

**Különböző funkciójú épületek  
klímatechnikája II.**





**Magyar Mérnöki Kamara  
Kiadványsorozata 27.**

**Különböző funkciójú épületek  
klímatechnikája II.**

**MMK FAP azonosító:  
2018/012-ÉGT**

**Budapest, 2018. október**

A sorozat szerkesztője:  
**NAGY GYULA**  
a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara Épületgépészeti Tagozatának gondozásában, a 2018. évi Feladat Alapú Pályázatok pénzügyi keretéből.

A kiadvány a Magyar Mérnöki Kamara tulajdona. Másolása, teljes terjedelmében való közzététele csak a Kamara engedélyével lehetséges. Minden jog fenntartva.

*Szerző:*  
**Halász Györgyné Dr.**  
**Cservenyák Gábor**  
**Tuczai Attila**  
**Virág Zoltán**

*Lektorálta:*  
**Molnár-Tarján Ervin**

Kiadó:  
Magyar Mérnöki Kamara  
1094 Budapest, Angyal u. 1-3.  
[info@mmk.hu](mailto:info@mmk.hu), [www.mmk.hu](http://www.mmk.hu)



# TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezető (Halász Györgyné Dr., Nagy Gyula) .....	9
2. Klímarendszerek csoportosítása (Halász Györgyné Dr.) .....	11
2.1. Levegő hőhordozó közeges klímarendszerek.....	11
2.2. Víz hőhordozó közeges rendszer .....	18
2.3. Levegő-víz hőhordozó közegű rendszer .....	21
2.4. Hűtőközeg- hőhordozó közegű rendszer .....	26
2.5. Hővisszanyerő berendezések .....	32
3. Regionális Onkológiai Központ Veszprém, klímarendszerei (Tuczai Attila).....	39
3.1. Épület kialakítása, sugárterápiás kezelés, és a "tisztá terű" citosztatikus labor .....	39
3.2. A klímarendszerek tervezésnél figyelembe vett szabványok és rendeletek: .....	40
3.3. Tervezési szempontok, terhelési jellemzők, technológiai hűtés.....	41
3.4. Komfort hűtés .....	43
3.5. Klímatechnikai számítások: .....	45
3.5.1. Hőterhelés, nedvességterhelés, nyári hűtési igény a citolabor, és a steril szobáknál: .....	45
3.5.2. Fűtési igény, téli nedvesítés igény a citolabor és steril szobáknál: .....	48
3.5.3. Hőterhelés, nedvességterhelés, nyári hűtési igény, az alagsori sugárterápia helyiségeinél.....	49
3.5.4. Fűtési igény, téli nedvesítés igény az alagsori sugárterápia helyiségeinél: .....	51
3.5.5. Komfort klíma az alagsor betegváró, átöltöző zsilip és vezérlő terek helyiségeihez.....	53
3.5.6. Komfort klíma a földszint és első emelet közösségi tereihez, össz hűtési – fűtési igény: .....	54
3.6. Energia felhasználási szempontok, költség vonzatok.....	55
3.6.1. Energetikai adatok: .....	55
3.6.2. Költség adatok: .....	57
3.7. Irányítástechnikai rendszerek. ....	58
3.8. Üzemeltetési tapasztalatok.....	59
3.8.1. A hűtési rendszerek üzemeltetésének tapasztalatai.....	59
3.8.1.1. Technológiai hűtés .....	59

3.8.1.2.	Komfort hűtés .....	60
3.8.1.3.	Heliport.....	61
<b>4.</b>	<b>IT technológia épületgépész tervezése (Virág Zoltán) .....</b>	<b>65</b>
4.1.	Bevezetés .....	65
4.2.	Gépészeti feladatkör .....	66
4.2.1.	Méretezési alapadatok .....	66
4.2.2.	Biztonsági követelmények.....	67
4.2.3.	Szellőzés technikai elvek.....	67
4.3.	Modul rendszerek ismertetése .....	68
4.3.1.	Kialakítási lehetőségek.....	68
4.3.1.1.	Hidegfolyósós hűtési rendszer .....	69
4.3.2.	Rackbe integrált zárt hűtési rendszer .....	70
4.3.3.	Álpadlós hűtési rendszer.....	71
4.4.	Szabadhűtés előnyei .....	72
4.5.	Fokozatos kiépítés.....	73
4.5.1.	100m <sup>2</sup> -es egység.....	74
4.5.2.	180m <sup>2</sup> -es egység.....	76
4.5.3.	260m <sup>2</sup> -es egység.....	77
4.5.4.	340m <sup>2</sup> -es egység.....	78
4.5.5.	420m <sup>2</sup> -es egység.....	79
4.5.6.	500m <sup>2</sup> -es egység.....	80
4.6.	Energetikai koncepciók vizsgálata .....	81
4.6.1.	Energetikai koncepció kompakt folyadékhűtő egységekkel .....	81
4.6.2.	Energetikai koncepció abszorpciós és osztott folyadékhűtő egységekkel .....	83
4.6.3.	Energetikai koncepció trigenerációs és kompakt egységekkel .....	86
4.6.4.	Energetikai koncepció megújuló energiaforrások felhasználásával .....	88
4.7.	Adatközpont energetikai hatékonysági mutatója (PUE).....	92
4.8.	Feladat megvalósulási elképzelései .....	93
4.8.1.	100m <sup>2</sup> -es modul minimális hűtési teljesítmény esetén .....	93
4.8.2.	100m <sup>2</sup> -es modul maximális hűtési teljesítmény esetén .....	94
4.8.3.	500m <sup>2</sup> -es modul maximális hűtési teljesítmény esetén .....	94
4.9.	Modul rendszerünkkel összeépített maximális kiírási igény .....	95
4.10.	Gépészeti felügyeleti rendszer .....	96

4.10.1. Gépterem.....	96
4.10.2. Irodaépület.....	97
4.11. Külső és belső közmű hálózat.....	97
4.11.1. Általános leírás .....	97
4.11.2. Külső közmű hálózat .....	98
4.11.3. Belső hálózat.....	98
4.11.3.1. Vízellátás .....	98
4.11.3.2. Használati melegvíz készítés.....	98
4.11.3.3. Vízvezeték hálózat, berendezési tárgyak.....	99
4.11.4. Szennyvízelvezetés .....	100
4.11.5. Távozó szennyvíz hőjének hasznosítása .....	100
4.11.6. Szürkevíz hasznosítás .....	101
4.12. Tűzvédelem, oltórendszer .....	101
4.12.1. Műszaki tartalom .....	101
4.12.2. Az oltórendszer felépítése.....	103
4.12.3. Az oltásvezérlő rendszer felépítése.....	109
4.12.3.1. Rendszertechnikai leírás.....	109
4.12.3.2. Az oltórendszer központja .....	110
4.12.3.3. Érzékelők és jelzésadók.....	111
4.12.3.4. Oltás Vezérlő Központ (OVK) több csatornás szelepvezérlő egység ismertető .....	112
4.12.3.5. Az oltási folyamat vezérlése .....	114
4.13. Összefoglaló.....	114
<b>5. Technológiai – és komfortkövetelmények megvalósítása a Szegedi ELI Lézer Kutató Intézet tervezése során (Virág Zoltán, Petrika Gábor, Virág Zsolt, Nagy Bernát) .....</b>	<b>117</b>
<b>6. A Magyar Állami Operaház és az Erkel Színház új műhelyházának és próbacentrumának kialakítása (Szakál Szilárd – Virág Zsolt .....</b>	<b>127</b>
<b>7. Puskás Ferenc Stadion, az új Nemzeti Stadion (Szakál Szilárd - Virág Zsolt) .....</b>	<b>135</b>
7.1. A Projekt ismertetése .....	135
7.2. A tervezett épületgépészeti rendszerek rövid leírása: .....	136
7.3. Összefoglaló:.....	143
<b>8. Vegyes direkt, ill. kombinált (fűtés/hűtés, megújuló) rendszerek (Cserenyák Gábor).....</b>	<b>147</b>

8.1.	A funkcióhoz kapcsolódó követelmények, tervezési szempontok .....	147
8.2.	Alapvető számítások, teljesítményigények.....	148
8.3.	A funkcióhoz, követelményekhez, adottságokhoz kötött műszaki megoldások elemzése.....	154
8.4.	Választott tervezett rendszer ismertetése, energetikai sémája.....	159
8.5.	Belső komfort, energiatudatos üzemeltetés, irányítástechnikai rendszer.....	166
<b>9.</b>	<b>Egyetemi oktatási (Élettudományi Központ és Könyvtár) épületegyüttes megújuló energiahasznosítással kombinált fűtés/hűtés/légtechnikai rendszerei (Cserenyák Gábor).....</b>	<b>169</b>
9.1.	A funkcióhoz kapcsolódó követelmények, tervezési szempontok .....	169
9.2.	Alapvető számítások, teljesítményigények.....	170
<b>10.</b>	<b>Tudományos Kutató Intézeti Laboratórium épületegyüttes hűtéstechnikai vizsgálata a belső hőfejlődés és hőterhelés tükrében (Cserenyák Gábor).....</b>	<b>184</b>
10.1.	A funkcióhoz kapcsolódó követelmények, tervezési szempontok .....	184
10.2.	Alapvető számítások, teljesítményigények.....	186

## 1. Bevezető (Halász Györgyné Dr., Nagy Gyula)

---

A 2016-os FAP pályázat keretében megszületett „Különböző funkciójú épületek klímatechnikája I.” című segédlet 1-s és 2-s fejezetében elméleti alapok, általános elvek fogalmazódtak meg. A segédlet további fejezeteiben Cserenyák Gábor és Virág Zoltán néhány megvalósult projektjei kerültek bemutatásra. Képet kaphattunk szemléletmódjukról, munkamódszerükről, és hogy egy adott funkciójú épület épületgépészeti rendszerek, klímatechnikai rendszerek tervezésénél hogyan jutnak el a végső megoldáshoz.

Az I.-s segédlet folytatásaként készült el a „Különböző funkciójú épületek klímatechnikája II.” kötet az I.-s kötetben kitűzött célok változatlanul hagyása mellett. A feladat továbbra is az, hogy a különböző funkciójú épületek létesítmények klímatechnikai, hűtéstechnikai rendszereinek, részrendszereinek tervezési és üzemeltetési kérdéseivel foglalkozzunk. Neves tervezők szemléletmódjának átadása mellett követhetjük a koncepciók megszületésének folyamatát, megvalósult projektjük tervezési lépéseit, tervezéshez szükséges számításokat, a megszületett rendszerek, részrendszerek kapcsolási terv szinten történő bemutatását, ábrázolását, kiviteli dokumentáció tartalmát, rendszerek üzemeltetésének kérdéseit.

Elsősorban az MSc-s gépészmérnök és létesítménymérnök épületgépész szakirányos hallgatók, illetve továbbképzésben résztvevők számára kiegészítő tananyag, de fiatal gyakorló mérnökök számára is hasznos segédlet lehet.

Az egyes rendszerek részrendszerek tervezői munkáinak bemutatása, amennyiben lehetséges, hasonló sorrendiséggel, szakaszolással történik:

- az épület vagy épületrész rövid ismertetése,
- az adott funkciójú épület, vagy épületrész klímatechnikai rendszer vagy részrendszer tervezésénél, kialakításánál figyelembe veendő szabványok, rendeletek,
- tervezési szempontok, kritériumok, követelmények, terhelési jellemzők, használati karakterisztika, komfort, helyi feltételek,
- szellőző levegő mennyiségének számítása hő, nedvesség és szennyezőanyag forrás esetében; egyéb számítások, teljesítmény igények meghatározása,
- légvezetési rendszer meghatározása,
- az épület funkciójához illeszkedő műszaki megoldások számbavétele; a különböző műszaki megoldásokhoz tartozó állapotváltozások ábrázolása h-x diagramban,
- méret megszorítások, rendszerek alkalmazhatósága/alkalmazható rendszerek, energiafelhasználási szempontok, költség vonzatok....

- a belső környezet minőségét biztosító irányítástechnikai rendszerek, üzemeltetés legfontosabb kérdései.

A fejezetek a különböző épületek, épületrészek klímatechnikai, hűtési rendszereiről, részrendszereiről szólnak. A lehetséges épülettípusok: Lakóépületek, Irodák, Szállodák, Oktatási intézmények, Színházak, Koncerttermek, Múzeumok, Bevásárlóközpontok, Uszodák, Fürdők, Kórházak, Egészségügyi épületek, Tisztaterek, Étterem, Garázs, Sportlétesítmények, Nagy légforgalmú épületek ....

## 2. Klímarendszerek csoportosítása (Halász Györgyné Dr.)

---

A különböző funkciójú épületek klímatechnikája I.-s kötet 2. fejezetében már ismertetett a klímatechnikai rendszerek legelterjedtebb csoportosítási módja, amely nem más, mint a hőhordozó közeg szerinti csoportosítás. Szinte valamennyi klímatechnikai rendszer besorolható a következő négy fő csoportba:

- levegő hőhordozó közeges,
- víz-hőhordozó közeges,
- levegő-víz hőhordozó közeges,
- hűtőközeges.

### 2.1. Levegő hőhordozó közeges klímarendszerek

---

A levegő hőhordozó közeges rendszer attól függően hogyan kerül kialakításra a légkezelő, működhet:

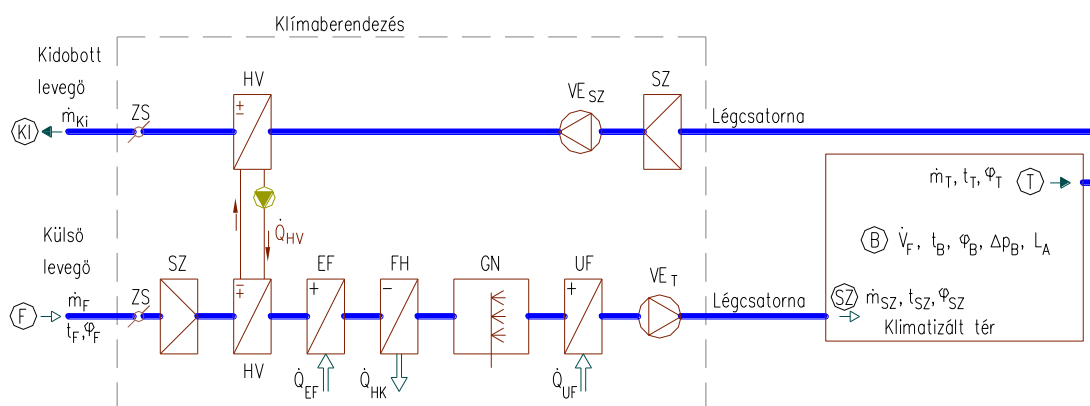
- visszakeveréses
- tiszta frisslevegős
- kevert levegős

üzemben.

A **visszakeveréses** levegő hőhordozó közegű rendszer alkalmazásakor frisslevegő nem kerül a helyiségekbe. Ilyen rendszer állandó üzemben csak olyan funkciójú helyiségben történhet, amely nem alkalmas állandóemberi tartózkodásra pl. távközlési, áramellátó, vagy alárendelt funkciójú raktárhelyiség. Feladat az ilyen funkciójú épületek, helyiségek esetében a belső hőmérséklet és nedvességtartalom kézben tartása, sok esetben csak a jelentős belső hőterhelés elvitele.

A **tiszta frisslevegős** rendszernek akkor van létjogosultsága, ha különösen szennyező, gyártási folyamatból felszabadult szennyezőanyaggal terhelt elhasznált levegőből a visszakeverés nem megengedett. Nem megengedett nagy tisztaságú terek, kórházi műtők esetében sem. Továbbá, bár megengedett, de szükségtelen a visszakeverés, ha a számított szellőző levegő térfogatárama kisebb vagy egyenlő, a friss levegőigény térfogatáramával. Ezekben az esetekben az rendszer működéséhez szükséges fűtési, hűtési energiafelhasználás csökkenthető hővisszanyerő készülék beépítésével. Az ilyen rendszereknél a frisslevegő szabad hűtő hatásának kihasználásával további energiát lehet megtakarítani, különösen, ha nagy belső hőterheléssel bír a helyiség. A 2.1 ábrán egy egysátozás kis sebességű klímarendszer egyszerűsített ábrája látható közvetítőközeges hővisszanyerővel, előfűtő, hűtő, utófűtő kaloriferrel, és

légnedvesítővel. A feladata a helyiség belső levegő minőségének, a levegőhőmérsékletének, relatív (ritkán abszolút) nedvességtartalmának kívánt értéken tartása, levegő térfogatáramának biztosítása, és a helyiségben a szükséges nyomás kézben tartása. A helyiség levegő állandó térfogatárama a befúvó szerkezetek segédenergia nélküli térfogatáram beszabályozóinak, a helyiség nyomása az elszívó szerkezetek pneumatikus szabályozóinak alkalmazásával állítható be.



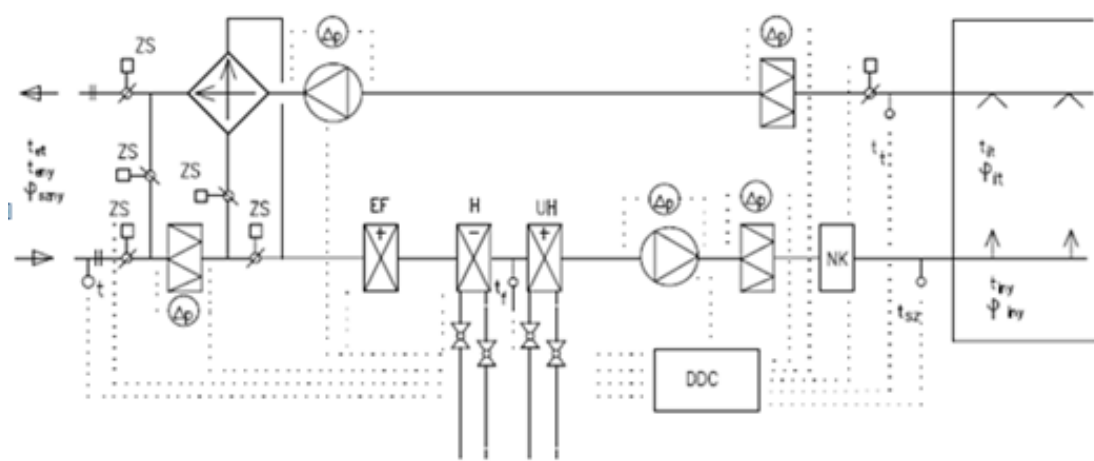
2.1 ábra Tisztán friss levegős, kis sebességű, egycsatornás klímarendszer (Marcsó S. 2010.)

Azoknál a rendhagyó épületnél, amelyekben a külső, belső hőterhelés, technológiai hőfejlődés levegő közegű légtechnikai fűtő-hűtő rendszerrel csak irreálisan volna megoldható (nagy terhelés kis helyiségtérfogat, azaz nagy térfogatáram szükséglet) célszerű és utóbbi időben egyre gyakoribb a tiszta friss levegős légtechnikai alaprendszer alkalmazása az ajánlott  $\text{m}^3/\text{h}$ ,  $\text{fő}$  frisslevegő szükséglet kezelése mellett járulékos helyi felületi hűtéssel működő berendezés, ill. rendszer tervezése.

A **kevert levegős klímatechnikai rendszer** elterjedt műszaki megoldás. Abban az esetben, ha a számított szellőző levegő térfogatárama nagyobb értékre adódik, mint az igényelt minimális friss levegő térfogatárama, a helyiségbe juttatott szellőző levegő egy része a friss levegőből, a másik az elhasznált, helyiségből távozó levegő visszakeveréséből származik. Az előkeveréssel a fűtő és hűtő kaloriferek teljesítményigénye csökken. Az előkeverés történhet közvetlenül a friss levegő ágba a szűrő és hővisszanyerő előtt (2.2 ábra) és történhet a hővisszanyerő után, előfűtő előtt (2.3 ábra). A komfortterekhez szükséges friss levegő mennyisége meghatározható az egészségügyi követelmények, a légzés oxigénszükséglete, a fejadag módszer, fajlagos alapterületre vonatkoztatott érték, vagy a belső levegő minőségi (BLM) követelmények alapján. A szellőző levegőben, illetve keverékben lévő friss levegő aránya télen és nyáron a különböző változó terhelések következtében változhat.

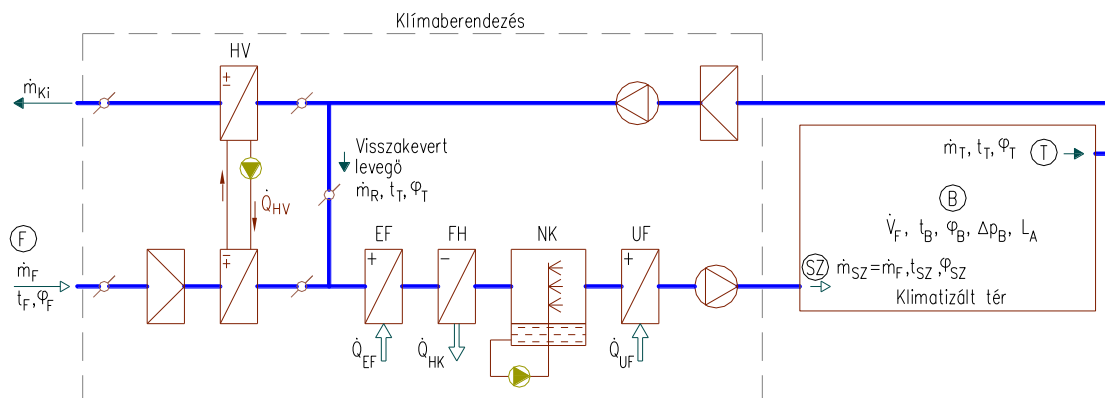


Egycsatornás központi klímarendszer elsősorban, csarnok, bevásárló központ nagy eladó terei, tárgyalók, színház, étterem légkondicionálására alkalmas. Több kisebb helyiséges épület esetében a rendszer csak egyetlen helyiség kívánt levegő paramétereit tudja megfelelő értéken tartani. A szabályozás több érzékelő átlagolt jele alapján is lehetséges, de ebben az esetben egyetlen helyiségben sem várható el a pontos értéktartás. Különösen gazdaságtalan abban az esetben, ha a különböző helyiségek terhelése eltér egymástól, illetve eltérő belső levegő minőséget kell számukra biztosítani.



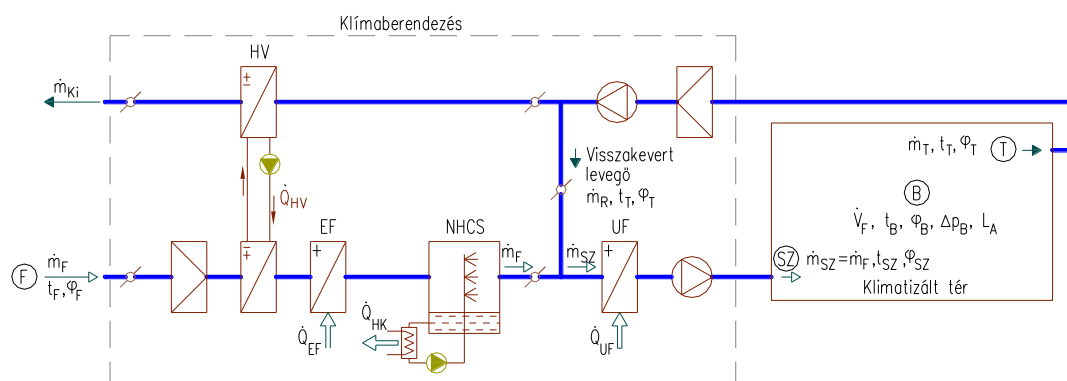
2.2 ábra Egycsatornás előkeveréses hővisszanyerős légkezelő  
(Hámori S.2010)

Változó igénybevételű komfort terek (pl. előadótermek) friss levegő arányát, levegőminőség vagy széndioxid koncentráció mérése alapján légoldali keveréssel célszerű szabályozni. Az érzékelőt ebben az esetben a távozó levegőbe kell elhelyezni. Azonban nem minden klímatiszáló rendszer szabályozása esetében a legkedvezőbb megoldás a távozó levegő paramétereire szabályozni. Elárasztásos légbevezetési mód választásakor pl.: színháznál a székek alatti befúvásnál célszerűbb a befűjt levegő jellemzőit szabályozni.



2.3 ábra Előkeveréses klímaberendezés adiabatikus nedvesítő kamrával  
(Marcsó S. 2010.)

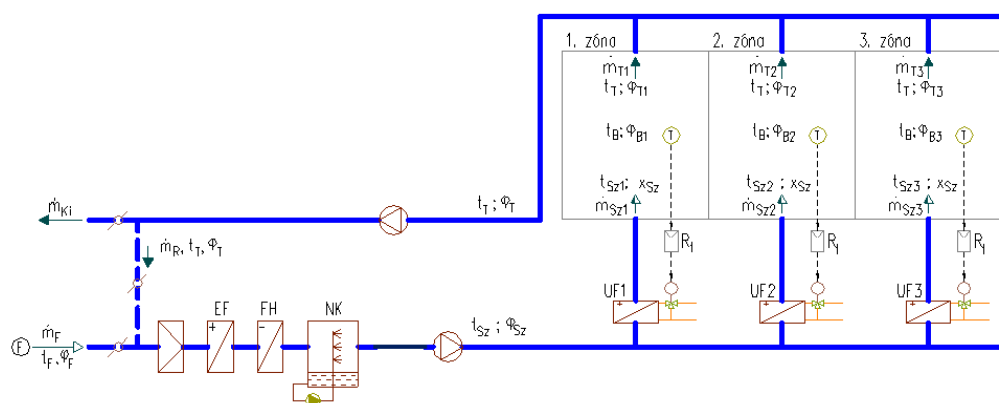
A visszaszívott helyiséglevegőt a nedvesítő kamra után és az utófűtő előtt is keverhetjük a friss levegőhöz, és létrehozunk egy utókeveréses rendszert. Ezzel is az fűtő kaloriferek, nedvesítő teljesítménye és nyári hűtési teljesítmény igény csökkenthető.



2.4 ábra Utókeveréses klímaberendezés egycsatornás rendszer hűtést, szárítást és nedvesítést is biztosító kamrával (Marcsó S. 2010.)

A keveréses klímaberendezések, elő vagy utókeveréses vagy a kettő együttes alkalmazásának van létjogosultsága a gazdaságosság, a beruházási költség és az üzemeltetés energiafelhasználásának csökkentése miatt. A berendezés egyes elemeinek méretezését úgy kell elvégezni, hogy a csúcsterhelést, a téli és nyári szélső állapotokat, bírják. A csúcsterhelésre méretezett rendszernek átmeneti időben, kisebb terhelésnél is gazdaságosan kell működnie, erre ad lehetőséget a megfelelő irányítástechnika, szabályozástechnikai eszközrendszer.

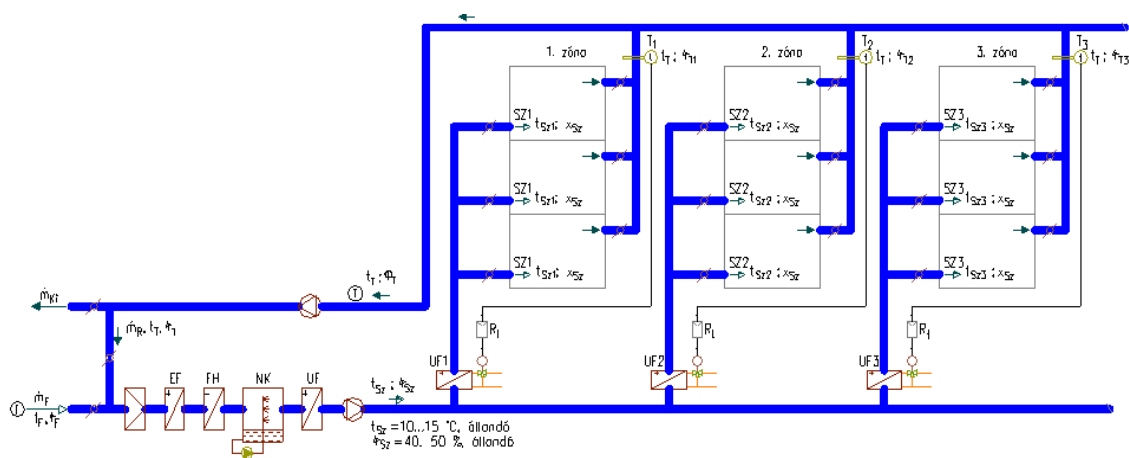
A fent bemutatott rendszer kialakítások alkalmazása különösen gazdaságtalan lehet akkor, ha az épület helyiségeinek hőterhelése, időbeli változása jelentősen eltér egymástól. Egyes helyiségek túlhűtöttek, mások mások alulhűtöttekké válhatnak, attól függően, hogy abban a helyiségben hogyan alakul a hőterhelés, amelyben a szabályozó érzékelője elhelyezésre került. Ilyen épületeknél célszerű az **egycsatornás légkondicionáló rendszert, helyiségenkénti utófűtéssel** ellátni (2.5 ábra).



2.5 ábra Kis sebességű egycsatornás, többzónás klímaberendezés, helyiségenkénti utófűtőkkel (Marcsó S. 2010.)

Az utófűtők nem a klímaközpontban hanem azon kívül, zónánként illetve helyiségenként kerülnek elhelyezésre. A kaloriferek teljesítményét a vízdali háromjáratú kétutú szabályozó szelepek az adott zóna, vagy helyiség hőmérséklet függvényében változtatják. Ezáltal minden zóna vagy helyiség hőmérséklete egyedileg szabályozható. A klímaközpontban egy harmatponti szabályozással és a zónánként illetve helyiségenként utófűtővel a légállapot igen nagy pontossággal biztosítható. Téli üzemmódban a klímaközpontból a helyiségek hőmérsékleténél kisebb hőmérsékletű levegő, a nyári üzemben a helyiségek kívánt hőmérsékleténél jobban lehűtött levegő jut az utófűtőkhöz, ahol a helyiségekbe belépő szellőző levegő hőmérséklete utófűtéssel beállítható. Energiafelhasználás szempontjából energiapazarló megoldásnak számít, mert egyidejűleg igényel maximális hűtőteljesítményt és változó fűtőteljesítményt, és még hűtési üzemmódban is fűteni kell. A fűtésre felhasznált energia csökkenthető, ha az utófűtők a hűtőgép kondenzátorában leadott hőt hasznosítani tudják.

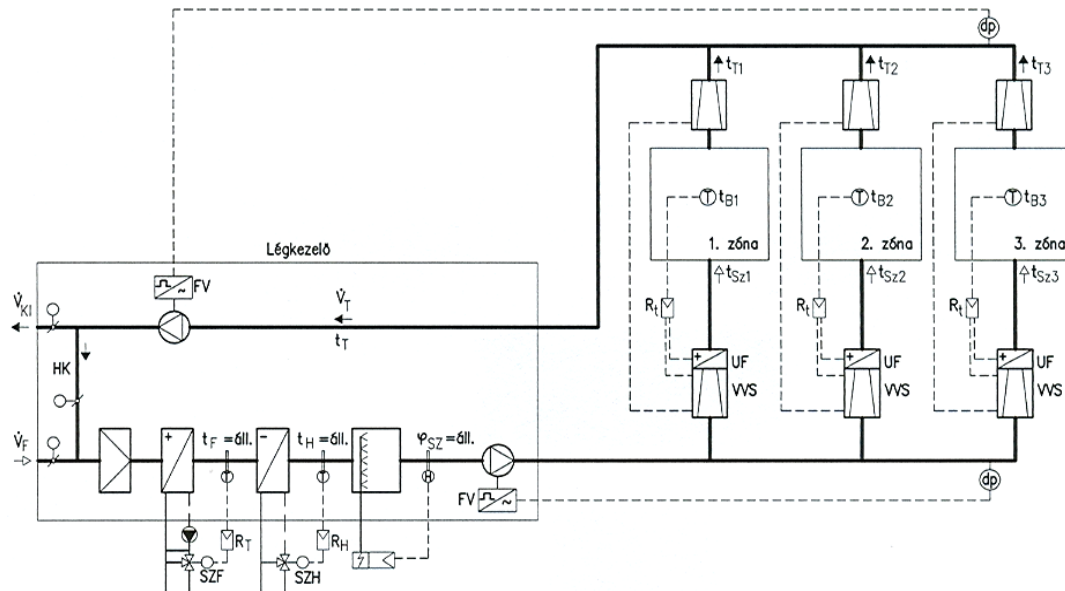
Nagy légmennyiségeknél egy lehetséges műszaki megoldás a **nagy sebességű egycsatornás több zónás** klímaközpont zónánkénti utófűtővel (2.6 ábra). Egy-egy zónára több azonos hőterhelésű helyiség kapcsolódik, hőterhelésük időbeli változása is hasonló. A levegő sebessége  $v = 20 \dots 25 \text{ m/s}$ ,  $\Delta t = 15 \dots 18 \text{ } ^\circ\text{C}$ .



2.6 ábra Nagy sebességű egycsatornás klímaközpont több zónás, zónánként több helyiség zónánkénti utófűtővel (Marcsó S. 2010.)

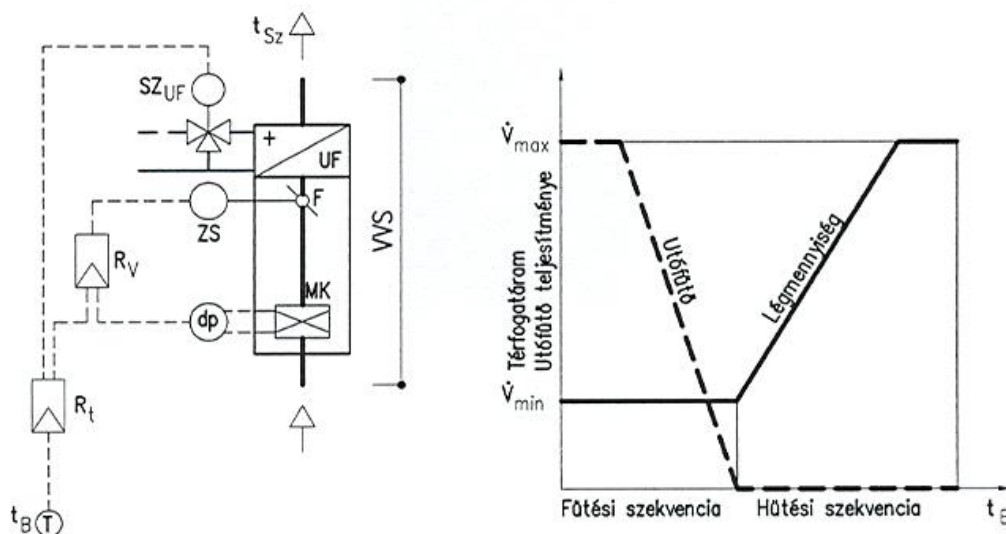
Az 2.7 ábra **változó térfogatáramú egycsatornás, többzónás** klímaberendezés, zónánkénti mennyiség szabályozós utófűtőkkel típusú rendszer látható. A klímaközpontból egész évben közel állandó hőmérsékletű levegő lép ki. Nyáron a hideg levegő mennyiségének változtatásával biztosítja a helyiség kívánt hőmérsékletét a zónánként beépített VVS jelű térfogatáram szabályozó, amely fojtással szabályoz, jelet a helyiség hőmérséklet érzékelőről kapja. A térfogatáram azonban nem lehet kevesebb, mint a minimális friss levegő térfogatárama. A térfogatáram szabályozása  $V_{\min}$  és  $V_{\max}$  határolással van ellátva. Télen a szellőző levegő térfogatárama állandó, az utófűtő a

zónába befűjt levegőt felfűti a megfelelő hőmérsékletre. A fojtásos (mennyiségi) térfogatáram szabályozás miatt a fokozatmentes fordulatszám-szabályozású ventilátorok beépítése célszerű. A ventilátorok fordulatszáma a  $dp$  nyomás-távadók jelének megfelelően változik.



2.7 ábra Változó térfogatáramú egysatornás, többzónás klímaberendezés, zónánkénti mennyiségsszabályozós utófűtőkkel (Marcsó S. 2010)

Ahhoz, hogy a helyiségben a nyomás ne változzon az elszívó ágba is beépítésre kerül a térfogatáram szabályozó. Hűtési igény esetén a  $t_B$  helyiség hőmérséklet érzékelő jelére a térfogatáram szabályozó kaszkád módon működik. Fűtési igény esetén az állandó térfogatáramú levegő hőmérséklet szabályozó jele közvetlenül az utófűtő vízdali haramjártú kétutú motoros szabályozó szelepeire hat. A helyiség hőmérséklet szabályozása az utófűtő belépő fűtővíz térfogatáram változtatásával történik (2.8 ábra).

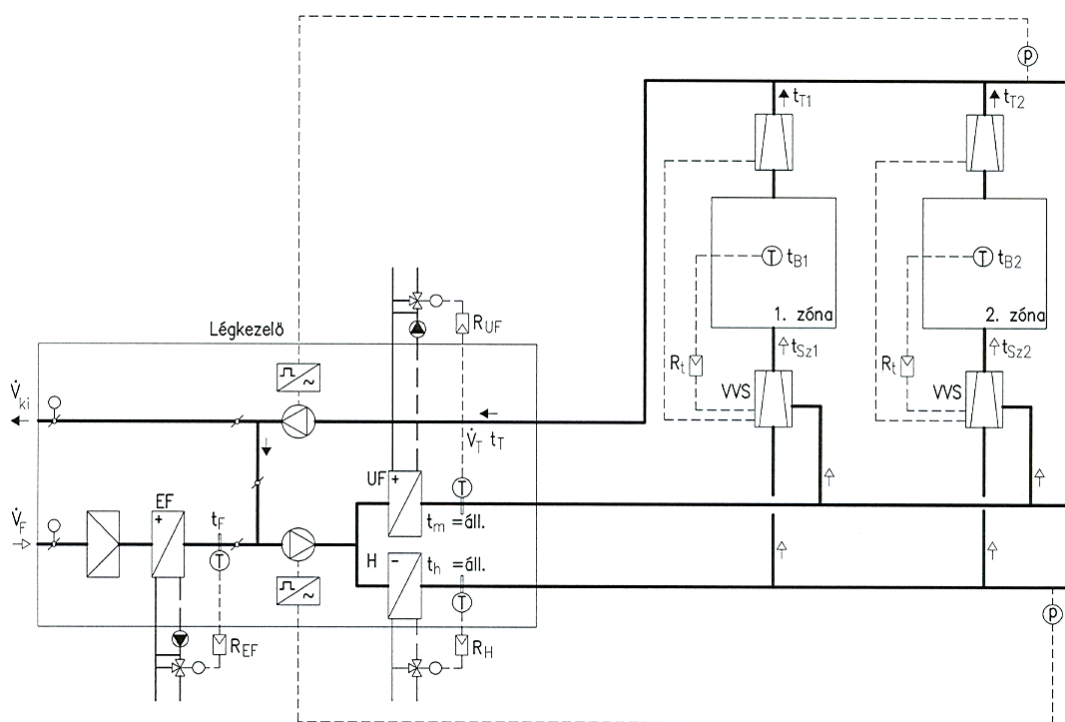


2.8 ábra Utófűtővel ellátott térfogatáram szabályozók (Marcsó S. 2010.)

A **kétcsatornás változó térfogatáramú** klímarendszerben az utófűtő és hűtő kalorifer a klímaközpontban kap helyet. A felmelegített és lehűtött levegő külön légcsatornán jut el az egyes zónához. A klimatizált terek légállapotának előírt értéken való tartását a beépített keverőszekrény és a beépített fojtóelemek biztosítják (2.9 ábra).

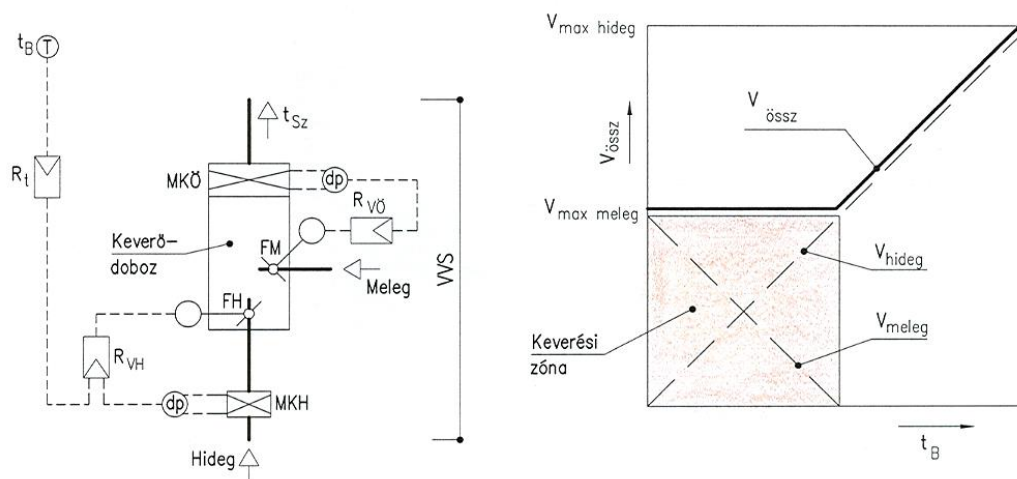
A keverőszekrénynek két bemeneti levegőcsonkja van. Egyikre hideg, a másikra meleg levegő van csatlakoztatva. Az  $R_t$  hőmérséklet szabályozó a hűtött levegő térfogatáramát változtatja (kaszkád módon) min. és max. között az  $FH$  fojtóelemmel, a helyiség hőmérsékletétől függően (2.10 ábra).

Ha a helyiség  $t_B$  hőmérséklete a szükségesnél kisebb, a hideg levegő térfogatárama  $V_{min}$  alá csökken, a meleg levegő légcsatorna ágába épített szelep ugyanakkor nyitni kezd úgy, hogy a mért térfogatáram állandó maradjon. Átmeneti időben a hűtés és a fűtés is üzemel, a két különböző hőfokú levegő keverésével, térfogatáramuk arányainak változtatásával állítják be a légszelepek a kívánt helyiség hőmérsékletét.



2.9 ábra Kétcsatornás változó térfogatáramú klímatechnikai rendszer keverőszekrénnel (Marcsó S. 2010.)

A változó térfogatáramú szellőztető levegőt az elszívott légmennyiséggel is követni kell, hogy a tér nyomásállapota ne változzon.



2.10 ábra Keverő szekrény (Marcsó S. 2010.)

Télen a hűtő hőcserélő nem hűt. Hűtési igény esetén csak a hűtött levegő légcsatornában van légszállítás, a meleg levegő ág teljesen le van fojtva a VVS változó térfogatáramú szabályozókkal. Ha hűtési igény már nincs, a VVS szabályozók már csak a min. friss levegőt engedik be. Ha a minimális friss levegő térfogatáram mellett a helyiség hőmérséklete a szükségesnél kisebb, a hideg és meleg levegő keverésével állítja elő a szükséges hőmérsékletű szellőztető levegőt, de a friss levegő térfogatárama állandó kell, hogy maradjon. A friss levegő előmelegítési hőmérséklete állandó, télen  $t_F \approx 10^\circ\text{C}$ , fűtési igény esetén a zónához kiadott meleg levegő hőmérséklete állandó, értéke  $30...50^\circ\text{C}$  között beállítható, a zónához kiadott hűtött levegő hőmérséklete egész évben állandó  $t_H \approx 15^\circ\text{C}$ .

**Nagy légmennyiségek esetében, nagy irodaházaknál, szállodáknál, vagy több különböző funkciójú zónát tartalmazó nagy épületnél, megfontolandó a zónánkénti klímaközpontok kialakítása.**

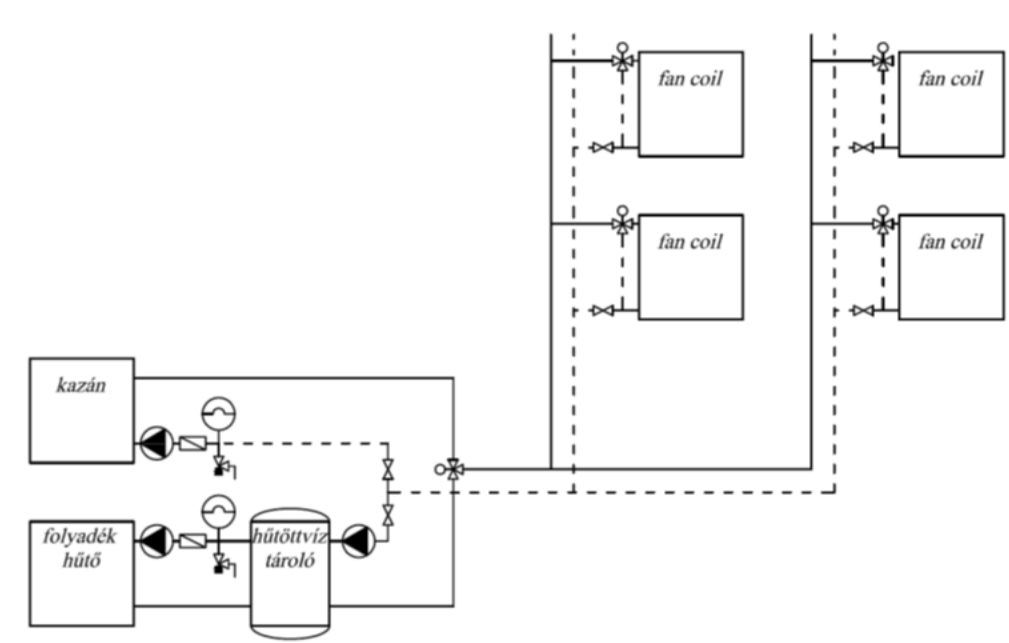
**Valamennyi egy vagy kétcsatornás levegő hőhordozós klímatechnikai rendszerek kialakításánál amennyiben lehetséges keveréssel, mindig lehetséges hővisszanyerővel, változó térfogatárammal, az ahhoz tartozó fordulatszám-szabályozós ventilátorral a rendszer hűtőgép kondenzációs hőjének hasznosításával, a külső levegő szabad hűtő hatásának kihasználásával az energiafelhasználása csökkenthető.**

## 2.2. Víz hőhordozó közeges rendszer

A víz hőhordozó közeges rendszernél a gépházban elhelyezett hűtőgép és hőtermelő berendezések által előállított hideg és melegvíz közegek csőhálózaton keresztül jutnak el a helyiségekbe. A helyiségekben elhelyezett berendezések a szellőző egyben friss levegőt helyiségenként szívják be előkezelés nélkül. A víz hőhordozó közeges rendszerek elsősorban a helyiség hőmérsékletének tartására alkalmasak, relatív nedvesség kézbe tartása általuk ebben a rendszerben nem lehetséges. A készülék csak

fűtésre, csak hűtésre, és korlátozottan alkalmas csak friss levegő bevezetésre. A készülékenként belépő kezeletlen friss levegő számos esetben nem elegendő, ahhoz, hogy a belső levegő minősége biztosított legyen. Így nem is nevezhetjük klímatechnikai rendszereknek. Ezeket a rendszereket ventilátoros klímakonvektoros, vagy más néven fa-coilos rendszereknek nevezzük. Lehet két, vagy négyvezetékes. A legegyszerűbb és legkisebb beruházási költséggel bíró kétcsöves fan-coilos rendszerrel (2.11 ábra) az egész épületben egyidejűleg csak hűteni, vagy csak fűteni lehet. A különféle égtájak felé néző épületeknél, vagy ahol erősen változó a belső hőterhelés energetikailag ez egy kedvezőtlen műszaki megoldás, hisz ott is fűt a berendezés, ahol már hűteni kellene. A szabályozás pontossága zónázással növelhető, amennyiben az azonos tájolású, vagy terhelésű helyiségek egy zónába kerülnek. Az energia felhasználása tovább csökkenthető, ha a hideg energiát igénylő zóna hűtőgépének kondenzátora által leadott hő a melegvizet igénylő zónának adódik át.

A kétcsöves rendszernél a fan-coil berendezés kiválasztása általában hűtési teljesítményigényre történik. A hőcserélő közepes hőmérséklet különbsége kicsi lesz ( $\Delta t_{köz}$ ), pl. ez az alábbi feltételek mellett (*a hűtővíz  $t_v \approx 7/12^\circ\text{C}$ ;  $t_l \approx 27^\circ\text{C}$  ( $\varphi=50\%$ )/ $10^\circ\text{C}$ ;  $\Delta t_{köz}=7,5^\circ\text{C}$  értéket jelent. Mivel a hűtési teljesítményigényre kiválasztott fan-coil hőcserélőt fűtésre is használjuk, kisebb fűtőközeg hőmérséklet szükséges, a kívánt fűtőteljesítményhez, mint a négyvezetékes berendezésnél.*



2.11 ábra Kétcsöves fan-coilos rendszer  
(Marcsó S. 2010.)

A négycsöves fan-coilos rendszer beruházási költsége nagyobb, mint a kétcsövesé, de energiafelhasználás szempontjából kedvezőbb, egyes helyiségek alul fűtése vagy túlhűtése, vagy túl fűtés, illetve alul hűtése kiküszöbölhető (2.12 ábra). Ennek a

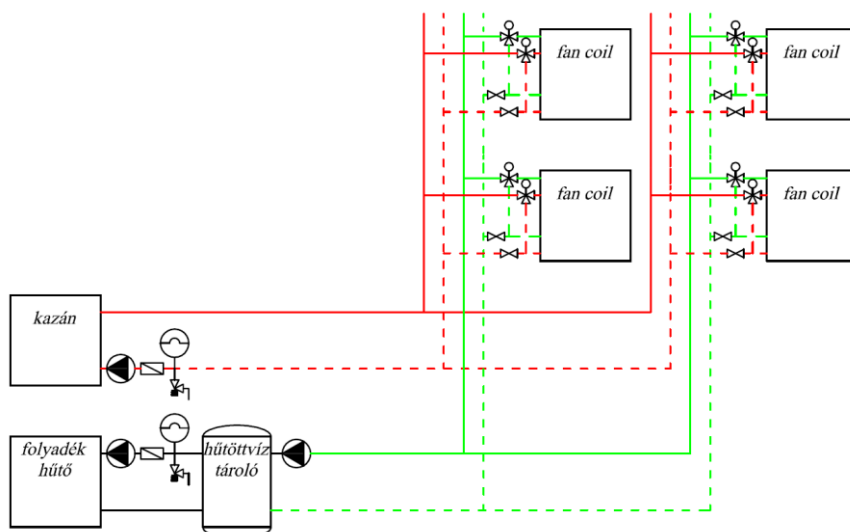


rendszernek a berendezései önálló hűtő és fűtő hőcserélővel, önálló hűtő és fűtőcső hálózattal, külön szivattyúval, tárolási tartállyal és szerelvényekkel bírnak. Az, hogy a berendezés hűti, vagy fűti a helyiséget, arról a szabályozó berendezés gondoskodik. A négycsöves rendszer zónázására nincs szükség, minden berendezés külön átállhat, fűtésre vagy hűtésre.

A helyi szabályozás, a két és négycsöves készülékek teljesítményének változása történhet vízdoldali, a fűtő vagy hűtővíz tömegáramának változásával, és levegő oldali beavatkozással, ventilátor fordulatszámának változtatásával. A berendezések zajszintje miatt célszerű a készülékeket nem a maximális ventilátor fordulatszámra kiválasztani. Hűtési üzemmódban, a hőcserélő felületi hőmérséklete kisebb, mint a belső levegő harmatponti hőmérséklete, ezért nedvesség kicsapódás (kondenzáció) lép fel a hőcserélő bordázott felületén. A kondenzátumot el kell vezetni, ez történhet gravitációsan, vagy szivattyúval. A kondenzáció miatt a teljes hűtőteliesség ( $\dot{Q}_h$ ) az érezhető ( $\dot{Q}_e$ ) hűtőteliességnél a rejtett hővel ( $\dot{Q}_r$ ) több:

$$\dot{Q}_h = \dot{Q}_e + \dot{Q}_r$$

A helyiség levegőjének a hűtésére csupán az érezhető teljesítmény szolgál. A hőterhelések megállapítása után a fan-coilokat az érezhető hűtőteliesség szerint kell kiválasztani, ellenkező esetben nem lesz a hűtés megfelelő. A teljes hűtőteliesség az érezhető hűtési teljesítmény és a kondenzációs veszteség összege. A központi folyadék-hűtőnek a kondenzációs veszteséget is fedeznie kell, a gép szükséges teljesítmény igényt azonban az egyidejűség figyelembe vételével kell meghatározni.



2.12 ábra Négycsöves fan-coilosrendszer (Marcsó S. 2010.)

A fan-coil berendezések elhelyezhetők parapet elé és födém alá, álmennyezetbe. Iroda épületek, szálloda épületek esetében közkedvelt műszaki megoldás volt.



## 2.3. Levegő-víz hőhordozó közegű rendszer

---

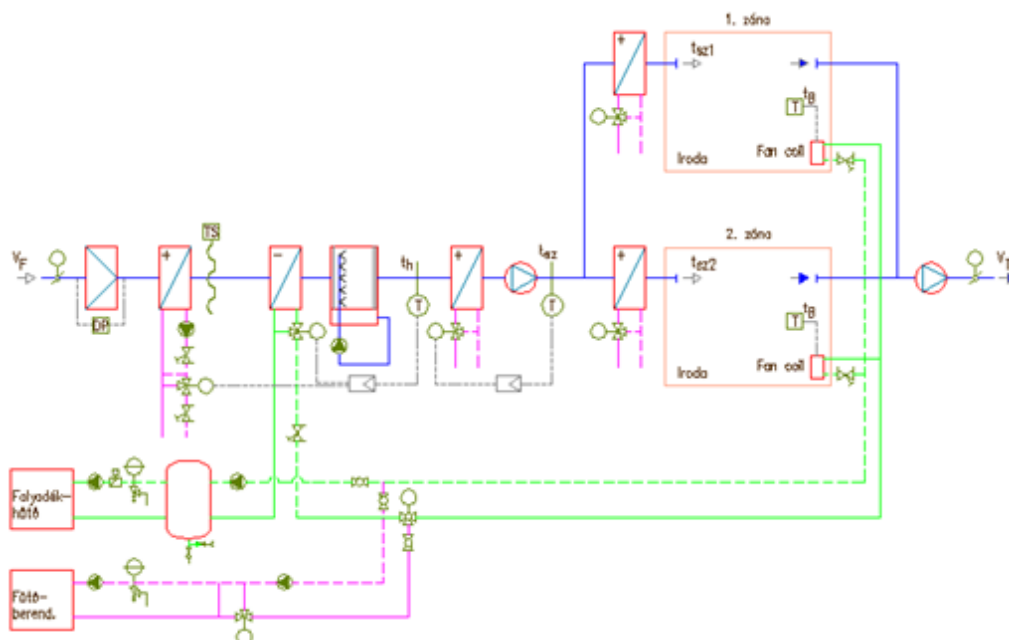
A levegő-vizes rendszerekben két egymástól függetlenül változtatható hőmérsékletű közeget juttatnak a klimatizált terekbe. A szellőző levegő központilag kezelt (primer levegő), ami többnyire tiszta friss levegős rendszer.

Ennél a rendszernél a légnedvesség is jól szabályozható. A helyiségenkénti hőmérsékletszabályozást a szellőző levegőtől független rendszerelemek végzik, pl. a fűtő, hűtő fan-coilok. Alkalmas műszaki megoldás sokhelyiséges épületekben pl. irodaházak, szállodák, kórházak.

A levegő-víz hőhordozó közeges rendszerek lehetnek:

- központi kezelt frisslevegős fan-coil rendszerek;
- nagynyomású indukciós klímarendszerek;
- klímagerendák;
- hűtő-fűtő mennyezetek központi kezelt friss levegő ellátással.

A 2.13 ábra egy **központi frisslevegős fan-coilos** rendszert mutat. A központi légkezelő feladata, szűrés, fűtés, nedvesítés, és hűtés, harmatponti nedvesség szabályozás. A szellőző levegő térfogatárama megegyezik a frisslevegő térfogatáramával. Ez kisebb légcsatorna keresztmetszetet, és egy kissebességű rendszer kialakítását jelenti, amely szükség szerint zónázható. Elszívás lehet például egy szálloda esetében a mellékhelyiségekben. Ebben a rendszerben a fan-coilok feladata változó hőterhelés (napsugárzás, világítás, személyek által leadott hő, ...) kiegyenlítése, helyi szabályozással, nyáron főleg csak a változó érzékelhető hőt vonják el. Törekedni kell a fan-coilokon a nedvességkicsapódást minimalizálni. Az előremenő hűtöttvíz előbb a légkezelő hűtőkaloriferébe megy ( $6-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), majd a fan-coilba ( $10-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).



2.13 ábra Központi frisslevegő-ellátással kombinálva ventilátoros klímakonvektorral  
(Marcsó S. 2010.)

**Nagynyomású indukciós klímarendszerek** hasonló felépítésűek, mint a frisslevegő ellátással kombinált fan-coilos rendszer. A fan-coilok helyett ventilátor nélküli klímakonvektorok hűtő fűtő hőcserélőjén a helyiség levegő átáramoltatását a primer, szellőző levegő végzi. A központilag kezelt szellőző levegő, mint primer levegő belép a készülékbe és egy kis keresztmetszeten (fúvókán) nagy sebességgel, nagy nyomással kiáramolva magával ragadja a helyiség levegőjét. Ennek biztosítása érdekében általában a szellőző levegő több, mint a minimálisan szükséges friss levegő igény, akár annak kétszerese is lehet. Mivel a klímakonvektor légoldali ellenállása nagy 200-400 Pa közötti értékre adódhat, amit a központi klíma ventilátora hivatott leküzdeni, emiatt és a szellőző levegő mennyisége miatt is ventilációs munkája is nagyobb, mint egy fan-coilos rendszeré. Az indukciós készülék vízoldali kialakítása is lehet két és négyvezetékes. A víz és levegő oldal azonban nem függetleníthető egymástól, mert a készülék működése a primer levegő mennyiségétől és nyomásától függ. Gondos légoldali beszabályozás szükséges. Egyedi igényekhez, jól szabályozható. Azonban légoldali szabályozása nem olyan rugalmas, mint a fan-coilos rendszeré.

A ventilátoros és indukciós klímakonvektoros rendszerek sok helyiséges épületek peremzónáinak légkondicionálására alkalmasak, mivel általában a helyiségek 4-5 m mélységű sávját képesek átöblíteni.

A **hűtőgerenda** vagy más néven **klímagerenda** magasabb komfort fokozatú terek hűtésére és fűtésére alkalmas rendszer. A hűtőgerendák alkalmazása egy Európa szerte gyorsan terjedő, viszonylag új megoldás, amelynek legfontosabb előnyei:

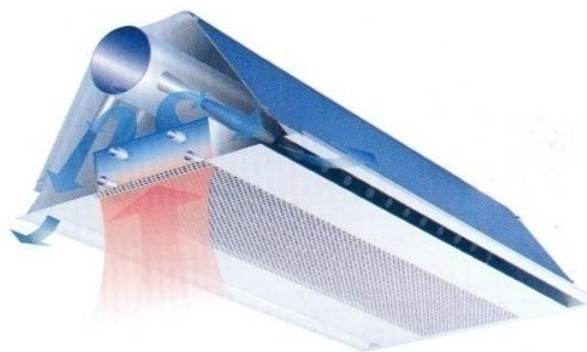
- a rendszer flexibilitásán túl,

- az alacsony zajterhelése,
- kisebb veszély a huzat kialakulására,
- nagyobb hőmérsékletű hűtőközeggel működtethetők, ezáltal jobb hatásfokú hűtés érhető el,
- a szabad hűtési megoldások is nagyobb arányban hasznosíthatók,
- biztosított a helyiségenkénti szabályozás,
- az alacsony hőmérsékletű fűtés lehetővé teszi a megújuló energiák, és különböző technológiai folyamatok hulladék hőjének hasznosítását, és
- kicsi a karbantartási igénye.

Az **aktív hűtőgerenda** hűtővíz rendszerhez és egy szellőző légcsatorna hálózathoz csatlakozik. Ezáltal a berendezés friss kezelt levegő fogadására is alkalmas. A fűvókasoron belépő friss levegő injektáló hatása elősegíti a hőcserélőn lehűtendő levegő átáramlását és keverését a helyiség melegebb levegőjével. Jellemzői az egyenletes, irányított áramlás, tökéletes légelosztás, kötetlen elhelyezés, fűtési funkció igény szerint való kielégítése. Eleme egy víz-levegő hőcserélő, amelybe hűtőskor hidegvíz (14-18 °C), fűtőskor melegvíz (30-35 °C) hőmérsékletű közeg kering. *Alkalmazhatóságához az optimális hőterhelés 60-80 W/m<sup>2</sup>, de max. 80-120 W/m<sup>2</sup>, optimális hőveszteség 25-30 W/m<sup>2</sup> de max. 50 W/m<sup>2</sup>.* Egy berendezés hűtési teljesítmény 250-350 W/m 14-18 °C belépő hűtővíz hőmérsékletnél. Fűtési teljesítménye 140-160 W/m, 30-45 °C belépő fűtővíz esetében.

A **nyitott aktív gerendánál** a hűtendő helyiség levegője a gerenda fölé kerül, pl. álmennyezeten elhelyezett légrácsokon keresztül. Ott hőcserélőn keresztül haladva, majd a kezelt friss levegővel keveredve kerül a helyiségbe.

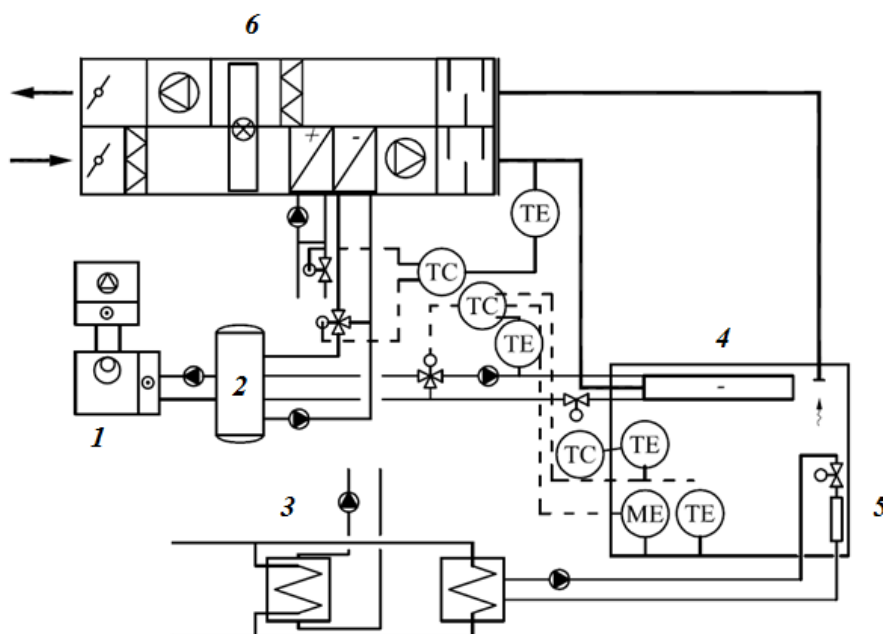
A **zárt aktív gerendánál** a hűtendő levegő természetesen emelkedő módon áramlik a gerenda alá, a primer friss levegő fűvókán átáramló dinamikus injektáló hatására áramlik keresztül a hőcserélőn, ott lehűlve és keveredve a friss levegővel érintőlegesen kiáramlik.



2.14 ábra Friss levegős, zárt, aktív klímagerenda  
(Maija Virga, et al., 2004)

A skandináv példán (2.15 ábra) a légkezelő  $7^{\circ}\text{C}$  és a hűtőgerenda  $15^{\circ}\text{C}$ -os hűtővizét egyetlen közös hűtőgép biztosítja, a hűtőgéppel párhuzamosan kapcsolt puffertárolón keresztül. A hűtővíz hőmérsékletét központilag, háromjratú kétutú keverő szelepekkel szabályozzák. Helyi szabályozást hűtőgerendánként beépített egyutú motoros szelepek végzik. A fűtést távfűtéssel oldják meg, a radiátorok számára egy nagyobb hőmérsékletű és a hűtőgerendák számára egy kisebb hőmérsékletű fűtőközeggel.

A száraz hűtési folyamat miatt a hűtőgerendás rendszerek elsősorban olyan esetekben alkalmazhatók, ahol a belső nedvesség felszabadulás mértéke kicsi, és kicsi a primer levegő nedvességtartalma is, és akkor, ha a nyílászáró szerkezeteken kialakuló filtrációs légáramlás korlátozott és ellenőrzött.



2.15 ábra Aktív hűtőgerendás rendszer egy jellegzetes Skandináv kapcsolási vázlata.  
1 - hűtőgép, 2 - puffertároló, 3 - távfűtés, 4 - hűtőgerenda, 5 - radiátor, 6 - klímagép  
(Maija Virga, et al., 2004)

Utóbbi évek fejlesztési eredményei kapcsán a klímagerenda működési elve és konstrukciója továbbfejlesztve homlokzati parapet készülékként került előtérbe. Ez lényegében függőleges síkra átalakított klímagerenda, alsó frisslevegő bevezetéssel, homloksíkon beáramló helyiséglevegővel és felső síkon kibocsájtott kevert levegővel. Működési elve hasonló, mint a klímagerendáé. Előnye, hogy levegőáramoltatás szempontjából igazodik az ablaksík előtt egyébként is meglévő természetes alulról felfelé irányuló légáramhoz, másrészt a hőmérséklet kiegyenlítődést követően gyakorlatilag felsőszinti elárasztásos módszerrel keveredik a térben, gyakorlatilag áramlás- és huzatmentes tartózkodási zónát eredményezve. Szabályozása a helyiség

hőmérsékletről a hűtőközeg hőmérsékletének változtatásával, állandó primer és szekunder légárammal történik.

A *víz közegű sugárzó hűtő-fűtő mennyezet központi friss levegő ellátással* a levegő-víz hőhordozó közegű rendszer egy lehetséges műszaki megoldása. Fűtési üzemmódban a fűtő mennyezet feladata a helyiségben a megfelelő termikus környezet biztosítása, a helyiség hőmérsékletének kívánt értéken tartása. A központi klímagépházban a szellőző levegő, -amely megegyezik a friss levegő térfogatáramával- kezelése történik. Nyári üzemben az érezhető hőterhelést a hűtőmennyezet, vagy a hűtőmennyezet és a szellőző levegő együtt szállítja el. A hűtőtűz előremenő hőmérséklete a helyiség levegő harmatponti értékénél nagyobb kell, hogy legyen, ahhoz, hogy a felületi kondenzáció ne alakuljon ki. Az előre menő hűtőtűz hőmérséklete  $16-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a közeg hőfoklépcsője  $2-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A felület szokásostűzhőmérséklete  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A hűtőtűz teljesítménye  $40-100\text{ W/m}^2$ . Amennyiben nyitott sugárzó mennyezeti elem kerül felszerelésre, az elemek közötti réseken, vagy perforáción át gravitáció hatására a levegő átmozog a panelek hátoldalára is. Ebben az esetben a hűtőtűz teljesítmény elérheti a  $150\text{ W/m}^2$  értéket is. (Recknagel-Sprenger-Schramek 2000)

A nedvességterhelést mindig a szellőző levegőnek kell elvinni. Így a szellőző levegő feladata a friss levegő ellátás mellett a nedvességterhelés elszállítása.

Amennyiben a szellőző levegő csak a minimálisan szükséges friss levegő, akkor a szellőző levegő megengedhető abszolút nedvesség ( $x_{sz}$ ) tartalma a nedvességmérlegből:

$$\dot{m}_{sz} x_{sz} + \dot{m}_v = \dot{m}_{sz} x_T$$

$$x_{sz} = x_T - \frac{\dot{m}_v}{\dot{m}_{sz}}$$

ahol  $x_T$  a távozó (belső) levegő megengedett értéke.

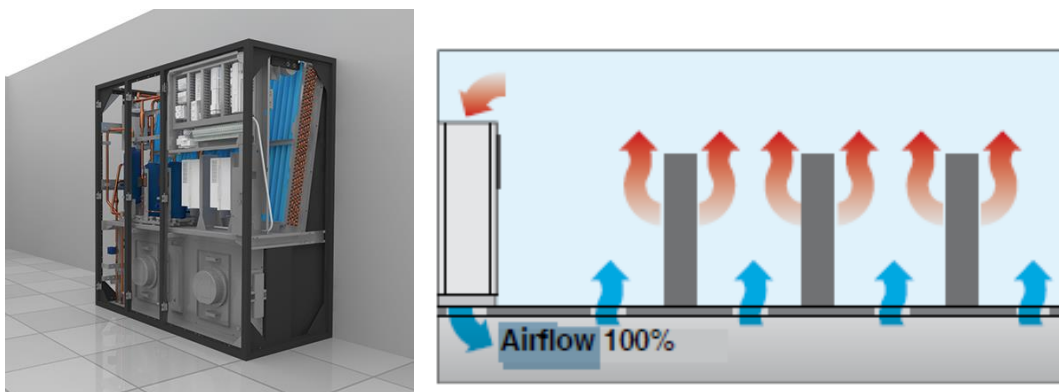
A födémhez rögzített sugárzó fűtési és hűtési panelek és a termikusan aktív épületszerkezetek irodaépület hűtésére és fűtésére kiválóan alkalmasak, betartva a felületi hőmérsékletekre vonatkozó követelményt (EN155377-1szerinti: mennyezethűtésnél felületi hőfok min.  $17\text{ }^{\circ}\text{C}$   $26\text{ }^{\circ}\text{C}$  helyiség hőmérsékletnél, fűtésnél felületi hőfok max.  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  helyiség hőmérsékletnél).

A rendszer a sugárzó hőleadás és hőelvitel miatt kellemes hőérzetet biztosít télen, nyáron.

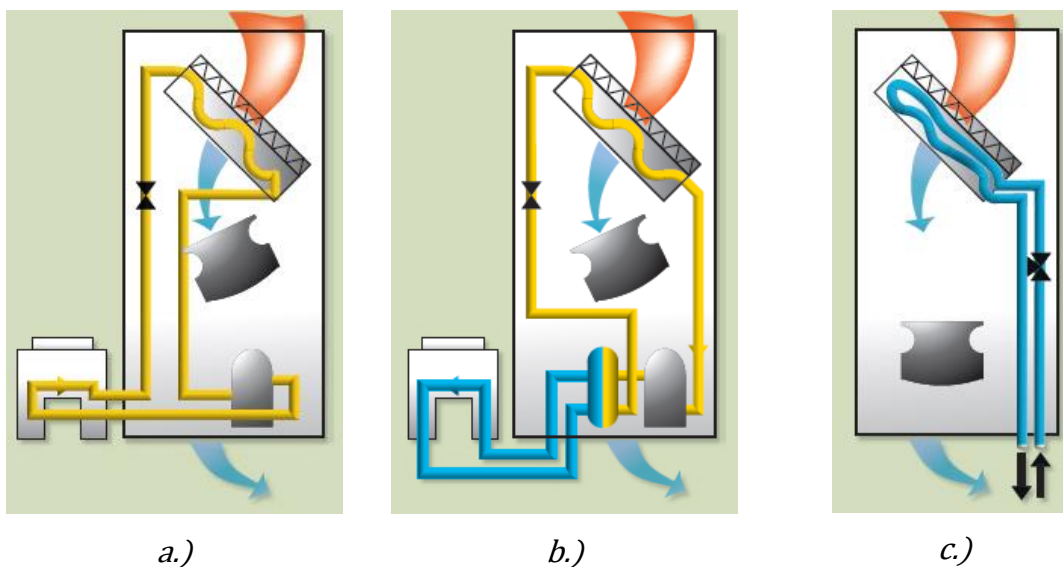
Energiatakarékos, és huzatmentes légkondicionáló rendszer valósítható meg ezzel a megoldással. Mivel a sugárzó fűtés kis hőmérsékletű, a sugárzó hűtés „nagy hőmérsékletű” lehetőség nyílik víz-víz vagy levegő-víz hőszivattyú alkalmazására.

## 2.4. Hűtőközeg- hőhordozó közegű rendszer

A **klímasekrény** (vagy **szekrényklíma**) a helyiség levegőjének hűtését, fűtését, tisztítását, páratartalmának szabályozását önállóan vagy hálózatba kötve végzi. A precíziós klímasekrények olyan légkezelők, melyek a komolyabb, szigorú követelményeket is képesek teljesíteni. Egyes klímasekrények a hőmérséklet  $\pm 0,2$  °C, valamint a relatív páratartalom  $\pm 3$  % intervallumban tartására is alkalmasok. Alkalmazhatók szerverterem számítógépterem, távközlési, áramellátó helyiségekben, labor mérőszobában. (2.16 ábra)



2.16 ábra Klímasekrény (<http://www.ad-klima.hu>)



2.17 ábra a.) közvetlen expenziós, levegőhűtéses kondenzátorral b.) közvetlen expenziós, vízhűtéses kondenzátorral, c.) hűtöttvíz hűtésű kondenzátorral ([www.trane.com](http://www.trane.com))

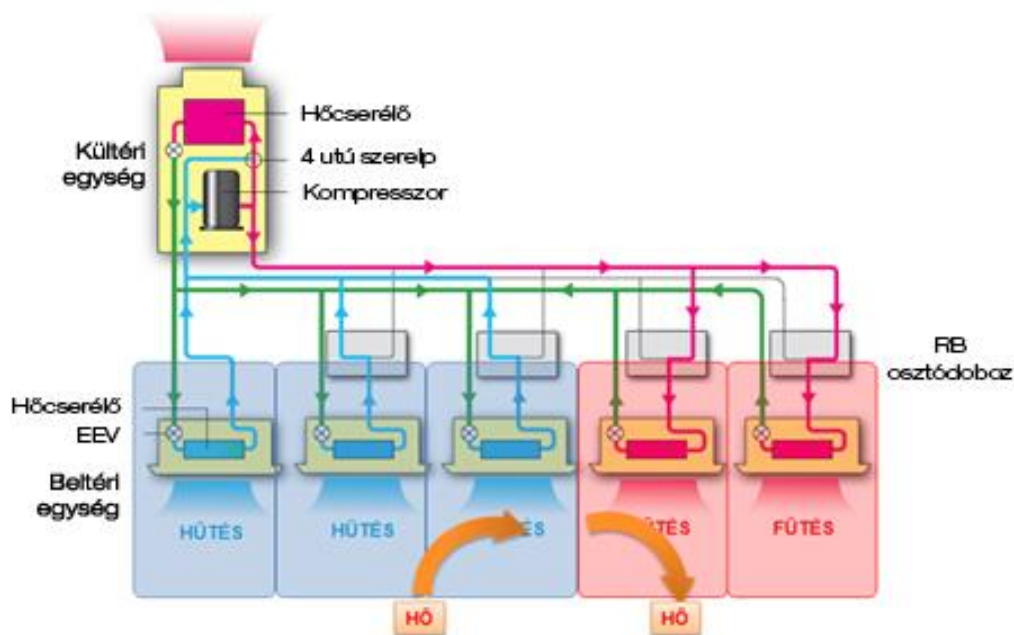
A kereskedelemben különböző kialakítású klímaszekrények kaphatók, direkt expanziós berendezések, léghűtéses kondenzátorral, vízhűtéses kondenzátorral, és olyan is, amelyik vízhűtéses kondenzátorral és szabadhűtéssel is működtethető. A 2.17 c.) ábra egy hűtött vizes berendezést jelképes rajzát mutatja, amely egy központi hűtőgéptől kapja a hűtött vizet. A számos variáció között létezik olyan konstrukció is, amely kombinált dupla hűtéses.

Ezek a berendezések elsősorban nagy belső hőterhelésű, és emberi tartózkodásra nem szánt helyiségek belső levegő paramétereit hivatottak szűk tartományban biztosítani. Amennyiben állandó emberi tartózkodásra szánt helyiségbe kerül elhelyezésre, a szükség szerinti frisslevegő-ellátásról külön kell gondoskodni.

A **VRV rendszerek** hűtőközeg hőhordozójú, direkt elpárologtatású rendszerek, amelyeket elsősorban hotelek, irodaházak, bankok, nagyobb üzletek hűtésére és fűtésére fejlesztettek ki. A kültéri és beltéri egységeket összekötő csővezeték rendszerben a hűtőközeg folyadék és gőz halmazállapotban van jelen. A kültéri egység kompresszora a beltéri egységhez szállítja a hűtőközeget. A kültéri egység  $-20^{\circ}\text{C}$  külső hőmérsékletig hőszivattyús, inverteres kompresszorokkal rendelkezik, inverteres ventilátorokkal, fokozatmentes teljesítményszabályozással. Működési tartomány hűtési üzemmódban  $-5^{\circ}\text{C}$ -tól  $43^{\circ}\text{C}$ -ig, fűtésekor  $-20^{\circ}\text{C}$ -tól  $15,5^{\circ}\text{C}$ -ig. Alternatív fűtés nélkül is alkalmazható. Létezik olyan VRV berendezés is a kereskedelemben, amelynél ha kisebb az igény a névleges teljesítménynél, akkor az inverteres kompresszoros teljesítményszabályozás mellett a hűtőközeg elpárolgási hőmérséklet  $6$  és  $16^{\circ}\text{C}$  között változik, az aktuális igényeknek megfelelően. Ez energia megtakarítást jelent, és magasabb komfort-fokozatot is nyújt.

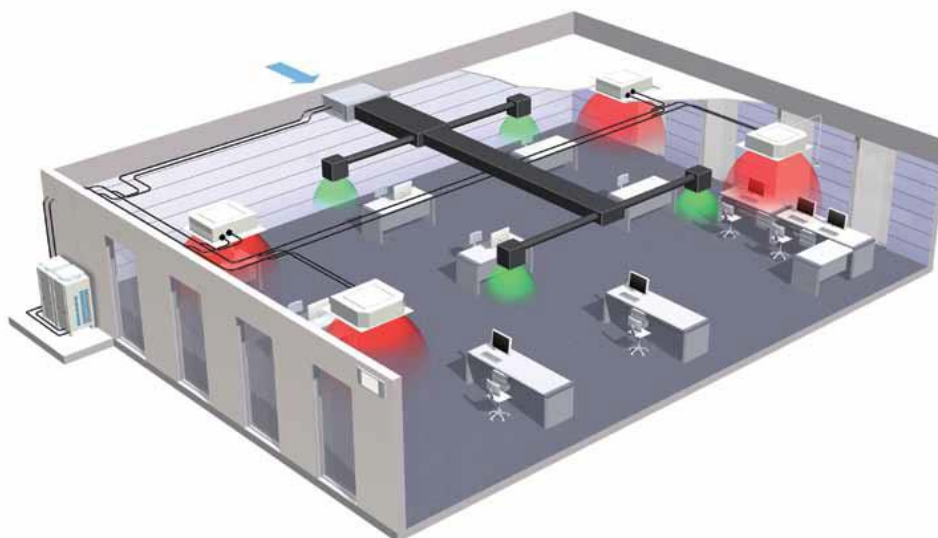
A rendszerrel átmeneti időszakban, illetve amikor bizonyos helyiségek tájolás, technológiai vagy egyéb más nagyobb hőterhelés miatt hűtést igényelnek, miközben bizonyos helyiségeket fűteni kell, a hűtött helyiségekből elvitt hő hasznosítható a fűtendő helyiségekben. Ha a technológiai hűtési teljesítmény igény nagyobb, mint az ugyanezen rendszerre kötött helyiségek fűtési igénye, akkor a többlet hőt a rendszer a környezetnek adja le a kültéri egységeken keresztül.





