

SZAKDOLGOZAT

IRODAÉPÜLET LÉGTECHNIKAI RENDSZERÉNEK TERVEZÉSE

Készítette: Nagy Ármin

Gépészmérnöki BSc szakos hallgató

Debrecen

2024

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	II
1 A szakdolgozatom célja	1
2 Épület bemutatása	2
2.1 Irodaépület szerkezetei	3
2.2 Irodaépület helyiségeinek kiosztása és funkciói és jellemző strangok	4
3 Szakirodalmi áttekintés	6
3.1 Irodaépületek típusai	6
3.1.1 Irodaépületek besorolása.....	6
3.1.2 Irodaépületek zöld minősítése	8
3.2 Belső levegő minősége	9
3.2.1 Belsőlevegő-minőség minősítése.....	10
3.2.2 Beteg épületek „Sick Building Syndrom”	10
3.3 Helyiségek relatív páratartalma	11
3.4 Helyiségek akusztika komfortja	11
3.4.1 Követelmények értelmezési kerete	12
3.4.2 Irodai rendeltetés	14
3.5 Légtechnikai rendszerek elemei	15
3.5.1 Légszűrők	16
3.5.2 Hővisszanyerők.....	16
3.5.3 Ventilátorok	18
3.5.4 Kaloriferek és felületi hűtők	18
3.5.5 Légnedvesítők.....	19
3.5.6 Hangcsillapítók	20
3.5.7 Légcsatornák.....	20
3.6 Légvezetési rendszerek	21
3.6.1 Eláraztásos légvezetési rendszer	22
3.6.2 Sugár légvezetési rendszerek	23
3.6.3 Érintőleges légvezetési rendszerek	23
3.6.4 Diffúz légvezetési rendszerek.....	24
3.6.5 Mikroklíma légvezetési rendszerek	26
3.6.6 Kiszorításos vagy dugattyúhatás-szerű LVR.....	26

4	Irodaépület légtechnikai tervezés	28
4.1	Friss levegő igény meghatározása	28
4.1.1	Szükséges szellőző levegő térfogatáram a komfortérzet alapján.....	29
4.1.2	Iránytényező meghatározása.....	30
4.2	Az irodaépület légvezetési rendszerének meghatározása	32
4.2.1	Archimedesi szám meghatározása az épületre vonatkozóan	32
4.2.2	Anemosztátok kiválasztása	33
4.2.3	Huzatkritérium ellenőrzése	35
4.3	Légtechnikai rendszerelemek	35
4.3.1	Légcsatorna hálózat hidraulikai méretezése	35
4.3.2	Hangcsillapítás.....	37
4.3.3	Tűzvédelem.....	37
4.3.4	Légmennyiség szabályzóelemek.....	39
4.3.5	Légkezelő méretezés.....	40
4.3.6	Légkezelő kiválasztása	42
4.4	Műszaki leírás	42
5	Konklúzió	44
	Irodalomjegyzék	45
	Mellékletek	1

1 A szakdolgozatom célja

A komfort- és ipari légtechnikai rendszerek fontos szerepet töltenek be, mivel segítségükkel az épületek helyiségeiben olyan légállapotot biztosítanak, amely hozzájárul a bent tartózkodók kényelmes hőérzetéhez, illetve a telepített technológiák zavartalan működéséhez. Jelentőségüket jól mutatja az az adat, amely szerint az Európai Unió energiaigényének mintegy negyede az épületek légtechnikájához kapcsolódik. Ennek következtében napjainkban nagyobb figyelmet kap az, hogy egy felújítandó, vagy új légtechnikai rendszer elemei energiatakarékoson legyenek megtervezése és üzemeltetve. Ezek a légtechnikai rendszer elemek a szellőző gépházak, a légcsatorna-hálózatok, valamint a szellőztetett vagy kiszolgált terek. A légtechnikai rendszerek fejlődésével a rendszerek által támasztott követelmények folyamatosan emelkednek, így a légcsatorna-hálózatokkal szemben is egyre szigorúbb követelmények jelennek meg.

A munkám első felében bemutatom az irodaépületek besorolására használt jelöléseket, és a zöld minősítésekre vonatkozó szempontrendszereket, valamint a belső levegő minőségét és a komforttényezők követelményeit. Többek között a mesterséges szellőztetés témáját járom körül, különös figyelmet fordítva az irodaépületekre vonatkozó szempontokra.

Dolgozatomban egy budapesti belvárosi irodaház felújításán keresztül mutatom be a szellőztetési rendszer tervezését, különös figyelmet fordítva a rendszer szabályozhatóságára és az akusztikai megfelelésre. Meghatározom az épület friss levegő igényét az MSZ CR 1752 szabvány alapján. Elvégeztem a számításokat az iroda nedvességterhelésére vonatkozóan, majd a belső légállapot tekintetében. Kiválasztom az iroda légvezetési rendszerét és a megfelelő anemosztátokat és rácsokat, majd ellenőrzöm a rendszert huzatkritérium szempontjából. Kiszámolom mind a befűvő, mind az elszívó oldalon az eredő nyomáskeresőt. Végül a légkezelő berendezés kiválasztását és méretezését készítem el az imént leírt méretezési alapadatok tükrében. A tervezés során figyelembe vettem a rendelkezésre álló helyet, illetve az irodai rendeltetésből adódó szabályozhatósági határokat. A kivitelezés során elengedhetetlen volt a folyamatos együttműködés az építészeti, illetve belsőépítészeti tervező kollégákkal, hogy az esetlegesen felmerülő kérdéseket és módosításokat megvitassuk.

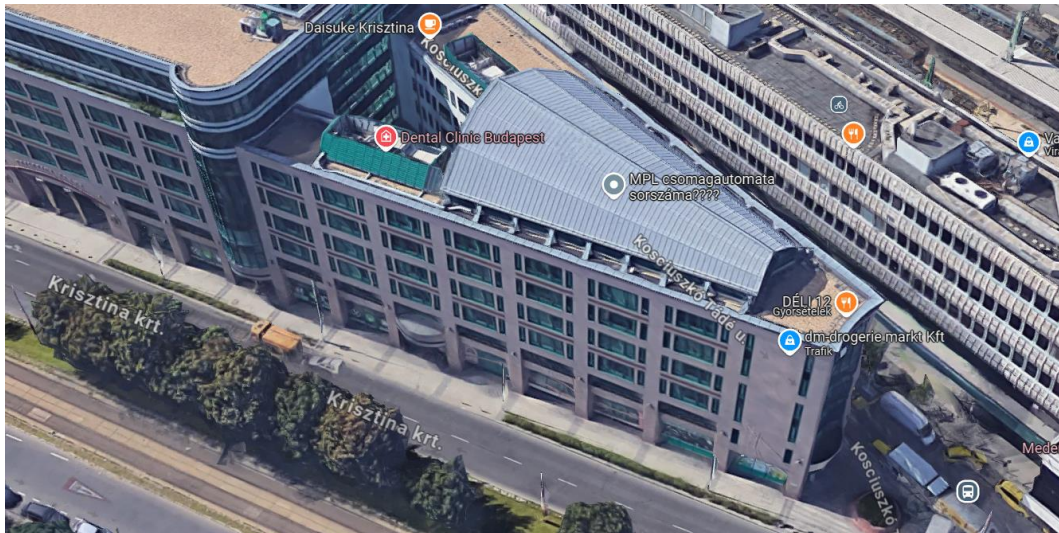
2 **Épület bemutatása**

2001-ben épült a Krisztina Pláza névre keresztelt irodakomplexum, Budapesten az I. kerületben található, a Déli pályaudvar mellett, a Krisztina körút 39. szám alatt. Elhelyezkedésének köszönhetően az irodaépület könnyen elérhető Pest felől a Lánchíd felől, vidék felől akár tömegközlekedéssel a pályaudvarra érkező vonatokkal, vagy akár autóval az M1 és az M7 autópálya felől.



1. csatolt kép: Krisztina Pláza irodaépület az utcáról [16]

Két egybefüggő épületrészből áll, egy A és egy B szárny, mely két pinceszintből, ahol teremgarázs, raktárak és gépészeti helyiségek helyezkednek el, földszintből és hét, illetve hat emeletből áll, ahol a bérelhető területek találhatóak. A tervezési feladatunk a B szárny a rekonstrukciója volt. A földszint és az első emelet nem része a tervezési feladatnak, mert a közelmúltban megtörtént a teljeskörű felújításuk. A tervezés során ezeken a területekre a meglévő légtechnikai rendszer által biztosított légmennyiségekkel számoltam.



2. csatolt kép: Krisztina Pláza irodaépület B szárny madártávlatból [17]

Az alig több, mint 20 éve épült irodaépületben esedékessé vált a megváltozott trendek, a munkakörnyezet korszerűsítése és a szabályozási megfelelés elérése. Ennek érdekében nem csak egy fit-out, hanem egy teljeskörű gépészeti és belsőépítészeti felújítás kezdődött el. Ez az elavult cellás belső terek átalakításával járt, és modern nagyobb egybefüggő, nyitott irodaterületek, egyéni irodahelyiségek, illetve tárgyalótermek, teakonyhák és férfi-női mellékhelyiségek lettek tervezve. Minden szinten az adott szintet ellátó szerverhelyiségek is helyet kaptak. A tervezési terület összesen 3800 m^2 , a belmagasság az irodahelyiségekben, teakonyhákban és a tárgyalókban $2,73 \text{ m}$, a közlekedőkben, illetve a kiszolgáló helyiségekben $2,4 \text{ m}$. Az épületben 800 ember munkalehetősége biztosítható.

2.1 Irodaépület szerkezetei

- Pincefödém

A korra jellemző technológia alapján a pincefödém vasbetonból készült, szigetelés nélkül 30 cm vastagságban. A Pincefödém hőátbocsájtási tényezője: $U_r = 1,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ (szerkezet U értéke tartalmazza a korrekciós tényezőt)

- Külső fal

A külső falak tekintetében tekintettel arra, hogy jellemzően hatalmas üvegfelületek jellemzik az épületet, így statikai szempontból kizárólag vasbeton határoló szerkezetek jellemzik az épületet. A külső fal hőátbocsájtási tényezője: $U_r = 2,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ (szerkezet U értéke tartalmazza a korrekciós tényezőt)

- Nyílászárók

A nyílászárók alumínium keretezéssel, alumínium távtartó és kétrétegű üvegezéssel kerültek beépítésre. A nyílászárók hőátbocsátási tényezője: $U_r=2,84 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Belső födémek

A pincefödémhez hasonlóan, szigetelés nélkül kerültek kialakításra vasbetonból 30cm vastagságban és rá egy 5cm felbeton érkezett. A födém rétegtrendjéhez tartozik a födémre alulról érkező álmennyezeti tér, mely helyiség függvényében 30 cm, de akár 100 cm magasságú is lehet, alulról monolit vagy kazettás gipszkarton szerkezettel. A belső födémek hőátbocsátási tényezője: $U_r=1,85 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Lapostető

A lapostető rétegtrendje hasonlóan a többi vízszintes rétegtrendhez vasbetonból készült, 30cm-es vastagságban, azonban erre érkezik felülről egy drain lemez és 30cm kavicsfeltöltés jön. A lapostető hőátbocsátási tényezője: $U_r=1,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ (szerkezet U értéke tartalmazza a korrekciós tényezőt)

Elvégeztem az irodaépület hőtechnikai számítását és az így kapott eredmények a következőképpen alakultak:

1. táblázat: hőtechnikai számítások eredményei (winwatt gólya programmal) - saját szerkesztés

Megnevezés	Q_t [kW]	Q_{ny} [kW]
Földszint B	7	8
1.emelet B	65	77
2.emelet B	54	57
3.emelet B	47	64
4.emelet B	53	88
5.emelet B	68	83
6.emelet B	43	38
Egész Épület	337	412

2.2 Irodaépület helyiségeinek kiosztása és funkciói és jellemző strangok

A helyiségek bemutatására egy jellemző szintet veszek alapul, ami az 5. emelet. Egy általános szinten jellemző helyiségek: tárgyaló, személyi iroda, open office (nyílt irodater), várótér, teakonyha, takarító szertár, férfi és női WC, szerverszoba.

Az alábbi ábrán számozva jelöltem a strangokat. Az 1-es strangban és a 3-as strangban találhatóak a gerincvezetékek, melyek az B szárny vizesblokkjainak elszívásos szellőztetését

látják el. A 2-es strangban pedig a B szárny komfortszellőzését ellátó gerincvezetékek helyezkednek el.



1. ábra: Krisztina Pláza irodaház gépészeti strangjai 5.emeleti B alaprajz [18] alapján saját készítés

3 Szakirodalmi áttekintés

3.1 Irodaépületek típusai

Magyarország ingatlanpiaca az elmúlt években jelentős fejlődésen ment keresztül, különösen az irodaépületek szektorában. A modern üzleti környezet fejlődése és a gazdasági növekedés következtében egyre több irodaépület épült és működik az országban. Az irodaépületek kategorizálása segít megérteni a piaci keresletet és kínálatot, valamint a vállalkozások igényeihez igazított épületek típusait.

3.1.1 Irodaépületek besorolása

Az irodaépületek besorolása épületgépészeti szempontból fontos tényező, hiszen az épület komfortja, energiahatékonysága és fenntarthatósága nagyban függ az épületgépészeti rendszerek minőségétől és korszerűségétől. Az épületgépészeti megoldások határozzák meg az épületek fűtési, hűtési, szellőztetési és vízellátási rendszereit, amelyek mind hozzájárulnak az épület besorolásához és a bérlők komfortérzetéhez. Az MSZ CR 1752 szabvány rendelkezik az adott kategóriákhoz tartozó tervezési adatokról.

Az A kategóriás irodaházak a legmagasabb színvonalú épületek, így az épületgépészeti rendszereik is a legmodernebbek és leghatékonyabbak. Néhány jellemzője:

- Hűtési-fűtési rendszerek: Magas hatékonyságú, rendszerint geotermikus vagy hőszivattyús rendszerekkel ellátott hűtés-fűtés, amelyek energiahatékonyak és fenntarthatóak. Ezek a rendszerek precíz hőmérséklet-szabályozást biztosítanak a bérlők számára. A szabvány alapján az „A” kategóriás irodaépületnek az operatív hőmérséklete nyáron $24,5 \pm 0,5$ °C, télen pedig $22,0 \pm 1,0$ °C.
- Szellőztetés és légkondicionálás: Korszerű szellőztető rendszerek, amelyek biztosítják a friss levegőt, hővisszanyerős megoldásokkal a hatékonyság maximalizálása érdekében. Az automatikus szellőztetési és légcserélő rendszerek megfelelő beltéri levegőminőséget biztosítanak.
- Intelligens épületfelügyeleti rendszerek (BMS): Az „A” kategóriás épületekben gyakran alkalmaznak épületfelügyeleti rendszereket (Building Management Systems – BMS), amelyek automatizálják és optimalizálják a hűtést, fűtést, világítást és szellőztetést. Ez nem csak a kényelmet növeli, hanem energiahatékonyságot is biztosít.

A B kategóriás irodaházak épületgépészeti rendszerei általában kevésbé korszerűek, mint az A kategóriás épületeké, de még mindig képesek megfelelő kényelmet és energiahatékonyságot biztosítani.

- Fűtési és hűtési rendszerek: Kevésbé energiahatékony rendszerek, amelyek gyakran hagyományos fűtő- és hűtőberendezésekkel működnek (pl. gázkazánok, központi légkondicionáló rendszerek). A szabvány alapján az „B” kategóriás irodaépületnek az operatív hőmérséklete nyáron $24,5 \pm 1,5$ °C, télen pedig $22,0 \pm 2,0$ °C.
- Szellőzés: A szellőztetési rendszerek gyakran egyszerűbbek, kevesebb automatizálást és energia-visszanyerést tartalmaznak, bár a modernizált „B” kategóriás épületek már tartalmazhatnak energiatakarékos megoldásokat.
- Épületfelügyelet: Kevésbé komplex vagy nem teljesen integrált épületfelügyeleti rendszerek, amelyek manuális beállításokat és ellenőrzést igényelnek. Az energiahatékonyság itt alacsonyabb szintű lehet, de megfelelő karbantartással még mindig jó teljesítményt nyújt.
- Energhiahatékonyság: „B” kategóriás épületek esetén az energiahatékonyság általában alacsonyabb, és a zöld minősítések ritkábbak, bár nem lehetetlenek.

A C kategóriás irodaházak épületgépészeti szempontból jellemzően a legalacsonyabb szintet képviselik, gyakran elavult rendszerekkel, amelyek alacsony hatékonyságúak és kevesebb kényelmet biztosítanak a bérlők számára.

- Elavult fűtési és hűtési rendszerek: Gyakran régi gázkazánokkal és kevésbé hatékony hűtési megoldásokkal rendelkeznek. Az épület esetleges korszerűsítése növelheti a hatékonyságot, de gyakran magas költségekkel járhat. A szabvány alapján az „C” kategóriás irodaépületnek az operatív hőmérséklete nyáron $24,5 \pm 2,5$ °C, télen pedig $22,0 \pm 3,0$ °C.
- Szellőztetés: Egyszerű, alap szellőztető rendszerek, sok esetben csak természetes szellőzéssel, amely nem biztosít megfelelő beltéri levegőminőséget.
- Épületfelügyeleti rendszerek hiánya: Az ilyen épületek általában nem rendelkeznek integrált épületfelügyeleti rendszerekkel, így a rendszerek manuálisan szabályozottak, ami rontja a hatékonyságot és a komfortot.
- Alacsony energiahatékonyság: Az elavult rendszerek miatt ezek az épületek kevésbé energiahatékonyak, és jelentős költségekkel járhat az üzemeltetésük. Fenntarthatósági szempontból nem érik el a modern elvárásokat.

A budapesti irodaépület esetében a „B” kategória elérése kötelező volt. A méretezési hőmérsékletek alapján akár „A” kategória is elérhető lett volna, azonban az épület szerkezeti felépítése miatt, a betervezett és egyéb meglévő gépészeti megoldások nem felelnek meg maradéktalanul a követelményeknek.

3.1.2 Irodaépületek zöld minősítése

Zöld minősítések, mint például a LEED vagy BREEAM tanúsítványok, a fenntartható építkezést és az energiahatékonyságot értékelik.



1. logó: Breeam [1]

A BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) a világ egyik legelterjedtebb fenntarthatósági minősítési rendszere, amely épületek környezeti teljesítményét értékeli. Az 1990-ben Nagy-Britanniában bevezetett BREEAM célja az épületek fenntarthatóságának javítása, a környezetre gyakorolt hatások minimalizálása, valamint az energiahatékonyság, a komfort és az egészséges környezet megteremtése. A BREEAM rendszer átfogóan, és több kategóriában értékeli az épületek teljesítményét, mint például az energiafelhasználás és üvegházhatású gázok kibocsátása, hulladékkezelés, a környezetminőség és komfort, közlekedés és elérhetőség vagy az ökológiai hatás szempontjából, a tervezéstől a kivitelezésig. [1]



2. logó: Leed [1]

A LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) egy másik globálisan elismert zöld épületminősítési rendszer, amelyet az Egyesült Államokban fejlesztett ki a U.S. Green Building Council (USGBC). A LEED célja, hogy elősegítse az energiahatékony, fenntartható épületek kialakítását és működtetését. Az irodaházak esetében a LEED minősítés segíti az épületek környezeti teljesítményének mérését és a fenntarthatósági szempontok szerinti alkalmazását az épületek értékelésére több különböző kategóriában, amelyek célja az energia- és erőforrás-hatékonyság, a vízfelhasználás optimalizálása, valamint az egészséges belső környezet megteremtése.[1]

Mind a LEED, mind a BREEAM hasonló célokat tűz ki az épületek fenntarthatóságának növelése érdekében, de különböznek a minősítési rendszerek és kritériumok tekintetében. A LEED globálisan népszerű, és az Egyesült Államokban alkalmazzák, inkább az energia- és vízfelhasználásra helyezi a hangsúlyt, míg a BREEAM Európában elterjedtebb, különösen

az Egyesült Királyságban, azonban olyan szélesebb körű szempontokat vizsgál, mint például az ökológiai hatások.

