűtőközeggel töltött párologtatón. Az alacsony hőmérsékleten lévő hűtőközeg elnyeli a levegő hőmérsékletét, így a levegő lehűl és a helyiségbe kerül.

Ezt követően a hűtőközeg a kompresszorhoz jut, ahol összenyomódik, és a hőmérséklete megnő. Fűtés üzemmódban a folyamat megfordul: a külső egység elnyeli a hőt a külső levegőből, és a belső egységben adja le azt, ezáltal melegítve a helyiséget.

Előnyök:

- **Energiahatékonyság:** a mono split klímák általában energiatakarékosak, mivel a hőszivattyú technológia lehetővé teszi a hűtést és fűtést viszonylag alacsony energiafogyasztás mellett.
- **Csendes működés:** a külső egység elhelyezése miatt a belső egység működése csendesebb, ami különösen fontos lehet otthoni környezetben.
- **Könnyű telepítés:** a mono split légkezelő telepítése viszonylag egyszerű, mivel nem igényel bonyolult csőhálózatot, csak egy pár kábelt és csövet a külső és belső egység összekötésére.
- **Helytakarékos megoldás:** a mono split légkezelők kis helyet foglalnak el, így ideálisak kisebb helyiségekhez, ahol a tér maximális kihasználása fontos.

Hátrányok:

- **Korlátozott hűtési/fűtési kapacitás:** a mono split légkezelők általában egyetlen helyiség hűtésére vagy fűtésére alkalmasak, így nagyobb területek esetén több egység telepítése szükséges.
- **Magas kezdeti költségek:** a telepítési költségek, különösen a minőségi berendezések esetében, magasabbak lehetnek, mint más hűtési megoldásoknál.
- **Külső egység érzékenysége:** a külső egység ki van téve az időjárási viszontagságoknak, ami hosszú távon károsíthatja a berendezést, és rendszeres karbantartást igényel.

- **Multi split légkezelő:**

A multi split légkezelő (4. ábra) egyre népszerűbb megoldás, mivel lehetővé teszi több helyiség egyidejű hűtését vagy fűtését egyetlen kültéri egység segítségével. A rendszer alapját egy kültéri egység képezi, amely több beltéri egységet szolgál ki. Ezek a beltéri egységek különböző helyiségekbe telepíthetők, lehetővé téve a felhasználók számára, hogy a különböző szobák hőmérsékletét egyénileg állítsák be.



4. ábra: multi split légkezelő
(Forrás: <https://www.cityklima.hu>)

Előnyök:

- **Energiahatékonyság:** a multi split légkezelő rendszerek általában energiatakarékosabbak, mint a hagyományos klímák, mivel egyetlen kültéri egység szolgál ki több beltéri egységet, csökkentve a telepítési és üzemeltetési költségeket.
- **Rugalmasság:** a felhasználók könnyen szabályozhatják a hőmérsékletet minden egyes helyiségben, így a komfortérzet növelhető. Ezen kívül a különböző beltéri egységek eltérő stílusúak és teljesítményűek lehetnek, lehetővé téve a személyre szabást.
- **Esztétikai előny:** a beltéri egységek általában diszkrétebbek és esztétikusabbak, mint a hagyományos légkondicionáló berendezések.

-

Hátrányok:

- **Magasabb kezdeti költség:** a multi split légkezelő rendszerek telepítése általában drágább, mint a hagyományos légkondicionáló rendszereké. A telepítési költségek a kültéri és beltéri egységek számától függenek.
- **Karbantartás:** a rendszer bonyolultsága miatt a multi split légkezelő karbantartása szakértelmet igényel. A rendszeres karbantartás elmulasztása esetén a hatékonyság csökkenhet, és a meghibásodás valószínűsége nő.
- **Helyigény:** a kültéri egységeknek elegendő helyre van szükségük a telepítéshez, amely problémát jelenthet kisebb telkeken vagy városi környezetben.

• Inverteres légkezelő:

Az inverteres légkezelő egy modern légkondicionáló berendezés, amely számos előnnyel rendelkezik a hagyományos légkezelőkhöz képest. Az inverteres technológia lényege, hogy a kompresszor fordulatszáma folyamatosan változik, ami lehetővé teszi a hőmérséklet pontosabb szabályozását. Míg a hagyományos légkezelők általában csak két üzemmódban működnek: be- és kikapcsolás, az inverteres klímák képesek a hűtési és fűtési teljesítmény folyamatos módosítására, ezzel elkerülve a hirtelen hőmérséklet-változásokat.