2.18. ábra VRV rendszer három vezetékes (<https://www.daikin.hu>)

A VRV rendszer önmagában még nem képes megoldani a helyiségek friss levegő ellátását és a belső levegő nedvességének kézbentartását. A frisslevegő-ellátás önálló légkezelő egységgel biztosítható. A VRV rendszer azonban kiegészíthető egy olyan friss levegős légkezelős egységgel is, amely ugyanazon hűtőkörre csatlakoztatható, mint a VRV rendszer beltéri egységei, ami jelentős rugalmasság növekedést és a rendszerköltségek csökkenését eredményezheti (2.19. ábra).



2.19. ábra VRV rendszer frisslevegő légkezelő egységgel kiegészítve (<https://www.daikin.hu>)



A legújabb generációs Daikin VRV IV-es hővisszanyerős rendszer képes arra, hogy a beltéri egységeken keresztüli hűtés-fűtés mellett, *hidrobox* közbeiktatásával fűtővízzel lássa el a használati melegvíz termelő tartályt, az alacsony hőmérsékletű fűtővízes radiátoros, és vagy sugárzó fűtési rendszert, továbbá a friss levegős klímagépház fűtőhőcserélőjét (2.20 ábra).



2.20 ábra Hővisszanyerős VRV hűtő-fűtő rendszer, és vizes és levegős rendszer kombinációja egy-egy kültéri egységgel és egy közbeiktatott hidrobox berendezéssel (<https://www.daikin.hu>)

Egy komplett rendszer energia hatékonyságának legjellemzőbb mutatója a szezonális hatékonyság, ez hűtési üzemmódban az ESEER érték. Minél magasabb az érték, annál kedvezőbb az üzemeltetési költség.

Ez az érték komfort hűtésben a leginkább visszatükrözi, hogy a változó külső hőmérséklet mellett folyamatosan változó hűtési igény esetén a berendezés részterhelésen üzemel, és ilyen esetben a névleges hatékonyságához (EER érték) képest jóval magasabb részterheléses hatékonyságot tud biztosítani. Ezen érték kiszámítására európai szabvány által meghatározott összefüggés áll rendelkezésre, és minden nagyobb folyadékhűtő gyártó, amelyik Eurovent minősítéssel rendelkezik, meg tudja adni az adott berendezésének az ESEER értékét. 2013-tól a folyadékhűtők ESEER értékébe bele kell számolni a folyadékhűtő hőcserélője miatti ellenállás leküzdéséhez szükséges szivattyú teljesítmény felvételét is. A VRV rendszerek esetén ilyen plusz teljesítmény igény nincs, mivel a kompresszor a beltéri egységhez szállítja a hűtőközeget. Folyadékhűtők esetén, teljesítménytől függően az ESEER érték 2,9-4,5 között adódik 1 MW-os rendszer alatti teljesítmény esetén, teljesítmény mellett a kialakítástól függ.

A Daikin VRV IV-es rendszerek egyedülállóan magas ESEER értékei mögött a Daikin legújabb fejlesztése, a változó elpárolgási hűtőközeg hőmérséklet technológiája áll. Azaz a hűtőközeg hőmérsékletet nem hűti le a rendszer minden esetben 6 fokra, mint az összes többi, VRV-hez hasonló berendezés gyártó a piacon, hanem ha kisebb az igény

a névleges teljesítménynél, akkor az inverteres kompresszoros teljesítményszabályozás mellett a hűtőközeg elpárolgási hőmérséklet 6 és 16 fok között változik, az aktuális igényeknek megfelelően. Ez akár 28%-os energia megtakarítást is jelent az eddigi Daikin VRV -s rendszerekhez képest. (<https://www.daikin.hu>)

A 2-es fejezetben felsorolt különböző műszaki megoldások alkalmazhatóságának összefoglalása a 2.1 és 2.2 táblázatokban látható. A táblázatokban foglaltak azonban csak iránymutatások, nem helyettesítik egy adott feladatnál, épületnél az időre változó fajlagos beruházási és üzemeltetési költségeket is figyelembe vevő megfontolt mérnöki döntéseket.

2.1 táblázat Levegő-hőhordozó közeges klímarendszerek alkalmazhatósága

Alkalmazás	Levegő-hőhordozó közeges rendszerek					
	Egycsat- tornás	Egycsat. utófűtéses		Egycsat. zónánkénti utófűtő mennyiség- szabályzóval	Kétcsator- nás keverő szekrényes helyiségen- ként	Egycsat. helyiség v. zónánkénti mennyiség- szabályzóval
		zónán- ként	helyisé- genként			
Irodaházak			+	+	+	+
Szállodák			+		+	+
Színház, előadóterem	+					
Kisebb üzemek	+					
Áruházak	+	+		+		
Kórházi műtők, intenzív osztályok	+		+			
Számítóközpontok Adatközpontok	+					
Üzemek	+	+		+		
Éttermek, kávéházak	+			+		+
Laboratóriumok	+	+	+	+		+
Rádió-, tv-stúdiók	+	+		+		

2.2 táblázat Klímarendszerek alkalmazhatósága

Alkalmazás	Víz- hőhordo- zó közeges	Levegő-víz rendszerek			Hűtőközeges		
	Fan-coil kezeletlen friss levegős	Fan- coil kezelt friss levegős	Indukciós klímakon- vektor v. aktív hűtőgerenda	sugárzó hűtő- fűtő kezelt friss levegős	VRV rendszer		klímaszek- rény
					VRV+ kezelt friss levegős	VRV-re kap- csolt kezelt friss levegős	
Irodaházak	+	+	+		+	+	
Szállodák	+	+	+		+	+	
Színház, előadóterem							
Kisebb üzemek					+	+	
Áruházak		+			+	+	
Kórházi műtők, intenzív osztályok							
Számítógép- központok Adatközpontok					+	+	+
Üzemek		+			+	+	
Éttermek, kávéházak					+	+	
Laboratóriu- mok		+			+	+	+
Rádió-, tv- stúdiók					+	+	+

A beruházások többségénél az épület különbözőfunkciójú épületrészekből áll. Nagyon sokszor egy épületben a felsorolt műszaki megoldások variációi fordulnak elő. Ez lehetőséget ad arra, hogy az eltérő rendszerek együttműködésében rejlő energia-  
megtakarítási lehetőségek is előtérbe kerüljenek.

## 2.5. Hővisszanyerő berendezések

---

Az előző fejezetben – hőhordozók szerinti csoportosításban – áttekintettük a leggyakrabban alkalmazott műszaki megoldásokat, kapcsolási módokat. Utaltunk az egyes műszaki megoldások gazdaságosságára, részletes és alapos összehasonlítás nélkül.

Összegzésképpen megjegyezhetjük, hogy a klímatechnikai rendszerek energiafelhasználásának csökkentése érdekében számos lehetőség van. A lehetőségek egy lehetséges csoportosítása:

- épület építészeti elemeinek közreműködése, épület kedvező épületfizikai jellemzőinek biztosítása,
- az adott funkcióhoz tartozó belső légállapot biztosítása érdekében a legkedvezőbb kapcsolási mód, rendszer felépítésének megalkotása, az optimális üzemeltetési módok kialakítása,
- a megfelelő energiacsökkentő, jó hatásfokú rendszerelemek alkalmazása,
- a legkedvezőbb légvezetési rendszer kiválasztása,

hogy csak a legfontosabbakat említsük.

Az épületek építészeti elemeinek szerepét, közreműködését az energiatakarékosságban a 2016.-ban FAP keretén belül készült *„Épületek energiatakarékos hűtése”* jegyzet részletesen tárgyalja. Ebben a jegyzetben átfogó képet kaphatunk a hűtőgép nélküli hűtési módokról, a szorpciós technika alkalmazásával működő hűtőgépek alkalmazási lehetőségeiről, hulladékhő és megújuló energiák felhasználásáról. A különböző légvezetési rendszerekről a FAP keretén belül készült *„Különböző funkciójú épületek klímatechnikája I”* jegyzet egy rövid fejezetében olvashatunk.

A különböző kapcsolási módoknál kiemeltük, hogy a **visszakeverés és hővisszanyerők** fontos szerepet töltenek be a rendszerek beruházási és üzemeltetési költségeik csökkentésében. A visszakeverés is tulajdonképpen egy rekuperatív, közvetlen keveréses hőcsere, amikor a melegebb közeg keveredik a hidegebb közeggel. A visszakeverés, amennyiben szükséges és megengedett volt, kezdetektől alkalmazott megoldás a klímatechnikai rendszereknél.

Ma már klímatechnikai rendszerek felépítése elképzelhetetlen ***hővisszanyerő berendezés*** nélkül. Jelen vannak:

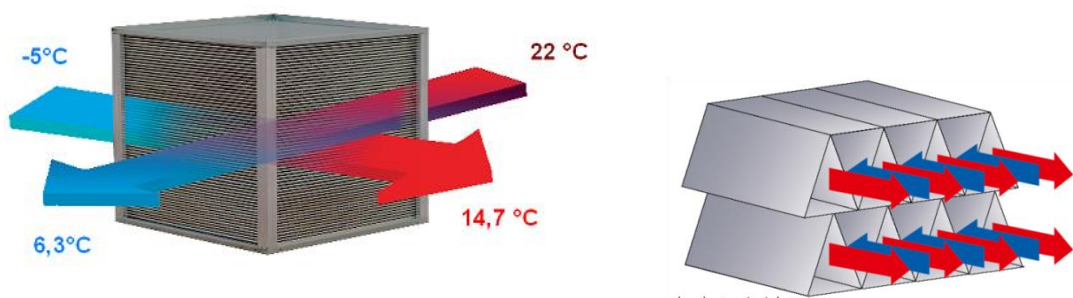
- a komfort épületeknél (iroda, iskola, kórház, lakóépület, színház, áruház, hotel stb.),

- ipari épületeknél, csarnokoknál,
- légtechnikai folyamatokkal működő berendezéseknél (szárító, lakkozó üzemeknél).

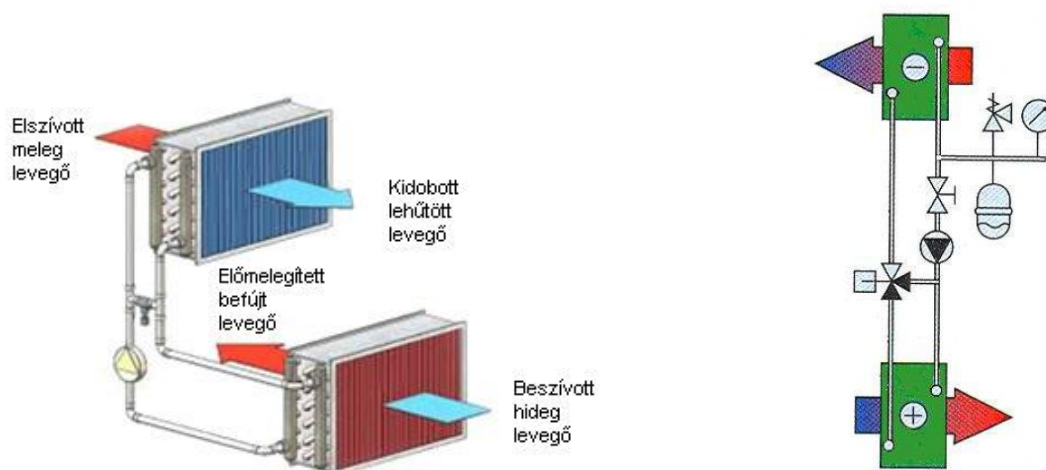
Beépítésével a fűtési energiaigény csökkenthető, az elszívott, elhasznált levegő hőenergiája hasznosul a friss levegő előmelegítésére. Nyári üzemben hűtőkor, amennyiben a friss levegő hőmérséklete nagyobb, mint az elszívott levegő hőmérséklete, a hővisszanyerővel a külső levegőt előhűti, csökkentve a hűtési teljesítményigényt, ezáltal befolyásolják a rendszer többi elemeinek nagyságát. Csökkentik a felhasznált éves fűtési és hűtési energiát.

A klímatechnikában alkalmazott hővisszanyerők speciális hőcserélők, amelyeknek két nagy csoportja van a *rekuperatív* és *regeneratív* hőhasznosítók. Létezik olyan szakirodalom, amely a hővisszanyerők családjába sorolja azokat a hőszivattyúkat, amelyek a rendszer „hulladék hőjét” hasznosítják (pl. távozó levegő hő, hűtőgép kondenzátora által leadott hő).

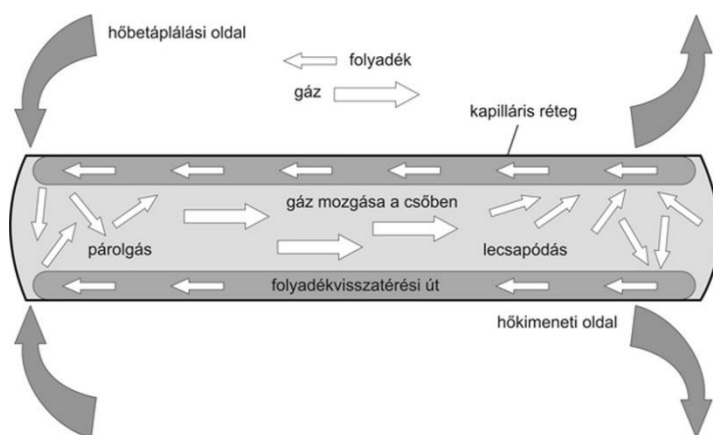
A **rekuperatív** elven működők levegő-levegő hőcserélők, a hőcserében részt vevő áramló közegeket szilárd felület választja el egymástól, anyag, illetve nedvesség átvitele nem valósul meg, az egyik közeg érzékelhető hője adódik át a másik közegnek. Előfordulhat azonban, hogy a melegebb közeg nedvességtartalma a hideg hőcserélő felületen lecsapódik és így az érzékelhető hője mellett a rejtett hője is hasznosul. A rekuperatív hővisszanyerők lehetnek közvetlen hőcserével működő keresztáramú **lemezes** (3.1 ábra), vagy csöves hőcserélők, és lehetnek közvetett, közvetítő közegesek (3.2 ábra). Előny, hogy a szag és egyéb szennyezőanyagok a távozó levegőből nem jutnak be a szellőző levegőbe. A **közvetítőközeges** hővisszanyerőket két levegő-víz hőcserélő alkotja és a közvetítőközeget, – amely általában víz, vagy glikolos víz – szivattyú keringtet. Alkalmazásának létjogosultságát nem lehet megkérdőjelezni, ha a technológiai folyamat szennyezettsége (káros anyag, sugárszennyezett levegő) miatt azt, a technológus előírja. Egyes szakirodalom a **hőcsöveket** is a rekuperatív hővisszanyerők családjába sorolja (3.3 ábra). A közvetítő közeg ebben az esetben általában hűtőfolyadék. A berendezés hőcsövekből áll, a cső egyik felén a hideg levegő, a másik felén a meleg levegő áramlik, a két levegő közeget szilárd fal választja el egymástól. A csőben van a hűtőfolyadék, a cső egyik fele az elpárologtató, amelyben a közeg a párolgáshoz szükséges hőt a melegebb levegőtől veszi el, a keletkezett gőz a cső másik felébe áramlik hőmérséklet és létrejövő nyomáskülönbség hatására, és ott lekondenzálódik és leadja hőjét a hidegebb áramló levegő közegnek. Más szakirodalom általában a közvetítőközeges és hőcsöves hővisszanyerőket a regeneratív hővisszanyerők csoportjába sorolja, hisz mind a közvetítőközeg, mind hűtőközeg a hőátadási folyamat során, újból és újból „regenerálódik”.



3.1 ábra Lemezes hőcserélő



3.2 ábra közvetítőközeget hővisszanyerő

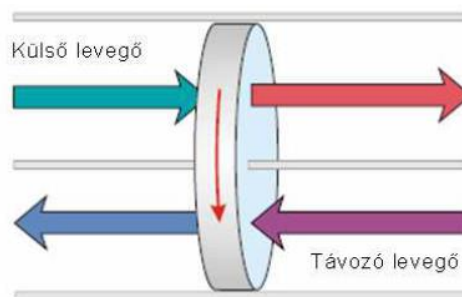


3.3 ábra Hőcső működési elve (FüstA. Hargitai E. 2007)

A **regeneratív hővisszanyerőkben** azon kívül, hogy a folyamat során a hőcsere mellett a nedvességcseré is megvalósítható, fontos jellemzője, hogy a berendezésben egy úgynevezett tároló nedvszívó anyag bevonat kerül elhelyezésre, és ez a töltetanyag újra és újra regenerálásra kerül. A két levegő közeg áramlását váltogatva egy kvázi folyamatos hőcsere valósítható meg, csak úgy, mint ha lassú forgómozgással a két légáram között a betét mozog. általában a forgórész sík és hullámosított alumínium fóliából alakítják ki, amelyeket váltakozva helyeznek el (3.4 ábra). A nagyobb nedvességcseré elérése érdekében a fém felületeket higroszkópikus anyaggal, pl. lítium

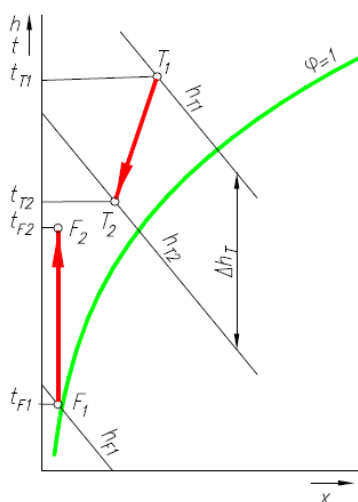


kloriddal vonják be. A berendezések a friss levegőt télen nedvesíthetik, nyáron száríthatják.

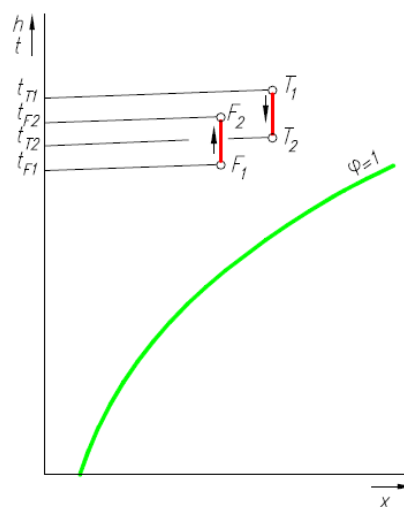


3.4 ábra Forgódobos hővisszanyerő

A hővisszanyerő készülékeket megvalósulási fokukkal jellemzik. Abban az esetben, ha csak az érezhető hőcsere valósul meg, beszélhetünk a frisslevegőre vonatkoztatott megvalósulási fokról. A regeneratív hőcserélők egyes típusainál a nedvességcseré miatt entalpia megvalósulási fokkal, és nedvesség megvalósulási fokkal jellemezhetők.



3.5 ábra Lemezes hővisszanyerő téli üzem



3.6 ábra Lemezes hővisszanyerő nyári üzem  
rejtetthő is átadódik

(Marcsó S. 2010)

Friss levegő hőmérséklet megvalósulási foka a friss levegő hőmérséklet növekedés és a két légáram kezdeti hőmérsékletének különbségéhez viszonyított érték:

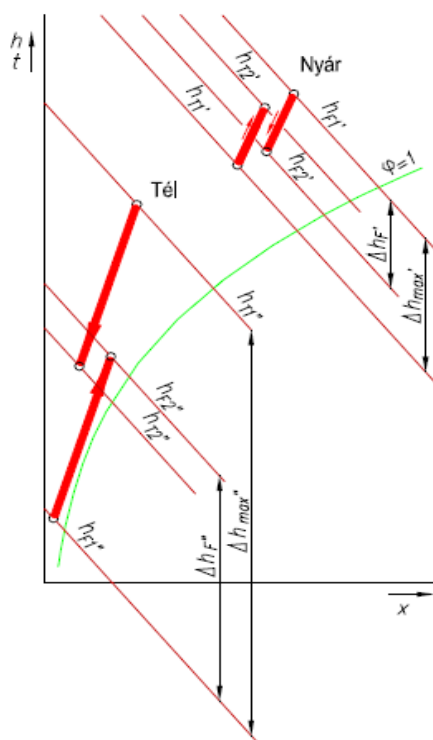
$$\eta_F = \frac{\Delta t_F}{\Delta t_{\max}} = \frac{t_{F2} - t_{F1}}{t_{T1} - t_{F1}}$$

Ez azonban csak abban az esetben írható fel a hőmérsékletekkel, ha a melegebb közeg lehűl, de a benne lévő nedvesség nem kondenzálódik le. A 3.5 ábra szerint

nedvességcseré nincsen. de a melegebb közeg rejtett hője is hasznosul megvalósulási fok ebben az esetben az entalpiákkal fejezhető ki:

$$\eta_F = \frac{h_{F2} - h_{F1}}{h_{T1} - h_{F1}} \cdot 100 \quad [\%]$$

Mivel előfordulhat, hogy a rekuperatív hővisszanyerők esetében a távozó levegő nedvességtartalmának egy része lekondenzálódik a hőcserélő felületén, vagyis a rejtett hő egy része is hasznosul, ez a megvalósulási fokot néhány százalékkal növeli. Figyelni kell azonban arra, hogy ezáltal a hőcserélő légoldali ellenállása akár 20-35 %-kal nőhet, és a lecsapódott nedvesség elvezetéséről gondoskodni kell. Ahhoz, hogy ezt a lecsapódott nedvességet az áramló levegő ne ragadja magával, -a hőcserélő homlokfelületére vonatkozó- légsebessége ne legyen 3 m/s-nál nagyobb, ezzel megakadályozva a vízkorróziót és csöpögést. (Várjon D. 2002)



3.7 ábra Nedvességcserét is biztosító regeneratív hővisszanyerő berendezésekben lejátszódó folyamat (Marcsó S. 2010)

Regeneratív hővisszanyerő esetében a fenti ábra jelölését használva az entalpia megvalósulási fok:

$$\eta_F = \frac{\Delta h_F}{\Delta h_{\max}} = \frac{h_{F2} - h_{F1}}{h_{T1} - h_{F1}}$$



A nedvesség-megvalósulási fok:

$$\eta_x = \frac{\Delta x_F}{\Delta x_{\max}} = \frac{x_{F2} - x_{F1}}{x_{T1} - x_{F1}}$$

ahol a  $x_{F1}$  friss levegő hővisszanyerő előtti,  $x_{F2}$  az utáni abszolút nedvességtartalma  
 $x_{T1}$  a távozó levegő hővisszanyerő előtti abszolút nedvességtartalma.

A megvalósulási fokok nem állandók, értékük változik:

- a légsebességek,
- a légmennyiségek arányának, és
- a távozó és friss levegő paramétereinek a függvényében.

Abban az esetben, ha azt szeretnénk tudni, hogy a hővisszanyerők beépítésével mennyi energiát takaríthatunk meg egész évben, a fenti összefüggésekbe a berendezések működési ideje alatt a levegő átlagos hőmérséklete, átlagos entalpiája kell hogy szerepeljen.

A 3.1 táblázata klímatechnikai rendszerekben leggyakrabban alkalmazott hővisszanyerő berendezések megvalósulási foka szerepel.

3.1 táblázat Klímatechnikai rendszerekben alkalmazott hővisszanyerők megvalósulási foka

Készülékfajta		Megvalósulási fok	
		hő ill. entalpia $\eta_F$	nedvesség $\eta_x$
Rekuperatív	lemezes	0,4...0,7 (0,4...0,8)*	
	csöves	0,4...0,6 (0,3...0,5)*	
	víz közvetítő közeges	0,4...0,7 (0,3...0,5)*	
	víz közvetítő közeg ellenáramú	(0,7...0,8)*	
	hőcsöves, gravitációs	0,7...0,8 (0,6...0,8)*	(0,1...0,2)*
Regeneratív	érezhető hőcserés szorpció nélküli	0,7...0,9 (0,6...0,8)*	(0,1...0,2)*
	entalpia cserés és szorpciós	(0,7...0,8)	(0,8...0,7)*

**Megjegyzés:** a táblázat adatai (Várjon D.: 2002), a csillaggal jelöltek (Ihle Bader Golla 2014) szakirodalom szerinti értékek

## Felhasznált szakirodalom

- [1] Várjon D.: (2002) Gazdaságos lég és hűtőtechnikai berendezések
- [2] Marcsó S.: (2010) Légtechnika II. Klímaberendezések DE Műszaki Kar elektronikus jegyzet
- [3] Hámori S.: (2010) Épületgépészeti irányítástechnika DE Műszaki Kar elektronikus jegyzet
- [4] Füst A. Hargitai R.: (2007) A jövő potenciális energiaforrása Tanulmány
- [5] Maija Virga:(2004) Hűtőgerendák alkalmazástechnikai kézikönyv
- [6] Meszlényi Z.: (1983) Klímaberendezések Jegyzet Pollack Mihály Műszaki Főiskola
- [7] Recknagel Sprenger Schramek: (2000) Fűtés és klimatechnika 2000
- [8] Ihle Bader Golla: (2014) Épülettechnikai tudástár
- [9] (<https://www.daikin.hu>)
- [10] ([www.trane.com](http://www.trane.com))

A segédlet többi fejezetében neves vezető tervező épületgépész kollégák megvalósult projektjeiket mutatják be. Ezekben példákat láthatunk arra, hogy egy adott épületen belül az esetek többségében több különböző klimatechnikai rendszer kiépítésére van szükség, és hogy ezek a rendszerek kapcsolódnak, kapcsolódhatnak egymáshoz, ugyan úgy, mint az épület valamennyi épületgépész rendszeréhez, részrendszereihez (használati melegvíz-ellátási-, fűtési-, technológiai hőellátási-, hűtési- stb ... rendszereihez), és ennek okán a komplexitás fontosságára is felhívják a figyelmet.

### 3. Regionális Onkológiai Központ Veszprém, KLÍMARENDSZEREI (Tuczai Attila)

---

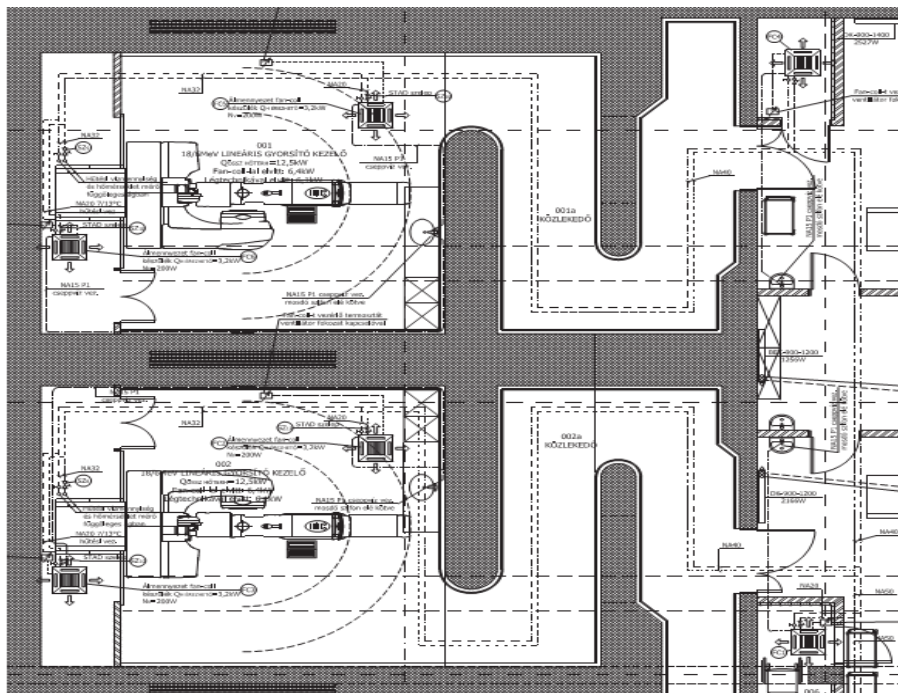
#### 3.1. Épület kialakítása, sugárterápiás kezelés, és a "tisza terű" citosztatikus labor

---

Az épület műszaki kialakításában megfelel a 60/2003. (X.20.) ESZCSM rendelet előírásainak. („Egészségügyi szolgáltatások nyújtásához szükséges feltételek”) Az épület földbe süllyesztett pinceszintjén – 5.40 m mélységben – sugárterápiás rész, a földszinten járóbeteg ellátás helyiségei, az 1. emeleten a 62 ágyas onkológiai fekvőbeteg osztály és citosztatikus gyógyszergyártó labor létesült. Az épület legfelső, szintjén, mentő helikopter leszálló hely került kialakításra.

A pinceszinten, a sugárterápiás kezelőben 2 db lineáris gyorsítót helyeztek el. A különböző sugárminőséget és többféle energiát produkáló gyorsítók – a betegekben különböző mélységben elhelyezkedő tumorok – hatékony kezelésére alkalmasak. A kezelések tervezését, a besugárzás alatti pozíciók pontos beállítását CT szimulátor segítségével végzik. A CT-vel készített anatómiai képek megfelelő tájékoztatást adnak a tumor térbeli elhelyezkedéséről. A betegről készített CT szeleteken berajzolják a besugározandó céltérfogatot, és a védendő szerveket. Ezt követően meghatározzák a besugárzási irányokat, a mezők számát és alakját. A cél, hogy a beteg úgy kapja meg a kiszámított dózist, hogy a védendő szervek dózisterhelése minimális legyen. Fontos, hogy a beteg a CT vizsgálat során ugyanolyan pozícióban és **ugyanolyan klímatis körülmények között**, – mozdulatlanul – feküdjön a CT asztalon, mint később a besugárzó (lineáris gyorsító) asztalán. A CT-szimuláció során a betegre referencia pontokat (bőrtetoválásokat) helyeznek, a besugárzási mezők pontos beállításához. Ezekkel biztosítják, hogy a beteg minden kezelés során azonos pozícióban helyezkedjen el az asztalon, és a sugárnyalábok pontosan a kívánt területre irányuljanak. A klímatis paraméterek nem szabad, hogy változzanak a kezelések között, mivel ezek is befolyásolják a besugárzás pontosságát.

A besugárzás során a lineáris gyorsítók változó hőleadással dolgoznak. Az épületgépészeti és klíma rendszerek feladata, hogy a változó technológiai hőterhelések ellenére a kezelő térben, – minden egyes kezelés alkalmával – azonos klímatis paramétereket biztosítsanak a betegek számára.



4-1 Ábra Lineáris gyorsítók 1.2 m széles vasbeton falakkal

A citosztatikus keverékinfúziót gyártó labort a vonatkozó Országos Gyógyszerészeti Intézet módszertani levele, illetve a helyes Gyógyszergyártási Gyakorlat irányelvei szerint alakítottuk ki. A tisztatérben megfelelő tisztasági fokozatot kell fenntartani a megfelelő hatásfokú légszűrőkkel, valamint biztosítani kell az előírt belső hőmérsékletet, páratartalmat, és túlnyomást.

A tisztatér monitorozási rendszere:

- Hőmérséklet és páratartalom mérés a tisztatérben belül.
- Nyomásmérés a tisztatérben.
- Nyomásmérés a személyzeti zsilipekben.
- Nyomásmérés az anyagzsilipekben.
- Ajtók nyitásérzékelése.
- Részecske számlálás.

### 3.2. A klímarendszerek tervezésnél figyelembe vett szabványok és rendeletek:

- Országos Gyógyszerészeti Intézet módszertani levele citosztatikus keverékinfúziók előállítására OGYI –P64-2007/2012/2015
- A Helyes Gyógyszergyártási Gyakorlat (GMP) irányelvei (3. verzió 2008. július 1.)
- Msz EN ISO 14644-1:2016 A levegőtisztaság osztályozása részecske koncentráció alapján.

- MSZ CR 1752:2000 Épületek szellőztetése. Épületek belső környezetének tervezési alapjai
- MSZ 03-190-87 Egészségügyi Intézmények Mesterséges Levegőellátása
- MSZ 824-1993 Sugárzás elleni védelem orvosi röntgenmunkahelyeken
- 284/2007.(X.29) Korm. rendelet a környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól.
- 27/2008. (XII.3.) KvVM-EüM együttes rendelete a környezeti zaj és rezgésterhelési határértékek megállapításáról.

### 3.3. Tervezési szempontok, terhelési jellemzők, technológiai hűtés

---

A gyorsítóktól a hőelvonás két rendszeren keresztül történik:

#### Közvetlen technológiai hűtés a gép belső laphőcserélőjéhez.

A lineáris gyorsítóknál a beépített lap hőcserélők ellenállása 10-szerese a komfort technikában használatos értékeknek. A 2-3 bar közötti ellenállás legyőzésére emelt nyomású folyadékűtő keringtető szivattyút kell betervezni. A lineáris gyorsítóknál nem megengedett a hűtési szünet, emiatt vész-hűtőkört is ki kell alakítani.

Az orvos technológus tervezőtől megkaptuk a gyorsítók hőterhelésének adatait.

Lineáris gyorsító, beépített lap hőcserélővel:

1 db. glykolos laphőcserélő teljesítménye normál üzemben:	13,3 KW
besugárzáskor:	25 KW

max. igény, melyre a hűtést méretezzük.

(2db gép van, biztonságból  $e = 1.0$  teljes egyidejűséggel)

készenléti állapotban:	2 KW
1 db CT max. hűtési igény:	20 KW

Össz. technológiai igény a gépeken belül:  $Q_{Tech} = 25 + 25 + 20 = \underline{70 KW}$

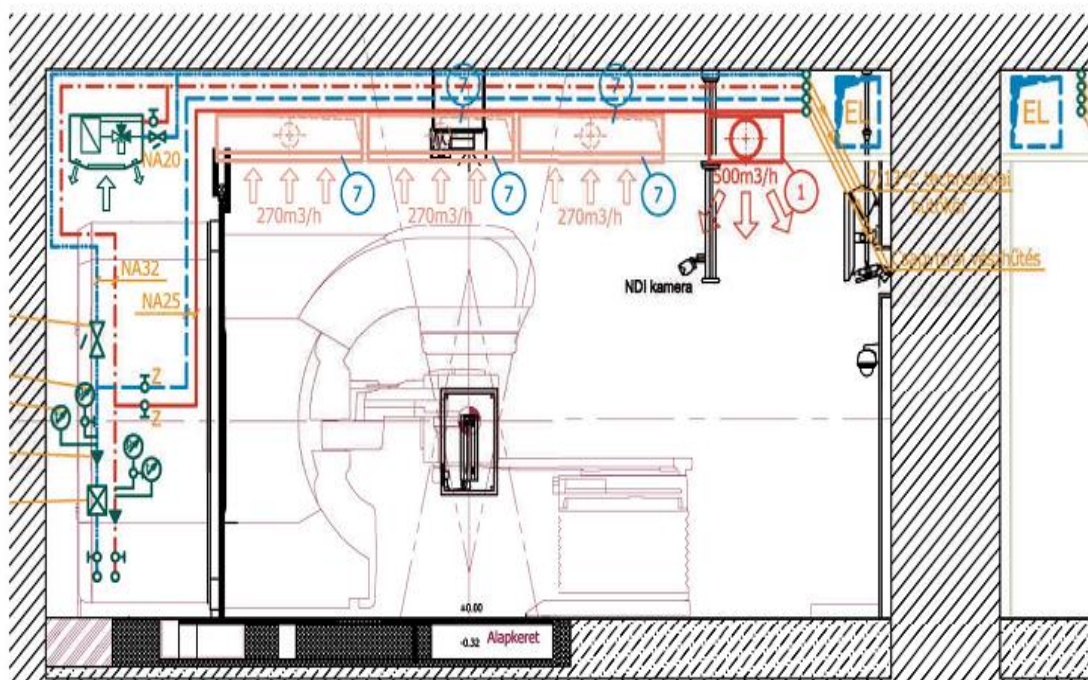
A fenti hűtési igény kielégítésére a tetőn elhelyeztünk egy kompakt folyadékűtőt. A folyadékűtő kialakítása olyan, hogy a fenti igényt télen is tudja szolgáltatni.

A kondenzátor nyomásszabályozás  $-20^{\circ}C$ -ig fordulatszabályozóval biztosított.

A lineáris gyorsítókhoz hidegvíz hálózatot is odavezettünk.

A hidegvíz hálózat biztonsági tartalék arra az esetre, ha egy besugárzás alkalmával a hűtőgép kiesik. Ilyenkor a gép átkapcsol, és automatikusan a „csapvízről” hűtjük.

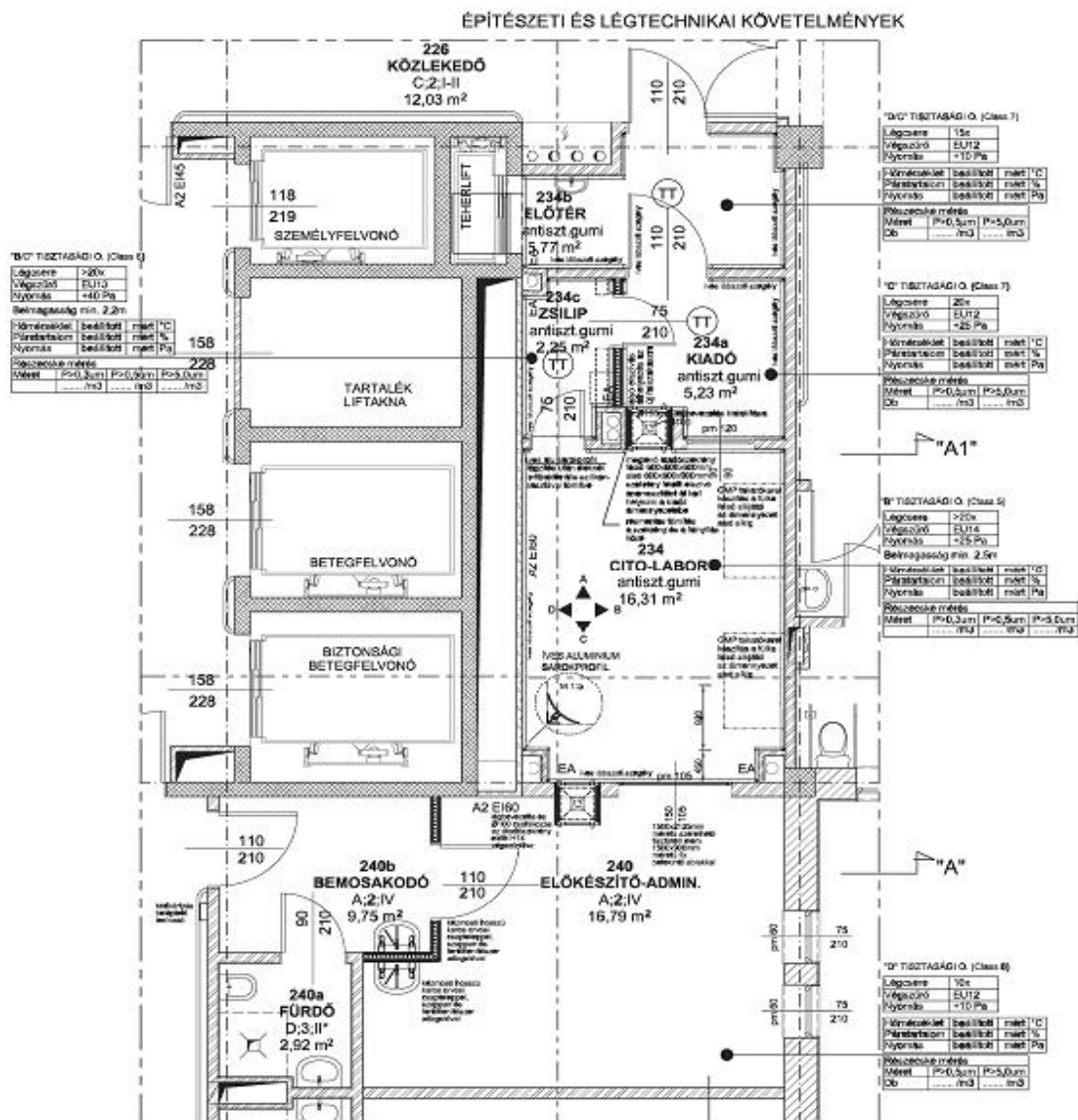
GYORSÍTÓK mögötti szerelőtérben, és a vezérlő egységektől (rack szekrényeknél) a lesugárzott hőelvitele az álmennyezetbe épített fan-coil készülékekkel. (lásd GK-9 terven)



4-2 Ábra Lineáris gyorsító hűtővíz bekötés és légtechnika metszet

A gyorsítók a szerelő és kezelő tér felé a besugárzás alkalmával 4-4 KW sugárzó hőt adnak le. A külön helyiségben elhelyezett vezérlő egységeknél ekkor a leadott hő 3-3 KW. A 2db gyorsító a légtérbe tehát:  $(4+3) \times 2 = 14$  KW érezhető hőt ad le. A készülékektől a lesugárzott hő elvételét az álmennyezetbe épített fan-coil készülékekkel végezzük (lásd GK-9 terven). A hűtő hőcserélőket kétutú termo elektromos szelepekkel szabályozzuk. Minden készüléket helyi termosztáttal láttunk el.





4-3 Ábra Citosztatikumokat előállító labor alaprajza

### 3.4. Komfort hűtés

Az épületben négy komfort hűtési kört terveztünk. Mindegyik tisztán frisslevegős beépített hővisszanyerővel. (Lásd GKK-1, GKK-2, GKK-3, GKK-4 terveket.)

#### Első emelet citolabor és steril betegszobák légellátása2

A citosztatikus laborban és előkészítő helyiségében külön előírás OGYI-P64-2007/2012/2015 szabályozza a készítmények előállítását. A keverékinfúziók készítése számos problémát vet fel:

- Az elegyítés nem megfelelő körülményei következtében mikrobiológiai szennyeződés léphet fel, amely a beteg állapotát súlyosan veszélyeztetheti.

- A kellő szakmai körültekintés nélkül végzett elegyítés fizikai, kémiai inkompatibilitásokat, – gyógyszer bomlás okozta – káros hatásokat eredményezhet. A citosztatikumok és a citotoxikus anyagok nem csak a betegek számára jelentenek kockázatot, hanem veszélyt jelentenek a citosztatikum tartalmú keverék infúziókat – nem megfelelő körülmények között – előállító vagy felhasználó személyek számára is.

#### Előkészítő helyiség:

Az infúziók, injekciók és steril eszközök alkalmazás előtti közvetlen tárolására, előkezelésére (fertőtlenítés) szolgáló helyiség, amely légzsilipként működő átadóablakkal kapcsolódik a „D” tisztasági fokozatú (GMP) oldatkészítő helyiséghez.

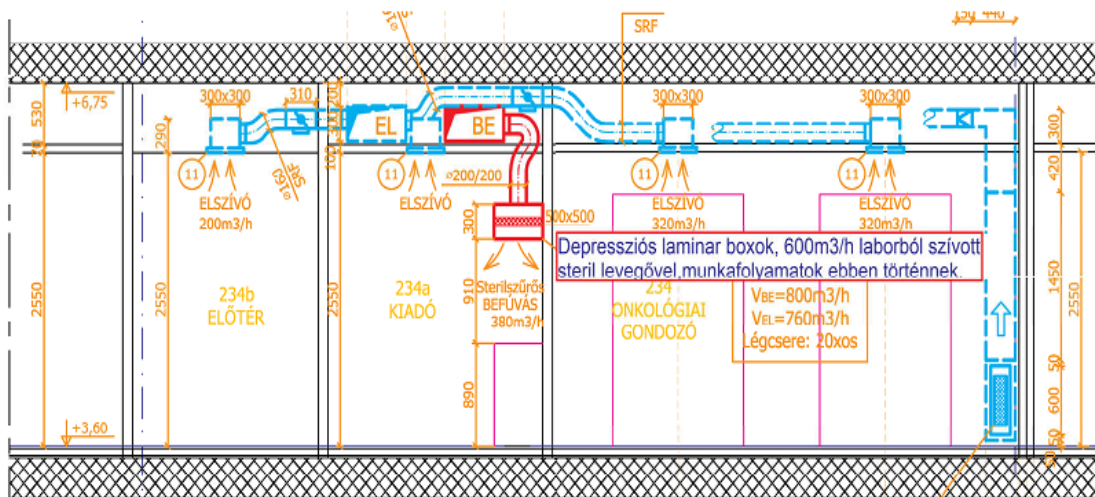
#### Biztonsági fülke (LAF-laminar air flow fülke):

A biztonsági fülkének védenie kell a terméket, a készítőt, és a keresztszennyezések ellen is védelmet kell biztosítani. Citosztatikus keverék infúziók csak olyan „A” tisztasági fokozatú (GMP szerint), negatívnyomású munkateret biztosító, laminar air flow (LAF) fülkében készíthetők, amely megfelel a vonatkozó hatósági előírásnak. A recirkuláló levegőt kétfokozatú HEPA szűrőn át lehet visszavezetni a helyiségbe.

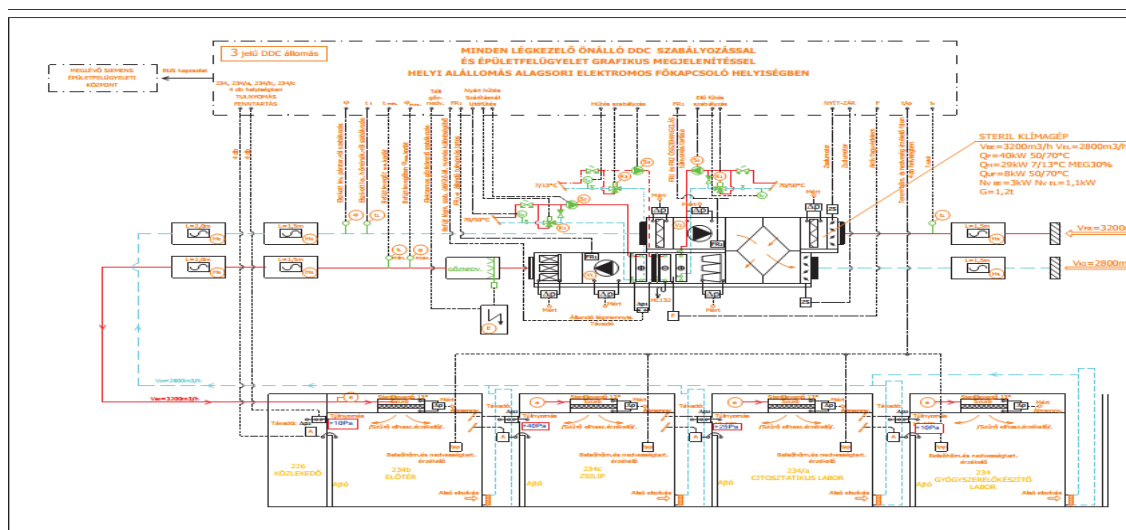
Az oldatkészítő helyiségben „D” tisztasági fokozatú környezeti levegő biztosítása szükséges. A helyiségben megfelelő vizsgálatokkal bizonyítani kell, hogy a működő légkondicionáló nem dolgozik a lamináris biztonsági fülke áramlása ellen, illetve nem okoz levegő turbulenciát.

A steril levegő bevezetését az előkészítő és az oldatkészítő helyiségbe a fentiek betartásával terveztük meg. A lamináris fülkék fölé helyeztük el az elszívó hálózat csomópontjait. A laminar fülkével szemben, a dolgozók mögött, a steril befúvókat. A befűjt levegő térbeli eloszlását (sebességét, és hőmérsékletét) a Trox Kft. programjával méreteztük. Az oldatkészítőben és az előkészítő helyiségben túlnyomást tartunk a kapcsolódó előtér és zsilip helyiségekhez viszonyítva. A helyiségek légforgalmát az orvos technológus tervezővel közösen határoztuk meg. (15 és 20x-os légcserék) A steril betegszobákban 10x-es légcserét terveztünk. A laborok és intenzív betegszobák a tetőn elhelyezett légkezelőről kapják a steril levegőt.





4.4 Ábra Metszet a citosztatikumokat előállító labor légtechnikai rendszeréről



4-5 Ábra Steril labor és steril betegszobák klímagépének kapcsolási vázlat

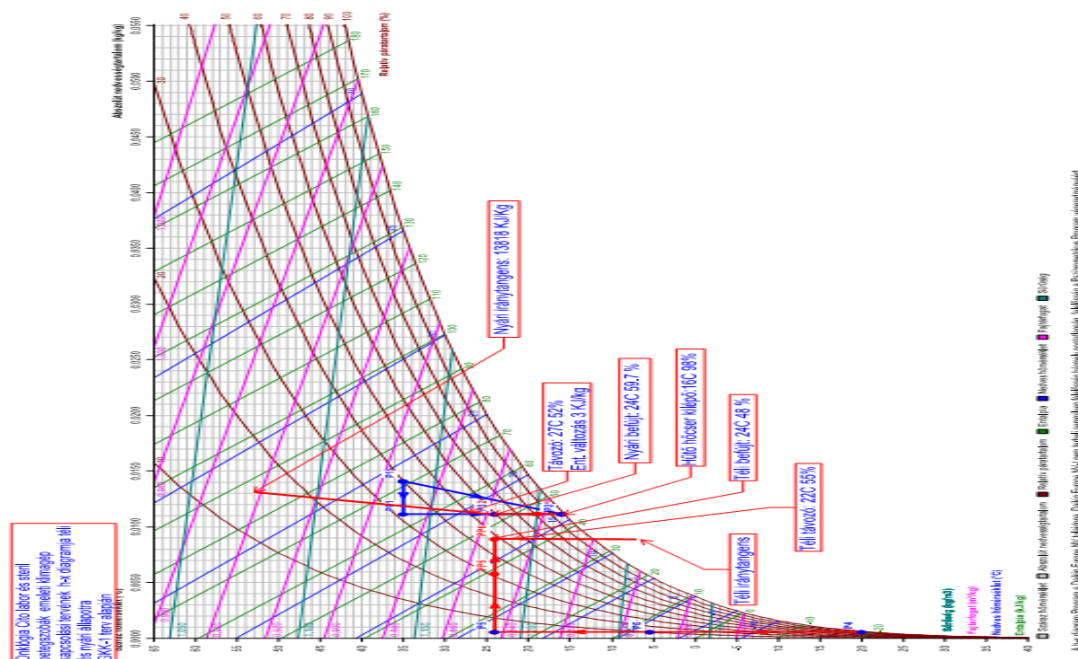
## 3.5. Klímatechnikai számítások:

### 3.5.1. Hőterhelés, nedvességterhelés, nyári hűtési igény a citolabor, és a steril szobáknál:

Légszállítás az előírt légcseres számok alapján:

- Oldatkészítő 20x-os,
- előkészítő 15x-ös,
- zsilip és átadó 10x-es,
- steril betegszobák 10x-es.
- Össz. légforgalom befűvás:  $3200 \text{ m}^3/\text{h}$  elszívás:  $2800 \text{ m}^3/\text{h}$

Hőcserélők teljesítményét annak figyelembevételével határoztuk meg, hogy a számított légszállítás mellett: -20°C téli és +35°C nyári külső hőmérséklet mellett is biztosítsák a laborokban előírt 22 - 24°C belső hőmérsékletet és 50% relatív páratartalmat. A befűjt levegő páratartalmát télen gőznedvesítéssel, nyáron szárítással majd utófűtéssel tartjuk a kívánt értéken. A hűtési és fűtési teljesítmények jelentős része - a technológia által előírt - tisztán friss levegő, téli felmelegítéséből, ill. nyári lehűtéséből származik



4-6 Ábra Citolabor és steril betegszobák h-x diagramja

A hőterhelés és a nedvességterhelés részletes számítása, az első emelet citolabor és steril betegszobák klimatizálásához:

$$t_{\text{belső}}: 24 \pm 2^\circ\text{C} \quad \varphi = 50 \pm 5\% \text{-nál}$$

- |     |   |                |       |
|-----|---|----------------|-------|
| a.) | 12 fő dolgozó és beteg, száraz hőleadása            | 12 x 70 W/fő = | 840 W |
| b.) | 12 fő dolgozó és beteg nedves hőleadása             | 12 x 46 W/fő = | 552 W |
| c.) | belsőterű laborban a beépített világítás hőleadása: |                | 500 W |
| d.) | számítógépek hőleadása a laborban:                  |                | 300 W |
| e.) | épületszerkezeteken át érkező hőnyereség 15h-kor:   |                | 850 W |

$$\text{Össz. hőterhelés:} \quad 3042 \text{ W}$$

$$\text{A nedves hőterhelés:} \quad Q_{\text{nedv1}} = 12 \times 46 = 552 \text{ W} = 0,552 \text{ KJ/s}$$

A levegőben a nedvesség gőz halmazállapotban van jelen. A gőz hőtartalmából a nedves gőz mennyiségét a párolgáshő segítségével tudjuk kiszámítani.

A gőz párolgáshője:  $r_{\text{gőz}} = 2512 \text{ KJ/kg}$

A gőz mennyisége:  $m_{\text{gőz}} = Q_{\text{nedv1}} / r_{\text{gőz}} = 0.552 / 2512 = 0,00022 \text{ kg/s}$

Az előzőekben meghatározott

$v_1 = 3200 \text{ m}^3/\text{h}$  levegő tömegárama

$m_1 = (3200 \times 1,2) / 3600 = 1,07 \text{ kg/s}$

ahol:  $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$  a levegő fajsúlya

A belső hőterhelésének ( $Q_{\text{b}} = 3042 \text{ W}$ ) elviteléhez **szükséges entalpiaváltozás:**

Összes hőterhelés / légforgalom  $= 3,04 \text{ KW} / 1.07 \text{ kg/s} = 2.84 \text{ KJ/kg}$  megközelítőleg: **3 KJ/kg**

A belső hőfejlődésből és nedvességterhelésből meghatározzuk az entalpiaváltozás iránytangensét.

$Q_{\text{b}} / m_{\text{gőz}} = 3,04 / 0,00022 = 13818 \text{ KJ/kg}$

A távozó légállapoton  $27^\circ\text{C}$  és 52% átfektetett iránytangensen az entalpianövekedés ( $\Delta h_1 = 3 \text{ KJ/kg}$ ) kimetszi a befűjt levegő légállapotát.

Befűjt levegő paraméterei: (lásd h-x diagram P3-as pont)

hőmérséklete  $t_{1\text{be}} = 24^\circ\text{C}$

levegő páratartalma: 59.7%

abszolút nedvessége: 0,0111 kg víz/kg lev.

entalpiaértéke:  $h_{3\text{be}} = 52.5 \text{ KJ/kg}$

A nyári állapotban a légkezelőbe épített hűtési hőcserélőnek a külső  $35^\circ\text{C}$ -os és 40% relatív nedvességtartalmú levegőt kell lehűteni. ( $h_{\text{külső}} = 71,5 \text{ KJ/kg}$  lásd: P1 pont)

A hőcserélő és a hűtőgép teljesítményét - a napjaink egyre melegebb időjárása miatt – erre a szélső értékre határoztuk meg.

A hűtő hőcserélőből kilépő levegő paraméterei:

hőmérséklete:  $16^\circ\text{C}$

páratartalma: 98%

entalpiaértéke:  $h_{2\text{ki}} = 44,3 \text{ KJ/kg}$  (lásd P 2 pont)

A frisslevegő teljes hűtési igénye:

$Q_{\text{hűtés1}} = m_1 \times (h_{\text{külső}} - h_{2\text{ki}}) = 1,07 \times (71,5 - 44,3) = 29,1 \text{ KW}$

A légkezelőnek általunk előírt légszállítási, hűtési, hővisszanyerő és fűtési hőcserélők adatait a GKK-1 kapcsolási tervünk tartalmazza.

### 3.5.2. Fűtési igény, téli nedvesítés igény a citolabor és steril szobáknál:

---

A laborok és betegszobák téli transzmissziós hőveszteségét  $+20^{\circ}\text{C}$  -ig a konvektív fűtés és a helyiségek téli hőnyeresége pótolja. A légkezelőkbe akkora teljesítményű fűtőberendezés beépítését terveztük, melyekkel a  $-20^{\circ}\text{C}$ -os frisslevegő felmelegítését  $+24^{\circ}\text{C}$ -ra azaz a befúvási hőmérsékletre biztosítani tudjuk.

Fűtési teljesítmény:

$$Q_{F1} = m_1 \times c \times \Delta t = 1,07 \times 1,0 \times 45 = \mathbf{48,15 \text{ KW}}$$

ahol:  $m_1$  = mozgatott tömegáram =  $1,07 \text{ kg/s}$

$c$  =  $1,0 \text{ KJ/kgK}$  levegő fajhője

$$\Delta t = -20 + 25 = 45^{\circ}\text{C}$$

A légkezelőbe épített keresztáramú lemezes hővisszanyerő a  $-20^{\circ}\text{C}$  -os levegőnek átadja az elszívott levegő hőjét, és előmelegíti a külső levegőt  $+5,4^{\circ}\text{C}$ -ra (lásd P 6 pontot) A fűtési hőcserélőnek erről a hőmérsékletről kell  $24^{\circ}\text{C}$ -ra felfűteni a külső friss levegőt.

A helységbe befűjt  $24^{\circ}\text{C}$  -os levegő a helyiségben  $22^{\circ}\text{C}$ -ra hűl le.

A  $2^{\circ}\text{C}$ -os lehűléskor történik meg az a hőcsere a helyiség szerkezeteivel, mely a  $20^{\circ}\text{C}$  -os helyiség hőmérsékletet  $+22^{\circ}\text{C}$ -ra felemeli. (Lásd h-x diagramban a téli állapotváltozást)

Téli nedvesítés gőzmennyisége:

A steril betegszobákba nem vezethetjük be a  $24^{\circ}\text{C}$  -ra felfűtött, de a fűtés következtében teljesen kiszáritott levegőt. A felfűtés végén a levegő relatív páratartalma  $3,1\%$  (lásd h-x diagram P5 pont) A légkezelő után a befúvó légcsatorna hálózatba elektromos fűtésű gőznedvesítőt építettünk be.

Nedvesítési igény számítása

A külső  $-20^{\circ}\text{C}$ -os  $3,1\%$  relatív nedvességtartalmú levegő abszolút nedvességtartalma (P5 pont)

$$X_{\text{külső}} = 0,0006 \text{ kg víz / kg levegő}$$

A  $t_{\text{belső}} 24^{\circ}\text{C}$  és  $\varphi = 47,9\%$  relatív nedvességtartalmú levegő abszolút nedvességtartalma (PP6 pont):

$$X_{\text{be}} = 0,0089 \text{ kg víz / kg levegő}$$

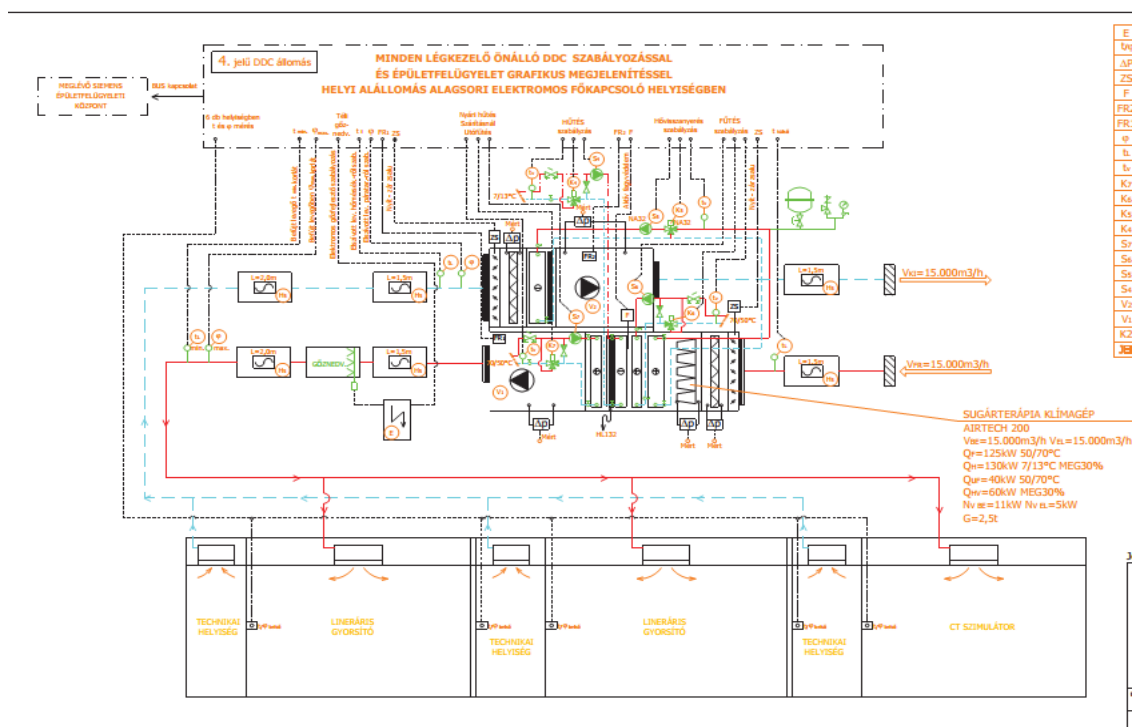
A nedvesítés szükséges mennyisége:

$$W = m_1 X (X_{be} - X_{külső}) = 1,07 \times (0,0089 - 0,0006) = 0,008881 \text{ kg/s}$$

$$W = 0,08881 \times 3600 = \mathbf{32 \text{ kg/h}}$$

A fenti mennyiségű vizet kell gőz formájában a frisslevegős légkezelőknél a befűjt légáramba beporlasztani. Ezt a folyamatot az elektromos fűtésű gőznedvesítők elvégzik. (lásd GKK-1 terv)

### 3.5.3. Hőterhelés, nedvességterhelés, nyári hűtési igény, az alagsori sugárterápia helyiségeinél



4-7 Ábra Sugárterápia klímagép kapcsolási vázlata

Légcsere a vonatkozó hatásági előírásokban rögzített számok alapján a sugárterápiás helyiségekben: 10-szeres. Az orvos-technológus tervezővel helyiségenként egyeztetjük a légcsere számokat, melynek eredményeként a technológia által igényelt légforgalom:

Befűtés: 15000 m³/h      Elszívás : 15000 m³/h

A külső és belső méretezési alapadatok (hőmérséklet, páratartalom) megegyezik a citolabor és steril betegszobáknál rögzített értékekkel. (külső hőm. 35°C és 40% , belső hőm.22°C és 50%)

A hőterhelés és a nedvességterhelés részletes számítása:

35 fő dolgozó és beteg, száraz hőleadása:  $35 \times 70 \text{ W/fő} = 2450 \text{ W}$

35 fő dolgozó és beteg, nedves hőleadása:  $35 \times 46 \text{ W/fő} = 1610 \text{ W}$

Alagsori földbe süllyesztett helyiségekben a beépített világítás hőleadása:  $4500 \text{ W}$

Számítógépek hőleadása a vezérlő és irányító helyiségekben:  $3300 \text{ W}$

Épületszerkezeteken át érkező hőnyereség 16h-kor :  $1850 \text{ W}$

**Össz. hőterhelés:  $Q_{\delta} = 13\,710 \text{ W}$**

A nedves hőterhelés:  $Q_{\text{nedv1}} = 35 \times 46 = 1610 \text{ W} = 1,61 \text{ kJ/s}$

A levegőben lévő gőz mennyisége:  $m_{\text{gőz}} = Q_{\text{nedv1}} / r_{\text{gőz}} = 1,610 / 2512 = 0,00064 \text{ kg/s}$

Az előzőekben meghatározott  $v_1 = 15\,000 \text{ m}^3/\text{h}$  levegő tömegárama

$$m_1 = (15\,000 \times 1,2) / 3600 = 5,0 \text{ kg/s}$$

A belső hőterhelésének ( $Q_{\delta} = 13\,710 \text{ W}$ ) elviteléhez **szükséges entalpiaváltozás:**

Összes hőterhelés/légforgalom  $= 13710 \text{ kW} / 5 \text{ kg/s} = 2,74 \text{ kJ/kg}$  megközelítőleg: **3 kJ/kg**

A belső hőfejlődésből és nedvességterhelésből meghatározzuk az entalpiaváltozás iránytangensét.

$$Q_{\delta} / m_{\text{gőz}} = 13710 / 0,00064 = 21\,421 \text{ kJ/kg}$$

A távozó légállapoton  $27^{\circ}\text{C}$  és 50% átfektetett iránytangensen az entalpianövekedés,

$$(\Delta h_1 = 3 \text{ kJ/kg}) \text{ kimetszi a befűjt levegő légállapotát.}$$

Befűjt levegő paraméterei: (lásd h-x diagram P3-as pont)

hőmérséklete  $t_{1\text{be}} = 24^{\circ}\text{C}$

páratartalma: 59,7%

abszolút nedvessége:  $0,0111 \text{ kg víz/kg lev.}$

entalpiaértéke:  $h_{3\text{be}} = 52,5 \text{ kJ/kg}$

A nyári állapotban a légkezelőbe épített hűtési hőcserélőnek a külső  $35^{\circ}\text{C}$ -os és 40% relatív nedvességtartalmú levegőt kell lehűteni. ( $h_{\text{külső}} = 71,5 \text{ kJ/kg}$  lásd: P1 pont)

A hűtő hőcserélőből kilépő levegő paraméterei:

hőmérséklete:  $16^{\circ}\text{C}$

páratartalma: 98%

entalpiaértéke:  $h_{2\text{ki}} = 44,3 \text{ kJ/kg}$  (lásd P 2 pont)

A frisslevegő teljes hűtési igénye:

$$Q_{\text{hűtés1}} = m_{\text{IX}} (h_{\text{külső}} - h_{2\text{ki}}) = 5.0 \times (71.5 - 44.3) = 136 \text{ kW}$$

A légkezelőnek általunk előírt légszállítási, hűtési, hővisszanyerő és fűtési hőcserélők adatait a GKK-2 kapcsolási tervünk tartalmazza.

### 3.5.4. Fűtési igény, téli nedvesítés igény az alagsori sugárterápia helyiségeinél:

---

Az alagsori -5.4 méter mélységben téli transzmissziós hőveszteségét + 20°C -ig a konvektív fűtés és a helyiségek téli hőnyeresége pótolja. A légkezelőkbe akkora teljesítményű fűtőberendezés beépítését terveztük, melyekkel a -20°C-os frisslevegő felmelegítését +24°C-ra, azaz a befúvási hőmérsékletre biztosítani tudjuk.

Fűtési teljesítmény:

$$Q_{F1} = m_1 \times c \times \Delta t = 5,0 \times 1,0 \times 45 = 225 \text{ kW}$$

ahol:  $m_1$  = mozgatott tömegáram = 1,07kg/s

$c$  = 1,0 KJ/kgK levegő fajhője

$\Delta t$  = -20+25 = 45oC

A légkezelőbe épített közvetítő közeges hővisszanyerő a - 20°C -os levegőnek átadja az elszívott levegő hőjét, és előmelegíti a külső levegőt - 3°C-ra (lásd P 6 pontot.) A fűtési hőcserélőnek erről a hőmérsékletről kell 24°C-ra felfűteni a külső friss levegőt.

$$Q_{\text{hővissza}} = m_1 \times c \times \Delta t = 5,0 \times 1,0 \times (20 - 3) = 85 \text{ kW}$$

A beépített fűtési hőcserélő a 225-85 = 140 KW teljesítménynek felel meg.

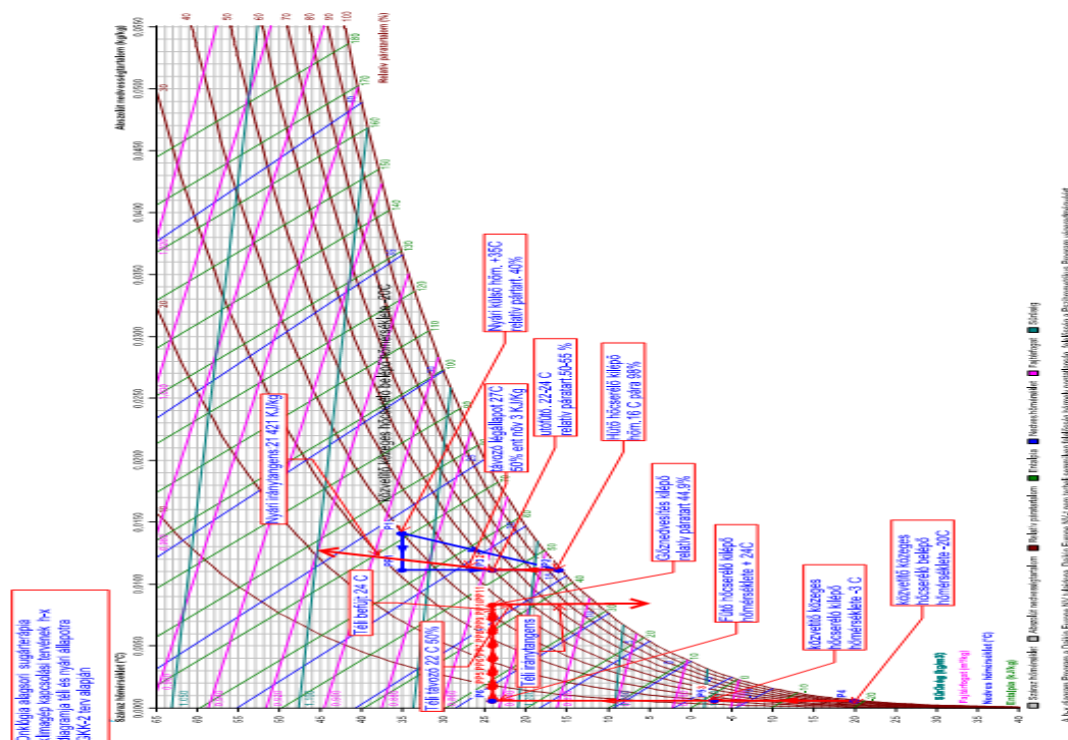
A helységbe befűjt 24°C - os levegő a helyiségben 22°C- ra hűl le.

A 2°C-os lehűléskor történik meg az a hőcsere a helyiség szerkezeteivel, mely a 20°C - os helyiség hőmérsékletet +22°C-ra felemeli. (Lásd h-x diagramban a téli állapotváltozást)

Téli nedvesítés gőzmennyisége:

A sugárterápia helyiségeibe nem vezethetjük be a 24°C -ra felfűtött, de a fűtés következtében teljesen kiszáritott levegőt. A felfűtés végén a levegő relatív páratartalma 3,1% lásd h-x diagram P5 pont





4-8 Ábra Sugárterápia helyiségeinek h-x diagramja

A légszűrő után a befűvő légcsatorna hálózatba elektromos fűtésű gőznedvesítőt építettünk be.

Nedvesítési igény számítása:

A külső  $-20^{\circ}\text{C}$ -os 3,1% relatív nedvességtartalmú levegő abszolút nedvességtartalma (P5 pont)

$$X_{\text{külső}} = 0,0006 \text{ kg víz / kg levegő}$$

A  $t_{\text{belső}} = 24^{\circ}\text{C}$  és  $\phi = 47,9\%$  relatív nedvességtartalmú levegő abszolút nedvességtartalma (PP6 pont):

$$X_{\text{be}} = 0,0089 \text{ kg víz / kg levegő}$$

A nedvesítés szükséges mennyisége:

$$W = m_{\text{ix}} (X_{\text{be}} - X_{\text{külső}}) = 5.0 \times (0,0089 - 0,0006) = 0,0415 \text{ kg/s}$$

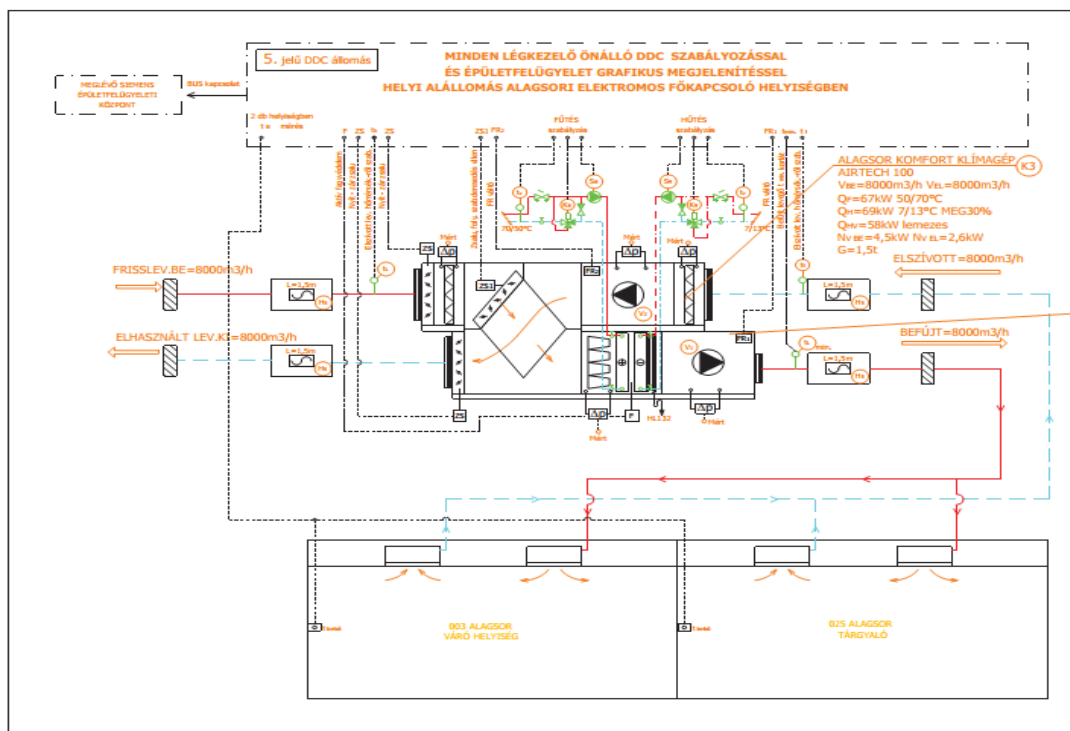
$$W = 0,0415 \times 3600 = 150 \text{ kg/h}$$

A fenti gőzmennyiséget a befűvő légcsatornába elektromos fűtésű gőznedvesítővel porlasztjuk be.



### 3.5.5. Komfort klíma az alagsor betegváró, átöltöző zsilib és vezérlő terek helyiségeihez

Betervezett gép alagsori gépházban. Kapcsolási terv GKK-3, melynek részletét bemásoltuk.



4-9 Ábra Alagsori komfort klímagép kapcsolási vázlata

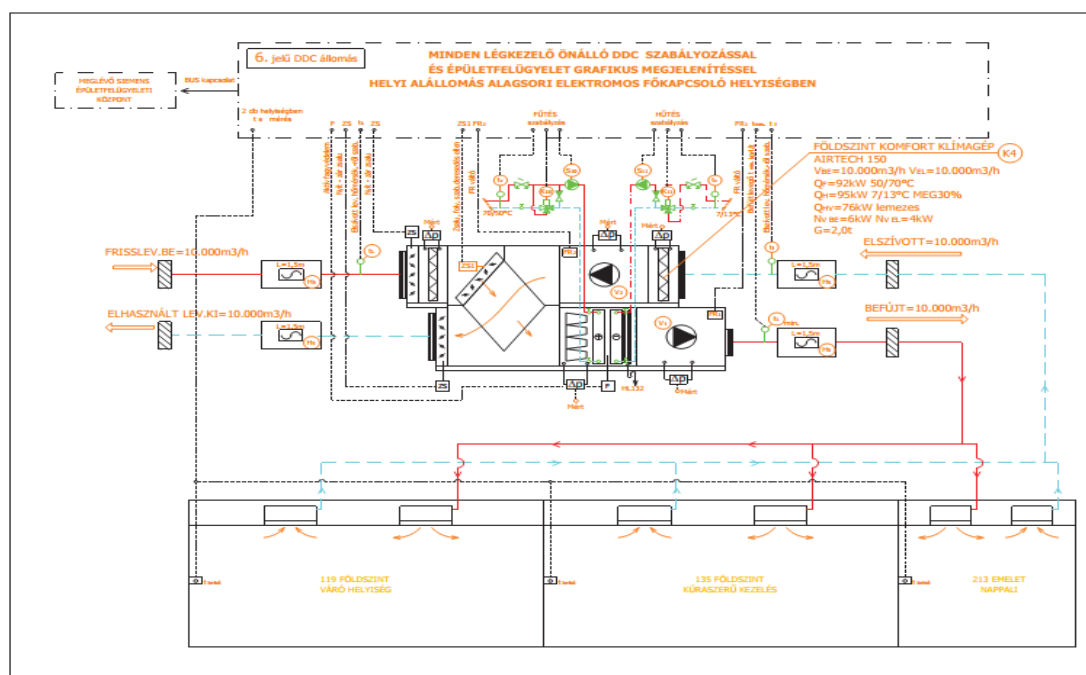
A kapcsolási terven is látható, hogy ebben a gépben már nem építettük be a levegő nedvesítéséhez szükséges elemeket. A légkezelő olyan helyiségek hűtését - fűtését és frisslevegő ellátását biztosítja, melyeknél nem előírás a páratartalom meghatározott értéken tartása. A beruházási és üzemeltetési költségekkel történő takarékoság miatt le kellett mondani a nedvesség szabályozásáról. A gépekbe lemezes hővisszanyerőt terveztünk be, mely télen az elszívott levegő hőtartalmát átadja a beszívott frisslevegőnek. A levegő hűtésének és fűtésének állapotváltozása a h-x diagramban azonos a GKK-1 és GKK-2 terven szereplő hűtési és fűtési móddal, így ezeket még egyszer nem ábrázoltuk.