A budapesti irodaház tervezése során a megtervezett rendszert úgy alakítottam ki, hogy az valószínűsíthetően megfeleljen a BREEAM támasztotta követelményeknek, azonban meg kell jegyezni, hogy ennek a minősítési rendszernek csak egy kis szelete az épületgépészeti rendszerek.

3.2 Belső levegő minősége

A nemzetközi gyakorlatban a belső levegő minősége (BLM) alatt az ember közérzetére ható valamennyi nem termikus jellemzőjét értjük a komfort terek levegőjének. Befolyásoló szennyezőanyagok lehetnek pl.: gázok és gőzök, szaganyagok, aerosolok, vírusok, baktériumok és spórák, gombák és spóráik, [2]

Alapvetően két érzékszervvel érzékeljük a belsőlevegő minőséget, a szaglás útján, valamint a szem kötőhártyájának viselkedésén keresztül. Ezentúl akár más érzékszervekkel is észlelheti az ember, mondjuk megfelelő fényviszonyok mellett szabad szemmel látható szálló port, vagy a levegőben lévő szennyezőanyagok irritációt okozhatnak a légcső és a tüdő nyálkahártyáján, ami által köhögést, légszomjat, nehéz légzést válthat ki az emberből. Különösen veszélyes lehet a magas CO koncentráció, ami fejfájást, szédülést, hányingert, álmoságot, ájulást vagy akár halálos kimenetelű mérgezést okozhat. [2]

Ezek a szennyezőanyagok származhatnak épületszerkezeti és burkolóanyagokból, berendezési tárgyakkól vagy külső levegőből. A kiszolgáló klímarendszer és a tartózkodási zónában tartózkodó személy is lehet szennyezőanyag forrás. [2]

A komfortterekben megengedett szennyezőanyag koncentrációra vonatkozóan a honosított EU előírások adják a határértékeket. A nemzetközi gyakorlatban is alkalmazott szabványok, előírások:

- MSZ CR 1752:2000 Épületek szellőztetése. Épületek belső környezetének tervezési alapjai;
- MSZ EN 16798-1:2019 Épületek energetikai teljesítőképessége. Épületek szellőztetése. 1. rész: Beltéri bemeneti paraméterek az épületek beltéri levegőminőségéhez, hőmérsékleti, világítási és akusztikai környezetéhez kapcsolódó energetikai teljesítőképességének tervezéséhez és értékeléséhez.[2]

Az irodaépületet tekintve a jelen lévő szennyezőanyag források lehetnek a szálló por, fénymásoló szaga vagy bármilyen irodai eszközök szaga de. talán a legjelentősebb problémát a városi szmog okozza, esetleges ablaknyitás esetén az iroda légterébe kerülve.

3.2.1 Belsőlevegő-minőség minősítése

A BLM tartalmazza a komforttér levegőjében lévő valamennyi levegőszennyező anyagot. Együttes hatásuk, eredőjük értékelése jelent bonyolult feladatot. Valamennyi komponens szelektív módon mérhető, ez azonban nem azonos az együttes hatás értékelésével. [2]

A szennyezőanyag forráserősségének mértékegysége: 1 olf (olfacio=szagol, szagot áraszt), ami a definíció értelmében egy normál embernek nyugalmi fizikai állapotban mért, kellemes termikus hőegyensúlyt biztosító környezetben, átlagos tisztálkodási feltételek (0,7 fürdés naponta) melletti értéke. [2]

Az érzékelhető levegőminőség mértékegysége: 1 decipol (polluo=beszennyez), ami a definíció értelmében a komforttérben a levegő tökéletes keveredés esetén, ha 1 olf a szennyezőanyag forráserőssége és a szellőző levegő térfogatárama 36 m³/h. [2]

3.2.2 Beteg épületek - „Sick Building Syndrom” (SBS)

Az elmúlt időszakban rendkívül sokat fejlődtek az épületgépészeti rendszerek, az építési technológia és az építőanyagok. Elsősorban a klimatizált irodaépületek és a bevásárlóközpontok ugrásszerű növekedésének köszönhetőek ezek a változások. Nagy külső üvegfelületek és klímaberendezések jellemzik a mai modern építészet nagyját. Ezekben az épületekben dolgozó személyek panaszait jellemzi a „beteg épület szindróma” (SBS). [2]

A panaszok közül a legjellemzőbbek: huzatérzet, szárazságérzet, fáradtság, fejfájás, zajterheléssel kapcsolatos panaszok, reumatikus panaszok, levegő minőséggel kapcsolatos panaszok stb. [2]

2. táblázat: SBS panaszok és lehetséges okok [2, p. 29.]

SBS panaszok	Lehetséges okok
Huzatérzet	magas levegő sebesség
Megfázás	magas turbulencia fok
Reuma	rossz levegővezetés, alacsony szellőző levegő hőmérséklet
Szárazságérzet, inger (szem, nyálkahártya)	mikrobiológiai szennyezők (penész) por, atka
Láz, Légzési panaszok Ízületi panaszok	mikrobiológiai szennyezők a nedvesítő kamrából

Fáradtság Koncentrációs zavarok Kábultság Fejfájás	az ember hőegyensúlyának zavara $t > 23^{\circ}\text{C}$ nedvességtartalom növekedés ablakszellőzés nem lehetséges alacsonyfrekvenciás zaj (* 100 Hz) allergének kevés frisslevegő
Termikus diszkomfort (huzatérzeten kívül)	napárnyékolás hiányzik, túl nagy ablakfelület, falak kicsi hőtárolása, klímaberendezés teljesítménye, szabályozása, üzemeltetése
Rossz levegőminőség	klímaberendezés szennyező hatása, szűrő, nedvesítő kevés frisslevegő levegő visszakeverése

A légtechnikai tervezés során a fent említett SBS panaszok kiváltó okait igyekeztem kizárni, és olyan légtechnikai rendszert tervezni, ami nem idéz elő hasonló panaszokat.

3.3 Helyiségek relatív páratartalma

A munkahelyi klímátényezőket a 3/2002. (II. 8.) SzCsM–EüM együttes rendelete a munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről szabályozza, azonban jelenleg nincs a munkahelyekre vonatkozóan kötelezően meghatározott minimum páratartalom, csak maximum érték van meghatározva, ami 65%-os páratartalom, hőmérséklet tekintetében pedig 26°C -ot már negatív hatásként tekintik. Irodai, illetve szellemi munkavégzéshez optimálisnak a $20\text{--}24^{\circ}\text{C}$ közötti hőmérsékletet és 40-60 %-os relatív páratartalmat tartják. A képernyő előtt töltött huzamosabb munkavégzés és az alacsony relatív páratartalom okozhatja a nyálkahártyák kiszáradását, a légutakra és a szem kötőhártyájára egyaránt veszélyes lehet. Egy 2007-ben készült amerikai kutatás megállapította, hogy markáns szerepet játszik a páratartalom az influenzavírusok terjedésében is. 20-30%-os relatív páratartalom mellett akár 3-szor magasabb a fertőzés kockázata, mint 50% relatív páratartalom esetén. [3]

Ennek nyomán én úgy döntöttem, hogy 45-50% relatív páratartalmat, a téli időszakban egy légkezelő gépbe integrált párástó modullal tudom biztosítani egy gőzfejlesztő generátor segítségével, míg nyáron az épület Fan-coilos rendszerével érem el ezt, a szárító funkcióját kihasználva.

3.4 Helyiségek akusztika komfortja

A helyiségek akusztikai megfelelőségét alapvetően három, egymással összefüggő szempont alapján lehet leírni:

A) A teremakusztikához kapcsolódóan a hangenergia térbeli és időbeli áramlását jellemző mutatókkal.

B) A hangszigetelésre vonatkozóan, amely azt határozza meg, hogy mekkora hangenergia jut át a szomszédos terekbe adott gerjesztési körülmények között – ide tartozik a rezgésszigetelés is.

C) A térben keletkező hang hatására a tartózkodási zónában kialakuló hangnyomásszintekkel és a zajterhelés mértékével. [4]

Ezek a fogalmak néha átfedik egymást, így a használatuk nem mindig egyértelmű. Általában a teremakusztikát az A) pont alatt tárgyaljuk, az épületakusztikát a B) pontban, míg a zajvédelem kérdéseit a C) pontban. A hangszigetelés elsődleges célja a zajterhelés csökkentése a védett helyiségekben, azaz eszközként szolgál a zajvédelmi célok eléréséhez. Az építési szabványok és irányelvek meghatározzák a zajterhelésre vonatkozó követelményeket, és ennek megfelelően kell megállapítani a hangszigetelési követelményeket is. [4]

Az akusztikai környezet részben szubjektív megítélésű, és nem független más tényezőktől sem, amelyek hatással lehetnek ránk (pl. világítás, belsőépítészeti megoldások, fáradtság, hangulat, egészségi és mentális állapot). [4]

Jelen irodaház esetében, az irodai zajok a mindennapi munkakörnyezet gyakori kihívásai közé tartoznak, amelyek zavarhatják a koncentrációt és csökkenthetik a produktivitást. Ide tartozhatnak a beszélgetések, telefonhívások, nyomtatók vagy a billentyűzetek kattogása. A megfelelő akusztikai megoldások, például hangelnyelő panelek és csendesebb eszközök használata, segíthetnek a zajszint minimalizálásában és a kellemesebb munkakörnyezet kialakításában.

3.4.1 Követelmények értelmezési kerete

A teremakusztikai követelményeket a különböző helyiségfunkciókhoz igazodó eltérő igényszintek szerint lehet meghatározni. Érdemes külön kezelni az új építésű és a felújításra szoruló helyiségeket, épületeket. Bár a műszaki és gazdasági lehetőségek gyakran korlátokat szabnak a teremakusztikai elvárások biztosításának, a használhatóság minimális feltételeit mindig biztosítani kell. [4]

A gépészeti zajokra vonatkozó követelmények minden huzamosabb tartózkodásra kijelölt vagy kijelölhető térrészre érvényesek, figyelembe véve a tipikus érzékelési helyeket (például az állandó munkahelyeken a követelmények minden fejmagasságban érvényesek). Azokban a helyiségekben vagy térrészekben, amelyeket jellemzően nem használnak huzamosabb tartózkodásra (például közlekedők), a követelmények térbeli átlagértékek alapján értendők.

A mérési pontokat jellemző fejmagasságban kell meghatározni. A követelmények teljesítését az adott funkcióhoz kapcsolódó használati időszakban kell biztosítani. [4]

Ha a gépészeti rendszer helyiségenként szabályozható, akkor már a tervezés során pontosítani kell a méretezési állapotot, és szükség esetén a megvalósítást ennek megfelelően kell értékelni. [4]

Az épületek homlokzatait érő külső zajok többnyire közlekedési eredetűek, de a meghatározott zajhatárértékeket más rendszeres zajforrások esetén is be kell tartani (például üzemi tevékenységeknél). A homlokzati szerkezetek hangszigetelési méretezésére, valamint a közlekedésből vagy egyéb külső forrásokból származó belső zajhatárértékekre is vonatkozóan az építésügyi műszaki irányelv és az MSZ 15601-2:2007 Épületakusztika 2. rész: Homlokzati szerkezetek hangszigetelési követelményei szabvány is meghatároz követelményértékeket. [4]

A tervezett irodaház esetében azonban nem került sor, homlokzati hőszigetelésre, vagy bármely határoló szerkezet hő- és hangszigetelésére a felújítás során.

A közlekedési zajokra vonatkozó követelmények az MSZ 15601-2:2007 szabvány szerint az adott helyiség térbeli és időbeli átlagaként kerülnek értelmezésre. A követelményeknek az adott helyiség funkciójához kapcsolódó használati időszakban kell teljesülniük. A megítélési idő nappali időszakban (06:00–22:00) 16 óra, éjszakai időszakban (22:00–06:00) pedig 8 óra. [4]

Az építésügyi műszaki irányelv három akusztikai komfortminőséget különböztet meg. Általános esetben a tervezési alapállapotként meghatározott minőség elegendő a szokásos elvárások teljesítéséhez, és ez a szint gazdasági-műszaki szempontból optimálisnak tekinthető. Amennyiben magasabb elvárásokat kell teljesíteni, a fokozott akusztikai minőséghez tartozó paramétereket lehet követelményként alkalmazni. [4]

Az „E” kategóriában megadott paraméterek lényegesen gyengébb akusztikai komfortot biztosítanak. Új építésű épületek, illetve helyiségek funkcióváltozása esetén az „E” kategória nem alkalmazható. Az „E” kategóriát követelményként csak olyan esetekben lehet alkalmazni, amikor az akusztikai komfortot felülíró szempontok (például életvédelmi, biztonsági okok) nem teszik lehetővé a másik két kategória szerinti megfelelést. Ilyen esetekben is fontos, hogy a megvalósítás a lehető legjobban közelítse a tervezési alapállapot paramétereit. Ha az „E” kategória szerinti követelmények alkalmazása indokolt, azt a tervezés során dokumentálni kell. [4]

A követelményeknél megadott minőségektől (tervezési alapállapot, fokozott akusztikai minőség, „E” kategória) helyiségcsoporton belül is el lehet térni, de ennek tényét és indoklását a tervezés során dokumentálni kell. [4]

3.4.2 Irodai rendeltetés

A belső zajterhelési értékekre vonatkozóan több szabvány is meghatároz követelményértékeket a gépészeti berendezésekkel kapcsolatban. A táblázatban szereplő zajterhelési értékek az üzem közben működő épületgépészeti berendezések által keltett zajokra vonatkoznak, különös tekintettel az épületek hűtését, fűtését és levegőellátását biztosító egységekre. [4]

A gépészeti zajokra vonatkozó követelmények, amelyek egyenértékű szintben vannak megadva, bármely 5 perces időintervallumra vonatkoznak. A gépészeti zajok időbeli maximális szintjei legfeljebb 5 dBA értékkel haladhatják meg a táblázatokban szereplő egyenértékű szinteket. [4]

Gépészeti zajterhelés követelmények irodai rendeltetésű épületben - L_{Aeq} [dBA]

3. táblázat: Gépészeti zajterhelés, L_{Aeq} [dBA] [4, p. 12.]

Helyiségfunkció	Tervezési állapot	Fokozott akusztikai minőség	“E” kategória
Videokonferencia terem	35	30	38
Konferenciaterem, előadóterem	37	34	40
Tárgyaló	37	34	40
Egylégterű Iroda	40	37	42
Iroda 8 fő alatt	40	37	42
Közlekedő	42	40	45
Étkező	45	40	50

Közlekedési zajterhelés követelmények irodai rendeltetésű épületben - L_{Aeq} [dBA]

Helyiségfunkció	Tervezési állapot	Fokozott akusztikai minőség	“E” kategória
Videokonferencia terem	37	34	40
Konferenciaterem, előadóterem	40	37	40
Tárgyaló	40	37	42
Egylégterű Iroda	40	37	42

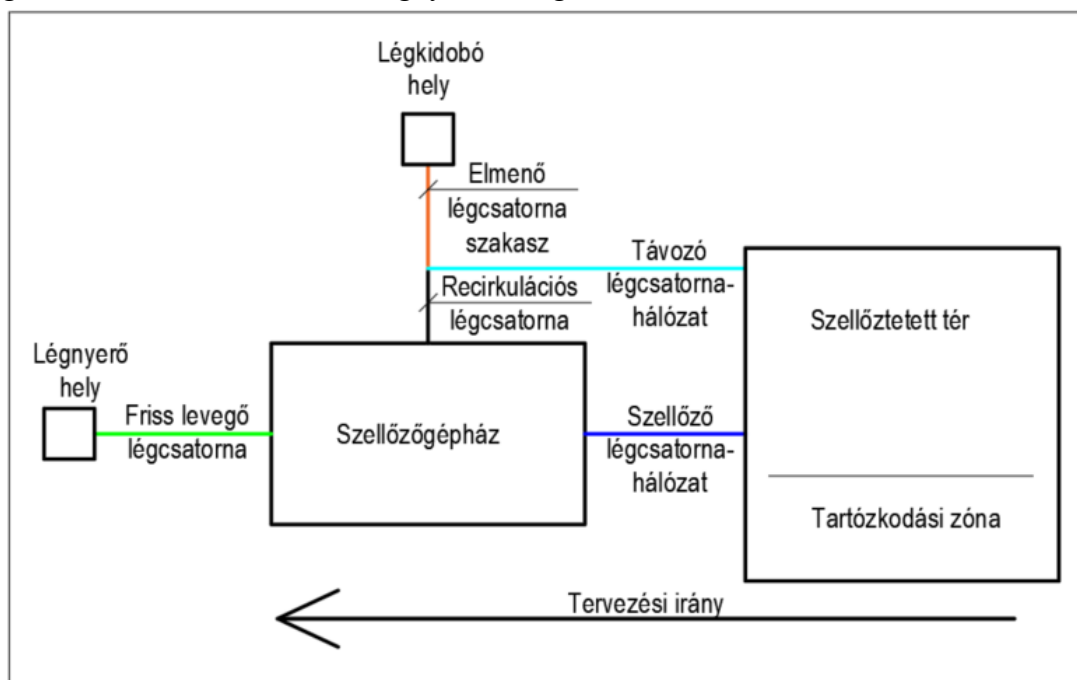
Iroda 8 fő alatt	40	37	42
Közlekedő	42	40	45
Étkező	45	40	50

4. táblázat: Közlekedési zajterhelés, L_{Aeq} [dBA] [4, p. 13.]

A légtechnikai rendszer tervezése során az volt a célom, hogy a különálló irodákban és a tárgyalótermekben teljesüljön a fokozott akusztikai minőségre vonatkozó követelményrendszer.

3.5 Légtechnikai rendszerek elemei

A légtechnikai rendszerek szerkezeti felépítésének három fő eleme van. Az első a szellőztetett, illetve kiszolgált tér, ahol a tartózkodási zóna van. A második részegység a szellőző gépház, a légkezelő berendezéssel és annak minden elemével. Az utolsó elem, pedig a légcsatorna hálózat, ideértve a légnyerő és légkidobó szerkezeteket is. [5]



2. ábra: A szellőztéstechnikai rendszerek sematikus vázlata [5] alapján saját szerkesztés

A levegőáram útját követve a légnyerő helyen keresztül érkezik a külső, friss levegő egy légcsatornán át a légkezelő egységbe. A gépben történik a megfelelő légállapot beállítása, különböző kezelőegységek segítségével. Innen a befűvő légcsatorna hálózatán keresztül juttatjuk be a kezelt levegőt a tartózkodási zónába. Ez a legfontosabb része a helyiségeknek, mivel a szellőztéstechnikai követelmények erre vonatkoznak. Tartózkodási zóna az a része a térnek, ahol emberek helyet foglalnak, és/vagy ahová valamilyen technológiát telepítettek. Ezt követően szellőző rácsokon keresztül az elszívó (távozó) légcsatorna hálózatba kerül. Opcionálisan egy része visszakeverhető a légkezelőbe, a másik része pedig az elmenő (kidobott) légcsatorna hálózaton keresztül, egy légkidobón távozik. [5]

3.5.1 Légszűrők

A légszűrők a levegő-előkészítő rendszerek fontos elemei, amelyek feladata a levegőben lévő szilárd és gáznemű szennyeződések eltávolítása vagy leválasztása. A légköri levegő számos különböző méretű és kémiai összetételű szennyező anyagot tartalmaz. Ezek a részecskék diszperz keveréket alkotnak, méretük pedig a rendkívül apró, 0,001 mikrométeres részecskéktől egészen a körülbelül 500 mikrométeres szemcsékig terjedhet. [6]

Az alábbi táblázat bemutatja a légszűrők típusait és tervezési határait:

5. táblázat: Légszűrő típusok [6, p. 72.]