Az inverteres klímák legnagyobb előnye az energiahatékonyságuk. Mivel a kompresszor folyamatosan alkalmazkodik a hőmérséklethez, ezek a berendezések kevesebb áramot fogyasztanak, mint hagyományos társaik. Ezenkívül, mivel a készülék nem kapcsol be és ki folyamatosan, a zajszint is alacsonyabb, így kellemesebb környezetet teremt.

Az inverteres klímák gyorsabban érik el a kívánt hőmérsékletet, lehetővé téve a felhasználók számára, hogy hamarabb élvezzék a komfortos klímát.

Bár az inverteres légkezelők számos előnnyel bírnak, van néhány hátrányuk is. Az első és legszembe tűnőbb hátrány a magasabb beszerzési ár. Az inverteres rendszerek általában drágábbak, mint a hagyományos rendszerek, így a kezdeti befektetés jelentősebb lehet. Továbbá, az inverteres légkezelők karbantartása is speciálisabb szaktudást igényelhet, ami további költségeket róhat a felhasználókra.

4.2.2 Hőszivattyú, VRF

Az első VRF rendszerű légkezelőt a japán Daikin vállalat fejlesztette ki 1982-ben. E termékcsalád neve VRV volt, amely a mai napig megmaradt a cégnél, míg a technológia a VRF nevet kapta, miután más gyártók is kifejlesztették saját rendszereiket. A VRF a „változó hűtőközeg tömegáramú” rendszert jelenti, mivel a rendszer képes szabályozni a hűtőközeg mennyiségét a kompresszor és az adagolószervek segítségével, biztosítva ezzel, hogy mindig az optimális mennyiségű hűtőközeg kerüljön a rendszer különböző részeibe. A VRF rendszereket azóta folyamatosan fejlesztik, és mára elérték, hogy bizonyos gyártóknál akár 64 beltéri egység is csatlakozhat egy kültéri egységhez. Emellett a beltéri egységek és a kültéri egység közötti távolság is jelentősen megnőtt, egyirányú csövezési hossz esetén akár 900-1000 métert is elérhet.

A VRF rendszerek (5. ábra) napjainkban egyre szélesebb körben elterjednek hazánkban is. Ennek egyik fő oka, hogy jóval kevesebb műszerezettséget kell tervezni hozzá, és sokkal kevesebb szerelvényt kell beépíteni. A csőidomokon kívül szinte semmilyen más alkatrészre nincs szükség, ellentétben a folyadékhűtős rendszerekkel.



5. ábra: tetőre telepített VRF rendszer
(Forrás: <https://www.daikinafrica.com>)

A VRF rendszerek felépítése alapján két fő típust különböztetünk meg: a hőszivattyús és a hővisszanyerős rendszert. A hőszivattyús VRF rendszer képes hűteni vagy fűteni, de egyszerre csak az egyik üzemmódot tudja működtetni. Ezt gyakran kétsöves VRF-nek is nevezik. Ezzel szemben a hővisszanyerős VRF rendszer mindkét funkciót egyszerre képes ellátni, ezért köznapi elnevezése háromcsöves VRF rendszer.

A hővisszanyerős VRF rendszer kényelmesebben és költséghatékonyabban működhet bizonyos helyzetekben. Például átmeneti időszakban előfordulhat, hogy egy épület egyik oldala hosszú ideig napfényben van, így hűteni kell, míg a másik oldalon árnyék van, ami fűtést igényel. Ilyen esetekben a hővisszanyerős VRF rendszer energiafogyasztása gyakorlatilag minimális, mivel a hűtési üzemmódban nyert energiát felhasználhatja a fűtési igények kielégítésére, amennyiben a fűtési és hűtési igények nem térnek el jelentősen az épület két oldalán.

Típusok működésük alapján:

- **Levegő-víz hőszivattyú:** A levegő hőjét hasznosítja a helyiségek hűtésére vagy fűtésére. Ez a típus egyszerűbb telepítésű, és viszonylag alacsonyabb beruházási költséggel jár.
- **Földhőszivattyú (geotermikus):** A talaj hőjét használja, így stabilabb és nagyobb hatékonyságot nyújt, különösen a szélsőséges külső hőmérsékletek esetén, bár telepítése drágább lehet.
- **Víz-víz hőszivattyú:** Vízi forrásokat (pl. talajvíz) használ, amelynek hőmérséklete szintén viszonylag állandó.

A különböző típusú hőszivattyúk eltérő helyigénnyel rendelkeznek. Például a földhőszivattyúk föld alatti csőrendszert igényelnek, míg a levegős rendszerek kisebb helyen is elférnek.