A klímagép adatai:

$$V=8000 \text{ m}^3/\text{h}, Q_{\text{Fűtés}}=67 \text{ KW}, Q_{\text{Hűtés}}=69 \text{ KW}, Q_{\text{Hővissza}}=58 \text{ KW}.$$

### 3.5.6. Komfort klíma a földszint és első emelet közösségi tereihez, össz hűtési – fűtési igény:

Betervezett gép alagsori gépházban. Az előzőekhez hasonlóan ennél a rendszernél sem előírás a levegő nedvesítésének a megoldása, így a komfort klíma kapcsolása (GKK-4 terv) nem tartalmazza a levegő nedvesítéséhez szükséges elemeket. Tájékoztatásul bemásoltuk a kapcsolási terv részletet.



4-10 Ábra Földszint és emelet klímagép kapcsolási vázlata

A klímagép adatai:

$$V = 11000 \text{ m}^3/\text{h}, Q_{\text{Fűtés}} = 92 \text{ KW}, Q_{\text{Hűtés}} = 95 \text{ KW}, Q_{\text{Hővissza}} = 76 \text{ KW}.$$

A hővisszanyerés lemezes hőcserélővel történik. A külső méretezési adatok ezeknél a gépeknél is, az első két gép (GKK-1 és GKK-2) adataival megegyeznek.

Tisztán frisslevegős klímák össz fűtési igénye:

**372 KW**

Hővisszanyerés:

231 KW 62%

A fűtés 70/50°-os rendszerrel, hőközpontból.

A hűtés **323 KW** tetőn elhelyezett folyadékhűtővel. A légkezelők és a folyadékhűtő kapcsolási tervét a GH-6A jelű terv tartalmazza.

A hűtéshez tartozik, hogy minden betegszobához VRV III-as (hűtési-fűtési hőszivattyús) kört terveztünk.

A szerver helyiségei, RACK szekrények inverteres, télen is üzemelő SPLIT klímákat kaptak.

Az alagsori légkezelők a liftek melletti szerelőaknában felvezetett közös beszívó hálózaton keresztül kapják a frisslevegőt. (lásd a csatolt 2.9.12-es fényképet)

A tetőn elhelyezett kompakt folyadékhűtő tartalmazza a puffertartályt, a tágulási tartályt és a keringtető szivattyút. A légkezelőkhöz a kapcsolási terven is láthatóan (GK-6A) a hőcserélők hűtési köreibe külön keverő szivattyúkat és szelepeket építettünk be. A keverő szelepeket a befűjt ill. visszaszívott levegő hőmérsékletéről és páratartalmáról „kaszád” szabályozzuk. A légkezelő hőcserélője állandó tömegáramot kap, a hűtési igényhez a belépő hidegvíz hőmérséklete igazodik. A 7°C-os előremenő hőmérsékletre – amely a folyadékhűtőből érkezik – csak a csúcsterhelésnél van szükség. A hűtési szezon nagy részében 10-12°C-os előremenő a kikevert belépő víz hőmérséklete. Ennek előnye, hogy a levegő nincs kiszáritva.

### **3.6. Energia felhasználási szempontok, költség vonzatok.**

#### **3.6.1. Energetikai adatok:**

Az onkológia épületét a tervezéskor érvényes hőtechnikai és energetikai előírásoknak megfelelően terveztük Az épület: **„A” ENERGIATAKARÉKOS**

Az épület fajlagos primér energiafogyasztása: **85,5 KWh/m<sup>2</sup>a**

Követelményérték: **145,8 KWh/m<sup>2</sup>a**

Az épületnek elkészítettük a WIN-WATT méretező programmal a transzmissziós téli és nyári hőterhelés számítását.

A transzmissziós méretezési adatok:

Alagsor 28,0 KW

Földszint 36,5 KW

Első emelet 63,8 KW

Második emelet 6,3 KW

**$Q_{\text{Rad}} = 135 \text{ KW}$**

Bejárati légfüggöny:  $Q_{\text{bléf}} = 25 \text{ KW}$

Teljes konvektív fűtési igény:  $Q_1 = 160 \text{ KW}$

## Klímák fűtési és hűtési igénye

### **GKK-1 terv Steril klíma**

$$V = 3200\text{m}^3/\text{h} \quad Q_F = 40 \text{ KW} \quad Q_H = 29 \text{ KW} \quad Q_{UF} = 8 \text{ KW} \quad Q_{H\text{vissza}} = 37 \text{ KW}$$

### **GKK-2 terv Sugárterápia**

$$V = 15000\text{m}^3/\text{h} \quad Q_F = 125 \text{ KW} \quad Q_H = 130 \text{ KW} \quad Q_{UF} = 40 \text{ KW} \quad Q_{H\text{vissza}} = 60 \text{ KW}$$

### **GKK-3 terv Alagsor komfort**

$$V = 8000\text{m}^3/\text{h} \quad Q_F = 67 \text{ KW} \quad Q_H = 69 \text{ KW} \quad Q_{H\text{vissza}} = 58 \text{ KW}$$

### **GKK-4 Földszint + I. emelet komfort**

$$V = 11000\text{m}^3/\text{h} \quad Q_F = 92 \text{ KW} \quad Q_H = 95 \text{ KW} \quad Q_{H\text{vissza}} = 76 \text{ KW}$$

---

$$\Sigma_F = 324 \text{ KW} \quad \Sigma_H = 323 \text{ KW} \quad \Sigma_{UF} = 48 \text{ KW} \quad \Sigma_{H\text{vissza}} = 231 \text{ KW}$$

A tisztán frisslevegős klímák fűtési igénye az utófűtőkkel együtt

$$Q_{FÜÖ} = 324 + 48 = 372 \text{ KW}$$

Hővisszanyerés teljes üzemben  $Q_{H\text{vissza}} = 231 \text{ KW}$

A hőcserélők téli deresedése miatt, - amikor nincs hővisszanyerés-, nem vonhatjuk le teljes egészében a bevitt hőből a visszanyert hőt.

A frisslevegős gépek fűtési csúcs hőigényét 50 %-os hővisszanyerés feltételezésével határozzuk meg.

$$Q_{Légkez} = 280 \text{ KW}$$

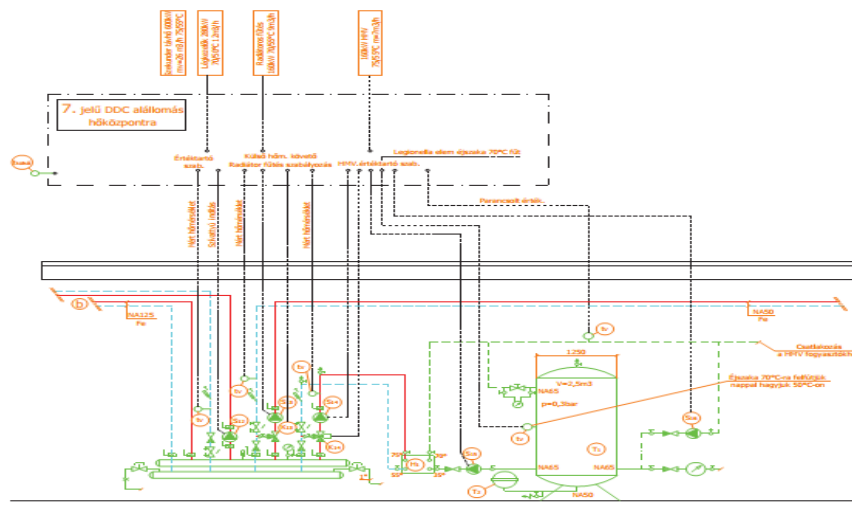
**A létesítmény teljes fűtési igénye:**

$$Q_{össz} = Q_1 + Q_{Légkez.} + Q_{H\text{MV}} = 160 + 280 + 160 = \underline{\underline{600 \text{ KW}}}$$

Az „A” épület indító hőközpontjában a gőz/melegvíz hőcserélőt a fenti teljesítményre méreteztük.

Az „A” épületben a fűtési hőfoklépcső: 80/60° szekunder, mely 0.5 bar telített gőzből állítunk elő. A fűtési vizet előszigetelt távfűtési csőhálózaton vezetjük az ONKOLÓGIA épület alagsorába.

Az Onkológia fogadó hőközpontjában a hőfoklépcső 75/55° primér.



4-11 Ábra Fogadó hőközpont kapcsolási vázlata

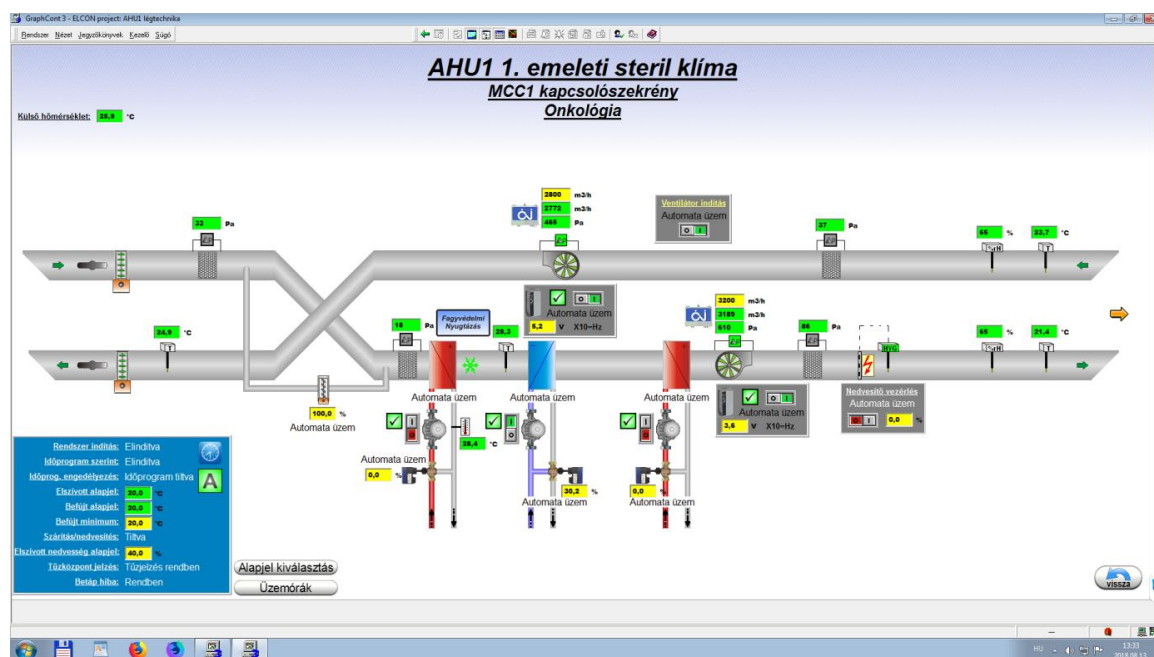
A fenti értékekből látható, hogy a transzmissziós hőveszteség (160 KW) a teljes fűtési igénynek (600KW) mindössze a 27 %-a. **Az onkológia épületében a frisslevegős klímák és a HMV készítés hőigénye a meghatározó.** A klímákba hővisszanyerőket terveztünk, a HMV készítés csúcsigényét egy 2500 l-es tároló beépítésével csökkentettük. A létesítmény működését meghatározó klíma és HMV készítésen, további energia megtakarítási lehetőséget nem tudtunk létrehozni úgy, hogy azzal ne veszélyeztetnénk a gyógyászati tevékenység biztonságos működését. Az épület fokozottabb hőszigetelése nem lenne gazdaságosan megtérülő, hiszen csak a 27%-os transzmissziós hőveszteségben jelentene 1-2% -os megtakarítást. Mivel a létesítmény megvalósításának költségei felső korláttal rendelkeztek, így más javaslatot nem tudtunk tenni az energia felhasználás csökkentésére. (Napelemeket a helikopter leszálló miatt az épületen nem tudtunk elhelyezni, azt kórház egy másik beruházás keretében a szomszédos épületen helyezte el.)

### 3.6.2. Költség adatok:

A kiviteli terveket 2013. november adtuk át a megrendelőnek. A kivitelezők versenyeztetése után a beruházás 2014 közepén kezdődött el és 2015 decemberében készült el. Az építmény nettó költsége, az orvostechnológiai berendezések nélkül: 1.215 milliárd Ft volt. Ebből az épületgépészet nettó költsége: 0.243 milliárd Ft. Ez a nettó építmény költség 24%-a. A beépített orvostechnológiai berendezések (2db lineáris gyorsító, CT,) az építmény költség kétszeresét tették ki. A létesítmény teljes nettó bekerülési költsége 4.273 milliárd Ft volt. A költségekből látható, hogy a sugártechnológiai berendezések milyen meghatározó értéket képviselnek a létesítményen belül. Ezek a berendezések csak akkor működnek, ha a technológiai és a helyiségek hűtését biztosító klíma rendszerek kifogástalanul üzemelnek.

### 3.7. Irányítástechnikai rendszerek.

Az épületgépészeti rendszerek szabályozását és vezérlését egy központi épületfelügyeleti rendszer látja el. A jelen anyaghoz csatolt kapcsolási tervek (GKK-1, GKK-2, GKK-3, GKK-4) illetve a hőközpontok, a technológiai hűtés, a füstelszívások stb. kapcsolási sémáját mind átadtuk az épületfelügyeleti tervet, és az irányítástechnikai rendszerek kivitelezését készítő szakvállalkozónak. A gépész kapcsolási terveken meghatározott szabályozási követelmények betartását egyeztettük, majd részt vettünk a rendszerek besabályozásában. A szabályozási tervek programját a besabályozás során több esetben a programot készítő irányítástechnikai szakember kérésünkre módosította. A beüzemelés végén a közös munka eredményét adtuk át a megrendelőnek. Az elkészült irányítástechnikai rendszer és klímák az elmúlt 3 évben minimális hibával működtek. A diszpécser a felügyeleti központban a jelen anyaghoz csatolt, folyamatábrát látja a számítógép képernyőjén. (Lásd csatolt: ahu-1, ahu-2, ahu-3, ahu-4 fényképeket) Ha hibajel érkezik, akkor be tud avatkozni, ill. a szükséges intézkedések megtétele után a hibajelét törölni tudja. A diszpécser az onkológia vezetőinek kérésére változtatni tudja az alapjeleket. Jelenleg a mellékelt ahu-1, ahu-2, ahu-3, ahu-4 folyamatábrán látható értékekre történik a klímarendszerek szabályozása. A szabályozás ún. kaszkád szabályozás. Az elsőszámú alapjel a helyiségből elszívott levegő hőmérséklete és páratartalma. Ennek beállított értéke 22-24°C és 40-50% relatív páratartalom. A követő jel a helyiségbe befűjt levegő hőmérséklete. Ezt nyáron alsó értékben 18°C korlátozzuk. A mellékletben megtalálható folyamatábrákon a külső, a belső, az elszívott, a befűjt hőmérsékletek 2018.08.13. nap 11h-i tényleges értékeket tartalmazzák.



4-12 Steril klímagép épületfelügyeleti sémája

### 3.8. Üzemeltetési tapasztalatok.

---

A létesítmény üzemelését az elmúlt három évben folyamatosan figyelemmel kísértük. Bármilyen probléma felmerült, azonnal a helyszínre mentünk és részt vettünk a felmerült probléma megoldásában. Az elmúlt években komoly probléma, - mely akadályozta volna a gyógyító tevékenység folytatását - nem merült fel. A kisebbeket a következők szerint foglaljuk össze:

Az alagsori légkezelők (AHU-2, AHU-3, AHU-4) a liftek melletti szerelőaknában felvezetett közös beszívó hálózaton keresztül kapják a frisslevegőt. (Lásd a csatolt 2-9.12 es fényképet.) A frisslevegő beszívó zsalu az elmúlt télen egy nagyon párás-hideg napon lejegesedett. A lecsapódott zúzmarától lecsökkent a beszívó felület, és a klímagépek kevesebb levegőt szállítottak, mint az elszívógépek. Ezáltal a közösségi terek depressziósak lettek.

A hiba tanulsága, hogy a szabad keresztmetszetre vonatkozó beszívási sebességet nem szabad 3 m/s fölé vinni, a páralecsapódás veszélye miatt. ( $F_{szabad} = 5 \text{ m/s}$  volt.)

A hibát úgy orvosoltuk, hogy a közös beszívó zsalu alatti légcsatorna, alsó oldalát is megnyitottuk. Ezzel a beszívási keresztmetszet megnőtt, a sebesség lecsökkent, alacsony beszívási sebességnél nincs zúzmara képződés a beszívó zsalun. Másrésről a tetőn, - a szabadon lévő vízszintes légcsatorna felülről védi az újonnan megnyitott alsó nyílást, - így pára nem tud arra lecsapódni.

#### 3.8.1. A hűtési rendszerek üzemeltetésének tapasztalatai

---

##### 3.8.1.1. Technológiai hűtés

A helyiségek beszabályozásakor a fan-coil készülékek fordulátát 2-es fokozatra állítottuk. (3 fokozat van.) A kívánatos befűvási hőmérsékletet a hűtővíz mennyiségének változtatásával biztosítottuk. A technológiai hűtőkör kapcsolása a GH-6B jelű terven látható. (A terven szerepel a beszabályozó szelepek beállítási értéke is.)

Az üzembe helyezéskor ez a hűtés okozta a legnagyobb gondot, mivel próbaüzem alkalmával nem volt elegendő hűtés, és a hibára leálltak a gyorsítók. Először abban kerestük a hibát, hogy a 7/13-as hűtővíz helyett 13/18°-os rendszerrel üzemeltünk, és a Fan-coilok teljesítménye lecsökkent. Többszöri közös hibakeresés után kiderült, hogy a Fan-coil vezérlő termosztátja fordítva volt bekötve, és nem nyitotta a hűtési szelepeket, hanem zárta a hűtési igénykor.

A beüzemelés alkalmából a lineáris gyorsítókat üzembe helyező svájci szakemberek külön mérték a hűtővíz belépő nyomását, hőmérsékletét, és az átáramló hűtővíz percnyi



menntiségét. (Mérőműszerek beépítését lásd. GK-9 terven.) A mérés után a frissvíz betáp elzáró csapját nyitva felejtették és a nyers víz beáramlott a zárt glykolas hűtési körbe. A 6 bar nyomású víz lefűjta a biztonsági szelepet, és kinyomta a glykolt a hűtési körből. A hiba kijavítása után külön figyelmeztető táblákat helyeztünk el a helyes elzárási sorrend feltüntetésével.

A technológiai hűtés télen-nyáron azonos mértékű. A tetőn elhelyezett folyadékhűtőt kondenzátor-nyomásszabályozással láttuk el, amely  $-20^{\circ}\text{C}$  külső hőmérsékletig is biztosítja a hűtőgép működését a kondenzátor-ventilátorok fordulatszámának szabályozásával.

A technológiai folyadékhűtő szabályozási programját az üzembe helyezést követően - a szakszervíz szakembereivel - frissítettük. Az  $1/3 + 2/3$  teljesítményű gép teljesítmény szabályozott. A hűtővíz visszatérő hőmérsékletét tartja  $13 + 2^{\circ}\text{C}$ -on. Azaz, ha a visszatérő víz eléri a  $15^{\circ}\text{C}$ -ot, akkor először az  $1/3$  gép kapcsol be. Ha a visszatérőt nem tudja a folyadékhűtő  $13^{\circ}\text{C}$ -ra lehűteni, akkor bekapcsol a  $2/3$  teljesítményű kompresszor is. A gépek lekapcsolása a bekapcsolással fordítottan történik. Először a  $2/3$  teljesítményű kompresszor áll le. Ha a hűtővíz visszatérő hőmérséklete tovább csökken, és lemegy  $13^{\circ}\text{C}$  alá, akkor kikapcsol a kisebb  $1/3$ -os teljesítményű kompresszor is. Ezt a sugárterápiás gépek 2-25 KW teljesítmény igényére többször ellenőriztük és megfelelőnek bizonyult.

Az elmúlt két télen a technológiai hűtés hiba nélkül üzemelt. A vészűtést csak egyszer kellett üzembe helyezni, azt is csak működésének ellenőrzése céljából.

### 3.8.1.2. Komfort hűtés

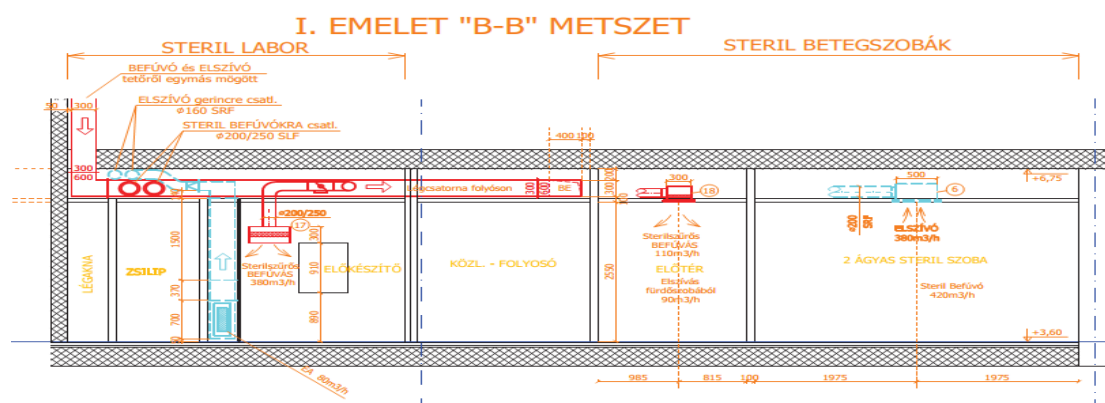
A tetőn elhelyezett kompakt folyadékhűtő tartalmazza a puffertartályt, a tágulási tartályt és a keringtető szivattyút. A légkezelőkhöz a korábban említett kapcsolási terven is láthatóan a fűtési és hűtési körökbe külön keverő szivattyúkat és szelepeket építettünk be. A keverő szelepeket a befűjt ill. visszaszívott levegő hőmérsékletéről és páratartalmáról „kaskád-módon” szabályozzuk. A légkezelő hőcserélője állandó tömegáramot kap, a hűtési igényhez a belépő hidegvíz hőmérséklete igazodik. A  $7^{\circ}\text{C}$ -os előremenő hőmérsékletre – amely a folyadékhűtőből érkezik – csak a csúcsterhelésnél van szükség. A hűtési szezon nagy részében  $10-12^{\circ}\text{C}$ -os előremenő a kikevert belépő víz hőmérséklete. Ennek előnye, hogy a levegőt nem szárítjuk ki. Télen elektromos fűtésű gőzporlasztók segítségével tartjuk a sugárterápia helyiségeiben, a steril szobákban és a steril laborokban az előírt  $50 \pm 5\%$  relatív légnedvességet.



A citosztatikus laborban és előkészítő helyiségében külön előírás (OGYI-P-68-2008/2012) szabályozza a parenterális<sup>1</sup> készítmények előállítását.

Ezekben a helyiségekben a hőmérséklet és a páratartalom szigorú megkötésén túl a befűvőkba H-14 (HEPA) szűrőket kell beépíteni. A helyiségben a túlnyomás 15-25Pa a szomszédos helyiségekhez képest.

A laborok és az intenzív betegszobák a tetőn elhelyezett légkezelőről kapják a steril levegőt. Az üzemeltetésben a gondot az első időszakban az jelentette, hogy a laborban dolgozók által igényelt hőmérséklet alacsonyabb volt, mint a kétágyas elkülönítőkben lévő betegek igénye (közös rendszer.) Itt egy kis átszabályozást végeztünk. A betegszobák légmennyiségét 20%-kal csökkentettük, és ez már nem okozott hidegérzetet. Így is egy főre 180m<sup>3</sup>/h frisslevegő bevitel maradt meg, a légcseré 10-szeresről 8-szorosra csökkent. Ez a vonatkozó MSZ-03-190-87 szabvány „alacsony csiraszintű helyiségek II-es helyiségcsoport” követelményeinek megfelelt.



4-13 Ábra Metszet a Cito laboron és Steril betegszobákon át.

A légkezelőket frekvenciaváltós ventilátorokkal terveztük. A légmennyiség csökkentése a frekvenciaváltó segítségével nem okozott gondot.

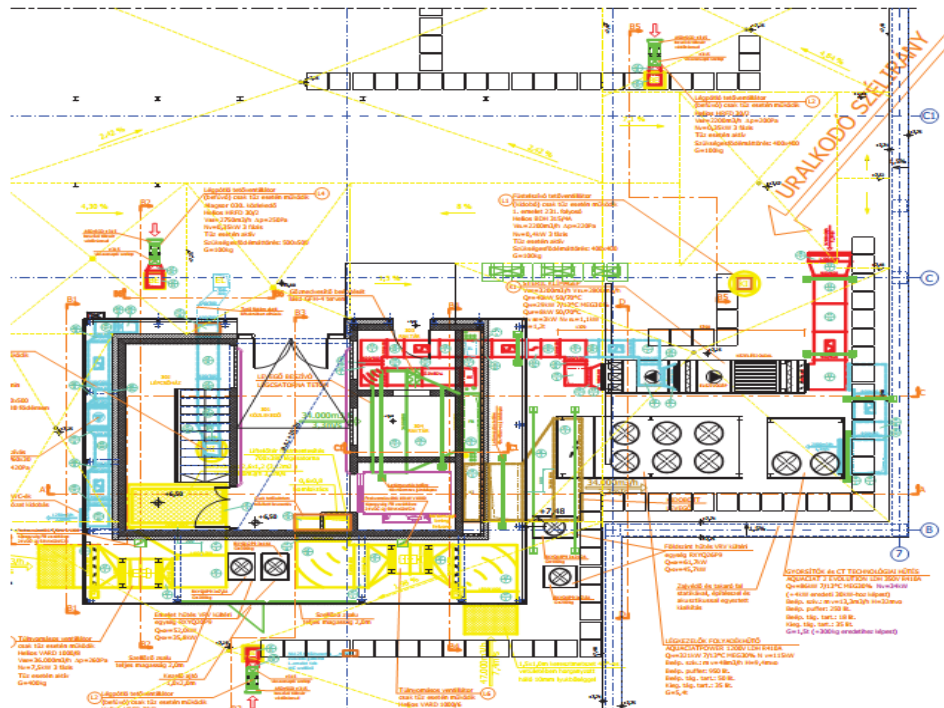
### 3.8.1.3. Heliport

A leszállópálya üzemeltetési érdekességei közül kettőt emelek ki:

- Helikopter kipufogógáz bekerülésének elkerülése a frisslevegő beszívó nyílásoknál: A megoldás az, hogy figyelembe vettük az uralkodó szélirányt. A helikopterek mindig széllel szemben szállnak le. A szél elviszi a kipufogógázt a frisslevegő felületek elől. A mi beszívó felületeink a széliránnyal szemben vannak, így normál esetben nem jut be a kipufogógáz a klíma rendszerekbe.

<sup>1</sup>Olyan eljárás, mely a tápcsatorna kikerülésével juttat tápanyagot vagy gyógyszert a szervezetbe.

Abban a ritka esetben, amikor nem az uralkodó szélirányból száll le a helikopter azt előre jelzik a diszpécsernek. Ekkor a leszállás 1-2 perc időtartamára a frisslevegő beszívó gépeket leállítják, mely a 10x-es óránkénti légcserénél nem okoz zavart a helyiségek hűtési és fűtési üzemében. (A technológiai hűtés természetesen folyamatosan működik, ez nem tartozik frisslevegős rendszerekhez.)



4-14 Ábra Tető alaprajzi részlet, uralkodó széliránnyal



4-15 Ábra Folyadékűtők, VRV egységek, beszívó és kidobó légcsatornák

b.) Lángzárak beépítése:

A tűzrendészeti tervező előírta a leszálló pálya közepén elhelyezett esővíz lefolyóba lángzár beépítését. (Lásd 2-9.14 fényképet) Ez azt hivatott megakadályozni, hogy ha a helikopter lezuhanna, és a kerozin kifolyik, majd begyullad, az ne tudjon az épületen áthaladni – nemesacélból elkészített – csapadékvíz elvezetőn végigégni.

A gondot csak az jelentette, hogy a 0,7 mm résszélességű lamellák, melyek a tűz terjedését megakadályozzák a lángzárban, hamar eltömődtek a tetőről bejutó szennyeződéstől. (A tető cementsimított burkolatából a helikopterek az apró részecskéket kipörgették, és az esővel azok a lángzárba jutottak.)

Itt a megoldás az volt, hogy az összefolyó rácsba egy finom szitaszövetet építettünk be, és a tetőt újra burkolták műgyantával, melyből az esővíz a továbbiakban nem hordta ki az apró szemcséket, melyek korábban a lángzárak eltömődését okozták.



4-16 Ábra Helikopter leszálló az ONKOLÓGIA épület tetején.



## 4. IT technológia épületgépész tervezése (Virág Zoltán)

---

### 4.1. Bevezetés

---

A feladat megismerése után az egyik legfontosabb feladat számunkra, hogy több, egymástól független megoldást tudjunk ajánlani a Megrendelőnek. Ezen megoldások mindegyikének maximálisan ki kell elégítenie az elvárásokat. Nagy hangsúlyt kell fektetni a gépterem és a gépészet közötti kapcsolatra. Törekedjünk a flexibilitás maximalizálására és az energiaigény minimalizálására.

Tervezőként a géptermi koncepciókat – a szervergyártók piaci trendjeit figyelembe véve – úgy dolgozzuk ki az épület egészére nézve, hogy az ne legyen gyártó specifikus. Természetesen ez magában foglalja a moduláris működtetés lehetőségét is, így lehetőség adódik energiaigény és költség csökkentésére is, ha az épület kihasználtsága kevesebb, mint 100% lenne. Ez a kialakítás megfelel mind a flexibilitási, mind a modularitási elvárásoknak.

Miután megvizsgáltuk magát az épületet, kreatív ötleteket felvonultatva a lehető legtöbb oldalról járjuk körbe a szóba kerülő rendszereket. Ezeket mind gépészeti, mind energetikai oldalról vizsgáljuk meg. Vizsgáljuk annak a lehetőségét is, hogy hogyan tudnánk megújuló energiákat integrálni a rendszerekbe. Elemezzük a különböző megoldások esetleges kapcsolatát is. Válasszuk ki mely rendszerek felelnek meg az elvárásoknak. Ettől függetlenül fontosnak tartjuk, hogy a Megrendelő több változat közül választhasson, hogy számára mely megoldást tartja az ideálisnak.

Különös figyelmet fordítsunk a folytonos energiaellátás biztosítására – a 99,999% rendelkezésre állás miatt –, illetve a feladathoz illeszkedő minimum  $2N$  illetve  $2N+1$  redundancia biztosítására. A különböző változatok kialakításában természetesen az energia megtakarítás és visszanyerés is fontos szerepet kapjon.

A hűtési rendszer esetében a rugalmasságot és a modularitást összehangoljuk a szerveregységek kialakításával. A hűtőgépek teljes állapotfigyelését felügyeleti rendszer monitorozza, online beavatkozási lehetőséggel. Az irodák és a géptermi szellőzőgépek SLA szemléletben moduláris kialakításúak lesznek. A fogyasztás költségei minden egységnél kimutathatók.

A következő részekben a különböző megoldásokat ismertetjük.



## 4.2. Gépészeti feladatkör

### 4.2.1. Méretezési alapadatok

Külső méretezési adatok:

	Méretezési hőfok [°C]	Páratartalom [%RH]
Télen	-13	80
Nyáron	40	40

Belső hőmérsékletek:

	Téli hőfok (fűtés) [°C]	Nyári hőfok (hűtés) [°C]
Adatközponti zónák	23	24
UPS	20	25
Főkapcsoló helyiség	20	30
Közeledők	22	26
Oltóközpont	20	28
Iroda	22	26
Vizesblokk	20	26

Belső páratartalom:

	Min. páratartalom [%]	Max. páratartalom [%]
Adatközponti zónák	40	60
UPS	40	60

Belső hőfejlődés:

Emberek	116	W/fő
Világítás koncepció alapján felülvizsgálandó	20	W/m <sup>2</sup>
Adatközponti zónák	–	W/m <sup>2</sup>
UPS kiválasztás után adatlapból	–	W
Főkapcsoló helyiség kiválasztás után	–	W
Akku helyiség kiválasztás után	–	W
Vészhelyzeti aggregátorok kiválasztás után	–	W

### 4.2.2. Biztonsági követelmények

---

A beruházáshoz készített rendszerek tervezésénél figyelembe kell venni a cél-létesítmény rendeltetését. A rendeltetésből adódóan nagyon magas, csaknem 100%-os biztonsági szintet kell biztosítani. Előírányzottan a beruházás egészére vonatkozólag legalább a TIER3+ biztonsági szintet teljesíteni kell, ahol a rendelkezésre állási osztály a működési idő ~99,99%-a. BITKOM ajánlás alapján a TIER3 99,982%-ot jelent, ahol az informatikai rendszer hűtését többszörös energiabetáplálással kell ellátni, de csak egy aktív redundanciát kell beépíteni. Ennek a követelménynek az N+1-es redundancia szint felel meg. Ez nem jelent mást, mint egy további egység biztosítása a normál működéshez szükséges darabszám (N) felett. Például, ha három hűtőgép szükséges az adatközpont hűtésének ellátásához, akkor egy negyedik is biztosított. A gyakorlatban ez a redundancia szint egy berendezéshiba tűrést és párhuzamos karbantarthatóságot biztosít.

Az adatközpontnak szegmentáltan képesnek kell lennie a TIER4 biztonsági szintre is, ez rendelkezésre állási osztályban 99,995% működési valószínűség az üzemidőre vonatkoztatva. A BITKOM ajánlás szerint többszörös aktív hűtőtéljesítmény betáplálás szükséges és a hűtési rendszerelemeket is ehhez hasonlóan több aktív körös megoldással kell kialakítani. Minimálisan a 2N redundancia szint felel meg ennek, tehát kétszer annyi egységet illesztünk a rendszerbe, mint amennyi egyébként szükséges lenne. Ezt egyszeres hibatűrésnek nevezhetjük, tehát a teljes alaprendszer kiesése esetén sem áll le a működés.

A 99,999%-os rendelkezésre állást minimálisan a 2N+1 redundancia szinttel lehetne megvalósítani, ami a TIER4 feletti biztonsági szintet jelenti. A hűtés megvalósítására több kisebb teljesítményű gépet, illetve gépcsoportot terveztünk be. A 2N biztonsági szintet így egy kisebb méretű gép hozzáadásával 2N+1 redundancia szintre emeltük, amely bizonyos meghibásodási esetekben alkalmas a kétszeres hibatűrésre is.

### 4.2.3. Szellőzés technikai elvek

---

Az épületkomplexumban a szellőzést alapvetően három csoportra lehet bontani. A géptermi szellőzés a rendeltetésből adódóan csak minimális frisslevegő-mennyiséggel történne. A gépterem nem komforttér, így a frisslevegő bevitel minimális légmennyiségre lesz méretezve, a belső hőfejlődést különálló, erre a célra tervezett hűtőgépekkel vezetjük el, így elkerülve nagymennyiségű levegő folyamatos keringtetését. Ez a légtechnikai rendszerben energia megtakarítást eredményez, hiszen a kisebb méretű frekvenciaváltós ventilátorok kevesebb villamos energiát fogyasztanak. A géptermek esetén ezért mindössze óránkénti egyszeres, esetleg másfélszeres légcserét biztosítanánk, amely bőven kielégíti az esetlegesen fellépő

frisslevegő igényt. A gépterembe bevezetett levegőnek meg kell felelnie a technológiai követelményeknek, így a hozzátartozó légkezelő tervezésénél figyelembe kell venni a szállított légmennyiséget, az igényelt hűtési és fűtési teljesítményt. A légkezelő melegenergia ellátására a csatlakozó hűtőegységek hulladék-hője alkalmas. Hűtési igény esetén a külső hűtőegységek által termelt hűtőfolyadék alkalmazható.

Az irodaépületek frisslevegő ellátása a géptermekekéhez hasonlóan lenne megvalósítva. A külön légkezelő berendezés ellátása külön hűtőegységről történne, amelynek kondenzátor oldalán a keletkezett hő hasznosítható használati melegvíz termelésre. Az iroda esetében már komforttérrel van szó, így a vonatkozó EN 15251 európai norma alapján kerülne meghatározásra a frisslevegő mennyisége. Az irodák esetében a légkezelők feladata a kellő mennyiségű és minőségű frisslevegő biztosítása. A szükséges levegőtemperálást felület hűtéssel-fűtéssel vagy fan coil rendszerrel oldanánk meg.

A harmadik szellőzési csoport a vizesblokkok szellőztetése. Ebben az esetben a mellékhelyiségekben depressziós szellőzést alkalmaznánk, amelynek frisslevegő utánpótlása a környező helyiségekből vagy mosdóknál történő befúvásból történne. Külön elszívó hálózat tervezését javasoljuk a vizes blokkok elszívására, melynek kidobó helyét megfelelően kell megválasztani.

Mindhárom szellőzés esetén az energiahatékonyság nagy szerepet kap. A légkezelők a belső térből elszívott, használt levegővel egy hővisszanyerőn keresztül fűtenék, vagy hűtenék a belépő levegőt annak hőmérséklete szerint. További energia-megtakarítást jelent, hogy az EuP irányelvek alapján kiadott 641/209/EK rendeletnek megfelelő szivattyúk kerülnek betervezésre. A rendelet alapján 2013. január 1-től az Európai Unió területén, így Magyarországon is csak meghatározott energiahatékonysági indexszel (EEI) rendelkező nedvestengelyű keringető szivattyúk hozhatók forgalomba. Ezeket az előírásokat csak az elektronikusan szabályozott szivattyúk teljesítik. A rendelet nem rendelkezik a száraztengelyű keringető szivattyúknál a teljes berendezésről, azonban a szivattyúkat hajtó villanymotorokra szintén meghatározásra került minimálisan megkövetelt hatásfok-osztály. Így a magas hatásfokú motorokon kívül preferálja a fordulatszám-szabályozott motorok/szivattyúk alkalmazását is. A gépészeti koncepciók az említett rendeletek figyelembe vételével lettek kialakítva.

### **4.3. Modul rendszerek ismertetése**

---

#### **4.3.1. Kialakítási lehetőségek**

---

A kiírásban megadott rack egységekre vonatkozó  $1\text{T/m}^2$  terhelési értéket az általunk javasolt megoldások teljesíteni tudják.

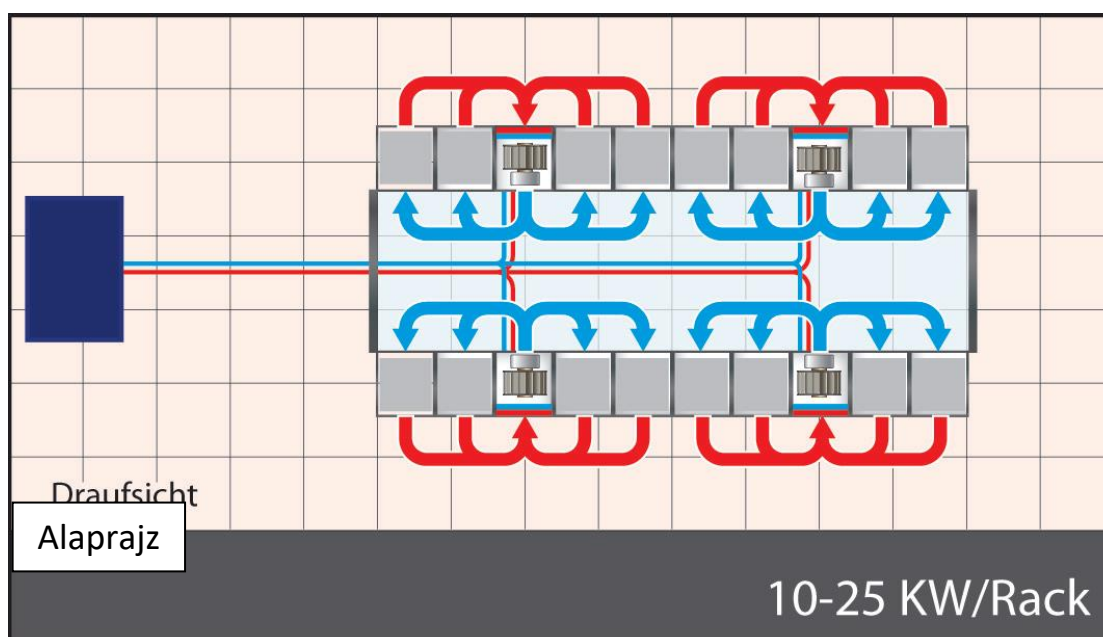


Álpadló kialakítását javasoljuk, így álmennyezet kialakítása szükségtelen, hiszen a karbantartást és az átépítési lehetőségeket erősen korlátozza.

A piaci trendek és a saját tapasztalatok figyelembe vételével a koncepciót magas teljesítménysűrűségekre dolgozzuk ki, hiszen a Blade szervereknél a megbízható működést a hotspot-ok kialakulásának megakadályozása jelenti.

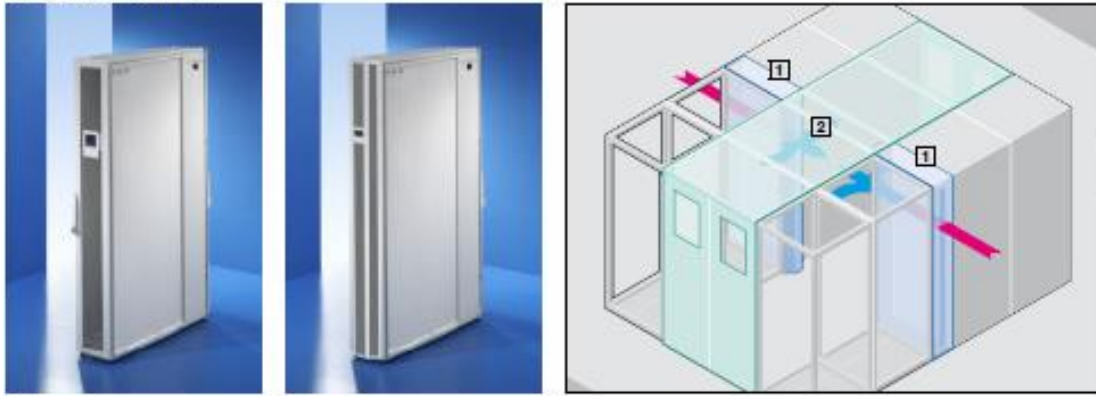
#### 4.3.1.1. Hidegfolyosós hűtési rendszer

A meleg helyek elkerülésére a rackbe integrált vízhűtéses szerver megoldások jelentenek megoldást, vagy az irányított, folyosóba zárt túlnyomásos légvezetés a hideg oldal felől a meleg oldal felé. Ennek elvi sémája itt látható.



4.1. ábra Alaprajz

Ekkor a folyosóban a túlnyomásnak köszönhetően egyenletes a hőmérséklet, vagyis a rackek alsó és a felső pontjainál a belépő levegő hőfokkülönbsége kisebb, mint  $1^{\circ}\text{C}$ , így minden eszközt optimálisan tud hűteni. Ehhez arra is szükség van, hogy a ventilátorok a levegőt horizontálisan terítsék szét a racksorok között, mert vertikális légvezetés esetén (álpadlóból történő befúvásnál) a hőmérséklet különbségből eredő gravitációs hatás legyőzésére már nem képes a levegő. A sok iránytörésnél, valamint a belépésnél (nagy keresztmetszet változás) elveszti az energiáját (dinamikus nyomás) és a folyosóban rétegződik a hőmérsékletnek megfelelően. Ez esetben az eszközök beépítésénél mindig figyelembe kell venni a magasságot, hiszen a nagy hődisszipációjú elemeket a hideg pontokra, az alacsony hődisszipációjúakat a meleg pontokra optimális beépíteni.

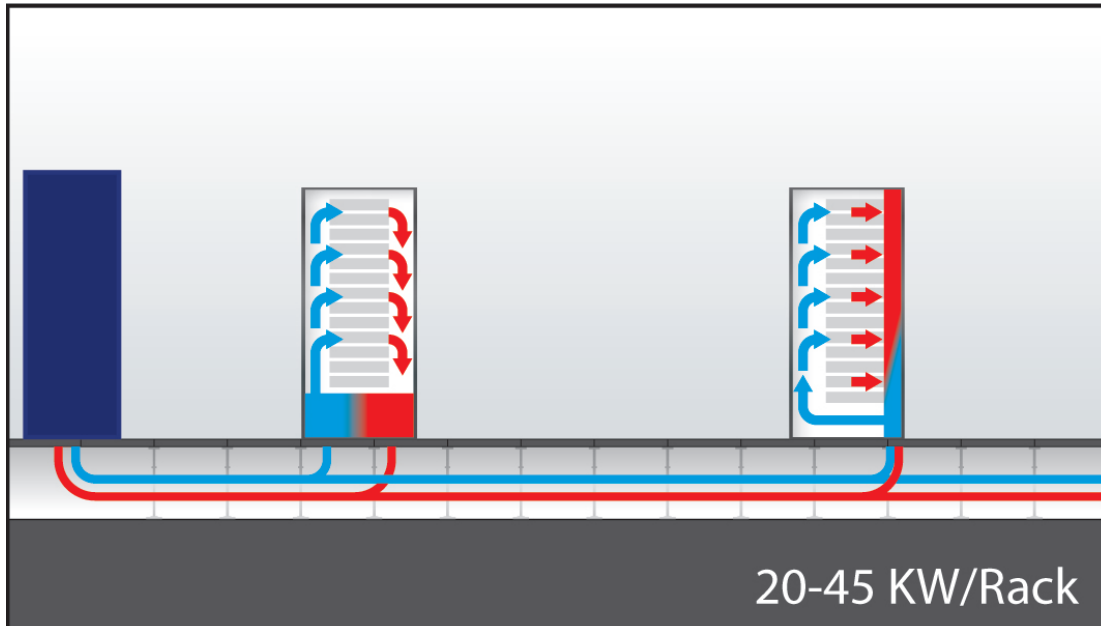


4.2. ábra Hidegfolyósós hűtési rendszer

### 4.3.2. Rackbe integrált zárt hűtési rendszer

Másik oldalról megközelítve a kérdést, a kiírásban szereplő  $3 \text{ kW/m}^2$  átlagos teljesítménysűrűség még nem, de a min.  $10 \text{ kW/RACK}$  hődisszipáció már megköveteli a berendezés alapú – zárt (containment) hűtési megoldást. Így a tervezett kollokáció mindenféle termikus ellenőrzés nélkül megvalósítható, a szervereket akár egy csoportba is lehet integrálni. Hosting szempontból ez kedvező beépítést eredményez.

$10 \text{ kW/RACK}$  hődisszipációs érték felett a rack alapú – zárt (high performance) hűtési megoldást javasoljuk. Elvi sémája itt látható.



4-3. ábra Elvi séma

A hűtő eszközök hasonlóak az imént bemutatott megoldáshoz azzal a különbséggel, hogy itt a levegőt a rackek elejébe fújjuk be és az eszközök mögött a felmelegedett levegőt szívjuk vissza. A berendezések IP védettsége nagyobb, kisebb a por és a zajterhelés a helyiségekben.



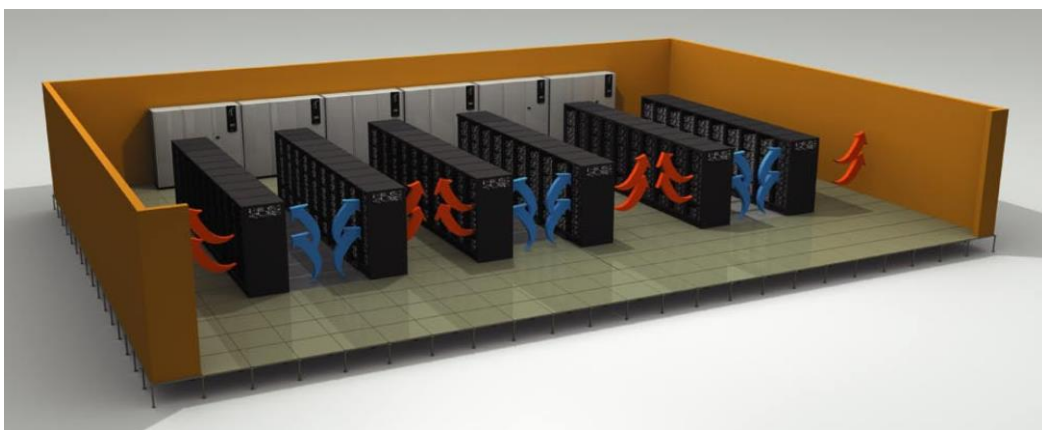
4.4. ábra RACK-be integrált hűtési rendszer

A rendszer előnye, hogy mindkét rendszer kiépíthető belőle egymással párhuzamosan és ezek mikro-modulonként (rack+hűtő) bővíthető. Egy racksorban természetesen csak egyfajta megoldás tud működni, de a sorok tetszőlegesen választhatóak és a korábban felsorolt előnyök ennél a megoldásnál is megvannak.

Álpadló magasságát minimális szinten lehet tartani, hiszen ott levegőt nem kell áramoltatni, így az épület alacsonyabb lehet.

### 4.3.3. Álpadlós hűtési rendszer

A hűtési rendszer megvalósítható álpadlón keresztüli légbefúvással is. A rendszer telepítéséhez számos apró részletet gondosan meg kell tervezni. Nem megfelelő tervezés esetén az érzékeny műszaki berendezések könnyen tönkremehetnek lokális túlmelegedés miatt. A tervezés során nagymennyiségű levegő szállításával kell számolni, amelyet a befúvás után homogénen kell eloszlatni a nagy hőterhelésű rack szekrények szívóterében. Az álpadló magassága is jelentősen emelkedik, ami magasabb beruházási költséget eredményez, mivel az épület egészét meg kell növelni. A nagymennyiségű keringtetett levegőben lévő por mennyisége is nagyobb, így a megfelelő szűrésről is gondoskodni kell, illetve üzemeltetés során a szűrők karbantartását, rendszeres ellenőrzését is meg kell valósítani.



4.5. ábra Álpadlós hűtési rendszer

## 4.4. Szabadhűtés előnyei

---

A hűtőelemek nagyhatékonyságú hűtést valósítanak meg. Ez a megnövelt hőátadó felületnek és a nagy teljesítményű precíziós ventilátoroknak köszönhető. A szerverközpont működése szempontjából fontos légállapot alakul ki segítségével ugyanakkor energiatakarékosan hűt. Az üzemelési hőfoklépcsője 15/20°C, így nem von ki nedvességet a helyiség levegőjéből, vagyis nem pazarol energiát a levegő szárítására és természetesen légnedvesítésre sincs szükség. A magas visszatérő hőmérsékletből adódóan a szabad hűtés már 18°C-nál bekapcsolódik a hűtésbe, így csökken az energia ráfordítás. Ennek bizonyításául egy általános példa a 7/12°C-on üzemelő rendszerekkel szemben, ahol 10°C-os külső hőmérséklet esetén kapcsol csak be a szabad hűtés:

### *4.6. ábra Szabadhűtés energia megtakarítása*

Az ábrából látszik, hogy magas hőmérsékletű serverhűtés alkalmazásával – a kondenzáció veszélye nélkül – a szabad hűtés által elért energia megtakarítás akár 30 % is lehet a 7/12°C alacsonyhűtésű rendszerrel szemben.

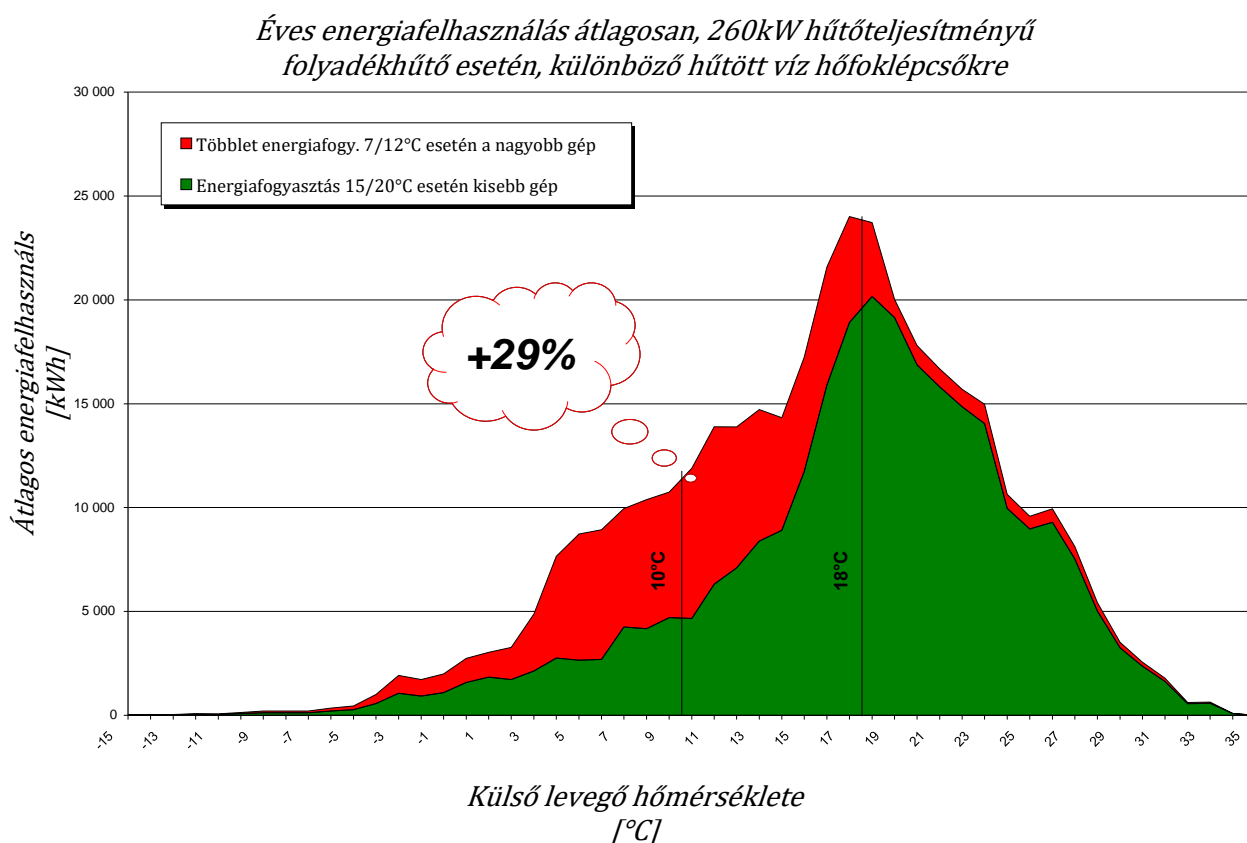
Ez annyit tesz, hogy a hűtési idő, esetünkben az év közel 1/3-ban tud a rendszer csökkentett energiafelhasználással üzemelni. A diagramból jól látszik, hogy ez Magyarországra vetítve a leggyakrabban előforduló hőmérsékletet jelenti.

Minél magasabb hőfoklépcsővel dolgozunk, annál nagyobb belső hűtőelem méretekre van szükség, ugyanakkor annál kisebb folyadékű teljesítményre. Az optimális megoldást az nyújtja, hogy a megfelelő redundancia szinthez kiválasztott számú

hűtőegységek a lehető legnagyobb hőátadó felülettel látjuk el, így az előremenő víz hőfok magas tud maradni (15°C). Ezzel azt érjük el, hogy a folyadékhűtő kisebb teljesítményű lehet, vagyis jelentősen kevesebb energiát használ fel.

A következő diagramban összehasonlítható két ugyanarra a teljesítményre kiválasztott – alacsony víz hőmérsékletű nagyobb hűtőgép – és magasabb víz hőmérsékletű kisebb hűtőgép.

Az előzőekben megismert megnövekedett szabadhűtéses időtartamot felhasznált villamos energiában is ki tudjuk fejezni:



Az ábrából látható, hogy 15/20°C-os rendszer alkalmazása esetén az energia-megtakarítás közel 30%-os. Természetesen a folyadékhűtők kiválasztásánál a megadott külső méretezési állapotokra végeztük el a számítást.

## 4.5. Fokozatos kiépítés

A flexibilitás és a modularitás az elsőszámú szempont. Ezt a szempontrendszert a megoldásaink mind a négyzetméter alapú és mind a teljesítmény igény változás alapján ki kell, hogy szolgálják. A javasolt rendszerek ennek 100%-osan eleget tesznek, hiszen szabadon konfigurálhatóak a rack-ek, többször átépíthetőek, hűtésükre többféle megoldás létezik.

A beruházás előkészítés, tervezés folyamatának mindenképpen a belső magtól kell indulnia és az egységtől haladva a rendszer felé növekvően kell, átgondoltan kialakítani az elképzelést. Ez esetben az adatközpont atomja a beépítendő informatikai egység (szerver, blade, switch stb.), ezeket rackszekrényekbe építjük, amikből sorokat alakítunk ki, majd ezeket egymással párhuzamosan építjük ki arra a méretre, amely biztonsággal el tudja látni az adott feladatot. Ez lehet akár több ezer négyzetméter is.

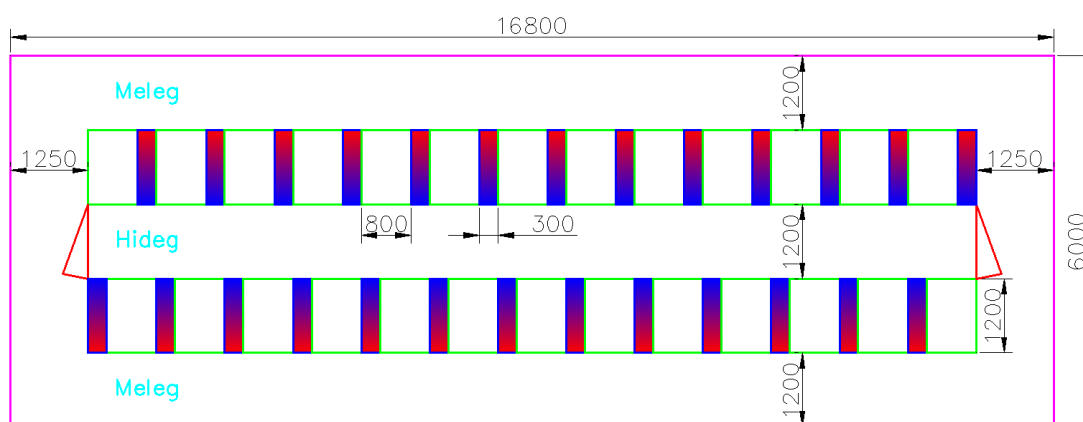
Az induló 2 000m<sup>2</sup> induló géptermi kapacitást a mi megoldásunkkal nem szükséges teljesen kiépíteni, mert egészen kis egységekre bontható (szerverrack + hűtőrack) egy modul.

#### 4.5.1. 100m<sup>2</sup>-es egység

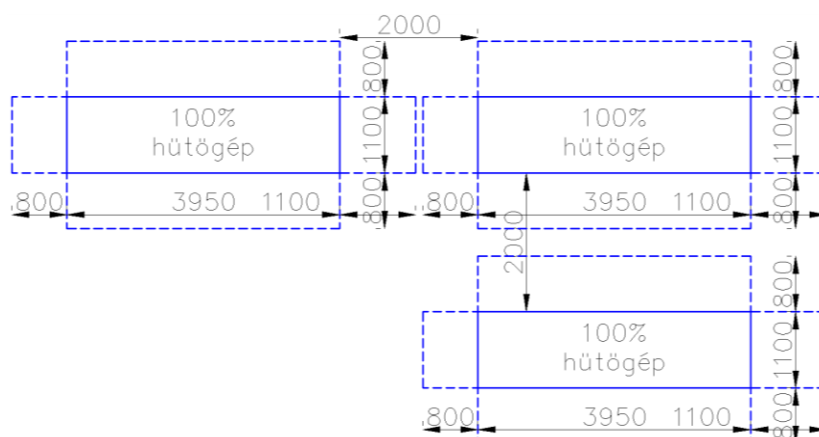
10 kW/Rack hűtési igény esetén:

Számítógép szekrények száma:	26 db
Maximális hűtési igény:	260 kW
Hűtőegységek száma 2N+1 redundancia esetén:	26 db

Alaprajz:



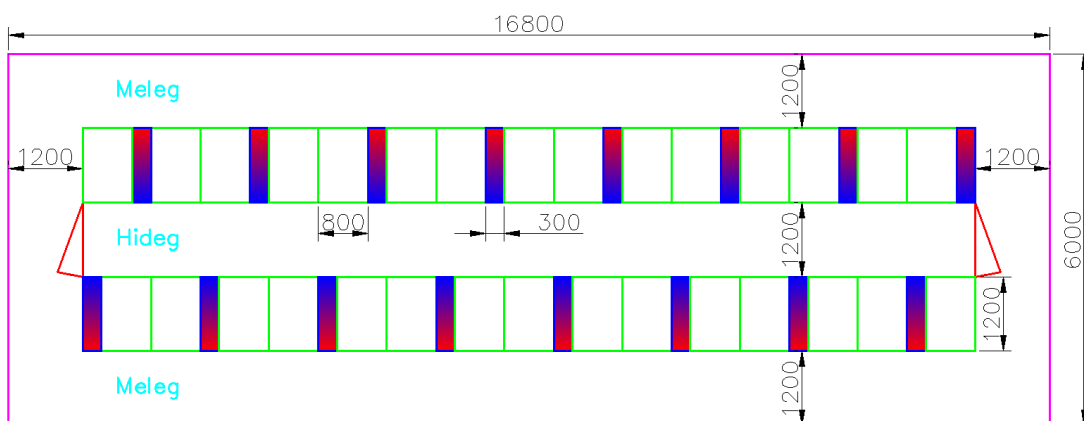
Gépek elhelyezése:



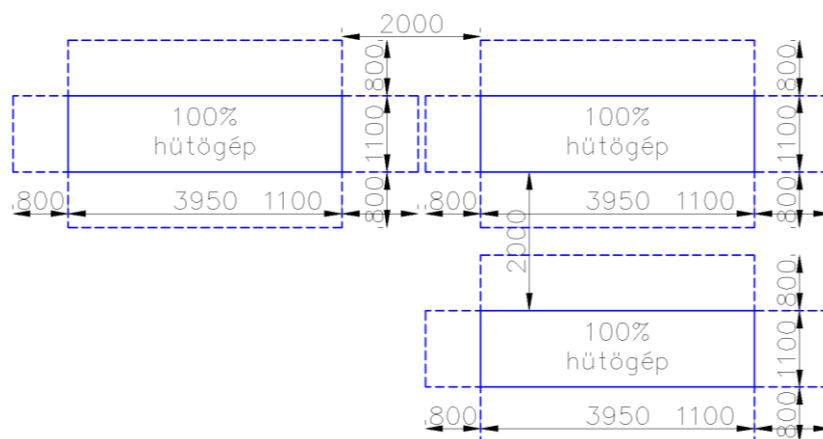
3 kW/m<sup>2</sup> hűtési igény esetén:

Számítógép szekrények száma:	30 db
Maximális hűtési igény:	135 kW
Hűtőegységek száma 2N+1 redundancia esetén:	16 db

Alaprajz:



Gépek elhelyezése:



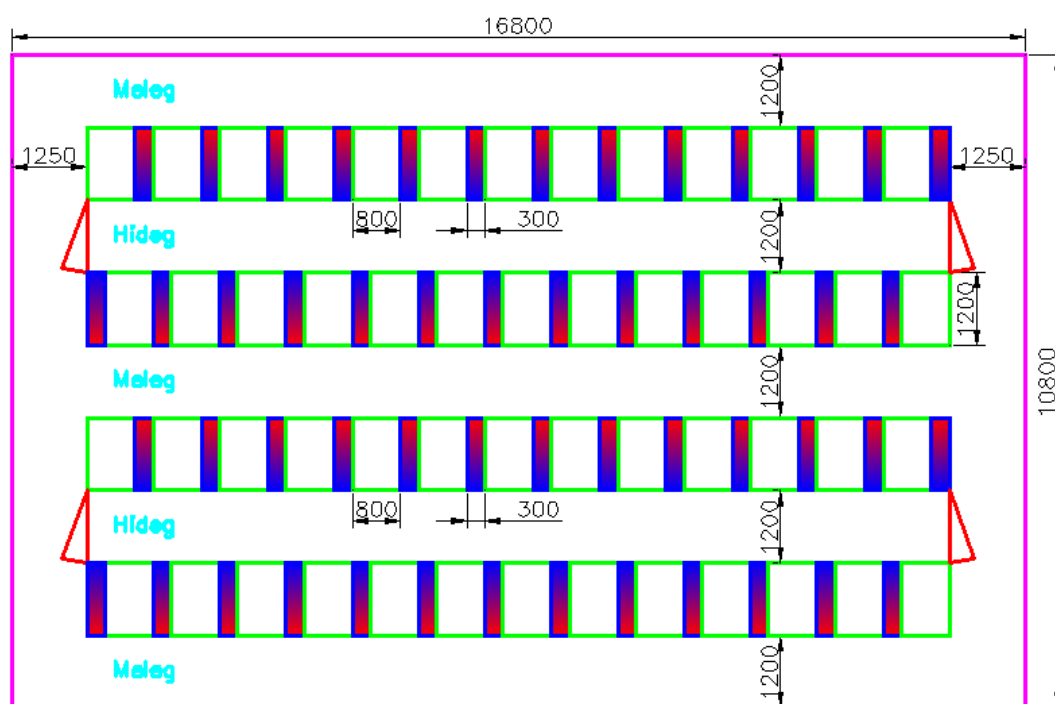
Az elrendezési vázlatokból látszik, hogy mindkét esetre megfelelő a javasolt 100m<sup>2</sup>-es alapterület. A további gépterem méreteket csak a maximális hűtési igényre dolgoztuk ki, mivel teljesítményben ez a meghatározó. Természetesen a későbbiekben vázolt további modul méretek is megfelelőek mind a kisebb, mind a nagyobb hűtési igények kiszolgálására.



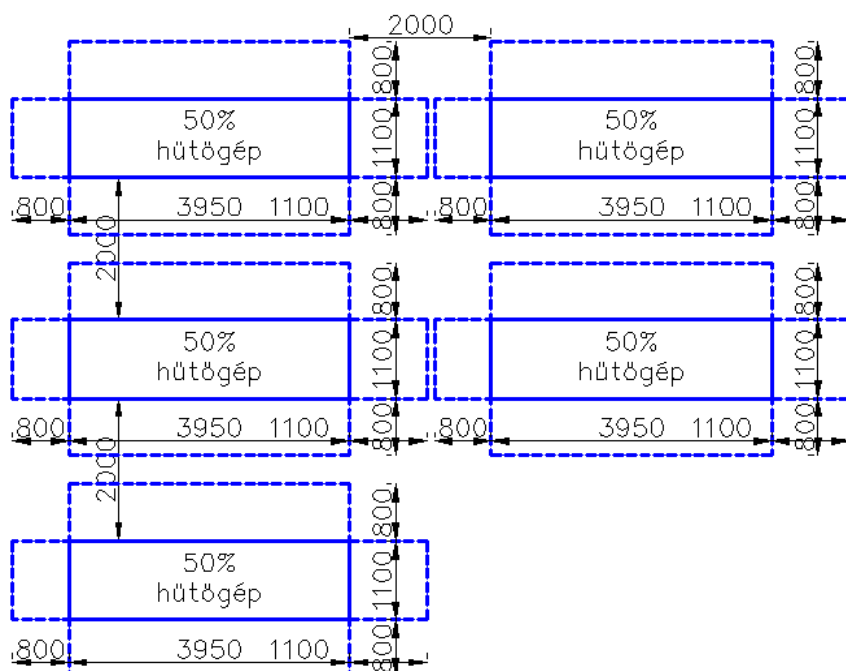
#### 4.5.2. 180m<sup>2</sup>-es egység

Számítógép szekrények száma:	52 db
Maximális hűtési igény:	520 kW
Hűtőegységek száma 2N+1 redundancia esetén:	52 db

Alaprajz:



Gépek elhelyezése:



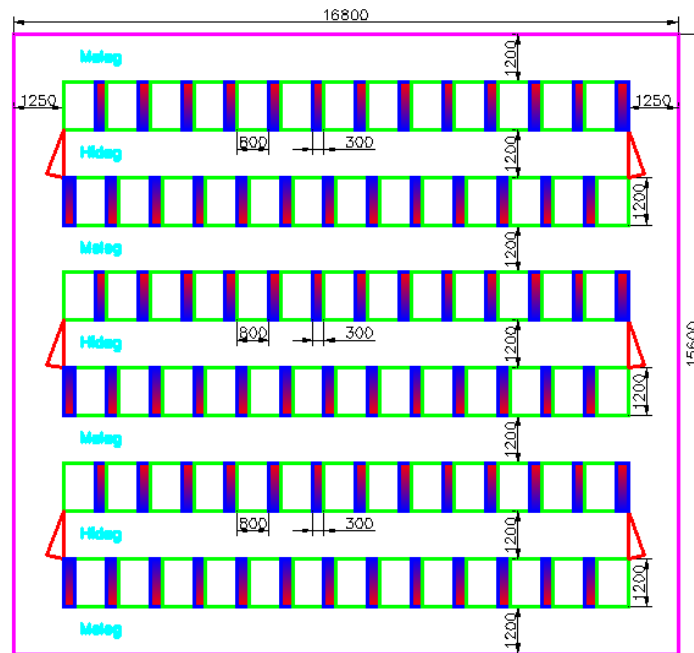
### 4.5.3. 260m<sup>2</sup>-es egység

Számítógép szekrények száma: 78 db

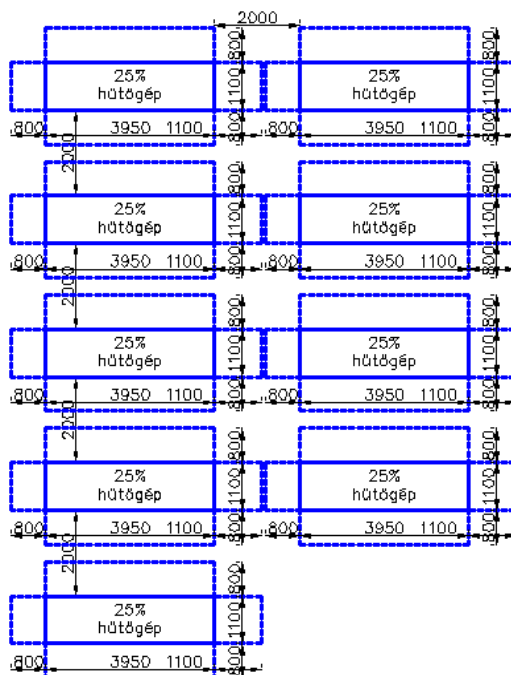
Maximális hűtési igény: 780 kW

Hűtőegységek száma 2N+1 redundancia esetén: 78 db

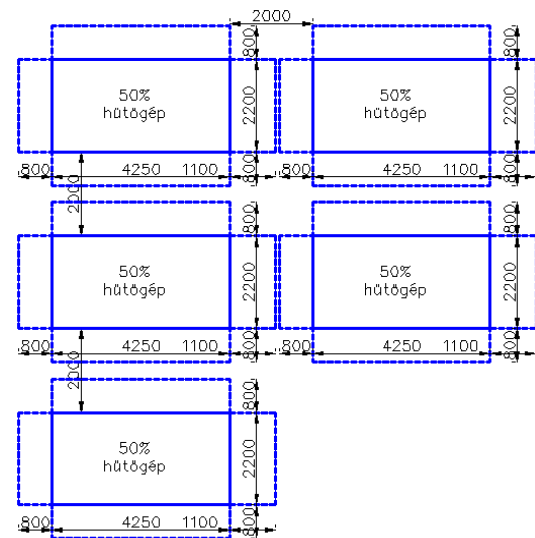
Alaprajz:



Gépek elhelyezése:



1. megoldás (100-as alapmodulokból)

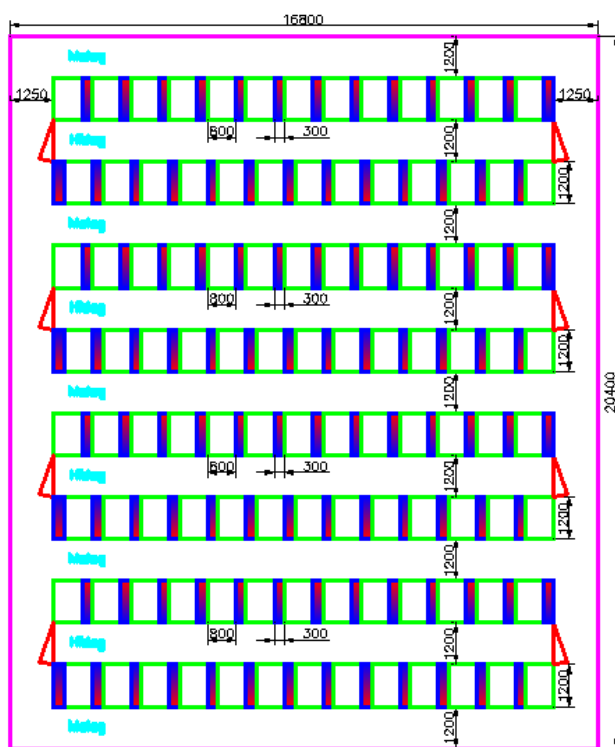


2. megoldás (260-as modul)

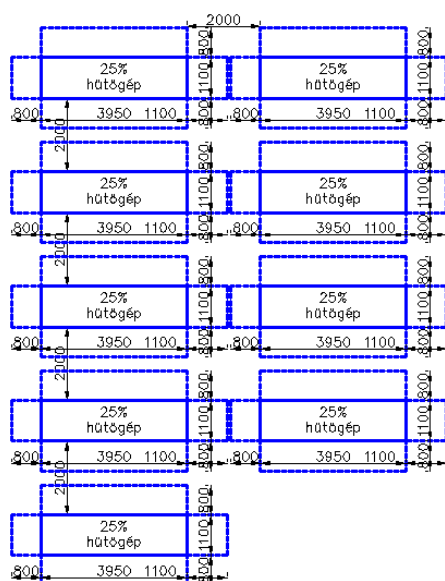
#### 4.5.4. 340m<sup>2</sup>-es egység

Számítógép szekrények száma:	104 db
Maximális hűtési igény:	1040 kW
Hűtőegységek száma 2N+1 redundancia esetén:	104 db

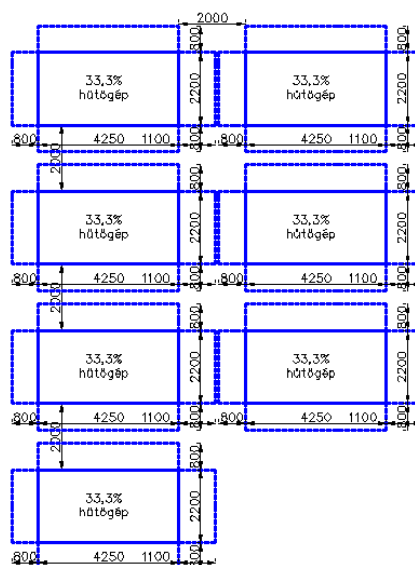
Alaprajz:



Gépek elhelyezése:



1. megoldás (100-as alapmodulokból)



2. megoldás (340-es modul)

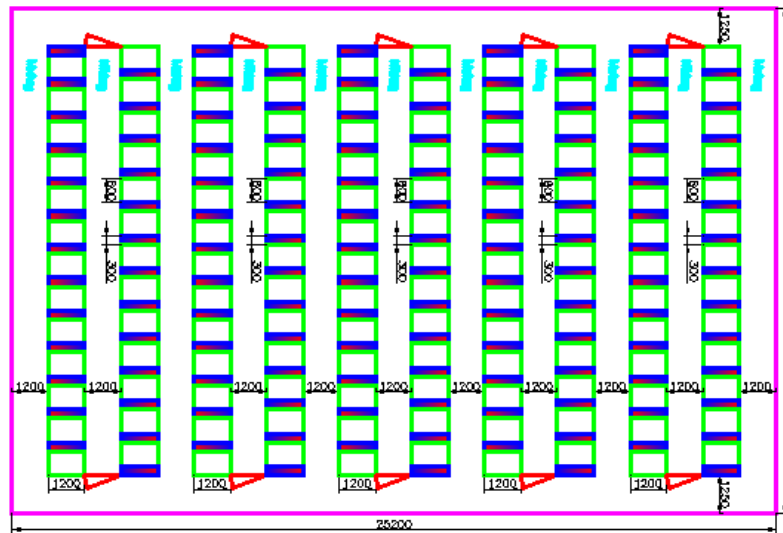
#### 4.5.5. 420m<sup>2</sup>-es egység

Számítógép szekrények száma: 130 db

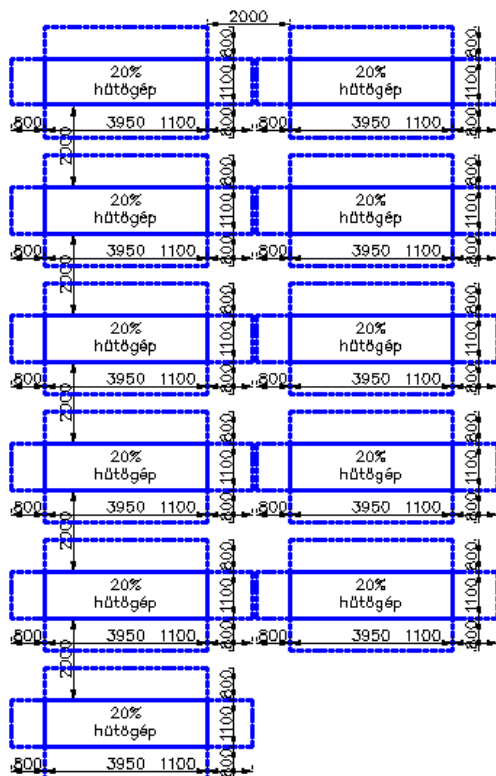
Maximális hűtési igény: 1300 kW

Hűtőegységek száma 2N+1 redundancia esetén: 130 db

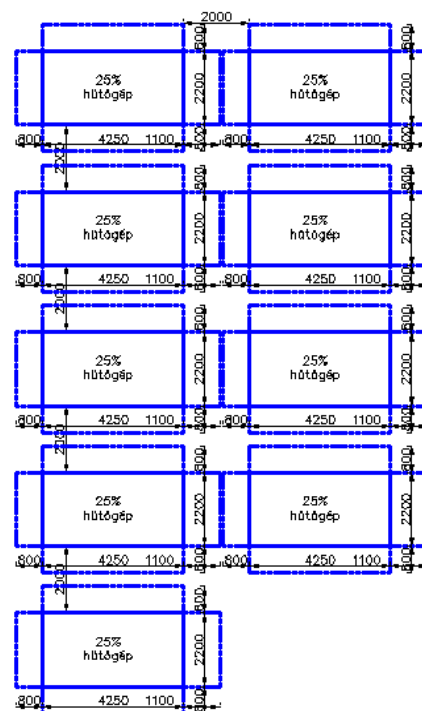
Alaprajz:



Gépek elhelyezése:



1. megoldás (100-as alapmodulokból)

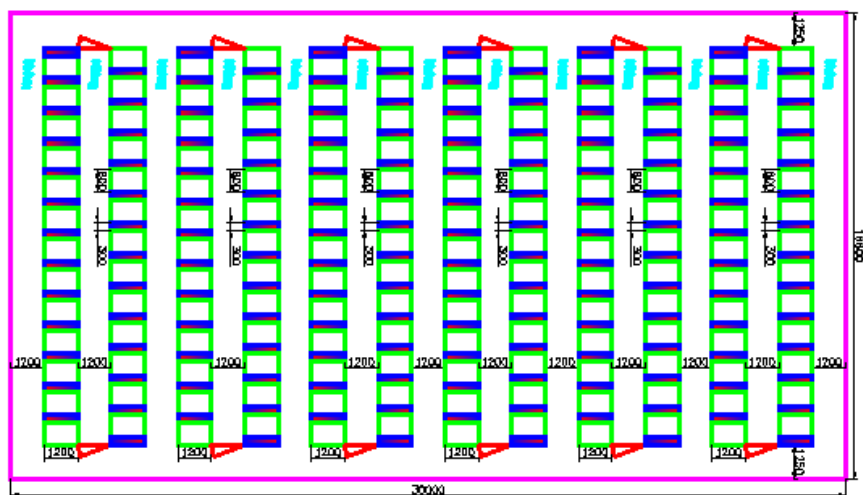


2. megoldás (420-as modul)

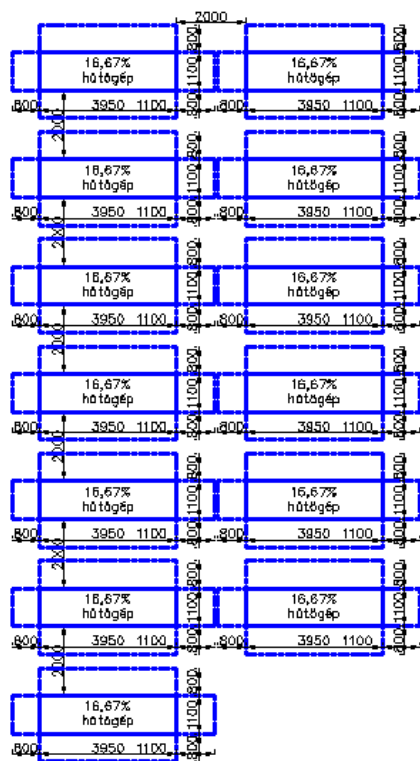
#### 4.5.6. 500m<sup>2</sup>-es egység

Számítógép szekrények száma:	156 db
Maximális hűtési igény:	1560 kW
Hűtőegységek száma 2N+1 redundancia esetén:	144 db

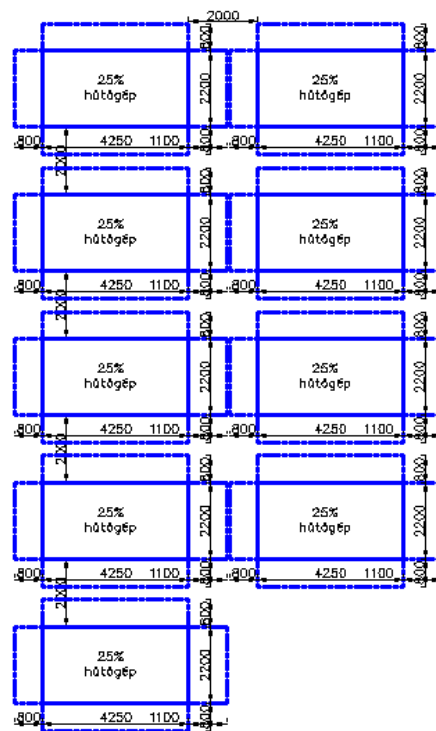
Alaprajz:



Gépek elhelyezése:



*1. megoldás (100-as alapmodulokból)*



## 2. megoldás (500-as modul)

## 4.6. Energetikai koncepciók vizsgálata

---

### 4.6.1. Energetikai koncepció kompakt folyadékhűtő egységekkel

---

Az épületkomplexum hűtését kompakt folyadékhűtők beépítésével oldanánk meg. A  $2N+1$ -es redundanciát két gépcsoport és egy gép valósítja meg. A gépcsoportok több darab, a szükséges teljesítményt együttesen szolgáltató gépből állnak össze. Ezen kialakításnak előnye, hogy támogatja a szerverpark modul rendszerű kiépítését.