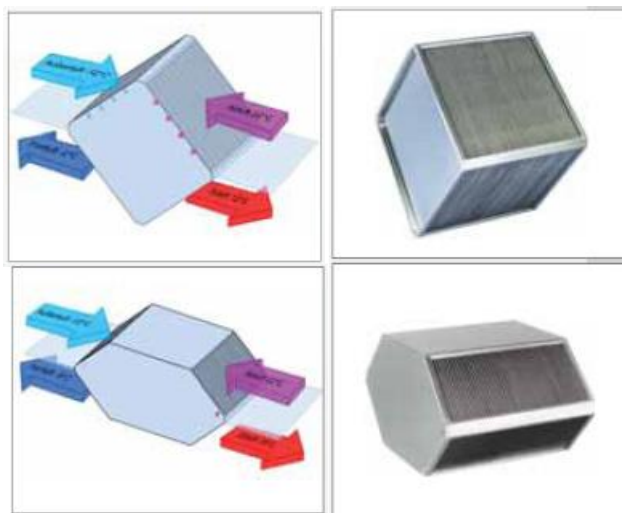
Szűrőcsoport	Szűrőosztály	Ajánlott végnyomás különbség [Pa]	Max. alkalmazási hőmérséklet és páratartalom [°C/%]
Durva (G)	G1	0	-
	G2		
	G3	150	80/100
	G4		
Finom (F)	F5	200	70/100
	F6		
	F7		
	F8	300	
	F9		
HEPA (H)	H10	500	70/100
	H11		
	H12		
	H13		
ULPA (U)	U14	600	70/100
	U15		
	U16		
	U17		

A légkezelők jellemzően táskás szűrőkkel működnek, mivel minden szűrőosztálynál megtalálható ez a típus. Előnyei a nagy szűrőfelület és a hosszú élettartam, ennek következtében költséghatékony megoldás. [6]

3.5.2 Hővisszanyerők

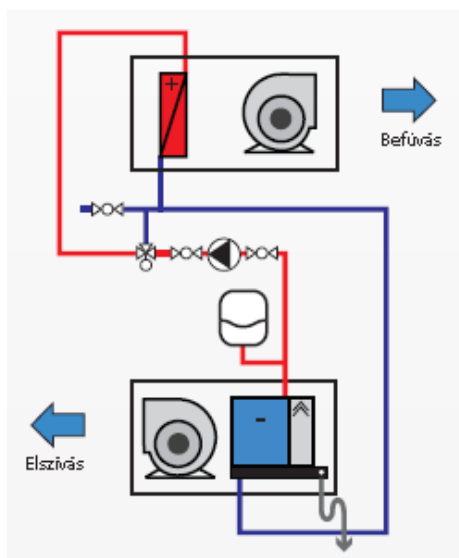
Jelentős energiafelhasználással jár a légkezelő berendezéseknek a levegő fűtése vagy hűtése. Az elszívott levegővel ennek az energiának nagy része távozik a környezetbe, ami főként téli üzemben jelentős energiaveszteséget jelent. A hővisszanyerőket arra a célra fejlesztették ki, hogy a távozó levegő energiatarományának felhasználásával ez a veszteség lecsökkenjen. [6]

Rekuperatív lemezes keresztáramú hővisszanyerők esetében a légáramok felülettel vannak egymástól elválasztva, ezért nincs keveredés. Megkülönböztetünk kereszt- és ellenkeresztáramú hőcserélőt. Nagyon magas akár 85-90%-os hővisszanyerés érhető el. Fontos, hogy a levegő nedvességtartalma miatt, fennáll a kondenzáció lehetősége, ezért korrózióálló anyagból kell készülnie a hőcserélőnek. [6]



3. ábra: Lemezes hővisszanyerő [6, p. 77.]

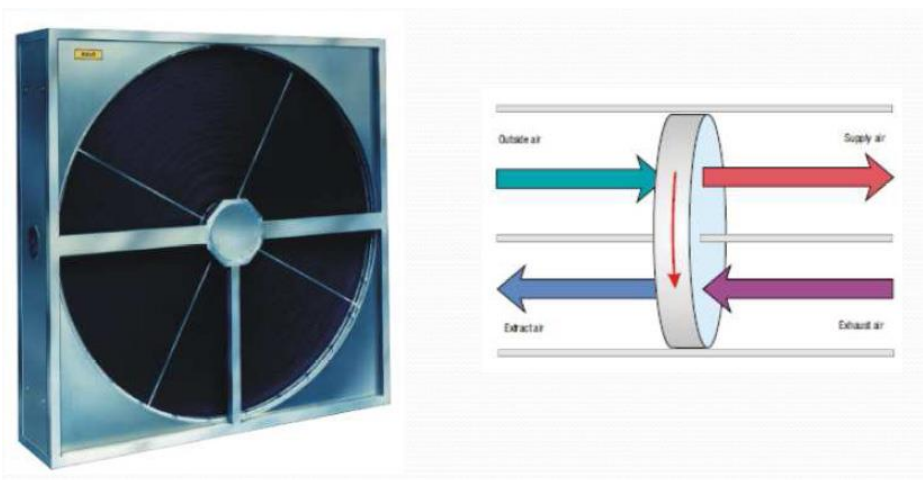
Abban az esetben, ha a szellőző levegőt és az elszívott levegőt valamilyen oknál fogva nem egy helyen, hanem egymástól távolabb lehet kialakítani, akkor közvetítő közeges hővisszanyerőket alkalmazhatunk. Mind a két légkezelő egységbe kerül egy hőcserélő, amit valamilyen hőhordozó közeget (legtöbb esetben glykol és víz megfelelő keveredésével létrejött közeg) tartalmazó körvezetékekkel összekötve egy szivattyú segítségével áramoltatunk. Tehát amikor a távozó levegőbe épített hőcserélő lehül vagy felmelegszik, akkor a szivattyú a friss levegő útjába épített hőcserélőbe nyomja a felmelegedett vagy lehűlt közeget, és ezzel nagyjából 50-70%-os hatásfok érhető el. [6]



4. ábra: Közvetítő közeges hővisszanyerő [6, p. 79.]

Regeneratív forgódobos hőcserélő esetében mielőtt a szabadba jutna a távozó magas energiatartalmú levegő, egy laza porózus anyaggal bélelt hőcserélő felveszi az energiatartalom nagyrészét, és a forgódob elfordulását követően ez a tárolt energia találkozik a külső friss levegővel és átadja annak. [6]

A rotor fordulatszámaival szabályozható a kilépő hőmérséklet, mivel időkéssel történik a hőátadás. A töltőanyagok lehetnek rozsdamentes acél, műanyag fólia vagy hullámos alumíniumfólia. Amennyiben a külső levegő hőmérséklete 4-8°C-kal alacsonyabb, mint az elszívott levegő harmatponti hőmérséklete, akkor nedvességátadás is történik. [6]



5. ábra: Regeneratív hőcserélő [6, p. 80.]

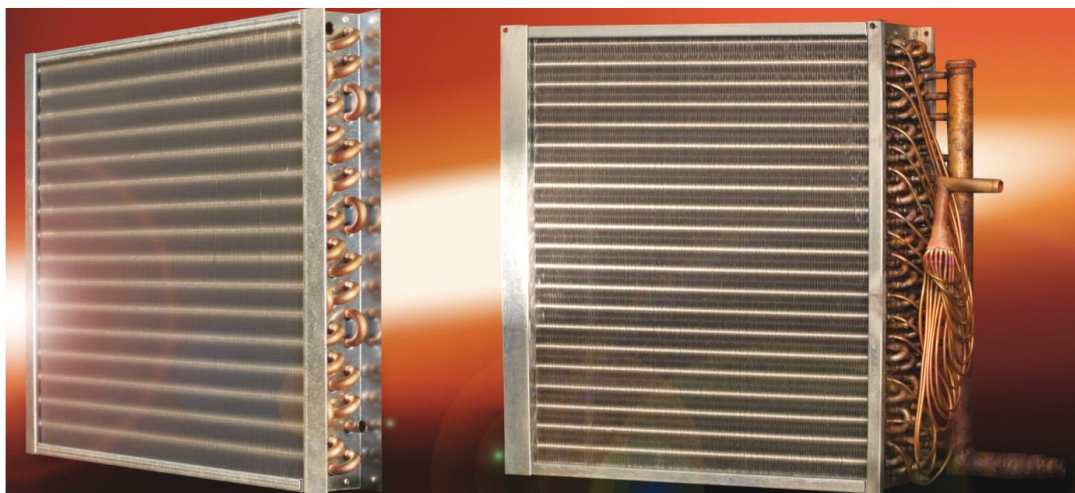
3.5.3 Ventilátorok

A ventilátorok feladata, hogy a kívánt térfogatáramot hozzák létre, a kialakuló nyomáskülönbség ellenében. A levegőszállítás módja szerint megkülönböztetünk radiális, axiális és keresztáramú ventilátorokat. Radiális ventilátorok esetében a tengelyre párhuzamosan érkezik a levegő, ahol a járókerék egy csigaházba koncentrálna a levegőt és irányváltoztatást követően tengelyre merőlegesen lép ki a ventilátor nyomócsonkján. Keresztáramú ventilátoroknál a járókerékre merőlegesen érkező és ugyanígy tovább haladó síkáramlás jelentkezik. Az axiális ventilátoroknál a levegő tengelyirányban halad tovább. Légekezelő gépekben a legelterjedtebb a direkthajtás és azon belül is az EC-motoros hajtás. Ez a koncepció rendkívül jól szabályozható, főleg részterhelésen jelentkezik az előnye. [6]

3.5.4 Kaloriferek és felületi hűtők

A tartózkodási zónába befűjt levegő kezelése és paramétereinek szabályozása rendkívül fontos, annak érdekében, hogy a megfelelő komfortot tudjuk biztosítani. Keresztáramú, lamellás hőcserélőkön keresztül jön létre a melegvízes fűtés. Az enyhén barázdált alumínium lamellák felülete megnöveli a hőátadási tényezőt, mégpedig úgy, hogy turbulenssé teszi az

áramlást, elhanyagolható légellenállás növekedés mellett. Ez a felépítés megnehezíti a szennyezőanyagok lerakódását a felületre, és segíti a kondenzátum elvezetését. A magcső húzott rézcsővel készül, ami egy rendkívül sima belső felületet eredményez, és ezáltal rendkívül alacsony lesz a súrlódási tényező. A légkezelőgépbe integrált kaloriferek ellenáramba történő csatlakoztatása szükséges, hogy a közeg a levegő áramlásával ellentétes irányba áramoljon. Ezenkívül még lehet gőzzel működő légfűtőt beépíteni, főleg technológiai felhasználásra, illetve elektromos légfűtőt választhatunk. Ennek előnye, hogy jól szabályozható, viszont használata csak akkor ajánlott, ha olcsó és könnyen hozzáférhető elektromos hálózat érhető el. [6]



6. ábra: Légfűtő-hűtő kalorifer [6, p. 81.]

A felületi hűtők felépítésüket tekintve megegyeznek a fűtőkalorifer felépítésével. A legjobban hidegvizes léghűtéses eljárással szabályozható. A hűtött közegnél jellemzően egy $7/12^{\circ}\text{C}$ -os hőfoklépcsőt alkalmaznak, alapvetően víz hűtőközeggel, de jellemző a téli fagyveszély miatt a glikolos közeg használata is. Mindenképp kell gondoskodni a kondenzvíz elvezetéséről, mivel a felület többnyire harmatpont alatti. [6]

3.5.5 Légnedvesítők

A levegő nedvesítésének egyik módja a víz beporlasztása, amely nedvesítő kamrákban történik. A víz a porlasztókeretekre rögzített fejekből jut az áramló levegőbe, egyen- vagy ellenáramlásban, de akár vegyesáramú porlasztás is alkalmazható. Légkezelőkbe adiabatikus porlasztófűvókás nedvesítőt szerelnek, aeroszolt előállítva (vagyis 20 mikrométernél kisebb méretű lebegő cseppeket). A vízcseppekké összeállt részecskéket cseppléválasztók fogják fel, amelyek visszavezetik őket a nedvesítőközegbe. Az örvényrács fűvókás légnedvesítők esetében nincs szükség víztartályra, ugyanis annyi vizet juttatnak a nedvesítőkamrába, amennyit fel tud venni a levegő. Nagynyomású porlasztással aeroszollá szaggatják a vizet

ezek a speciális örvényrácsok. Mellette szól, hogy nincs pangó víz, azonban a rendszerbe kerülő víz sótalanítása szükséges.[6]

Az izotermikus légnedvesítési folyamat során gőzből előállított vízpermetet juttatunk a nedvesítőkamrába. A halmazállapot-változáshoz szükséges energia külső forrásból származik, például elektromos áram vagy földgáz felhasználásával. Ez a megoldás jó szabályozhatóságot biztosít, azonban magas az energiaigénye és az üzemeltetési költsége. [6]

Elektromos elven működő légnedvesítő az elektródás gőz-légnedvesítő. A berendezés zárt gőzfejlesztő hengerében található két vízbe merülő feszültség alá helyezett elektróda. A víz elektromos vezetőképessége miatt a víz felforr és gőz képződik. Az elektródák felületén ásványi anyagok válhatnak ki, amik csökkentik a hatásos felületet. Ebben az esetben, a merülés mélységével vagy a vízszint növelésével ez a probléma kiküszöbölhető átmenetileg, de amint eléri az optikai érzékelő által jelzett szintet (amikor megtelik a henger), akkor szükséges az elektródák cseréje. [6]

3.5.6 Hangcsillapítók

A legnagyobb zajforrás, egy légtechnikai rendszerben a ventilátor, ami után a légszatorna hálózatba hangcsillapítót kell építeni. Alapvetően a rendszerben használt elemek is csillapítanak valamennyit. [6]

A légkezelőknél használt hangcsillapítók túlnyomó többségében kulisszás hangcsillapítók, melyek belsőjében, az áramlás keresztmetszetét megosztva csillapítótestek helyezkednek el. Ennek a felülete lehet például filcesített üvegfátyol, míg a kulisszában üveggyapot töltet található. [7]

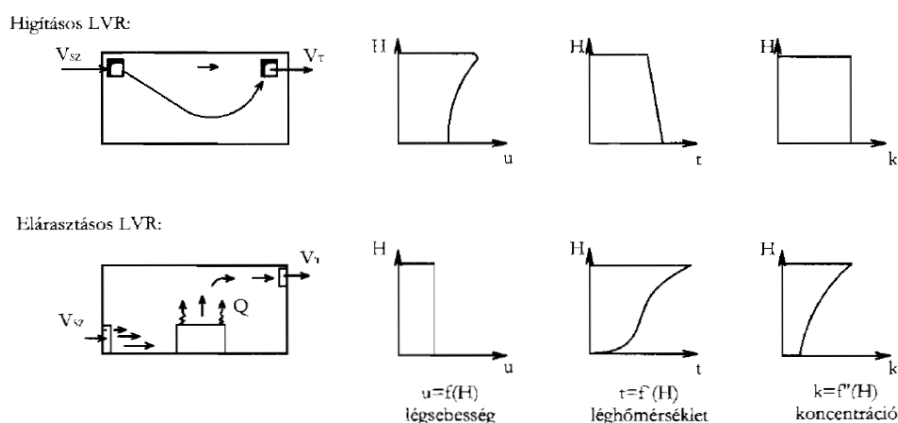
3.5.7 Légszatornák

A légszatorna hálózat feladata, a szellőző levegő eljuttatása a befűvási pontokig, ahol a tervezett térfogatáramokat elosztja. Fontos, hogy szállítása során ne változzon jelentősen a levegő állapota. Általánosságban négyszög és kör keresztmetszetben készülnek légszatornák. A kör egyenes légszatornákat spirálkorcolással készítik lemezből. A négyszög keresztmetszetű légszatornák esetében a megfelelő merevítéssel, akár 4000 mm oldalhosszal és készülhetnek. A lemezek széleinek légmentes zárása korcolással történik. Előnyei közé sorolhatjuk, hogy akár teljesen egyedi idomok is készíthetőek, lehetővé téve a helytakarékos kialakítást. Az elemeket karimákkal illesztjük, közé rugalmas tömítő paszta szükséges a

megfelelő légzárás elérése érdekében. Többnyire horganyzott acéllemezről készülnek ezek a légszűrő elemek, de lehet akár alumínium lemez és rozsdamentes acél is. [8]

3.6 Légvezetési rendszerek

Két csoportba sorolhatóak a légvezetési rendszerek. Elárasztásos LVR és hígításos LVR. Az összehasonlítás alapját a tartózkodási zónában kialakuló szennyezőanyagok koncentrációja adja. Az alábbi 7. ábrán látható, hogy az elárasztásos légvezetési rendszer esetében elenyésző keveredéssel jut be a szellőző levegő a komforttérbe, míg a hígításos légvezetési rendszernél, a környezeti levegőt injektálva, nagy keveredéssel jut be a tartózkodási zónába. Az ábra jól mutatja a hogy a helyiségre jellemző légsebesség, léghőmérséklet és szennyezőanyag koncentráció hogy oszlik meg. [9]



7. ábra: Légvezetési rendszerek összehasonlítása [9, p. 535.]

A légvezetési rendszer kiválasztásában segítséget nyújt a 8. ábrán bemutatott LVR-típusok rendszerezése. Jelenlegi ismereteink alapján a légvezetési rendszereket két fő csoportba sorolhatjuk: elárasztásos és hígításos, más néven keveredésszerű típusokra. Ezek az elnevezések a szellőzőlevegő zárt térben tanúsított viselkedését tükrözik. Az elárasztásos rendszereknél a szellőzőlevegő közvetlenül elárasztja a tartózkodási zónát, míg a hígításos rendszerekben a tartózkodási zónát intenzív levegőkeveredéssel éri el. A kiszorításos LVR különleges esetet képvisel, főként tisztatéri technikákban alkalmazzák. Korábban a hígításos típusba sorolták, de minimális keveredési tulajdonságai miatt a szakirodalom ma már külön csoportként kezeli. Ha az LVR-eket a légátöblítésért felelős erők szerint osztályozzuk, akkor valóban két típust különböztethetünk meg: az elárasztásos LVR-eket, ahol a termikus erők dominálnak, és a hígításos LVR-eket, ahol a tehetetlenségi erők irányítják az áramlást. Az erők szerinti csoportosításban a kiszorításos LVR a tehetetlenségi erők csoportjába tartozik.[5]

Légvezetési rendszerek ismert fajtái

Hígítási vagy keveredési LVR

- Sugár LVR
- Érintőleges LVR
- Diffúz LVR
- Mikroklíma LVR

Elárasztásos LVR

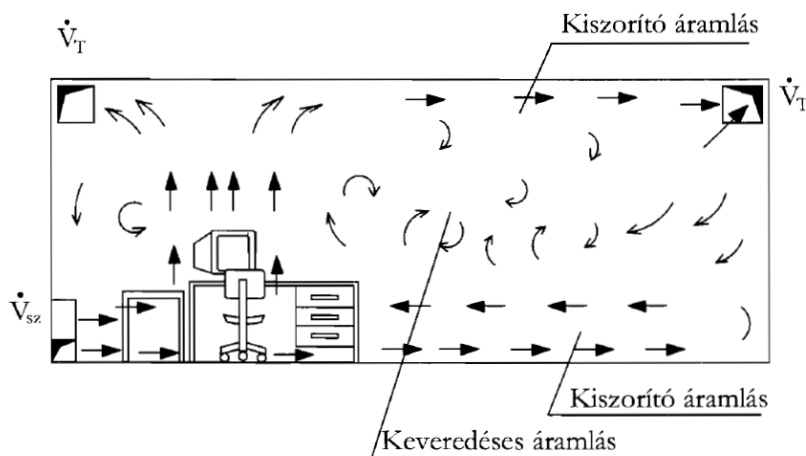
Kiszorításos vagy Dugattyúhatású LVR

8. ábra: Légvezetési rendszerek csoportosítása [5]

3.6.1 Elárasztásos légvezetési rendszer

Az elárasztásos légvezetési rendszer működése azon alapul, hogy a padló közelében bevezetett hűvösebb levegő réteges áramlást alakít ki a helyiség alsó rétegében, kiszorító hatást létrehozva. A nagyobb sűrűségű hideg levegő az alsó zónában rétegesen helyezkedik el, és felnyomja a tartózkodási zónában lévő elhasznált levegőt. A helyiségben található hőforrások (például emberek, számítógépek) hőt termelnek, ami felfelé irányuló légmozgást generál. Ha ez a termikus erő nagyobb légmennyiséget mozgat meg, mint maga a szellőző levegő, akkor az áramlás adott magasságban, átvált keveredésszerűre. A kontinuitás törvénye alapján a felhajtóerő okozta felfelé áramlást újra lefelé irányuló áramlás fogja követni. Ezáltal újra beállhat a mennyezet alatti kiszorító áramlás (mivel torlódik a szellőző levegő).