Előnyök:

- **Energiahatékonyság:** A hőszivattyúk nagy hatékonysággal működnek, mivel a környezetből veszik fel a hőt. Hűtésekor a hőszivattyú kinyeri a belső térből a meleget és a külső környezetbe vezeti ki.

- **Környezetbarát:** A hőszivattyúk kevesebb üvegházhatású gázt bocsátanak ki, mivel nem égetnek fosszilis tüzelőanyagot. Elektromos árammal működnek, és ha ezt megújuló forrásokból nyerik, akkor különösen alacsony a szén-dioxid-kibocsátásuk.
- **Kétfunkciós:** A hőszivattyú nem csak hűtésre, hanem fűtésre is használható, így egy rendszerrel oldható meg mindkét funkció.
- **Gazdaságosság hosszú távon:** Bár a kezdeti beruházás magasabb, hosszú távon alacsonyabb energiaköltségekkel járhat, különösen jól szigetelt épületek esetén.
- **Csendes működés:** A modern hőszivattyús rendszerek csendesebben működnek, mint a hagyományos klímaberendezések.

Hátrányok:

- **Magas kezdeti költség:** A telepítési és beszerzési költségek magasak lehetnek, különösen, ha földhőszivattyút használnak, amelyhez földmunkák is szükségesek.
- **Karbantartási igény:** A rendszer rendszeres karbantartást igényel, hogy hatékonyan működjön, és a hűtés-fűtés funkciók hosszú távon is stabilak maradjanak.
- **Helyigény:** Bizonyos típusú hőszivattyúk, például a földhőszivattyúk, nagy helyet igényelnek a kültéri egységekhez vagy a föld alatti hőcserélők telepítéséhez.

4.2.3 Folyadékhűtős rendszerek

A folyadékhűtős hűtési rendszerek, a VRF rendszerek mellett, képesek nagy hűtési teljesítmény leadására, így alkalmasak nagy terek és épületek hűtésére is. Ezek a rendszerek technológiai hűtést, sőt technológiai mélyhűtési feladatokat is ellátnak, amelyekre egy VRF rendszer már nem lenne képes. A folyadékhűtők valamilyen folyadékot hűtenek, amely általában víz vagy glikolozott víz az elfagyás megelőzése érdekében. Speciális esetekben azonban lehet olaj vagy különböző élelmiszeripari folyadékok is.

A folyadékhűtők egyik jelentős előnye a VRF rendszerekkel szemben, hogy egy berendezés nagyságrenddel nagyobb hűtési teljesítményt tud előállítani. Továbbá, mivel a hűtőközegnek nem kell keringenie a beltéri és kültéri egységek között, sokkal nagyobb rendszerek kiépítése válik lehetővé. Ehhez csupán megfelelő szivattyúzási teljesítményt kell biztosítani a rendszerben.

A folyadékhűtők (6. ábra) egyik jelentős előnye a VRF rendszerekkel szemben, hogy egy berendezés nagyságrenddel nagyobb hűtési teljesítményt tud előállítani.



6. ábra: folyadékhűtő
(Forrás: <https://www.toshiba-aircondition.com>)

Előnyök:

- **Hatékonyság:** a folyadékok, különösen a víz, kiváló hőelvezető képességgel rendelkeznek, ami lehetővé teszi a hatékony hőelvezetést.
- **Rugalmasság:** széles körben alkalmazhatók különböző ipari és kereskedelmi környezetben, például gyártás, klímatechnika, számítástechnika stb.
- **Kompakt méret:** a folyadékhűtés általában kisebb helyigénnyel rendelkezik, mint a légkondicionálók, különösen nagy hűtési teljesítmény esetén.
- **Csendes működés:** a folyadékhűtés gyakran csendesebb, mint a légkondicionáló rendszerek, amelyek ventilátorokat használnak.
- **Stabil hőmérséklet:** a folyadékhűtés általában képes fenntartani a stabil hőmérsékletet, ami fontos lehet érzékeny berendezések esetén.
- **Energiahatékonyság:** a modern folyadékhűtő rendszerek energiahatékonyak, így alacsonyabb üzemeltetési költségekkel működhetnek.