Az UPS hűtését a szerverek hűtését is megoldó gépek biztosítják, ezért nem kell külön gépet alkalmazni a feladat teljesítésére.

#### Nyári időszak:

A nyári időszak során meg kell oldani a gépterem frisslevegőjének kezelését is, így elkerülve a meleg levegővel történő hőbevitelt. A külső levegőt hűtő kalorifert a szervereket és az UPS-t is hűtő gépek látják el hűtőközeggel.

A hűtőgépek kondenzátorainál adiabatikus hűtést alkalmazunk, melyhez hűtővízre van szükség, de energia-megtakarítást eredményez.

Az irodaépület komfortját:

- A megfelelő mennyiségű friss levegővel és a levegő kezelésével
- Fal és mennyezethűtéssel

biztosítjuk.

A légkezelő hűtőkalorifere és a felülethűtések számára a megfelelő hűtőközeget egy külön folyadékhűtő állítja elő. Kondenzátorának hője használati melegvíz készítésre fordítható, szintén energia megtakarítást eredményezve.

#### Téli időszak:

A géptermet ellátó gépek közül néhány kondenzátorának a hulladékhőjét hasznosítjuk, az alábbi igények kielégítésére:

- Irodaépület levegőjének kezelése
- Használati melegvíz készítése
- Irodaépület fűtése
- Gépterem levegőjének kezelése

Az így felhasznált hőt normál esetben a külső levegővel történő hőcsere során elveszítenénk, de felhasználásával a beruházási költségek csökkentése (nincs szükség a feladatokat ellátó külön berendezésekre) mellett primer energiát takarítunk meg.

A légkezelő berendezések amellet, hogy a hűtőgépek kondenzátor oldali hulladék-hőjével üzemelnek, hővisszanyerő berendezést is tartalmaznak. Segítségével a távozó levegő képes a hőjének egy részét a beszívott frisslevegőnek átadva azt felmelegíteni, így hőenergiát takarítunk meg.

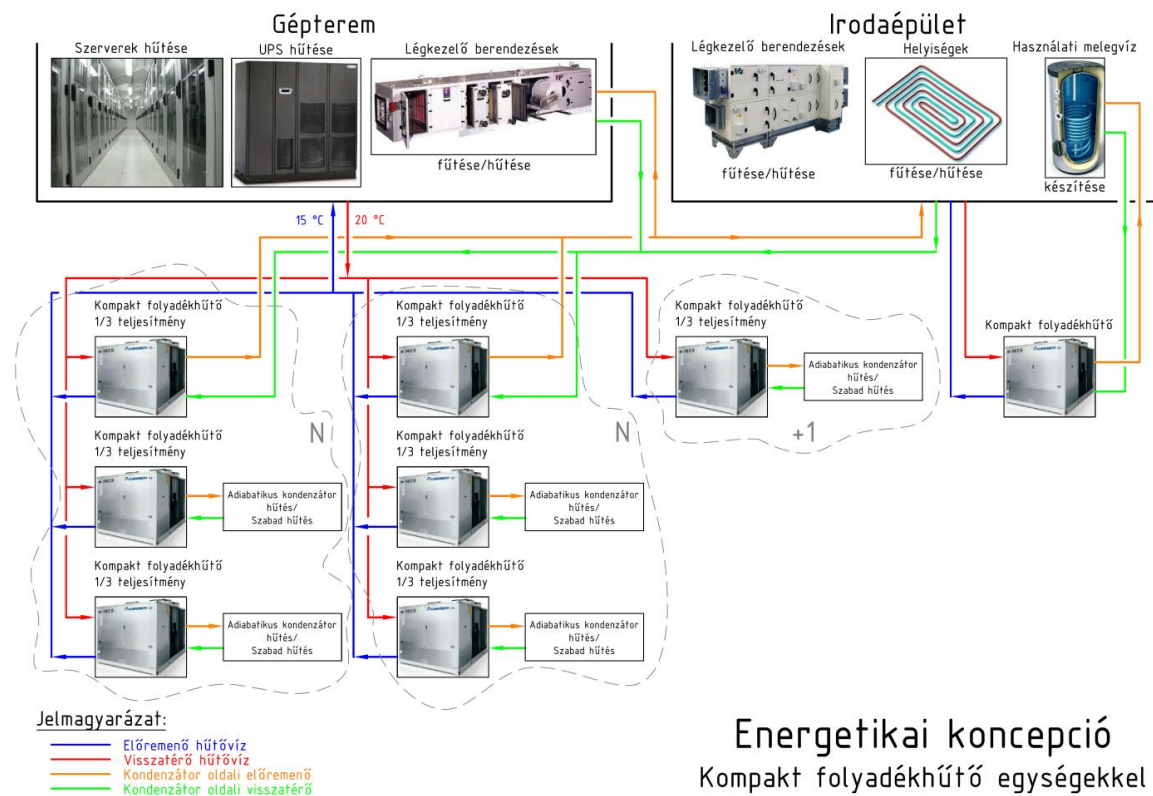
Az alkalmazott padló- illetve falfűtések a kondenzátorok hőjével 55°C-ra melegíthető víz segítségével megfelelő komfortot biztosítanak.

A gépterem frisslevegőjének felmelegítését is ebből a forrásból fedezzük. Így erre a célra sem kell külön hőtermelőt beépíteni.

A gépcsoportok hulladékhője többszörösen meghaladja a felsorolt igényeket, így nem lehet az összes kondenzátorhőt felhasználni. A gazdaságos működtetésre más lehetőség is adódik, melyet kihasználva jelentősen csökkenthető az energiafelhasználás. Amikor a külső levegő hőmérséklete egy előzetesen meghatározott érték alá csökken, a gépek egy része üzemeltethető szabadhűtéssel. Ekkor a gép szabályzója automatikusan leállítja a kompresszoros hűtést, majd egy váltószelepen keresztül a hűtővizet kompresszor megkerülésével juttatja a gépben található léghűtéses kondenzátorba, tehát nem szükséges külön száraz hűtő egység telepítése. Ezáltal nem a kompresszoros hűtő-körfolyamat, hanem egy egyszerű víz-levegő hőcserélő segítségével vezeti el a gépteremben keletkező hőt. Ekkor a befektetett energia gyakorlatilag a keringető szivattyúk és a ventilátorok energiafelvételével egyezik meg. Ez töredékét jelenti a kompresszoros hűtés energiaszükségletének.

A villamos energia szükségletek további csökkentését szolgálja a frekvenciaváltós ventilátorok és szivattyúk rendszerbe építése. Az összes ellátórendszer így fokozatmentesen képes alkalmazkodni az időjárás és a komfortigények változásaihoz.





#### 4.6.2. Energetikai koncepció abszorpciós és osztott folyadékhűtő egységekkel

A gépterem hűtési igényét az osztott folyadékhűtők mellett abszorpciós hűtők segítségével elégítenénk ki. A 2N+1-es redundanciát kettő, abszorpciós gépet és osztott folyadékhűtőket tartalmazó gépcsoport és még egy osztott folyadékhűtő valósítja meg. Az energiatakarékosság szempontjait szem előtt tartva célszerűen a mindig egy abszorpciós gép és szükségesnek megfelelő mennyiségű osztott hűtő üzemelne. Üzemzavar és az abszorpciós hűtők karbantartási munkálatainak időtartamára az osztott hűtők önállóan is képesek a hűtési feladatok ellátására. A több gépből álló gépcsoportok előnye a rugalmasság mellett a szerverpark modul rendszerű kiépítésének támogatása. A szerverek számának növekedésével párhuzamosan fokozatosan növelhető a gépek száma is.

A koncepció másik előnye az abszorpciós hűtőberendezések alkalmazása, mely jelentős energia-megtakarítást eredményez. A hűtőkörfolyamat megvalósításához nincs szükség kompresszorra, így villamos energia igénye kisebb, mint egy hagyományos folyadékhűtőé. A hűtőnek hőenergiára van szüksége, mely azonban könnyen biztosítható egész évben a hagyományos hűtők hulladékhőjének felhasználásával.

A berendezések a teremben keletkezett hő elvonásán túl a UPS hűtését is biztosítják, tehát nincs szükség külön gépre.

### Nyári időszak:

A szerverek és a UPS hűtését ellátó gépek a terem frisslevegőjének nyári kezeléséhez is biztosítják a megfelelő mennyiségű hűtőközeget.

Az irodaépületben is felmerülnek hűtési igények:

- Befűjt friss levegő kezelése
- Fal és mennyezethűtés működtetése

Ezért külön kompakt folyadékhűtő alkalmazása szükséges. A felületfűtések és a légkezelő hűtőkaloriferének ellátását így a gépteremtől függetlenül lehet biztosítani, mely előnyös a különböző szabályozási és üzemeltetési igények szétválaszthatósága miatt.

A folyadékhűtő kondenzátorának elvezetett hője a használati melegvíz igények fedezésére fordítható.

### Téli időszak:

A folyadékhűtők az abszorpciós hűtők hőenergia ellátása mellett is elegendő mennyiségű hőt termelnek más fogyasztók ellátásához is. Tehát megoldják

- Az Irodaépület levegőjének kezelése
- A Használati melegvíz készítése
- Az Irodaépület fűtése
- A Gépterem levegőjének kezelése során felmerülő igények kielégítését is külön hőtermelők beépítése nélkül.

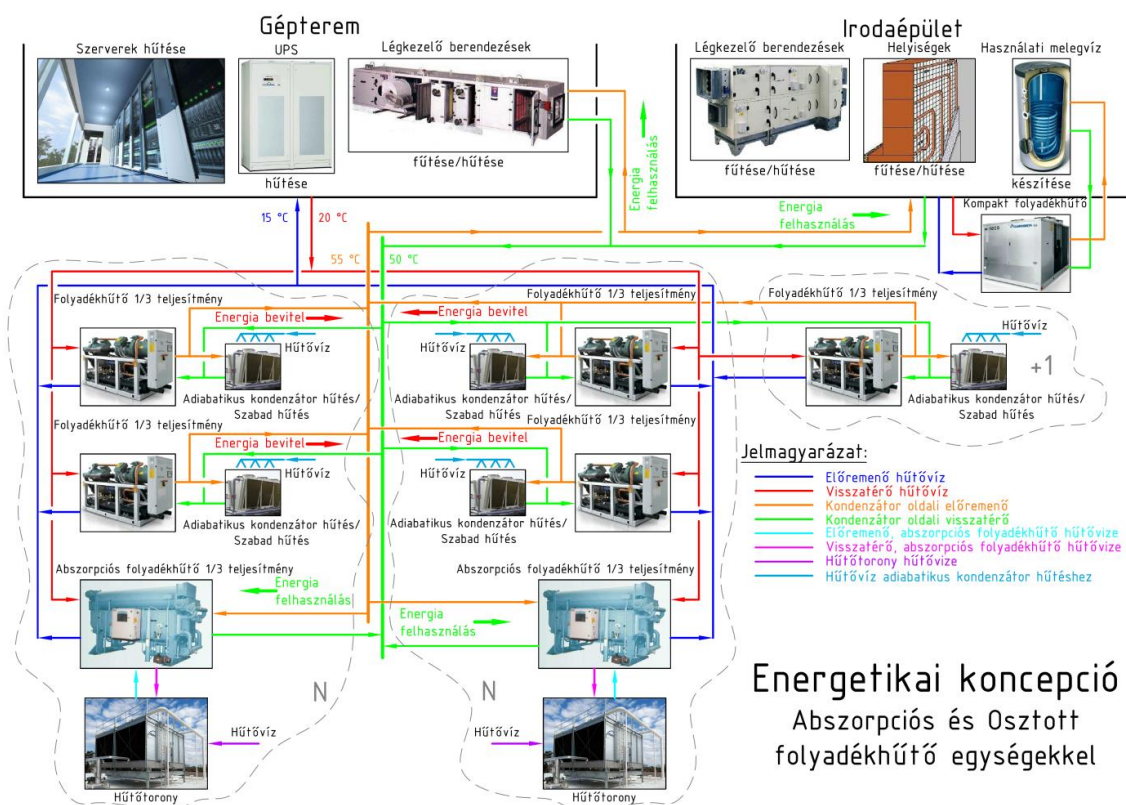
A tervezett alacsony hőmérsékletű padló- és falfűtés működéséhez ideális a rendelkezésre álló 55°C hőmérsékletű víz.

A légkezelő berendezésekben hővisszanyerőt alkalmazva további hőenergiát takaríthatunk meg, mert a távozó levegővel előmelegített levegő felmelegítéséhez kevesebb hőt kell befektetni.

Amennyiben az abszorpciós hűtők üzemeltetése valamilyen oknál fogva nem lehetséges (karbantartások ideje, váratlan meghibásodás), illetve nincs szükség a fent felsorolt igények kielégítésére, úgy az osztott hűtők a külső légállapotoktól függően *kétféleképpen* üzemeltethetők:

- *Nyári időszak:* A hűtőgépek kondenzátorait adiabatikusan hűtjük a rájuk locsolt hűtővízzel. A szükséges mennyiségű víz biztosítása ellenére az üzem gazdaságosabbá tehető a hőleadási feltételek javulása miatt.
- *Téli időszak:* A külső léghőmérséklet előre meghatározott, géptől függő érték alá csökkenése esetén szabadhűtést lehet alkalmazni. A szabályozás automatikusan leállítja a kompresszoros hűtést és egy váltószelepen keresztül a hűtővizet a külső szabadhűtő egység léghűtéses víz-levegő hőcserélőjébe juttatja. Így a kompresszoros hűtő-körfolyamat helyett egy egyszerű víz-levegő hőcserélő segítségével vezetődik el a belső hőterhelés. A befektetett energia gyakorlatilag a keringető szivattyúk és a ventilátorok energia-felvételével egyezik meg, mely töredéke a normál üzem elektromos áram szükségletének.

Frekvenciaváltós ventilátorok és szivattyúk rendszerbe építésével a szükséges villamos-energia mennyisége csökkenthető. Az összes ellátórendszer fokozatmentesen alkalmazkodik az időjárás és a komfortigények változásaihoz. A dinamikus szabályozásnak köszönhetően méretezésinél kedvezőbb állapotokban az áramfelvétel kevesebb.



### 4.6.3. Energetikai koncepció trigenerációs és kompakt egységekkel

---

A gépteremben felszabaduló hő elvitelét gázmotor és abszorpciós hűtő együttes alkalmazásával valósítanánk meg. A gázmotorban keletkezett hővel működő abszorpciós hűtő teljes mértékben helyettesítheti a hagyományos kompakt folyadékhűtőket. A kogenerációs gázmotorból az abszorpciós hűtő hozzáadásával trigenerációs rendszert kapunk.

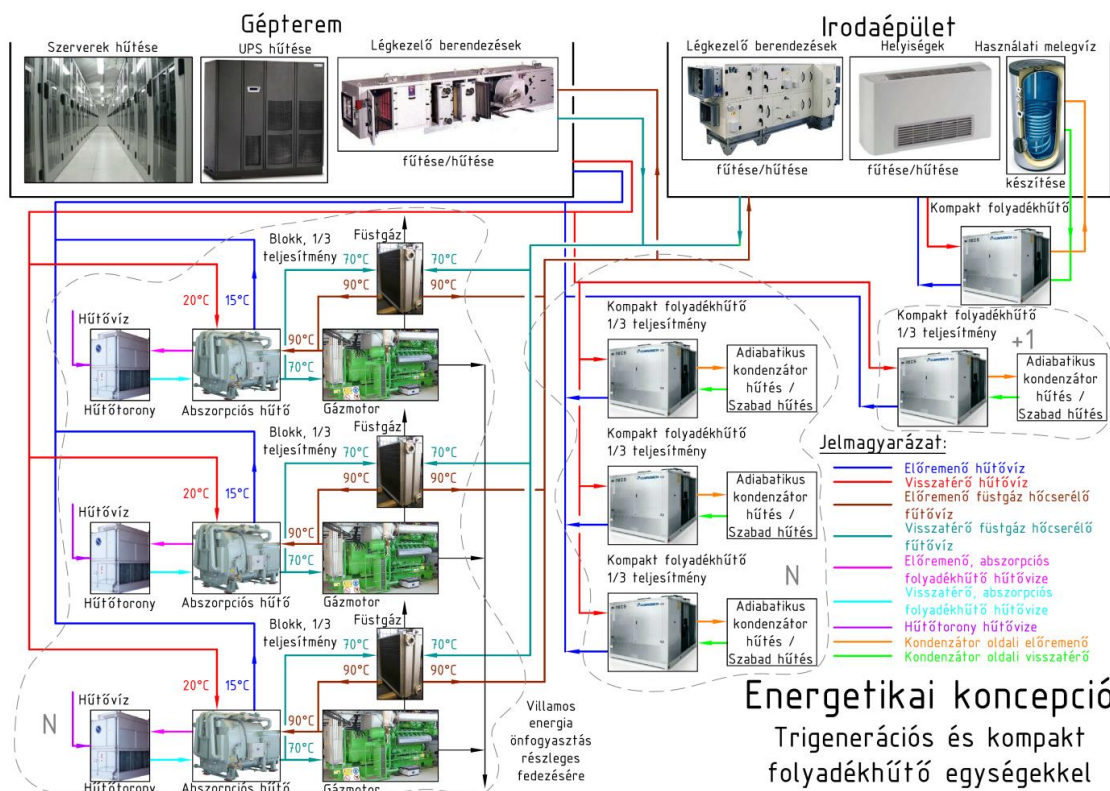
A gázmotor kettős szerepet tölt be a rendszerben. Működése során 36%-os hatásfokkal villamos energiát állít elő, amely felhasználható a helyszínen fellépő magas villamosenergia igény részleges fedezésére, illetve igény szerint a villamos hálózatba is visszatáplálható. A gázmotorban keletkezett hőt két lépcsőben hasznosítanánk. A működéséhez szükséges hűtővizet az abszorpciós hűtőben a szilikagél regenerálásával hűtenénk. További hővisszanyerést tesz lehetővé a gázmotor füstgáz elvezetőjébe épített hőcserélő, amellyel tovább lehet növelni a konstrukcióból kinyerhető hasznos hőenergia mennyiségét. A hőcserélő vízoldalán biztosítható 90°C-os fűtő közeg számos területen felhasználható. Az előállítható melegvíz mennyisége és minősége télen elegendő a létesítmény fűtésének ellátásához, illetve a légkezelő berendezések táplálásához is. Az esetlegesen fennmaradó vízzel az abszorpciós hűtőbe vezetett hőmennyiséget lehet tovább növelni. A gázmotor rendkívül jó hatásfokkal üzemel, hiszen kogenerációs erőműként az összhatétfoka meghaladhatja a 86%-ot. A rendszer másik jó tulajdonsága, hogy az abszorpciós hűtő is számos előnnyel rendelkezik. Rendkívül megbízható és biztonságos, illetve üzemeltetési költsége is alacsony. Működéséhez nincsen szükség kompresszorra, mivel annak feladatát az abszorbens szilika zselé látja el. Ez azt jelenti, hogy nincs szükség síkba állításra, magas feszültségre, magas nyomásra, generálózásra, olajcserére, és nincs nyomásingadozás, rezgés vagy zaj. Működése egyszerű, a párologtató részleg a hűtőközeg egyik párologtató kamrában történő elpárologtatásával állítja elő a hűtött vizet. 15°C alatti hűtött víz előállítására is képes miközben a melegvíz hőmérséklete 50°C és 90°C között van. A melegvíz regenerálja a másik abszorpciós kamrában lévő szilika zselét. A szilika zseléből felszálló vízpára lecsapódik a kondenzáló részlegben, amelynek hűtéséről a hűtőtoronyból jövő hűtővíz gondoskodik. Üzemkész állapotban gyorsan indítható, illetve igény esetén gyorsan leállítható. Üzemidejét tekintve heti 7 nap, napi 24 órában üzemeltethető, amely megfelel a gépterem által megkövetelt ellátásbiztonságnak.

Figyelembe véve a 2N+1 redundanciára való tervezést, az első 1N biztosítását a fent leírt rendszer valósítaná meg. Fontos megjegyezni ebben az esetben, hogy mind a gázmotor, mind az abszorpciós hűtő üzemszerűen hosszú működésre van tervezve, így a többi berendezés csak karbantartások, illetve az esetleges üzemzavarok során lépne

működésbe. A második 1N tartalékot kompakt folyadékhűtőkkel valósítanánk meg. Ebben az esetben energia-megtakarításra adnak lehetőséget a frekvenciaváltós ventilátorok, az adiabatikus kondenzátor hűtés és a szabad hűtés. Az egységeket lehetőség van  $+4^{\circ}\text{C}$  alatt szabad hűtéssel üzemeltetni, ami azt jelenti, hogy nincsen szükség a kompresszorokra. Ebben az üzemállapotban a kompresszort megkerülve hőcserélőben hűtenénk a közeget a külső levegővel. Az adiabatikus kondenzátor hűtés működési elve egyszerű és nem igényel segédenergiát. Hűtés céljára a kondenzátor külső felületén vizet párologtatunk el, így a víz a párolgásához a hőt a kondenzátortól vonja el. A +1 ellátást szintén egy, az előzőekben már taglalt, kompakt folyadékhűtő adná. A rendszer így már megfelel a  $2N+1$  redundancia követelményeinek.

A frisslevegő biztosítására mind a gépteremhez, mind az irodaépülethez légkezelő berendezést tervezünk telepíteni. Ezen légkezelők téli állapotban a levegő fűtéséhez a füstgáz hőcserélők vízoldalától kapnak megfelelő mennyiségű és minőségű fűtővizet. A gépteremben azért van szükség a jelentős belső hőterhelés ellenére is temperált frisslevegő bevitelre, mert szigorú követelményeket támasztanak a belső légállapottal szemben, így nem engedhető meg téli állapotban, hogy a külső  $-15^{\circ}\text{C}$ -os levegő miatt páralecsapódás legyen. Nyári állapotban hűtéshez a gépterem légkezelője az abszorpciós hűtőből, az iroda légkezelője egy külön kompakt folyadékhűtőből kapja a hűtővizet. Az irodához csatlakozó folyadékhűtő kialakítása eltér a gépteremhez tartozóktól. A kisebb hűtési teljesítmény-igény miatt ez a berendezés kisebb teljesítményű, illetve ezen egység kondenzátor oldali hűtővize, amely hozzávetőleg  $50-55^{\circ}\text{C}$ -os, elegendő az irodában fellépő használati melegvíz igény kielégítéséhez. Mindét légkezelő hővisszanyerő egységgel kerül beépítésre, továbbá a rendszerben lévő ventilátorok és szivattyúk fordulatszám szabályozottak, így kisebb igények esetén lehetőség van energetikailag ideális szabályozásra. Az irodákban lévő fancoil-ok biztosítják a bent tartózkodók számára a megfelelő komfortot. A fancoil-ok ellátása ugyanazon módon történik, mint az irodai légkezelőké.





#### 4.6.4. Energetikai koncepció megújuló energiaforrások felhasználásával

A koncepció célja, hogy a gépteremben felszabaduló hő elviteli lehetőségeit vizsgálja megújuló energiák alkalmazásával. Megújuló energiának tekinthető a napenergia, a szélenergia, a geotermikus energia és a környezet energiája, melyet hőszivattyúkkal lehet hasznosítani. A hőszivattyún kívül azonban egyetlen megújuló energiaforrás sem képes közvetlenül hűtőközeg előállítására, ezért a többi energiatermelő egység esetén abszorpciós hűtőre van szükség a hűtési feladat ellátásához. Az előző variációnál már taglalt abszorpciós hűtő az előállított hőt felhasználva képes hűtőtéljesítményt leadni. A továbbiakban a megújuló energiaforrások lehetőségeire hívnánk fel a figyelmet.

Elsőként a napenergia hasznosítás lehetőségeit emelnénk ki. A Nap Földre sugárzott energiája nagyságrendekkel több, mint az emberiség számára szükséges mennyiség. Ez azonban csak elméleti potenciál, amely felhasználásának gátat szab a technológia, a környezetvédelem és a gazdaságosság. A napenergia hasznosítás másik nehézsége az időszakos, bizonytalan rendelkezésre állás. Mindezen problémák mellett számos lehetőség van a napenergia hasznosítására.

Napenergia hasznosításának egyik lehetősége a naperőmű. Ez a berendezés melegvizet állít elő. Működése egyszerű, az erőmű nem más, mint egy parabola tükör, amely fókuszpontjában gyűjti össze a nap energiáját. A fókuszpontba helyezett elem

fűtőközeget keringtetünk, amelyet az összegyűjtött napsugarakkal melegítünk. Mivel ez nem sík elrendezés, ezért lehetőség van a nap folyamán a Nap járását követni, amely magasabb hasznosítási fokot jelent, mivel több sugárzást tud folyamatosan összegyűjteni. Működéséhez nincs szükség nagy mennyiségű villamos energiára, azonban a szivattyúk, a szabályozó elektronika és a mozgó motor energia szükségletét ki kell elégíteni.

A legelterjedtebb szoláris elven működő melegvíz termelő a napkollektor. Ezen berendezések működése azon alapul, hogy a beérkező napsugárzást egy üvegfelületen áteresztve a szelektív abszorber elnyeli és hőtermelésre hasznosítja. A szolár üvegfelületre azért van szükség, mert a magas hullámhosszú fényt könnyen átereszt, viszont a belső felületről való alacsonyabb hullámhosszú kisugárzást megakadályozza. Ezzel a technikával a beérkező fény akár 95%-át képes hasznosítani. A befogott sugárzási energiát a benne lévő csőhálózatban keringtetett fűtőközegnek adja át. Kivitelt tekintve lehet síkkollektor, illetve vákuumcsöves napkollektor. Magas beruházási költsége mellé rendkívül alacsony üzemeltetési költség társul, hiszen a szabályozáshoz és a szivattyúzáshoz csak kevés villamos energiára van szükség.

A napenergia harmadik felhasználási lehetősége a napelem. A napcellák működése jelentősen különbözik az előző két lehetőségtől. Fotovoltaikus elven működnek, ez azt jelenti, hogy a sugárzás elnyelődésekor mozgásképes töltött elemi részecskék keletkeznek. A töltött részecskéket az elektrokémiai potenciálok és az elektron kilépési munkák különbségéből adódó elektromos tér rendezett mozgásra kényszeríti, így elektromos áram kezd folyni. Az előállított áram ekkor még csak egyenáram, ezt a villamos energiát inverterek segítségével váltóárammá kell alakítani, és az átalakítás után már betáplálható a hálózatba. A fotovoltaikus cellák legnagyobb előnye, hogy a ma ismert legmagasabb értékű energiát, villamos áramot állítanak elő. Hátrányuk, hogy rendkívül alacsony a hatásfokuk, szilíciumos cellák esetén az elméleti maximális hatásfok 31%. Kézenfekvőnek tűnne a napkollektorok és a napcellák közös alkalmazása, azonban ez nehezen megvalósítható. A napkollektorok működését ugyan nem befolyásolja a napcella, azonban a napcella hatásfoka nagymértékben függ a környezete hőmérsékletétől. A környezet hőmérséklet-emelkedésével a hatásfoka jelentősen romlik, míg a napkollektornál kifejezetten előnyös a magasabb környezeti hőmérséklet. Kompromisszumos megoldás lehet a két energiahasznosító megoldás között a rendelkezésre álló felület felosztása.

További lehetőség a közvetett napenergia hasznosításra a szélenergia felhasználás. A légmozgás ugyanis a napsugárzás és a környezet által a légkörben létrehozott hőmérséklet különbség hatására jön létre. A levegő sűrűsége függ a hőmérséklettől, így a különböző hőmérsékletű légtömegek a potenciálkülönbség hatására áramlani



kezdenek és egyensúlyi állapotra törekszenek. Szélenergia hasznosítására szélérőmű telepíthető, amely villamos energiát állítható elő. Az előállított energia bizonyos feltételek mellett a villamos hálózatba illeszthető. A szélérőművek hátránya, hogy csak bizonyos légsebességek között tudnak üzemelni. Gazdaságossági küszöbértéknek tekinthető a 3-4 m/s-os sebesség, míg technológiai korlátnak a 15-20 m/s-os sebesség.

Az előzőeknél megbízhatóbb megújuló energiaforrás a hőszivattyúk által a környezetből kinyerhető energia. A hőszivattyú működése során a környezetben lévő, haszontalannak tűnő energiát használja fel. Ez azért lehetséges, mert minden anyag, amelynek nagyobb a hőmérséklete 0K-nél tartalmaz hőenergiát. A külső energiahasznosítás miatt van értelme a hőszivattyúk esetében a COP és EER értékeknek. Ezeket az értékeket hasonlóképpen számítjuk, mint a hatásfokot, azonban értékük nagyobb, mint 1, ezért teljesítménytényezőnek nevezzük. Így a befektetett 1 egység villamos energiából több, mint 1 egység hőenergiát állíthatunk elő.

A hőszivattyúk működése során lehetőség nyílik alacsonyabb hőmérsékletű közegtől a melegebb hőmérsékletű közeg felé energiát szállítani. Hőforrását tekintve a hőszivattyú háromféle lehet, jelen esetben a levegő-víz, a víz-víz és a talaj-víz hőszivattyú jöhet szóba. Hőszivattyú esetén a külső környezettől vonunk el energiát fűtéshez, illetve hűtés esetén a magasabb hőmérsékletű külső környezetnek adunk át energiát. A levegő víz hőszivattyúkat egyszerű telepíteni, azonban a levegő nagy hőmérséklet-ingadozása miatt nem feltétlenül a legjobb megoldás, hiszen a hőmérséklet ingadozásával folyamatosan változik a rendszer COP és EER értéke. A talajvíz és a talaj esetében a hőmérséklet közel állandónak tekinthető, így a jellemző COP és EER értékek is közel állandóak.

Megújuló energiaforrásnak tekinthető a biomassa is, azonban bizonyos feltételeknek teljesülnie kell. A felhasznált biomassa akkor megújuló, ha a kitermelt mennyiséget újratermeljük, így megteremtve a körforgást. Lehetőség van azonban mezőgazdasági és erdészeti hulladékok hasznosítására is. A biomassa kazánban történő eltüzelés előnye, hogy az égetés során csak annyi CO<sub>2</sub> szabadul fel, amennyit az adott növény élete során megkötött, így felhasználása CO<sub>2</sub> mentesnek tekinthető. A tüzelhető biomasszákkal szemben fontos követelmény, hogy az éghetetlen hamutartalmuk olyan vegyi összetevőkből álljon, amelyek nem roncsolják szét a kazánberendezést, illetve nem olvadnak rá a fűtőfelületekre, valamint nem okoznak jelentős levegőszennyezést. Fontos megvizsgálni azt a kérdést is, hogy a fűtéshez szükséges biomassa milyen messze termelődik, hiszen a szállítás energia-felhasználása sem lehet magas. Szükség van továbbá megfelelő nagyságú tároló kialakítására is, amelyben az ellátásbiztonságot adó nagyobb mennyiségű tüzelési alapanyag biztonságosan tárolható. A biomassa mellett szól, hogy a kazán teljesítménye az igények függvényében szabályozható, így

egyenletesebb rendszerműködést tesz lehetővé, amely a gépterem működéséhez gyakorlatilag elengedhetetlen.

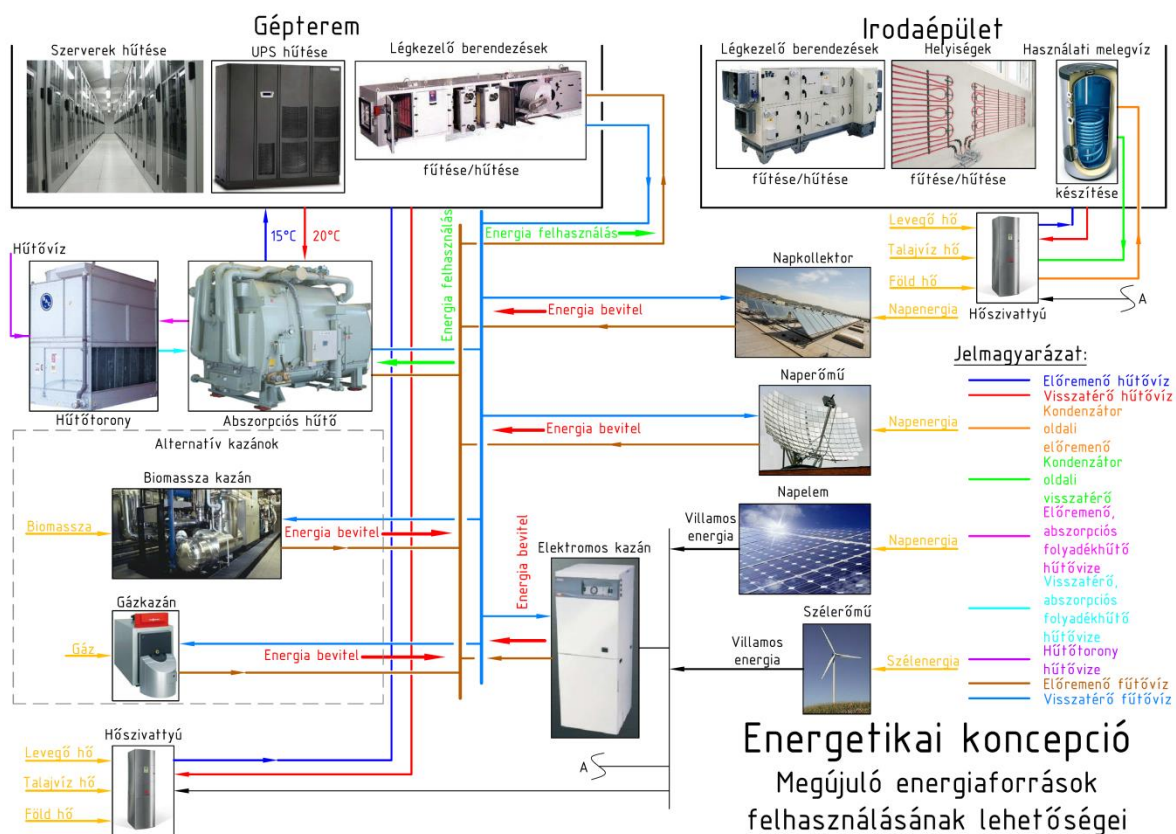
Kiegészítésként gázkazán is telepíthető a megújulók mellé, amellyel az abszorpciós hűtő által igényelt melegvíz minősége biztosítható, ha a megújulók nem tudják teljesen ellátni a feladatukat.

A gépterem hűtésére a megújulókat egy kapcsolási láncba fűzve lehetne alkalmazni. A hűtés gerincét az abszorpciós hűtő jelenti. A megújulók az abszorpciós hűtő működéséhez szükséges melegvizet állítanak elő. Kivételt képez ez alól a hőszivattyú, amely közvetlenül hűtővizet állítana elő. Alap esetben a napkollektor és a naperőmű látná el az abszorpciós hűtőt melegvízzel. Ezekkel az egységekkel párhuzamosan a napcella és a szélkerék villamos energia termelése lenne még számottevő. Az előállított villamos energiával lehetne fedezni a szivattyúzási munkát, a hőszivattyúk villamos energia igényét, illetve az elektromos kazánban melegvizet is elő lehetne állítani. Villamos energia megtakarítást eredményezhetnek még a rendszerben lévő szivattyúk és ventilátorok, ha azok fordulatszám szabályozottak. Alternatívaként a körre kapcsolódik még a biomassza kazán és a gázkazán is, amelyekkel biztosítható a minden esetben üzembiztos melegvíz ellátás az abszorpciós hűtő részére.

Az üzemeléshez szükséges frisslevegő igényt külön légkezelőkkel állítanánk elő, amelyek télen fűtéshez az abszorpciós hűtő melegvíz oldaláról vennék az energiát. Az irodaépület légkezelője nyáron a csatlakoztatott hőszivattyúról venné a hűtővizet. Mindkét esetben a légkezelőkben hővisszanyerő van beépítve. Az irodákban lévő tér komforttér, a megfelelő komfortot egy hőszivattyúra csatlakoztatott felület fűtés-hűtés biztosítaná, továbbá a használati melegvíz előállítását is egy hőszivattyú látná el.

Ezen koncepció esetén nem lehet a  $2N+1$  redundanciát figyelembe venni, mivel a megújulók rendelkezésre állása időszakos és nem megbízható. A koncepció célja a megújuló energiák bemutatása, elemzése, alkalmazási lehetőségeinek feltárása.

A megújuló energiák kiegészítő alkalmazásként lehetőséget biztosítanak az üzemeltetési költségek csökkentésére.



#### 4.7. Adatközpont energetikai hatékonysági mutatója (PUE)

Az Uptime Institute ajánlása szerint 4 különböző PUE kategória létezik. Az IT energia mérésének helye és módja szerint a kisebb kategóriák egyre szigorodóak. Javasoljuk a PUE 0 kategória használatát, ahol minden egység maximális fogyasztásával kell számolni. Ugyanakkor a teljes energiafelhasználás esetében az adatközpont géptermi részére vonatkozzon a mérőszám, hiszen az egyéb kiszolgáló területek fogyasztása a számítás pontosságát bizonytalanná teszi.

A koncepciótervben szereplő példára 1db 10kW-os rack + 1db hűtőegység, 2N redundancia szinten számítva (4m<sup>2</sup> területtel ekvivalens) a következő számadatokat eredményezi megközelítőleg:

(a 100m<sup>2</sup> alapterületű hidegfolyosóba zárt racksor teljesítmény adatait vettük figyelembe)

IT hődisszipáció maximum értéke: 10kW 87.660,0kWh

Az elektromos rendszer vesztesége a rack teljes energia felvételének max. 0,6%-a  
526,0kWh

Világítás energiafelhasználása: 0,5 x 4m<sup>2</sup> x 25W/m<sup>2</sup> 438,3kWh

Hűtés energiafelhasználása: 260kW-os folyadékhűtő adataiból kiindulva  
22.106,5kWh

hűtőegység és a szivattyúk adataiból kiindulva 11.615,0kWh

Felügyeleti rendszer vesztesége: hozzáférési, érzékelők stb. 511,4kWh

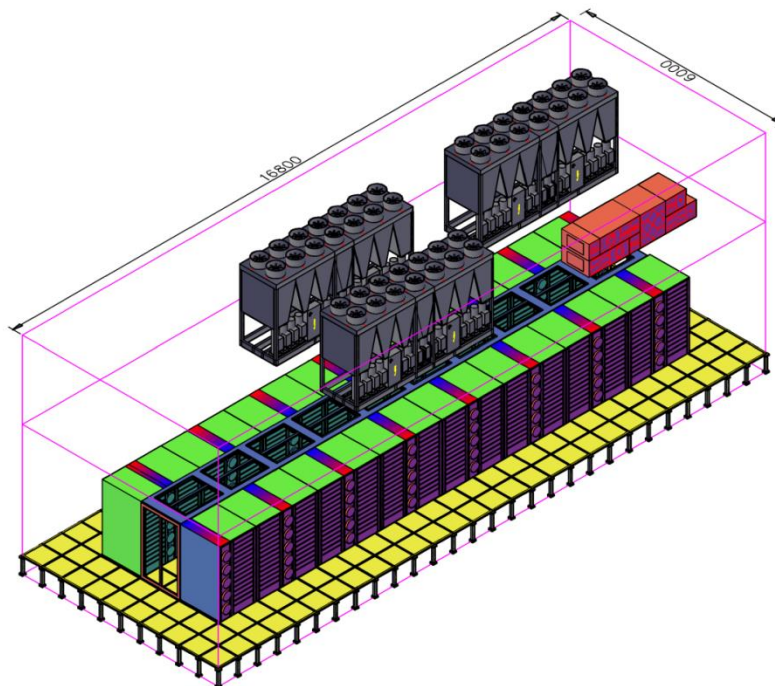
Összes energiafelhasználás: 122.857 kWh

$$PUE = \frac{\text{Összes\_felhasznát\_energia}}{\text{IT\_által\_felhasznát\_energia}} = \frac{122.857\text{kWh}}{87.660\text{kWh}} \approx 1,4$$

Egy rendszer minél nagyobb méretűen építhető meg, a járulékos veszteségek annál inkább csökkennek egy bizonyos ésszerű határig.

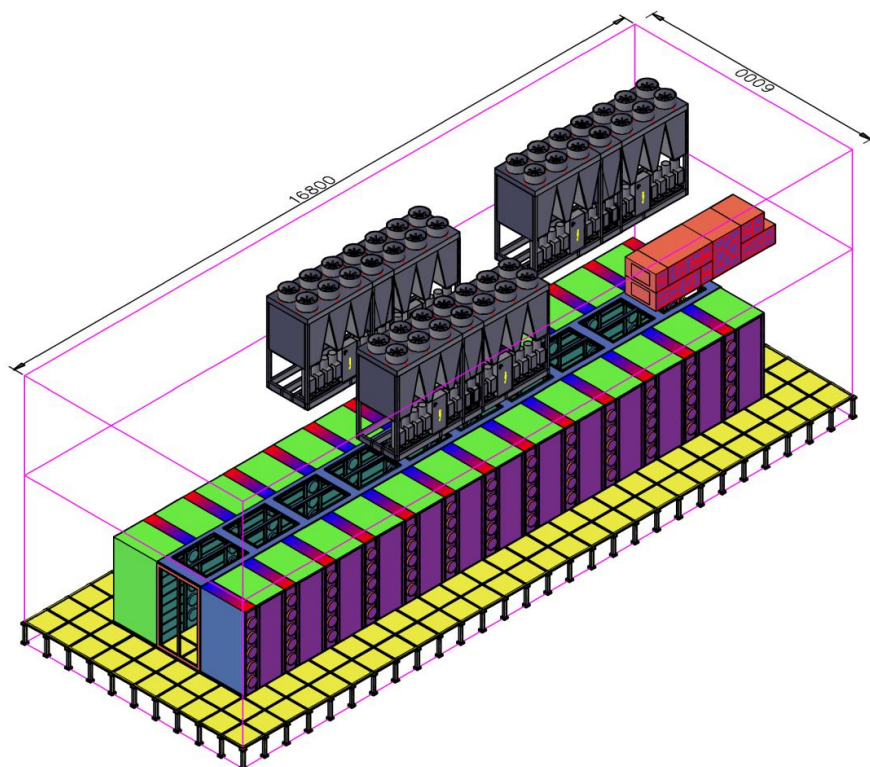
## 4.8. Feladat megvalósulási elképzelései

### 4.8.1. 100m<sup>2</sup>-es modul minimális hűtési teljesítmény esetén



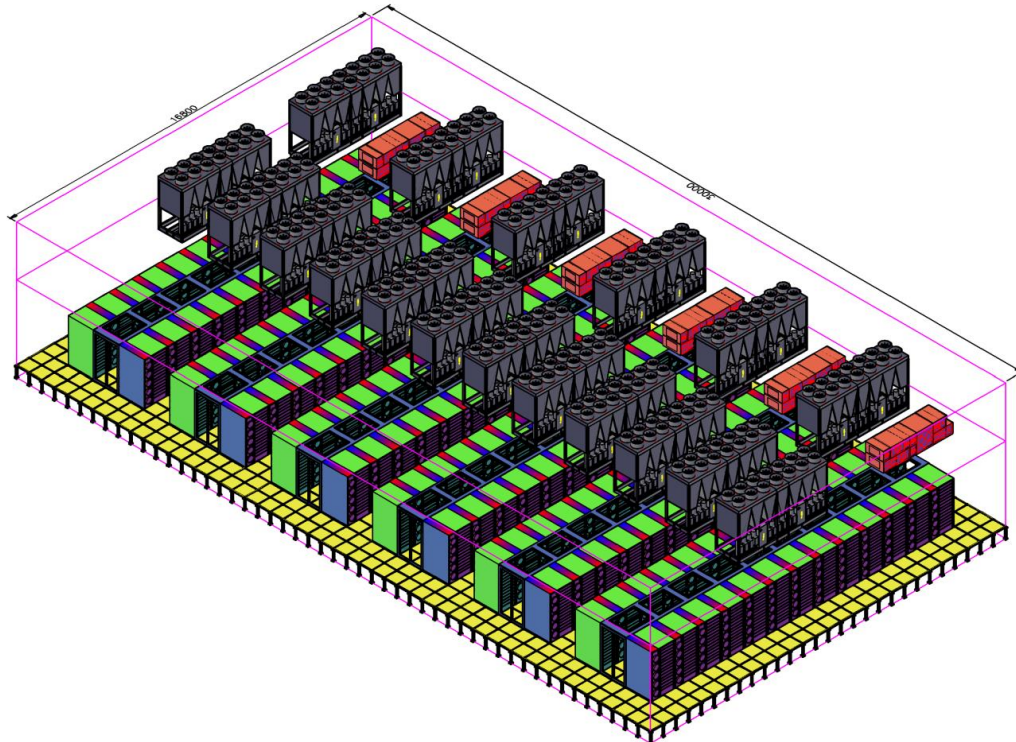


#### 4.8.2. 100m<sup>2</sup>-es modul maximális hűtési teljesítmény esetén

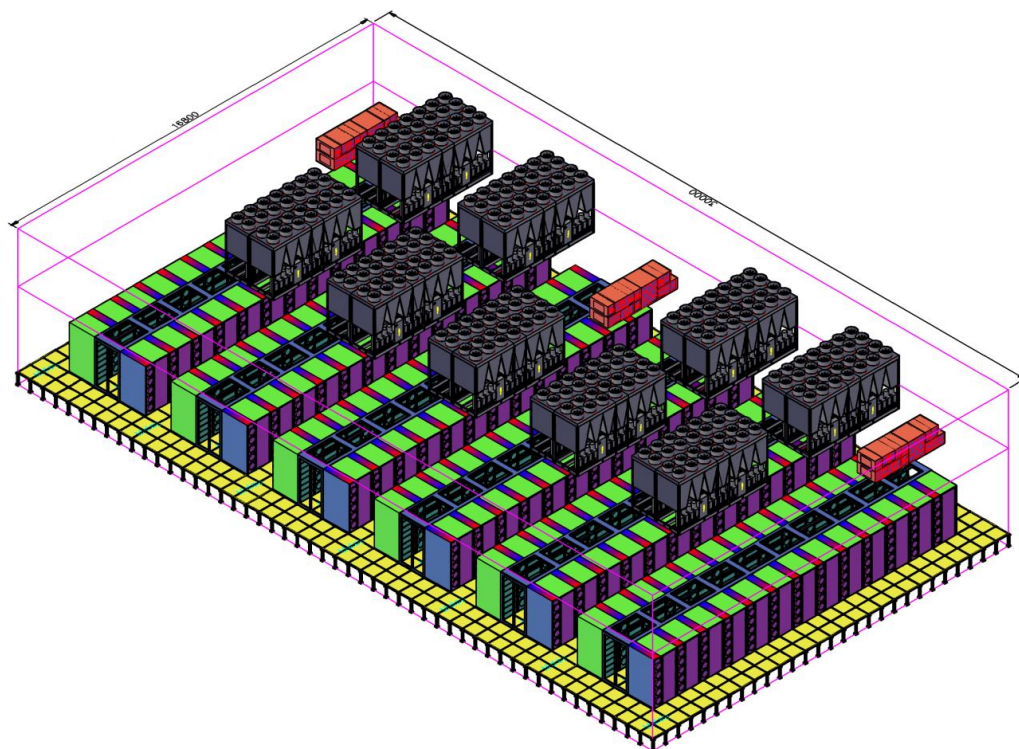


#### 4.8.3. 500m<sup>2</sup>-es modul maximális hűtési teljesítmény esetén

*Alap 100m<sup>2</sup>-es modulokból:*



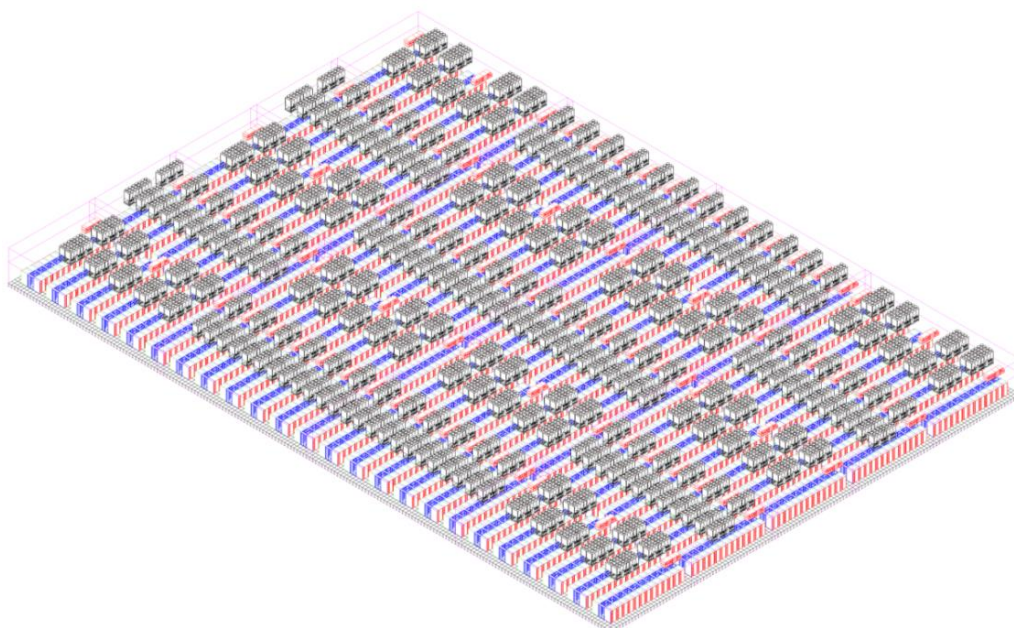
*500m<sup>2</sup>-es modulból:*



#### 4.9. Modul rendszerünkkel összeépített maximális kiírási igény

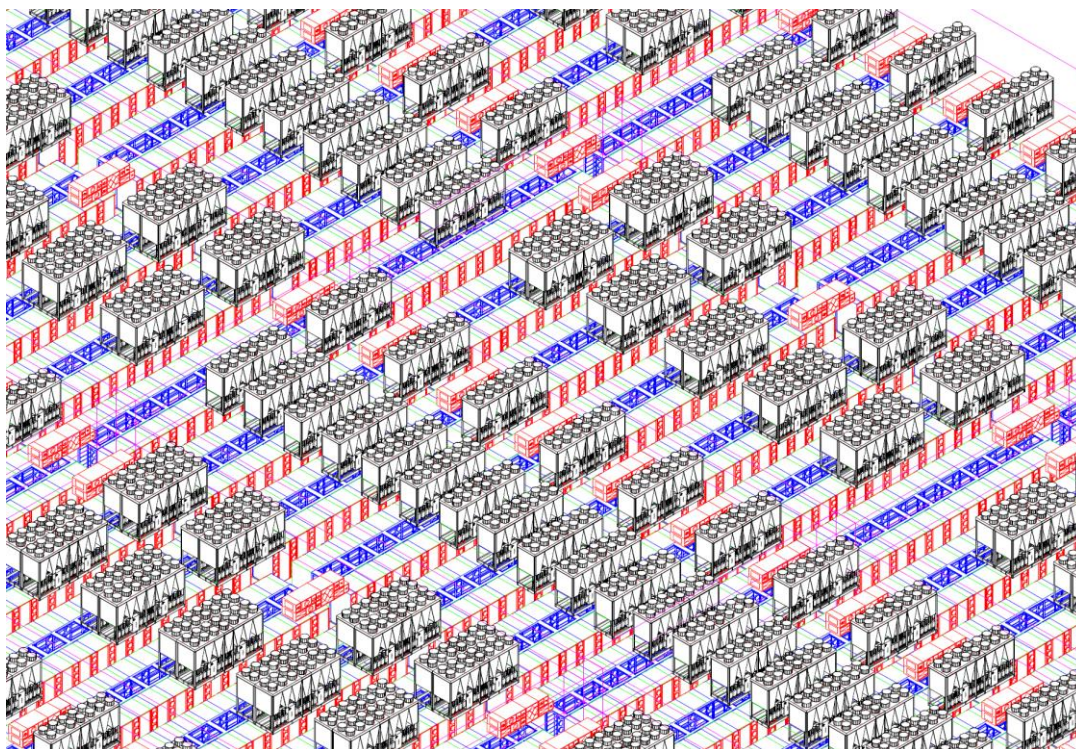
Az előzőekben ismertetett 100, 180, 260, 340, 420 és 500 m<sup>2</sup>-es modulokból a kiírásban szereplő 10.000 m<sup>2</sup> összeállítható.

Egy lehetséges összeállítást mutat az alábbi ábra:





*Kinagyított részlet:*



## 4.10. Gépészeti felügyeleti rendszer

### 4.10.1. Gépterem

A felügyeleti rendszer megtervezése többi szakággal történő egyeztetések után történik. A koncepció jövőbeni kidolgozásának célja a gépészeti alrendszer olyan integrált épület-felügyeleti rendszerbe történő illeszthetősége, mely teljesíti a TIER 4-es biztonsági szintet.

A gépterem hűtését megoldó gépek működését a rendszer folyamatosan figyelemmel kíséri. A teremben hőmérséklet és páratartalom érzékelők elhelyezésével biztosítható a belső légállapotok figyelése. A rögzített adatok feldolgozása után a rendszer megteszi a szükséges lépéseket és a gépek szabályozásával tartaná be a követelményeket.

Az állapotfigyelés megvalósításán túl a kiválasztás során követelmény lesz a gépek rendszeren keresztüli online figyelhetősége és irányíthatósága is.

A gépterem légkezelőjét is a rendszerbe kapcsolva a befújt levegő mennyiségét és minőségét is az elvárt határok között kell tartani. A szűrők esetében a nyomásvesztés mérése által megbízhatóan megállapítható azok állapota és cseréjük időben megoldható.



A szerverek közvetlen hűtését biztosító hűtőegységek felügyeletével az esetleges hibák esetén lehetővé válik a gyors beavatkozás. A szerverek hűtését ellátó rendszerben alkalmazott szivattyúk és ventilátorok is a rendszer felügyelet alá esnek, így a folyamatokat kézben lehet tartani, meghibásodásukról pedig időben tudomást lehet szerezni. Az épületfelügyeleti rendszer egy másik gépészeti egység üzembe helyezésével azonnal pótolni tudja a meghibásodott berendezést.

A különböző célt szolgáló csővezeték hálózatok (irodaépület fűtése, hűtése, gépterem hűtése, légkezelők kalorifereinek ellátása, szerverek hűtőegységeinek hűtővíz ellátása stb.) kialakítását a lehetséges szivárgás előrejelzéséhez az üzemzavar szempontjából kényes helyeken szivárgás érzékelőkkel látnánk el. A műszereket szintén a felügyeleti rendszerhez csatlakoztatnánk. Alap követelmény, hogy a rendszer a rögzített adatokat naplózza.

### **4.10.2. Irodaépület**

---

Az irodaépület komfortját biztosító gépészeti berendezéseket egy külön alrendszer segítségével működtetnénk, az eltérő igények miatt. A rendszer szintén integrálható egy központi rendszerbe.

A rendszer lehetőséget biztosít a helyiségek hőmérsékletének és páratartalmának figyelésére. A rögzített értékek alapján meghatározza a szükséges szellőző levegő állapotát, melyet a légkezelő szabályozásával állít elő.

A levegőszűrőket a légkezelőkben elhelyezett nyomásmérőkkel figyeli az épületfelügyelet, a kezelő/karbantartó személyzet felé történő jelzéssel lehetővé teszi cseréjüket. Az üzem folyamatos figyelésével megteremti a hibadiagnózis lehetőségét.

A rendszer lehetővé teszi az időterv vezérlést, mely energia-megtakarítást eredményez. Emellett méri a hűtési, fűtési célú rendszerek energiafelhasználását és a vízfogyasztást a különböző funkciójú épületrészekben és egységekben. Az így figyelemmel kísért fogyasztási adatokat rögzíti és azokat később lekérdezhetővé teszi. Az egyedi számlázás ezen megoldás révén könnyen megoldható.

## **4.11. Külső és belső közmű hálózat**

---

### **4.11.1. Általános leírás**

---

A komplexum vízfogyasztását meghatározó tényezők:

- Használati (kommunális) vízigény:
  - Irodai dolgozók fogyasztása alapján

- Technológiai vízigény:
  - Adiabtikus hűtéshez szükséges víz
  - Hűtőtornyok vízutánpótlása
  - Légkezelő berendezések nedvesítéséhez szükséges víz
- Locsolás vízigénye

A vízhálózatot az MSZ 04-132-91, a csatornahálózatot az MSZ EN 12056:2001 és az MSZ 04-134-1991 sz. szabvány előírásai szerint fogjuk tervezni.

A tervezés során a későbbi bővíthetőség, egyszerű módosíthatóság és javíthatóság szempontjainak figyelembevételével a legalacsonyabb költségráfordítást igénylő megoldás mellett fogunk dönteni, a lehetőségek széleskörű vizsgálata után.

Az épület vízhálózatát úgy alakítjuk ki, hogy az a fenti szempontok mellett megfeleljen az egyedi mérhetőség követelményének is. Az egyes épületrészekbe ezért egyedi mérőket fogunk betervezni.

#### **4.11.2. Külső közmű hálózat**

---

A közmű hálózat tervezését az ÉTV szolgáltatóval egyeztetve fogjuk végezni.

A gépkocsi parkolóknál összegyűjtött csapadékvizet a többi csapadékvíztől elkülönítve olaj- és iszapfogó berendezésen keresztül fogjuk kivezetni a telken kívüli külső csatorna hálózatba.

#### **4.11.3. Belső hálózat**

---

##### **4.11.3.1. Vízellátás**

A vízbekötés a vízszolgáltató előírása szerint, a későbbi közműegyeztetések során meghatározott módon fog megtörténni.

A használati vízigények kiszámítását az MI-10-158-1:1992 számú műszaki irányelv szerint végezzük. A technológiai vízigények kiszámítása az alkalmazott berendezések fogyasztásának figyelembevételével történik.

##### **4.11.3.2. Használati melegvíz készítés**

A komplexumban jelentkező melegvíz fogyasztás fedezésére a különböző energetikai koncepciók esetében változó megoldásokat dolgoztunk ki.

Az 1-es koncepció esetén (Energetikai koncepció kompakt folyadékhűtő egységekkel) a gépterem hűtőgépeinek hulladékhőjét használjuk fel melyhez a nyári időszak során az irodaépület hűtését megvalósító folyadékhűtő hulladékhője is hozzáadódik.

A 2-es koncepció esetében (Energetikai koncepció abszorpciós és osztott folyadékhűtő egységekkel) szintén hulladékhőt hasznosítunk. Az osztott folyadékhűtők hulladékhője és a nyári időszak során az irodát hűtő kompakt gép hője megfelelő forrást biztosít az igények fedezéséhez

A 3-as koncepció (Energetikai koncepció trigenerációs és kompakt egységekkel) az előző kettőhöz hasonlóan nyáron az irodát hűtő kompakt folyadékhűtő kondenzátorának hőjét hasznosítaná, az egész szezon során pedig előállítható a gázmotorok füstgázelvezető rendszerébe épített hőcserélő segítségével, mely a füstgáz hulladékhőjét hasznosítja.

#### 4.11.3.3. Vízvezeték hálózat, berendezési tárgyak

A hideg-, meleg-, és cirkulációs alap-, felszálló és ágvezetékek anyaga horganyzott acélcső vagy azzal hidraulikai, hőtechnikai, műszaki szempontból azonos értékű más anyagú (pl. műanyag) cső lesz. A vízvezetékeknek falon és födémen való átvezetésénél a zaj- és rezgésvédelmi technológiai utasítások szerint fogunk eljárni; ahol az akusztika megkívánja, ott hangszigetelt vezetéket alkalmazunk.

A fagyveszélyes helyeken szerelt vízvezetékeket a hőszigetelés alatt elektromos kísérőfűtéssel látjuk el a technológiát és a komfortigényeket kiszolgáló vezetékek esetében is. A fűtés termosztátról vezérelhető lesz, adott határhőmérséklet alatt bekapcsol. A vezeték-fűtési rendszert az épület-felületei rendszerbe fogjuk csatlakoztatni.

A vizes helyiségekben az igények szerinti vizes berendezési tárgyak kerülnek majd elhelyezésre. Az irodaépületben, hőközpontokban, hűtő és szellőző gépházakban, takarítási célú helyiségekben takarító-vízvételi helyeket fogunk kialakítani. A portaszolgálat dolgozói részére vízvételi helyet biztosítunk. Valamennyi berendezés tartalék elzáróval lesz szerelve. A csapoló szerelvények víztakarékos kivitelűek lesznek, hosszú élettartamra tervezve.

Az épületben található valamennyi falikút és tömlős vízvételi szerelvény (pl. szeméttároló helyiség) hideg-melegvizes, légbeszívós csaptelepet kap; a falikutak előtt padlóösszefolyót fogunk telepíteni.

#### 4.11.4. Szennyvízelvezetés

A tervezett létesítmény felől jelentkező elvezetendő szennyvíz mennyiségének megállapítása az épületen belüli hálózatnál közölt irányelvek segítségével megállapított értékek figyelembevételével történik. A csapadékvíz elvezetése a közműhálózaton a későbbiekben taglaltak miatt nem szükséges. (Kivételt képez a külső közműveknél említett parkolóban összegyűlt szennyvíz.)

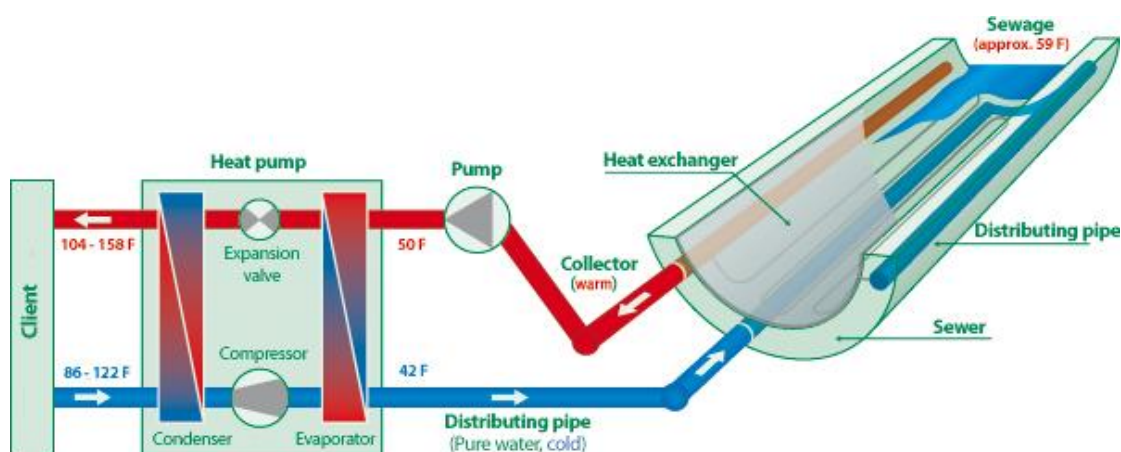
Az épület szennyvizét bekötő csatornákkal fogjuk elvezetni. A bekötő csatornákat a szennyvízvezeték lejtésének megfelelően a későbbiekben meghatározott irányba vezetjük el. A szennyvíz mennyiségét az MI-10-158-1:1992 számú műszaki irányelv szerint számítjuk. A légkezelő berendezések nedvesítő készülékei részére csatorna csatlakozást tervezünk.

A 3-as koncepcióban alkalmazandó egyedi hűtő-fűtő berendezések (fan-coil-ok) kondenzvizét összegyűjtjük és búzzáron keresztül a csatornavezetékbe vezetjük, amennyiben az említett koncepció kerül megvalósításra.

A csatorna vezetékeknek falon és födémen való átvezetésnél a zaj-, rezgés-, és tűzvédelmi technológiai utasítás szerint fogunk eljárni; ahol az akusztika megkívánja, ott hangszigetelt vezetéket alkalmazunk.

#### 4.11.5. Távozó szennyvíz hőjének hasznosítása

Távozó szennyvíz hőjét hasznosítva lehetőség van a beérkező hideg víz előmelegítésére. Ehhez hőszivattyút kell beépíteni a rendszerbe.



A tiszta víz a víz-víz hőszivattyú kondenzátorán, míg a szennyvíz a hőszivattyú elpárologtatóján áramlik keresztül. Az előmelegített tiszta víz a továbbiakban felhasználásra kerül, a lehűlt szennyvíz a csatornába távozik.

#### 4.11.6. Szürkevíz hasznosítás

---

A csapadékvizet tárolóba fogjuk gyűjteni, hasznosítását a következő pontban ismertetjük.

Az összegyűjtött csapadékvizet szürkevízként fel fogjuk használni:

- WC tartályokban, öblítésre;
- Növények locsolására;
- Megfelelő kezelések után a kondenzátorok adiabatikus hűtővizeként.

Így a közműhálózatról történő vízfogyasztás jelentősen csökkenthető. A költségek csökkentése mellett ez a megoldás a környezet kímélése szempontjából is előnyös.

### 4.12. Tűzvédelem, oltórendszer

---

#### 4.12.1. Műszaki tartalom

---

Az előzőekben ismertetett 100, 180, 260, 340, 420, 500m<sup>2</sup> modulokból épülne fel a gépterem. Az adattároló álpadlóval lenne kialakítva, álmennyezetet nem terveznénk. A teljes 10.000m<sup>2</sup>-es adattároló kialakítása, a 2.000m<sup>2</sup>-es blokkok bővítése az oltórendszerben csak a csőhálózat és az oltásvezérlő bővítésével jár.

Az adattároló helyiségek tűzvédelmére választószelepes Inert IG-541 gázzal oltó rendszert ajánlunk, tartalékpalackokkal, a mértékadó legnagyobb légköbméterű helyiségre méretezve.

Az oltóanyag a légkörben megtalálható gázok elegye, légkörben is fellelhetők, ezért sem az üvegházhatásra, sem az ózonrétegre nincs hatással.

Az oltórendszer többzónás kialakítású. A többzónás rendszerben választószelepek segítségével – intelligens vezérlést alkalmazva megoldható az, hogy csak abba a helyiségbe juttatjuk az oltógázt, ahol a tűz keletkezett. Egy időben egy zónában keletkezett tűz oltható. Így lényegesen csökkenthető a szükséges gázmennyiség, mert az a mértékadó zóna gázigénye, nem az összes zóna gázigényének összege. A mértékadó helyiség a legnagyobb tömegű oltógázt igénylő helyiséget jelenti. A tartalékpalackok a gyűjtőcsőre vannak rákapcsolva, így a kiírásnak megfelelően 2N illetve 2N+1 redundancia a gépészeti oldalról biztosított. A lefújást követően a palackok újratölthetők.

Több helyiség azonos időben történő tüzesetére nem számítunk, így a fentieknek megfelelően kialakított rendszerben kisebb a palacktelep, ebből adódóan a helyigénye is kisebb és lényegesebben olcsóbb lesz a rendszer. Az egyetlen palacktelep

alkalmazása miatt a csőhálózat hosszabb, hiszen az egyetlen palackteleptől el kell csövezni mindegyik védett helyiségbe. Természetesen megoldható nagyobb terület egyidejű oltása, építészeti kialakítástól függően.

Az oltóteleptől induló kifúvó csőrendszert az oldalfalhoz és a mennyezethez, az álpadló alatti csőhálózatot a padlóhoz erősítve fogjuk szerelni. A csőhálózat varratnélküli, fekete acélcső, igény szerinti színre festett.

A választószelepes oltórendszer mindegyik külön oltási zónához tartozó védett területeihez külön tűzjelző- és oltásvezérlő központokat ajánlunk, az oltásvezérléshez szükséges összes elemmel (három tűzjelző zóna, kézi indító és leállító gombok, hang és fényjelzések). A tűzjelző központ három jelzőhurkot képes kezelni. A tűzjelző/oltásvezérlő központ két független érzékelő hurokra optikai füstérzékelőket csatlakoztattunk, a harmadik hurokra aspirációs füstérzékelőt.

A tűzjelző- és oltásvezérlő központok csak érzékelik a tüzet, helyi kezelési felületet biztosítanak, és az adott helyiséghez oltást kérnek.

Az oltási folyamatot az oltás vezérlő központ (OVK) vezérli, és egyben ez látja el a tűzjelző/oltórendszerek felügyeletét is. Erre kapcsolódnak az indító szelepek, a választószelepek, és az oltógázpalackot nyitó szelepek, valamint a szelepekbe épített nyomáskapcsolók. A központi oltásvezérlő egység feladata, hogy egyrészt nyitja az adott zóna oltásához szükséges számú gázpalackot, másrészt a zóna irányában nyitja a választószelepeket. Oltás csak a két egymástól független hurok jelzésére, vagy a kézi indító aktiválásakor indul.

Az álpadló alatti területhez, a nagy légsebesség miatt, valamint a rack szekrényekhez aspirációs tűzjelző készüléket ajánlunk.

Az oltógázok teljes elárasztásos rendszerekben csak akkor fejtik ki hatásukat, ha lángkioltás és az újragyulladás időtartama alatt a térben megfelelő a koncentráció. Az elszívárgás annál intenzívebb, minél porózusabb az épületszerkezet, vagy minél több hézag, légcsatorna stb. található az oltandó tér és környezete között. A helyiségeknek légtömörnek kell lenniük, ennek érdekében a nyílások, kábeláttörések tűzgátló lezárását felülvizsgáljuk, majd a gáztömörség érdekében azokat – szükség esetén – beruházói közreműködéssel megfelelő tűzbiztonságos elemekkel kell lezárni – pl. gipszkarton lemez, tűzgátló paplan stb. A helyiséget a lezárások után gáztömörnek tekintjük. Az oltás megkezdése előtt minden kinyitott nyílászárót be kell csukni, a közlekedőre, a zóna határokhoz tartozó ajtókra önműködő csukószerkezetet kell szerelni.

Az adattároló központ helyiségeibe, tűzszakaszonként a befúvó friss levegő légcsatornába és az elszívó légcsatornába is – a légtechnikai tervben meghatározott – villamos hajtású motoros tűzcsappantyút kell beépíteni, amelyek lezáró vezérlését az oltásvezérlő központ vagy az épület tűzjelző rendszerén keresztül kell megvalósítani.

A nagynyomású INERT IG-541 gázzal oltás során az oltott helyiségben túlnyomás keletkezik, ezt a szabad tér felé el kell vezetni.

Beépíteni csak olyan oltórendszert szabad, amelynek elemei és az oltógáz is Vds, LPCB engedéllyel rendelkeznek.

#### **4.12.2. Az oltórendszer felépítése**

---

Az IG-541 300bar gázzal oltó rendszer az alábbi fő egységekből épül fel:

- oltótelep oltóanyag tároló palackokkal, bennük IG-541 oltógázzal, gyűjtőcsővel, választószelepekkel, indító palackokkal és mágnes szelepekkel;
- tartalékpalackok - közös gyűjtőcsőre csatlakoztatva;
- kifúvó csővezetékrendszerek, kifúvó fejekkel;
- tűzjelző/oltásvezérlő központ;
- tűzjelző optikai-aspirációs füstérzékelő hálózat.

##### **Az IG-541 inert oltógáz**

Az argon és a nitrogén inert gáz, amely a légkörben is fellelhető, ezért sem az üvegházhatásra, sem az ózonréteg vékonyodására nincs hatással. Kémiaileg semleges gázok, amelyek színtelenek, szagtalanok, íztelenek és villamos vezetőképességük nincs. Az oltógáz nem okoz korróziót, szobahőmérsékleten nem támadja a nikkelt, az acélt, a rezet, a sárgarezet, a bronzot, és az elasztomer műanyagokat.

Az IG-541 gáz argont 40 térfogat %-ban, a nitrogént 52 térfogat %-ban, széndioxidot 8 térfogat %-ban tartalmaz. Bár a szén-dioxid szintén semleges az égésfolyamat szempontjából, itt elsősorban nem oltóanyag, hanem élettani funkciója van. A teljes elárasztásnál kialakult atmoszférában a szén-dioxid szint a már élettanilag veszélyes 5 tf% alatt marad (kb. 3-3,5 %). Ez belégzésre alkalmas, ebben a koncentrációban a CO<sub>2</sub> a légzésfolyamatot serkentve elősegíti a mélyebb belégzést, a lecsökkent oxigén mennyiség intenzívebb hasznosítását.

Az IG-541 inert gázzal működő oltórendszerekben az elsődleges lángkioltó hatás a védett térben történő oxigén elvonáson alapul. Az oxigén koncentrációt olyan szintre csökkenti, amely már nem elegendő az égés fenntartására (általában 15 térfogat %



alá). Ezt biztosítja az oltási térbe juttatott, előírt tervezési koncentrációjú oltógáz. Miután az oltógáz kijutott az oltandó térbe, igen gyorsan egyenletesen eloszlik, így a kiáramlási idő (60 másodperc) alatt a teljes térben kialakul az oltási koncentráció. Az oltandó helyiséget oltás előtt feltétlenül el kell hagyni.

Annak ellenére, hogy az IG-541 oltógáz oltási mechanizmusa a széndioxidéhoz hasonlóan az oxigén koncentráció csökkenésén alapul, inert gáz esetén a tartózkodók számára biztonságos marad az elárasztott tér, azonban a helyiséget el kell hagyni.

Az Inert IG-541 gázzal működő oltórendszer alkalmas archívumok, könyvtárak és egyéb olyan terek védelmére, ahol nagy és pótolhatatlan értékeket tárolnak. Szintén alkalmas számítógéptermekek, telefonközpontok és egyéb villamos berendezések védelmére.

### Az oltótelep

Az oltótelep különálló helyiségben lesz elhelyezve.

A helyiség hőmérséklete +15 és +50°C között lehet.

A rendszer nem robbanásveszélyes, normál kialakítású falszerkezetek megfelelnek.



## Oltóanyag tárolótartály

Az Inert oltógázt nagynyomású palackokban gáz formájában tároljuk. A helyigény a tárolt gáz mennyiségétől és a nyomástól függ. Az inert gázzal oltó rendszerben a palackok névleges tárolási nyomása 300 bar (a névleges nyomás 15°C-on érvényes). A palackok térfogata 80 liter. A hegesztési varrat nélkül készült nagynyomású palack EN84/525 szerint készült.