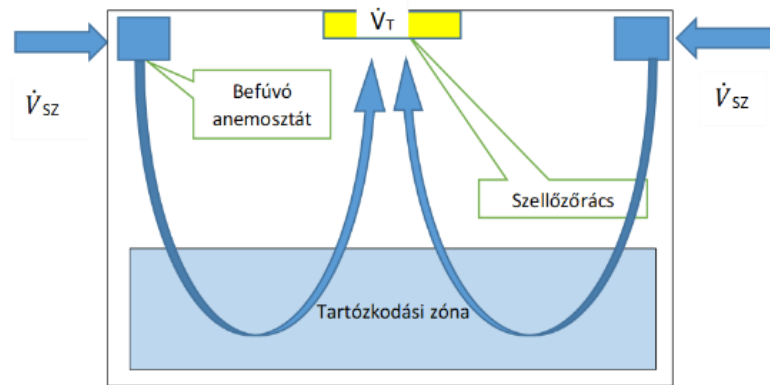
[5]



9. ábra: Elárasztásos LVR helységmodellje [5]

3.6.2 Sugár légvezetési rendszerek

A sugár légvezetési rendszer olyan belső légáramlást jelent, ahol a szellőző levegő fűvókákból, fűvókacsoportokból, résbefűvókából vagy lineáris anemosztátokból viszonylag nagy sebességgel áramlik ki. Ez a rendszer különösen alkalmas csarnokszerű kultúrális épületek, ipari csarnokok, sportlétesítmények, illetve nagy belmagasságú ($H > 3,5 \text{ m}$) helyiségek szellőztetésére. Az 10. ábra a sugár légvezetési rendszer elvi helyiségmodelljét szemlélteti. A szellőző levegő bevezetése a mennyezet alatt történik, irányítva a tartózkodási zóna felé, míg a kiáramló levegőt szintén a mennyezet alatti légrácson keresztül vezetjük el. A primer áramlás útvonala áthalad a tartózkodási zónán, miközben felveszi a helyiség hő-, nedvesség- és szennyezőanyagterhelését. [5]

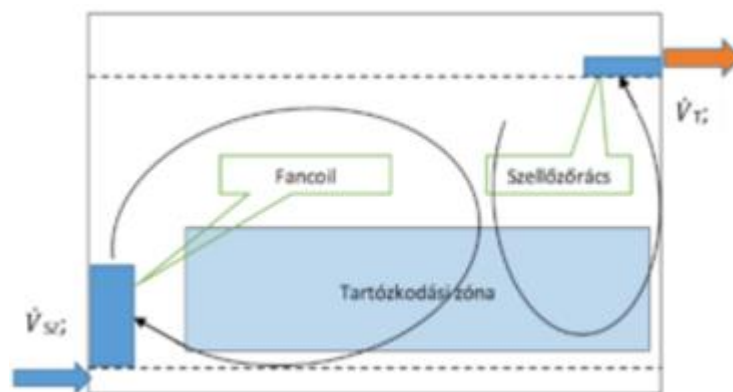


10. ábra: Sugár LVR helyiségmodellje [5]

3.6.3 Érintőleges légvezetési rendszerek

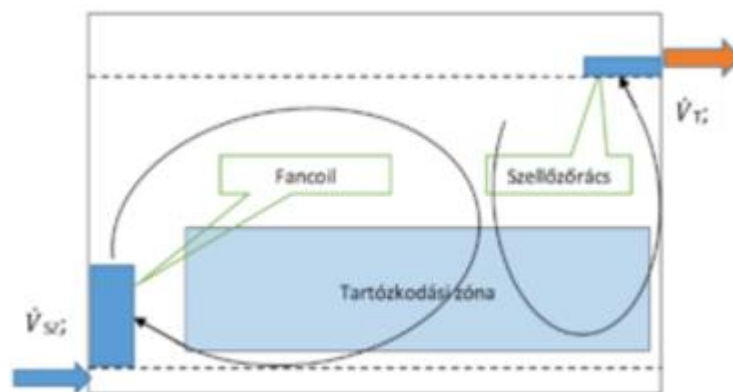
Az érintőleges, vagy más néven tangenciális légvezetési rendszereknél a szellőző levegőt vagy a helyiség határolófalai mentén, vagy egy másik légsugár áramlási vonalát követve juttatjuk be. Ha a levegőt a falak mentén vezetjük be, a kialakuló Coanda-effektus miatt a primer légsugár a fal síkjára tapad. Ha pedig egy másik légsugár határvonala mentén áramlik, akkor annak iránya stabilizálja a szellőző levegő mozgását. [5]

Ez a rendszer elsősorban alacsony belmagasságú ($H < 3 \text{ m}$) helyiségekben használható, mint például irodákban, tárgyalókban, előadótermekben, szállodai szobákban stb. A 11. ábra egy ilyen rendszerrel kiszolgált irodát ábrázol, ahol az álpadlóra szerelt indukciós klímakonvektor a kezelt szellőző levegőt a padlóból szívja. A készülék belsejében a szellőző levegő indukciós folyamat során keveredik a helyiség levegőjével, majd a kevert levegőt sávrácson keresztül a függőleges falsíkra vagy ablakra vezetjük. A levegő távozását a mennyezeten elhelyezett légrácson keresztül biztosítjuk. [5]



11. ábra: Érintőleges LVR helyiségmodelljei [5]

A 12. ábrán egy gyakran alkalmazott érintőleges légvezetési rendszert (LVR) mutatunk be, amely különösen népszerű olyan helyiségekben, ahol álmennyezetet és álpadlót alakítottak ki. Ebben az esetben a szellőzőlevegőt az álmennyezetben elhelyezett mennyezeti anemosztátokon (tányér anemosztátokon) keresztül vezetjük be, míg a távozó levegőt az álpadlóban található padlórácsokon keresztül távolítjuk el. A szellőzőlevegő légsugara a mennyezet mentén halad az ún. Coanda-effektusnak köszönhetően, amelynek során a légsugár a falsíkhöz tapad. Ez a jelenség minden esetben megfigyelhető, ha a tányér anemosztát kifúvási szöge nem haladja meg a 30° -ot a vízszinteshez képest. Nyári méretezési körülmények között, amikor hűtött szellőzőlevegőt juttatunk a helyiségbe, a primer légáram rövidebb távolságot tesz meg a mennyezet mentén. Ilyenkor a lefelé irányuló termikus erők hatására a légsugár leválik a mennyezetről, a tartózkodási zónába zuhan, és kellemetlen huzatérzetet okozhat. [5]



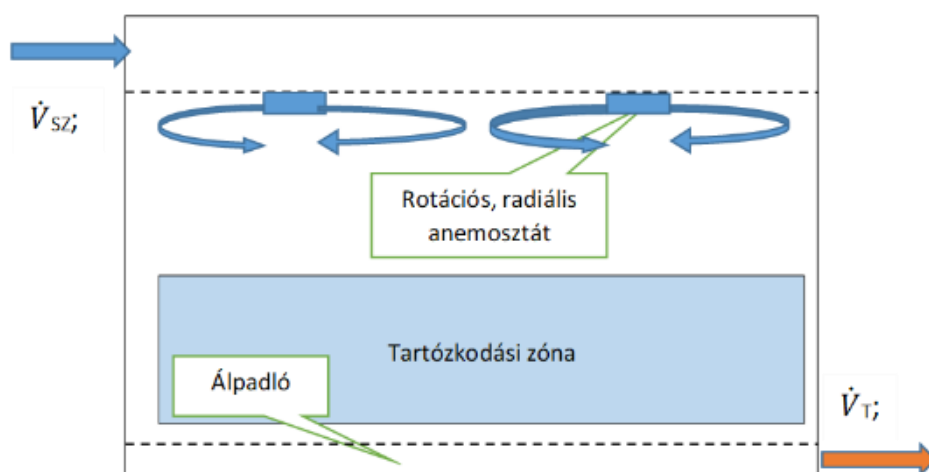
12. ábra: Érintőleges LVR helyiségmodelljei [5]

3.6.4 Diffúz légvezetési rendszerek

A diffúz légvezetési rendszer olyan helyiségáramlást jelent, amelynél a szellőzőlevegőt erősen induktív módon vezetik be a tartózkodási zónában vagy annak közvetlen közelében. A szellőző levegő sebessége az intenzív keveredés következtében jelentősen csökken, így a tartózkodási zónában minimális a huzathatás, ami kedvezően hat a hőérzetre. Ennek

eredményeként az érzékeny pontokon egyenletes, diffúz légmozgás alakul ki, amelyről a rendszer a nevét is kapta. Ezzel a légvezetési rendszerrel elvileg optimális légkényrt érhető el a helyiségben. [5]

Fő alkalmazási területe az alacsony belmagasságú helyiségek, mint például irodák, tárgyalók, konferenciatermek, üzletházak eladóterei és egyéb kényrtigényes helyiségek. Emellett a diffúz rendszer jól alkalmazható ipari gyártó- és szerelőcsarnokokban is, ahol a levegő bevezetése közvetlenül a munkatér közelében történik. [5]



13. ábra: Diffúz LVR helyiségmodellje [5]

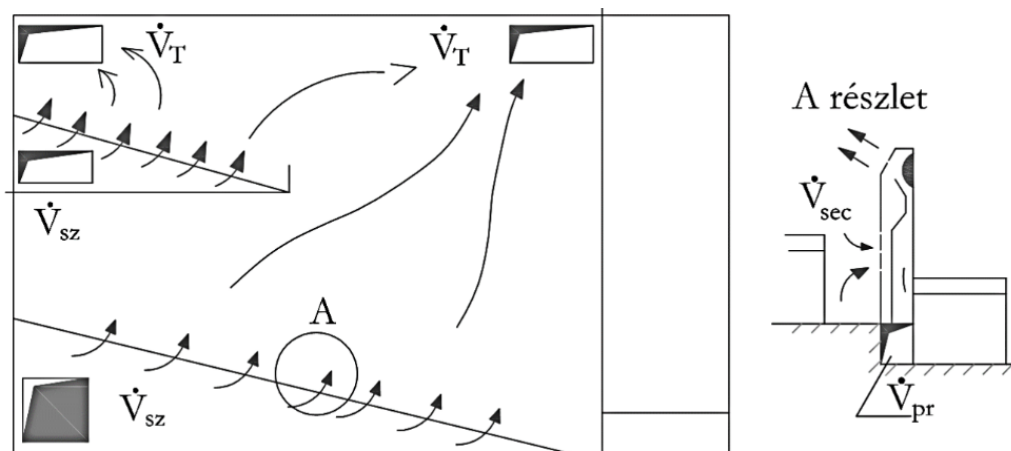
A diffúz légvezetési rendszer (LVR) fő jellemzői a következők:

1. A szellőzőlevegő nagy indukcióval jut be a helyiségbe, így intenzíven keveredik a helyiség levegőjével.
2. Lehetővé teszi a szellőző levegő és a helyiség levegője közötti nagy hőmérséklet-különbség kialakítását, 0 °C és 15 °C közötti tartományban (ΔT_o).
3. A tartózkodási zónában a levegő homogén mozgásintenzitást biztosít, minimalizálva a huzathatást.
4. Levegőbevezető szerkezetei közé tartoznak a rotációs, radiális anemosztátok, rotációs padló anemosztátok, valamint fúvókacsoportok.

Ez a rendszer optimális légkényrtot biztosít, mivel a keveredés révén egyenletes hőeloszlást ér el. [5]

3.6.5 Mikroklíma légvezetési rendszerek

A mikroklíma légvezetési rendszer esetében csak olyan mennyiségű és minőségű szellőző levegőt vezetünk be a tartózkodási zónába, amellyel ott optimális mikroklíma biztosítható. Így egy nagyobb tér esetén a helyiség átlaghőmérséklete eltérhet a tartózkodási zóna hőmérsékletétől, mivel a szellőző levegőt előkeverve közvetlenül ebbe a zónába juttatjuk be. A mikroklíma LVR főként magas komfortigényű helyiségek, mint színháztermek, koncerttermek, előadótermek, valamint magas színvonalú irodahelyiségek és tárgyalók légellátására alkalmas. A 14. ábra egy mikroklíma légvezetési rendszer felépítését mutatja be egy színházi nézőtér bemutatásával. [5]

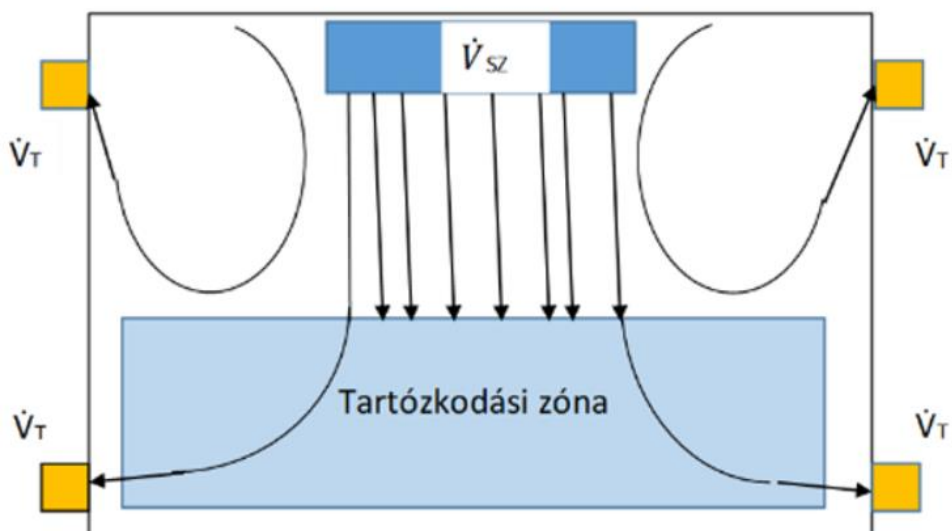


14. ábra: Mikroklíma LVR helyiségmodellje [5]

3.6.6 Kiszorításos vagy dugattyúhatás-szerű LVR

A kiszorításos vagy dugattyúhatás-szerű légvezetési rendszer olyan alacsony turbulenciájú, kereszteffektusoktól mentes légáramlást biztosít, ahol a légmozgást főként a tehetetlenségi erők irányítják, míg a gravitációs áramlások hatása elenyésző. A helyiségátöblítés iránya lehet vertikális vagy horizontális. A viszonylag nagy térfogatáramú szellőzőlevegőt nagy felületen és alacsony sebességgel juttatják a helyiségbe. Ez elegendő impulzust biztosít ahhoz, hogy réteges, kiszorító áramlást hozzon létre. Bár mérnöki szempontból ezt az áramlást gyakran laminárisnak nevezzük, valójában nem teljesen lamináris, hanem inkább alacsony turbulenciájú, 5–10% turbulencia fokkal. A kiszorításos LVR-ek elsődlegesen olyan helyiségekben alkalmazhatók, ahol szükséges a nagy hőterhelés elvezetése, illetve a kiemelkedően magas tisztasági vagy sterilítási követelmények teljesítése, például számítógép központokban, műtőkben, mikroelektronikai gyártócsarnokokban, gyógyszergyártó üzemekben és laboratóriumokban. A 15. ábra egy műtő kiszorításos légvezetési rendszerét mutatja be. Úgynevezett laminarizátoron keresztül

érkezik a nagy tisztaágú levegő a helyiségbe. Az elszívási pontok a hatályos műszaki előírások nyomán részben a mennyezet alatt, részben a padló síkjában helyezkednek el.[5]



15. ábra: Kiszorításos LVR helyiségmodellje [5]

4 Irodaépület légtechnikai tervezés

Mindenekelőtt megvizsgáltam a meglévő több, mint 20 éve épült légcsatorna rendszer állapotát, ami alapján eldöntöttem, hogy hol maradhat meg a meglévő gerincvezeték és hol szükséges cserélni, esetleg nyomvonalat igazítani a kialakított új terekhez. Számításba vettem a szintenkénti befűjt és elszívott levegő mennyiségét, a meglévő és a tervezett belsőépítészeti alapján. A légcsatorna rendszer feltárása után kiderült, hogy a hálózat nem volt karbantartva, súlyos szennyeződés mellett gombásodott is a belső felülete a gerincvezetéknek és több helyen légtömörégi problémák álltak fenn. Ezért új légcsatorna hálózat kialakítása mellett döntöttem.

4.1 Friss levegő igény meghatározása

Az épület komfortszellőzés frisslevegő igényét a Lindab tervezési segédlet alapján határoztam meg. A Megrendelővel megvizsgálva a meglévő és megmaradó gépészeti rendszereket az MSZ CR 1752 alapján a „B” kategóriára terveztem.

6. táblázat: Tervezési kritériumok különböző típusú épületekben található terekre (MSZ-CR-1752, p. 10)

Épület/tér típusa	Aktivitási szint met	Benntartózkodók száma fő/m ²	Kategória	Operatív hőmérséklet °C		Átlagos levegősebesség m/s		Hangnyomás-szint dB(A)	Szellőző levegő l/s·m ²	Szellőző levegő pótlék dohányzás esetén l/s·m ²
				Nyári (hűtés)	Téli (fűtés)	Nyári (hűtés)	Téli (fűtés)			
Kis iroda	1,2	0,1	A	24,5±1,0	22,0±1,0	0,18	0,15	30	2,0	-
			B	24,5±1,5	22,0±2,0	0,22	0,18	35	1,4	-
			C	24,5±2,5	22,0±3,0	0,25	0,21	40	0,8	-
Nagyterű iroda	1,2	0,07	A	24,5±1,0	22,0±1,0	0,18	0,15	35	1,7	0,7
			B	24,5±1,5	22,0±2,0	0,22	0,18	40	1,2	0,5
			C	24,5±2,5	22,0±3,0	0,25	0,21	45	0,7	0,3
Tárgyaló terem	1,2	0,5	A	24,5±1,0	22,0±1,0	0,18	0,15	30	6,0	5,0
			B	24,5±1,5	22,0±2,0	0,22	0,18	35	4,2	3,6
			C	24,5±2,5	22,0±3,0	0,25	0,21	40	2,4	2,0

Irodaépületben a táblázatban feltüntetett három helyiségkategória található. Az egyszerűség kedvéért arányosítani fogom a területek megoszlását: 0,6 egység (2280 m²) nagyterű iroda, 0,2 egység (760 m²) kisterű iroda és 0,2 egység (760 m²) tárgyaló.