Hátrányok:

- **Költség:** a telepítési és karbantartási költségek magasabbak lehetnek, mint más hűtési megoldások, különösen az összetettebb rendszerek esetén.
- **Komplexitás:** a rendszerek tervezése és telepítése bonyolultabb lehet, és szakértelmet igényelhet.
- **Szivárgás kockázata:** folyadékok szivárgása problémákat okozhat, például környezeti károkat vagy berendezés károsodását.
- **Karbantartás:** rendszeres karbantartást igényelnek, például a hűtőfolyadék szintjének ellenőrzését és a hőcserélők tisztítását.
- **Hűtőfolyadék választása:** a megfelelő hűtőfolyadék kiválasztása kulcsfontosságú a hatékonyság és a biztonság szempontjából, mivel bizonyos folyadékok toxikusok vagy környezetszennyezőek lehetnek.
- **Fagyás kockázata:** alacsony hőmérséklet esetén a folyadék fagyhat, ami károsíthatja a rendszert.

4.2.4 A hűtési rendszerek költségstruktúrája, megtérülése

Ebben a fejezetben megvizsgálom a **split klímák, hőszivattyúk, VRF rendszerek** és **folyadékhűtési rendszerek** költségstruktúráját és megtérülési lehetőségeit egy közepes méretű irodaépület esetén, ahol a hűtési rendszerek telepítési és fenntartási költségeit, valamint azok hosszú távú hatékonyságát és megtérülését hasonlítom össze. [2]

A **split klímaberendezések** egyszerű, széles körben használt hűtési rendszerek, amelyeket gyakran választanak kisebb helyiségek vagy lakások hűtésére. Ezek a rendszerek egy kültéri és egy beltéri egységből állnak, és gyakran fűtésre is használhatók. Az inverteres technológia lehetőséget ad arra, hogy a klíma kompresszora a hűtési igényhez igazítsa működését, így hatékonyabb energiafelhasználást ér el a régebbi, fix fordulatszámú modellekhez képest. Fenntartási költségeik alacsonyak, mivel a rendszer felépítése egyszerű, és kevés karbantartást igényel, bár a hűtőközeg rendszeres ellenőrzése és időnkénti cseréje szükséges.

- **Telepítési költség:** Alacsony-mérsékelt (nagyobb irodaépület esetén 4-5 millió forint).
- **Fenntartási költség:** Éves karbantartásra és hűtőközeg cserére körülbelül 100-200 ezer forintot szükséges szánni.

- **Energiafogyasztás és hatékonyság:** Közepes hatékonyság, az inverteres klímák éves áramfogyasztása kb. 800-1200 kWh egységenként, mely összességében 200-300 ezer forintos éves energiaköltséget jelent.
- **Megtérülés:** Kisebb kezdeti beruházás miatt gyors megtérülést érhetünk el, de energiafogyasztása közepes. 3-5 éves időtartam alatt megtérülhet, ha egy alacsonyabb költségű hűtési megoldást keresünk.

A **hőszivattyúk** modern és környezetbarát hűtési megoldásként működnek, melyek a környezeti levegőből, talajból vagy vízből nyerik a hőenergiát. Mivel képesek visszanyerni a környezet hőjét, jelentősen csökkentik az energiafelhasználást – különösen a földhőszivattyú és a víz-víz hőszivattyú típusok esetében. Telepítési költségük magasabb, mivel speciális eszközöket és szaktudást igényel, különösen a talajszondák és talajkollektorok telepítésénél. Fenntartási költségeik szintén magasabbak lehetnek, mivel rendszeres ellenőrzést és karbantartást igényelnek, különösen a kültéri egységek esetében. Hosszú távon azonban az energiahatékonyságuknak köszönhetően a befektetés megtérülhet.

- **Telepítési költség:** Magas, a telepítési költség egy közepes méretű épületnél 10-15 millió forint lehet, különösen a föld- vagy víz-víz hőszivattyúk esetében.
- **Fenntartási költség:** A rendszer bonyolultsága miatt évente 500 ezer - 1 millió forint között, amely tartalmazza az ellenőrzést és esetenkénti alkatrész-cseréket.
- **Energiafogyasztás és hatékonyság:** Nagyon magas energiahatékonyság, az éves áramfogyasztás körülbelül 500-800 kWh-ra tehető, így az energiafogyasztás évente 150-200 ezer forint körül alakul.
- **Megtérülés:** Az alacsonyabb energiafogyasztás miatt, különösen fűtési és hűtési célú alkalmazás esetén a hőszivattyúk megtérülése 6-10 év között mozoghat. Hosszú távú energiamegtakarítás miatt fenntarthatóbb és környezetbarátabb választás, ám nagyobb kezdő beruházást igényel.

A **VRF** rendszerek rugalmas és hatékony hűtési megoldások, melyeket kifejezetten nagyobb létesítmények, például irodák és szállodák igényeire terveztek. Lehetővé teszik, hogy egy kültéri egységhez több beltéri egység csatlakozzon, és külön zónák jöjjenek létre, amelyek hőmérséklete egyedileg szabályozható. Így a VRF rendszerek kiválóan alkalmazkodnak a változó hűtési igényekhez, minimalizálva az energiafogyasztást.