A 300 bar nyomás lehetővé teszi, hogy a gázt kisebb helyen és alacsonyabb költséggel tároljuk.

A palackokat négy sorban helyezzük el, a padlóhoz és a falhoz erősített tartókeretben. A palackokat bármilyen számú indítási csoportra oszthatjuk.

Az inert gázpalackok pneumatikus indításúak. Az oltórendszer nyomáskiegyenlített szelepét minden esetben jelentősebb nemzetközi laboratóriumban vizsgálják és engedélyezik. Igen megbízható, számos védelmi funkcióval rendelkezik a téves indítások megelőzésére. Számos kombinációban alkalmazható kézi, elektromos és pneumatikus indítással.

Az indítószelep alkalmas a karbantartás és az ellenőrzések véletlen indítástól mentes elvégzésére.

## Gyűjtő- és elosztócső

A tartókeret tetején van elhelyezve a gyűjtő- és elosztócső, amelyhez egyrészt csatlakoznak a palackok és tartalékpallackok, másrészt erre vannak szerelve a választószelepek.

## Választószelepek

Az oltógázt a választószelepek irányítják az oltandó zónába. Egy időben egy választószelep lehet nyitva.

## Kifúvó vezetérendszer

Az oltógázt a tartályokból megfelelően méretezett acélcső rendszeren és fúvókákon keresztül juttatjuk el a védendő terekbe.

A csőrendszerben az oltóanyag gáz halmazállapotban halad, a méretezett fúvókákon történik a gáz szétoszlása. A kifúvó vezetérendszer egyrészt a választószelepekre csatlakozik, másrészt a fő-, álmennyezeti-, és álpadló terekben elhelyezett fúvókákban végződik.

A gázáramlást két helyen elhelyezett szűkítőperemek szabályozzák.

- a választószelep és a vezetérendszer között elhelyezett szűkítőperem a gáz nyomását a kifúvó vezetérendszerben 60 bar maximális nyomásra állítja be.
- a fúvókákban lévő szűkítőperemek szabályozzák a gáz egyenletes elosztását az oltandó terekben.

A szükséges oltógáz mennyiségét, a csővezeték, valamint a fúvókák méretét és számát a tervezés során a helységek méretei alapján számítógépes program segítségével számítjuk ki.

A fúvókaszám meghatározásánál két szempontot kell figyelembe venni:

- Az egy fúvókán 60 másodperc alatt maximálisan kiáramló gáz mennyisége
- Az egy fúvókával maximálisan lefedhető terület. (fúvókátípustól függően ~35-45 m<sup>2</sup>)

A helyiségben lehetőleg egyenletesen kell kiosztani a fúvókákat, és kerülni kell az esetleges ajtó fölötti elhelyezést.

A pontos számítással biztosítjuk, hogy:

- az egyes fejekben a tervezett gázmennyiség áramoljon ki,
- a tervezett kiáramlási időn belül az oltógáz 95%-a az oltandó térbe jusson.

A csőhálózat elemei:

- egyenes varratmentes acélcső előírt szilárdsággal EN 10216-1 szerint
- kovácsoltvas fittingek előírt szilárdsággal
- kovácsoltvas menetes karmantyúk előírt szilárdsággal.

Az acélcső és fittingek falvastagsága legalább Sch40-nek kell megfeleljen.

### Indító palackok és mágnes szelepek

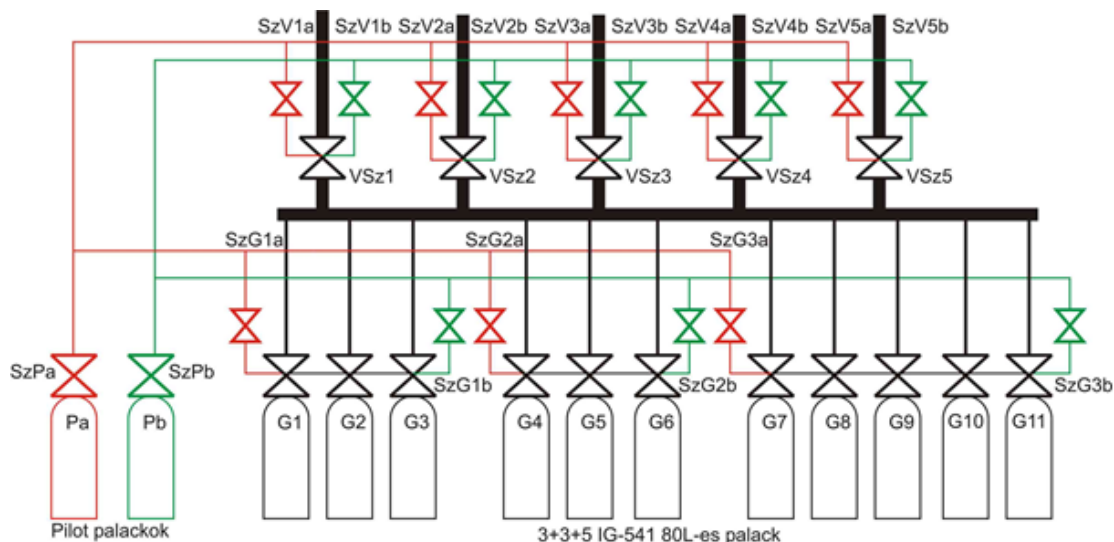
A pneumatikus működtetésű palack szelepeket és választószelepeket a villamos vezérlésű indítórendszer működteti. Az indítókör két 100 bar nyomású nitrogénnel töltött, 3L-es indító (pilot) palackból, rajtuk villamos működtetésű szeleppel, és villamos működtetésű indítás választó szelepből áll. Az indítórendszer a biztonságos működés érdekében 100% redundanciát tartalmaz.

A működés az indító palack szelepek és az indítás választó szelepek kézi működtetésével is elindítható. A gépházban elhelyezett egylapos kezelési útmutató

mutatja, hogy melyik tér oltásához melyik szelepeket kell működtetni. (Ezt az üzemmódot csak akkor kell használni, ha az oltásvezérlő központ nem működik. Az üzemszerű kézi indítás a zónánkénti kézi indítógombok segítségével történik.)

### A gázzal oltó rendszer palacktelep és választószelep vezérlése

A gázzal oltó vezérlésének sémáját az alábbi ábra mutatja:



Ezen példa szerint az oltógázt tartalmazó palackok három csoportra vannak osztva (3 + 3 + 5 palack).

Az oltáshoz oltási zónánként változó számú palackot kell indítani, és a zónához tartozó választószelepet nyitni.

A palackok és a választószelepek pneumatikus működtetésűek. Működtetésükhöz villamosan működtetni kell a pilot palackokat, a palackcsoportokat indító pilot választószelepeket és a választószelepet működtető pilot választószelepeket.

Az indítási szekvencia:

- pilot palackok működtetése (5s-ig);
- választószelep működtetése (80s-ig);
- a választószelep működés indítás után 3s késleltetéssel a palackcsoport(ok) működtetése 5s-ig.

A biztonságosabb működés érdekében a vezérlés 100% redundanciával van megvalósítva. Ebben az esetben összesen 18 villamos működtetésű szelepet kell vezérelni.

A szelepek vezérléséhez 24V 1A DC jel szükséges. Az szolenoid induktivitása miatt antiparallel diódát célszerű alkalmazni.

### Túlnyomás levezetés

A helyiségekben a megengedett túlnyomás 1000 pascal = 10 mbar, melyet az építész tervhez adunk meg.

Általános követelmények:

- 1.) Az IG-541 gázzal történő túlnyomást le kell vezetni:
  - minden helyiség fő teréből;
  - az álmennyezetből;
  - az álpadlóból.
- 2.) Minden nyomáslevezető a megengedett túlnyomásra van méretezve – a megadottnál kisebb nyomáslevezető felületeket alkalmazni tilos (az álmennyezeteken és álpadlókon sem!)
- 3.) A fő nyomáslevezetők légtechnikai tervezőjének ellenőriznie kell, hogy az általa kialakított konstrukciójú nyomáslevezetőn a megadott tömegáram mellett a nyomásesés nem több, mint 1000 pascal.
- 4.) A nyomáslevezetőbe helyezett légzsalu nem nyithat 50 pascal-nál kisebb nyomáson. Megerősített kivitelű, hogy a kb. 25-30m/s-os légáramlás ne károsítsa.

### Teendők oltás után

Ha tűz fordult elő, minden esetben értesíteni kell a tűzoltóságot.

Ha oltás történt:

- értesíteni kell a karbantartásért felelős céget
- az oltórendszer újbóli üzembe helyezéséig élőerős őrséget kell biztosítani
- az oltórendszer lefújása esetén - a tűz eloltása után - az elárasztott helyiséget ki kell szellőztetni, ezt az ajtón, vagy légtechnikán keresztül lehet végrehajtani.

A tűzjelző- és oltórendszert a karbantartásért felelős cég helyezi újból üzembe. Ennek fő lépései:

- a kisütött palackok cseréje tartalékpalackokra
- a tűzjelző- és oltásvezérlő tesztje, majd üzembe helyezése

- a kisütött palackok elszállítása feltöltésre
- a feltöltött palackok visszaszállítása.

Ezen kívül a biztonsági házirendben előírt egyéb teendőket is végre kell hajtani.

### 4.12.3. Az oltásvezérlő rendszer felépítése

---

#### 4.12.3.1. Rendszertechnikai leírás

A tűzjelző érzékelők kiválasztásánál, elhelyezésénél a következő szempontokat vettük figyelembe. Az optikai füstérzékelők alkalmazása mellett, a különböző típusú tüzek korai felismerése miatt döntöttünk. Az érzékelők kiosztásánál figyelembe vettük a gyári specifikációikat, az épület geometriai és funkcionális adottságait, valamint a vonatkozó előírásokat.

A tűzjelző-oltásvezérlő központ 3 db jelzőhurkot képesek kezelni. Két hurkora optikai füstérzékelőket, egy hurokra aspirációs füstérzékelőt telepítünk. Az optikai pontszerű füstérzékelőket kétszeres biztonságú érzékelő hálózattal alakítjuk ki.

A központ tűzjelzés esetén hangjelzőket működtet, potenciálmentes kontaktusokat biztosít, illetve átjelzést szolgáltat (tűz, oltás indul, gyújtott hiba).

A központ előlapján található kulcsos kapcsoló megfelelő állapota az egyes kezelési szinteket határozza meg. A központ egységén belül található tápegysége a hálózati feszültségből a működéshez szükséges 24V-os tápfeszültséget biztosítja, másrészt puffer üzemmódban tölti a központon belül található 2db 12VDC/7Ah-ás zártrendszerű, gondozásmentes akkumulátorokat (2 db) is.

A tűzjelző központ hurokfigyelő áramkörei nyugalmi áramot értékelnek referenciául, amelyet a hurkok végeinél bekötött 6,8k $\Omega$ -os ellenállások biztosítanak. A nyugalmi áramtól való eltérést hibának, illetve a megnövekedő áramot tűzjelzésnek értékeli központ.

A vészhelyzeti energiaigény, oltóközpontonként (aspirációs készülékkel) max.: 4 A.

A tűzjelző hurkok valamelyikében detektált jelzés a tűzjelző-oltásvezérlő központ tűzjelző kimenetét aktiválja és bekapcsolja az oltás előjelzés hang- és fényjelzését valamint a szükséges vezérlések részére feszültségmentes kontaktussal kiadja a parancsot a légtechnikai rendszerbe beépített tűzcsappantyú zárására.

A második hurkon beérkező – az első hurkon bejövő jelzéssel egy időben – tűzjelzés aktiválja az oltásindítás kimenetet (a késleltetési idő lejártá után).

Bármelyik kombinációba – aspirációs érzékelő vagy/és a két független optikai füstérzékelő hurok egymást követő jelzésére.

A tűzjelző/oltásvezérlő központ átjelzései a központi tűzjelző központ részére:

- egy hurkon bejövő tűzjelzés
- két hurkon egy időben bejövő tűzjelzés
- tűzjelző/oltásvezérlő központ hiba esetén történnek

#### 4.12.3.2. Az oltórendszer központja

Az oltórendszerek (szerver helyiségenként egy-egy) tűzjelző/oltásvezérlő központjának működését mikroprocesszor vezérli, több paraméter, pl. késleltetési idők állíthatóak rajtuk.

##### Oltásvezérlő központ

Az oltásvezérlő központ egyrészt figyeli:

- a tűzjelző köröket,
- az oltórendszer működését jelző jeleket,

másrészt működteti:

- a légtechnika befúvó vezetékeiben és elszívó köreiben elhelyezett rugóterheléses, mágnessel vezérelt, kézi visszaállítású csappantyúkat;
- a hang- és fényjelző berendezéseket;
- az oltórendszer működését indító villamos vezérlésű szelepeket.

Az oltórendszer központját az EN54-2 és EN54-4 (Tűzérezékelő és -jelző rendszerek – Központ és jelzőberendezések) valamint az EN12094-1 szabványok (Beépített tűzoltó rendszerek – Gázzal oltó rendszerek elemei – 1. rész: Követelmények és vizsgálati módszerek az automatikus elektromos vezérlő és késleltető berendezésekhez) követelményeinek megfelelően kell tervezni. A készülék egy tűzjelző központ és egy oltásvezérlő kombinációja. Három jelzőzónája van, amelyekről érkező jelzés alapján születik meg az oltás indítási döntés.

A berendezések rendelkeznek az érzékelő hurkok fogadásán túlmenően kézi indítás, és kézi tiltás bemenetekkel, fény- és hangjelzést ad, valamint, az adott helyiséghez oltást kérnek. A jelzés és az oltás megkezdése közötti késleltetés 30 másodperc (ez állítható, max.: 180 s.), ez idő alatt hang- és fényjelzés figyelmeztet a helyiség elhagyására. Ez idő alatt lehet az oltórendszer indítását felfüggeszteni.



A központ belső hálózati üzemű akkumulátortöltővel rendelkezik, amelyet az EN54-4 követelményei szerint kell tervezni.

#### 4.12.3.3. Érzékelők és jelzésadók

##### Optikai füstérzékelő

Az érzékelő kamra egy LED-et és egy fotodiódát tartalmaz. A kamra kialakítása olyan, hogy a LED által kibocsátott fény normál működés közben nem juthat a fotodiódára. Ha égéstermék jut a kamrába, a LED fénye megtörik a füstreszecskeken, és egy része eljut a fotodiódára.

A fotodióda a fényt elektronikus jellé alakítja át, melyet egy szűrőáramkör figyel. A megfelelő nagyságú jel bebillenti a detektor billenő-áramkörét.

A kamrában olyan terelőlemez van elhelyezve, amelyen át a füst bekerül a kamrába, de a környező fényt nem engedi be. A kamrát a tisztításhoz könnyű eltávolítani, vagy cserélni.

A detektor biztonságos felszerelésének biztosítására ún. záró mechanizmussal rendelkezik. Az érzékelő alkalmas ún. másodkijelző meghajtására.

Az álmennyezet feletti és az álpadló alatti érzékelőket másodkijelzővel szereljük.

Mechanikailag tűzálló műanyagból készül, minimális karbantartást és tisztítást igényel. Bemeneti labirintusrendszere által védett az idegen anyagok és szennyeződések bejutásától.

Az optikai füstérzékelő részletes működési leírása és kezelési utasítása a mellékletben található.

##### Aspirációs füstérzékelő

Az aspirációs füstjelző rendszer elszívó csőhálózatból, szívónyílásokból és ventilátorral ellátott, nagy érzékenységű füstérzékelőt tartalmazó kiértékelő egységből áll.

A ventilátor eljuttatja a levegőmintát a szívónyílásoktól a kiértékelő egységig, ahol a nagy érzékenységű füstérzékelő megvizsgálja a levegő tűzre jellemző gáztartalmát, és a küszöbérték túllépése esetén működésbe hozza a riasztóberendezést. Egy légáram figyelő eszköz felügyeli a csőhálózat és a légelszívó ventilátor meghibásodását vagy elzáródását. Amennyiben a légáram eltér az előre megállapított értéktől, hibajelzés lép fel. Hibajelzést vált ki a füstérzékelő eltávolítása, a tápfeszültség kimaradása is.

A légszívásos érzékelők a helyszínen kialakításra kerülő szünetmentes tápellátással lesznek ellátva külön segéd tápegységről. Jelzéseiket – tűz- és hibajelzés – kontaktusokon keresztül a tűzjelző központ fogadja.

#### 4.12.3.4. Oltás Vezérlő Központ (OVK) több csatornás szelepvezérlő egység ismertető

##### Az egység feladata

Egy OVK egység legfeljebb 8 csatornás gázzal oltó rendszerekben használható. Gyakorlatilag korlátlanul bővíthető. Fő feladata az oltáshoz szükséges szelepvezérlési szekvenciák végrehajtása és a működés felügyelete.

A tűz érzékelését önálló tűzjelző központok végzik el, s ezek adnak parancsot az OVK-nak az oltás végrehajtására.

Az OVK egység 8 oltási kérelem bemenettel, és 18 szelepvezérlő kimenettel rendelkezik.

A 8 bemenetén egyszerre egy oltási kérelmet képes fogadni. Több kérelem esetén az elsőt hajtja végre. A tűzjelző központok és az OVK közötti kábelkapcsolat felügyelt.

Az OVK-hoz távkezelő egységet ajánlunk a diszpécseri állandó felügyelettel rendelkező helyiségbe.

##### Felépítés

Az OVK szelepvezérlő egység részei:

- 1.) Több darab OVE (Oltás Vezérlő Egység) kártya. Ezek fogadják az oltási kérelmeket, és vezérlik a működtető szolenoidokat. Mindegyik OVE egy-egy LCD kijelzővel van felszerelve, melyen a működési állapot, és az esetleges hibák olvashatók le.
- 2.) Tápegység és akkumulátorok. Ezek biztosítják az egység szünetmentes tápellátását. A tápegység hibajelző kimeneteit az OVE-k fogadják, így áramellátási- vagy akkumulátor hiba esetén a probléma az OVE kijelzőjén szövegesen is leolvasható.
- 3.) Földzárlat-érzékelő
- 4.) Tűzjelzés-érzékelő bemenetek. Ezek fogadják a több önálló tűzjelző központ oltási parancsait, és galvanikus leválasztás után továbbítják az OVE panelek felé.

## Működés

Az oltási kérelem érkezés után az OVK megkezdi az adott terület oltásához szükséges szelepvezérlési szekvencia végrehajtását. Ez a szekvencia függ az oltandó tér jellemzőitől (méret, besorolás stb.).

- 1.) Az első lépés a pilot-palackok indítása. Ezzel létrejön a választószelep működtetéséhez szükséges gáznyomás.
- 2.) Második lépésben az OVK kinyitja a megfelelő választószelepet, mely majd az oltandó térbe fogja vezetni az oltógázt.
- 3.) Harmadik lépésben az OVK indítási parancsot ad az oltógáz-palackoknak. Az OVK bármilyen darabszámú oltópalackot képes vezérelni, melyek mérete eltérő lehet. Így alapvetően bármilyen oltógáz-mennyiség használatára van lehetőség.
- 4.) Az oltás végén a palackok jelzik, hogy bennük a nyomás lecsökkent. Ezután a rendszer hibát jelez mindaddig, míg az újratöltés meg nem történt.

## Ellenőrzés

Az OVK folyamatosan felügyeli az összes szelepvezérlő kört, így bármely vezérlő kábel vagy szolenoid szakadása vagy zárata esetén hibajelzést küld.

Szintén folyamatosan ellenőrzi az összes palackot (pilot palackok és oltógáz-palackok) nyomásszintjét. Ha bármely palackon a nyomás a jeladó által megadott szint alá csökken, akkor az OVK hibajelzést ad.

Az egység földzárlat-érzékelő rendszerrel van ellátva, mely képes jelezni bármely vezérlő vagy jelzőkábel galvanikus kapcsolatát a védőfölddel.

## Hibajelzések

Amennyiben nincs hiba, akkor az OVK egység az Error kimenetén (biztosított) 24V-os DC feszültséget ad ki. Bármiféle hiba esetén ez a 24V megszűnik, így lehetőség van hibajelzésre. A hiba az LCD kijelzőkön jelenik meg. Egyszerre egy látható, de ha több is van, akkor a kijelző melletti gombbal lehet a következőre lépni.

A hiba elmúltával a központ hibát észlelő OVE paneljét törölni kell a kijelző melletti gomb 3 másodperces lenyomásával.

## Tápellátás

Az OVK egység kettős tápellátással van ellátva. Egyrészt a hálózati 23V feszültségről, másrészt saját akkumulátorairól is képes működni. Az áthidalási idő több, mint 24 óra.

## Programozás, konfigurálás

Az OVK-4 egység működési paraméterei külső egység (számítógép és adatkábel) segítségével változtathatók meg. Az egység konfigurálását, élesztését, illetve a karbantartást és ellenőrzést csak képzett és feljogosított szakember végezheti.

## Kezelés

Az OVK szelepvezérlő egység teljesen automatikus működésű, üzemszerű kezelést nem igényel. Hibajelzés és oltás esetén megfelelően képzett szakember segítségére van szükség a rendszer helyreállításához.

Az oltási folyamatot az egység automatikusan levezényli, ehhez nincs szükség emberi beavatkozásra.

Amennyiben az egység hibát észlel, akkor azt a hibát észlelő OVE egység LCD kijelzőjén szövegesen megjeleníti. Ha több hiba is van, akkor a kijelző melletti gomb megnyomásával lehet lépkedni. Az összes hiba elhárítása után a központot a kijelző melletti gomb 3 másodperces lenyomásával törölni kell.

### 4.12.3.5. Az oltási folyamat vezérlése

Az oltási területeket, egy-egy központ felügyeli. Ha valamelyik területen oltást kell indítani, a megfelelő központ jelzést küld az OVK oltásvezérlő központnak. A palacktelepek működését az OVK központ vezérli. A palacktelepek villamos vezérlésű, elektromágneses működtetésűek.

A választószelepek működtetéséhez szükséges gázt több, minimum 2 db. 3L-es 150bar nyomású nitrogén palack, az ún. pilot palackok biztosítják, melyek kisütését villamosan kell vezérelni. A választószelepek villamos működtetésű pneumatikus szelepek, működésükhöz 1-10 bar nyomású gáz szükséges. A működtetéshez szükséges gázt a pilot palackokból egy 10 báros nyomáscsökkentőn keresztül kapják.

## 4.13. Összefoglaló

---

Mintapéldánk célja a minél részletesebb és alaposabb vizsgálata az építendő adatközpont kialakítási lehetőségeinek. A különböző megoldások kidolgozása során az igények maximális figyelembevétele mellett a moduláris kiépíthetőség – építészeti kialakítás és a RACK szekrények különböző teljesítménysűrűsége – és a redundancia szempontjait szem előtt tartva törekedtünk a minimális energiafelhasználás elérésére.

Az általunk kidolgozott összes épületgépészeti rendszer teljesíteni tudja a TIER 3+ illetve TIER 4-es biztonsági fokozatokhoz illeszkedő minimum 2N illetve 2N+1

redundanciát. Ezáltal az adatközpont szolgáltatása eléri a 99.999 % rendelkezésre állást.

A gépterem kialakítási lehetőségeit vizsgálva ismertettük a hidegfolyosós-, a rackbe integrált zárt-, és az álpadlós hűtési rendszerek előnyeit és hátrányait. A jövőbeli piaci trendeket és az egyre nagyobb hűtési igénnyel rendelkező szerverek fejlődését figyelembe véve (blade technológia) javasoljuk a hidegfolyosós és a rackbe integrált zárt rendszer kialakítását. A megoldás előnye, hogy ez a két rendszer az igényeknek megfelelően akár egymással párhuzamosan is kiépíthető és mikro-modulonként bővíthető.

A mintapéldánkban a fokozatos kiépíthetőség szempontját 100, 180, 260, 340, 420 és 500m<sup>2</sup>-es modulok kidolgozásával oldottuk meg. Ezekből az alapegységekből a bérleti igényeknek megfelelően építhető össze a kiírásban szereplő maximális 10.000m<sup>2</sup>, amelynek – egy lehetséges modul rendszerből felépített – kiépítését példánkban be is mutattunk.

Lényeges feladatnak tartottuk, hogy olyan megoldásokat sorakoztassunk fel, amelyek megfelelnek a mai kor szigorú energetikai követelményeinek. A redundancia figyelembe vételével racionalizáltuk a leendő épület energiafelhasználását. Megvizsgáltuk a megújuló energiák felhasználásának lehetőségeit is. Ennek megfelelően az alábbi energetikai koncepciókat dolgoztuk ki:

- Hűtési rendszer kompakt folyadékhűtő egységekkel
- Hűtési rendszer abszorpciós és osztott folyadékhűtő egységekkel
- Hűtési rendszer trigenerációs és kompakt egységekkel
- Hűtési rendszer megújuló energiaforrások felhasználásával

Mindezen kialakítások során arra törekedtünk, hogy alkalmazzuk a jelenlegi és jövőbe mutató energia optimalizálási rendszereket:

- Kondenzátorok szabadhűtése
- Kondenzátorok adiabatikus hűtése
- Kondenzátorok hulladékhő hasznosítása
- Légtechnikai hővisszanyerő berendezések alkalmazása
- Frekvenciaváltós szivattyúk, ventilátorok alkalmazása
- Alternatív energiaforrások (Nap, szél, föld, víz, szennyvíz)
- Szürkevíz hálózat kiépítése
- Trigenerációs energiahasznosítás lehetősége

A mind beruházási, mind üzemeltetési költségek szempontjából megfelelő rendszer kiválasztása későbbi gazdaságossági számítások alapján a Beruházóval közösen történhet.

A víz-, és csatorna rendszerek esetében javasoljuk az esővíz gyűjtését és felhasználását. WC tartályok öblítésére, locsolásra és megfelelő kezelések után a kondenzátorok adiabatikus hűtővizeként használhatnánk fel az összegyűlt esővizet.

Az adattároló helyiségek tűzvédelmére választószelepes Inert IG-541 gázzal oltó rendszert ajánlunk, tartalékpalackokkal, a mértékadó legnagyobb légköbméterű helyiségre méretezve. Az oltóanyag a légkörben megtalálható gázok elegye, légkörben is fellelhetők, ezért sem az üvegházhatásra, sem az ózonrétegre nincs hatással.

## **5. Technológiai – és komfortkövetelmények megvalósítása a Szegedi ELI Lézer Kutató Intézet tervezése során (Virág Zoltán, Petrika Gábor, Virág Zsolt, Nagy Bernát)**

---

Újabb gyöngyszemmel gazdagodtunk, mivel megépült egy épületkomplexum a tudományos kutatások elősegítésére. A Lézer Kutatóközpont egyedülálló beruházás Magyarországon. A Szegeden megépített ELI-ALPS kutatási központ elsődleges küldetése az, hogy a nemzetközi tudományos közösség felhasználói köre számára ultragyors fényforrások széles skáláját tegye elérhetővé. Az ELI-ALPS lézeres kutatóközpont Szeged északi belterületi határán, az 5. sz. fő közlekedési út mellett, egy erre a célra előkészített, területen létesült. Az épületegyüttes közel 25.000 m<sup>2</sup> területet foglal magába.

Az épületkomplexum építészeti tervezésekor az építészek figyelembe vették a kutatási technológia speciális elvárásait és a szükséges funkciók maximális kiszolgálását. Ennek megfelelően a funkcionális tagolás alapvetően öt épületrészt foglal magába.

### **„A” épület**

- a lézeres technológia helyiségcsoportjai
- lézercsarnokok és kísérleti területek

### **„B” épület**

- a kiegészítő tudományos-műszaki területek helyiségcsoportjai
- laborok, előkészítő műhelyek, kutatók irodái,
- az „A” épületet kiszolgáló gépészeti helyiségek

### **„C” épület**

- a tudásközpontként is szolgáló, irodai és kutató funkciókat tartalmazó fogadó épület
- recepció, konferenciaterem, könyvtár, szeminárium termek,
- menedzsment irodák, étterem

### **„D” épület**

- a komplexum kiszolgálását, karbantartását és fenntartását
- biztosító multifunkcionális csarnok

### **„E” épület**

- porta épület



Az épületek és funkciók felsorolása is mutatja, hogy milyen összetett feladatot kell megoldani a tervező gárdának, ezen belül az épületgépészetnek. Egyszerre kell biztosítani a legmagasabb fokon a speciális technológiai és komfort követelményeket. Az épületegyüttesben 4200 m<sup>2</sup> alapterületű nagytisztaságú tisztatér kialakítása vált szükségessé. A tisztaterek „ház a házban” rendszerben kerültek megtervezésre. Épületgépészeti szempontból a nagytisztaságú terek kialakítása, valamint a nagy pontosságú hőmérsékleti és páratartalom stabilitás megoldása jelentette a szép feladatot.



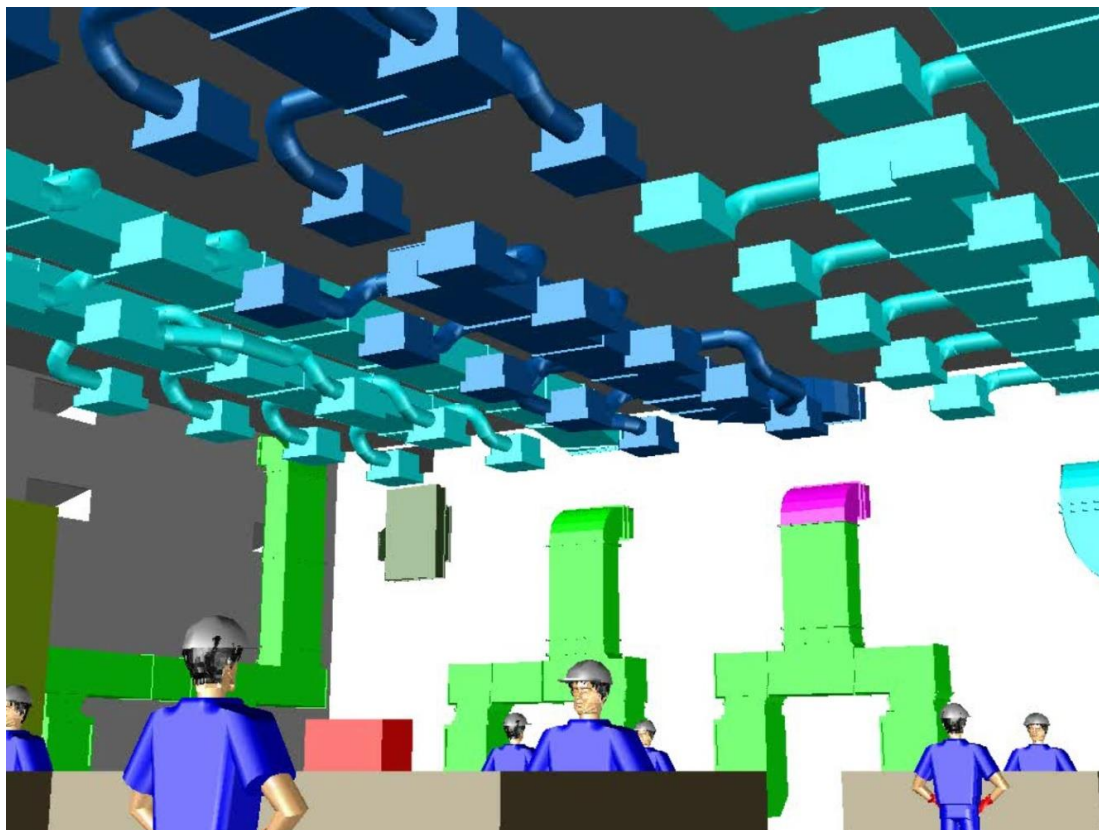
*1. ábra A lézer technológiai épület tisztatér rendszere a virtuális térben*

Az épületgépészeti terv kidolgozása során fő célként tartottuk szem előtt, hogy a kutatóközpont épületgépészeti rendszere szolgálja ki a Megrendelő, a kutatási cél és az építésztervezők által megálmodott új épület energetikai és komfortigényeit. Elégítse ki az épület működési igényeit és műszaki követelményeit, és a megvalósíthatóság gazdaságossági feltételeit. Messzemenően figyelembe vettük, hogy magas műszaki színvonalú, ugyanakkor gazdaságos rendszer legyen, gondolva a kivételes technológiai igények és az élet-, és vagyonvédelem elengedhetetlen szempontjaira is.

Törekedtünk arra, hogy az üzemelő létesítmény a lehető legkevesebb fosszilis és elektromos energiát vegye ki a közműhálózatból. A fenntartható épület igényének megfelelően az üzemeltetés költségein túl a környezetet terhelő szennyezőanyag kibocsátást is csökkentenünk kell. Az építészeti, statikai és épületgépészeti tervezés kiemelten fontos célja az épületek alacsony energia felhasználásának elérése volt.

Megítélésünk szerint a kutatóközpont mindenkor zavartalan működése kiemelt fontosságú, tehát az épületgépészet egyes rendszereinek (hő-, és hidegenergia ellátás) „szünetmentesen” kell üzemelniük. Ezért az épületegyüttes hő-, és hidegenergia ellátását több, egymástól független energiahordozó segítségével oldottuk meg.

Szintén fontosnak tartottuk, hogy az egyes helyiségek irodák, tárgyalók felhasználási módja, hőterhelése, valamint a hőleadókkal szemben támasztott igény időbeli gyors változásának lekövetése lehetővé váljon.



*2. ábra A kísérleti terület 3D modell részlete*

Az épületgépész energetikai rendszert alapjaiban fosszilis és alternatív megújuló energiaforrások felhasználására helyeztük. A gáz és az elektromos primerenergia felhasználás csökkentése érdekében az energetikai rendszert felkészítettük a termálvíz-energia fogadására. A levegős hőszivattyúk működését nyáron hűtőgép, télen gázkazánház egészíti ki. Energiatároló alkalmazásával biztosítjuk a különböző energiaforrások felhasználását a kutatási központ energetikai rendszerének biztonságos működéséhez. A gazdaságos üzemeltetéshez felállítottunk egy energia-mátrixot, mely segítségével folyamatosan figyelhető és változtatható a felhasznált energiaforrás, ezáltal létrehozható a gazdaságos üzemeltetés. Az energia-mátrixból látható, hogy a rendszerünket felkészítettük az alternatív energiaforrások alkalmazására, valamint a későbbi befogadására is. Az energetikai rendszerekbe

további hővisszanyerőket, korszerű energiaosztályú (EER) berendezéseket és a távozó energia és hulladékhő visszaforgató berendezéseket építünk be.

A lézer-technológia berendezéseket tartalmazó épület területén gépészeti központ – kazánház, szellőzőgépház – nem létesül, így a rezgésbiztos célterületeken a gépészeti berendezések számát minimalizáltuk, hogy a működésükkel okozott rezgéseket elkerüljük. Az épületgépészeti igényeket a „B” épület gépészeti tereiből látjuk el. A lézer technológiai helyiségek klimatizálását légtechnikával oldjuk meg, a statikai szerkezetek közötti légtechnikai vezetékek megfelelő vezetésével, valamint a tisztatér kialakítás követelményeinek megfelelő befúvó és elszívó anemosztátok segítségével. A szellőzési rendszer oly módon működik, hogy a beépített szellőzőgép biztosítja a tisztasági szint és a technológia által megkövetelt légállapotot és a friss levegő mennyiségét. A helyiségek hőmérsékleti szabályozását a légtechnika biztosítja.

A szükséges hűtési energia előállításához kompresszoros folyadékhűtőgépek kerültek telepítésre. Hőszivattyús berendezéseket is tervezünk az épületek hűtési igényeinek kielégítésére. A hűtőgépeket az egyes kiszolgáló épületek hűtőgépházába telepítjük. A hűtőgépházban és a hűtőközpontban helyeztük el a hűtési osztókat-gyűjtőket, hűtési keringtető szivattyúkat, tágulási tartályokat, egyéb kiegészítő szerelvényeket.

A lézerberendezések hűtése technológiai víz/víz hőcserélővel biztosított, melynek primer oldalára vezetjük a központi hűtőgépek által hűtött vizet. A szekunder oldal hűtővizét a technológiai hőcserélő és szekunder szivattyú szállítja a hűtendő berendezésekhez (vákuumszivattyú, lézer sugár előállító berendezések).

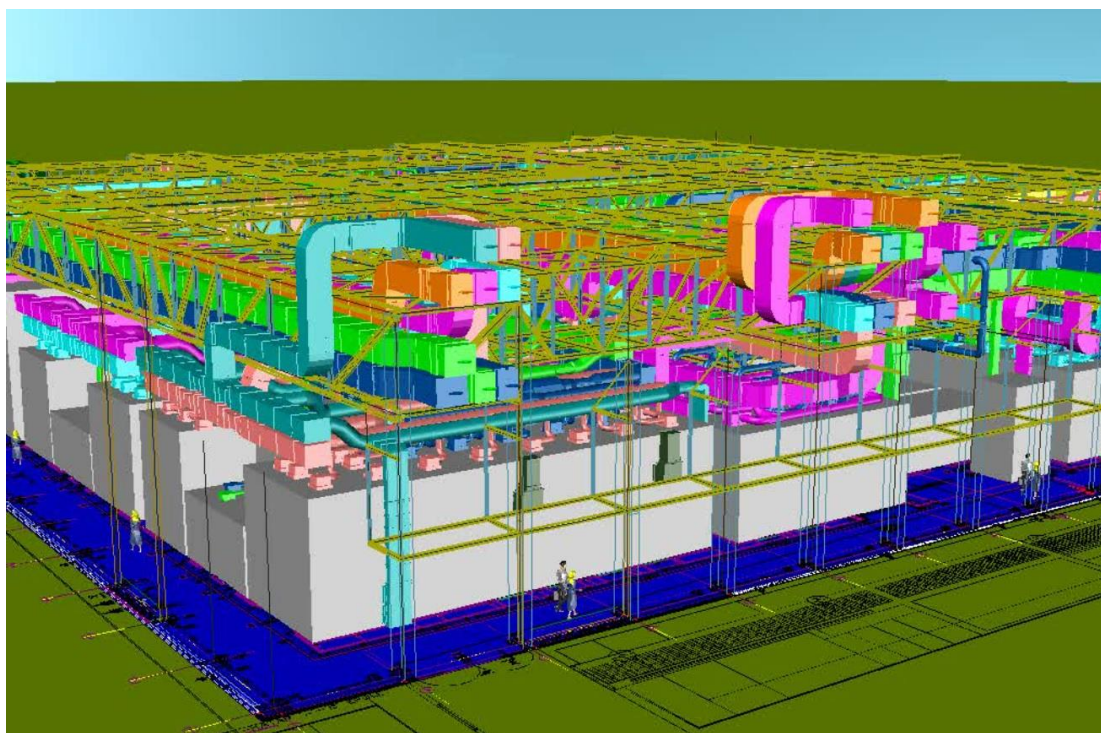
A főépület lézerhelyiségeit és célterületeit a technológiai leírásban megadott tiszta tér ISO fokozatnak megfelelően méretezett légcserét biztosító szellőztető berendezéssel hűtjük-fűtjük, ill. szellőztetjük. A szellőző gépek a sterilitás követelményeit teljesítő rozsdamentes kivitelben és kialakításban készültek. A légkezelő rendszereket az épületfelügyeleti rendszer automatikája vezérli, a technológiai által előírt légállapot paraméterek (hőmérséklet, hőmérséklet gradiens, páratartalom, páratartalom gradiens és légsebesség) követelményeit betartandó.

A tisztaterekben előírt a megengedett porkoncentráció. Biztosítjuk, hogy a technológiai kísérletek előkészítése és elvégzése során a tisztatert, mint védendő teret a környezetétől elválasztjuk. A tisztatéri helyiségek légtechnikai kialakításánál fontos tényező a nyomáslépcsők létrehozása, azaz a védendő helyiségben a környezethez képest megfelelő túlnyomás biztosítása. Minden esetben biztosítjuk, hogy a határoló szerkezetek tömítetlensége, ill. a zsilipeken való átjárás esetén a légáramlás iránya a helyiségből kifelé irányuljon. Az egyes tisztasági osztályokban a túlnyomás mértékét



úgy határozzuk meg, hogy a túlnyomás nagysága az alacsonyabb tisztasági osztályok irányában csökken.

A Lézer Kutatóintézet területén levő helyiségekben olyan tisztatér alakítunk ki, ahol a hőmérséklet, a relatív nedvességtartalom, a környezethez viszonyított nyomás, a mechanikai rezgések, a zajszint és a levegő szilárdanyag-tartalma szigorúan szabályozott.

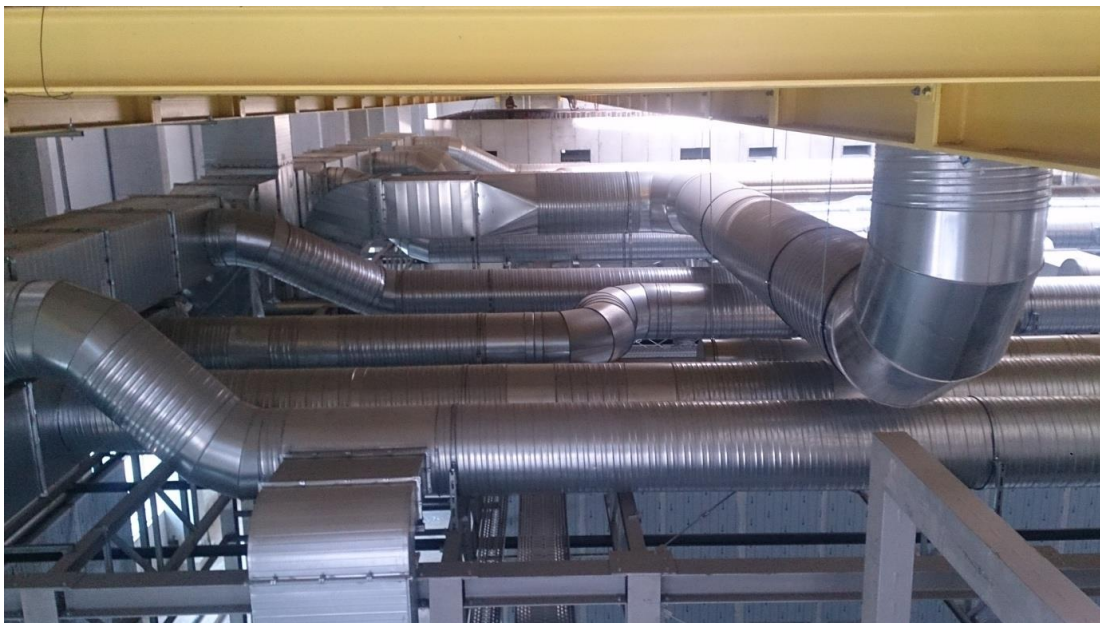


*3.ábra ELI lézertechnológiai épület virtuális tér látványterve*

Az épületekben levő tisztatérű helyiségek légtechnikai kialakításánál igen nagy szerepe van a légbevezetési rendszernek. A légbevezetési rendszerünket a magasabb tisztasági követelmények kielégítésére és a technológiai zóna védelmére lamináris áramlási rendszerre alakítjuk ki. A lamináris áramlás lényege az irányítottság és turbulencia-szegénység. Ezt úgy érjük el, ha nagy felületen kis sebességgel vezetjük a helyiségbe a levegőt. Lamináris áramlás alkalmazásával az igényelt légcseré is elérhető úgy, hogy a komfortkövetelmények is teljesüljenek.

A tisztatéri helyiségbe a megfelelően kezelt és tiszta levegőt az álmennyezeten kialakított befúvókön keresztül juttatjuk a térbe. A speciális kialakítású tisztatéri befúvók még egy karbantartható és cserélhető nagy szűrési hatásfokkal rendelkező szűrővel vannak ellátva. A helyiségben a légáramlás iránya felülről lefelé történik, így a keletkező szennyeződés áramlási útja nagyon rövid, hiszen a levegő áramlása a helyiség padlószintje közelében elhelyezett elszívó anemosztátok felé tereli. Az elszívó anemosztátok szintén szűrővel kerülnek beépítésre, mivel energetikai szempontból a

tisztatéri levegő keringtetése megengedett. Az elszívó rendszer kialakítása az energia optimalizálás és a fokozott üzembiztonság igényeit elégíti ki.



*4. ábra A tisztatér ellátó rendszer megvalósult állapota*

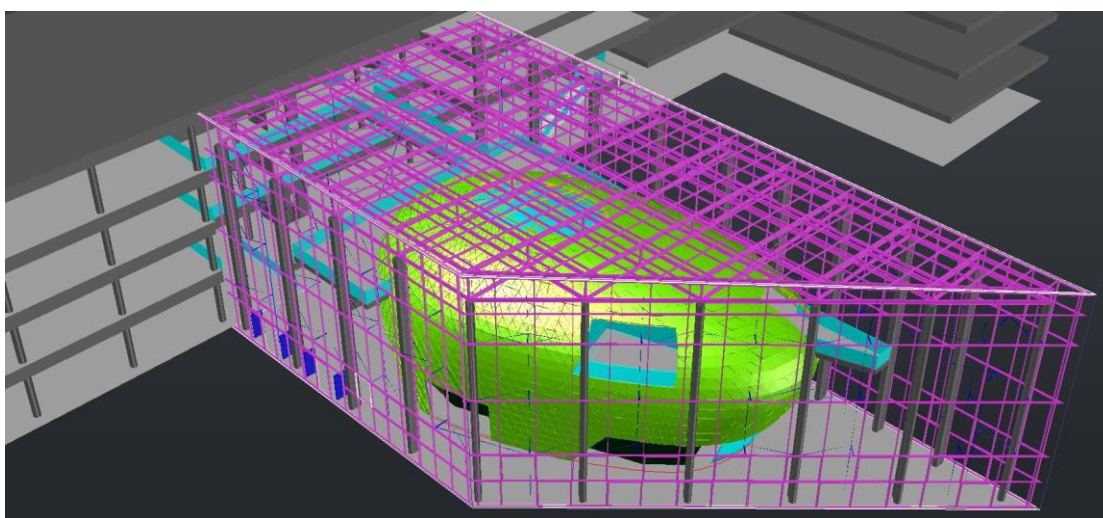
A kialakított tisztaterek jellemzően nagy légcsereszámot igényelnek. Ennek a biztosítására igen nagy levegőmennyiség mozgatására van szükség. Energia hatékonysági okokból csak a kötelezően előírt mennyiséget fedezzük frisslevegővel, a fennmaradó részt az elszívott levegő recirkulálásával biztosítjuk. Az épület fenntarthatósági és energiatudatos tervezése ott jelentkezik, hogy a tisztasági fok betartása mellett lényegesen kevesebb energiát fordítunk a levegő mozgatására és kezelésére.

A technológiai épületgépészeti munkák mellett bonyolult komfort terek megoldásával is foglalkoztunk, mely során alkalmaztuk és felhasználtuk a korszerű tudományos eredményeket munkánk során. Példaként szeretnénk bemutatni az ELI egyik bonyolult komfortterét, mely a tudományos központ előcsarnok tere. Az alapterület 650m<sup>2</sup>, átlagos belmagassága 17m. A határoló szerkezet üveg, mely megfelelő árnyékoló szerkezettel van ellátva. A komfort teret bonyolítja, hogy a térben található egy elhatárolt 200 főt befogadó konferenciaterem, valamint a térben különböző magasságban könyvesboltok, ruhatár és különböző funkcionális helyiségek. Figyelembe kell venni az emberek számára a különböző térbeli pozícióban a komfortérzet biztosítását, egyidejűleg az energiaracionalizálási, gazdaságossági, fenntarthatósági és egyéb fontos szempontokat.

A fenntartható épület keretében az előcsarnok kialakítása közös építész, elektromos, gépész, épületszerkezeti társtervezői egyeztetéseknek megfelelően történt. Az előcsarnok energetikai szempontból is igen fontos létesítménye az épület funkcionális

egységeinek. Az előcsarnok terében helyi komfort tereket biztosítunk a bent tartózkodó emberek részére.

Tehát különleges térnek tekinthető az épületben található előcsarnok és konferenciaközpont, melynek megfelelő komfortérzetének kialakításához igen pontos komfortelméleti alapokon nyugvó számítást kell elvégezni. A felépített modellben dinamikus vizsgálatot végzünk el, a külső hőmérséklet, valamint a napsugárzási intenzitás figyelembe vételével. A légállapot úgy méretezzük, hogy mind az emberek számára fontos komfortérzet, mind az épület állagvédelme szempontjából megfelelő legyen. A fő cél, hogy a gépészeti berendezések optimális energiát használjanak fel a megfelelő belső légállapot kialakításához.



*5. ábra Az előcsarnok szimulációs eljárásához előkészített 3D modellje*

Komfort szellőzés esetén a friss levegő térfogatáramát részben a benttartózkodók oxigén szükséglete, részben a belső levegő minősége, valamint a technológiai hőterhelés (elektromos hőterhelés, világítás, belső berendezések hőleadása, technológiai világítás, emberek hőterhelése, emberek nedvességterhelése stb.) határozza meg. A helyiség hőérzetének biztosítását nem csak gépi úton oldjuk meg. Az üvegfelület és a belső árnyékoló közötti teret, megfelelő külső hőmérsékleti viszonyok esetén –például átmeneti időszakban- a gravitációs szellőzés felhasználásával segítjük. Ebben az esetben felhasználjuk a füstelszívás légutánpótlására kialakított és az üvegfelület felső zónájában kialakított nyitható felületeket. A gravitációs áramlás ekkor a természetesen kialakuló sűrűségváltozás következtében szellőzteti ki az üvegfelület mögötti légrést. Természetesen ezt az állapotot is lefuttattuk a szimulációs eljárásunk során.

A tervezési feladatunk céljának tekintjük, hogy megállapítsuk a kialakuló áramlási- és hőmérsékletviszonyokat és azok változását a klímaberendezés működése közben. A belső tér adott pontján a komfort viszonyokat a komfortparaméter értéke fejezi ki,

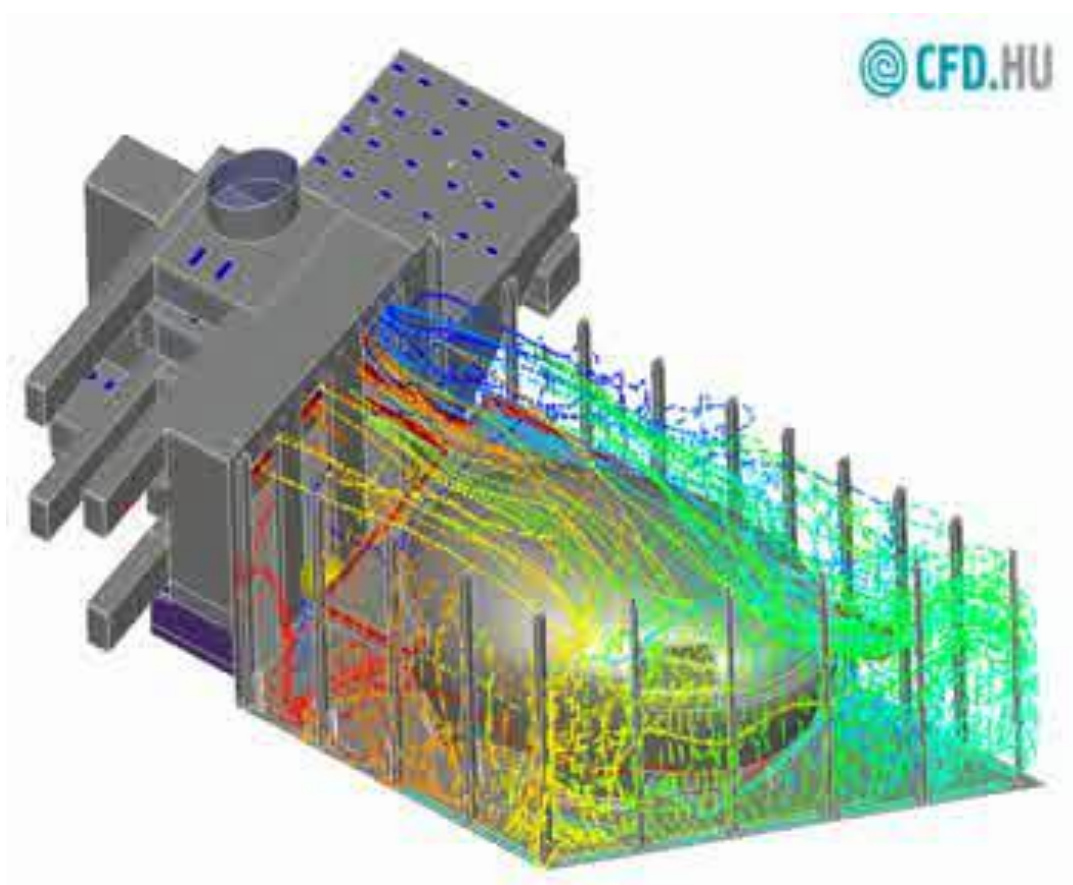


amely a helyi áramlási sebesség és a hőmérséklet függvénye is. Ezen értékek alapján lehetőség nyílik a gépészeti tervek három-dimenziós elkészítésére.

A tervezési rendszer alkalmazása alkalmas komfort terek esetén is a számítógépes szimulációra, mellyel modellezni tudjuk a helyiségekben lejátszódó komfortérzeti folyamatokat. A szimulációs elemzés módszerét a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar Áramlástan tanszék, valamint a CFD.hu Kft. munkatársaival, Dr. Kristóf Gergely vezetésével alkalmaztuk az adott feladatra.

A szimulációs elemzés első lépéseként az építészeti metszetrajzok alapján felépítettük az aula és az ahhoz nagy keresztmetszetekkel kapcsolódó lépcsőház, valamint négy irodai szint légtereinek háromdimenziós geometriai modelljét.

A mérnöki munka során a virtuális terünkben már régóta használjuk a három tér-dimenziót. Terveinket térben elkészítve az  $x;y;z$  koordináta síkokban elhelyezett térbeli elemekből építjük fel. Tulajdonképpen mindig is használtuk a negyedik dimenziót, hiszen az energetikai számítások, a megtérülési számítások, üzemeltetési költség számítások és így tovább, mind-mind az idő dimenzióban lezajló események előrejelzésére vonatkozó számítások.



6. ábra A számítógépes szimuláció eredménye



A tudomány fejlődésével lehetőségünk nyílt arra, hogy a virtuális tervezői terünkben is olyan időben lefolyó és változó folyamatokat szimuláljunk, melyek befolyásolják a megvalósuló épületben a benntartózkodó emberek komfortérzetét és környezeti paramétereit. Az épületgépész mérnök az emberi komfort környezet kellemessé tételén kell, hogy dolgozzon. Ennek a célnak az eléréséhez szükségünk van olyan gondolkodásbeli és technikai fejlődésre, melyek segítségével a mai igényeknek megfelelő különleges terek komfort-méretezését már a négy és több dimenziós virtuális térben is el tudjuk végezni.

A szimulációs eredmények feldolgozása és kiértékelése után a kapott adatokat és eredményeket beépítettük a tervezési munkánkba és így alakítottuk ki a virtuális térben és időben már működő modellünk alapján a helyiség és az épület épületgépész rendszereit.

Energetikai szempontból fontos, hogy bizonyos klimatikus viszonyok esetén a homlokzat átszellőztetésére felhasználható az üveghomlokzat alsó és felső területén elhelyezett légbevezető és füstelvezető nyílások, melynek méreteit a szimuláció alapján határoztuk meg. Így az üzemelési időszak egy jelentős részében az üvegfal és az árnyékoló közötti teret gravitációs úton szellőztetjük ki.

A kialakított szellőztető rendszer energetikai szempont igen kedvező, hiszen lényeges energia megtakarítást érünk el és a fenntarthatóság szempontjait vesszük figyelembe az üvegfelület mögötti légrés gravitációs szellőztetésével, valamint az irodai rendszer távozó levegő „újrahasznosításának” alkalmazásával.

Mindezen épületgépészeti és energetikai rendszerekkel biztosítjuk az épületegyüttes korszerű energiafelhasználását. Környezetvédelmi megfontolásból csak olyan berendezést építünk be, amelyik teljesíti a szabványban rögzített lakó-, és középületekre vonatkozó imissziós zajhatárérték követelményeket, valamint az érvényes nemzetközi és hazai szabványok által előírt értékeket:

Látható a fejlődés, hogy a tervezői virtuális világban is előreléphetünk és megvalósíthatjuk a több-dimenziós modelltervezési eljárással azt a lehetőséget, hogy még közelebb kerülhessünk a való világ folyamatainak megismeréséhez és az emberi komfort biztonságosabb megvalósításához.

Az ELI ALPS Program célja nemzetközi oldalról, hogy a legjobb tudósoknak biztosítson kutatási lehetőséget és elősegítse az akadály nélküli tudástranszfert. A szegedi Lézer Kutató Intézetben lefolytatott új tudományos kísérleti módszerek kaput nyitnak a fizika, a kémia, a biológia, az anyagtudományok és a csillagászat új területeire. A kutatások jelentős mértékben járulhatnak hozzá új műszaki fejlesztésekhez, előnyös

hatásai jelentkezni fognak az orvostudományban, a környezetvédelemben és a tiszta energiára épülő gazdaság létrehozásában.

Az épületgépész szakma tudásával, felkészültségével és kiváló szakembereivel hozzájárult a tudományos élet ezen meghatározó épület együttesének megvalósulásához. Az épületkomplexum életre kelt és a tudomány szolgálatába áll.

## 6. A Magyar Állami Operaház és az Erkel Színház új műhelyházának és próbacentrumának kialakítása (Szakál Szilárd – Virág Zsolt)

---



Hosszas előkészítő munkát követően, Marosi Miklós építész vezetésével cégünk, a Középülettervező ZRT. nyerte el a Magyar Állami Operaház Műhelyház tervezési feladatait. A megrendelő célja, hogy a fővárosban és vonzáskörzetében szétszórtnan elhelyezkedő bérelt és saját tulajdonú bázisait egy létesítményben helyezhesse el, így működését hatékonyabbá tegye. Ugyanide telepítené ki az Operaház és annak környezetében elhelyezkedő műhelyeit is.

A létesítmény elhelyezésére a budapesti Kőbányai úti volt gyárterületen kerül sor. Az 1880-as évek közepén épült épületegyüttesben a Magyar Állami Vasút Járműjavító részlege üzemelt az elmúlt évekig. Az évek során több kisebb-nagyobb átalakításon és helyreállításon estek át az épületek. A gyártelepet 2009-ben felszámolták, azóta a tervezési terület üzemén kívül van. Az ingatlant az MNV ZRT. több részre osztja, s külön-külön kerülnek hasznosításra az így kialakuló területek.

A Magyar Állami Operaház műhelyház üzemeltetésére szerezte meg a középső ingatlant. A mi tervezési feladatunk ennek a létesítménynek a gépészeti kiszolgálása.

A több, mint 7 hektáros kiszabályozott területen négy épület marad fent továbbhasznosításra, kb. 24.000m<sup>2</sup> hasznos területtel. Ezek az épületek különböző fokú műemléki védettséget élveznek; pl. a központi épület tervei az Eiffel-tervezőirodához köthetőek tervezőjük, Feketeházy János révén, így Eiffel-csarnok néven is szerepel a korabeli írásokban.

A tervezési feladat rendkívül sokszínű volt, melyet az épületek műemléki jellege tett még érdekesebbé. A tervezői feladat nagysága és bonyolultsága miatt, annak elvégzéséhez a Közti tervezőinek segítséget nyújtott Virág Zsolt és a Duoplan Kft. csapata.

Az Eiffel-csarnokban -

- „A” épület - egyszerre kellett kiszolgálni a különböző funkciójú helyiségeket:
  - Színpad,
  - Zenekari árok,
  - Nézőtér;
  - Előcsarnok;
  - Háziszínpad;
  - Zeneterem;
  - Öltözők (Szólista, statiszta, személyzeti stb.);
  - Főzőkonyha;
  - Étterem;
  - Irodák;
  - Raktárhelyiségek (Díszlet-, Kellék-, Világítási raktár);
  - Díszlet műhelyek (Asztalos-, Lakatos-, Festő-, Kárpitos-, Összeszerelő műhely);
  - Kellék műhelyek (Parókakészítő-, Jelmez-, Cipésműhely és Varrodák)
- „B” épület, Operastúdió:
  - Balett terem;
  - Nagyterem (Előadóterem);
  - Gyakorlók;
  - Irodák.
- „C” épület, Jelmeztár:
  - Jelmezkölcsönző;
  - Próbafülkék;
  - Műhelyek;
  - Mosó- vasaló helyiség;
  - Iroda.
- „D” épület, Üzemeltetési épület:
  - Üzemeltetői irodák;

- Karbantartó műhelyek;
- Anyagraktár,
- Géptároló;
- Gépészeti és elektromos fogadóhelyiségek.

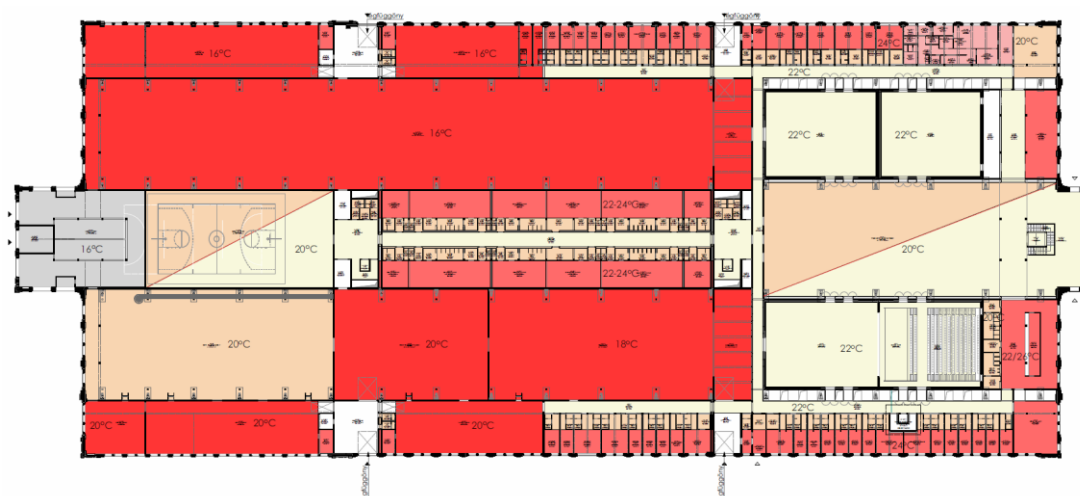
Ezek az egymástól eltérő feladatokat kiszolgáló helyiségek mindegyike más-más igényt támaszt a kiszolgáló gépészet felé.

*Kelléktárak–Konténertároló–Műhelyek–Pihenő*

*Konyha–Étterem–Háziszínpad*

*Rekreáció – Öltözők – Télikert*

*Zeneterem - Látogatóközpont*



*Festő – Díszlet összeszerelő műhelyek*

*Színház–Előcsarnok–Vezetői irodák*

*Szobrász - Asztalos – Lakatos műhelyek*

*Szólista öltözők - Színeszpihenő*

Ugyanakkor különböző technológiai rendszerek is szükségesek az épület életéhez.

A Színpad területére egy lágyvíz beporlasztásával üzemelő, önállóan vezérelhető párasító/portalanító komplex rendszer kerül, mely a hálózati víz felhasználásával lágyvizet állít elő, amit sűrített levegő segítségével porlaszt be a térbe a színpad felett. Ez az énekesek hangszálainak védelmét szolgálja.

Az Eiffel csarnok épületének egyes műhelyeiben a munkafolyamatokhoz szükséges a sűrített levegő biztosítása is.

A különböző műhelyek technológiai elszívásai robbanásbiztos ventilátorral és hozzá illesztett csővezetéki rendszerrel a tetőn keresztül jutnak ki a szabadba a legrövidebb nyomvonalon. Ilyen berendezések találhatóak a Szobrász (hungarocell vágó asztal), az Asztalos (fűrészgépek), a Lakatos, és a Paróka készítő műhelyben.

Emellett az Asztalosműhely technológiai fűrészpor elszívást igényel. A megrendelő igénye szerint központi elszívó rendszer kialakítására kerül sor. A berendezés elhelyezése a műhely végén lévő helyiségbe történik, egy brikettáló berendezéssel egyetemben. Ez az elszívott fűrészport egyből összepréseli korongokká, így továbbhasznosítva a hulladékot. A központi berendezés tartalmazza a szikraérzékelő és a beépített oltóberendezést.

A Lakatos műhely részére elszívást kért a megrendelő a hegesztés során felszabaduló füst elvezetésére. Ennek a rendszernek a működése össze van kapcsolva egy frisslevegő bevezetéssel, mely csak akkor üzemel, ha az elszívás működik. A befűjt levegőt temperált hőmérsékletre kell felfűteni.

A hőenergia ellátás céljából (4,50MW) a korszerű távhő energia alkalmazására kerül sor, mely nem terheli a felhasználási területet károsanyag kibocsátással. Míg a hidegenergia biztosítására (2,75MW) magas ESEER számmal bíró kompakt folyadékhűtők illetve a technológiai hűtésre VRV, valamint split rendszerek szolgálnak.

A hőleadók a helyiségek igényeihez és belsőépítészeti kialakításához igazodva Fan-coil beltéri egységek (álmennyezeti légszűrőszedő berendezések, pl. öltözők), radiátorok, illetve felületfűtés-hűtési elemek (pl. Zenei gyakorló, Előcsarnok). A műhely és raktárterületeken termoventilátorok, légfüggönyök szolgálnak az ellátásra.



*Előcsarnok látszó tartószerkezettel és gépészettel.*

A vízellátási rendszerek esetében is igyekeztünk korszerű, környezettudatos tervezést véghez vinni. Ezt jellemzi a hosszú távon üzembiztos, víztakarékos csaptelepek alkalmazása, igazodva az ipari igénytől kezdve a színházi látogatókat kiszolgáló magas színvonal biztosításáig.



A berendezési tárgyak esetében is betervezésre kerültek a magas minőségi szintet képviselő fajansz mellett a technológiát kiszolgáló rozsdamentes, vandálbiztos elemek.

A szellőzés tekintetében ugyancsak elmondható a sokszínűség: a műhelyek egyszerű szellőztetésétől kezdve az irodák ellátása, a színházi és zenetermi magas akusztikai követelményeket (akusztikus lemezfelvételek készítése) megkövetelő rendszereket kellett tervezni. A zenekari tevékenység miatt a páratartalom szinten tartása, szabályozása is feladat volt.

Ugyanakkor az épületek, épületszerkezetek jellegét, szépségét szerettük volna megmutatni, így voltak olyan helyek, ahol egyes gépészeti elemeket eltüntettünk a szem elől (pl. az Előcsarnok tűzivíz rendszerét, melyet beépítünk a látszó betonszerkezetbe), míg néhány helyen a szerkezethez igazodva, szándékosan megmutattuk azokat (pl. látszó légtechnika kialakítása az Előcsarnokban).

A csarnokban lévő nagy belmagasságú műhelyeknél az építészettel együttműködve alkottuk meg a levegő utánpótlást biztosító légcsatornát, úgynevezett „trombitacsövet”, mely szintén látszó elemként jelenik meg a helyiségekben, igazodva az épület ipari jellegéhez.

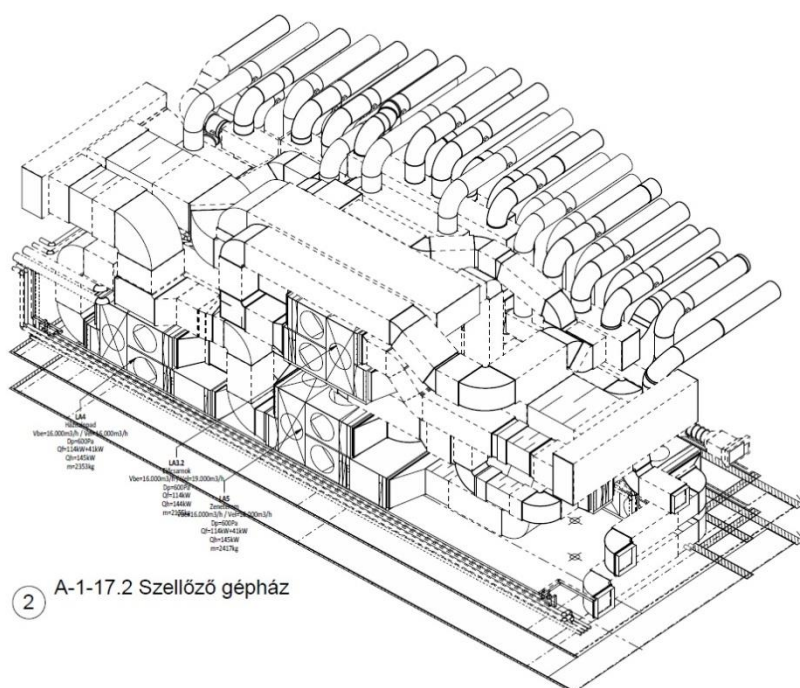
Mindegyik épületben más-más szempontok szerinti gépészeti rendszert kellett alkalmazni, mely az épületszerkezethez és a funkciókhoz igazodva, megjelenésében az épület egységét egészíti ki vagy teszi teljessé.



*Az átalakítható Színpad mozgatható ülésekkel és a lezárható zenekari árokkal*

Az épületgépészeti rendszerek együtt és rendeltetési egységenként egymástól függetlenül is képesek működni, megteremtve az önálló mérés és szabályozás lehetőségét. Minden betervezésre kerülő gép magas hatásfokú, korszerű, hővisszanyerővel, vagy hőszivattyúval rendelkező berendezés, fokozatmentes szabályzással. Mindez épületfelületei rendszerbe kötve a minél energiatakarékosabb üzemeltetés érdekében. A legionella elleni védelmet képező termikus fertőtlenítést is az automatika rendszerrel oldjuk meg.

A főbb szakági, így a gépészeti tervek is 3D modellben készültek, ezeket az építészeti és statikai modellekbe illesztve lehetséges volt az esetleges ütközések ellenőrzése és javítása. A 3D modell alkalmazása minden tervezőnek jelentős segítséget nyújtott egy igen bonyolult, acél tartószerkezetekkel tarkított épületegyüttesben.



*Színháztér mögötti szellőző gépház a rácsok között futó légcsatornákkal*

Összességében elmondható, hogy a projekt kapcsán szinte a teljes épületgépészeti paletta betervezésre került.

Mindez kiegészítve technológiai rendszerekkel, melyek előkészítését, előtervezését is mi végeztük, majd szaktervező készítette el a végső terveket. Ilyen feladat volt a sűrített levegős rendszer kialakítása, illetve az Asztalosműhelyekbe kerülő porelszívó hálózat és központ.

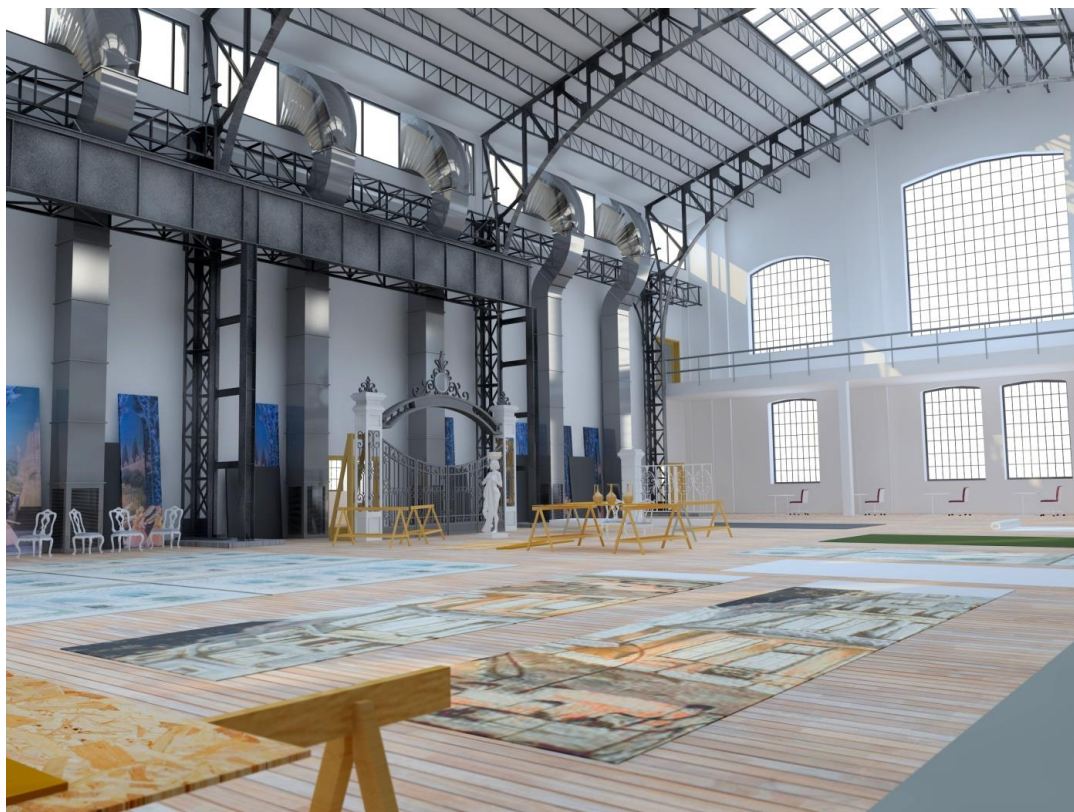
A közel 50 fős szakértőkből és szakági tervezőkből álló csapat együttműködése eredményeként a létesítmény életre kel, egyszerre lehet gyakorolni a színpadokon, a legszínvonalasabb akusztikus felvétel készíthető a Zeneteremben, gyakorolhatnak a táncosok a Háziszínpadon, a fiatal tehetségek a Stúdióépületben, s eközben jelmezt

kölcsönözhetnek a bálozók. Mindeközben relaxálhatnak a művészek a tetőkertben, várva a ruha és paróka próbájukra, esetleg megebédelhetnek az étteremben vagy megihatnak egy teát a Büfékocsiban.

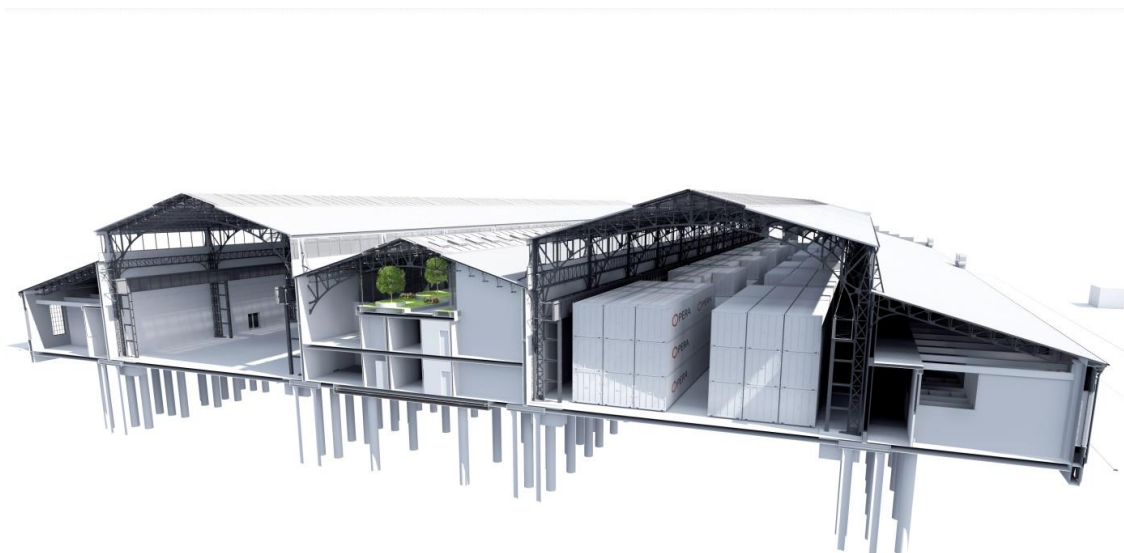


*Stúdióépület, Nagyterem elárasztásos befűvéssel és rejtett mennyezeti elszívással*

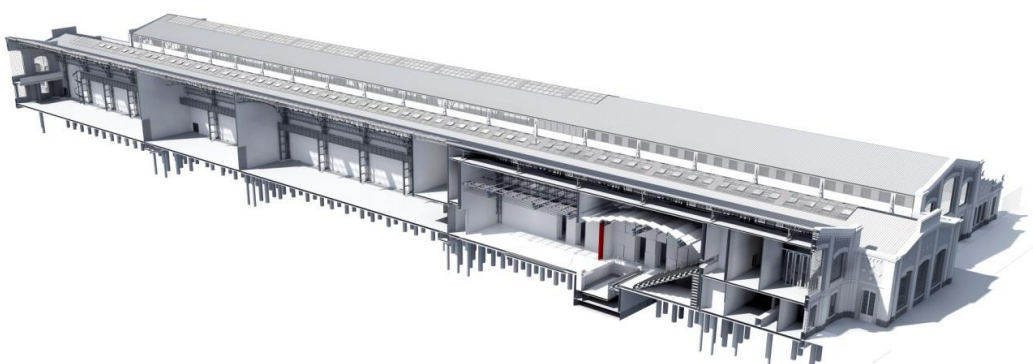
Mindezt a miliót átélheti a nagyközönség is szervezett keretek között, a látogatóknak szervezett épületbemutatók alkalmával, vagy esténként élvezhetik az Opera pompás előadásait.