Ezekre fogok méretezni. B kategória szinten. alapterület alapján:

$$\begin{aligned} \dot{V}_{friss.iroda} = & 1,4 \left[\frac{l}{s \cdot m^2} \right] \cdot 760[m^2] + 1,2 \left[\frac{l}{s \cdot m^2} \right] \cdot 2280[m^2] + 4,2 \left[\frac{l}{s \cdot m^2} \right] \\ & \cdot 760[m^2] = 6992 \frac{l}{s} = \mathbf{25171 [m^3/h]} \end{aligned}$$

Az MSZ CR 1752 szabvány 11. oldalán található táblázatból kiolvasható, hogy B kategória esetén személyenként 7 l/s, ami átszámolva: 25,2 [m³/h] friss levegőre van szükség.

$$\dot{V}_{friss} = 25,2 \text{ [m}^3/\text{h / fő]} \cdot 800 \text{ fő} = \mathbf{20160 \text{ [m}^3/\text{h]}}$$

4.1.1 Szükséges szellőző levegő térfogatáram a komfortérzet alapján

Az MSZ-CR-1752 szabványban található táblázatban található a bent tartózkodó személyek okozta szennyezési terhelést. Kiválasztjuk a nem dohányzó irodaépületben, ülő munkát végző emberek szennyezőanyag kibocsájtást személyenként: Ülő munka: 1-1,2 met. [10]

7. táblázat: Személyek szennyezőanyag terhelése (MSZ-CR-1752, p. 26.)

	Érzékelhető szennyezőanyag terhelés olf/fő	CO₂ l/h, fő	CO ¹⁾ l/h, fő	Nedvesség ²⁾ g/h, fő
Nyugalmi állapot (1 - 1,2 met), ha a dohányzók aránya				
0% dohányzók	1	19		50
20% dohányzók	2	19	0,011	50
40% dohányzók	3	19	0,021	50
Fizikai munka, ha a szint				
Alacsony, 3 met	4	50		200
Közepes, 6 met	10	100		430
Magas, 10 met	20	170		750
Gyerekek				
Óvoda 2,7 met	1,2	18		90
Iskola 1 - 1,2 met	13	19		50

A táblázatból kiolvasható a forrás erősség, nyugalmi állapotban 1 olf/fő.

$$G_{emberi} = 1 \left[\frac{olf}{fő} \right] \cdot 800 [fő] = 800 \text{ olf}$$

Ezek alapján a frisslevegő igény meghatározása egészségügyi követelmények alapján:

Az MSZ CR 1752 szabvány 27. oldalán található táblázat rendelkezik a különböző helyiségek szennyezőanyag kibocsájtását. Megjegyzem nincs konkrét érték megadva, csak általános egy átlagos érték, amit Dániában, 40 mesterségesen szellőztetett irodaépületben mértek. A megadott tartomány 0,02-0,95 olf/m² padló. ezek alapján én 0,1 olf/m² padló értéket vettem fel mivel, belsőépítészeti szempontból is teljesen újjászületik az épület.

$$G_{terem} = 0,1 \left[\frac{olf}{m^2 \text{ padló}} \right] \cdot 3800 [m^2] = 380 \text{ olf}$$

Teljes forráserősség:

$$G_{\text{összes}} = G_{\text{emberi}} + G_{\text{terem}} = 800 \text{ olf} + 380 \text{ olf} = 1180 \text{ olf}$$

A B kategóriára vonatkozó helyiség követelményei az alábbi táblázatból kiolvasható.

8. táblázat: Beltéri levegőminőség (MSZ-CR-1752, p. 23.)

Kategória	Érzékelt levegőminőség		Előírt szellőzési arány 1/s olf
	Elégedetlen	dp	
A	15	1,0	10
B	20	1,4	7
C	30	2,5	4

A szükséges frisslevegő mennyiségének kiszámításához az MSZ CR 1752:2000 szabvány 70. oldala alapján meghatározzuk a szellőzés hatásosságát. A hatásosság függ a befűtés és elszívás helyétől, illetve a belső léghőmérséklet és a befűtött levegő hőmérsékletétől (felső befűtést és felső elszívást feltételezve): [10]

$\varepsilon = 1$, mert $t_{\text{szellőző}} < t_{\text{belső}}$ (a szellőzés hatásosságát ellenőrizni kell a kiválasztott légvezetési rendszer alapján) [10]

$$\dot{V}_{\text{friss}} = 10 \cdot \frac{G_{\text{összes}}}{c_{\text{belső}} - c_{\text{külső}}} \cdot \frac{1}{\varepsilon} = 10 \cdot \frac{1180}{1,4 - 0,1} \cdot \frac{1}{1} = 9076 \left[\frac{\text{l}}{\text{s}} \right] = \mathbf{32676 \text{ [m}^3/\text{h}]}$$

Ezen kívül még a friss levegő igény meghatározható az egészségügyi követelmények alapján is. Mivel az irodaházban nincs jelentős szennyezőanyag terhelés így ezt a számítási módot nem veszem figyelembe.

A szükséges friss levegő mennyiségeket tehát többféle számítással határoztam meg, és ezek alapján, illetve a beruházói igényeket is szem előtt tartva a szellőző levegő mennyiséget **33000 m³/h** -ra méretezem.

4.1.2 Iránytényező meghatározása

Az állapotváltozás iránytényező a nyári hőterhelés/ téli hőszükséglet és az eredő nedvességterhelés hányadosaként írható fel. Ehhez kiszámítom a nedvességterhelést, ami jelen esetben csak az emberek kipárolgásából adódik:

Egy irodai dolgozó szellemi munkavégzéssel számol fejenkénti vízgőzterhelése a 7. táblázat alapján: 50g/h fő.

$$\Sigma \dot{m}_v = 50 \cdot 800 = 40000 \frac{\text{g}}{\text{h}} = 0,011 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Ezek alapján számítható nyári esetre az iránytényező:

$$\left(\frac{\Delta h}{\Delta x}\right)_{Nyári,iroda} = \frac{\sum \dot{Q}}{\sum \dot{m}_v} = \frac{412,000}{0,011} = 37\,454 \frac{kJ}{kg}$$

Ez alapján felső befűvást és elszívást feltételezve, a h-x diagramról leolvasott értékek:
[10]

- Szellőző levegő hőmérséklete: 22 °C
- Belső levegő hőmérséklete: 25 °C
- Távozó levegő hőmérséklete: 26 °C
- Belső levegő relatív páratartalma: 50 %
- Szellőző levegő entalpiája: 42,9 kJ/kg
- Belső levegő entalpiája: 50,2 kJ/kg
- Távozó levegő entalpiája: 52,75 kJ/kg

Szellőző levegő térfogatárama nyáron:

$$V_{nyár,sz} = \frac{\sum \dot{Q}}{\Delta h \cdot \rho_{sz}} = \frac{412,000}{(52,75 - 42,9) \cdot 1,2} = 34\,856 [m^3/h]$$

Ugyanígy számítható téli esetre az iránytényező:

$$\left(\frac{\Delta h}{\Delta x}\right)_{Téli,iroda} = \frac{\sum \dot{Q}}{\sum \dot{m}_v} = \frac{337,000}{0,011} = 30\,636 \frac{kJ}{kg}$$

Ez alapján felső befűvást és elszívást feltételezve, a h-x diagramról leolvasott értékek:
[10]

- Szellőző levegő hőmérséklete: 22 °C
- Belső levegő hőmérséklete: 22 °C
- Távozó levegő hőmérséklete: 20 °C
- Belső levegő relatív páratartalma: 50 %
- Szellőző levegő entalpiája: 42,9 kJ/kg
- Belső levegő entalpiája: 42,9 kJ/kg
- Távozó levegő entalpiája: 38,43 kJ/kg

Szellőző levegő térfogatárama nyáron:

$$V_{nyár,sz} = \frac{\sum \dot{Q}}{\Delta h \cdot \rho_{sz}} = \frac{337,000}{(38,43 - 42,9) \cdot 1,2} = -62\,826 [m^3/h]$$

Tehát a fentebb számított szellőző levegő mennyisége megfelelő. [10]

4.2 Az irodaépület légvezetési rendszerének meghatározása

A bevezetett levegő a helyiségben lévő levegőt karakterisztikus jól meghatározható mozgásra kényszeríti. Ezeknek a mozgásoknak az együttesét nevezzük légvezetési rendszerének. Az Archimedesi szám segítségével könnyen kiválaszthatjuk a megfelelő légvezetési rendszert.

4.2.1 Archimedesi szám meghatározása az épületre vonatkozóan

$$Ar_T = g \cdot \frac{1}{T_1 \cdot \rho \cdot c_{pkev}} \cdot \left(\frac{\dot{q}}{H^2} \right) \cdot \left(\frac{1}{n^3} \right)$$

ahol:

- g gravitációs gyorsulás ($=9,81 \text{ m/s}^2$)
- T_1 szellőző levegő hőmérséklete (nyáron: 297 K, télen 293 K)
- ρ levegő sűrűsége ($=1,2 \text{ kg/m}^3$ 20°C-on)
- H a terem magassága (2,7 m)
- n légcsereszám (1/s)

Fajlagos hőáram számítása: [10]

$$\text{Télen: } \dot{q}_T = \frac{\sum \dot{Q}}{\sum A} = \frac{337000}{3800} = 88,68 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Nyáron: } \dot{q}_{Ny} = \frac{\sum \dot{Q}}{\sum A} = \frac{412000}{3800} = 108,21 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Közepes izobár fajhő (c_{pkev}) (állandónak tekintem)

$$c_{pkev} = 1030 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Archimedesi szám nyári esetben:

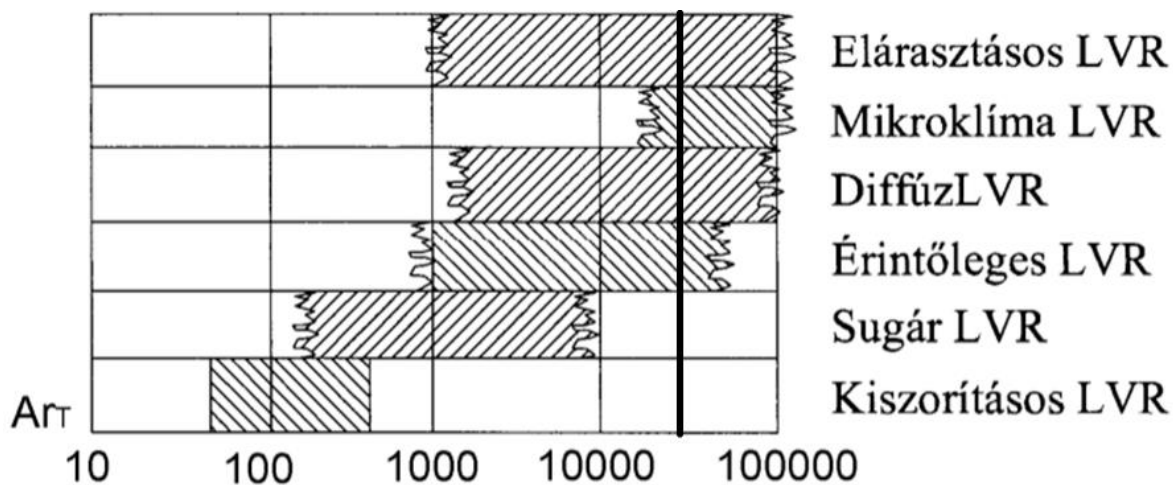
$$Ar_T = g \cdot \frac{1}{T_1 \cdot \rho \cdot c_{pkev}} \cdot \left(\frac{\dot{q}}{H^2} \right) \cdot \left(\frac{1}{n^3} \right) = 9,81 \cdot \frac{1}{297 \cdot 1,2 \cdot 1030} \cdot \frac{108,21}{2,7^2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{7}{3600} \right)^3} = 53957$$

Archimedesi szám téli esetben:

$$Ar_T = g \cdot \frac{1}{T_1 \cdot \rho \cdot c_{pkev}} \cdot \left(\frac{\dot{q}}{H^2} \right) \cdot \left(\frac{1}{n^3} \right) = 9,81 \cdot \frac{1}{293 \cdot 1,2 \cdot 1030} \cdot \frac{88,68}{2,7^2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{7}{3600} \right)^3} = 44822$$

A légvezetési rendszer kiválasztását az alábbi diagram alapján végzem. A képletbe való behelyettesítés eredménye 10000 és 100 000 közötti érték, amelyhez négy javasolt

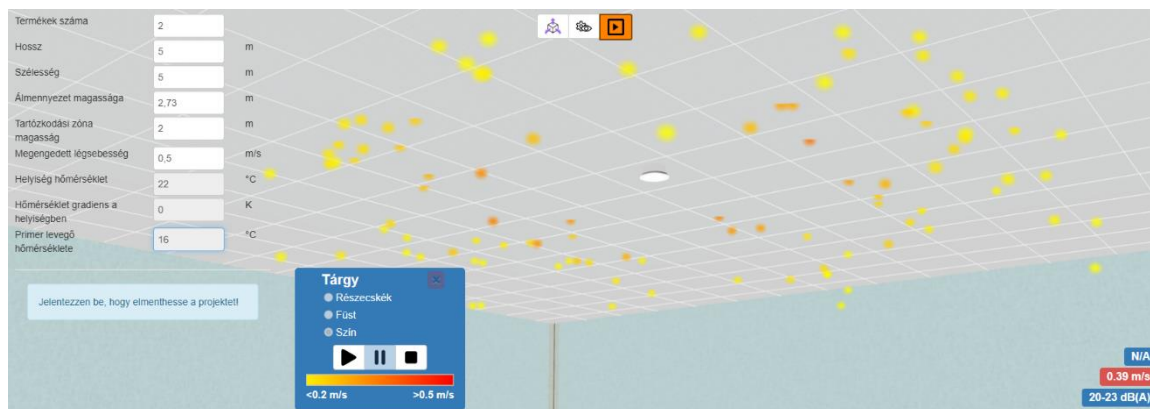
légvezetési rendszer tartozik. Mivel célom a felső befűtés és elszívás megvalósítása, a Diffúz légvezetési rendszert választom.



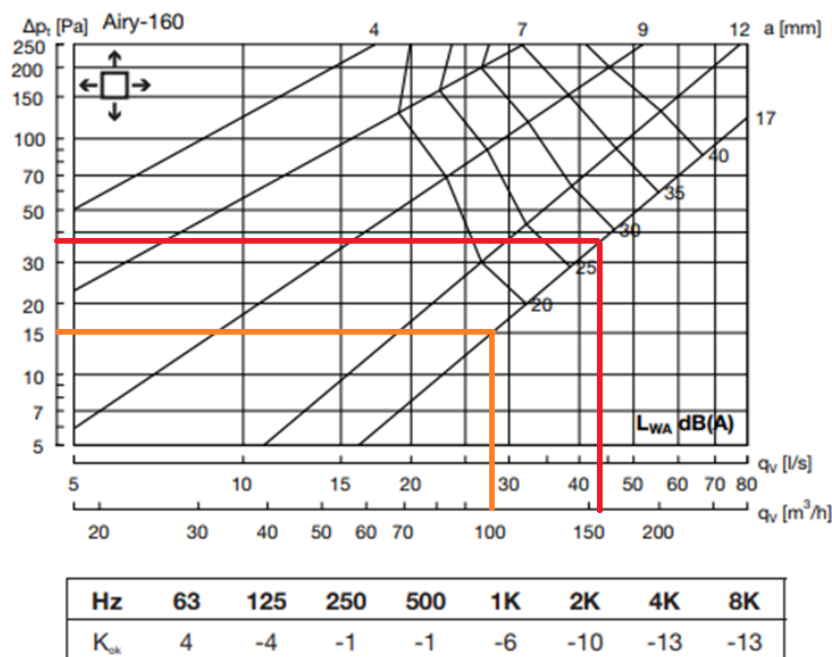
16. ábra: Archimedesi szám [10, p. 29.]

4.2.2 Anemosztátok kiválasztása

A légvezetési rendszerhez választott befűvő anemosztátok a Lindab AIRY dekor légszelepek. Ezek a légszelepek résbeállítással szabályozhatóak. A szeleptányér által bezárt alacsony szög miatt jelentkezik a coanda effektus, ami az alább csatolt képen látható módon teríti a levegőt a mennyezet felületén. A befűvő gerincvezetékek a folyosón helyezkednek el, és a leágazások minden helyiség ablak felőli oldalához vezetnek az elszívással ellentétes oldalon. A lenti ábrán a Lindab AIRY légszelep, az irodaházban két jellemző méretezett légmennyiségeihez tartozó (teljesen nyitott állapotban) nyomásesés értékek olvashatóak le. 160 m³/h befűjt levegő esetén 38 Pa, 100 m³/h befűjt levegő esetén pedig 15 Pa a nyomásesés a befűvő szelepeken. Ezek a légszelepek nem rotációs elven működnek. A levegő nekiütközve a frontlapnak a mennyezeten elterül és ezáltal öblíti át a teret.



17. ábra: Lindab Airy légszelep öblítési kép (Lindab lindqst szimuláció) – saját készítés



18. ábra: AIRY Nyomás-Légszállítás diagram (lindab.hu)

A levegő elszívására a Lindab AR-11 kódjelű elszívó rácsot választottam 400x150 mm méretben, amik öblítődobozzal együtt kerülnek beépítésre, jellemzően 100-200 m³/h levegőt szívznak el. Az elszívó rácsok a folyosóról csatlakoznak le és az álmennyezeti ugrásban helyezkednek el, minden helyiség belső oldalán, a megfelelő átöblítés érdekében.

9. táblázat: Lindab AR-11 rács gyors kiválasztás (lindab.hu)

Grille size [mm]		Air flow rate										
A _k [m²]		m³/h	30	50	100	150	200	250	300	350	400	500
		l/s	(8)	(14)	(28)	(42)	(56)	(69)	(83)	(97)	(111)	(139)
H=100	L _{WA} [dB(A)]	29	43									
	V _k [m/s]	3,1	5,4									
	Δp _t [Pa]	4	12									
	L _{WA} [dB(A)]	<20	32	48								
	V _k [m/s]	1,9	3,4	6,8								
	Δp _t [Pa]	2	6	25								
	L _{WA} [dB(A)]	<20	24	41	50							
	V _k [m/s]	1,4	2,5	5	7,4							
	Δp _t [Pa]	1	4	15	35							
	L _{WA} [dB(A)]		<20	35	44							
	V _k [m/s]		2	3,9	5,9							
	Δp _t [Pa]		3	11	24							
H=150	L _{WA} [dB(A)]		<20	30	40	47						
	V _k [m/s]		1,6	3,2	4,8	6,4						
	Δp _t [Pa]		2	8	18	31						
	L _{WA} [dB(A)]			23	33	40	45	49				
	V _k [m/s]			2,4	3,6	4,8	5,9	7,1				
	Δp _t [Pa]			5	11	19	29	42				
	L _{WA} [dB(A)]		<20	29	38	45	50					
	V _k [m/s]		1,5	3	4,5	6	7,4					
	Δp _t [Pa]		2	7	16	28	43					
	L _{WA} [dB(A)]			22	31	38	43	47				
	V _k [m/s]			2,2	3,3	4,4	5,4	6,5				
	Δp _t [Pa]			4	9	17	26	37				

4.2.3 Huzatkritérium ellenőrzése

$$DR = (34 - t_a) \cdot (v - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot 0,19 + 3,14)$$

Ahol:

- t_a - levegő hőmérséklete °C fokban
- v - levegő sebessége m/s-ban
- T_u - levegő turbulenciája (40%-ot feltételezve)

A huzatkritériumot nyári állapotra ellenőrzöm, ahol a szellőző levegő hőmérséklete 25°C. Az előzőekben, a Lindab lqst programmal, szimuláltam a közepes légsebességet, amely 0,35 m/s. A turbulencia fokát keveredésez légvezetési rendszereknél általában 40-50%-ra becsülik, én itt 40%-os értéket veszek fel.

$$DR = (34 - 25) \cdot (0,35 - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot 0,19 + 3,14) = 13,7 < 20\%$$

Ezek alapján, tehát a választott befűvővel megfelelő huzatkritériumot lehet biztosítani.[10]

4.3 Légtechnikai rendszerelemek

4.3.1 Légcsatorna hálózat hidraulikai méretezése

Egyenes légcsatornában a súrlódásból adódó veszteség (Δp_s) [8]

$$\Delta p_s = \lambda \cdot \frac{l}{d_e} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 [Pa]$$

ahol:

- λ fajlagos súrlódási ellenállás [Pa/m]
- l a csőszakasz hossza [m]
- d_e csatorna egyenértékű átmérője [m]
- ρ az áramló közeg sűrűsége [kg/m³]
- v levegő sebessége [m/s]

Ebből bizonyítható, hogy az egyenértékű átmérő az alábbi összefüggéssel határozható meg: [8]

$$d_e = \frac{4 A}{K}$$

ahol:

- A áramló közeg keretsztmetszete [m]
- K közeg által nedvesített kerület [m]

Mivel légtechnikában a levegő kitölti a teljes áramlási keresztmetszetet, így a légszaturna belső keresztmetszetéhez tartozó terület jele a K . [8]

A csősúrlódási tényezőt – a hidraulikailag érdes légszaturnákat leszámítva – a Reynolds szám adja meg. A Reynolds szám: [8]

$$Re = \frac{v \cdot d_e}{\nu}$$

ahol:

- Re Reynolds szám [-]
- ν áramló közeg kinematikai viszkozitása [Pa s]

Ez a kinematikai viszkozitás száraz levegőben normál légköri nyomáson a következőképpen alakul: [8]

$$\nu = \frac{(0,05639 \cdot t + 17,279) \cdot 10^{-6}}{\rho}$$

Lamináris áramlás esetén, amikor $Re < 2320$, akkor a csősúrlódási tényező kör keresztmetszet esetén a következőképpen alakul: [8]

$$\lambda_{lam} = \frac{64}{Re}$$

Négyszög légszaturna esetén korrekciós tényezőt kell alkalmazni: [8]

$$\lambda_{lam} = \varphi \frac{64}{Re}$$

ahol a φ értéke a keresztmetszeti arányok függvényében 0,8-1,5 közötti érték.