Telepítési és fenntartási költségeik viszonylag magasak, mivel a rendszer összetett, és precíz karbantartást igényel. Hosszú távon azonban az optimalizált energiafelhasználás révén költségmegtakarítást biztosíthatnak.

- **Telepítési költség:** Nagyobb irodaépületek esetén 15-20 millió forint között mozoghat a telepítés, mivel több zónát, beltéri egységet és precíz vezérlőrendszert igényel.
- **Fenntartási költség:** Rendszeres karbantartás és ellenőrzés évente 500 ezer - 1 millió forint közötti költséget jelent.
- **Energiafogyasztás és hatékonyság:** Kiváló hatékonyság jellemzi, különösen ha különböző zónák igényei eltérnek. A rendszer összefogyasztása évente körülbelül 600-900 kWh lehet, ami 180-270 ezer forintos éves energiaköltséget jelent.
- **Megtérülés:** A magasabb kezdeti költség ellenére az energiatakarékos üzemelés miatt a megtérülési idő 5-8 év között van. Különösen előnyös olyan épületekben, ahol eltérő zónahőmérsékletre van szükség.

A **folyadékhűtési rendszerek** ideálisak nagyobb ipari és kereskedelmi létesítmények központi hűtésére, mivel hideg víz keringtetésével hűtik az épület különböző részeit, hőcserélők segítségével. A chiller rendszerek kimagasló energiahatékonyságot biztosítanak, és jól alkalmazhatók nagy terhelésű környezetekben, például gyárakban és irodaházakban. Telepítési és fenntartási költségeik magasak, mivel ezek a rendszerek összetettek, és rendszeres karbantartást, illetve hűtőközeg-cserét igényelnek. B

- **Telepítési költség:** Nagyon magas, egy központi folyadékhűtés rendszer ára nagyobb irodaépület esetén elérheti a 20-30 millió forintot.
- **Fenntartási költség:** Éves szinten 1-1,5 millió forint, mivel speciális karbantartás és esetenként hűtőközeg-csere szükséges.
- **Energiafogyasztás és hatékonyság:** Kiváló hatékonyság nagy léptékű alkalmazás esetén, ám energiaigénye szintén jelentős lehet. Éves energiafogyasztása körülbelül 1000-1200 kWh körül mozoghat, az éves energiaköltség 300-400 ezer forint.
- **Megtérülés:** Az egyik legmagasabb kezdeti költséggel rendelkező rendszer, megtérülése azonban hosszabb időt, akár 10-12 évet is igénybe vehet. Nagy méretű ipari és kereskedelmi épületek esetében hatékony megoldás lehet, ahol folyamatos üzem szükséges.

Költségek megtérülési idők:

A 6. táblázatban összefoglalom a költségeket, ami segíthet kiválasztani azt a hűtési rendszert, amely egy adott épület igényeihez és költségkeretéhez a legjobban illeszkedik.

6. táblázat: déli tájolású üvegezett felületen behatoló külső hőterhelés
(Forrás: Saját szerkesztés)

Rendszer	Telepítési költség	Éves fenntartás	Éves energiaköltség	Megtérülési idő
Split klíma	4-5 M	100 – 200 e Ft	200 – 300 e Ft	3 – 5 év
Hőszivattyú	10-15 M	500 e – 1 M Ft	150 – 200 e Ft	6 – 10 év
VRF rendszer	15-20 M	500 e – 1 M Ft	180 - 270 e Ft	5 – 8 év
Folyadékhűtés	20-30 M	1 1,5 M Ft	300 – 400 e Ft	10 – 12 év

A dolgozatomban vizsgált irodaház irodáinak a kétharmad része inverteres légkezelőkkel, az egyharmad része pedig régi típusú parapetes légkezelőkkel szerelt.

A régebbi rendszerek modernizálására az inverteres mono típusú légkezelők mellett döntöttünk, mivel más rendszerek kiépítése jelentős gépészeti és elektromos beruházási költségekkel járna. A telepített légkezelők hátránya, mint azt ahogy említettem, hogy a kivitelezők felül méretezik a hűtési rendszert egy 1,8-2 kW hőterhelésre számolt irodába 2,5 kW teljesítményű egységet terveznek. Ez irodaként akár 4-500 W többlet teljesítményt is jelent, ezért az összes teljesítmény a kiszámolt 75 kW helyett 100 kW is lehet, ami többlet energiafelhasználást eredményez.