*Festőműhely tűzvédelmi levegőpótló rendszere „trombitacsővel”.*



*Eiffel-csarnok keresztmetszete (BIM tervezés)*



*Eiffel-csarnok hosszmetszete (BIM tervezés)*



## 7. Puskás Ferenc Stadion, az új Nemzeti Stadion (Szakál Szilárd - Virág Zsolt)

---

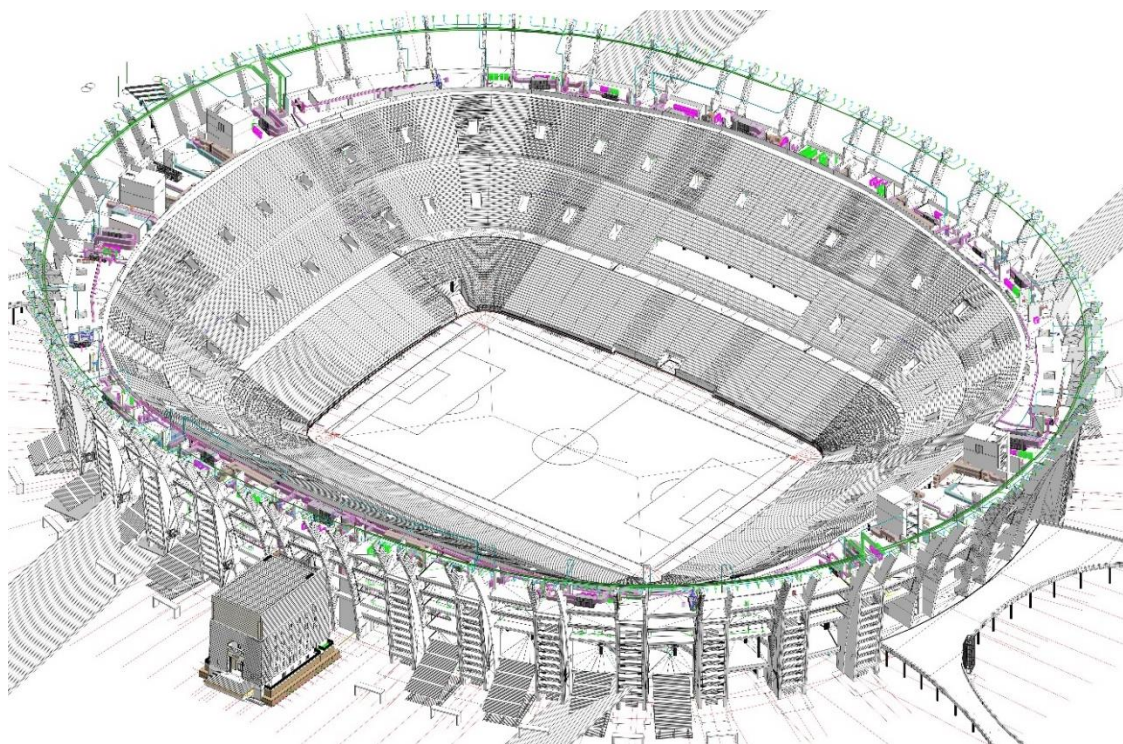


### 7.1. A Projekt ismertetése

---

Az elmúlt három évben lehetőséget kaptunk az ország legnagyobb középületének tervezésére. Az épület koncepciótervét a Közti Zrt. készítette, majd ezt követően az engedélyezési és kiviteli szakaszban a Duoplan Kft-vel együttműködve közösen végezte a tervezési munkát. A tervezési feladat szoros csapatmunkát igényelt. A tervdokumentáció több, mint tíz szakág, közel 70 mérnök munkájával készülhetett el. A gépész tervezői létszám meghaladta a 25 főt.

A magas minőségű, ütközésmentes BIM modell és szakági koordináció elvégzését a gépészeti projekt három vezetője tette lehetővé. Ez a feladat a tervezés mellett a szakágak összehangolását is igényelte, a 220.000m<sup>2</sup>-t meghaladó létesítmény tervezésénél.



*1. Kép Stadion épület – Észak-Kelet*

A tervezés során rendkívül jó tervezési kapcsolat alakult ki a gépésztervezők között, mely elengedhetetlen volt a feladat sikerességéhez.

Az együttműködés azóta is folyamatos, mely biztosítja a már megkezdett kivitelezés megfelelő műszaki támogatottságát.

## **7.2. A tervezett épületgépészeti rendszerek rövid leírása:**

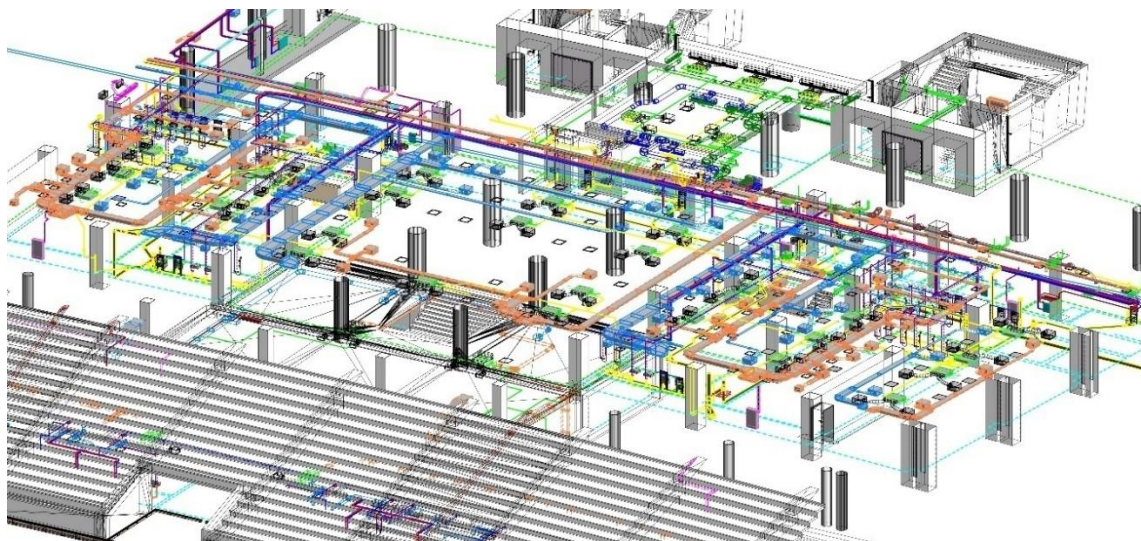
Az 1953-ban épült Népstadion – 2002-től Puskás Ferenc Stadion – tartószerkezetei, épületszerkezetei visszafordíthatatlan mértékben károsodtak az évek során; a létesítmény sportesemények, rendezvények befogadására mára alkalmatlanná lett.

A főváros legrégebbi és legnagyobb méretű sportlétesítményének megújulása azonban jogos társadalmi igény. Ezt az igényt fejezi ki a 1207/2013. (IV.15) Kormányhatározat, mely új Nemzeti Stadion létesítését rendelte el.

Az új Puskás Ferenc Stadionnak teljesítenie kell a legmagasabb UEFA kategóriájú, a labdarúgó pályákra vonatkozó nemzetközi előírásokat. A kormányhatározat értelmében a Puskás Ferenc Stadion (továbbiakban Stadion) létesítménykomplexumként épül meg, azaz a labdarúgó mérkőzéseken kívül számos más funkciót is (pl. prózai és zenei előadásokat) is kiszolgálhat, akár a küzdőtér teljes elfoglalásával.



A Stadion újjáépítésére irányuló beruházást előkészítendő 2015.májusában készült el az építető által elfogadott építészeti koncepciót tartalmazó tervdokumentáció.



*2. Kép Mixed Zone és a csapatöltözők*

A kiviteli tervdokumentáció az építési engedélyezési terv alapján készült, az abban meghatározott elvektől, koncepciótól nincs eltérés.

A Stadion több, sport és egyéb célú funkcionális épületrészt, intézményt és egy gépkocsi parkolót foglal magába:

A főbb rendeltetési egységek:

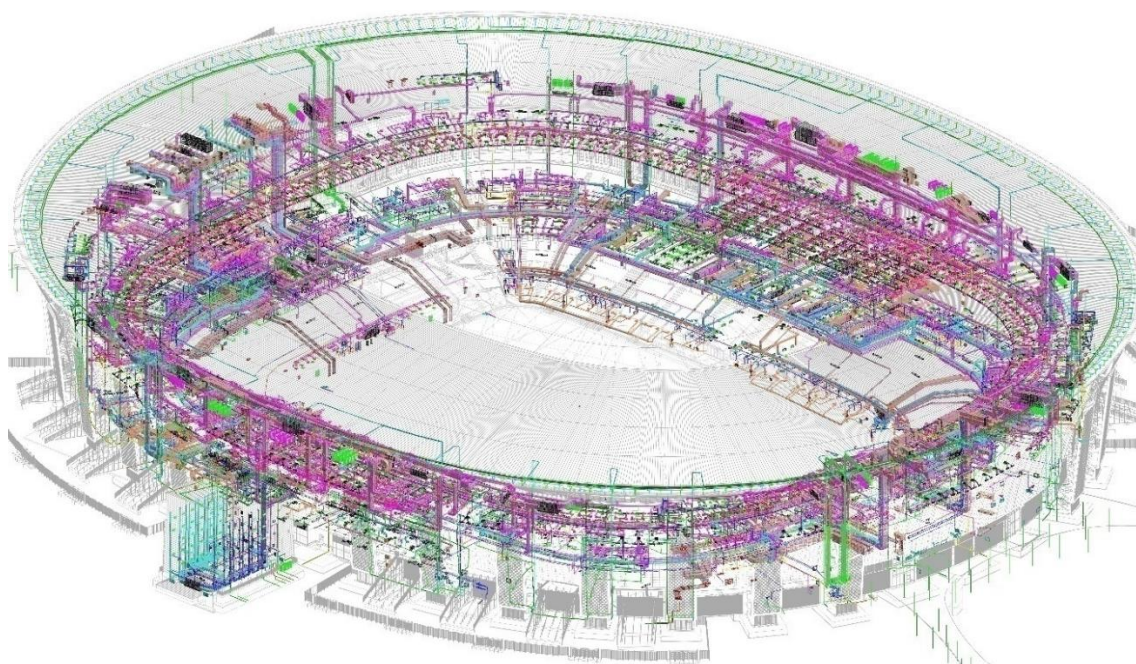
- a küzdőtér és a lelátók, VIP és Sky-box helyiségek
- a sportolói zóna (öltözők, melegítő terem stb.),
- üzletek, éttermek,
- múzeum,
- rendőrőrs,
- gépkocsi parkoló.

A tervezési területen két NA250 méretű bekötéssel látjuk el a vízigényt, s a körvezetési rendszerben kialakított vízvezetési hálózattal biztosítani tudjuk a területre vonatkozó oltóvíz mennyiséget is, nincs szükség tűzivíz tárolóra.

Az épület magasságából adódóan (-3,45m és +30,60m szintmagasságok) mind az ivó, mind a tűzivíz rendszert két, eltérő nyomású zónára osztottuk.

Az épületekben a szaniter elemek nagy teherbírású, porcelán kivitelű berendezések: rejtett tartályos WC, porcelán pissoir, mosdó infra vezérlésű, vagy egykaros rejtett szerelésű csaptelepekkel. A zuhanyok rejtett szerelésű termosztatikus, időkorlátozott csaptelepekkel szerelendők. Az egyedi mosdók és a csoportos mosdópultok minden

közönségforgalmi vizes helyiségben, nyomógombos, rejtett szerelésű csaptelepekkel lesznek ellátva. A vízfogyasztó berendezések víztakarékos kivitelű csaptelepek. A hazai és a vendég szektor vizesblokkjai vandálbiztos kialakításúak.



*3. Kép A stadion teljes épületgépészete*

A szennyvízhálózatot a tervezendő épületekhez igazítjuk, a meglévő hálózat arra alkalmas részeinek felhasználásával. Az esővíz gyűjtő rendszert kétfelé bontjuk; s az így összegyűjtött vizet két tárolóban ( $1.500\text{m}^3$  és  $1.800\text{m}^3$ ) locsolási célra betároljuk. Ezekből a túlfolyón keresztül lép ki a „felesleges” víz, s gravitációsan vezetjük ki a telekről a meglévő kilépéseken keresztül. A tetőn a váparendszerbe vészrendszer is kialakításra kerül.

A területen a gázvezetési hálózatot megszüntetjük, illetve átalakítjuk. A Stadion ellátásához távhő primerenergia felhasználására kerül sor.

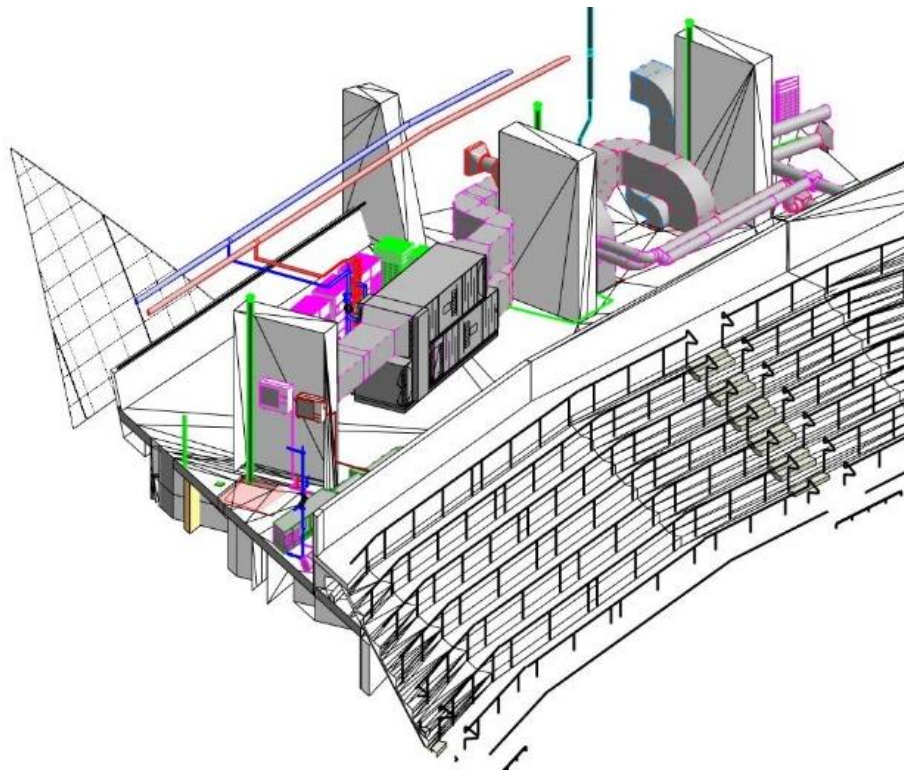
A létesítmény számított összes hőenergia igénye egyidejűségekkel:  $8.865\text{ kW}$ .

A létesítmény számított hidegenergia igénye egyidejűségekkel:  $7.500\text{ kW}$ .

Mivel a Szolgáltató által a rendelkezésre álló távhő energia  $4.500\text{ kW}$ , ezért az egyidejűségekkel figyelembe vételével úgy alakítottuk az ellátó rendszerünket, kiszolgálja az igényeket. Így kialakításra került az állandó üzemű területek ellátására egy vizes rendszer (távhő/folyadékűtő), míg a fennmaradó területekre/igényekre nagy hatásfokú hőszivattyús levegős két, ill. háromcsöves VRF rendszer került betervezésre.



Mivel az épület kiterjedt és széttagozott az igényei tekintetében, így több alhőközpont került betervezésre az ellátandó terület közelében. Ezekbe a hőközpontokba kerülnek a részáramköri keringtető szivattyúk, fűtési szabályozó berendezések és a távleolvasásra alkalmas kivitelű mellék-hőmennyiségmérők.



*4. Kép Felső gépészeti szinten elhelyezett légkezelő gép*

A fűtés szabályozása vezérlő elektronika, érzékelők és motoros szabályozó szelep segítségével a külső léghőmérsékletnek és az épület hőtechnikai jellegének megfelelő hőfokú fűtővíz automatikus előállításával történik. Ez az időjárás függvényében változó hőmérsékletű fűtővizet keringtet az épület fűtési rendszerében.

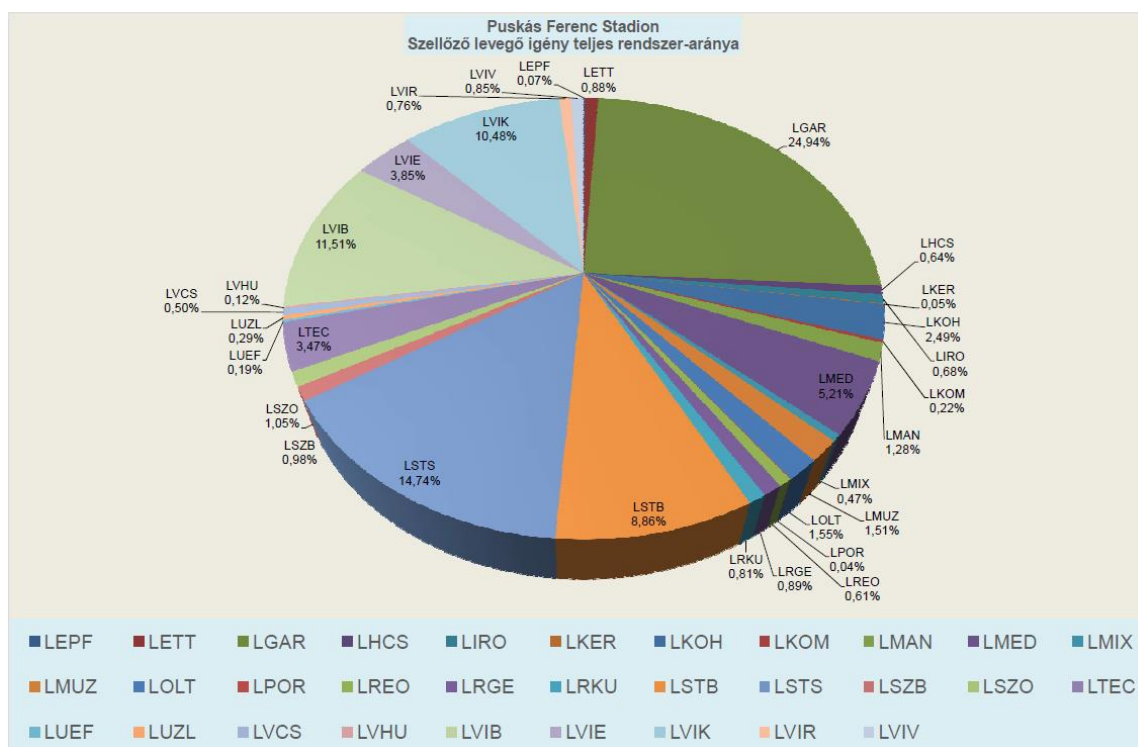
Az épületben szükséges hidegenergiát központi, kompakt folyadékhűtő berendezéssel, két- és háromcsöves VRF rendszerű hűtőberendezéssel biztosítjuk. A kültéri egységek és a kompakt folyadékhűtő a legfelső, Gépészeti szinten kerülnek elhelyezésre az ellátandó területek közelében. A hálózatok a hűtési vezetékekhez alkalmazható zártpórusú műanyaghab hőszigeteléssel lesznek ellátva.

A fagyveszélyes berendezéseket és vezeték szakaszokat le kell üríteni vagy elektromos kíséző fűtéssel ellátni.

A használati melegvíz ellátás rendszere: a távfűtő rendszerről, közvetetten fűtött víz-víz lemezes hőcserélők átfolyós rendszerben biztosítják az állandó üzemű területek melegvíz vételi csapolóinak használati melegvizét. A csúcspozasztási igények

kielégítésére tároló tartályokat is alkalmazunk. A szükséges helyeken forrázást megelőzendően biztonsági hőfokkorlátozó berendezéseket helyezünk el.

A konyhai mosogatás céljára 60°C-os vizet állítunk elő, külön hőcserélőkkel; egyes közönségforgalmi rendszerek részére – igény szerint – 35-45°C-os használati melegvizet tervezünk.



### 5. Kép Légtechnikai rendszerek eloszlása

Az ábrán látható rövidítések jelentése:

LEPF: épület-felügyelet,

LETT: étterem,

LHCS: hazai csapatöltöző,

LIRO: iroda,

LKER: kertész,

LKOH: konyha,

LKOM: kommentátor,

LMAN: manipulációs terület,

LMED: média recepció,

LMIX: mixed zone,

LMUZ: múzeum,

LOLT: küzdőtér szint- öltözők 1.,

LREO: rendőrőrs,

LRGE: rendőrség (3. gépészeti szint),

LRKU: rendőrség (1. küzdőtéri szint),  
töltés É-Ny),

LSTS: vizesblokk (alsó-középső aréna  
LSZB: személyzetibeléptetés,

LSZO: személyzeti öltöző,

LTEC: gépészet,

LUEF: UEFA,

LUZL: üzlet (bejárat szint),

LVCS: vendég -csapat öltöző,

LVIB: sky-boxok (észak-nyugat),

LVIE: VIPétterem (VIP-szint kelet),

LVIK: VVIP KLUB (középső arénatöltés nyugat),

LVIR: VIP recepció (keleti bejárat szint),

LVIV: VIP vizes blokkok (észak-nyugat),

A legionella baktérium fertőzés miatt az épületfelügyelet meghatározott időszakonként a HMV hőmérsékletét 70°C fölé melegíti föl, lehetőleg az éjszakai órákban.

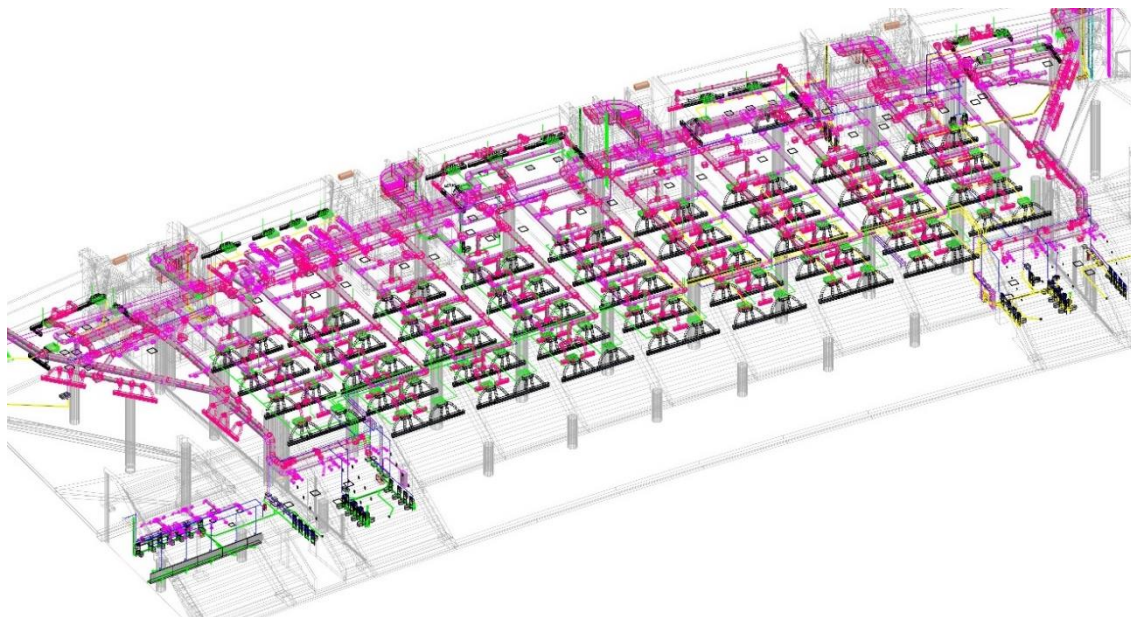
Az épületegyüttes valamennyi komforthelyiségét – az MSZ CR 1752 (2000.XI.) számú jelenleg érvényes magyar szabvány szerinti „A”; „B”; vagy „C”; tervezési kategóriába soroltuk, gazdaságossági és üzemeltetési szempontok alapján.

A kategóriába sorolás meghatározza a helyiségek téli-nyári belső hőmérsékletét, a helyiségekbe bevezetendő friss levegő mennyiségét, a belső levegő minőségét, a huzat-, zaj- és egyéb komfort kritériumokat. Emellett az UEFA 2020 előírásait is figyelembe vettük, minden szakági területen.

A frisslevegő térfogatáramát részben a benntartózkodók oxigén szükséglete, részben a belső levegő minősége, valamint a technológiai hőterhelés (elektromos hőterhelés, világítás, technológiai világítás, emberek hőterhelése, emberek nedvességterhelése stb.) határozza meg.

A komfort szellőző gépegységek tiszta friss levegővel működnek, hővisszanyerő-, valamint ahol erre lehetőség adódik, ott levegő visszakeverő egység beépítésével. A szellőző ventilátorok fokozatmentes fordulatszám szabályozású motorral vannak felszerelve. A fokozatmentes szabályozás a változó igényeknek megfelelően energiatakarékos üzemeltetést biztosít.

Mozgatott légmennyiség összesen: 592.000/842.000m<sup>3</sup>/h (a különbség a stadion büfé és vizesblokk elszívásaiból adódik, mely helyiségek esetén a légpótlás külső térből történik.)



*6. Kép VIP klub*

Az épület több tűzszakaszból áll. Itt gépi levegőpótlás, s gravitációs füstelvezetés, illetve gépi-gépi megoldást alkalmaztunk. A parkolósinten a CO-, illetve a hő- és füstmentesítést JET ventilátorok és elszívó ventilátorok segítségével oldjuk meg. Mozgatott légmennyiség összesen: 300.000m<sup>3</sup>/h

Az előzőekben jellemzett épület magas színvonalú épületgépészeti megoldásait a mai kor technikai elvárásainak megfelelő korszerű rendszerek alkalmazásával tervezzük, figyelembe véve az általános és az UEFA rendeleteket, szabványokat és a nemzetközi és hazai előírásokat, valamint energia hatékonyság és környezetvédelem követelményeit, valamint a meglévő épületek adottságait.

Az épületgépészeti rendszerek együtt és rendeltetési egységenként egymástól függetlenül is képesek működni, megteremtve az önálló mérés és szabályozás lehetőségét.

Az épület szintjei közötti kapcsolatot az épített szerelőknek biztosítják. Ezekben vezetjük a légcsatornákat, a sprinkler-, a hűtési-, fűtési-, hideg és melegvíz vezetékeket, valamint a szenny-, és csapadékvíz ejtőket, alapvezetékeket.

Az funkcionális területek részére (pl. kiemelt öltözők, irodák stb.) 4 csöves fan-coil rendszerű vizes, illetve felületfűtés-hűtést tervezünk.

Fan-coil-os rendszerrel ellátott helyiségcsoportok egész évben üzemelnek és az eltérő belső hőterhelések miatt szükség lehet a fűtés, ill. a hűtés egyidejű alkalmazására.

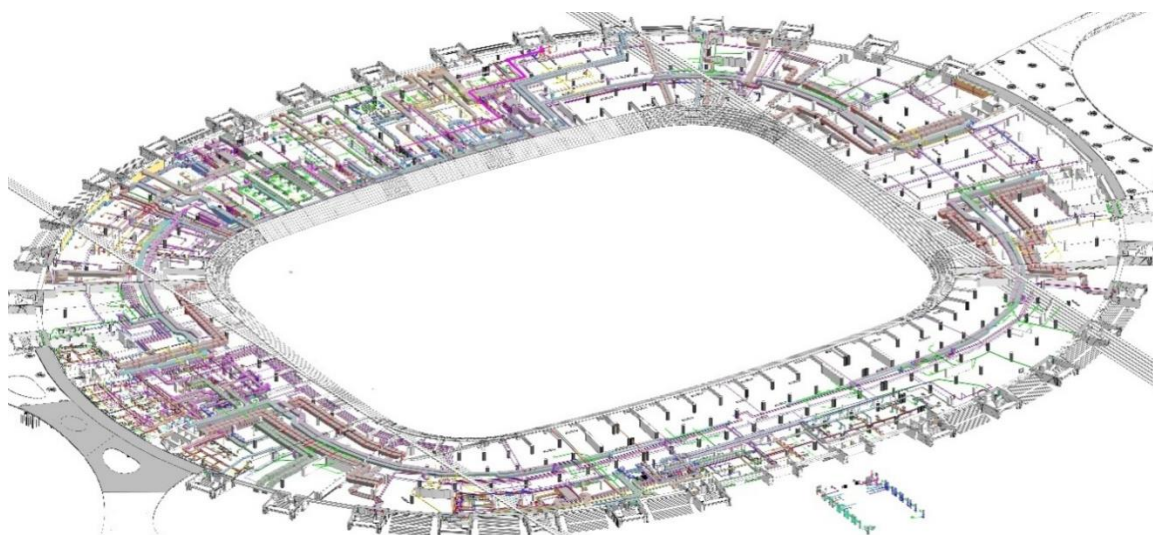
A tervezési koncepció alapja a fűtés-hűtés igények gazdaságos összehangolása.



Egyéb technológiai rendszerek:

Pályatechnológia: épületgépészet biztosítja a pályafűtés energiaellátását (környezetbarát sósvizes vagy butilén-glikol fűtőközeg alkalmazható), illetve a pályadrén rendszerhez csatlakozva az esővíz elvezetést is megoldja.

Pálya víztelenítés: a pálya védelmére épült résfalon belüli talajvizet kutakban gyűjtjük, s onnan gépészet szállítja el a keletkező vizet.



7. Kép Középső gépészeti szint

### 7.3. Összefoglaló:

A tervezési feladat rendkívül sokszínű volt, melyet az megmaradó épület műemléki jellege tett még érdekesebbé. Az előzőekben jellemzett magas színvonalú stadion épületgépészeti megoldásait a mai kor technikai elvárásainak megfelelő korszerű rendszerek alkalmazásával tervezzük, figyelembe véve az általános és a sporttechnológiai rendeleteket, szabványokat és a nemzetközi és hazai sport szövetségek előírásait, valamint energia hatékonyság és környezetvédelem követelményeit

Ezek az egymástól eltérő feladatokat kiszolgáló helyiségek mindegyike más-más igényt támaszt a kiszolgáló gépészet felé.

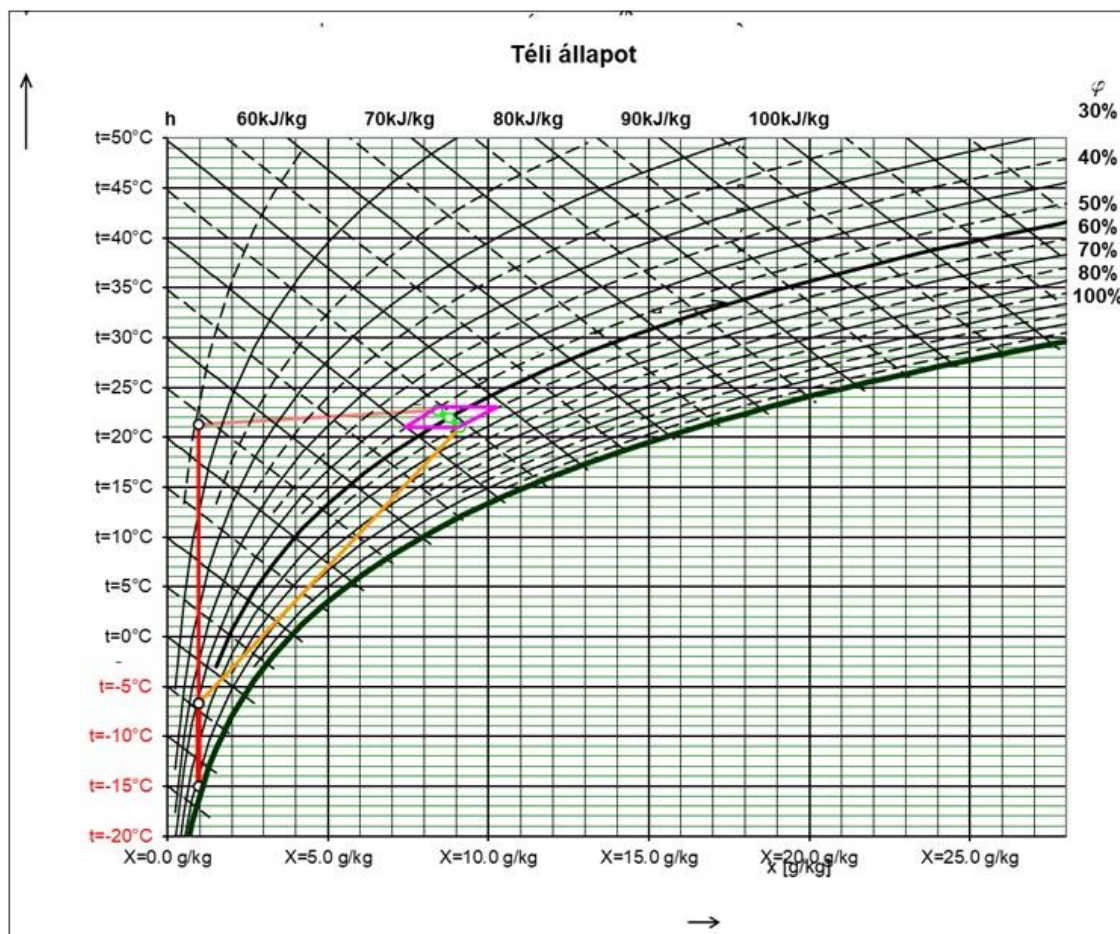
Ezen szempontoknak és a koncepció tervben rögzített összehasonlító tanulmányoknak megfelelően:

- a hőellátást a helyi szinten nulla emissziót jelentő távfűtés szolgáltatja,
- a helyiségek kiegészítő hűtési feladatait levegő/freon, háromcsöves hőszivattyús VRF (EER=3,3) rendszerrel oldjuk meg,

- a légkezelő gépekben található ventilátorok és a hűtési, ill. fűtési szivattyúk folyamatos fordulatszámú motorral ellátottak illeszkedve a mindenkori pillanatnyi teljesítményigényhez,
- a csapadékvíz gyűjtésével csökkenthető a pálya locsolására használt hálózati víz.

A hőenergia ellátásra a korszerű távhő energiát alkalmazzuk, mely nem terheli a felhasználási területet károsanyag kibocsátással. Míg a hidegenergia biztosítására magas ESEER számmal bíró kompakt folyadékhűtőt illetve VRF illetve split rendszereket terveztünk.

A hőleadók a helyiségek igényeihez és belsőépítészeti kialakításához igazodva Fan-coil és VRF beltéri egységek (álmennyezeti, légszórónázható), radiátorok, illetve felületfűtés-hűtési elemek (pl. öltözők). A gépészeti és raktárterületeken termoventilátorok, bejáratoknál légfüggönyök szolgálnak az ellátásra.



8. Kép Múzeumi terek állapotváltozásai

A szellőzés tekintetében ugyancsak elmondható a sokszínűség: a műhelyek egyszerű szellőztetésétől kezdve az irodák, boksok ellátása, az előadótermi magas akusztikai követelményeket (szekciótermek áthallása) megkövetelő rendszereket kellett

tervezni. A két, közel 2.500m<sup>2</sup>-es Business-klub helyiség lehet egyterű illetve 9 db 100 fős szekcióterem. A Múzeum miatt a páratartalom szinten tartása, szabályzása is feladat volt.

Ugyanakkor az épületek (Stadion és Múzeum), épületszerkezetek jellegét, szépségét szerettük volna megmutatni, így voltak olyan helyek, ahol egyes gépészeti elemeket eltüntettünk a szem elől (pl. látszó betonszerkezetek miatt), míg néhány helyen a szerkezethez igazodva, megmutattuk azokat (pl. látszó gépészet kialakítása az optikai álmennyezet felett).

A vízellátási rendszerek esetében is igyekeztünk korszerű, környezettudatos tervezést véghezvinni. Ezt jellemzi a víztakarékos csaptelepek alkalmazása, igazodva a vandálbiztos igénytől kezdve a VIP látogatókat kiszolgáló magas színvonal biztosításáig.

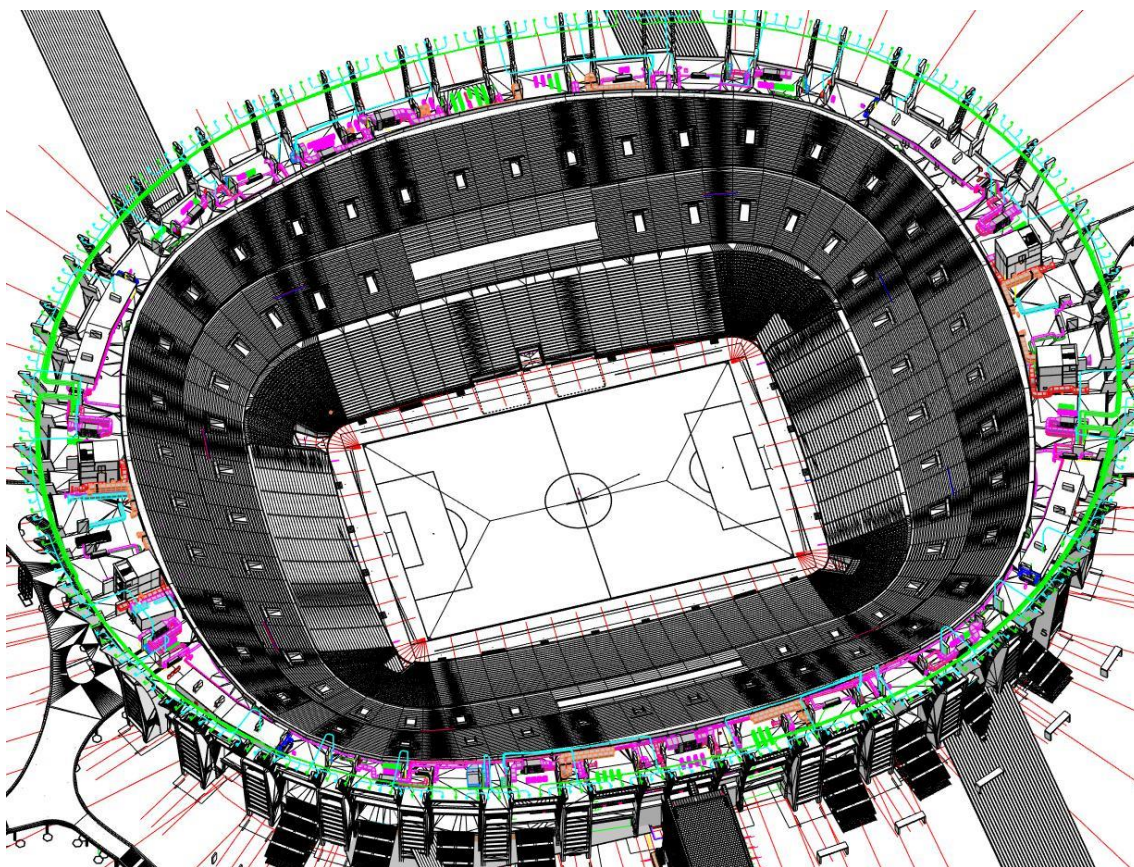
A berendezési tárgyak esetében is betervezésre került a magas szintet képviselő fajansz mellett a szurkolókat kiszolgáló rozsdamentes, vandálbiztos elemek.

Az épületgépészeti rendszerek együtt és rendeltetési egységenként egymástól függetlenül is képesek működni, megteremtve az önálló mérés és szabályozás lehetőségét. Minden betervezésre kerülő gép magas hatásfokú, korszerű, hővisszanyerővel, vagy hőszivattyúval rendelkező berendezés, fokozatmentes szabályzással. Mindez épületfelügyeleti rendszerbe kötve a minél energiatakarékosabb üzemeltetés érdekében.

Összességében elmondható, hogy majdcsak a teljes épületgépészeti paletta betervezésre került a projekt kapcsán. Mindez kiegészítve technológiai rendszerekkel, melyek előkészítését, előtervezését is mi végeztük, majd szaktervező készítette el a csatlakozó terveket. Ilyen feladat volt a pályafűtési, pálya-víztelenítési rendszer kialakítása, illetve a pálya talaj-víztelenítési hálózat.

A feladat nagyságát az is mutatja, hogy több mint 300 gépészeti tervlap (legtöbbje A0 méretben) készült.





*9. Kép Stadion épület - Dél-Kelet*

A szakági tervezők Épület Információs Model technikával (BIM) való együttműködése eredményeként *Magyarország legnagyobb középülete* életre kel, egyszerre lehet a sportszerető vagy a koncertkedvelő közönség szentélye, emellett a szakmai konferenciák és találkozók kitűnő helyszíne.

Mindezt átélheti a nagyközönség is szervezett keretek között, a látogatóknak szervezett stadiontúrák alkalmával.

## 8. Vegyes direkt, ill. kombinált (fűtés/hűtés, megújuló) rendszerek (Cserenyák Gábor)

---

### 8.1. A funkcióhoz kapcsolódó követelmények, tervezési szempontok

---

Meglévő épületek felújításakor, vagy új épület tervezésekor célszerű környezeti energetikai tájékozódás, vizsgálat elvégzése.

Korszerűsítéskor a meglévő épület funkciójához legjobban illeszthető, energiatudatos szemlélettel kialakított fűtő/hűtő rendszer alkalmazása indokolt.

Új épület tervezésénél az energiatudatos szemléletnek az építészeti tervezéssel együtt komplexen kell megjelennie, amikor is az épületgépész, energetikus az épület funkciójához, szerkezetéhez jól illeszthető, korszerű, lehetőség szerint épületgépészeti energetikai rendszert vázol fel.

Tervezési program szükséges a funkció követelményeivel, alapadataival ellátva, ez alapján energetikai koncepció, vázlat készítése a környezetvizsgálat alapján, ill. figyelembe véve a szabványok, műszaki előírások ajánlásait.

*Ajánlott nemzeti és EU szabványok:*

MSZ 22116/2002; 2/1981 (Ip. K. 11.) OBF. Ut.; VDI 4640, VDI 40.

(Megjegyzés: Ne feledjük, szabványokból tervezni nem lehet, a szabvány nem egyéb, mint iránymutatás. Nincs betartási kötelezettség, de a tervezett megoldásnak az alapvető követelményeket ki kell elégítenie. A hogyan kérdésre adható válasz az, hogy ez a tervező feladata.)

Korszerű fűtés-, hűtéstechnikai rendszerek,

alacsony hőmérsékletű fűtés (45/37 °C, 29/32 °C)

emelt hőmérsékletű hűtés (14/19 °C, ill. 18/21 °C)

- meglévő épületnél felületi hűtés (padló, ill. oldalfal, mennyezet) párosítva FC, ill. légtechnikai és klímagerendai kombinációval. Hőbázisként a megújuló energiahasznosítás főként folyadékközegecs változatai jöhetnek szóba.
- új épületnél „beágyazott” fűtési-, hűtési rendszer szerkezettemperálással (fűtés 29/32 °C, hűtés 18/21 °C). A monolit földémszerkezetek semleges vonalába integrált műa. csőhálózat (NA20), földém vastagság min. 20 cm. E megoldást bázisoldalon hasonló módon láthatjuk el, mint meglévő épületnél.

Hőbázis változatok:

- meglévő vagy újonnan tervezett fosszilis hőtermelő berendezések 70/55 °C, városi távfűtő hálózatok, mint a megújuló energiahasznosítás kiegészítő energiaellátási módok bivalens rendszerben,
- megújuló energiahasznosítás lehetőségei monovalens, vagy bivalens rendszerben
  - talajszondás hőszivattyús rendszer reverzibilis üzemművel, azaz télen fűt, nyáron hűt. Előnye az adott épület nyári hűtése során a szondarendszeren át talajba visszatáplált hő a kollektor környezeti talaj „kimerülésének” határát tolja el, javítja.
  - direkt hűtés – hőszivattyú üzem nélkül – talajhővel, szondák, mint hőcserélő működnek (talajhőmérséklet 12-14 °C, közeghőmérséklet 16-18 °C stb.),
  - technológiai folyadékkezelővel direkt hűtés. Speciális esetekben ipari környezetben fordulhat elő leválasztó hőcserélővel ellátva,
  - direkt hűtés élővízzel, leválasztó hőcserélővel (stabil vízhozamú folyó, nagy kiterjedésű mélyvízű tó stb).
  - termálvízzel való fűtés/hűtés – fűtés alacsony hőmérsékleten direkt (hőcserélővel) felületi fűtőrendszerekben vízmedence hőmérséklettartással, HMV előfűtéssel – majd többlépcsős hasznosításban víz/víz hőszivattyú hajtóenergiájaként (max. 26 °C belépő hőmérséklet) hűtési rendszer ellátására.

## 8.2. Alapvető számítások, teljesítményigények

Épületek energiatakarékos hűtése, lehetőségek

- Légtechnikai rendszerek távozó levegő hőhasznosítása (rotációs, rekuperatív, közvetítőközeges) levegőkezelő egységgel.  
Jelentősége az egyenletes belső hőterhelés elvitelében van.
- Légtechnikai rendszerek éjszakai direkt hűtéses szellőztetése. Nyári időszakban az egyik legkézenfekvőbb energiamegtakarítási lehetőség éjszakai levegővel való átszellőztetés, „visszahűtés” a keletkezett belső hőterhelés elvitelére.

Mindkét módosítatra jellemző, hogy – mivel folyamatosan jelenlévő és megújuló belső hőfejlődés elvitelére, ill. felhasználására szolgál – *megújuló energiahasznosítási elemként kell figyelembe venni.*



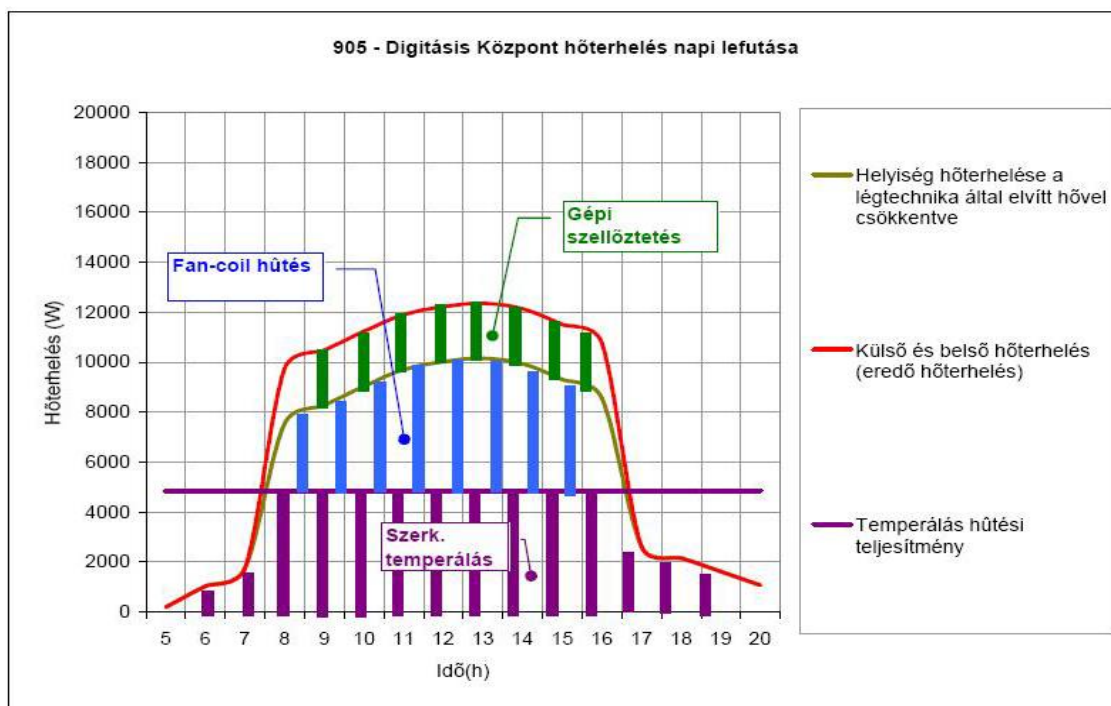
Mint ilyen, energetikai pályázatok (KEOP, KEHOP, stb.) esetén a megújuló energiahasznosításnál figyelembe vehető indikátor.

- Új épületeknél épületszerkezeti temperálás alkalmazásával eleve adódik, az un. „magas hőmérsékletű” hűtés (18/21 °C) direkt hűtőenergia ellátása, mint energiatakarékos módozat.  
Ilyenek pl. talajszondás hőszivattyús rendszerek direkt hűtése (kompresszor üzem nélkül) a talajszonda, mint szimpla hőcserélő funkcióval. Ez esetben a szondarendszerben áramló közeg a szerk. temperálás hőmérséklet szintjéhez jól illeszkedik.
- Hőszivattyús rendszereknél (víz/víz) a hőbázis oldalon lehetséges élővíz felhasználás közvetlen hőcsere, ill. hőszivattyú üzemmel. Ez a módozat az energetikai rendszereket tekintve a legolcsóbb bázisenergia lehetőséget adja. A primer oldali közeg maga az élővíz (folyóvíz, vagy nagy kiterjedésű állóvíz) megfelelő szűrés, hőcsere után a szekunder oldalon alacsony hőmérsékletű fűtésben (hőszivattyú) ill. emelt hőmérsékletű hűtésben jól használható.  
Elterjedéséhez szemléletváltozásra van szükség. Ez a környezetvédelmi, energetikai szakembereket egyaránt erősen érinti.
- Hagyományos 7/12 °C hűtőrendszer folyadékhűtővel, de a folyadékhűtő un. „száraz hűtéses” üzemmódjának nagymértékű igénybevételével. Átmeneti és enyhe téli időszakban olyan épületeknél, amelyek fűtési szezonban is igényelnek hűtést, jól alkalmazható energiatakarékos üzemmód. Ezt fokozni lehet a kapcsolt kondenzátor oldali szárazhűtéssel.

*Épületszerkezet temperálás, talajszondás reverzibilis hőszivattyús rendszer, direkt hűtéssel*

Az alábbi példa a belső hőfejlődés, mint állandó hőterhelés elvitelének szükségességét mutatja olyan épületben, ahol szerkezettemperálás és talajszondás hőszivattyús rendszer készült.

A referencia helyiség nyári hőmérsége:



A szóbanforgó vizsgált helyiség az iskolaépület egyik nagy hőterhelésű tanterme.

A számított max. hőterhelés 12,3 kW.

A technológiai és belső, ill. a külső hőterhelés eredője a külső (piros) burkoló görbe.

Az alkalmazott szerkezettemperálás a helyiségben 4,8 kW hűtőteliessítményt szolgáltat.

A képződött belső eredő hőterhelés egy részét a változó térfogatáramú frisslevegős szellőztetés „viszi el”. Ez mintegy 2,2 kW.

A maradék hőterhelést FC hűtés közömbösíti helyi szabályozással.

Az épület tantermeinek összesített hűtési igénye 38 kW.

A szerkezettemperálás (BKT) méretezett közeg hőmérséklete 18/21 °C.

Az ábra a WinWatt számítás nyári max. értékeivel meghatározott hőterhelést tartalmazza.

A talajszondás hőszivattyús rendszer egész épület együttesre vetített összteljesítményét (82 db, 2xNA32/100 m szondával) 3x160 kW teljesítményű hőszivattyú biztosítja.

A szóbanforgó épület új épületként szerkezettemperálással készült.

A 905-ös helyiség méretezési grafikonja szerint a BKT a helyiség hűtési igényéből mintegy 40%-ot egyenletesen teljesít.

A méretezési nyári csúcshőmérséklet 12,3 kW hőterhelése nyári átlag hőmérsékletre számolva 7,4 kW átlagos hőterhelést eredményez.

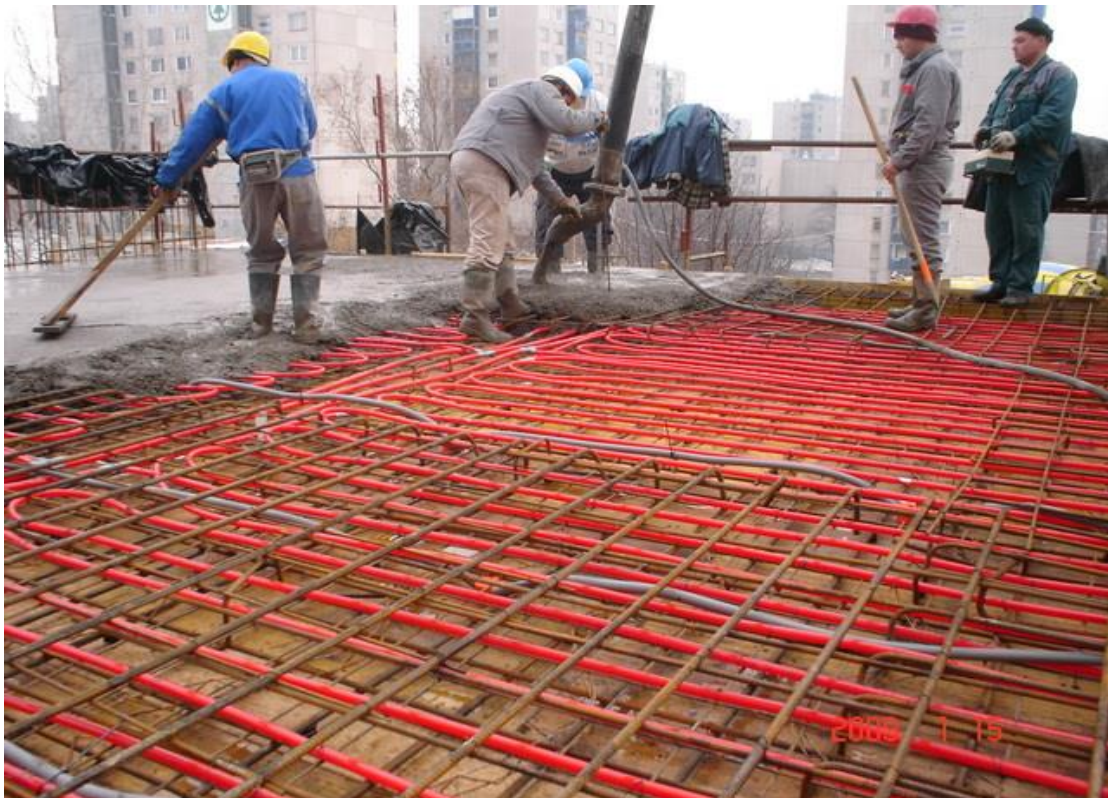
A szerkezettemperálás méretezési teljesítménye hűtésben 45 W/m<sup>2</sup>.

Ugyanez az átlaghőmérséklet esetén kiadódó hőterhelésnél 30 W/m<sup>2</sup>.

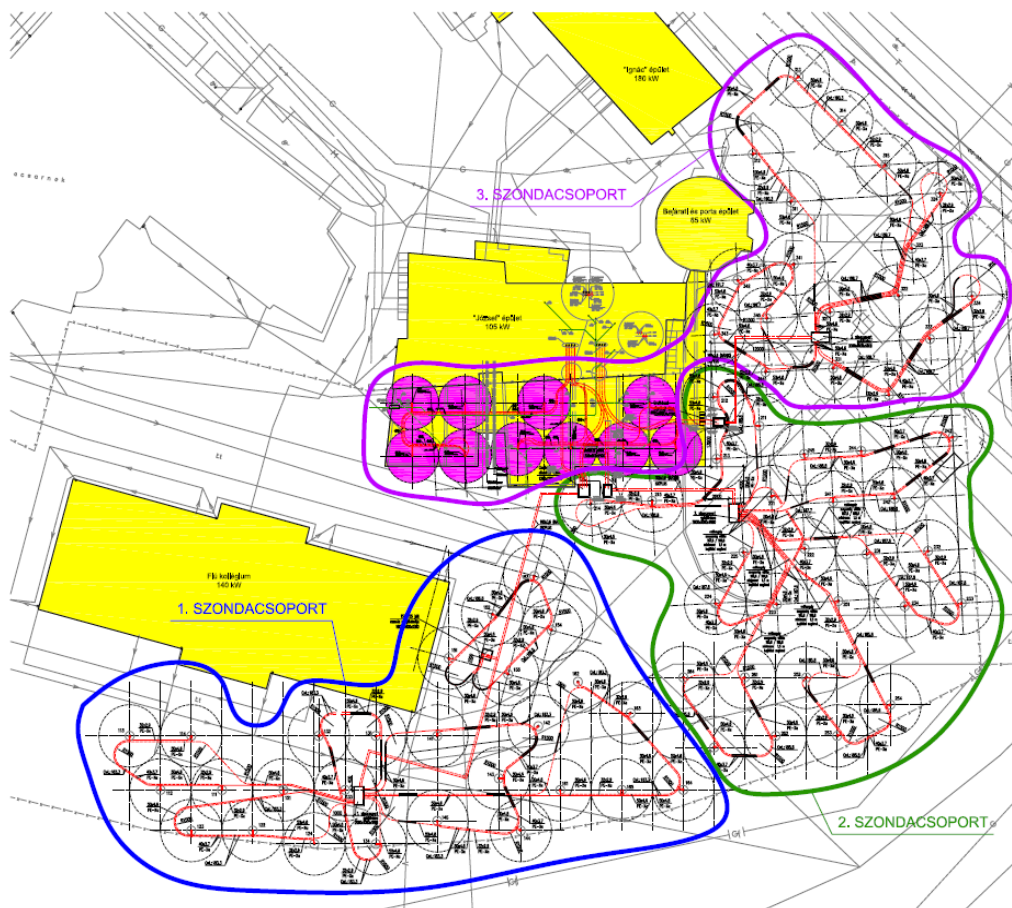
A talajszondás hőszivattyús rendszer direkt hűtési üzemben, azaz hőszivattyú kompresszorának megkerülésével biztosítja a 30-32 W/m<sup>2</sup> hűtőteliessítményt.

A tanítási szünetre eső csúcsterhelések ebben a példában nem játszanak szerepet, mert a tanítási szünetekben a teljes rendszer üzemén kívüli állapotban van.

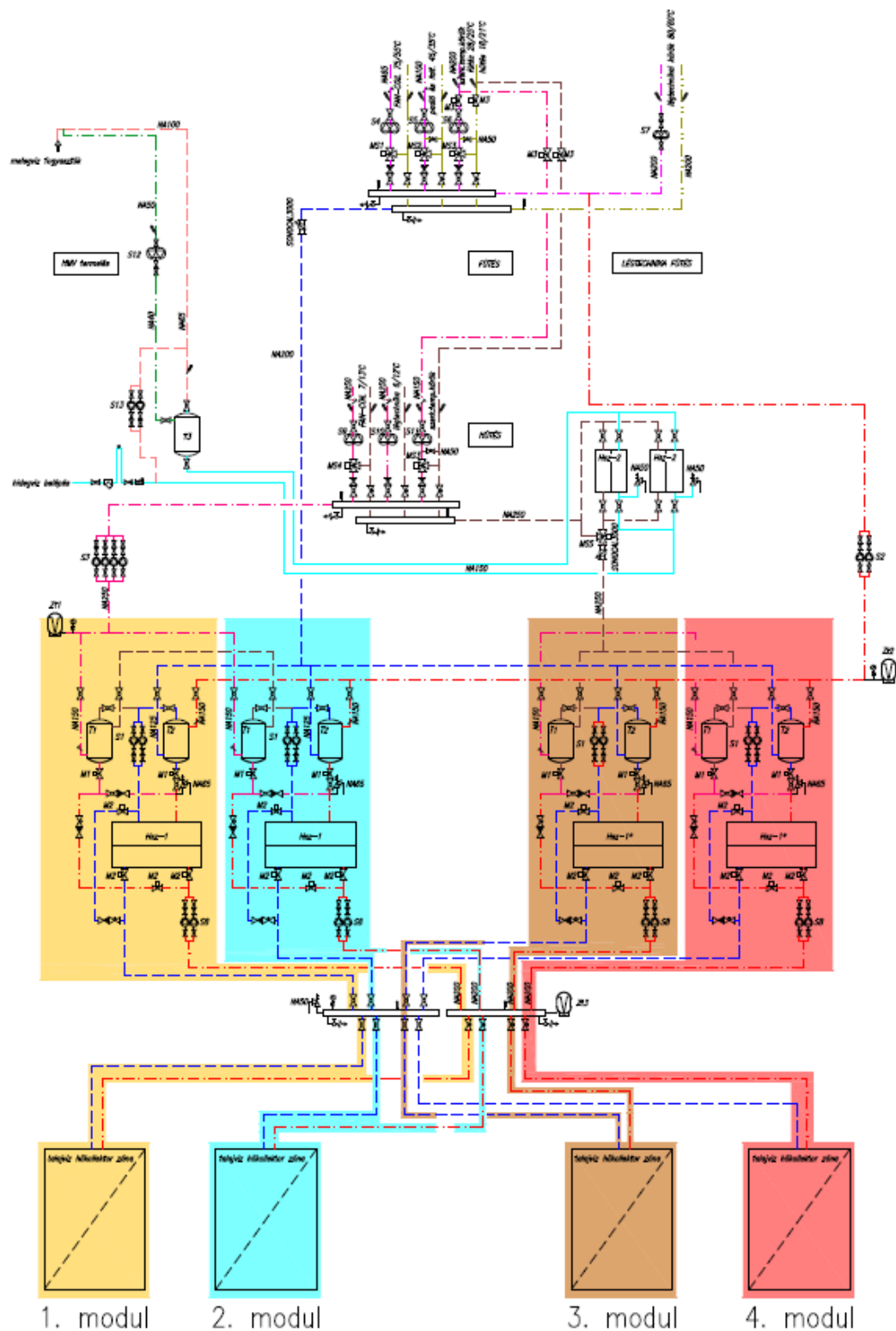
*Összegezve mondható, hogy az alkalmazott rendszer ilyen jellegű épületekben a direkt hűtés hőteliessítményével szinte 100%-ban kielégíti az igényeket.*



*Épületszerkezet temperálás kivitelezés közben*



*Talajhőszonda rendszer helyszínrajza*



*Talajszondás hőszivattyús rendszer  
modulrendszerű kialakítással, reverzibilis üzemmóddal*



### 8.3. A funkcióhoz, követelményekhez, adottságokhoz kötött műszaki megoldások elemzése

---

Alapvető kérdés, hogy meglévő épület komplex energetikai rekonstrukciójáról, korszerűsítéséről, vagy új épület energiatudatos tervezéséről van-e szó.

Előbbi esetben kötöttségekkel kell számolni, utóbbi esetben tágabb lehetőségek adódnak.

Az energetikai vonatkozásokat tekintve azonban főként bázis oldalon a lehetőségek azonosak.

Vizsgáljuk meg egy olyan épület energiatakarékos hűtésének vonatkozásait, amely új épületként került tervezésre, nagy hangsúllyal az energetikai vonatkozásokra.

Új épületként a teljes épületben alacsony hőmérsékletű fűtés (55/45 °C, ill. 29/32 °C) és emelt hőmérsékletű hűtés van tervezve (12/16 °C, ill. 18/21 °C).

Megújuló energiahasznosítás az épület hőigényéhez igazodva talajszondás rendszerben 4x70 db, NA32/100 m szondával, modulrendszerben, 4 modulként.

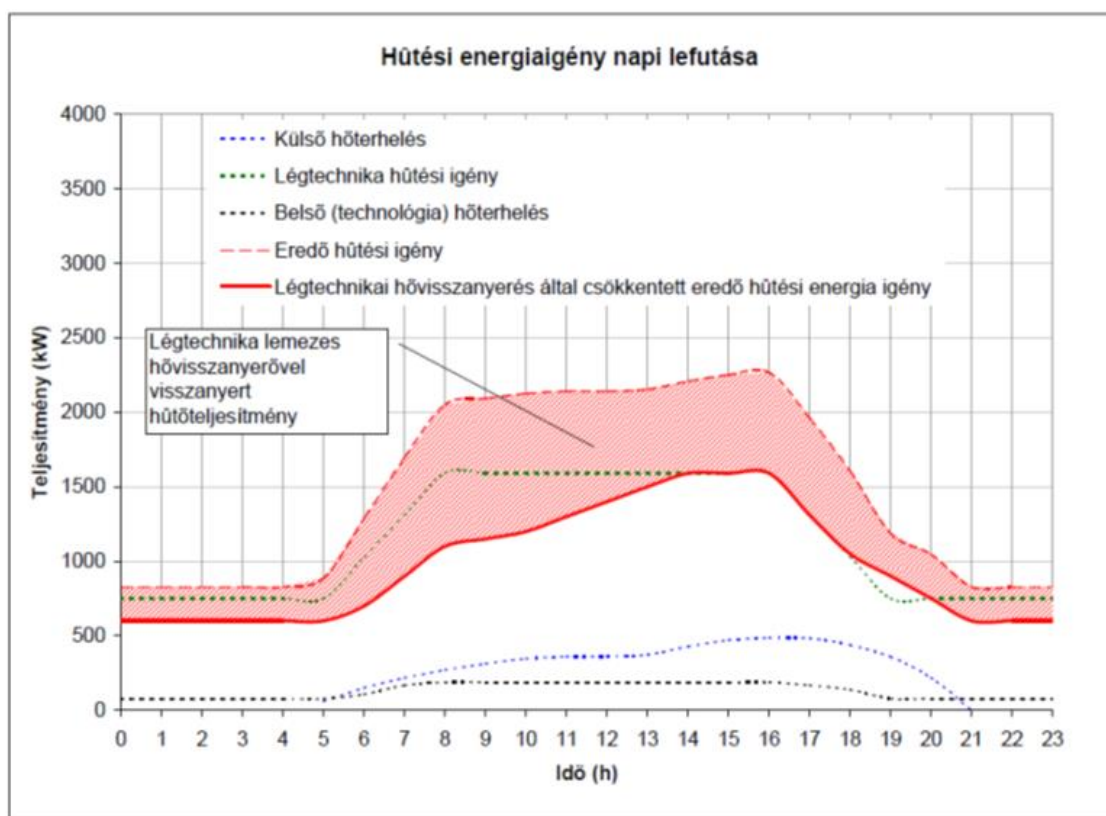
Az épületben szerkezettemperálással készült, hűtési teljesítményét tekintve méretezési állapotban 400 kW számított teljesítménnyel.

Az épület tervezése primer és szekunder rendszert egyaránt tekintve un. modulrendszerben történt. Erre vonatkozó részletet az alábbi ábra mutat.





Az épület nyári hőmértéke az alábbiak szerint:



*Hűtési hőigény napi lefutása*

A légtechnikai rendszerek lemezes hővisszanyerőivel visszanyert hűtőteliesség – mint megújuló – a teljes hűtési igénynek (munkaidőtartamára vonatkozó részében) – mintegy 40-45% megtakarítást eredményez.

Ez a megújuló hányad a belső- és külső hőterhelés jelentős részének elvitelét (75-82%) jelenti.

A grafikon tanulságos a munkaidőn túli üzemeltetés vonatkozásában.

Az adott épület éjjel-nappal használatos, a munkaidőn túli időszakban csökkentett légforgalommal (50%).

Ebben az időszakban (az alsó zárógörbe /piros/ alatti területet tekintve) mintegy 600 kW egyenletes hűtési igény jelentkezik, melyből a szerkezettemperálás cca. 400 kW.

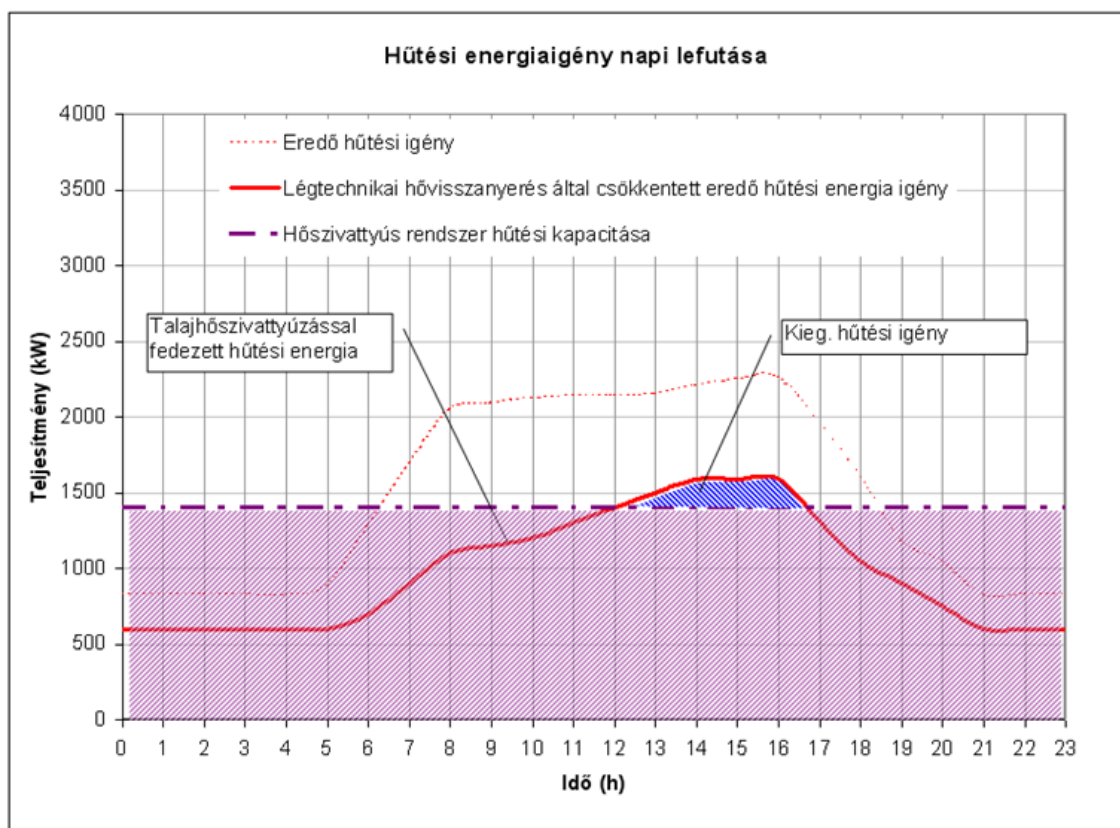
Az épület összes hűtési igénye 1400 kW (a légtechnikai hővisszanyerés utáni érték), a szerkezettemperálás mintegy harmadát biztosítja.

*Ez az érték megfelel a direkt hűtés teljesítményének, mely jelen esetben cca. 450-500 kW!*

A direkt hűtés esetén tehát a hőszivattyú üzemen kívüli állapotban van, a talajszondás rendszer hőcserélőként működik. Hőmérsékleti viszonyokat tekintve a talaj hőmérséklet 12-14 °C a kezdetkor, a közeg hőmérséklet 16-18 °C.

A hőszivattyú indítási közeg hőmérséklete csúcshűtési igénynél 20 °C.

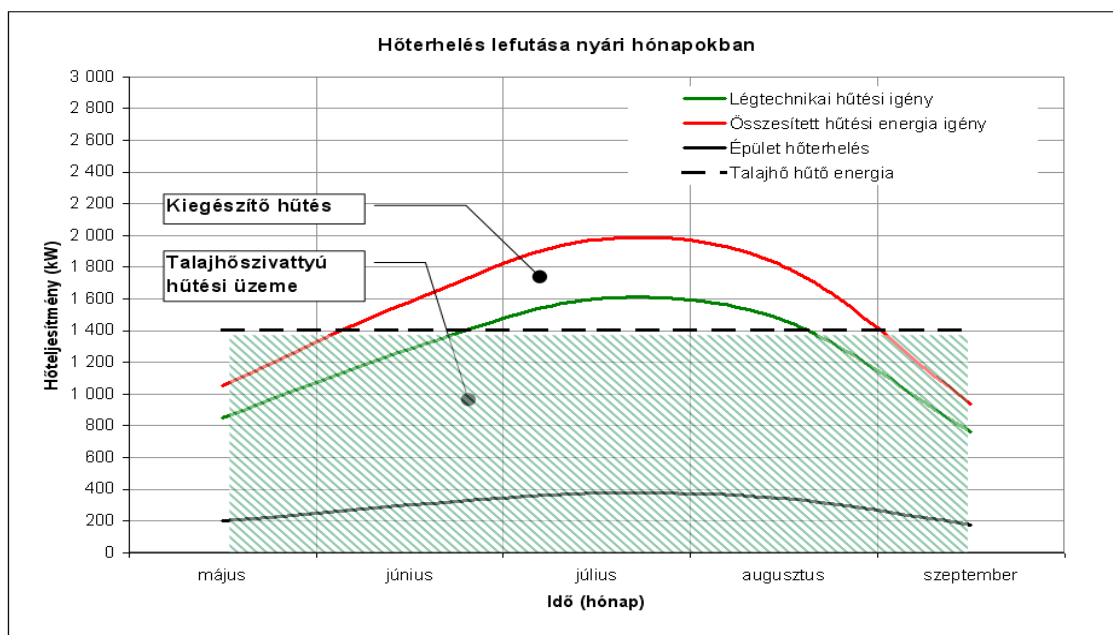
Hűtési hőigény napi lefutása



Ez a grafikon a talajszondás hőszivattyús rendszer maximális kapacitását mutatja a nyári csúcshűtési időben szükséges kiegészítő hűtés mértékét meghatározva.

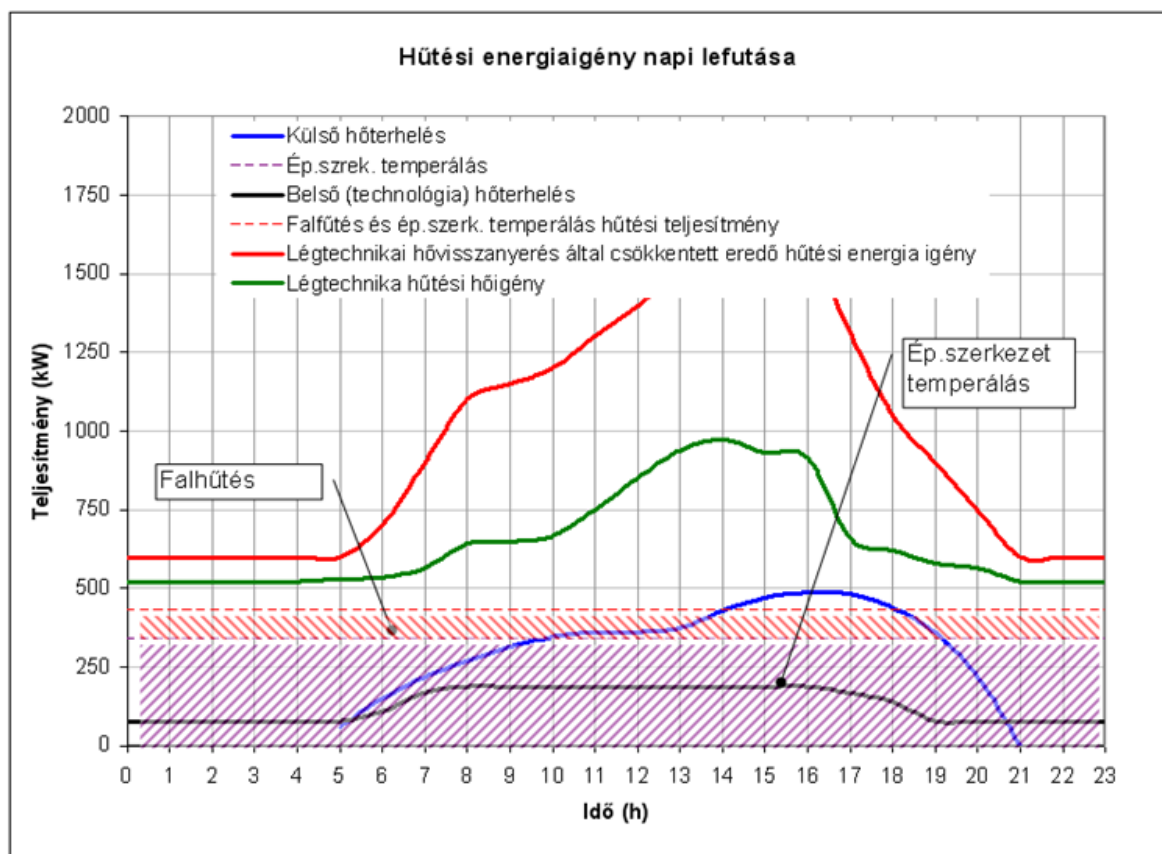
A cca. 1500 kW hűtőteljesítmény a hőszivattyúk kompresszoros üzemével érhető el.

Ebből az is látszik, hogy a munkaidőn túli időtartamban, azaz az éjszakai órákban szükséges 600 kW hűtési teljesítmény a korábbi ábrán bemutatott módon a BKT-val és a talajszonda rendszer direkt hűtő üzemével biztonságosan megoldott.



### *Hőigény alakulása a hűtési szezonban*

A nyári csúcshűtési időben a kiegészítő hűtés mértéke a teljes hűtési igényhez képest mintegy 22-25%.



### *Hűtési hőigény napi lefutása*

Az összesített hűtési energiaigény napi lefutási ábra szerint az un. passzív „hűtőteljesítmény elemet” képező épületszerkezet (födém+homlokzati belső vakolati

rendszer) állandó hűtő üzemmódjában az épület eredő (piros burkoló görbe) hűtési igényének jelentős részét szolgáltatja.

Ez cca. 400 kW.

A talajszondás hőszivattyús rendszer un. direkt v. passzív hűtési módja kompresszor nélküli üzemmél, a rendszer keringtető üzemmódjával biztosított.

A BKT-vel biztosított energiatakarékos hűtés a munkaidőn túli időszakban jelentkező cca. 600 kW hűtési igényhez képest 67% megtakarítást eredményez.

Ha a munkaidőre eső napi csúcs hűtési igény maximuma 1600 kW (12:00-14:30 között), akkor ez az érték 25%.

*Új épületek esetében különösen hatékony hűtési energiacsökkentés érhető el az emelt hőmérsékletű hűtés, épületszerkezet temperálás, valamint a direkt hűtés és légtechnika kombinációjában.*

*A direkt hűtés megújuló energiahasznosítás oldali legkedvezőbb energetikai változata az élővizek hőszivattyús energetikai igénybevételel érhető el.*

Az épület komplex együttes cca. 18000 m<sup>2</sup> össz alapterülettel.

A hozzá illesztett talajszondás hőszivattyús rendszer 280 db szondát jelent.

A modulrendszerű kialakítás 4x70 db szonda+400 kW teljesítményű hőszivattyú, mint megújuló energiarendszert jelent.

## **8.4. Választott tervezett rendszer ismertetése, energetikai sémája**

---

A vegyes direkt, ill. kombinált (fűtés/hűtés, megújuló) rendszerek tervezése az energiatakarékos fűtés, de különösen hűtés vonatkozásában meghatározó jelentőségű.

Csak közös, szakági energiatudatos szemlélettel lehet komplex megoldást találni.

Az egyes szakágak között az energetikai vonatkozások átfedése jelentős.

Elegendő csak az építészeti, épületszerkezeti integrált fűtő/hűtő rendszerekre gondolni, de említhetők az installációs rendszerek (épületgépészeti-villamos hálózatok) vonatkozásai éppen úgy, mint a megújuló energiahasznosítás és egyéb energetikai szempontokra.

Hagyományos hűtési rendszereknél is érhetőek el jelentős megtakarítások a folyadékhűtő gépek üzemvitelében.

Egy választott rendszerrel vizsgálva az alábbiakban erre a körülményre térünk ki, továbbá összehasonlítjuk az adott épület téli-nyári hőterhelési viszonyait.

A mai építési technológiák, az alkalmazott szerkezeti anyagok hővédelme, továbbá a belső technológiák és folyamatok keletkező hőterhelése összegezve az épület belső komfortját – megfelelő kezelés hiányában – tönkreteszi. Az épület alkalmatlanná válik funkciója ellátásához.