Turbulens, áramlás csősúrlódási tényezője a $2320 < Re < 80000$ tartományban (hidraulikailag sima légszaturnák esetén) az alábbi képlettel számítható: [8]

$$\lambda_t = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}}$$

$80000 < Re < 1500000$ terjedő tartományban pedig a Hermann-féle képlet használható: [8]

$$\lambda_t = 5,4 \cdot 10^{-3} + \frac{0,396}{Re^{0,3}}$$

Alaki nyomásveszteségek, a légszaturna idomokon, szabályzóelemeken és a légszaturna berendezés elemein lép fel. Ennek értéke az idomban fellépő légsebességtől és az adott idomot jellemző ζ alaki ellenállástényezőtől adódik: [8]

$$\Delta p_a = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 = \zeta p_d$$

A hidraulikai méretezést mellékletként csatoltam.

4.3.2 Hangcsillapítás

A hangcsillapító elemek beépítése a légtechnikai rendszerek légcsatornáiba, csöveibe vagy a légtechnikai berendezésekhez (például központi légkezelőkhöz) ma már alapvető követelmény. Jelenleg a hangcsillapítók alkalmazása két fő területen jelentős: egyrészt a gépészeti zajok csökkentésében, másrészt a helyiségek közötti hangáthallás mérséklésében. A rendszerek legjelentősebb zajforrását a ventilátorok jelentik. [11]

A szögletes keresztmetszetű légcsatornába a ventilátorok hangcsillapítására kulisszás hangcsillapítókat választottam. Méretezésük a Lindab LindQST program segítségével történt, a légmennyiség és a csőszakasz sebesség viszonyaira való tekintettel.

- Kidobott levegő: TUNE-S-100/183-2500-1600-1500, 30210 m³/h; 2 Pa
- Épületből elszívott levegő: TUNE-S-100/183-1700-900-1500, 30210 m³/h; 28 Pa
- Friss levegő: TUNE-S-100/183-1700-900-1500, 33000 m³/h; 17 Pa
- Épületbe befűjt levegő: TUNE-S-100/183-1700-900-1500, 33000 m³/h; 17 Pa

A helyiségek közti áthallás megakadályozása érdekében a befűvő oldalon minden befűvési ponthoz hangszigetelt flexibilis csatornákat terveztem, amelyekben felépítése két csővezeték között 25mm ásványgyapot szigetelés található, továbbá építészeti oldalról, minden válaszfal födémgig van húzva és több réteg hangszigetelt gipszkarton közt 10cm ásványgyapot szigetelés található.

4.3.3 Tűzvédelem

Az építészeti tervek alapján meghatározták a tűzszakasz határokat. Amennyiben egy légtechnikai csővezeték áthalad egy ilyen tűzszakasz határon, tűzvédelmi elzárószerkezetet kell beépíteni. Ezek az eszközök, például tűzvédelmi csappantyúk vagy zsaluk, megakadályozzák a tűz terjedését. [12]

A kijelölt tűzszakasz határoknál Trox gyártmányú FK2-EU típusú tűzvédelmi csappantyúkat választottam. A liftek mellett elhelyezkedő strang fala tűzszakaszhatár, így az összes be és kilépési pontra tűzcsappantyút kell tervezni. Ezen kívül valamennyi szinten van egy védett előtér a lépcsőházból nyílván, ami szinten tűzszakaszhatár, így az ezekkel az áthaladó légcsatornákkal is számolni kell a tűzvédelmi méretezés során.

A befűvő ágban a földszint és a 6.emelet kivételével, minden strang kilépésnél, 1000x400x305 mm-es méret és maximum 6230 m³/h légmennyiség mellett nyitott lapátszögnél 3 Pa nyomásveszteséget vettem figyelembe.

Position.01: Order code
FKA2-EU / HJ / 1000x400x305 / 200

Product selection Accessories Drawing Order details

Input
Strategy
Given volume flow
Volume flow
Volume flow q_v 6 230 m³/h 1...11520

Results
Velocity
Airflow velocity v 4,33 m/s
Results for fire damper
Free area A_{f0} 0,3226 m²
Pressure loss coefficient ζ 0,29
Total differential pressure Δp_t 3 Pa
Weight
Weight m 28 kg

Application/Photo/Video
FKA2-EU//Z0*
Product photo

Acoustic Data

	Lw A	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz
General	35	41	39	38	33

19. ábra: FKA2-EU 1000x400x305 tűzvédelmi csappantyú méretezés - saját készítés

A befűvő és elszívó ágban a földszinti strang kilépésnél 300x200x305 mm-es méret és maximum 900 m³/h légmennyiség mellett, nyitott lapátszögnél 6 Pa nyomásveszteséget vettem figyelembe.

Position.01: Order code
FKA2-EU / HJ / 300x200x305 / 200

Product selection Accessories Drawing Order details

Input
Strategy
Given volume flow
Volume flow
Volume flow q_v 900 m³/h 1...1728

Results
Velocity
Airflow velocity v 4,17 m/s
Results for fire damper
Free area A_{f0} 0,0483 m²
Pressure loss coefficient ζ 0,62
Total differential pressure Δp_t 6 Pa
Weight
Weight m 6 kg

Application/Photo/Video
FKA2-EU//Z0*
Product photo

Acoustic Data

	Lw A	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz
General	27	37	34	30	25

20. ábra: FKA2-EU 300x200x305 tűzvédelmi csappantyú méretezés - saját készítés

A befűvő és elszívó ágban a 6. emeleti strang kilépésnél 600x200x305 mm-es méret és 2240 m³/h légmennyiség mellett, nyitott lapátszögnél 8 Pa nyomásveszteséget vettem figyelembe.

Position.01: Order code
 FKA2-EU / HJ / 600x200x305 / 200

Product selection Accessories Drawing Order details

Input
 Strategy
 Given volume flow
 Volume flow
 Volume flow q_v 2 240 m³/h 1...3456

Application/Photo/Video
 FKA2-EU//Z0*

Product photo

Results
 Velocity
 Airflow velocity v 5,19 m/s
 Results for fire damper
 Free area A_{f0} 0,0993 m²
 Pressure loss coefficient ζ 0,47
 Total differential pressure Δp_t 8 Pa
 Weight
 Weight m 10 kg

Acoustic Data

	Lw A	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz
General	34	43	41	36	30

21. ábra: FKA2-EU 600x200x305 tűzvédelmi csappantyú méretezés - saját készítés

Az elszívó ágban a 2., 3., 4. és 5. emeleten, kettő strang kilépést terveztem a liftelőtér álmennyezeti terének zsúfoltsága okán. A liftelőtér fele 1000x200x305 mm-es méret és maximum 3190 m³/h légmennyiség mellett nyitott lapátszögnél 5 Pa nyomásveszteséget vettem figyelembe. A lépcsőház fele pedig 400x500x305 mm-es méret és maximum 2680 m³/h légmennyiség mellett nyitott lapátszögnél 3 Pa nyomásveszteséget vettem figyelembe.

Position.01: Order code
 FKA2-EU / HJ / 1000x200x305 / 200

Product selection Accessories Drawing Order details

Input
 Strategy
 Given volume flow
 Volume flow
 Volume flow q_v 3 190 m³/h 1...5760

Application/Photo/Video
 FKA2-EU//Z0*

Product photo

Results
 Velocity
 Airflow velocity v 4,43 m/s
 Results for fire damper
 Free area A_{f0} 0,1665 m²
 Pressure loss coefficient ζ 0,42
 Total differential pressure Δp_t 5 Pa
 Weight
 Weight m 16 kg

Acoustic Data

	Lw A	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz
General	37	45	43	39	33

Position.01: Order code
 FKA2-EU / HJ / 400x500x305 / 200

Product selection Accessories Drawing Order details

Input
 Strategy
 Given volume flow
 Volume flow
 Volume flow q_v 2 680 m³/h 1...5760

Application/Photo/Video
 FKA2-EU//Z0*

Product photo

Results
 Velocity
 Airflow velocity v 3,72 m/s
 Results for fire damper
 Free area A_{f0} 0,1797 m²
 Pressure loss coefficient ζ 0,39
 Total differential pressure Δp_t 3 Pa
 Weight
 Weight m 14 kg

Acoustic Data

	Lw A	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz
General	30	37	35	32	29

22. ábra: FKA2-EU 1000x200x305 (bal) és 400x500x305 (jobb) tűzvédelmi csappantyú méretezés - saját készítés

4.3.4 Légmennyiség szabályzóelemek

A légtechnikai rendszerekben szükséges a levegő áramlásának szabályozása, vagy adott esetben teljes elzárása. E célból különféle szabályozó elemek építhetők be, általában a légtechnikai csővezetékbe. Az állandó légmennyiség szabályzók fix beállítással állandó térfogatáramú levegőt biztosítanak. A mozgatható zsaluk lehetővé teszik a szabad áramlási keresztmetszet módosítását. A légszatórnába beépíthető pillangószelep szintén egy

lehetséges megoldás a levegőmennyiség szabályozására. A változtatható térfogatáramú légmennyiség szabályzók elszívó- és befúvórendszerekben használatosak, hogy állandó légsebességet biztosítsanak, vagy hogy változó légszállítási igényeknek feleljenek meg. Sok légmennyiség szabályzó beépített mérőegységgel és motoros mozgatással rendelkezik. Bizonyos esetekben elegendő egy mérőegységgel ellátott elem beépítése a légcsatornába. Léteznek olyan légmennyiség szabályzók is, amelyek az átáramló levegő különböző paraméterei (például páratartalom, széndioxid-tartalom) alapján, akár decentralizáltan és automatikusan is képesek működni. [13]

Az irodaház esetén nagyon fontos volt, hogy helyiségenkénti szabályzás valósuljon meg, ezért minden helyiséget egy vagy több CAV szabályzóval láttam el, ami állandó térfogatáramú levegőmennyiség áramlást tesz lehetővé. A Trox VFC 160 szabályzót választottam erre a feladatra. Ezek a szabályzók 65 m³/h és 666 m³/h között tudnak szabályozni.

Szintenkénti betervezésre került 4 db VAV szabályzó is a rendszerbe (kivéve a 6.emeleten, ahol a kisebb terület miatt két ilyen szabályzót terveztem). Ezek a szinti leágazások után kerültek betervezésre.

A TVE-Q típusú szabályzók előnye, hogy széles sebességtartományban működnek (0,8-8,0 m/s), és nem érzékenyek a rááramlási viszonyokra. Ezért a pontos méréshez nincs szükség egyenes rááramlási szakasz biztosítására, mivel a légmennyiséget nem mérőkereszttel, hanem közvetlenül a szabályzó lapon mérik. [14]

A Trox VFC 160 és a Trox TVE-Q típusú szabályzóelemek méretezését a 2-10 számú mellékletben csatoltam. [15]

4.3.5 Légkezelő méretezés

Az irodaházba általam méretezett légkezelő szerkezeti felépítése alapján egy közvetítőközegezes gép és az alábbi modulokból áll:

- Szűrő F7/F5
- Közvetítőközegezes hővisszanyerő (30% glycol))
- EC Ventilátorok
- Vizes fűtőkalorifer (70/60)
- Vizes hűtőegység (10/16)
- Párásító berendezés

Mivel irodai rendeltetésű épületről beszélünk, így F7-es szűrővel számoltam befűvési oldalon és F5-ös elszívás oldalon, így megfelelek a hatályos Eurovent szabványnak is.

A belépő friss levegő a szűrőt követően a közvetítőközeges hőcserélőbe érkezik. Méretezésnél 68%-os hatásfokot és télen 22°C-os elszívott, nyáron pedig 25°C-os távozó léghőmérsékletet veszek figyelembe.

$$t = \eta \cdot (t_t - t_k) + t_k$$

Ahol:

- η hővisszanyerő hatásfok [%]
- t_t : távozó levegő hőmérséklet [°C]
- t_k : külső levegő hőmérséklet [°C]

Ez alapján számítható a nyári és téli állapotra vonatkozó szellőző levegő hőmérséklet

$$\text{nyár: } 0,68 \cdot (25 - 35) + 35 = 28,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{tél: } 0,68 \cdot (22 - (-15)) + (-15) = 10,16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

A ventilátor kiválasztásához, a kialakított légszűrő rendszer hidraulikai nyomásesésére, valamint a légkezelő gépen eső nyomásértékekre van szükség.

A hidraulika számítások alapján a ventilátornak a légkezelőn eső nyomáson kívül befűvési oldalon 384,4 Pa-t, elszívó oldalon pedig 317,5 Pa-t kell leküzdeni, hogy a végpontokon megjelenjen a megfelelő nyomáskülönbség.

Az épületben külön van a hőtermelő és a hűtőegység, így 4 csöves kalorifereket választottam. A szükséges teljesítményt fűtés oldalról távhővezetéken keresztül, egy hőcserélőről leválasztva, hűtés oldalról pedig egy folyadékűtő fogja biztosítani.

Nyári esetben a hűtés 25 °C 70% relatív páratartalomig történik:

$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot \rho \cdot (h_{előtte} - h_{utánna}) = \frac{33000}{3600} \cdot 1,2 \cdot (60,45 - 45,02) = 169,8 \text{ [kW]}$$

Télen a fűtés 22 °C-ig tart, h-x diagramból kiolvasható itt 15% relatív páratartalom lesz:

$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot \rho \cdot (h_{előtte} - h_{utánna}) = \frac{33000}{3600} \cdot 1,2 \cdot (28,21 - 40,79) = 138,4 \text{ [kW]}$$

Ezekkel a teljesítményadatokkal kell számolni a fűtő és hűtő kaloriferek esetében.

A megfelelő komfort elérése érdekében úgy döntöttem, hogy tervezek egy gőzporlasztó készüléket is a légkezelőbe. Olyan gyártót kerestem, akiknek van a légkezelőbe épített

nedvesítőkamra, amit egy gőzgenerátorról lehet üzemelni. mivel irodai munkavégzés zajlik az épületben, fontos a megfelelő páratartalom a koncentráció fenntartása érdekében, így a megrendelővel egyeztetve 50%-ra méreteztem a nedvesítőt. Az alábbi számítással meghatároztam, hogy mennyi tömegáram porlasztására van szükség.

Téli esetben a párasítás 22 °C és 50% páratartalomra méretezve:

$$\dot{m}_{g\ddot{o}z} = \dot{V}_{szell\ddot{o}z\ddot{o}} \cdot c_{lev} \cdot (x_{előtte} - x_{utánna}) \left[\frac{kg}{h} \right]$$

$$\dot{m}_{g\ddot{o}z} = \frac{33000}{1000} \cdot 1,2 \cdot (2,44 - 8,22) = 228 \left[\frac{kg}{h} \right]$$

4.3.6 Légkezelő kiválasztása

A légkezelő kiválasztása során a KomfoTrade Zrt. termékínálatából választottam, egy olyan légkezelőt, mely az előző pontban kiszámított igényeknek tökéletesen megfelel.

A kiválasztott gép egy KLASIK-RA-12-24R/3.0/24R/3.0-H-EC/IE5/15.6/15.6-F7-M5-HW/2R/2.6-CW/3R/2.6-R1-X-O/Hu közvetítőközegees berendezés. A légkezelő adatlapját a 30. melléklet tartalmazza.

4.4 Műszaki leírás

Az irodaépület légtechnikai rendszerének célja a komfortos beltéri klíma biztosítása, 3800 m² alapterületen, nyári üzemmódban 25°C-os, téli üzemmódban pedig 22°C-os hőmérséklet fenntartásával. Egy KomfoTrade KLASIK-RA közvetítőközegees légkezelő berendezést választottam ki, amely 33 000 m³/h légszállítással és 68%-os hővisszanyerési hatásfokkal működik. A frisslevegő-ellátás egy belső, zárt zöld udvarban kialakított légbeszívótornyon keresztül történik, míg a kidobott levegő a tetőtérben elhelyezett esővédő rácson át távozik. A légcsatorna-hálózat egy központi strangból indul ki, majd szintenként a folyosók mentén haladó gerincvezetékekbe csatlakozik. Ezekről a gerincvezetésekről történik a levegő leágaztatása befúvó és elszívó légcsatornákkal, Lindab peremes elemek (ILU/RAK beömlőnyílás) segítségével. A légcsatorna hálózat a szinteken az álmennyezetben van elvezetve, a befúvó és az elszívó gerincvezetékek egymás tetején futnak. A légcsatorna elemek rögzítése a vasbeton födémbe fűrt menetes száakra alulról csatlakoztatott U-profillal tervezett, és a légcsatorna és a profil közé gumi rezgéscsillapító anyag kerül. A teljes befúvó légcsatorna hálózatot 50 mm alukasírozott kőzetgyapot szigeteléssel kell ellátni. Ez egy oldalról a zaj áthallást is gátolja, illetve a kezelt befűjt levegő légállapotát hivatott megtartani. A befűvás Lindab Airy 160 légszelepeken keresztül történik a tartózkodási zónákba, míg az elszívást Lindab AR-11 rácsok biztosítják. A rendszer

minden helyiségében állandó térfogatáram-szabályzók (CAV) gondoskodnak a levegő áramlásának pontos szabályozásáról. Ezen felül szintenként 4 db változó térfogatáram-szabályzó (VAV) is telepítésre került, kivéve a 6. emeleten, ahol a kisebb alapterület miatt csak 2 ilyen szabályzót tervezem be. A liftelőterek és a légtechnikai strangok tűzszakaszhatárként funkcionálnak, ezért ezek átlépési pontjaira tűzvédelmi csappantyúk kerültek betervezésre. Az így kialakított légtechnikai rendszer biztosítja a megfelelő szellőztetést és komfortot az irodaépület minden szintjén, a hatékonyság és a biztonság maximális figyelembevételével.

5 **Konklúzió**

Szakedolgozatomban egy Budapest belvárosi irodaépület felújítása kapcsán végeztem el egy korszerű komfort szellőztetési rendszer tervezését. A betervezett rendszer minden szempontból korszerű és magas komfortszintet képvisel. Ezt a komfortot a házfelügyeleti központra is köthető VAV szelepekkel zónánkénti szabályzással értem el. Ezzel az esetleges bérleménybe adott irodaterületek szabályozása válik lehetővé. Minden szint 4 zónára osztható a 6.emeletet leszámítva, tehát nagyon jól szeparálhatóak a területek. A megfelelő légmennyiséget, a helyiségekben elhelyezett CAV állandó térfogatáramú szabályzókkal lehet beszabályozni és szükség esetén elzárni.