Az meglévő légkezelők energiafogyasztásának csökkentése érdekében több hatástanulmányt is olvastam ezeket ebben a dolgozatban a terjedelmük miatt nem részletezem, azonban kiemelném a vízpermetes hűtést a légkezelő kondenzátorára, ami akár 40 %-os energiamegtakarítást is eredményezhet. [21]

Abban az esetben, ha az iroda jelentős gépészeti és elektromos felújítás történne, akkor megvizsgálva a lehetőségeket, és a költségeket egy hőszivattyús vagy egy VRV rendszer telepítését javasolnám, mert a kezdeti magas költségek később az energiahatékonysága miatt megtérülnek.

Összefoglalás

Végezetül szeretném összefoglalni a dolgozatomban főbb gondolatait és levonni a következtetéseket. Magyarországon egyre nagyobb teret hódítanak az épületek hűtési rendszerei, ami az emelkedő átlaghőmérsékletek miatt egyre inkább szükségessé válik. Az épületek komfortos belső klímájának fenntartásához elengedhetetlenek ezek a rendszerek.

A rosszul tervezett hűtési rendszerek nemcsak alul teljesítenek, hanem fenntartásuk is költséges, ami jelentős diszkomfortot okozhat, például amikor egy terem hőmérséklete 28-30°C-ra emelkedik. Ezért egyértelműen szükség van modern, jól megtervezett hűtési megoldásokra. Véleményem szerint a magyar szakma már elég nyitott az új technológiák iránt, amit a hőszivattyús rendszerek elterjedésekor is tapasztalható volt, hogy sokan hittek abban, hogy ezek a rendszerek képesek fűteni és hűteni is.

Fontosnak tartom a folyadékhűtők és a VRF rendszerek összehasonlítását is, mivel a gyártók által hangoztatott pozitívumok mellett a rendszerek esetleges hátrányait is érdemes megismerni. Bár dolgozatomban terjedelme korlátozott, és nem tudtam minden részletre kitérni, a dolgozatomban kedvcsinálóként is szolgálhat, hiszen a feldolgozott szakirodalom segítheti a téma egy-egy részletének jobb megértését.

Összességében úgy gondolom, hogy szükség van további, még részletesebb elemzésekre is ebben a témában, hogy a szakemberek a legjobb megoldásokat kínálhassák a beruházóknak. Számomra különösen érdekes volt ennek a jelentős mennyiségű információnak az összegyűjtése, és bízom benne, hogy egyszer majd valaki hasznosítani tudja az itt leírtakat.

Irodalomjegyzék

1. 9/2023 ÉKM rendelet, az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
2. Alireza Etemad - Niloofar Zare - Ali Shafaat - Ammar M. Bahman (2024): Assessing strategies for retrofitting cooling systems in historical buildings, *Energy Reports* 2024, Volume 11, pp. 1503-1516, DOI: [10.1016/j.egyr.2024.01.017](https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.01.017)
3. Bánhidi László, Kajtár László (2018): *Válogatott fejezetek a komfortelmélet témaköréből*, Budapest, Akadémiai Kiadó.
4. Bánhidi László, Kajtár László (2021): *Klímatechnika*, Budapest, Akadémiai Kiadó.
5. Bao-Jie He (2022): Green building: A comprehensive solution to urban heat, *Energy and Buildings* 2022, Volume 271, 112306, DOI: [10.1016/j.enbuild.2022.112306](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112306)
6. Chenshun Chen - Julian Wang - Huijin Zhang - Xinyue Xu - Laura Elizabeth Hinkle - Xiao Chao - Qian Shi (2024): Dual impacts of solar-reflective façades in high-density urban areas on building energy use and outdoor thermal environments, *Energy and Buildings* 2024 Volume 19, 114926 DOI: [1016/j.enbuild.2024.114926](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114926)
7. H.J. Han - Y.I. Jeon - S.H. Lim - W.W. Kim - K. Chen (2010): New developments in illumination, heating and cooling technologies for energy-efficient buildings, *Energy* 2010 Volume 35 pp. 2647-2653, DOI: [10.1016/j.energy.2009.05.020](https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.05.020)
8. Haijing Liu - Yiqun Pan - Yikun Yang, - Zhizhong Huang. (2021): Evaluating the impact of shading from surrounding buildings on heating/ cooling energy demands of different community forms. *Building and Environment*. 2021 Volume 206, 108322, DOI: [10.1016/j.buildenv.2021.108322](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108322)
9. Igor Mujan - Aleksandar S. Anđelković - Vladimir Munćan - Miroslav Kljajić - Dragan Ružić (2019): Influence of indoor environmental quality on human health and productivity - A review, *Journal of Cleaner Production* 2019 Volume 217 pp. 646-657. DOI: [10.1016/j.jclepro.2019.01.307](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.307)
10. Jackson Danis - Sandipan Mishra - Alexandra R. Rempel (2022): Direct heat flux sensing for window shading control in passive cooling systems, *Energy and Buildings* 2022 Volume 261, 111950, DOI: [10.1016/j.enbuild.2022.111950](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111950)
11. Jianong Li - Siqi Zhou - Yichen Yu - Jianlei Niu (2024): Effects of dynamic airflows on convective cooling of human bodies – Advances in thermal comfort assessment and engineering design, *Energy and Buildings* 2024, 114924, DOI: [1016/j.enbuild.2024.114924](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114924)