Új épületeknél kiemelt szerepet kaphat ennek megfelelően a szerkezettemperálás, mely a passzív és aktív elemek kombinációjaként megjelenő, megbízható, egyenletes, jól szabályozható fűtő/hűtő rendszert ad.

Ez alapvetés.

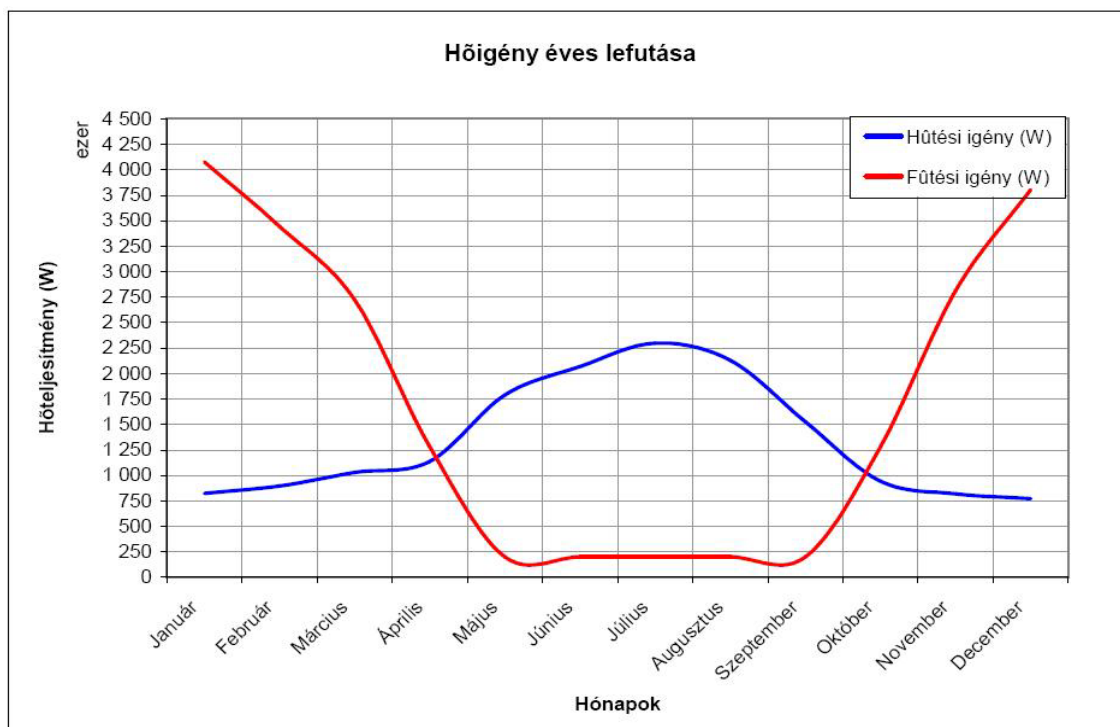
Ezt kell olyan módon és mértékben kiegészíteni aktív elemekkel (pl. frisslevegős változó térfogatáramú szellőztetés, kiegészítő hűtés stb.) amelyek megújuló energia kombinációval alacsony hőmérsékletű fűtést, ill. emelt hőmérsékletű hűtést eredményeznek.

Egy 32000 m<sup>2</sup> összterületű oktatási, tudományos középület esetén a modulrendszerű tervezés alkalmazásával jelen anyagban a hűtéstechnikai vonatkozásokra koncentrálna a hűtő hőbázis oldalon milyen energiatakarékos megoldások jöhetnek szóba?

Ennek eldöntéséhez átfogó vizsgálat szükséges.

Első lépésként a képződő hőfejlődés alakulását kell áttekinteni a téli és a nyári hónapokban egyaránt.





*Fűtési és hűtési hőigények éves alakulása*

A belső hőterhelés az ábra tanúsága szerint a mai korszerű épületeknél már megszokott módon a téli fűtési hónapokban is jelentős, az ábra szerint ezen időszakban meglehetősen egyenletes képet mutat.

Az összesített fűtési igény (tartalmazza a transzmissziót, ill. a légtechnikai fűtést is) alakulása értelemszerűen ellentétes tendenciát mutat.

Téli időszakban a belső hőfejlődés az adott épületnél 750-1000 kW között van.

Ezt célszerűen az épület hőháztartásában föl kell használni.

Erre különböző módszereket alkalmazunk, jelen esetben szerkezettemperálás és légtechnika kombináció.

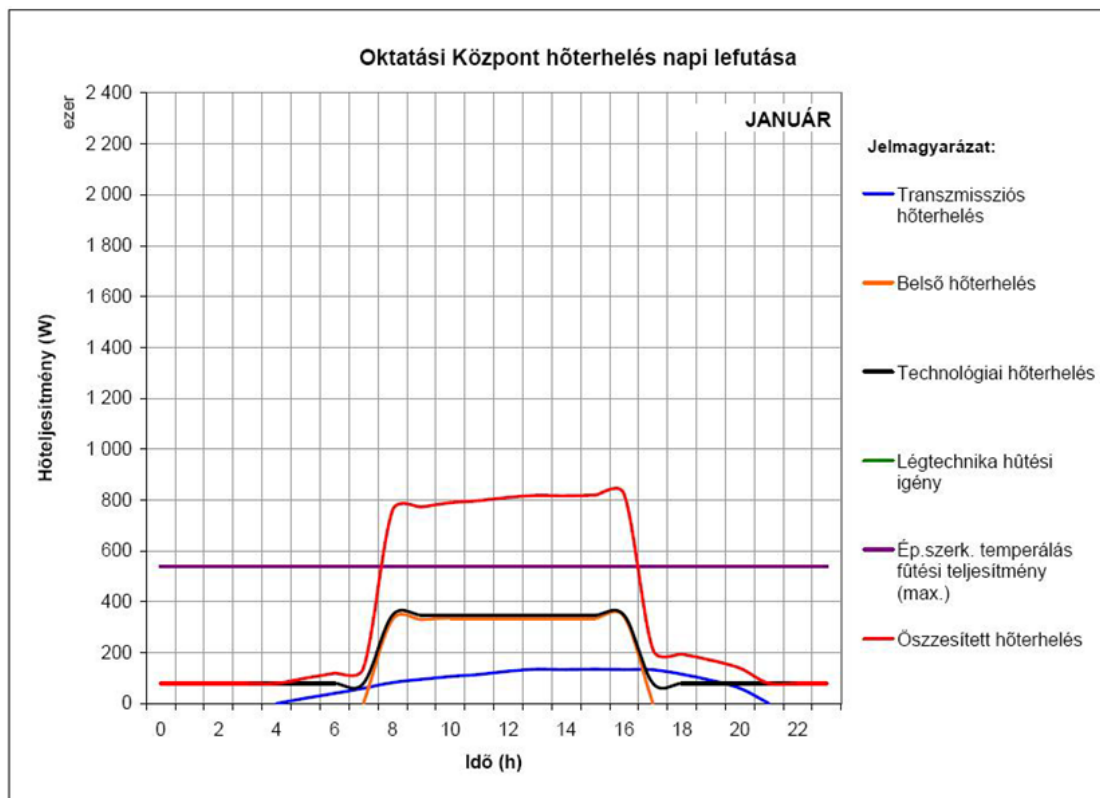
A fűtési szezonban januártól áprilisig, ill. októbertől decemberig tartó időszakban a belső hőfejlődés hasznosulása a szerkezettemperálással és a légtechnikával megoldott.

Ez a hőmennyiség a grafikonban a két görbe közötti területet jelöli.

Áprilistól októberig terjedő időszakban a belső hőterhelés oly mértékű, hogy a fűtési igényt, amely egyre kevesebb majd teljesen megszűnő, jelentősen meghaladja.

Ez az a terület, amely veszteségként jelenik meg, ha csak nincsen az épületben olyan technológia, amely ezt legalábbis részlegesen felhasználja.

A fenti jelleget támasztja alá az alábbi két grafikon, a vizsgált január és július hónapokban.



*Az épület hőmérlege a hónapok tükrében (téli, nyári csúcs)*

Az ábrából az tűnik ki, hogy az épületben január hónapban a munkaidő tartamában 800 kW állandó hőfelesleg jelenik meg szinte egyenletesen a külső-belső hőterhelések eredőjeként.

Az épület szerkezettemperálás (BKT) 550 kW fűtési teljesítményt szolgáltat.

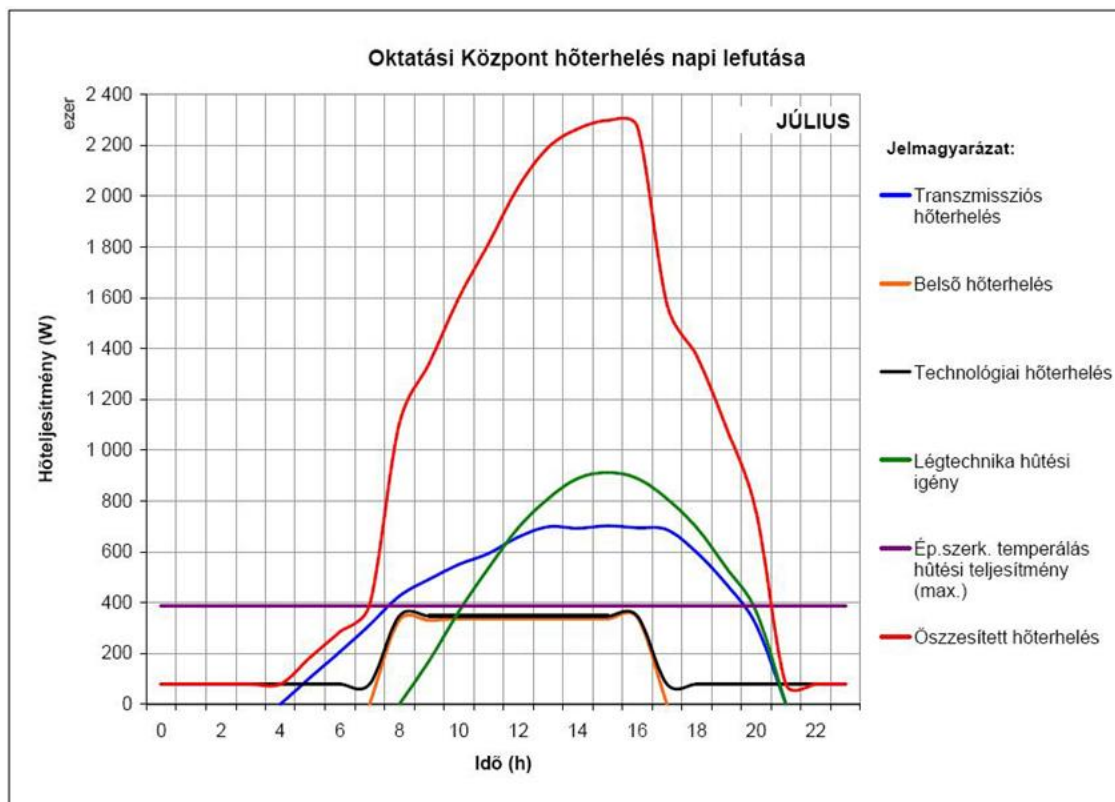
A munkaidőn túli időszakban az összesített hőterhelés 80%-kal csökken, de még mindig 100 kW.

Ebben az időszakban – lásd az előbbi grafikont – a belső hőterhelés, mint hőteljesítmény az épület fűtésében hasznosítható. Ezt a tervezett szerkezettemperálás biztosítja.

Munkaidő szakaszában a megnövelt légtechnikai teljesítmény és a belső technológiai berendezések fokozott használata (számítógépek stb.) a hőteljesítményt jelentősen megnöveli (800 kW).

Az előző grafikonban látható módon a belső hőfejlődés 750-800 kW, az össz fűtési igényhez képest mintegy 20% megtakarítási lehetőséget kínál.

A téli hónapok további hűtési igényét, majd az átmeneti évszak hűtési igényét a későbbiekben a folyadékűtőgép ún. *szabadhűtési* ciklusával tárgyaljuk.

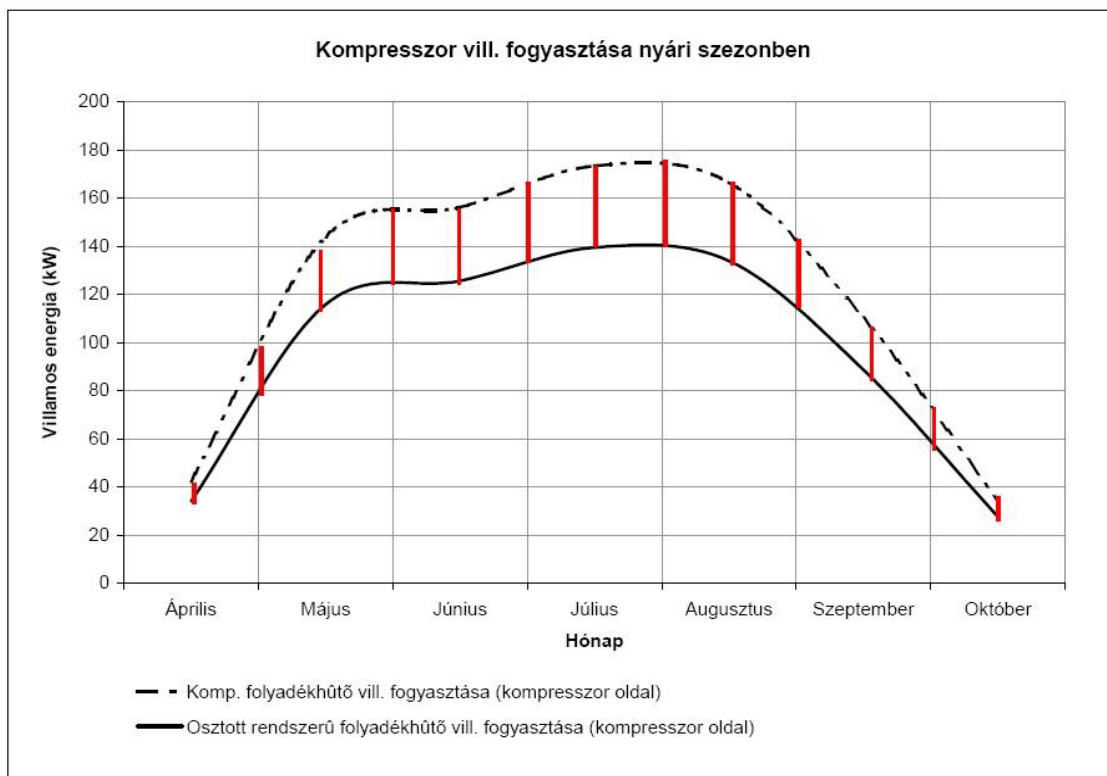


A júliusi méretezési állapotban a napi hőterhelés alakulás jellemzően más arányokat mutat.

A munkaidő tartamában a belső hőfejlődés, hőterhelés cca. háromszorosa lesz a téli állapotnak.

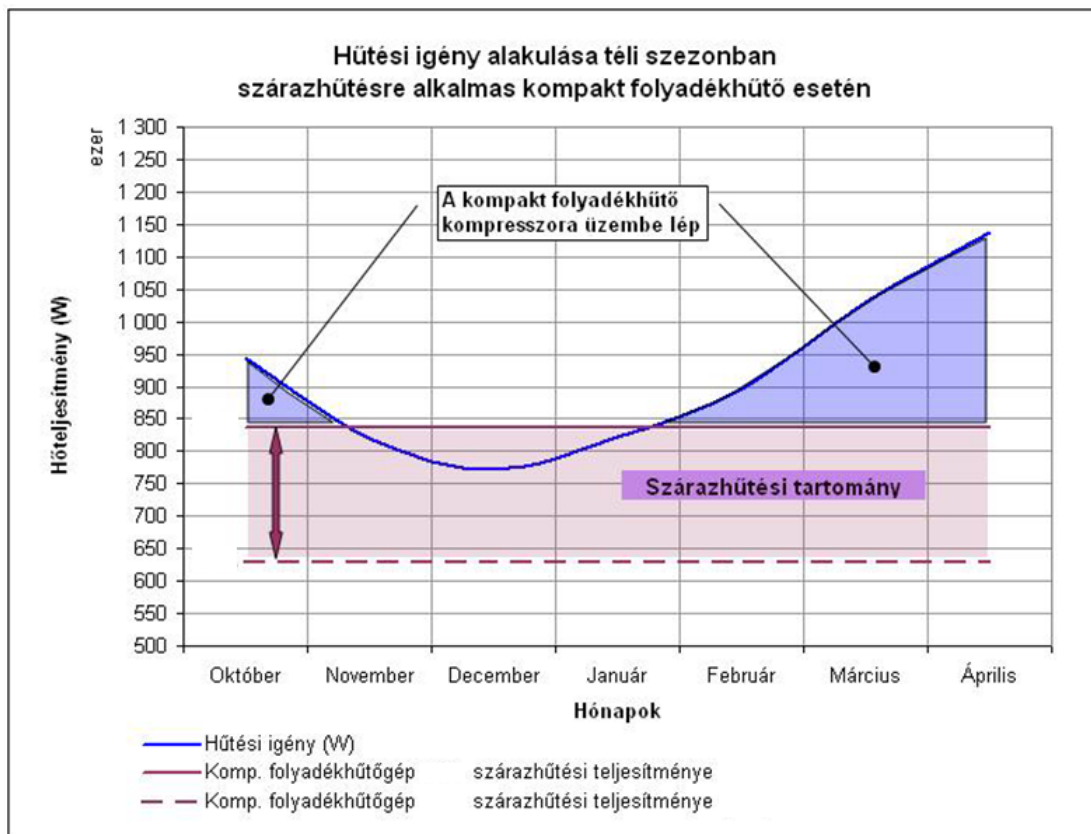
A szerkezettemperálás ebben az esetben folyamatos hűtést végez, a munkaidőn túli időszakban csökkentett, azaz a megújuló energiahányad direkt, ill. száraz hűtésével, vagy a légtechnikai, hűtéstechnikai rendszer hűtőgépének ún. szabad hűtésével.

Itt a szerkezettemperálás a teljes igénynek (munkaidőben) mintegy 18%-át szolgáltatja, gyakorlatilag a technológiai hőterhelés teljes mértékű közömbösítésével (lásd grafikon).



Az ábra az áprilistól októberig terjedő hűtési időszakban vizsgálja a kompakt, ill. az osztott rendszerű folyadékhűtő villamos fogyasztását illetően. Nagyobb rendszereknél lényeges kérdés lehet a teljes *hűtési ciklusban kiadódó energiamegtakarítási lehetőség*.

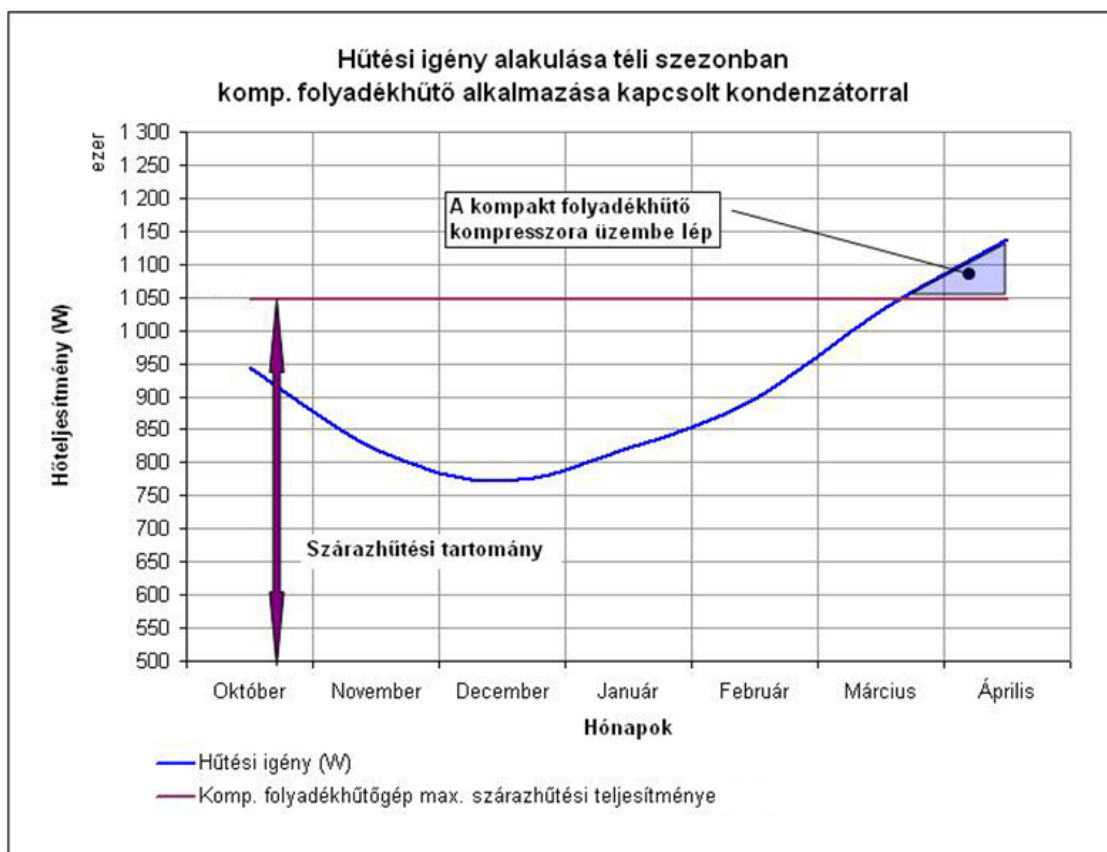
Ez cca.20% energiamegtakarítást eredményezhet.



Az ábra tanúsága szerint a hűtési igény éves lefutását tekintve a kompresszor nélküli üzem előnyei követhetők. Nagyobb rendszereknél ennek a vizsgálata indokolt.

A teljes ciklusban októbertől áprilisig az átlagos hűtési igény 630-850 kW között van, amelyet a száraz hűtéssel ki lehet elégíteni.

Ennél nagyobb hűtőteljesítmény esetén a kompakt folyadékhűtő kompresszora üzembe lép.



A kompakt folyadékhűtő *kapcsolt kondenzátoros* megoldása a *szárzhűtési tartományt jelentősen növeli*. Nagyobb rendszereknél a két változat együttes alkalmazása célszerű.

## 8.5. Belső komfort, energiatudatos üzemeltetés, irányítástechnikai rendszer

Az épületen belül képződő – a technológiából, a külső napsugárzásból, ill. belső elektronikus készülékek használatából származó hőterhelés együttesen – állandó hőteljesítményt jelent függetlenül a fűtési vagy hűtési szezontól.

A lényeges különbség az, hogy fűtési szezonban a képződött hőmennyiség az épület fűtési rendszerében hasznosítható, tehát pozitív.

A hűtési szezonban azonban a belső képződött hőnyereség a hűtési igényt növelő, azaz negatív hatású az épület hőkomfortja szempontjából.

Különösen az új épületeknél alkalmazott új technológiák (alacsony hőmérsékletű fűtés, emelt hőmérsékletű hűtés), épületszerkezetek hőtároló, hőleadó elemként való igénybevételükkel, továbbá a változó térfogatáramú szellőztetéssel olyan állapotot kell teremteni, amely a belső komfortot állandó szinten biztosítja.



Ez az aktív rendszerek rugalmas üzemvitelét, összehangolását igényli.

Amíg a passzív hőelemnek tekinthető BKT üzemviteli vonatkozásait tekintve kifejezetten „lomha” rendszerelem, addig a légtechnikai rendszer kifejezetten gyors reakcióképes.

Ezek együttes kezelése, üzemeltetése olyan energiatudatos alapokon megvalósított épületfelügyeleti, irányítástechnikai rendszert igényel, amely nélkül a korszerű rendszerek nem üzemeltethetők gazdaságosan.

Különös szerepet kap a hőbázis oldal előbbi fejezetekben tárgyalt minden olyan vonatkozása, amely a direkt, ill. a kombinált hűtőrendszerekről vagy a vegyes (fűtés/hűtés) rendszerekről szól.

Fontos tehát vizsgálni a villamosáram fogyasztás alakulását a hűtési szezonban hűtőgépek, ill. hőszivattyúk közvetlen üzemében és lehetőség szerint programozott módon vezérelni a kompresszor nélküli üzemet akár megújuló rendszerek (hőcserélőként működő talajszondás rendszer stb.) akár kondenzátor oldali ún. szabadhűtés vonatkozásában.

Mindkét esetben a kompresszor nélküli üzemi mód a jellemző.

Az épületfelügyeleti rendszernek tehát alapadatként, feltételként kell szabni:

- az épületgépészeti rendszerek épületfunkcióhoz igazított használati menetrendjét,
- a téli, ill. a nyári üzemvitel alapfeltételeit, hőmérsékleti és egyéb műszaki adatok megadásával,
- célszerű kialakítani a 0-24 h időtartamban jellemző használati módozatot (100% üzem, takarékuzem stb.), a heti programot, ill. az ünnepnapok külön módon való figyelembevételét,
- a belső hőterhelés pontos meghatározásánál meglévő épületeknél fontos a meglévő, működő állandó hőterhelést okozó villamos készülékek, berendezések terhelési adatainak ismerete,
- összehangolt működési séma alapján programozott működtetést kell alkalmazni, figyelembe véve az egyes rendszerelemek hőkésleltetés stb. vonatkozásait,
- lehetővé kell tenni az elkészült rendszer tartós próbaüzeme v. normál üzeme fenntartása mellett hosszabb időre a mérési lehetőségeket az elvárt paraméterek megvalósulása érdekében.

A komplex rendszerek tervezőjének teljes értékű áttekintésének kell lenni az épület passzív hőtechnikai, energetikai vonatkozásairól is az aktív rendszerek teljes ismerete mellett.

Lehetőséget kell számára biztosítani a rendszer működésének ellenőrzésére, mérések elvégzésére, értékelésére, javítási lehetőség biztosítására.

A kivitelezés menetében célszerű a tervező folyamatos igénybevétele, a menetközbeni változtatások csak jóváhagyásával történhetnek.

Amennyiben bármilyen energetikai pályázatról van szó, a pályázati indikátorok ellenőrzésében, az évenkénti mérések, számonkérések vonatkozásaiban aktív közreműködését igénybe kell venni.

Tervezői felelősség pedig csak akkor érvényesíthető, ha a teljes komplex energetikai rendszer:

- a terv szerint készült el, ill. tervezői jóváhagyással történt változtatás,
- a tervezett berendezések üzemeltetési módja is megegyezik a tervezés idején megadott alapadatokkal,
- ha a teljes kivitelezés menetében a tervezőnek biztosított volt a folyamatos felügyelet.

Csak így biztosítható az elkészült rendszerek elvárt eredményeket szolgáltató üzemvitele.

## **9. Egyetemi oktatási (Élettudományi Központ és Könyvtár) épületegyüttes megújuló energiahasznosítással kombinált fűtés/hűtés/légtechnikai rendszerei (Cserenyák Gábor)**

---

### **9.1. A funkcióhoz kapcsolódó követelmények, tervezési szempontok**

---

Kiemelt funkciójú, jelentőségű tudományos, oktatási épületek nem csak működtetés, hanem szemléltetés eszközeként is kell szolgáljanak a követendő példa tekintetében.

Fontos az épületegyüttes energetikai szempontból is (nem csak építészeti) „energetikai környezetbe” illesztése.

Alapvetően szükséges tervezési program a funkció követelményeivel, alapadataival ellátva, ez alapján energetikai koncepció, vázlat készítése a környezetvizsgálat alapján, ill. figyelembe véve a szabványok, műszaki előírások ajánlásait.

Ajánlott nemzeti és EU szabványok:

MSZ 22116/2002; 2/1981 (Ip. K. 11.) OBF. Ut.; VDI 4640, VDI 40.

(Megjegyzés: Ne feledjük, szabványokból tervezni nem lehet, a szabvány nem egyéb, mint iránymutatás. Nincs betartási kötelezettség, de a tervezett megoldásnak az alapvető követelményeket ki kell elégítenie. A hogyan kérdésre adható válasz az, hogy ez a tervező feladata.)

Energetikai alapvetés, hogy a fűtési rendszereknek alacsony hőmérsékletűnek célszerű lenniük, míg a hűtésnek energiagazdálkodási szempontból un. emelt hőmérsékletűnek az alábbiak szerint:

alacsony hőmérsékletű fűtés (45/37 °C, 29/32 °C)

emelt hőmérsékletű hűtés (14/19 °C, ill. 18/21 °C)

- új épületnél „beágyazott” fűtési-, hűtési rendszer szerkezettemperálással (fűtés 29/32 °C, hűtés 18/21 °C). A monolit födém szerkezetek semleges vonalába integrált műa. csőhálózat (NA20), födém vastagság min. 20 cm.

Hőbázis változatok:

- a változatok vizsgálata csak akkor szükséges, ha az adott területnél rendelkezésre álló energiaellátási módozat több változata vehető figyelembe.

- fontos a környezetvédelmi szempont a fosszilis energiahasznosítás (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> kibocsátás) vizsgálatában.
- megújuló energiahasznosítás lehetőségei monovalens, vagy bivalens rendszerben
  - talajszondás hőszivattyús rendszer reverzibilis üzemmel, azaz télen fűt, nyáron hűt. Előnye az adott épület nyári hűtése során a szondarendszeren át talajba visszatáplált hő a kollektor környezeti talaj „kimerülésének” határát tolja el, javítja.
  - direkt hűtés – hőszivattyú üzem nélkül – talajhővel, szondák, mint hőcserélő működnek (talajhőmérséklet 12-14 °C, közeghőmérséklet 16-18 °C stb.),
  - technológiai folyadékközeggel direkt hűtés. Speciális esetekben ipari környezetben fordulhat elő leválasztó hőcserélővel ellátva,
  - direkt hűtés élővízzel, leválasztó hőcserélővel (stabil vízhozamú folyó, nagy kiterjedésű mélyvízű tó stb.
  - termálvízzel való fűtés/hűtés – fűtés alacsony hőmérsékleten direkt (hőcserélővel) felületi fűtőrendszerekben vízmedence hőmérséklettartással, HMV előfűtéssel – majd többlépcsős hasznosításban víz/víz hőszivattyú hajtóenergiájaként (max. 26 °C belépő hőmérséklet) hűtési rendszer ellátására.

A megújuló energiahasznosítási lehetőségek széles körű vizsgálata minden egyes kiemelt és normál projektnél indokolt és fontos. Az energetikai rendszer felépítése ennek függvénye.

*A tervező első számú legfontosabb kötelezettsége a körütekintő energetikai vizsgálat elvégzése elemzéssel, előzetes beruházási és várható üzemköltség vonatkozásában.*

## **9.2. Alapvető számítások, teljesítményigények**

*A szóban forgó épületegyüttes energiatakarékos hűtése, lehetőségek*

- Légtechnikai rendszerek távozó levegő hőhasznosítása (rotációs, rekuperatív, közvetítőközeges) levegőkezelő egységgel.  
Jelentősége az egyenletes belső hőterhelés elvitelében van.  
Későbbiekben bemutatott energetikai grafikonokból kiderül, hogy számukra az egyenletes belső hőterhelés fűtési ciklusban az épület transzmissziós hőveszteségének csaknem teljes ellátására felhasználásra kerül.

A hővisszanyerők alkalmazásával elérhető fűtési energiamegtakarítás:

- számított légtechnikai alap hőigény 2765 kW.  
Hővisszanyeréssel csökkent hőigény 1438 kW.  
A megtakarítás 1327 kW, azaz 48%.

A hővisszanyerők alkalmazásával elérhető hűtési energiamegtakarítás:

- számított légtechnikai alap hőigény 1141 kW.  
Hővisszanyeréssel csökkent hőigény 525 kW.  
A megtakarítás 616 kW, azaz 54%.
- Légtechnikai rendszerek éjszakai direkt hűtéses szellőztetése. Ez a hűtési üzemmód jelen épületnél – általában hasonló tisztán üvegfelületű D-i homlokzatú – lehetőséget biztosít a hűtésre nyári éjszakai szellőztetéssel igen alacsony bevitellel.  
Ez esetben a mesterséges hűtés (hűtőgép, kompresszor) nem működik, pusztán levegőáramoltatás működik. A homlokzat üvegfelülete építészeti okok miatt kívül és belül egyaránt árnyékolás nélküli. Napsugárzás elleni védelem reflexiós üvegfelülettel történik.  
Ezt a szellőztetési módozatot mutatjuk be működtetési sémán téli és nyári állapotban egyaránt.  
Nyári időszakban az egyik legkézenfekvőbb energiamegtakarítási lehetőség éjszakai levegővel való átszellőztetés, „visszahűtés” a keletkezett belső hőterhelés elvitelére.

Mindkét módozatra jellemző, hogy – mivel folyamatosan jelenlévő és megújuló belső hőfejlődés elvitelére, ill. felhasználására szolgál – *megújuló energiahasznosítási elemként kell figyelembe venni.*

Mint ilyen, energetikai pályázatok (KEOP, KEHOP stb.) esetén a megújuló energiahasznosításnál figyelembe vehető indikátor.

Jelen épületegyüttesnél az alábbi energetikai módozatokra különös tekintettel a hűtési ciklusra, vizsgálatokat végeztünk:

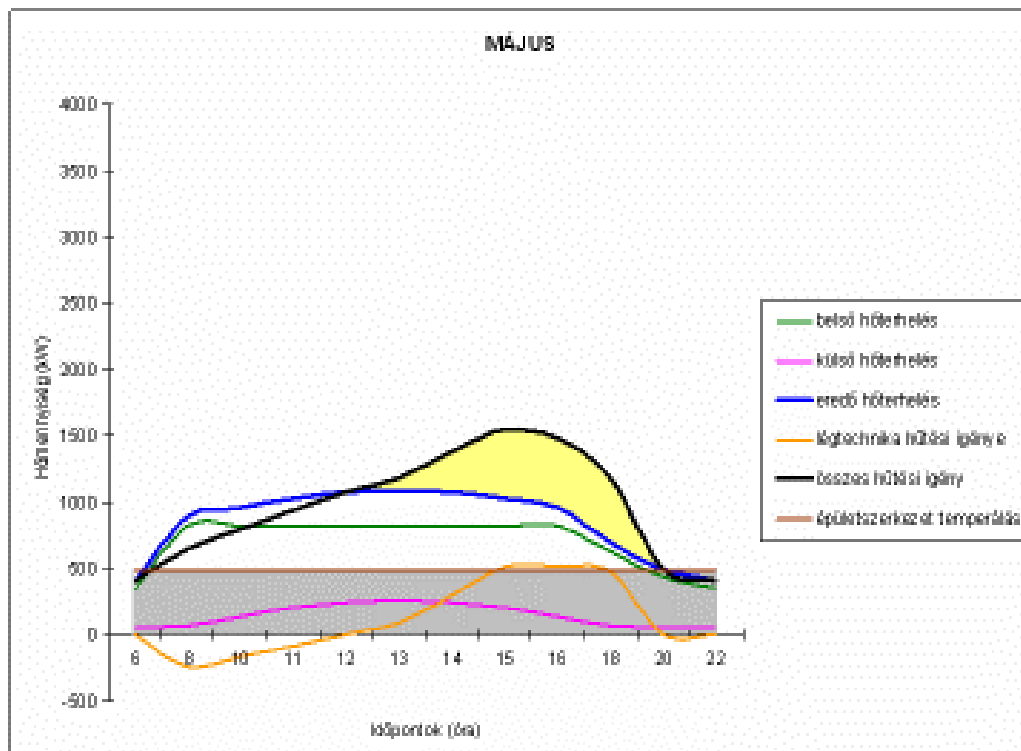
- A szerkezeti temperálás alkalmazásával eleve adódik, az un. „magas hőmérsékletű” hűtés (18/21 °C) direkt hűtőenergia ellátása, mint energiatakarékos módozat.  
Jelen esetben az épület építészeti kialakításából adódó un. belső udvarokban telepítésre javasolt 4x24 db, azaz összesen 116 db, egyenként 100 m mélységű duplahurkos talajszondarendszer megvalósítására.  
A talajszondás hőszivattyús rendszerek direkt hűtése (kompresszor üzem nélkül) a talajszonda, mint szimpla hőcserélő funkcióval. Ez esetben a

szondarendszerben áramló közeg a szerk. temperálás hőmérséklet szintjéhez jól illeszkedik.

Elterjedéséhez szemléletváltozásra van szükség. Ez a környezetvédelmi, energetikai szakembereket egyaránt erősen érinti.

- Hagyományos 7/12 °C hűtőrendszer folyadékhűtővel, de a folyadékhűtő ún. „száraz hűtéses” üzemmódjának nagymértékű igénybevételével. Átmeneti és enyhe téli időszakban olyan épületeknél, amelyek fűtési szezonban is igényelnek hűtést, jól alkalmazható energiatakarékos üzemmód. Ezt fokozni lehet a kapcsolt kondenzátor oldali szárazhűtéssel. (Ezt a hűtési módozatot ismertettük a 8. pontban.)

*Vizsgálat az épületszerkezet temperálás, talajszondás reverzibilis hőszivattyús rendszer, direkt hűtéssel való kapcsolatára*

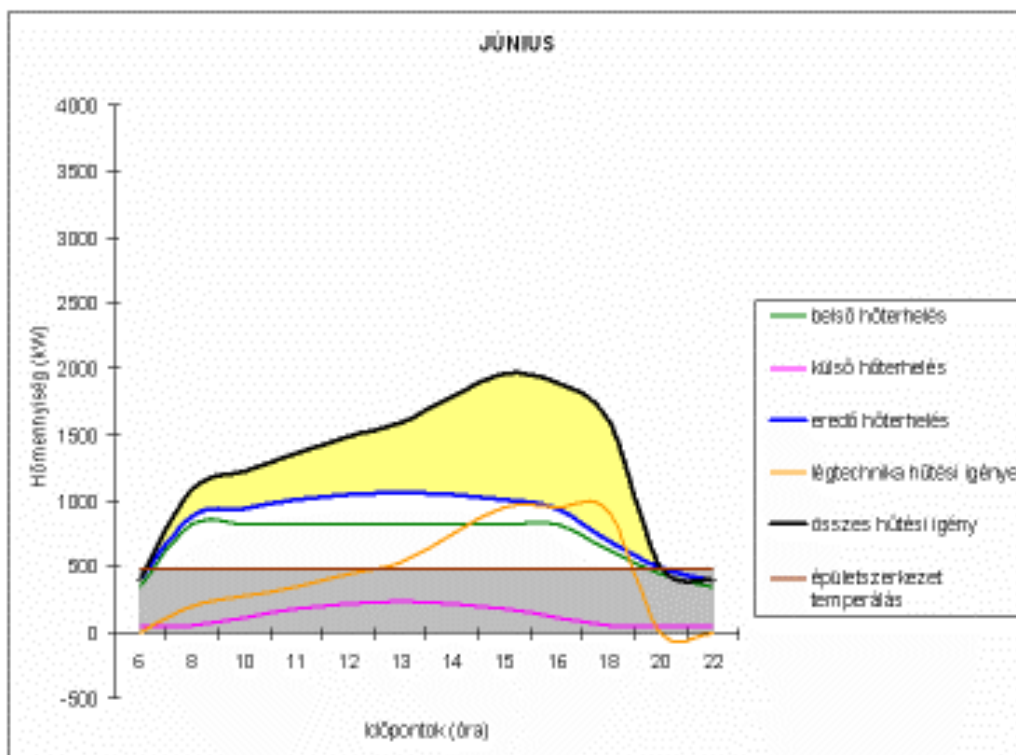


Az energetikai számítás szerint az eredő hőterhelés 1000 kW–1600 kW között csaknem egyenletes (8:00-18:00 óra között). Ennek mintegy 40-50%-át az épületszerkezettemperálás állandó, egyenletes hőmérsékletszinten tartásával a talajszondák mintegy hőcserélőként való alkalmazásával biztosítható.

Ez energetikailag kedvező, mert a hajtóenergia pusztán a keringtetés szükségletét fedezi kompresszorok üzeme nélkül.



Az átlagos meteorológiai adatok alapján számított összes hűtési igény (13:00-18:00 óra között) max. értéként megjelenő (1500-1000 kW) 500 kW többletigény a hőszivattyúk kompresszorainak üzemével fedezhető.



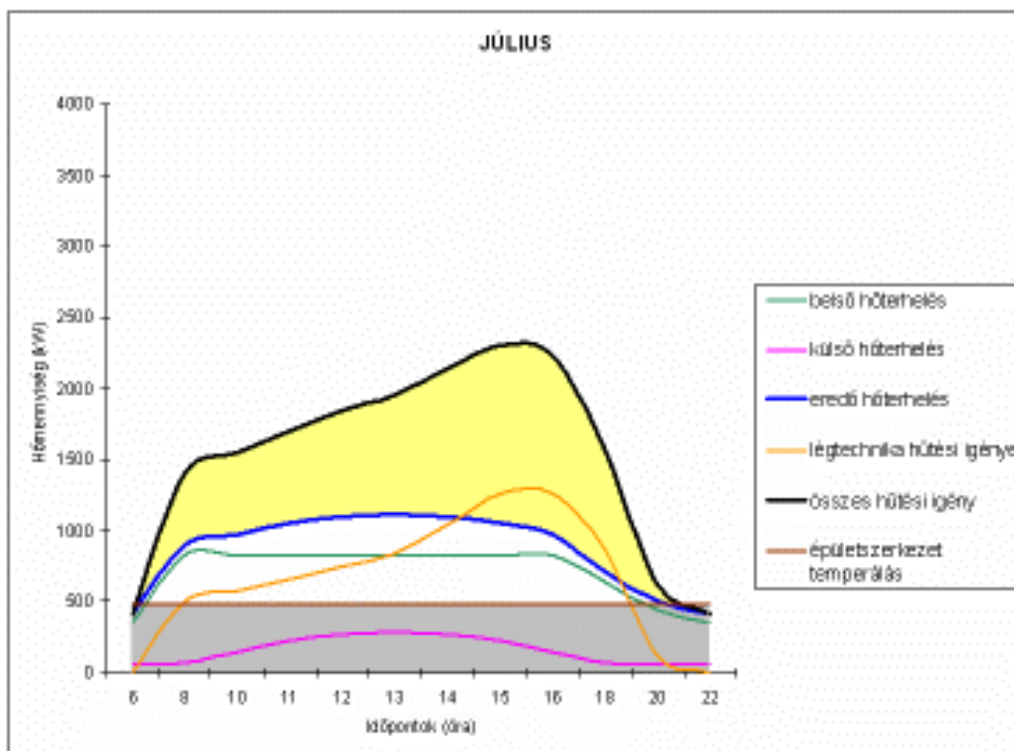
A júniusi külső átlaghőmérsékletre meghatározott terhelési görbék szerint a hőszivattyús rendszer talajszonda körei kompresszor üzemmel kell működjenek (8:00-19:00).

A szerkezettemperálás teljes mértékben közömbösíteni képes a külső hőterhelést, ill. a belső hőterhelésnek mintegy 60%-át.

Az eredő hőterhelés 8:00-17:00 órák között gyakorlatilag állandó, egyenletes.

Ez azt eredményezi, hogy a szerk. temperálás a teljes eredő hőterhelés, hőfejlődés cca. 50%-át biztosítja.

Ha ehhez hozzávesszük azt, hogy 27-28 °C külső hőmérséklet esetén a talajszondás rendszer direkt hűtési üzemmódja jelen épületnél szolgáltatni képes ezt a hűtési teljesítményt, könnyen belátható, hogy az üzemvitel rendkívül gazdaságos lesz (kompresszor üzem nélküli).



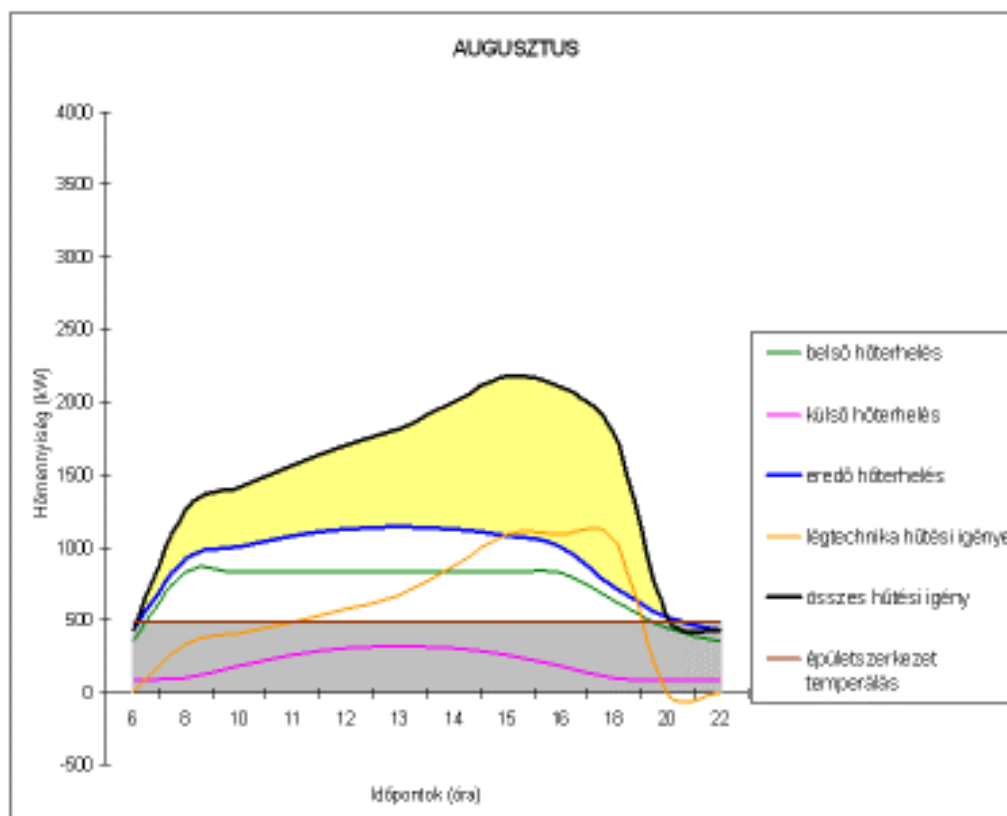
A júliusi meteorológiai statisztikai adatok szerint a komplex rendszer hűtési jellege megegyezik a júniusival, csupán a hűtés mértéke nagyobb.

Az eddigi ábrák tanúsága szerint is megfontolás tárgyává kell tenni az új épület tervezésénél – és erre a legjobb módszer az alapos előzetes vizsgálat – a belső eredő hőterhelések alakulásának, mint állandó és egyenletes értékű hűtési igénynek a passzív (v. hibrid) hűtési módozatát.

Ezzel ugyanis az épületgépészeti rendszerek un. aktív része az egyébként is szükséges frisslevegőellátás, mint hőhordozó alkalmazására jóval kisebb, csökkentett mértékben kerül sor.

Ez nem csak beruházási, esztétikai, üzemeltetési kérdés, de a terek komfortja szempontjából is meghatározó tényező.

Az épületszerkezetbe ágyazott fűtés/hűtési hálózatok jól szabályozhatók, üzemeltethetők.



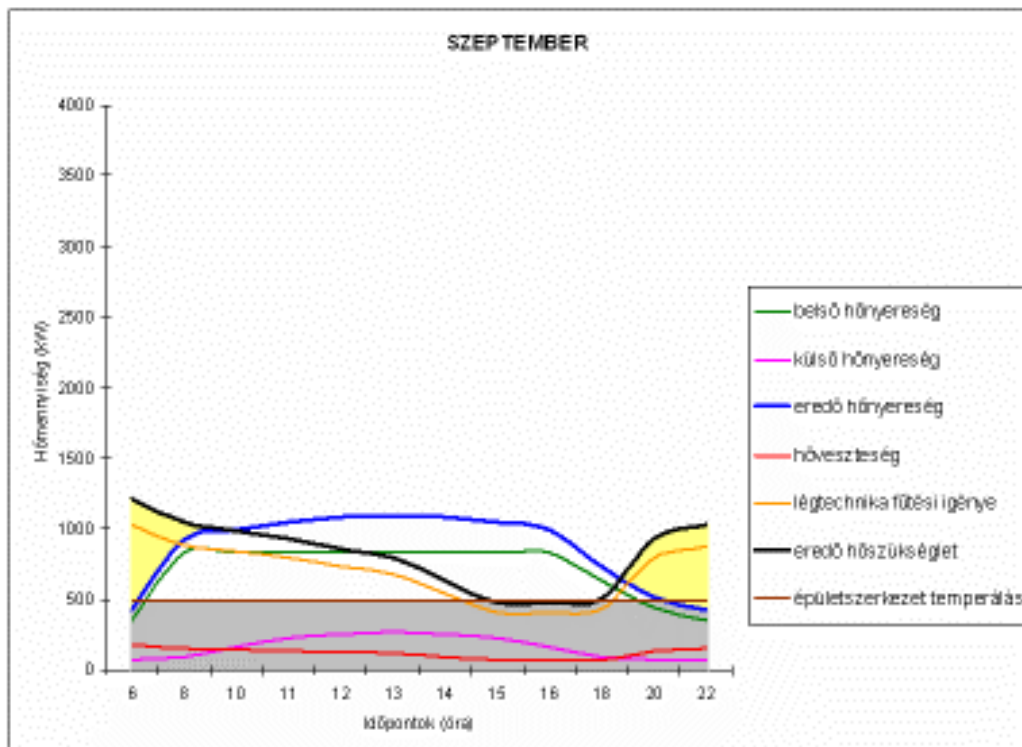
Aug. hónapban a hőterhelés és hűtésiigény változás alakulása lényegében hasonló, mint jún. és júl. hónapokban. A különbség csupán a csúcs hűtési igény időtartamában van, mert 15:00-18:00 óra között gyakorlatilag állandó.

A hőterhelés, ill. hűtési igény időbeli eltolódása a munkaidő tartamában, mint a négy hónapban a kora du.-i órákra esik.

Ebből az következik, hogy a hőszivattyúk terhelése, villamosenergia fogyasztása ezen időszakban a legnagyobb.

Az ábrák „lefutási görbéje” a munkaidő végeztével 19:00-20:00 órára esik.

Itt éri el az eredő hűtési igény a szerk. temperálás teljesítményszintjét és a számítás alapján azt találjuk, hogy az éjszakai órákban alkalmazott folyamatos direkt hűtés (szondakörök hőszivattyúk üzem nélküli áramoltatása) az épületben egyenletes hőelvitelt eredményez, az elnyelt hő a reggeli órákra elvonható.



Szept. hóban az eredő hőnyereség 50%-a teljes biztonsággal közömbösíthető, elvonható az állandó hőmérsékleten üzemeltetett (16/21 °C) direkt hűtési üzemmóddal (szondakörök keringtetése).

Itt már megjelenik a fűtési igény (az eredő hőszükséglet grafikongörbéje). Látszik, hogy az épület belső hőterhelése, hőnyeresége a fűtési igényt teljes mértékben ki tudja elégíteni.

19:00-8:00 óra között kell csupán kiegészítő fűtés, mert az épület gyakorlatilag saját belső hőjével önellátóvá válik.

Az ábrák az adott hónapok külső napsugárzásból, továbbá belső hőfejlődésből (emberek, technológia stb.) adódó energiamérlegét mutatja az eredő belső hőnyereség és a megújuló energiahasznosítás különbségeként adódó hűtési igényváltozást.

Tekintve, hogy az épület transzmissziós hőigénye 470 kW, ez nagyságrenddel kevesebb az épületben képződő belső hőterhelés 1013 kW értékéhez képest.

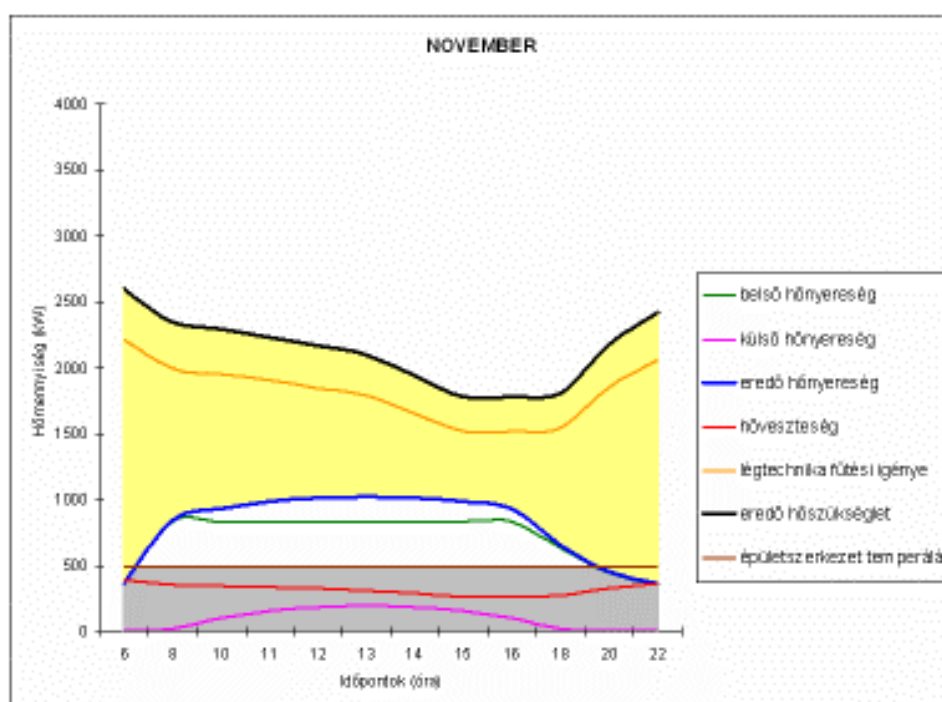
Az épület gyakorlatilag önellátónak számít fűtési szempontból, mert a belső hőfejlődés mintegy kétszerese a fűtési hőigénynek.

Adódik tehát a megoldás az ún. direkt hűtés alkalmazására (lásd korábban talajszondás direkt keringtetés a szondák, mint hőcserélők által), mely egyenletes, állandó hőelviteli

teljesítményével a diagramok tanulsága szerint hűtési ciklusban a teljes hűtési igény 1/3-át, 1/4-ét biztosítja. (Az eltérést a 05-09. hónapok időszakában a változó külső hőterhelés indokolja.)

A már tárgyalt épületszerkezet temperáláshibrid rendszerként is felfogható, hiszen a földémszerkezet, mint épületszerkezet tömeg passzív elemként a beágyazott csőhálózatban áramló közeg aktív elemként alkot egy közös energetikai rendszert.

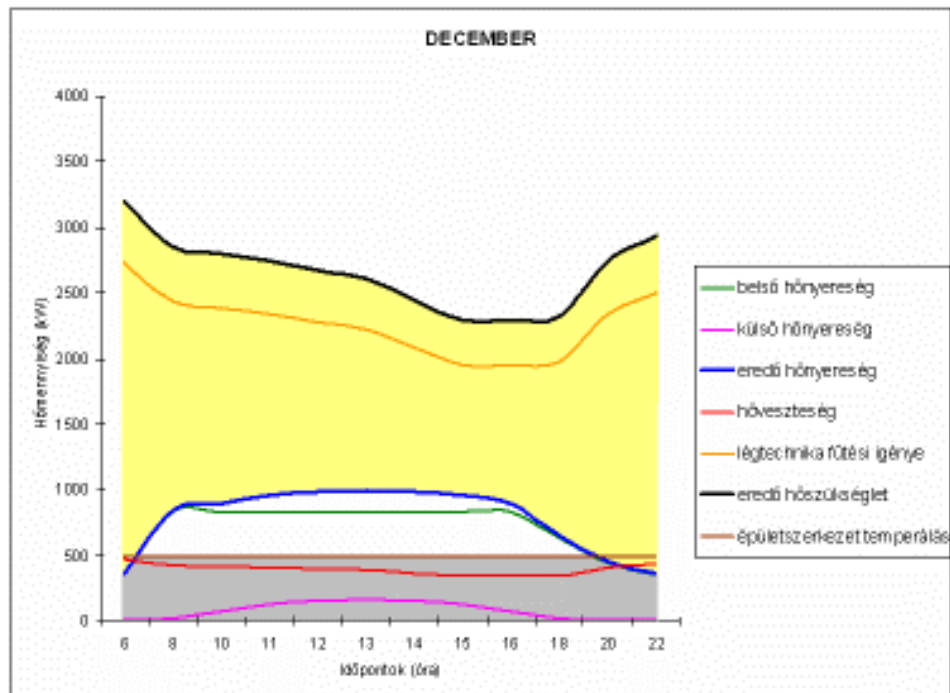
Mivel kettős funkciójú a rendszerelem, úgy a fűtés, mint a hűtés vonatkozásában alkalmazása időszerű és a megoldás szerkezeti vonatkozásaiból értelemszerűen adódik.



Nov.-ben a külső átlaghőmérséklettel számított energetikai viszonyok szerint az épületben keletkező belső eredő hőterhelés nagy biztonsággal kielégíti az épület fűtési igényét!

A szerk. temperálás állandó értéken való – okt.-ápr.-ig időszakban – működtetése stabil üzemvitelt, szabályozás-technikailag gondmentes üzemet jelent (folyamatos, egyenletes). A különbség csak az, hogy ezen hónapokban a szerk. temp. fűtő üzemmódban van.

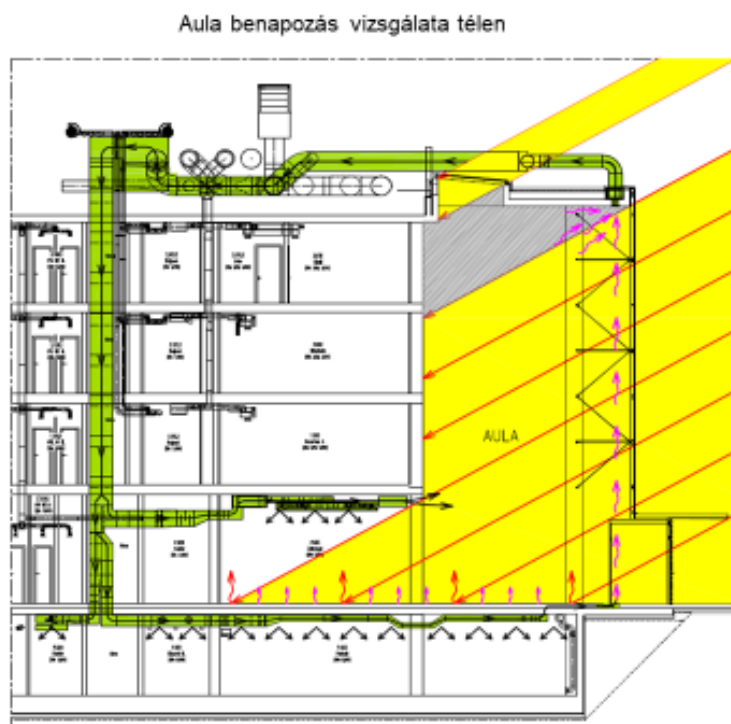
Az ábrából az is kitűnik, hogy az eredő hőterhelés és az eredő hőszükséglet grafikon görbéi közötti terület jellemzi a kiegészítő fűtés mértékét.



A dec.-i hőmérséklet grafikonja jellegében megegyezik a nov.-ivel, különbség a külső hővesztés és külső hőterhelés értékeivel van. A hőterhelés kevesebb, mint a nov.-i.

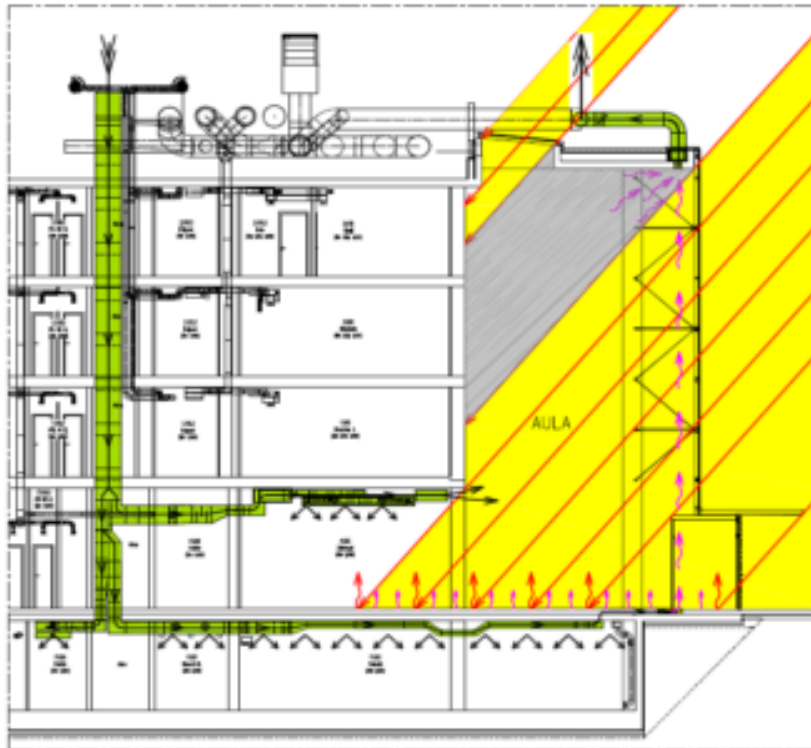
További hűtési lehetőség az aulatér direkt, ill. közvetlen hűtése, energetikai viszonyai.

A szerkezettemperálás mellett az épület adottságából eredő csupa üveg homlokzatú aulatér energiabázisként használható fel téli és nyári viszonyok között egyaránt.





#### Aula benapozás vizsgálata nyáron



Ennek részletes vizsgálatát elvégezve a téli és a nyári állapotot energetikai szempontból elemeztük, értékeltük. Az itt alkalmazott légtechnikai megoldás az üvegfelület belső oldalán alulról felfelé irányított áramlattal nyáron külső levegő bevezetésével (padlóbefúvó) napsugárzásos időszakban intenzív hőelvitelt biztosítanak (beérkező sugárzási hő cca. 60%-át).

A nyári éjszakai szellőztetéssel a tér teljes értékű visszahűtése érhető el a nyári külső hőmérséklet 18-20 °C hőmérsékletének megfelelően kellemes komfortérzetet eredményezve a következő nap délelőtti óráiban.

Télen a hőterhelés belső energiátöbblete a fűtés céljára használható fel két módon.

Egyrészt a levegő zárt áramlásával az üvegfelület, mint passzív energiagyűjtő működik.

Az aula felső zónájában kialakuló magas hőmérsékletű levegő a metszeti séma tanulsága szerint a lehűlő felület alsó zónájában padlósíkon kerül bevezetésre.

Ily módon a tér – ablak előtti természetes levegő feláramlattal is kihasználva – kellemes hőmérsékletű temperáló fűtése alakítható ki.

Lényeges szempont, hogy az aulára „nyíló” ablakokkal rendelkező laboratóriumok ablakainak külső oldalán a levegőhőmérséklet egyenletes lesz a fszt.-en és a 3. em.-en egyaránt. Tehát az innen érkező hőterhelés v. „hővesztesség” egyenletes lesz. Ezzel a légtechnikai szabályozás is egyszerűbbé válik.

A téli üzem fontos jellemzője az ábra tanulsága szerint, hogy az aula alatti un. kiszolgáló terek temperáló fűtése és frisslevegő ellátása is erről a rendszerről történik.

(Ez a temperálás nyáron is indokolt, hisz a szóban forgó alagsori terek a külső térrel nem kapcsolódnak.)

A cca. 10 éves üzemeltetési tapasztalatok szerint a rendszer kiválóan működik.

Az aulában nyereségként kapott fűtési energia:

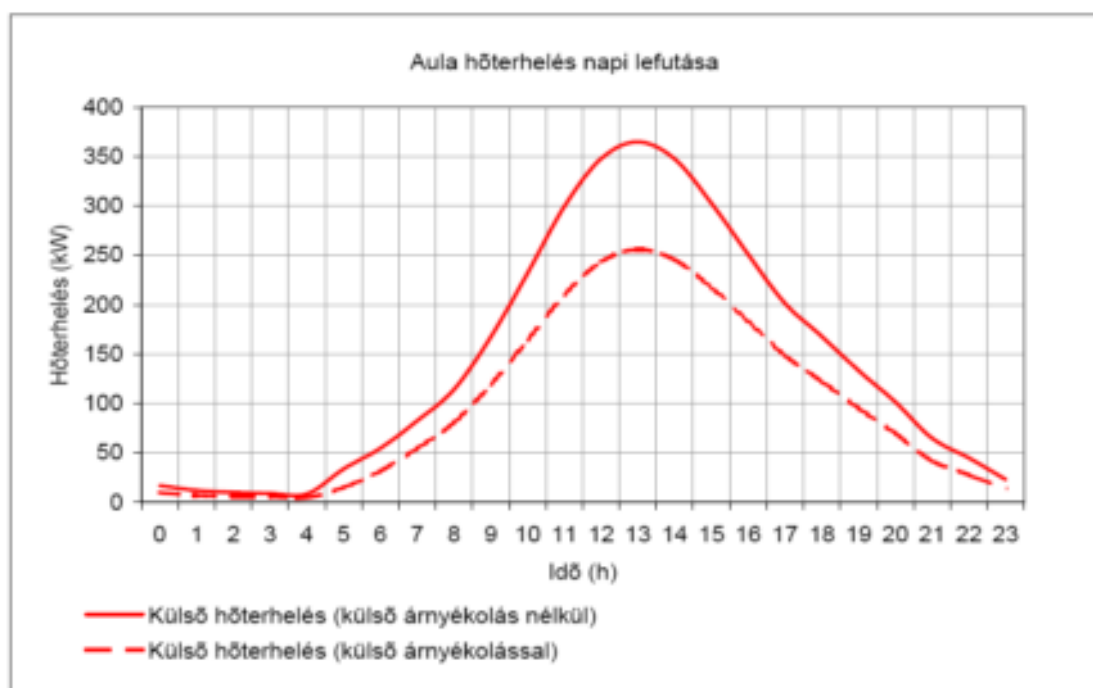
- egyrészt az üvegfelület előtt feláramló levegő, mint hőhordozó a beérkezett hőterhelés mintegy 60%-át hasznosítva.
- másrészt az aula padlója, mint besugárzott padlófelület járulékos sugárzási hőteljesítménye a padló anyagának hőelnyelése alapján a beérkezett sugárzás cca. 25-28%-a.
- a maradék 12-15% a rendszer tehetetlenségi vesztesége.

*Az aula üveghatároló felületének külső árnyékolás vizsgálata*

Nyári hőterhelés maximuma az üvegfelületen külső árnyékolás nélkül 350 kW. (Az üvegfelület cca. 350 kW.)

Külső árnyékolás alkalmazásával ez csúcscéltékben 250 kW-ra csökkenthető.

### Aula külső árnyékolás alkalmazásának vizsgálata



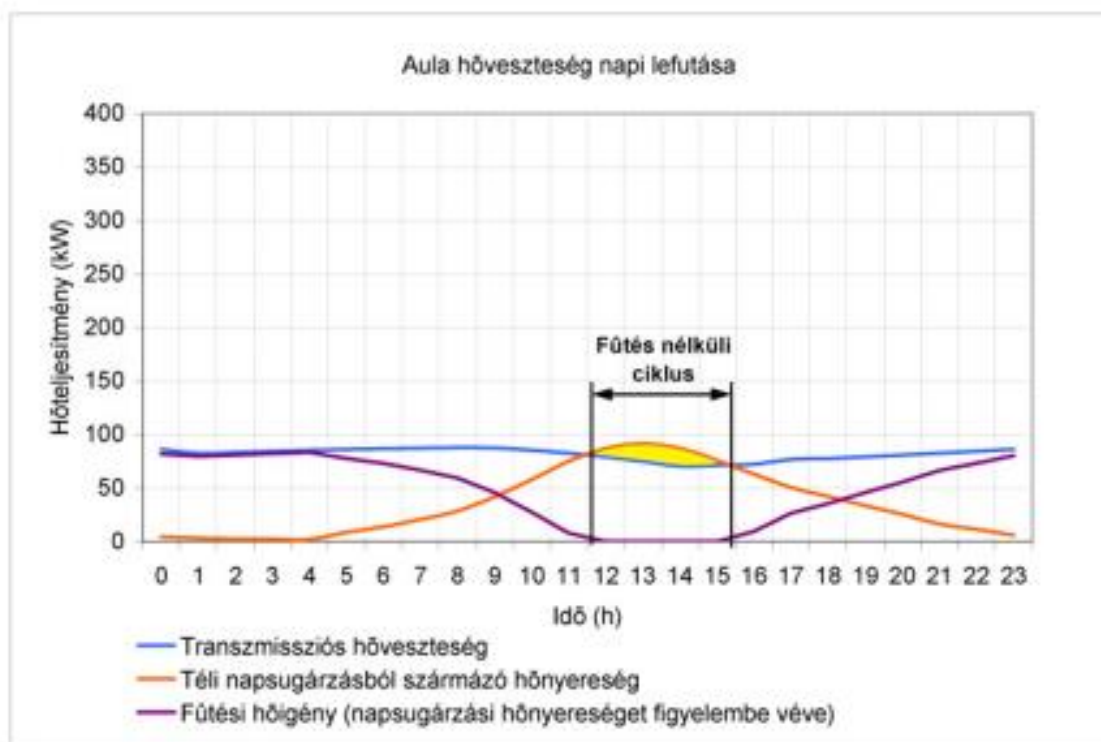
A cca. 12 m magas üvegfelület külső árnyékolása építészeti, szerkezeti, esztétikai okok miatt nem jön szóba. Energetikai vizsgálatát elvégezve érdekes következtetésekre jutunk.

Az árnyékoló szerkezet megvalósítása nem hoz olyan energetikai eredményt, amely indokolná a jelentős beruházási költséget. Fontos körülményként tekinthető, hogy az épület mellett lévő szomszédos, ugyancsak üveg homlokzatú épület külső árnyékolás esetén olyan visszaverődést, reflexiót eredményez, amely az árnyékolás hatását rontja.

Egyben a visszaverődő másodlagos sugárzás további koncentrált belső hőterhelést eredményez az aulában.

Ezért indokolt és fontos az aula belső üvegfelülete mentén való „hűtő” levegőáramoltatás alulról felfelé irányítva a természetes irányának megfelelően.

### Aula téli napsugárzásából származó hőnyereség



Hogy mennyire fontos a tervezés kezdeti szakaszában elvégzett gondos hőtechnikai elemzés a fűtés és hűtés, frisslevegőellátás stb. de különösen a hűtés vonatkozásában a belső hőterhelések ismeretében ez a napi óránként számítással meghatározott hőnyereség diagram bizonyítja ezt.

A transzmissziós hőveszteség téli (magyarországi átlag  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  külső hőmérsékletre vonatkoztatva) értéke az aulánál 87 kW. Ez nagyjából egyenletes 0:00-24:00 óra időtartamban.

A téli napsugárzásból származó hőnyereség a munkaidő időtartamában 8:00-18:00 óra között jellemzően figyelembe vehető érték.

Csúcsértéke 11:00-15:00 óra között meghaladja a transzmissziós hőveszteség értékét, tehát ezen időszakban nincs szükség külön hőbevitelre az aulában!

Az is kiolvasható, hogy 9:00 és 18:00 óra közötti időtartamban a fűtési hőigény értékéhez képest energiafelesleg adódik (amit a légtechnikai rendszerrel jól hasznosítani lehet).

*Új épületek tervezésénél a célszerű tervezői lépéssorozat összefoglalása:*

- Az első és legfontosabb az átfogó minden részletre kiterjedő, tervezési program és vonatkozó rendeletekből vett alap tervezési értékek feldolgozása.

- A Megrendelői adatok, alkalmazott technológiai rendszerek berendezéseinek telepítési, terhelési figyelembevételével meghatározott belső hőfejlődés, hőterhelés, hőveszteség meghatározása.
- A részletes, alapos tervezői vizsgálat elvégzése különböző meteorológiai viszonyokra, belső üzemviteli állapotokra.
- Elemzés és ennek alapján ajánlás készítése.
- Konceptióalkotás és az előzetes vizsgálati anyag eredményeinek Megrendelővel való egyeztetése, a különböző épületgépészeti megoldási javaslatokból a célszerű kiválasztása.
- A választott energetikai koncepció komplex tervezése.

## **10. Tudományos Kutató Intézeti Laboratórium épületegyüttes hűtéstechnikai vizsgálata a belső hőfejlődés és hőterhelés tükrében (Cserenyák Gábor)**

---

### **10.1. A funkcióhoz kapcsolódó követelmények, tervezési szempontok**

---

Tudományos kutatómunkát speciális igényekkel kielégítő laboratóriumok energetikai viszonyai a laborokban folyó tevékenységek kapcsolata külön hangsúlyt kap a feladatban.

A modulrendszerű laborkialakítás, a flexibilis funkcióváltás rendhagyó épületgépészeti, energetikai igényeket támaszt.

A belső hőfejlődés az alkalmazott technológiák és berendezések kapcsán oly mértékű, hogy a helyiségek transzmissziós fűtési igénye elenyésző, ily módon fűtési rendszer nem készül.

Temperáló fűtés kizárólag az épület szerkezeti adottságaival, a belső hőfejlődés, hőelnyelés kiaknázásával, légtechnikai megoldásokkal.

Az épületgépészeti koncepció kialakításához alapvetően szükséges tervezési program a funkció követelményeivel, alapadataival ellátva, ez alapján energetikai koncepció, vázlat készítése a környezetvizsgálat alapján, ill. figyelembe véve a szabványok, műszaki előírások ajánlásait.

*Ajánlott nemzeti és EU szabványok:*

MSZ 22116/2002; 2/1981 (Ip. K. 11.) OBF. Ut.; VDI 4640, VDI 40.

(Megjegyzés: Ne feledjük, szabványokból tervezni nem lehet, a szabvány nem egyéb, mint iránymutatás. Nincs betartási kötelezettség, de a tervezett megoldásnak az alapvető követelményeket ki kell elégítenie. A hogyan kérdésre adható válasz az, hogy ez a tervező feladata.)

Energetikai alapvetés, hogy a fűtési rendszereknek alacsony hőmérsékletűnek célszerű lenniük (jelen esetben a min. frisslevegővel bevitt fűtőtéljesítmény elegendő a helyiség temperáláshoz), míg a hűtésnek energiagazdálkodási szempontból un. emelt hőmérsékletűnek az alábbiak szerint:

alacsony hőmérsékletű fűtés (45/37 °C, 29/32 °C)

emelt hőmérsékletű hűtés (14/19 °C, ill. 18/21 °C)



- épületszerkezet temperálás megrendelői kérésre nem készül.
- a hűtés esetében másodlagos, helyi szabályozással ventiláció nélküli indukciós klímakonvektorok vizsgálatára kerül sor.

Hőbázis változatok:

A hőbázis változatok vizsgálata minden épületegyüttesnél megelőző tervezői előkészítő feladatként szükséges. Nem csak a rendelkezésre álló energetikai rendszereket, hanem a környezeti energiahasznosítási lehetőségeket is vizsgálni kell.

Jelen esetben:

- az épületegyüttes városi távfűtési környezetben távfűtő hálózatra kapcsolódik a fűtési hőellátás tekintetében.
- hűtési energiabázis, energiatelep az épület rendhagyóan magas hűtési igénye alapján a saját – tetősíkon telepített – kondenzátoroldali hőhasznosítással kombinált lev./víz hőszivattyú, ill. folyadékhűtő egységekhez kapcsolódik.
- az épületegyüttes belvárosi környezetben épül, így megújuló (geotechnikai v. talaj hőszivattyús változat) nem jön szóba.

Nemcsak Megbízói, de önös tervezői érdek és követelmény kell, legyen a széleskörű energetikai vizsgálat, környezeti hatások elemzése, az épületben folytatott tevékenységek energetikai kihatásainak előzetes számítással való meghatározása.

*Így a tervező első számú legfontosabb kötelezettsége a körültekintő energetikai vizsgálat elvégzése elemzéssel, előzetes beruházási és várható üzemköltség vonatkozásában.*

*Az épületegyütteshez tartozó tervezési programban rögzített elvárások kivonatosan*

- igény szerint szükséges frisslevegő ellátás 50 m<sup>3</sup>/h/fő, lab. egységlabort tekintve 4 fő/lab. → 200 m<sup>3</sup>/h/lab.
- a labor munkazónájában megengedett munkafelületi levegősebesség lehetőleg közelítse a 0,1 m/s-ot,
- zajszint a megengedett mérték alatt,
- megengedett lev. hőmérséklet télen 24-26 °C, nyáron 22-24 °C,
- levegő bevezetés igény szerint laboratóriumokban depressziós (nincs kiáramlás), esetenként túlnyomásos, nincs beáramlás,
- a laboratóriumok flexibilisek legyenek, lehetőség szerint későbbi, viszonylag tág fejlesztési lehetőségekkel (utólagos vegyifülke, v. technológiai berendezés stb.),
- a laboratóriumokban télen is van hűtési igény,

- általános érvényű információ, hogy a transzmissziós hőterhelésen túl alaphelyzetben 3 kW, de a berendezéseknek 6 kW hűtőteltjesítményre kell képesnek lenniük laboronként,
- Megbízó kérése, hogy a helyiségben parapet FC készülékekkel kell ellátni a fűtés/hűtés igényét (ennek ellenére elvégeztük a részletes vizsgálatot nem csak FC készülékekkel, hanem higiéniailag ennél kedvezőbb indukciós klímakonvektorok, ill. klímagerendák eseteire is.

*Legfontosabb szakmai kihívások, elvárások:*

- a helyiség hőterhelés, változó hűtési igénye kielégítésének módozatai fenti feltételekkel,
- a technológiai hőterhelés jelen esetben megrendelői követelményként vett max. 6 kW/lab. igénye hogyan elégíthető ki,
- milyen légállapotok alakulnak ki a térben, a munkafelületen milyen levegősebesség adódik a max. hűtési teljesítmény mellett,
- a technológiai berendezések (vegyifülke, állatketrec stb.) elszívó szellőztetésének változó igénye mellett a helyiség nyomásviszonyai nem változhatnak.

Több változatot vizsgálva két fő csoportot emelünk ki.

Egyik csoport a részleges álmennyezetes (csak a kiszolgáló tér fölött van) (1-4 változat), másik az álmennyezet különböző variációival készült (5, 6 változat).

## **10.2. Alapvető számítások, teljesítményigények**

A vizsgálatot a továbbiakban egység (azaz egy modul) laboregységre végeztük el több változatban. A számított teljesítményigények egy-egy labor külső-belső energetikai terhelésére, ezek komfortszintre, valamint technológiai folyamatokra való hatásainak elemzéseit tartalmazza.