A légkezelő gép megfelel a napjaink energetikai követelményrendszerének, és egy esetleges zöld minősítési vizsgálat (Breeam) során tovább emeli az épületre adható pozitív pontszámok összegét. Téli üzemre vonatkozóan betervezésre került egy gőznedvesítő berendezés, amivel az egész iroda területén tartható lehet az 50% körüli relatív páratartalom, ami rendkívül fontos szellemi munkavégzésnél.

Irodalomjegyzék

- [1] ESG-magazin: Minden, amit a Breeam és Leed minősítésről tudni kell - <https://esgmagazin.hu/minden-amit-a-breeam-es-leed-minositesekrol-tudni-kell/> (2024.11.28)
- [2] Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Kft.: 11_2022. ÉPMI (v1_2022. XI. 22.) - Az épületen belüli komfort-tényezők követelményei (Hő- és levegőminőségi komfort), 2022.
- [3] Condair: Megfelelő páratartalom a munkahelyen. <https://www.condair.hu/humidity-in-the-workplace> (2024.10.28)
- [4] Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Kft.: 5/2019.(IX.16.) ÉPMI, Az akusztika. Helyiségek akusztikai komfortja. Követelmények, 2019.
- [5] Magyar Tamás, 2022, Légtechnikai rendszerek I., Akadémiai Kiadó Zrt., Budapest (hozzáférés: MeRSZ.hu - https://mersz.hu/dokumentum/m974lr1__1/) (2024.11.22)
- [6] Verbai Zoltán, Kalmár Tünde, Csáky Imre, Kalmár Ferenc, 2013, Épülettechnikai rendszerek és rendszerelemek, TERC Kft, Budapest
- [7] Dr. Menyhárt József – Marcsó Sándor, 1997, Légtechnika I. Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen
- [8] Marcsó Sándor, 2010, Légtechnika I. A légtechnika elmélet alapjai, Szellőztető berendezések, Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Debrecen
- [9] Dr. Bánhidi László, 2001, Épületgépészet a gyakorlatban I. kötet, Verlag Dashöfer Szakkiadó Kft, Budapest
- [10] Dr. Magyar Tamás-Vígh Gellért, 2004, Légtechnikai tervezési segédlet. Lindab kft. Ventiláció üzletág. Biatorbágy (hozzáférés: https://itsolution.lindab.com/lindabwebproductsdoc/assets/production/Lindab_Legtechnika_Tervezesi_segedlet.pdf) (2024.11.15)
- [11] Proidea: Légtechnikai hangcsillapító elemek: <https://www.proidea.hu/epuletgepeszet-142958/legtechnika-113378/legtechnikai-hangcsillapito-elemek-113397/index.shtml?layout=d&tab=2> (2024.11.24)
- [12] Trox: Komplettn tűzvédelem a légtechnikában. [https://www.trox.hu/trox-newscenter/komplett-tűzvédelem-a-légtechnikában-10e3c7f8183aa650](https://www.trox.hu/trox-newscenter/komplett-tuizvedelem-a-legtechnikaban-10e3c7f8183aa650) (2024.11.24)

- [13] Proidea: Légtechnikai mérő és szabályozó szerkezetek.
<https://www.proidea.hu/epuletgepeszet-142958/legtechnika-113378/legtechnikai-mero-es-szabalyozo-szerkezetek-131262/index.shtml?layout=d&tab=2> (2024.11.24)
- [14] Trox TVE-Q <https://www.trox.hu/vav-keszuelékek/tve-q-32202277a36fff3b>
 (2024.11.24)
- [15] Trox: TVE-Q gyors kiválasztás <https://www.trox.de/en/vvs-regelgeraete/tve-q-68ffcbf207b8b429>
- [16] Google térkép utcakép képernyőkép (2024.11.29):
https://www.google.com/maps/@47.499464,19.0272096,3a,60y,259.43h,101.36t/data=!3m7!1e1!3m5!1sIwxudKsKE_qWYG2QgV_PfA!2e0!6shttps:%2F%2Fstreetviewpixels-pa.googleapis.com%2Fv1%2Fthumbnail%3Fcb_client%3Dmaps_sv.tactile%26w%3D900%26h%3D600%26pitch%3D-11.35999157517142%26panoid%3DIwxudKsKE_qWYG2QgV_PfA%26yaw%3D259.432548439362!7i16384!8i8192?authuser=0&entry=tту&g_ep=EgoyMDI0MTEyNC4xIKXMDS0ASAFQAw%3D%3D
- [17] Google térkép utcakép képernyőkép (2024.11.29):
https://www.google.com/maps/@47.5006117,19.0261018,99a,35y,180h,39.49t/data=!3m1!1e3?authuser=0&entry=tту&g_ep=EgoyMDI0MTEyNC4xIKXMDS0ASAFQAw%3D%3D
- [18] Krisztina Pláza 5.emelet B szárny alaprajz építész adatszolgáltatás 2024.10.25
- [-] Magyar Szabvány: MSZ CR 1752, Épületek szellőztetése. Épületek belső környezetének tervezési alapjai, Hatályba lépés: 2001. január 1., Magyar Szabványügyi hivatal 2001.

Mellékletek

1.melléklet: Trox esővédő levegő kivezető zsalu méretezés (saját készítés)

New Item: Order code

WG

/

2500x1650

/

/

+

»

Product selection

Drawing

Order details

Input

Volume flow

Volume flow q_v

30 210 m³/h

Select interface

Maximum velocity

10,0 m/s

Maximum sound power level, air-regenerated noise

60 dB(A)

Maximum total differential pressure

60 Pa

Application/Photo/Video



WG

Product photo

Results

Airflow velocity 2,12 m/s

Upstream area 4,1250 m²

Free area 1,9247 m²

Number of 2

Width of individual louver 1 200 mm

Height of individual louver 1 650 mm

Width of installation opening 2 515 mm

Height of installation opening 1 665 mm

Weight 69 kg

L_{WA} 51 dB(A)

Δpt 24 Pa

2.melléklet: Trox VFC 160 állandó légmennyiség szabályzó méretezés 120m³/h-ra (saját készítés)

New Item: Order code

VFC

/

160

/

/

+

»

Product selection

Drawing

Order details

Input

Strategy

Operating values to calculate acoustic data

Operating values

Constant volume flow rate

120 m³/h

Value=0, 36...900

Static differential pressure

50 Pa

30...500

Maximum sound pressure level, air-regenerated noise

35 dB(A)

Maximum sound pressure level, case-radiated noise

0 dB(A)

Application/Photo/Video



VFC

Product photo

Slencer

without Silencer (CAH)050(1000)

Calculate

Order code	Control range volume flow [m ³ /h]	Volume flow q_v [m ³ /h]	Air-regenerated noise L _{WA} [d B(A)]	Case-radiated noise L _{WA} [d B(A)]	Air-regenerated noise L _{pA} [d B(A)]	Case-radiated noise L _{pA} [d B(A)]	Airflow velocity v [m/s]
VFC/125	(36...360)	120	39	27	31	18	2,81
VFC/160	(65...666)	120	38	28	30	19	1,70
VFC/200	(90...900)	120	36	26	29	17	1,08

3.melléklet: Trox VFC 160 állandó légmennyiség szabályzó méretezés 70m³/h-ra (saját készítés)

New Item: Order code
VFC / 160 /

Product selection Drawing Order details

Input

Strategy
Operating values to calculate acoustic data

Operating values

Constant volume flow rate 70 m³/h Value=0, 20...666

Static differential pressure 50 Pa 30...500

Maximum sound pressure level, air-regenerated noise 35 dB(A)

Maximum sound pressure level, case-radiated noise 0 dB(A)

Application/Photo/Video



VFC

Product photo

Silencer without Silencer (CAH1050|1000)

Calculate

Order code	Control range volume flow [m³/h]	Volume flow q v [m³/h]	Air-regenerated noise L _{W,A} [d B(A)]	Case-radiated noise L _{W,A} [d B(A)]	Air-regenerated noise L _{p,A} [d B(A)]	Case-radiated noise L _{p,A} [d B(A)]	Airflow velocity v [m/s]
VFC/80 (20...150)	70	41	26	33	17	4,07	
VFC/100 (22...234)	70	43	31	35	22	2,58	
VFC/125 (36...360)	70	35	23	27	< 15	1,64	
VFC/160 (65...666)	70	35	25	27	16	0,99	

4.melléklet: Trox VFC 160 állandó légmennyiség szabályzó méretezés 200m³/h-ra (saját készítés)

New Item: Order code
VFC / 200 /

Product selection Drawing Order details

Input

Strategy
Operating values to calculate acoustic data

Operating values

Constant volume flow rate 200 m³/h Value=0, 22...1332

Static differential pressure 50 Pa 30...500

Maximum sound pressure level, air-regenerated noise 50 dB(A)

Maximum sound pressure level, case-radiated noise 0 dB(A)

Application/Photo/Video



VFC

Product photo

Silencer without Silencer (CAH1050|1000)

Calculate

Order code	Control range volume flow [m³/h]	Volume flow q v [m³/h]	Air-regenerated noise L _{W,A} [d B(A)]	Case-radiated noise L _{W,A} [d B(A)]	Air-regenerated noise L _{p,A} [d B(A)]	Case-radiated noise L _{p,A} [d B(A)]	Airflow velocity v [m/s]
VFC/100 (22...234)	200	48	36	39	27	7,37	
VFC/125 (36...360)	200	43	31	35	22	4,68	
VFC/160 (65...666)	200	41	31	33	22	2,83	
VFC/200 (90...900)	200	39	29	31	20	1,80	
VFC/250 (133...1332)	200	41	25	33	16	1,15	

5.melléklet: Trox VFC 200 állandó légmennyiség szabályzó méretezés 300m³/h-ra (saját készítés)

New Item: Order code
VFC / 200 /

Product selection Drawing Order details

Input

Strategy
Operating values to calculate acoustic data

Operating values

Constant volume flow rate 300 m³/h Value=0, 36...1332

Static differential pressure 50 Pa 30...500

Maximum sound pressure level, air-regenerated noise 50 dB(A)

Maximum sound pressure level, case-radiated noise 0 dB(A)

Application/Photo/Video



VFC

Product photo

Silencer without Silencer (CAH1050|1000)

Calculate

Order code	Control range volume flow [m³/h]	Volume flow q v [m³/h]	Air-regenerated noise L _{W,A} [d B(A)]	Case-radiated noise L _{W,A} [d B(A)]	Air-regenerated noise L _{p,A} [d B(A)]	Case-radiated noise L _{p,A} [d B(A)]	Airflow velocity v [m/s]
VFC/125 (36...360)	300	46	34	38	25	7,01	
VFC/160 (65...666)	300	44	34	35	25	4,25	
VFC/200 (90...900)	300	41	31	33	22	2,71	
VFC/250 (133...1332)	300	42	26	35	17	1,73	

6.melléklet: Trox VFC 250 állandó légmennyiség szabályzó méretezés 510m³/h-ra (saját készítés)

New Item: Order code

VFC / 250 /

Product selection Drawing Order details

Input

Strategy

Operating values to calculate acoustic data

Operating values

Constant volume flow rate 510 m³/h Value=0, 65...1332

Static differential pressure 50 Pa 30...500

Maximum sound pressure level, air-regenerated noise 0 dB(A)

Maximum sound pressure level, case-radiated noise 0 dB(A)

Application/Photo/Video

VFC

Product photo

Silencer without Silencer (CAH1050|1000)

Calculate

Order code	Control range volume flow [m ³ /h]	Volume flow q _v [m ³ /h]	Air-regenerated noise L _{W,A} [d B(A)]	Case-radiated noise L _{W,A} [d B(A)]	Air-regenerated noise L _{p,A} [d B(A)]	Case-radiated noise L _{p,A} [d B(A)]	Airflow velocity v [m/s]
VFC/160 (65...666)		510	47	37	38	28	7,23
VFC/200 (90...900)		510	44	34	36	25	4,60
VFC/250 (133...1332)		510	45	29	37	20	2,93

7.melléklet: Trox TVE-Q 600x200 változó légmennyiség szabályzó gyors kiválasztás (saját készítés) [11]



B	H	q _v [l/s]	q _v [m ³ /h]	Δp _{stmin} [Pa]		Δq _v [±%]
				(1)	(2)	
600	200	384	1382	6	22	8
600	200	672	2419	16	64	6
600	200	960	3456	33	129	5

(1) alapegység, (2) kiegészítő hangcsillapítóval

Zajterhelés:

B	H	q _v [l/s]	q _v [m ³ /h]	150 Pa	500 Pa
				(1)	
600	200	384	1382	29	41
600	200	672	2419	33	45
600	200	960	3456	36	48

8.melléklet: Legtechnikai rendszer hidraulikai méretezése (saját készítés)

9.melléklet: GL-01 Belső terek szellőztetése, befűtés 2.emelet alaprajz

10.melléklet: GL-02 Belső terek szellőztetése, elszívás 2.emelet alaprajz

11.melléklet: GL-03 Belső terek szellőztetése, befűtés 3.emelet alaprajz

12.melléklet: GL-04 Belső terek szellőztetése, elszívás 3.emelet alaprajz

13.melléklet: GL-05 Belső terek szellőztetése, befűtés 4.emelet alaprajz

14.melléklet: GL-06 Belső terek szellőztetése, elszívás 4.emelet alaprajz

15.melléklet: GL-07 Belső terek szellőztetése, befűtés 5.emelet alaprajz

16.melléklet: GL-08 Belső terek szellőztetése, elszívás 5.emelet alaprajz

17.melléklet: GL-09	Belső terek szellőztetése, befűtés 6.emelet alaprajz
18.melléklet: GL-10	Belső terek szellőztetése, elszívás 6.emelet alaprajz
19.melléklet: GL-11	Légkezelő gép elszívás oldal
20.melléklet: GL-12	Légkezelő gép befűtés oldal
21.melléklet: GLS-01	2. jelű akna, földszint alaprajz
22.melléklet: GLS-02	2. jelű akna, 1.emelet alaprajz
23.melléklet: GLS-03	2. jelű akna, 2.emelet alaprajz
24.melléklet: GLS-04	2. jelű akna, 3.emelet alaprajz
25.melléklet: GLS-05	2. jelű akna, 4.emelet alaprajz
26.melléklet: GLS-06	2. jelű akna, 5.emelet alaprajz
27.melléklet: GLS-07	2. jelű akna, 6.emelet alaprajz
28.melléklet: GLS-08	Légcsatorna kapcsolási terv
29.melléklet: GLS-09	B épület légcsatorna strang metszet
30 melléklet:	Légkezelő gép adatlap

Szakasz	Légmeny-nyiség Q [m³/h]	Átmérő d [mm]	Sebesség v [m/s]	Reynolds szám Re [-]	Csőátlósági tényező λ [-]	Csőhossz l [mm]	Csőhossz l [m]	Sűrítődési ellenállás ΔPs [Pa]	Alaki ellenállás tényező ζ III	Alaki ellenállás ΔPa [Pa]	Ellenállás összesen ΔPv [Pa]	Megjegyzés	Típuszám
1 Friss	33000									40,00	73,9	Beszívónyílás	Egyedi gyártás 1700x900 méretben
1 Friss	33000	1700x900	5,99	600095	0,01272	6000	6	1,40				Négyzög légszatorna	LKR 1700 900
1 Friss	33000								0,4	8,65		90°-ív (függőleges)	LBXR 900 1700 900 90 150 150
1 Friss	33000	1700x900	5,99	600095	0,01272	1500	1,5	0,35				Négyzög légszatorna	LKR 1700 900
1 Friss	33000	1700x900	5,99							17,00		Kulisszás hangcsillapító	TUNE-S-100/183- 1700x900x1500 hangcsillapító
1 Friss	33000								0,3	6,49		Szűkítő idom	LDR 2500-1600-1700- 900-600-4
Légkezelő													
2 Strang	33000								0,30	6,49	194,9	Szűkítő idom	LDR 2500-1600-1700- 900-600-4
2 Strang	33000	1700x900	5,99							17,00		Kulisszás hangcsillapító	TUNE-S-100/183- 1700x900x1500 hangcsillapító
2 Strang	33000	1700x900	5,99	600095	0,01272	1500	1,5	0,35				Négyzög légszatorna	LKR 1700 900
2 Strang	33000								0,40	8,65		90°-ív (függőleges)	LBXR 900 1700 900 90 150 150
2 Strang	33000	1700x900	5,99	600095	0,01272	4500	4,5	1,05				Négyzög légszatorna	LKR 1700 900
2 Strang	33000								0,80	17,30		T elágazás	
2 Strang	32000								0,30	6,49		Szűkítő idom	LDR 900-1700-900- 1600-600-4
2 Strang	32000	1600x900	6,17	581911	0,01278	2700	2,7	0,69				Négyzög légszatorna	LKR 1600 900
2 Strang	32000								0,80	18,37		T elágazás	
2 Strang	26760								0,30	6,89		Szűkítő idom	LDR 900-1600-900- 1350-600-4
2 Strang	26760	1350x900	6,12	486623	0,01319	2700	2,7	0,74				Négyzög légszatorna	LKR 1350 900
2 Strang	26760								0,80	18,04		T elágazás	
2 Strang	20630								0,30	6,77		Szűkítő idom	LKR 900-1350-900-1000- 600-4
2 Strang	20630	1000x900	6,37	375150	0,01382	2700	2,7	0,96				Négyzög légszatorna	LKR 1000 900
2 Strang	20630								0,80	19,54		T elágazás	
2 Strang	14500								0,30	7,33		Szűkítő idom	LDR 900-1000-900-800- 600-4
2 Strang	14500	800x900	5,59	263678	0,01476	2700	2,7	0,89				Négyzög légszatorna	LKR 800 900
2 Strang	14500								0,80	15,08		T elágazás	
2 Strang	8370								0,30	5,66		Szűkítő idom	LDR 900-800-900-450- 600-4
2 Strang	8370	450x900	5,74	152206	0,01644	2700	2,7	1,47				Négyzög légszatorna	LKR 450 900
2 Strang	8370								0,80	15,88		T elágazás	
2 Strang	2240								0,30	5,96		Szűkítő idom	LDR 900-450-900-200- 600-4
2 Strang	2240	200x900	3,46	40734	0,02227	2100	2,1	1,03				Négyzög légszatorna	LKR 200 900
2 Strang	2240								1,40	10,08		T elágazás, (Strang lezárás)	6.emeleti kilépés a strangból
2 Strang	2240								0,30	2,16		Szűkítő idom	LDR 200-600-600-200- 600-4
3 szint	2240									8,00		Tűzcappantyú	TROX-FKA2-EU- 600x200x305
3 szint	2240	600x200	5,19	40734	0,02227	500	0,5	0,60				Négyzög légszatorna	LKR 600 200
3 szint	1210								1,4	22,68		T elágazás	LTTR 600 600 600 200 150 150 150
3 szint	1210	600x200	2,80	22003	0,02598	1500	1,5	0,61				Négyzög légszatorna	LKR 600 200
3 szint	1210								0,1	0,47		30°-ív (Vízszintes)	LBXR 600 200 600 30 150 150
3 szint	1210	600x200	2,80	22003	0,02598	500	0,5	0,20				Négyzög légszatorna	LKR 600 200
3 szint	1210									4,50		Tűzcappantyú	TROX-FKA2-EU- 600x200x305
3 szint	1210	600x200	2,80	22003	0,02598	3000	3	1,23				Négyzög légszatorna	LKR 600 200
3 szint	1210									4,50		Tűzcappantyú	TROX-FKA2-EU- 600x200x305
3 szint	1210								0,6	2,84		90°-ív (Vízszintes)	LBXR 600 200 600 90 150 150
3 szint	1210									8,00		Szabályzóelem	TROX TVE-Q VAV szabályzó
3 szint	1210								0,8	3,78		Boámlónyílás	ILU 160
3 szint	1140	600x200	2,64	20731	0,02637	300	0,3	0,11				Négyzög légszatorna	LKR 600 200
3 szint	1140								0,8	3,36		Boámlónyílás	ILU 160
3 szint	1030	600x200	2,38	18730	0,02705	3000	3	0,93				Négyzög légszatorna	LKR 600 200
3 szint	1030								0,8	2,74		Boámlónyílás	ILU 160
3 szint	960	600x200	2,22	17457	0,02753	3000	3	0,82				Négyzög légszatorna	LKR 600 200
3 szint	960								0,8	2,38		Boámlónyílás	ILU 160
3 szint	890	600x200	2,06	16184	0,02805	800	0,8	0,19				Négyzög légszatorna	LKR 600 200
3 szint	890								0,8	2,05		Boámlónyílás	ILU 160
3 szint	820	600x200	1,90	14911	0,02863	2200	2,2	0,46				Négyzög légszatorna	LKR 600 200
3 szint	820								0,8	1,74		Boámlónyílás	ILU 160
3 szint	710	600x200	1,64	12911	0,02968	1000	1	0,16				Négyzög légszatorna	LKR 600 200
3 szint	710								0,8	1,30		Boámlónyílás	ILU 160
3 szint	510	600x200	1,18	9274	0,03224	1300	1,3	0,12				Négyzög légszatorna	LKR 600 200
3 szint	510								0,3	0,25		Szűkítő idom	LDR 600-200-400-200- 450-4
3 szint	510								0,8	0,67		Boámlónyílás	ILU 160
3 szint	510	400x200	1,77	9274	0,03224	500	0,5	0,11				Négyzög légszatorna	LKR 400 200
3 szint	510								0,8	1,51		Boámlónyílás	ILU 160
3 szint	400	400x200	1,39	7274	0,03426	3000	3	0,45				Négyzög légszatorna	LKR 400 200
3 szint	400								0,8	0,93		Boámlónyílás	ILU 160
3 szint	290	400x200	1,01	5274	0,03713	3000	3	0,26				Négyzög légszatorna	LKR 400 200
3 szint	290								0,8	0,49		Boámlónyílás	ILU 160
3 szint	220	400x200	0,76	4001	0,03978	3500	3,5	0,18				Négyzög légszatorna	LKR 400 200
3 szint	220								0,8	0,28		Boámlónyílás	ILU 160
3 szint	110	400x200	0,38	2000	0,04731	500	0,5	0,01				Négyzög légszatorna	LKR 400 200
3 szint	110	160	1,52	15918	0,02817	1000	1	0,24				Kör légszatorna	SR 160
3 szint	110									30,00		szabályzó	VFC CAV szabályzó NA160
3 szint	110	160	1,52	15918	0,02817	1300	1,3	0,32				Flexibilis légszatorna	Sonoflex 160/25
3 szint	110								0,8	1,11		T elágazás	TCPU 160 160 160
3 szint	55	160	0,76	7959	0,03350	500	0,5	0,04				Flexibilis légszatorna	Sonoflex 160/25
3 szint	55									5,00		Légselelep	AIRY 160
Szumma:											384,4		