12. Kemin Ding - John Kaiser Calautit - Carlos Jimenez-Bescos (2024): Significance of external wind conditions on the convective heat transfer coefficients (CHTC) and energy performance in multi-zone high-rise buildings, *Energy and Buildings* 2024, Volume 320, 114570, DOI: [10.1016/j.enbuild.2024.114570](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114570)
13. L. Szabó Gábor (2019): Egy irodahelyiség hőterhelésének meghatározása az MSZ-04-140-4:1978, az MSZ EN ISO 13790:2008 és az MSZ EN ISO 52016-1:2017 szerint, *Magyar Épületgépészet*, LXVIII. évfolyam, 2019/3. 9 p.
14. Loïc Frayssinet - Lucie Merliera - Frédéric Kuznika - Jean-Luc Huberta - Maya Millieza - Jean-Jacques Rouxa. (2018): Modeling the heating and cooling energy demand of urban buildings at city scale. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018 Volume 81, pp. 2318-2327. DOI: [10.1016/j.rser.2017.06.040](https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.040)
15. Loïc Frayssineta - Lucie Merliera - Frédéric Kuznik - Jean-Luc Hubert - Maya Milliez - Jean-Jacques Rouxa. (2018): *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2018 Volume 81, pp. 2318-2327. DOI: [10.1016/j.rser.2017.06.040](https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.040)
16. Mahmoud Behzadi Hamooleh - Amir Torabi - Mohammadreza Baghoolizadeh (2024): Multi-objective optimization of energy and thermal comfort using insulation and phase change materials in residential buildings, *Building and Environment* 2024 Volume 262, 111774, DOI: [1016/j.buildenv.2024.111774](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111774)
17. Mohammadjavad Mahdavinejad - Hassan Bazazzadeh - Fatemeh Mehrvarz - Umberto Berardi - Tahereh Nasr - Somayeh Pourbagher - Siamak Hoseinzadeh (2024): The impact of facade geometry on visual comfort and energy consumption in an office building in different climates, *Energy Reports* 2024 Volume 11, pp. 1-17, DOI: [10.1016/j.egyr.2023.11.021](https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.11.021)
18. MSZ-04-140-4:1978 U szabvány
19. Ricardo Lionar - David Kroll - Veronica Soebarto - Ehsan Sharifi - Marina Aburas (2024): A review of research on self-shading façades in warm climates, *Energy and Buildings* 2024, Volume 314, 114203, DOI: [10.1016/j.enbuild.2024.114203](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114203)
20. Ricardo Silva - Sven Eggimann - Léonie Fierz - Massimo Fiorentini - Kristina Orehounig - Luca Baldini (2022): Opportunities for passive cooling to mitigate the impact of climate change in Switzerland, *Building and Environment* 2022 Volume 208 1108574, DOI: [10.1016/j.buildenv.2021.108574](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108574)