*A szóban forgó épületegyüttes energiatakarékos hűtése, lehetőségek*

- Légtechnikai rendszerek távozó levegő hőhasznosítása (rotációs, rekuperatív, közvetítőközeges) levegőkezelő egységgel.  
Jelentősége az egyenletes belső hőterhelés elvitelében van.  
Későbbiekben bemutatott energetikai grafikonokból kiderül, hogy számukra az egyenletes belső hőterhelés fűtési ciklusban az épület transzmissziós hőveszteségének csaknem teljes ellátására felhasználásra kerül.

A hővisszanyerők alkalmazásával elérhető fűtési energiamegtakarítás:

- számított légtechnikai alap hőigény 1920 kW.  
Hővisszanyeréssel csökkent hőigény 1020kW.  
A megtakarítás 900 kW, azaz 47%.  
(Megjegyzés: technikai okok miatt az épületben telepített 10 légtechnikai rendszerből 9 db közvetítőközege hővisszanyerővel kell rendelkezzen.)

A hővisszanyerők alkalmazásával elérhető hűtési energiamegtakarítás:

- számított légtechnikai alap hőigény 817 kW.  
Hővisszanyeréssel csökkent hőigény 547 kW.  
A megtakarítás 270 kW, azaz 33%.
- Légtechnikai rendszerek éjszakai direkt hűtéses szellőztetése. Ez a hűtési üzemmód jelen épületnél – általában hasonló tisztán üvegfelületű D-i homlokzatú – lehetőséget biztosít a hűtésre nyári éjszakai szellőztetéssel igen alacsony villamosenergia bevitellel.  
Ez esetben a mesterséges hűtés (hűtőgép, kompresszor) nem működik, pusztán levegőáramoltatás működik. A homlokzat üvegfelülete építészeti okok miatt kívül és belül egyaránt árnyékolás nélküli. Napsugárzás elleni védelem reflexiós üvegfelülettel történik.  
Ezt a szellőztetési módozatot mutatjuk be működtetési sémán téli és nyári állapotban egyaránt.  
Nyári időszakban az egyik legkézenfekvőbb energiamegtakarítási lehetőség éjszakai levegővel való átszellőztetés, „visszahűtés” a keletkezett belső hőterhelés elvitelére.

Mindkét módozatra jellemző, hogy – mivel folyamatosan jelenlévő és megújuló belső hőfejlődés elvitelére, ill. felhasználására szolgál – *megújuló energiahasznosítási elemként kell figyelembe venni.*

Jelen épületegyüttesnél az alábbi energetikai elemzés alapján az egyes un. modul laborok hűtéstechnikai vizsgálata a legfontosabb, mivel az épületet érő külső-belső hőterhelést a flexibilis laborhasználatból eredő – Megbízói elvárás szerint a komfort szintet meghaladó – hűtési igényváltozással kell számolni.

- Hagyományos 7/12 °C hűtőrendszer folyadékhűtővel, de a folyadékhűtő un. „száraz hűtéses” üzemmódjának nagymértékű igénybevitelével. Átmeneti és enyhe téli időszakban olyan épületeknél, amelyek fűtési szezonban is

igényelnek hűtést, jól alkalmazható energiatakarékos üzemmód. Ezt fokozni lehet a kapcsolt kondenzátor oldali szárazhűtéssel.  
(Ezt a hűtési módozatot ismertettük az 5. pontban.)

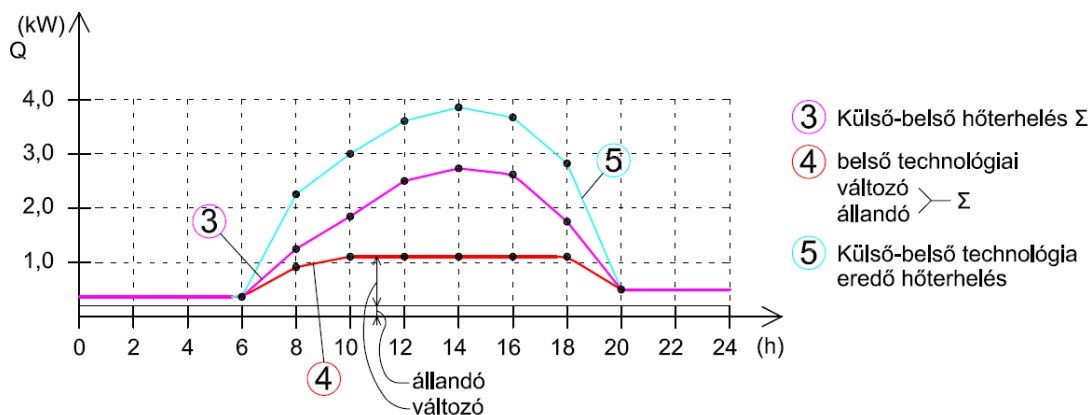
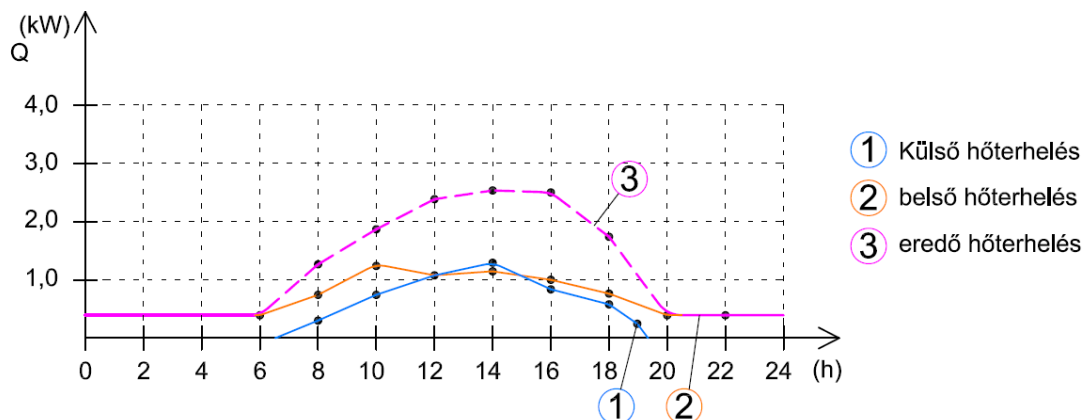
Vizsgálat egy laboregység hőterhelési viszonyaira a komfortszintet biztosító, ill. az azon túl beépíteni szükséges további hűtőkapacitást figyelembe véve.

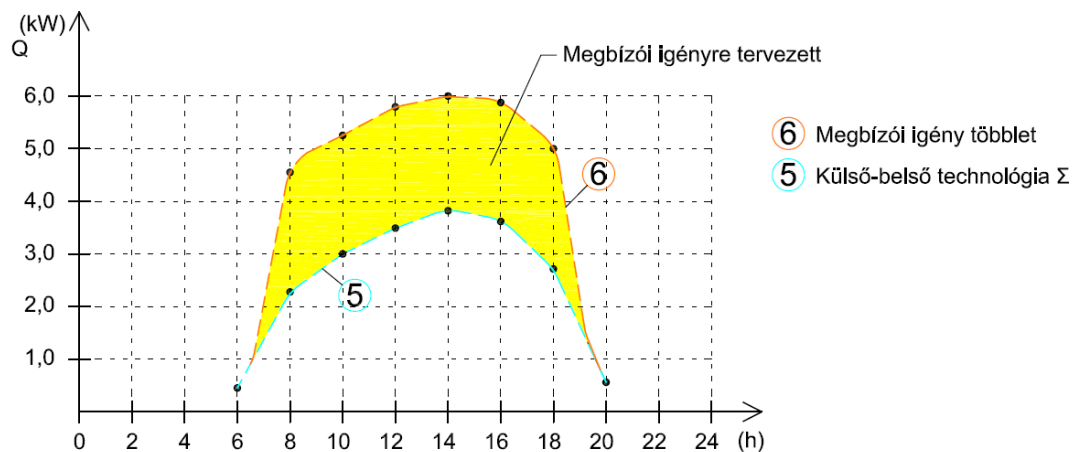
- a laborban a munkaállomás területén kell a komfortfeltételeket, a technológiához illeszkedő háttértechnikai rendszerként kielégíteni.
- kiindulási alap a hőterhelés összegzése, egy főhöz tartozó hőterhelés meghatározása, azaz

$$\sum Q_{be} = Q_{kül} + Q_{emb} + Q_{vil} + Q_{PC} \rightarrow (\text{lásd 1. sz. ábra})$$

Jelmagyarázat:

- 1. grafikon. Alapeset, technológiai hőterhelés nélkül. 3. eredő hőterhelés  $\sum 1.+2.$
- 2. grafikon. Alapeset + átl. techn. hőterhelés (4.), 5. eredő hőterhelés  $\sum 3.+4.$
- 3. grafikon. Alapeset + átl. techn. eredő hőterhelés (5.) + Megbízói igény szerinti többlet  $\sum 6.$





Az előzetesen számított hőterhelés, mint alapigény technológia nélkül 2,5 kW.

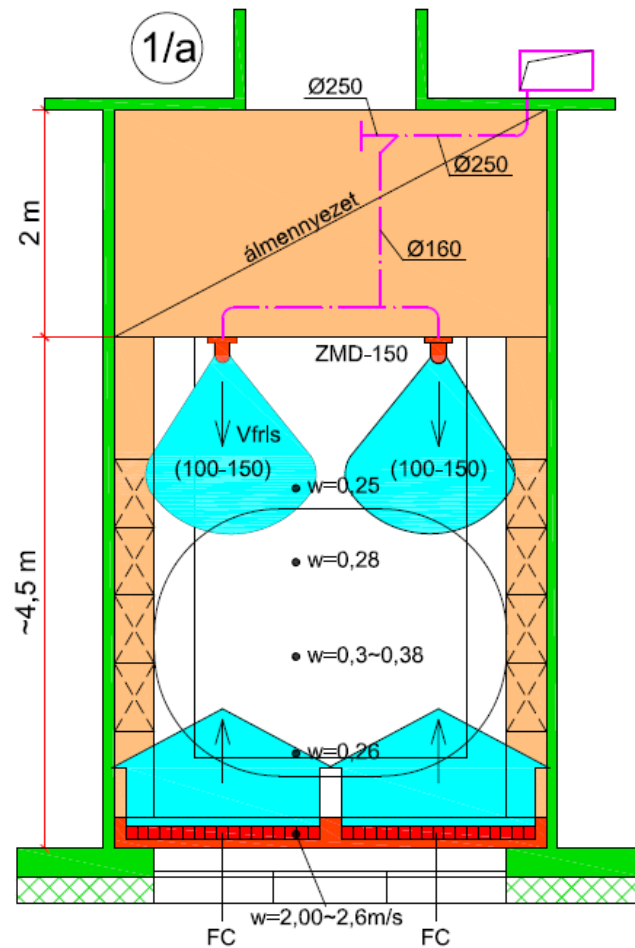
- minden, a hőterhelést növelő technológiai berendezésnél meghatározzák a disszipált hő állandó és változó mértékét (előzetesen laborban 3 kW → 6 kW). Tapasztalat szerint az állandó technológiai hőterhelés 25~30%, azon berendezésekkel, amelyek folyamatosan (0:00-24:00) működnek.  
a változó hőterhelés (vegyszer v. más berendezés beindítása) a munkázónában ne okozzon a hőérzetet v. komfortérzetet rontó befolyást.
- A légforgalmat és a Megbízói igény szerinti hűtőtéljesítményt több változatban vizsgáltuk.  
3~6 kW (ill.  $Q_h + 6\text{kW}$ ) ~ 7~7,5 kW össztéljesítményű FC-k parapetben, fűtött/hűtött frisslev. bevezetés az álmennyezet oldalsíkján mennyezet alatt.

Több változatot vizsgálva két fő csoportot emelünk ki.

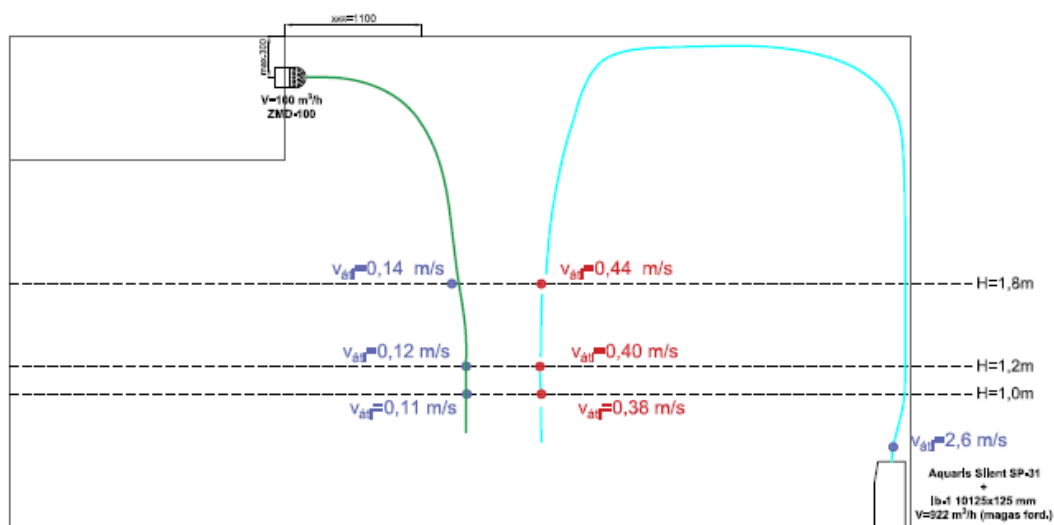
Egyik csoport a részleges álmennyezetes (csak a kiszolgáló tér fölött van) (1-4 változat), másik az álmennyezet különböző variációival készült (5, 6 változat).

## 1/a változat

Megbízó által kért parapet FC (2 db), egyik fűt/hűt, másik hűt, frisslevegő igény  $4 \times 50 = 200 \text{ m}^3/\text{h}$ , lab.



1/A VERZIÓ  
Frisslevegő bevezetés álmennyezet független felületén ZMD sugárfűvőkás befúvóval  
Hűtés/Fűtés teljesítmény bevétel parapetbe épített fan-coll készlettel, befúvó oldalon gyári ráccsal





Az áramkép (lásd ábra) szerint a munkafelületen elvárt  $w < 0,2$  m/s. lev. seb. csak akkor alakul ki, ha az FC-k nem működnek.

Az FC legkisebb vent. fordulaton 2,0 m/s sebességet eredményez. Ez a munkazónában 0,3-0,31 m/s lesz. Ez nemhogy laborban, de más ülőmunkát végző helyen (pl. iroda) sem megengedett ( $w_{\text{megeng}} \leq 0,2$  m/s).

A méretezés áramképe szerint az FC max. ventilátor fordulatan, amikor a hűtőteltjesítmény az előírt közel 6 kW (2 db FC-vel), az induló sebesség 2,6 m/s és a munkazónában 0,38-0,4 m/s. *Ez megengedhetetlen.*

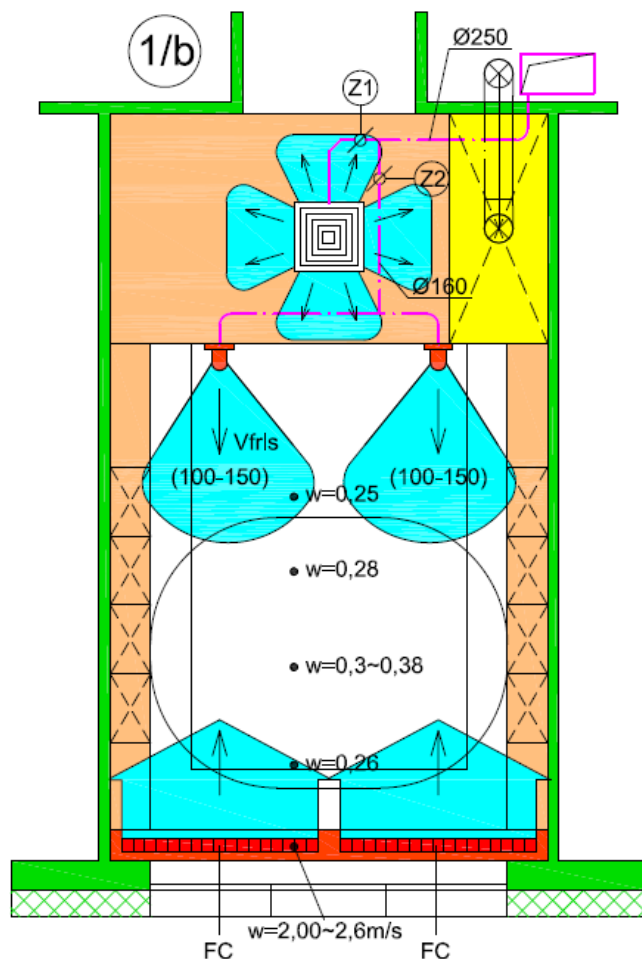
*A 0,2 m/s feletti munkazónabeli lev. sebesség a laborban az ablaksíktól számított 2,5-3,5 m-ig érvényesül, tehát ezen a területen lev. sebességre érzékeny műszer elhelyezése nem ajánlott!*

A frisslevegő bevezetés önmagában lev. seb. szempontjából megfelelő, itt jól szabályozható befúvó elemeket figyelembe véve az érintett munkazóna területén a lev. sebesség 0,15 m/s alá csökkenthető, viszont nem kapunk egyenletes eloszlást az FC-k működése idején.

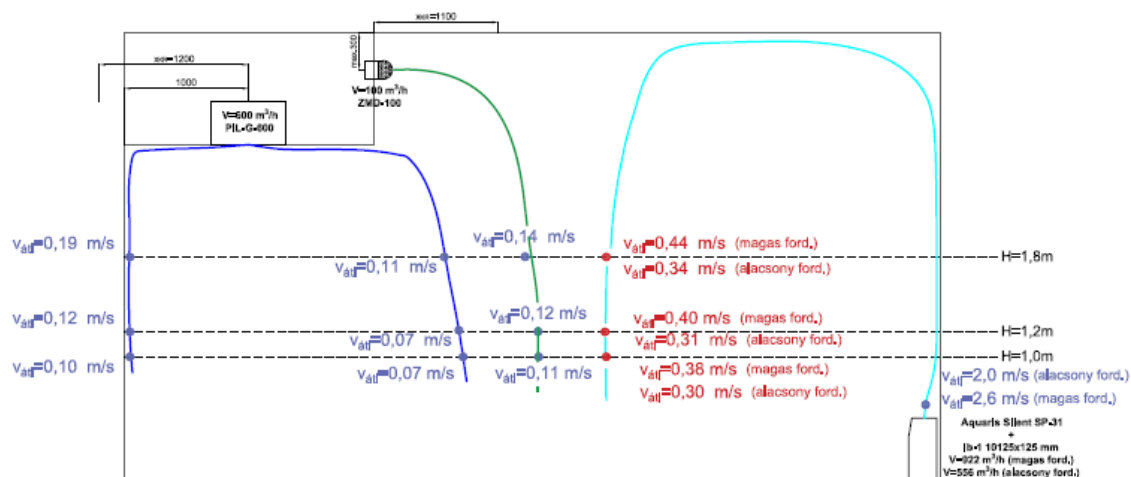
*A teljes munkafelületi zóna 3/4 területén nem biztosítható az elvárás, a kívánt levegősebesség.*

## 1/b változat

Ua. mint 1/a., a VF (nyitott ajtós) működése esetén a PIL imp. befúvó a kiszolgáló területen ideális állapotot fog teremteni, a munkazónára azonban nem lesz jobbító hatása.



1/B VERZIÓ  
Frisslevegő bevezetés álmennyezet függőleges felületén ZMD sugárfúvókás befúvóval  
Vegyifűtőke többlet levegő bevezetés igénye álmennyezet vízszintes felületében épített Impulzus befúvóval  
Hűtési/Fűtési teljesítmény bevitel parapetbe épített fan-coll készülékkel, befúvó oldalon gyári ráccsal



Az 1/a ill. 1/b változatoknál **a kiadódó légcserre** a labor (bútorozást figyelembe vevő) légtérfogatára vonatkoztatva **átl. 27x-es!**

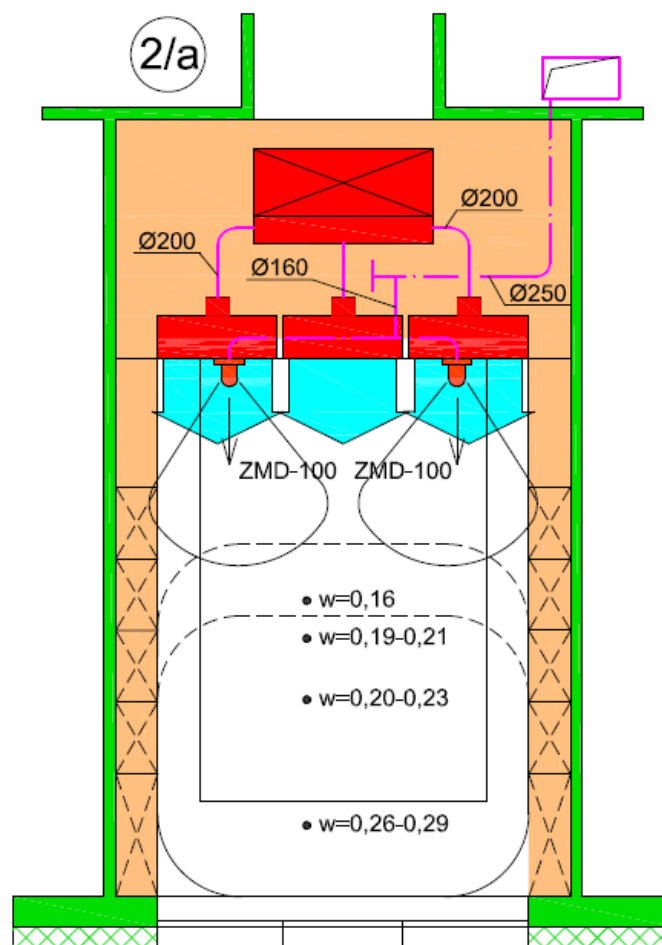
Ha ez, mint jelen esetben koncentrált befúvó felületen jelenik meg (2-2,6 m/s levegősebességet eredményezve) az egyenetlen levegőeloszlás és az FC közelében kellemetlen érzet előáll. Ezen a helyzeten javíthatunk azzal, ha az FC befúvó felületeit jelentősen megnöveljük (lásd további változatok).

## 2/a változat

A frisslevegő bevezetés önállóan szabályozhatóan fűtéssel/hűtéssel. Helyiség hőterhelés kezelése önálló szabályozással álmennyezeti FC-vel, vízszintes irányú impulzus befúvókkal.

Ez a megoldás jó lenne, ha

- alapfűtés/hűtés BKT-val (ép. szerk. temp.) lenne megoldva, vagy
- a lehűlő felület mentén lenne valamilyen hőleadó (rad. v. FC. v. klímakonvektor) így egyenetlen légsebesség és áramlási holtter alakul ki (lásd áramkép)



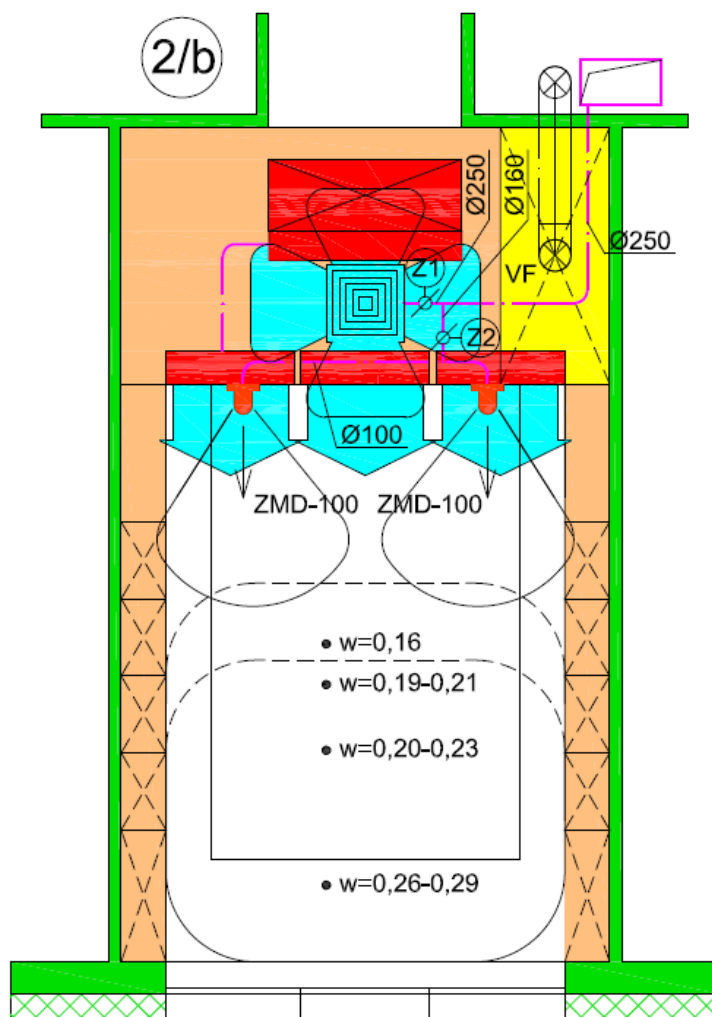
Áramképet lásd a 2/b szerint (PIL befúvó nélkül).

A szerk. temperálás alkalmazásával az áramkép sebességmezője – a kisebb mértékű aktív hűtőteltjesítmény és belső FC légforgalom csökkenése okán – a munkafelületi zónában az optimálisan elvárható 0,15 m/s érték alatt maradhatna.

## 2/b változat

*Ua. mint a 2/a változat, de van VF. Továbbiakban, mint az 1/b változatnál PIL imp. befúvó szolgáltatja közvetlenül, VF esetén a szükséges frisslevegőt.*

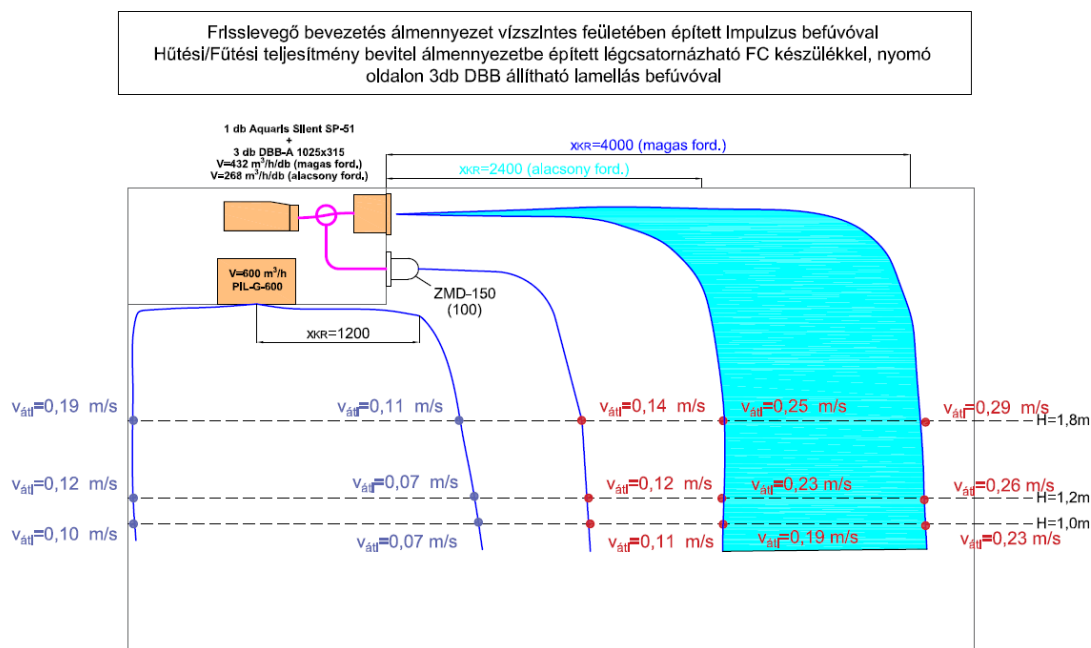
A laborban a légforgalom VF belépésével nem változik, a nyomásviszony automatikusan szabályozva van.



Ebben a megoldásban a VF működtetéséhez szükséges többlet frisslevegő bevitel úgy kell alakuljon, hogy a labor munkazónájában az ebből adódó légáram többlet, következésképpen sebességnövekedés ne alakulhasson ki, csupán a VF közvetlen környezetében, mint előkészítő kiszolgáló laborrészben.

Ez a követelmény valamennyi megoldási javaslattal alapvetés, ebből kiindulva feltétlenül fontos a parapetnél való, akár változó mértékű levegőbevezetés alkalmazása a komfortérzet megzavarása nélkül.

A munkafelületi sebességkorlát lényeges szempont az alkalmazott érzékeny műszerek miatt.



Ebben az esetben a munkazóna 2/3-án a munkafelületi megengedett levegősebesség 0,15-0,23 m/s értékek között tartható. Ezen a területen érzékeny műszer elhelyezése kockázatos.

Amennyiben érzékeny műszer kerül betelepítésre, a munkazóna – külső falsíktól mért 3,5 m távolságon túli, azaz - cca. 2,7 m² területén 0,07-0,12 m/s sebességi zónában elhelyezhető, itt egyenletes frisslevegő bevezetés alakul ki.

Kiadódó légcseréje, mint az 1. változatoknál, de a munkazónában jobb eloszlással (nagyobb a befúvó felület, alacsonyabb az indító sebesség).

### 3/a változat

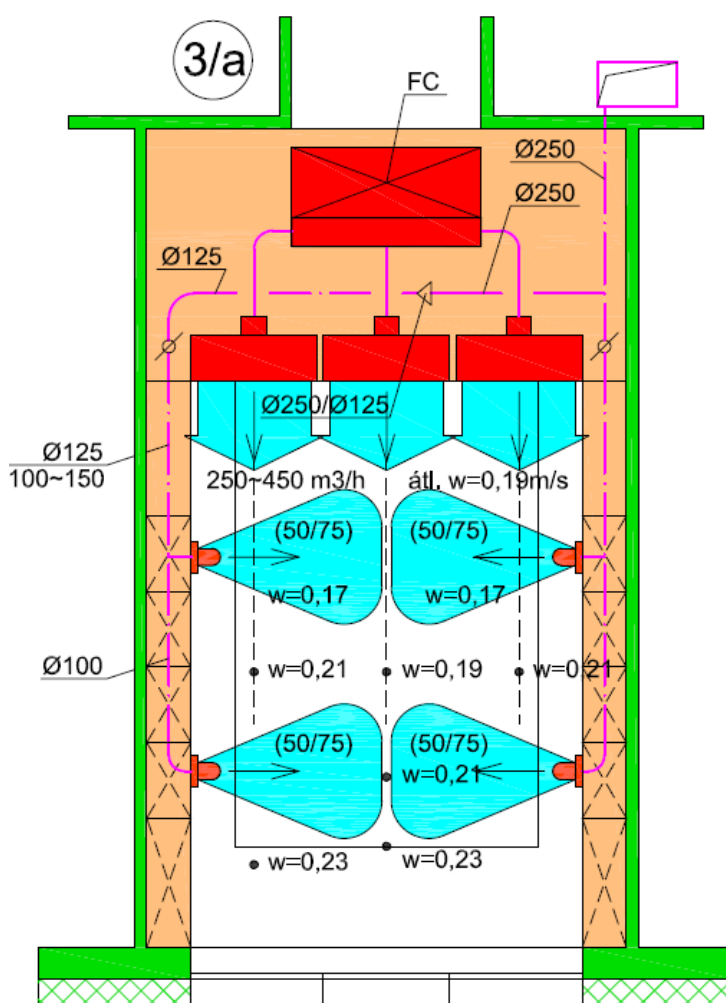
Alapvetésként eldöntöttük, hogy minden változatnál FC-vel elégítjük ki a változó mértékű és nagyságrendű hűtési igényt. (A kérdés csak az, hogy az FC hol van elhelyezve és nyomó oldalán mekkora befúvó felületet tudunk kialakítani.)

A 3/a változat lényegileg hasonló a 2/a változattal, de a munkatérben jobb levegőeloszlást eredményez.

*Az FC kétsöves (csak hűtés), az oldalirányú befűvők központi hűtött/fűtött frisslevegőt szolgáltatnak helyi szabályozással.*

A frisslevegő munkazónába való bevezetése két oldalirányból - tekintve, hogy a bútorozás lehetővé teszi a légcsatornák oldalsó elhelyezését - megoldható.

A munkazónában jobb eloszlás, egyenletes lev. áram érhető el. Másrészt mivel a frisslevegő bevezetés – amely télen csak fűtést kap! – egyenletesen elosztott a helyiség hossz tengelye mentén, a hőmérséklet eloszlás is jobb lesz, mint 2/a., 2/b-nél.



Áramképet lásd 3/b változatnál.

### 3/b változat

*Frisslevegő bevezetés oldalt, a bútorozás felső üres sávjában.*

*Ugyanaz, mint 3/a VF-el (v. más technológiai jellegű) depressziós rendszerrel kapcsolva.*



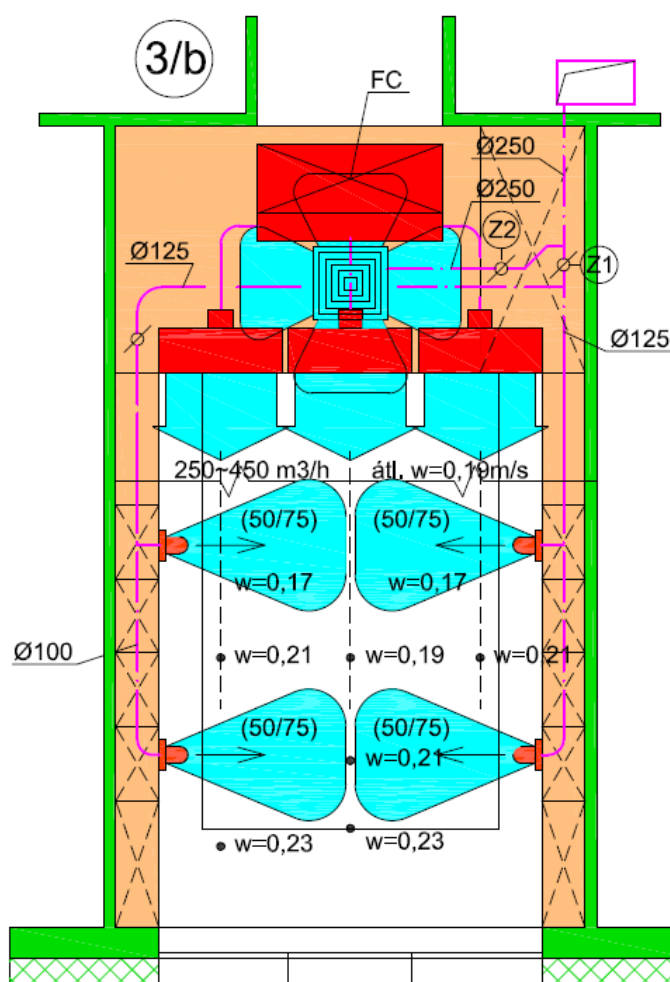
A munkafelület *viszonylag egyenletes sebesség eloszlású*, de a levegősebesség értéke *a munkazóna* (ablaksíktól vett) *2/3 felületén 0,19-0,23 m/s*-ot, *a további 1/3 felületen 0,07-0,19 m/s*-ot eredményez.

Érzékeny műszer, az 1/3 felületben helyezhető el.

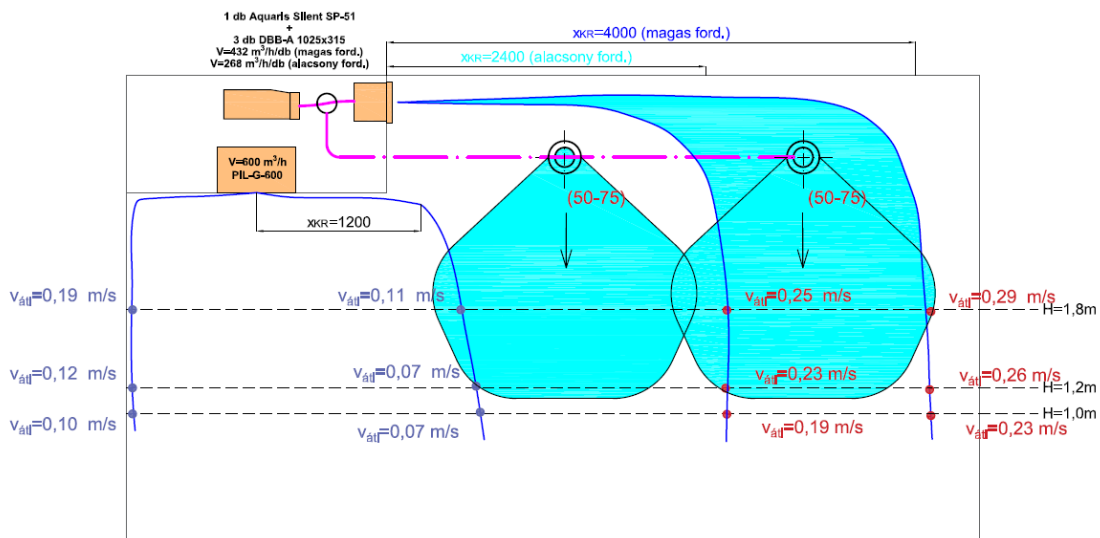
A vizsgált áramkép az oldalirányú bevezetéssel komfortszintet tekintve a munkafelületi zónában kedvezőbb, mint a 2/b változat, de a parapetbe helyezett készülék elmaradása jelen esetben némiképp javítja a munkafelületi viszonyokat.

A megoldás érzékenyebb a komfortérzet szempontjából.

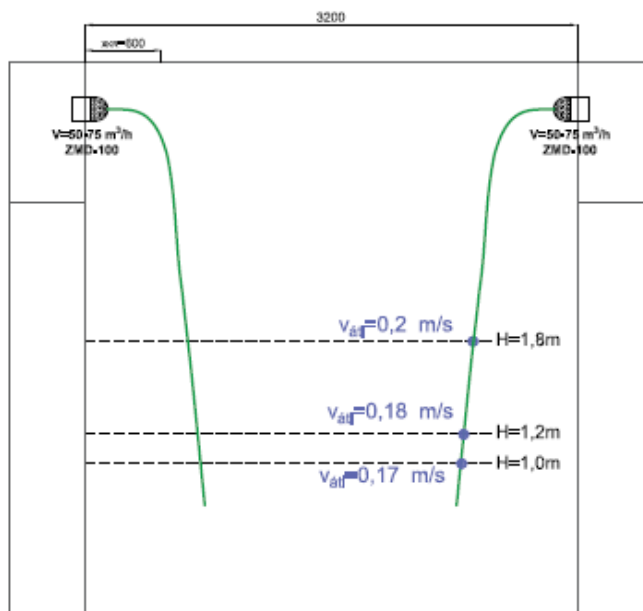
Itt is igaz az a megállapítás, hogy a szerk. temperálás alkalmazásával kedvezőbb eredményt kaphatnánk.



Frisslevegő bevezetés álmennyezet vízszintes feületében épített impulzus befűvőval  
Hűtési/Fűtési teljesítmény bevitel álmennyezetbe épített légcsatornáhozható FC készülékkel, nyomó  
oldalón 3db DBB állítható lamellás befűvőval



Légbevezetés álmennyezeti területen, hosszanti oldalfalon ZMD sgárfűvőkás befűvőval, dt=8°C-s  
hőmérsékletkülönbséget figyelembe véve



#### 4/a változat

Alap fűtés/hűtés, frisslevegő bevezetés indukciós parapet klímakonvektorokkal,  
kétcsöves rendszerben. Labortechnológia változó hőterhelésének kiegyenlítése

kétcsöves (csak hűtés) FC-vel, álmennyezet homloksíkjába helyezett impulzus befűvőkkel. (ábrát lásd alább)

A parapetbe helyezett klímakonvektorok „széthúzzák” a tartózkodási zónát, egyenletesebbé teszik a térbeli áramképet.

A külső térrel határos lehűlő felület mentén történő alulról felfelé áramoltatott levegőbevezetés – igazodva az ablaknál kialakuló természetes lev. mozgáshoz - egyenletes áramoltatást, összehasonlíthatatlanul jobb komfortérzetet eredményez.

A seb. mezők eloszlásában min. eltérések vannak, kiugró magas érték nem alakul ki.

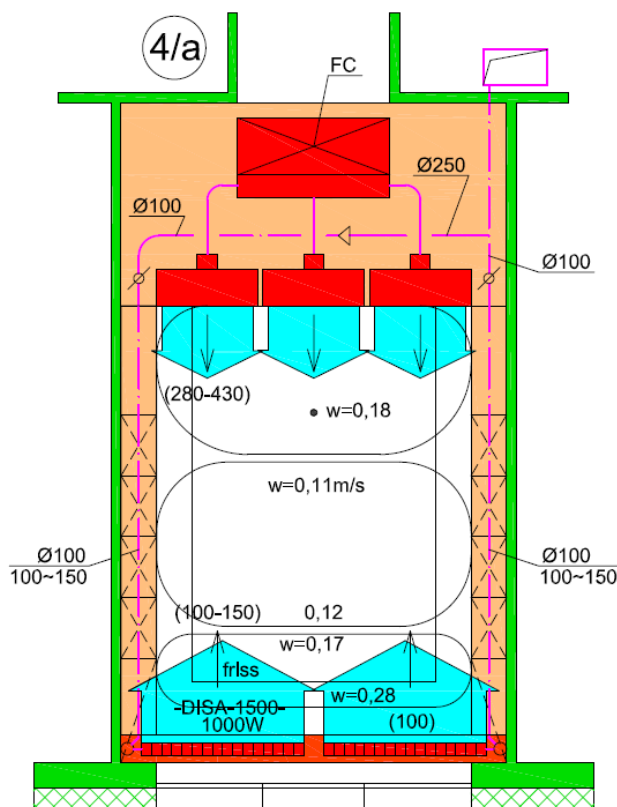
A megoldás az egyik legjobb – legkiterjedtebb területet befogó – levegővezetési módozatot jelenti.

Nemcsak a levegő sebessége egyenletes, de a hőmérsékleteloszlás is kiegyenlített lesz.

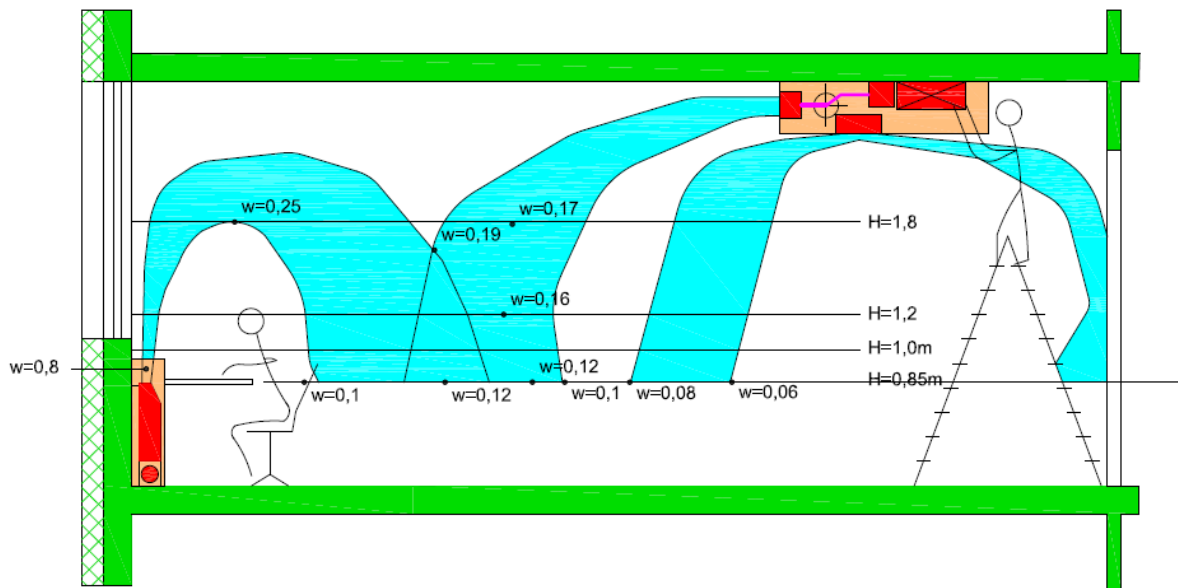
Ez a változat az egyik legkedvezőbb megoldást eredményezi még szerk. temp. nélkül is.

A hőmérsékletmezők eloszlása a munkafelület síkján a lehető legjobb. Minden pontjában  $< 0,15$  m/s.

Ezt az áramképet a VF esetleges beépítése sem rontja komfortérzetre zavaróan.



4/a

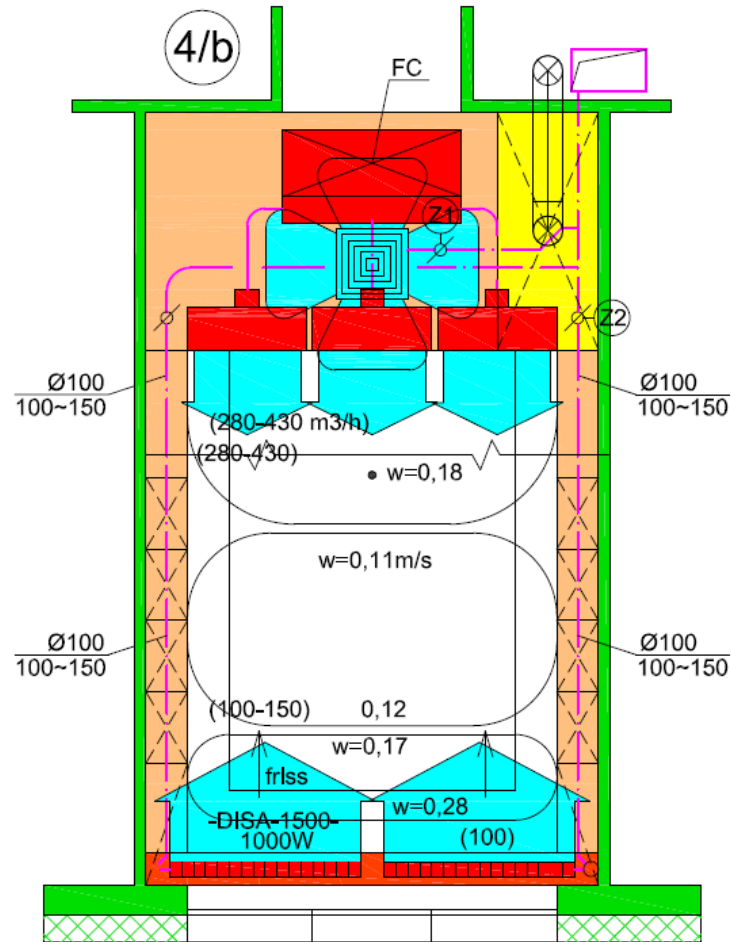


#### 4/b változat

*Ua., mint 4/a változat, de van VF.*

A munkazóna légforgalmát a kialakított megoldás, ill. mennyezeti impulzus befúvó (a VF kiegyenlítő frisslevegő bevitele) nem változtatja meg.

A VF használata közben a térfogatáramszabályozás ugyanúgy, mint a többi változatnál automatikusan igazodik a VF légforgalmához.



*Sebességeloszlás a munkazónában egyenletes, az egész munkafelületen biztosítható az elvárt levegősebesség értékkel (0,07-0,12 m/s) az FC legmagasabb teljesítményénél is.*

Az áramképet lásd 4/a változatnál.

#### *VF működtetéssel kapcsolatos általános megjegyzés*

A vegyifülkék használata 3 módon lehetséges:

- 1.) a VF kikapcsolt állapotban, használaton kívül (cca. munkaidő 1/3-a),
- 2.) a VF-ben kísérleti előkészítő tevékenység folyik, berendezés v. munkafolyamat összeállítása, indítása teljesen nyitott VF ajtó mellett.  
Elszívó légforgalom maximális.  
Munkaidő tartamában cca. 1/4-1/3.
- 3.) VF-ben előkészített folyamat zajlik zárt ajtók mellett, a munkaidő cca. 1/2-1/3 idejében.

Fontos megjegyzés: a VF csukott ajtó melletti üzeme esetén sem zár az ajtó tökéletesen, zárt állapota melletti rés cca. 2 cm. Az ekkor szükséges és állandóan fontos elszívó légforgalom 300-400 m<sup>3</sup>/h.

A munkaidő nagyobb részében a vegyifülke zárt állapotában, de működő elszívó ventilátor esetén is folyamatos frisslevegő pótlást igényel.

A légtechnikai rendszer légforgalmát ehhez kell igazítani!

A vegyifülke üzemi állapotai által meghatározott elszívott légforgalom és a szükséges pótlevegő bevezetés, valamint a labor és folyosó közötti előírt  $\Delta p$  viszony gyors reagálású motoros térfogatáramszabályozó elemekkel alakítható ki.

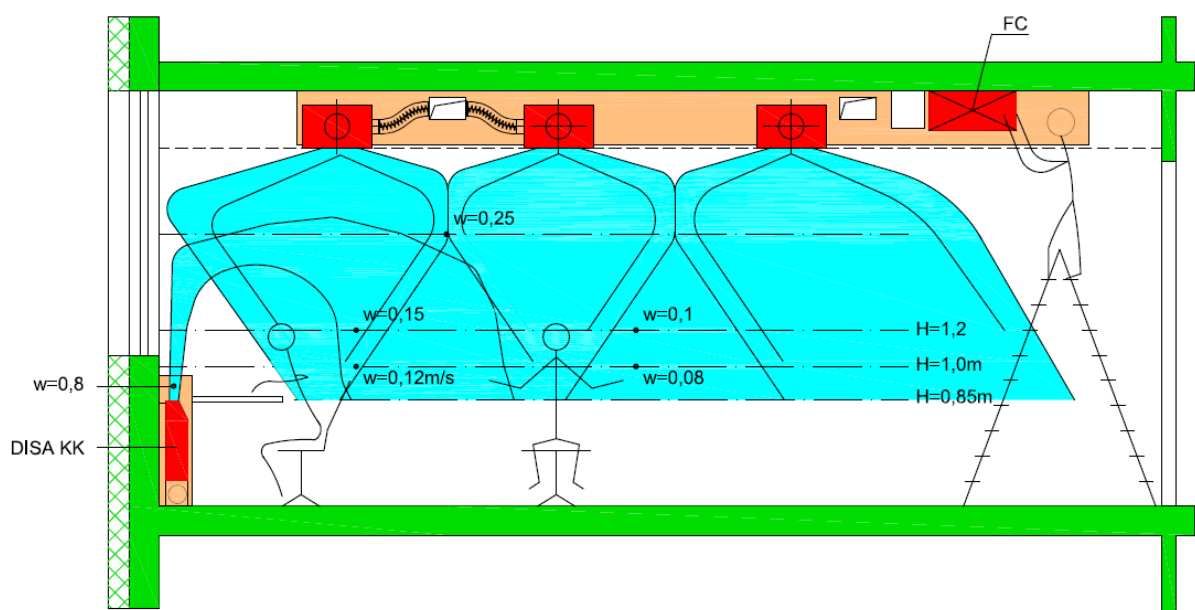
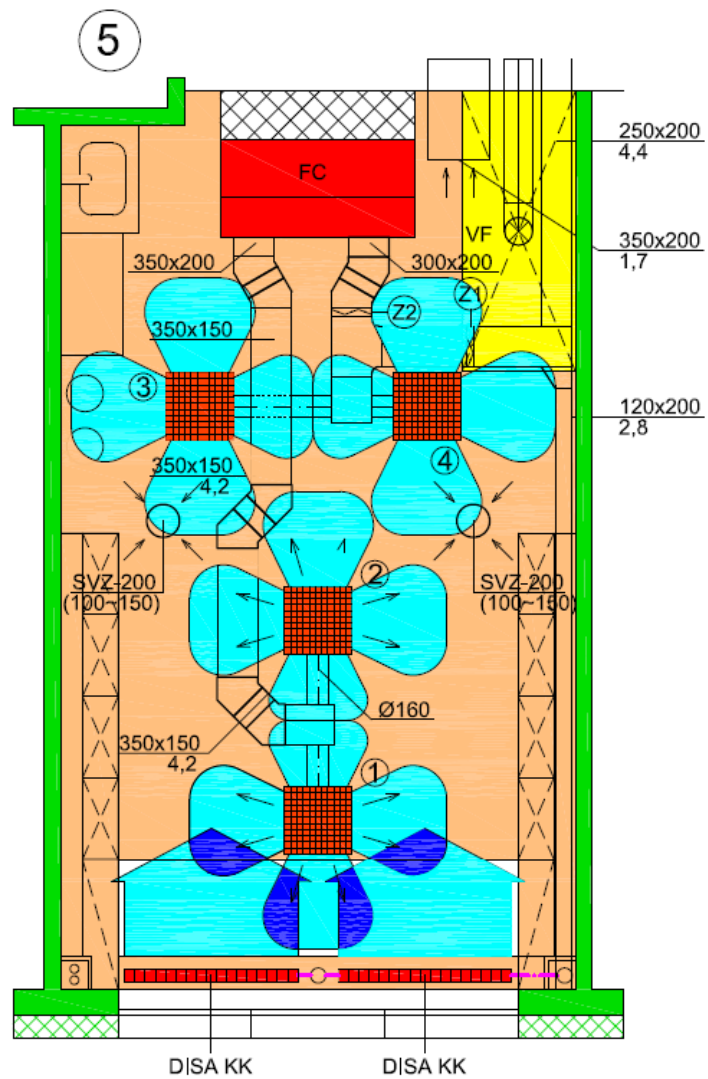
*Az itt bemutatott 1-4 változatok teljes álmennyezet nélküli laborkialakításról szólnak.*

*Álmennyezetes laborkialakítás esetén a megadott tervezési program alapadatainak betartása más légáramoltatási módokkal lehetséges (lásd a továbbiakban 5-6. változatok).*

#### **5/a változat**

*Frisslevegő bevezetés hasonlóan a 4 változathoz parapetben elhelyezett indukciós kétcsöves klímakonvektorokkal, álmennyezetbe telepített csak hűtést végző FC-vel, mennyezeti impulzus befúvókkal.*





Valamennyi változat közül a legegyszerűsebb levegősebesség és hőmérsékleteloszlás alakítható ki az ún. PIL befúvókkal. A megoldás hasonlít a teljes álmennyezetnél alkalmazható, de jóval költségesebb lamináris perforált álmennyezethez. Itt biztosítható a munkafelületi 0,08-0,12 m/s levegősebesség.

Az ábra a VF-s változatot tartalmazza, VF nélküli esetben ugyanez a megoldás váltó motoros zsaluk nélkül.

Az álmennyezetben belüli alaplégcsatorna és gerinclégcsatorna – annak későbbi csatlakoztatási lehetőségét biztosítva – megfelelő mérettel és csatlakozó lehetőséggel készül.

A parapet klímakonvektor szolgáltatja a helyiség alapfűtését v. hűtését kétcsöves rendszerben, a helyiség 200 m<sup>3</sup>/h frisslevegő igényével, ablaksáv előtt alulról felfelé áramoltatott levegővezetéssel, amely állandó értékére tekintettel kedvező hőérzetet biztosít.

A hőmérséklet szabályozás az indukciós konvektorral történik.

Előnye: nem tartalmaz ventilátort, nincs benne levegőszűrő, nem igényel csurgalék elvezetést.

Az álmennyezetbe telepített FC a labor hűtési igényét változó levegőforgalommal elégíti ki külön szabályozással.

A javasolt mennyezeti PIL impulzus befúvók pulzáló légárammal huzatmentes levegő bevezetést biztosítanak.

A kiadódó légcseré ez esetben is változatlan (27x-es, mely a magas hűtési igény belső légtérfogatra vonatkoztatott kielégítéséből adódik), de az eloszlás bármelyik más változathoz képest a legkedvezőbb lesz, komfortérzet szempontjából közelíti a lamináris perforált álmennyezet befúvási áramképét, hőérzeti viszonyait.

## 5/b változat

Ua., mint 5/a. de VF-vel.

Az alaprajzi és áramképi ábrák 5/a változatnál.

A VF működése esetén a 3-as és 4-es jelű PIL mennyezet befúvók váltó zsaluval a VF elszívó ventilátorának teljesítményéhez igazodó módon nyomáskiegyenlítődést biztosító frisslevegő bevezetést végeznek.

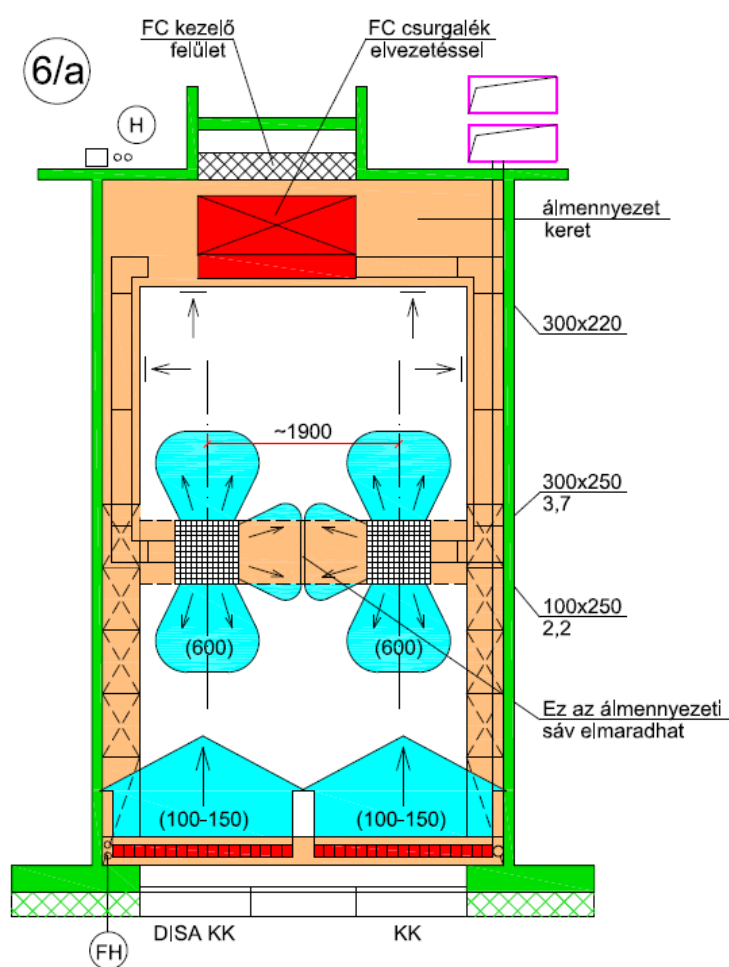
A labor légforgalmában a VF be-, v. kikapcsolása nem okoz változást.

## 6/a változat

*Levegővezetési módoszata ua. mint 5/a., de az álmennyezet nem teljes felületű, hanem részleges, nincs VF.*

A keretes kialakítású álmennyezethez keresztirányban csatlakozó PIL impulzus befűvő a helyiség 6 kW hűtési igényét kielégítő álmennyezeti csak hűtést végző kétcsöves FC-hez kapcsolódik.

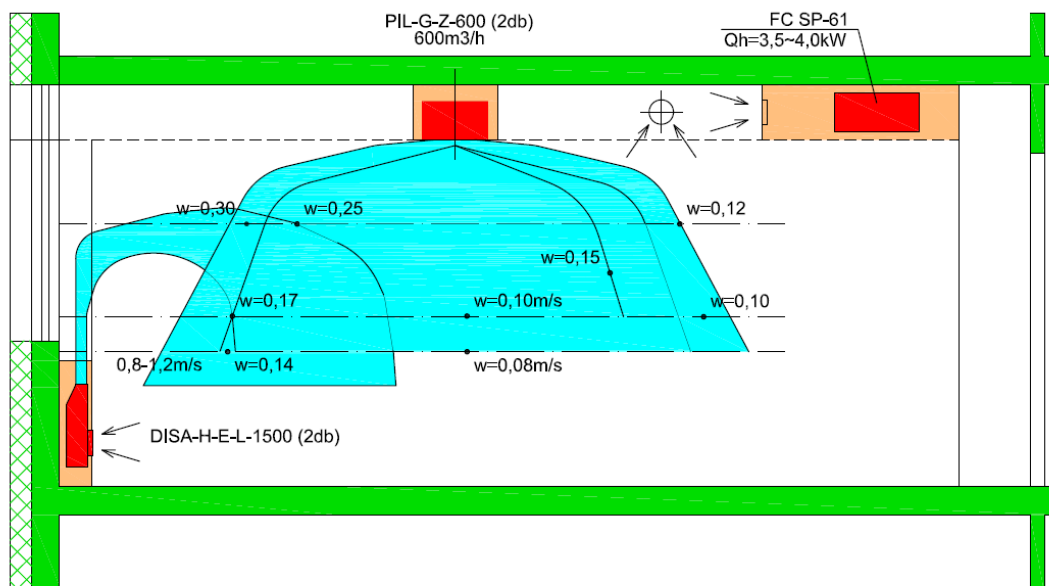
A helyiség alapfűtése és alaphűtése a parapetbe telepített indukciós konvektorral történik, önálló szabályozással.



Ez a megoldás teljes álmennyezet nélküli, de részleges álmennyezeti un. eldobozolással készült. Az üresen hagyott mező a szerk. temperálás alkalmazásával közvetlen hatást biztosíthat, így a kiegészítő parapetindukciós klímakonvektorral együtt teljes komfortot biztosíthat.

A munkafelületi levegősebesség semmiképpen nem lépi túl a megengedett, itt elvárt 0,15 m/s értéket.

(Az ezt követő 6/b ábra egy egyenletesebb eloszlást mutat más kialakítású részleges álmennyezettel.)



A munkafelületen kialakuló egyenletes sebességeloszlás a légsebességet 0,12-0,08 m/s értékek között tartja.

Érzékenyebb műszerek a munkafelület bármely síkján elhelyezhetők.

### 6/b változat

A laborban van VF. A levegővezetési módozat elvi kialakítását tekintve ua., mint 5/b, de un. keretes álmennyezet van min. mértékben.

Levegőáramoltatás közelíti a lamináris álmennyezet előnyeit, hasonlóan az 5/b változathoz.

VF esetén célszerűbb a 4 db mennyezeti befúvó, mert a VF működése esetén a légforgalmi váltás (átkapcsolás) így kedvezőbb.

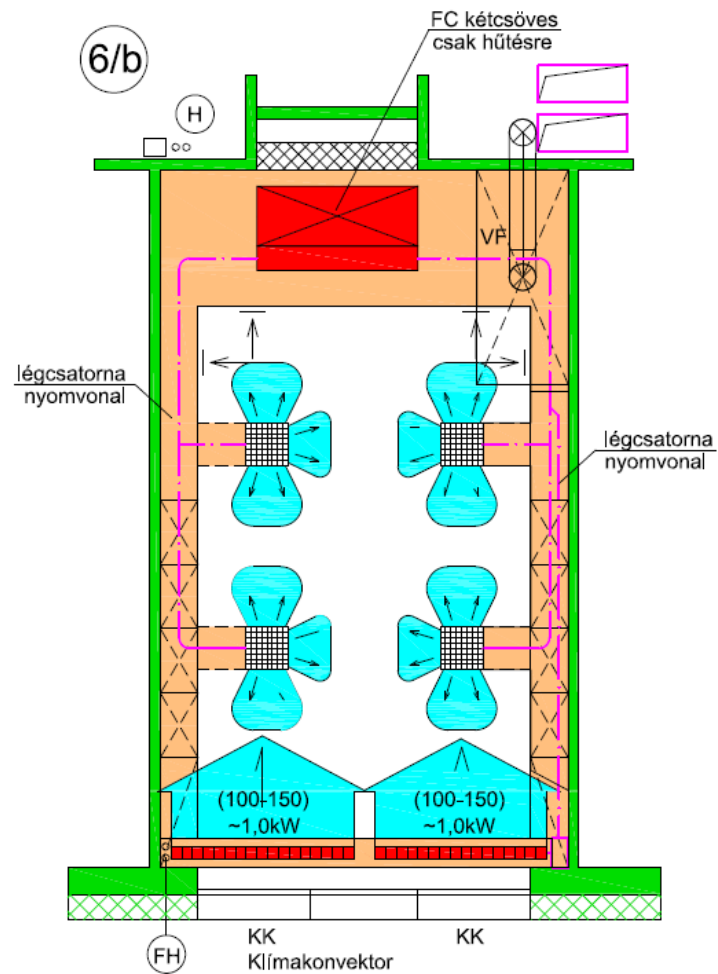
A 6/b változatban optimális megoldás adódik részleges álmennyezeti zónákkal, VF működtetése esetén is.

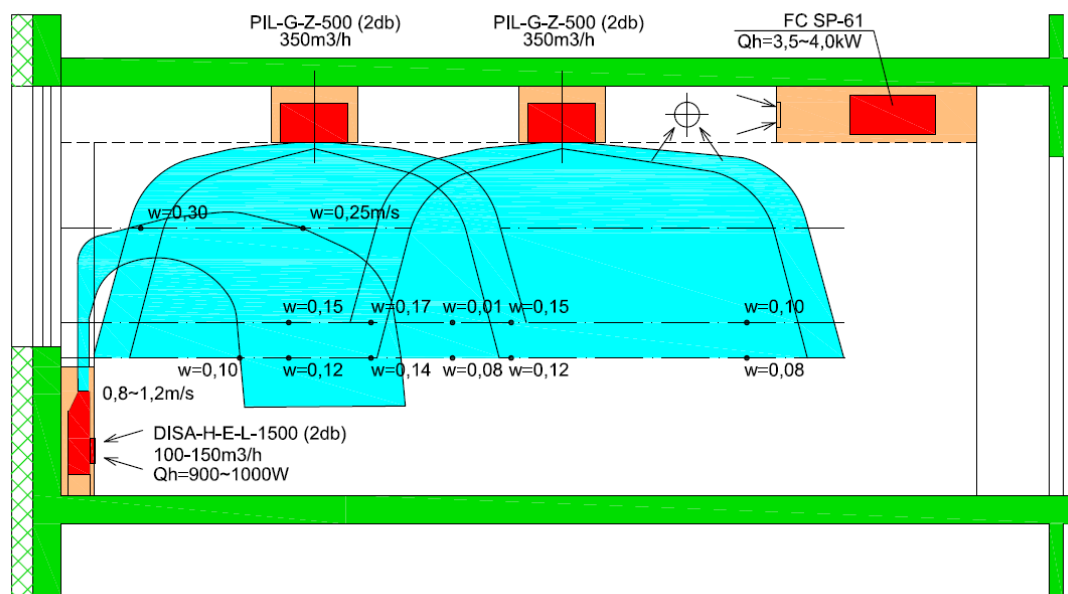
A 4 db mennyezeti befúvó áramképe mintegy ernyőszerű egyenletes, csaknem lamináris levegőáramoltatást eredményez a tartózkodási, ill. munkafelületi zónában kellemes légállapottal.

Ezt a VF légpótlás fokozása sem rontja érezhetően.

Ebben az esetben ugyanis a teljes frisslevegő szükséglet a 4 befúvási ponton egyenletes eloszlással kerül bevezetésre.

E megoldásban a VF bekapcsolásával előálló frisslevegő többlet a befúvó elemek konstrukciójánál fogva nem okoz komfortérzeti „romlást”.





A munkafelületen kialakuló sebességeloszlás a teljes felületen 0,12-0,08 m/s értékek között alakul. Légforgalmi szempontból egyenértékű az 5/b teljes álmennyezeti változattal.

Az 1-6 változatok vizsgálatánál a kapcsolódó hidraulikai rendszerigények alakulása:

- központi frisslevegős szellőztetés (fűtés/hűtés) hidraulikai köre 55/45 °C (v. ennél magasabb) hőmérsékletű fűtővízzel, 7/12 °C hűtőkörrel központi szabályozással.
- az FC-k hidraulikai köre csak hűtésre 7/12 °C hűtőkörrel, központi szabályozással.
- Csurgalékelvezető rendszer szükséges.
- parapet klímakonvektorok kétsöves rendszerben fűtés v. hűtés funkcióval, 55/49 °C központi szabályozású fűtővízzel, 16/21 °C központi szabályozású hűtővízzel.
- A klímakonvektorok vízszintes elrendezésű csőhálózattal készülnek TICHELLMANN rendszerben. Egy felszálló egységhez tartozó klímakonvektorok száma (1 kW/db, 5-6 helyiségben) 10-12 db. Ahhoz, hogy a vízszintes csőméret < NA40 legyen, (ha húzott acélcső szerelési technológia készül), e fölötti méreteknél az idomelemek ára rendkívül magas, ezért kerülni célszerű ennél nagyobb csőméretet.
- Teljesítményszabályozás termoszelepekkel, helyiség hőmérsékletéről.
- Csurgalékelvezető rendszert nem igényel.



Az épület 1-6 légtechnikai változatainál figyelembe vett hidraulikai rendszerek:

- 1-3 változatoknál légtechnika és FC rendszer,
- 4-6 változatoknál légtechnika, FC és klímakonvektor rendszer.

*A laborok flexibilitása, az egymástól jelentősen eltérő igények kielégítése, a technológia kiszolgálása, nem utolsósorban a kutató személyzet komfortérzetének biztosítása, a rendszerek finom szabályozása, összehangolása a 4-6 változatoknál javasolt megoldások valamelyikével célszerű.*

*A vizsgált változatok előzetes költségelemzését elvégeztük a befűvőszerkezetekre, az FC-kre és a klímakonvektorokra, továbbá az üzemeltetési költségvizsgálatot is.*

*Az előzetes költségvizsgálatból megállapítható, hogy a 4., 5., 6. változatok, melyek komfortszinten és a technológiai hűtés Megbízói igényének megkívánt légsebességének való kielégítésében megfelelőek, cca. 15-22%-kal magasabb beruházási költséget jelentenek.*

*Ugyanakkor megfelelnek a flexibilitást is szolgáló elvárásoknak.*

#### **Összefoglalás:**

- A laborok megkívánt flexibilitása úgy a hűtési igényszintben, mint különböző speciális labortechnikai berendezések csatlakoztatási feltételeinek biztosításában alapvetés.
- A tervezési adatként kapott 3-6 kW/labor hőterhelés kielégítését – az egyéb áramlástechnikai feltételek betartása mellett – a vizsgált változatok 4-6 elemeivel mutattuk be.

**További együttes elemzést igényel a hűtési teljesítmény 6 kW+transzmissziós hőterhelés mértékének meghatározása, véglegesítése (tekintettel a rendhagyóan magas követelményértékekre).**

- A laborok berendezéseinek térfoglalását is figyelembe véve **1-1 labor légtérfogata 60-70 m<sup>3</sup>** (bútorozás és berendezések nélkül 90-95 m<sup>3</sup>).

**A megadott hőterhelés FC-kel való kielégítése** az FC-n átáramló helyiséglevegő visszaforgatásával történhet. Ez a számított „nettó” légtérfogatra vetítve **27x-es légcserét eredményez. Ez pedig csak úgy elégíthető ki, ha a beszívó és kifúvó keresztmetszeteket oly mértékben növeljük meg, hogy ez huzatérzet nélkül megtörténhessen.**

**Ekkora légforgalom** a teljes mennyezet **lamináris álmennyezetként való kialakítását igényelné.**

A javasolt **5. sz. megoldás** egyébként **közelíti** a lamináris álmennyezetet.

- A tervezés kezdetén ajánlott szerk. temperálást Megrendelő mellőzni kívánta. Kifejezett kérés volt az FC-k szinte teljes körű alkalmazása.

*A vizsgált **változatokkal elérhető lett** az, **hogy** a komfortszintet messze meghaladó mértékű technológiai elvárásból adódó **hűtési igénynövekedés** levegőbevezetés, áramoltatás szempontjából – nem beszélve a munkafelületi levegősebesség korlátokról – **megfelelő legyen**.*

- *A kezelt **terek** belső **komfortját** jelentősen **fokozta volna**, ill. az aktív**hűtőrendszerek teljesítményét** jelentősen **csökkentette volna a szerk. temperálás** alkalmazása.*

*Ezzel **laboronként** 1,6-1,8 kW állandó bevitt hűtőtelijsítmény **a max. hűtési igényt** ( $\geq 6$  kW) **4,2-4,4 kW-ra csökkentette volna**.*

***Ez az alkalmazás pedig a parapet klímakonvektor kombinációval egy energiatakarékos, rugalmas üzemvitelű, könnyen szabályozható, munkafelületeken optimális áramlási sebességet eredményező megoldás lehetett volna.***

*A tervezés további célszerű menete:*

- Az előzőekben részletezett elemző vizsgálat eredményeinek koncepciószintű meghatározásával Megbízói egyeztetés a választott megoldásról.
- További vizsgálattal kiegészítve a légtechnikai rendszerek nyomásszintjeinek, térfogatáram módozatainak meghatározása.

Jelen esetben változó térfogatáramú rendszer készül – tekintettel a nagyszámú és csak időszakosan működő technológiai berendezések (vegyifűlkék stb.) szükség szerinti nyomás- és térfogatáram szintentartásával.

A laborokban a komfortszintű frisslevegőellátás állandó térfogatáramot, a technológiai berendezések hatása pedig változó térfogatáramot igényel. Így módon a rendszerek változó térfogatáramú komplex kialakításúak.

- Légtechnikai, hűtéstechnikai dokumentáció elkészítése MMK Tervtartalmi Követelmények szerint.

## A sorozat keretében eddig megjelent kiadványok

### 2017.

1. NÉMETH András, MILÁVECZ Richárd Iparban használatos vízminőségek
2. DR. SZILÁGYI Zsombor, DR. SZUNYOG István Mérések a gáziparban
3. DR. BARNÁ Lajos, EÖRDÖGHÉ DR. MIKLÓS Mária, DR. SZÁNTÓ Zoltán, DR. BALLA József A biztonságos ivóvízellátás megteremtésének tervezési eszközei
4. BORBÁS Lajos Dr. Felépítés elvű (additív) gyártástechnológiák a gépészetben
5. BERENCSI Miklós, BEREZKY Ákos, HORVÁTH László, KOVÁCS Gergely, MIHÁLFFY Krisztina Kerékpárosbarát közlekedéstervezés
6. TUDÓSS Tibor, DR. VARJÚ György, DR. PETRI Kornél, GÁBOR András A csillagpontkezelés legújabb külföldi és hazai eredményei (Útmutató és tervezési segédlet)
7. DR. GARBAI László, DR. JASPER Andor, VÁRADI András Fűtési és használati melegvíz-igények kockázati elvű méretezése példákkal
8. KÁDI Ottó, DOHÁNY Máté, JÓZSA Bálint, LÁSZLÓ Csaba Tibor, JAKKEL Ottó A közúti vasutak (villamos) tervezésével kapcsolatos kézikönyv

### 2018.

9. BLAZSOVSZKY László A gázfogyasztó készülékek égéstermék elvezetésével kapcsolatos szabályozások hiányosságai és ellentmondásai
10. CSORDÁS Szilveszter, FORGÁCS Lajos Dr., PÓLYA Endre ifj., RÉV Zoltán, UDVARDY Péter Orvostechnológiai továbbképzés ismeretanyaga
11. NÁDASDY Tamás, EGYHÁZY Zita, KOVÁCS Ákos Sándor, SZECSŐ Dániel Géza A közúti biztonsági audit (KBA) jelentések elkészítésének alkalmazási segédlete – A közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről szóló jogszabályhoz és utügyi műszaki előíráshoz kapcsolódó értelmezési, kidolgozási és elfogadtatási javaslatrendszer
12. DR. SZILÁGYI Zsombor, HORÁNSZKY Beáta Földgáz kereskedelem (mérnöki segédlet)
13. DR. SZILÁGYI Zsombor Az energiahordozók jövője – kőolaj, földgáz, megújulók
14. S. VÍGH Judit, DOHÁNY Máté Magános közlekedők baleseti súlyosságának csökkentése mobil applikáció segítségével
15. DR. BALIKÓ Sándor, DR. CSÚRÓK Tibor, NOVÁK Dániel, ORBÁN Tibor, DR. ZSEBIK Albin Ötletlapok I. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai
16. DARABOS Zoltán, KOLTAI Henrik, SZABÓ Tamás, SZÁSZ Béla, VAJDA Sándor Felvonók felújítása és átalakítása – Műszaki segédlet
17. TUDÓSS Tibor, KRUPPA Attila Alapozásföldelők új tervezési elvei és kivitelezési módszerei – Tervezési segédlet és kivitelezési útmutató

- |     |  |   |
|-----|--|---|
| 18. | FENYVESI Zsolt   | Tűzvédelmi tervek tartalmi szabályainak átdolgozása   |
| 19. | GÁBORI László Dr., BEINSCHRÓTH József Dr., NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás                         | Nagyméretű informatikai beruházásoknál (fejlesztéseknél) ajánlott szoftveroldali tervdokumentációk tartalmi elemeinek meghatározása (I. – II. kötet)                              |
| 20. | DR. DIVÓS Ferenc   | Az élő fák stabilitása – mérnöki megközelítés – Élő fák, mint teherhordó faszerkezetek  |
| 21. | DR. KARÁCSONYI Zsolt   | Faanyagok tartós szilárdsága  |
| 22. | BARNA Lajos Dr., ERDEI István, JASPER Andor Dr., TAKÁCS Gyula                                  | Segédlet épületek csatorna-berendezéseinek tervezéséhez   |
| 23. | ANTÓK Péter István, FÜZÉR Ferenc, SÁRKÖZI András   | Fényvezető kábelszakaszok műszaki-minőségi ajánlás gyűjteménye  |
| 24. | JANCSÓ Béla, DR. KULCSÁR Alexandra, NÉMETH Gábor, DR. VÍMI Zoltán, DÉRI Lajos, SZIMANDEL Dezső | Vízjogi engedélyezési eljárással kapcsolatos dokumentációk és engedélyeztetéssel kapcsolatos követelmények a 2018.01.01-én hatályba lépett 41/2017. (XII.29.) BM rendelet alapján |
| 25. | DR. TAKÁCS Bence, DR. SIKI Zoltán, DR. ÉGETŐ Csaba, BÉNYI László                               | Mérnökgeodéziában alkalmazott alapponthálózatok – A jó gyakorlat bemutatása mintapéldákkal  |
| 26. | DR. MÓCZÁR Balázs, LAUFER Imre, MANNINGER Marcel, SZEPESHÁZI Attila, TÓTH Gergő, WOLF Ákos     | Korszerű támszerkezetek tervezése   |