21. Roytor Charoensin-O-larn - Narin Kavee - Jirapol Klinbun (2024): Experimental study on the influence of the water spray cooling on air-cooled condenser of the split-type air conditioner, *Case Studies in Thermal Engineering* 2024, Volume 61, 104941, DOI: [10.1016/j.csite.2024.104941](https://doi.org/10.1016/j.csite.2024.104941)
22. S. Danov - J. Carbonell - J. Cipriano - J. Martí-Herrero (2013): Approaches to evaluate building energy performance from daily consumption data considering dynamic and solar gain effects, *Energy and Buildings*, 2013 Volume 57, pp. 110-118, DOI: [10.1016/j.enbuild.2012.10.050](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.10.050)
23. Sebastian Clark Koth - Bilge Kobas - Amelie, K. Reitmayer - Christian Hepf - Thomas Auer (2024): Dynamic Cooling – A concept of time-sensitive thermal regulation to cut cooling energy demand in office buildings, *Energy and Buildings* 2024, Volume 322, 114734, DOI: [10.1016/j.enbuild.2024.114734](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114734)
24. Shuhan Liu - Wanying Ge - Xi Meng (2024): Influence of the shading nets on indoor thermal environment and air-conditioning energy consumption in lightweight buildings, *Energy Reports*, 2024, Volume 11. pp. 4515-5421. DOI: [10.1016/j.egy.2024.04.032](https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.04.032)
25. Wikipédia, online világenciklopédia: VRF, Letöltés dátuma: 2024.09.18, forrás: https://en.wikipedia.org/wiki/Variable_refrigerant_flow
26. Y.D. Apritasari - A. Indraprastha - S. Wonorahardjo (2024): The role of building mass configuration and material selection for mitigating the intensity of the urban heat island, *Energy and Buildings* 2024, Volume 323, 114822, DOI: [10.1016/j.enbuild.2024.114822](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114822)
27. Zöldtető- és Zöldfal Építők Országos Szövetsége honlapja. Letöltés dátuma: 2024.09.18. forrás: <https://zeosz.hu>

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kramlik Zsolt
A Hallgató Neptun kódja: J8ZBHW
A dolgozat címe: Létesítmény hőterhelése, a hőterhelésének csökkentési lehetőségei
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat 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 repozitóriumba. 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 repozitóriumban.

Kelt: Rétság, 2024. október 31.


Hallgató aláírása

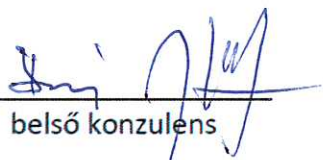
NYILATKOZAT

Kramlik Zsolt (név) (hallgató Neptun azonosítója: (J8ZBHW))
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem.

Kelt: Gödöllő, 2024. év november hó 01. nap


belső konzulens

Mellékletek

Az 1. táblázatban foglaltam össze az irodaépület helyiségeinek hűtési teljesítményigényét.

Méretezéskor a helyiség hűtésénél az érezhető hőterhelést számoltam ki, azonban a hűtőberendezés kiválasztásakor a totál hűtési igénnyel kell kalkulálni.

A gyakorlatban hűtővízzel üzemelő rendszereknél a totál és érezhető hűtőtelijsítmény aránya: 1,15-1,2. A táblázatban az 1,2 értékkel számoltam.

A vizsgált iroda a 3. emeleten található ezért a földem hőterhelése is bele lett számítva a referenciaértéknél (2032 W), ez csak a 3. emeleten lévő irodák referencia értéke, a többi iroda referenciaértéke (1735 W) a földem hőterhelése nélkül került meghatározásra.

1. táblázat: irodaépület helyiségeinek hűtési teljesítményigénye
(Forrás: Saját szerkesztés)

Helyiség neve	Alapterület [m ²]	Térfogat [m ³]	Érezhető teljesítmény [W]	Totál teljesítmény [W]
Földszint				
01	30	90	1735	2082
ügyféltér	120	360	6940	8328
07	15	45	867,5	1041
08	15	45	867,5	1041
09	25	75	1445,833	1735
Összesen:			11 855,83	14 227
I. emelet				
101	40	120	2313,33	2776
102	55	165	3180,83	3817
103	20	60	1156,67	1388
104	15	45	867,5	1041
105	20	60	1156,67	1388
106	15	45	867,5	1041
107	40	120	2313,33	2776

1. táblázat: irodaépület helységeinek hűtési teljesítményigénye
(Forrás: Saját szerkesztés)

108	20	60	1156,67	1388
109	12	36	694	832,8
110	15	45	867,5	1041
111	55	165	3180,83	3817
112	15	45	867,5	1041
Összesen:			18 622,33	22 346,8
II. emelet				
201	40	120	2313,33	2776
202	55	165	3180,83	3817
203	20	60	1156,67	1388
204	35	105	2024,16	2429
205	15	45	867,5	1041
206	15	45	867,5	1041
207	15	45	867,5	1041
208	30	90	1735	2082
209	30	90	1735	2082
Összesen:			14 747,5	17 697
III. emelet				
301	40	120	2709,33	3251,2
302	55	165	3725,33	4470,4
303	30	90	2032	2438,4
304	15	45	1016	1219,2
305	30	90	2032	2438,4
306	30	90	2032	2438,4
307	30	90	2032	2438,4
308	30	90	2032	2438,4
Összesen:			17 610,67	21 132,8
Irodaépület összesen:			62 836,33	75 403,6