Szakasz	Légmeny- nyiség Q [m3/h]	Átmérő d [mm]	Sebesség v [m/s]	Reynolds szám Re [-]	Csőárlódási tényező λ [-]	Csőhossz l [mm]	Csőhossz l [m]	Sűrítődási ellenállás ΔPs [Pa]	Alaki ellenállás tényező ξ [1]	Alaki ellenállás ΔPa [Pa]	Ellenállás összesen ΔPv [Pa]	Megjegyzés	Típuszám
1 Ki	30210	2000x990								24,00	26,8	Esővédő rács	Trox WG 2000x990 méretben
1 Ki	32010								0,30	0,80		Szűkítő idom	LDR 2000-1600-2000-1650-600-4
1 Ki	30210	2500x1600	2,10	549360	0,01291	2500	2,5	0,04				Négyyszög légszatorna	LKR 1700 900
1 Ki	30210	2500x1600	2,10							2,00		Kulisszás hangscillapító	TUNE-S-100/183-2500x1600x1500 hangscillapító
Légkezelő													
2 Strang	30210									0,3	5,44	Szűkítő idom	LDR 2500-1600-1700-900-600-4
2 Strang	30210	1700x900	5,48								28,00	Kulisszás hangscillapító	TUNE-S-100/183-1700x900x1500 hangscillapító
2 Strang	30210								0,40	7,25	90°ív (vízszintes)	LBXR 900 1700 900 90 150 150	
2 Strang	30210								0,40	7,25	90°ív (függőleges)	LBXR 1700 900 1700 90 150 150	
2 Strang	30210	1700x900	5,48	549360	0,01291	2700	2,7	0,54			Négyyszög légszatorna	LKR 1700 900	
2 Strang	30210								0,8	14,50	T elágazás		
2 Strang	28430								0,3	5,44	Szűkítő idom	LDR 900-1700-900-1450-600-4	
2 Strang	28430	1450x900	6,05	516991	0,01305	2700	2,7	0,70			Négyyszög légszatorna	LKR 1450 900	
2 Strang	28430								0,8	17,65	T elágazás		
2 Strang	22560								0,3	6,62	Szűkítő idom	LDR 900-1450-900-1100-600-4	
2 Strang	22560	1100x900	6,33	410247	0,01360	2700	2,7	0,90			Négyyszög légszatorna	LKR 1100 900	
2 Strang	22560								0,8	19,31	T elágazás		
2 Strang	16690								0,3	7,24	Szűkítő idom	LKR 900-1100-900-900-600-4	
2 Strang	16690	900x900	5,72	303503	0,01438	2700	2,7	0,85			Négyyszög légszatorna	LKR 900 900	
2 Strang	16690								0,8	15,79	T elágazás		
2 Strang	11120								0,3	5,92	Szűkítő idom	LDR 900-900-900-550-600-4	
2 Strang	11120	550x900	6,24	202214	0,01554	2700	2,7	1,44			Négyyszög légszatorna	LKR 550 900	
2 Strang	11120								1,4	32,85	T elágazás, (Strang kilépés a strangból)	2. Emeleti kilépés a strangból	
2 Strang	2590	400x500	3,60	47098	0,02148	2700	2,7	1,02			Négyyszög légszatorna	LKR 400 500	
3 szint	2590									3,00	Tűzcsappantyú	TROX-FKA2-EU-400x500x305	
3 szint	1240								0,1	0,78	30°ív (Vízszintes)	LBXR 400 500 400 30 150 150	
3 szint	2590	1000x200	3,60	47098	0,02148	2700	2,7	1,36		0,3	2,34	Szűkítő idom	LDR 400-500-1000-200-600-4
3 szint	2590									0,2	1,56	90°ív (Vízszintes)	LBXR 1000 200 1000 90 150 150
3 szint	2590										5,00	Tűzcsappantyú	TROX-FKA2-EU-1000x200x305
3 szint	2590									0,2	1,56	90°ív (Vízszintes)	LBXR 1000 200 1000 90 150 150
3 szint	2590										5,00	Tűzcsappantyú	TROX-FKA2-EU-1000x200x305
3 szint	2590									1,4	10,91	T elágazás	LTTR 600 1000 600 200 150 150 150
3 szint	1710										8,00	Szabályzóelem	TROX TVE-Q VAV szabályzó
3 szint	1710	600x200	3,96	31096	0,02383	1500	1,8	1,12			Négyyszög légszatorna	LKR 600 200	
3 szint	1710									0,8	6,21	Beömlőnyílás	LAR 200 150
3 szint	1550	600x200	3,59	28186	0,02442	300	3,2	0,19			Négyyszög légszatorna	LKR 600 200	
3 szint	1550									0,8	6,21	Beömlőnyílás	LAR 200 150
3 szint	1390	600x200	3,22	25277	0,02509	3000	3,1	1,57			Négyyszög légszatorna	LKR 600 200	
3 szint	1390									0,8	4,99	Beömlőnyílás	LAR 200 150
3 szint	1230	600x200	2,85	22367	0,02587	3000	2,3	1,26			Négyyszög légszatorna	LKR 600 200	
3 szint	1230									0,3	1,47	Szűkítő idom	LDR 600-200-400-200-450-4
3 szint	1230									0,8	6,65	Beömlőnyílás	LAR 200 150
3 szint	1070	400x200	3,72	19458	0,02679	3800	3,8	3,17			Négyyszög légszatorna	LKR 400 200	
3 szint	1070									0,8	6,65	Beömlőnyílás	LAR 200 150
3 szint	910	400x200	3,16	16548	0,02790	3100	3,1	1,95			Négyyszög légszatorna	LKR 400 200	
3 szint	910									0,8	4,81	Beömlőnyílás	LAR 200 150
3 szint	760	400x200	2,64	13820	0,02918	3200	3,2	1,47			Négyyszög légszatorna	LKR 400 200	
3 szint	760									0,8	3,36	Beömlőnyílás	LAR 200 150
3 szint	620	400x200	2,15	11275	0,03071	3000	3	0,96			Négyyszög légszatorna	LKR 400 200	
3 szint	620									0,8	2,23	Beömlőnyílás	LAR 200 150
3 szint	480	400x200	1,67	8729	0,03273	500	0,5	0,10			Négyyszög légszatorna	LKR 400 200	
3 szint	480									0,8	1,34	Beömlőnyílás	ILU 160
3 szint	480	400x200	1,67	8729	0,03273	750	0,75	0,15			Négyyszög légszatorna	LKR 400 200	
3 szint	240	160	3,32	34730	0,02318	1000	1	0,96			Kör légszatorna szabályzó	SR 160	
3 szint	240										4,00	LINDAB DSU 160	
3 szint	240	160	3,32	34730	0,02318	1300	4	1,25			Flexibilis légszatorna	Sonoflex 160/25	
3 szint	240									0,8	5,30	T elágazás	TCPU 160 160 160
3 szint	120	160	1,66	17365	0,02756	500	2,4	0,14			Flexibilis légszatorna	Sonoflex 160/25	
3 szint	120											Légszelep	AIRY 160
Szuma:										5,00	317,5		

Technical Specification

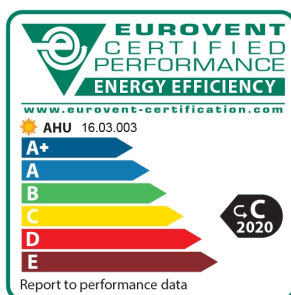
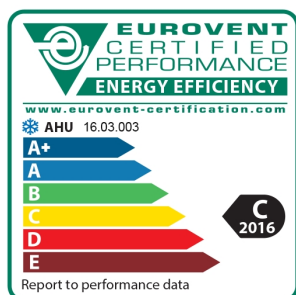
Project name :

WinTADS Lite - 1.10.0081.1 (22/02/2024)

Quotation no : Irodaház / 001 [AHU-1 33.000/30.210 m3/h]



Komfovent is participating in the EUROVENT CERTIFICATION Program for Air Handling Units. The range KLASIK is certified under the number 16.03.003 and presented on www.eurovent-certification.com



CUSTOMER DETAILS

Customer Name
Customer Number
Address
Town
Postcode
Country

GENERAL DATA

Air handling unit	KLASIK-RA-12-24R/3.0/24R/3.0-H-EC/IE5/15.6/15.6-F7-M5-HW/2R/2.6-CW/3R/2.6-R1-X-O/Hu		
Number off	1	AHU configuration	Double deck (opposite)
Typology	NRVU / BVU	Type of HRS	Other (Run-around heat exchanger)

COMMISSION REGULATION(EU) No 1253 (ecodesign requirements)

		Value	2018
The thermal efficiency of HRS (nt)	%	69	≥68
Internal specific fan power (SFPint)	W/m³/s	1157	1340
Type of drive - variable speed		Installed	Necessary
Thermal by-pass facility		Installed	Necessary
Warning - filter is clogged		Exists	Necessary
Unit conformity assessment			Conforms
Internal pressure drop of ventilation components	Pa	820	
Internal pressure drop of non - ventilation components	Pa	389	
Effective electric power input	kW	22.52	
Maximum external leakage rate at -400Pa (R)	%	<0.5	
Maximum external leakage rate at +400Pa (R)	%	<0.5	
Maximum internal leakage rate or carry over	%	<1	
Exhaust filter correction(F), (EU1253)			0
Supply filter correction(F), (EU1253)			0
Efficiency bonus of HRS(E), (EU1253)			40

When filters get dirty, unit control panel gives notice to change the filters.

Dirty filters cause increased energy consumption, which decreases performance and energy efficiency of the unit, so it is very important to change the filters regularly.

In order to fulfill the regulation EU 1253 the AHU must be fitted with the frequency inverter.

Technical Specification

Project name :	WinTADS Lite - 1.10.0081.1 (22/02/2024)
Quotation no : Irodaház / 001 [AHU-1 33.000/30.210 m3/h]	

Fs-Pref (winter)		0.99	Fs-Pref (summer)		0.89
Location		Internal			
SFPv (without frequency inverter)	kW/m³/s	-	SFPv (with frequency inverter)	kW/m³/s	2.46
Total weight (each)	kg	5476.70	Roof type		None
Casing model		Standart2 TB			
Casing strength		D1(M)	Casing Air Leakage		L1(M)
Filter Bypass Leakage		F9(M)	Thermal Transmittance		T2
Thermal Bridging Factor		TB2	Country		Hungary
Air density	kg/m³	1.2	City		BUDAPEST FERIHEGY
Atmospheric pressure	Pa	101325	Tdw-Ps	°C	16.2
TDryS	°C	33.1	TDryW	°C	-9.1
TWetS	°C	21.6	Design winter outdoor temperature	°C	-15.0

Frequency	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	dB(A)
Radiated casework SWL, dB	40	63	49	52	51	47	40	29	55

PANEL DATA

Panel internal finish	Standard	Panel external finish	Standard
-----------------------	----------	-----------------------	----------

BASE FRAME DATA

Base frame material	2mm steel C-channel	Base frame height	mm	125
---------------------	---------------------	-------------------	----	-----

EXHAUST DATA

Type		12	Nominal flow rate	m³/s	8.39
Nominal external pressure (delta ps, ext)	Pa	400			
Frame type		60mm Aluminium			
Internal skin material		Galvanized steel	External skin material		Galvanized steel
Floor internal skin material		Galvanized steel	Floor external skin material		Galvanized steel
Panel type		50mm mineral wool (0,035 W/mK)+10mm PIR (0,028 W/mK)			
			SFPv (with frequency inverter)	kW/m³/s	1.09
			SFPv Class		SFP 3

Operating sound power level									
Frequency	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	dB(A)
Inlet dB	70	84	79	72	64	58	51	37	74
Outlet dB	76	89	82	84	79	75	70	63	84

SUPPLY DATA

Type		12	Nominal flow rate	m³/s	9.17
Nominal external pressure (delta ps, ext)	Pa	400			
Frame type		60mm Aluminium			
Internal skin material		Galvanized steel	External skin material		Galvanized steel
Floor internal skin material		Galvanized steel	Floor external skin material		Galvanized steel
Panel type		50mm mineral wool (0,035 W/mK)+10mm PIR (0,028 W/mK)			
			SFPv (with frequency inverter)	kW/m³/s	1.46
			SFPv Class		SFP 4

Operating sound power level									
Frequency	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	dB(A)
Inlet dB	69	87	81	72	65	59	50	32	76
Outlet dB	76	93	84	87	81	79	73	59	87

Technical Specification

Project name :	WinTADS Lite - 1.10.0081.1 (22/02/2024)
Quotation no : Irodaház / 001 [AHU-1 33.000/30.210 m3/h]	

In direction of airflow, the unit comprises:

DELIVERY SECTION(S)

Section	Width (mm)	Height (mm)	Length (mm)	Baseframe (mm)	Weight (kg)
1	2875	1815	3075	-	2239.98
2	2875	1815	4995	Channel (125)	3236.71

RLT Energy efficiency of AHU

SUPPLY DATA

Air velocity inside casing cross section	m/s	1.97
Air velocity class (EN13053)		V3
Electric power consumption of fan drive (Pm)	kW	14.05
Pm ref	kW	18.63
Electric power consumption class (EN13053)		P1
Heat recovery energy efficiency	%	-
Heat recovery efficiency class (EN13053)		-

EXHAUST DATA

Air velocity inside casing cross section	m/s	1.81
Air velocity class (EN13053)		V3
Electric power consumption of fan drive (Pm)	kW	11.03
Pm ref	kW	14.86
Electric power consumption class (EN13053)		P1
Heat recovery energy efficiency	%	-
Heat recovery efficiency class (EN13053)		-

EXHAUST COMPONENTS

INLET SECTION	Length: 0mm	Pressure drop: 0Pa
Opening, width x height	mm	2500 x 1600
Damper motor	None	Damper torque Flexible connector
		Nm mm
		2500 x 1600 x 120

BAG FILTER SECTION	Length: 500mm	Pressure drop: 74Pa
Manufacturer	Ygla	Initial pressure drop
Sub type	Standard	Pa
Filter class (EN 779:2012)	M5	Final pressure drop
Filter class (EN ISO 16890)	ePM10 60%	Pa
Media length	mm	Effective filtration area
Withdrawal method	Side	m²
Spare filter sets	0	Energy performance
ACCESS		kWh/a
Access type	Hinged	Filter size: Qty x W x H
		mm
		9 x 892 x 490
		Access side
		Left

Technical Specification

Project name :	WinTADS Lite - 1.10.0081.1 (22/02/2024)
Quotation no : Irodaház / 001 [AHU-1 33.000/30.210 m3/h]	

FAN SECTION		Length: 1200mm			
Fan designed for wet conditions					
Fan type		FAN-560-C-02-ST-MF3-X		Fan arrangement	3
Air volume	m³/s	8.39		Motor x 3	Run
Fan outlet velocity	m/s	-		Installed motor power	kW 5.20
Required fan speed	RPM	1638		Motor type	EC (IE5)
Max. fan speed	RPM	1860		Motor speed	RPM 1860
External static pressure	Pa	400		Voltage	V 400
Extra static pressure	Pa	0		Current (nominal)	A 8.2
Built-in loss	Pa	0		Motor efficiency	% -
Total static pressure	Pa	927		K-value	355
Dynamic pressure	Pa	24		FOP	Hz -
Total pressure	Pa	951			
Fan absorbed power	kW	-			
Total absorbed power (nominal with frequency inverter)	kW	3.68			
Total fan efficiency	%	72.3			
Static fan efficiency	%	70.5			
Overall efficiency ErP	%	75.8			
ACCESS					
Access type		Hinged		Access side	Left

CW RUN AROUND COIL		Length: 950mm		Pressure drop: 448Pa	
Coil code		CW-G30-24R-2420-1560-900-1×21C-30F-M1-C40-IS2-XX-1×R1½/1×R1½-180		Construction	Internal headers
Air volume	m³/s	8.39		Capacity	kW 264.59
Sensible capacity	kW	187.86		Latent capacity	kW 76.73
Air on db	°C	20.0		Air off db	°C 1.8
Air on wb/RH	°C / %	13.7 / 50		Air off wb/RH	°C / % 1.8 / 100
Air pressure drop coil (Wet)	Pa	448		Face velocity	m/s 2.25
Air pressure drop coil (Dry)	Pa	336			
Temperature efficiency, EN308	%	69		Temperature efficiency, at working point	% 68
Fluid	30%	Ethylene glycol by weight		Fluid flow rate	l/s 2.71
Fluid on	°C	-9.5		Fluid off	°C 16.1
Fluid pressure drop	kPa	107		Condensation	kg/hr 110.00
Fin spacing	mm	3.0		Inlet con	1×R11
Fin material		Al		Outlet con	1×R11
Max hy	bar	15		Connection type	Screwed BSP (Access side)
Max fl t	°C	90		Internal volume	dm³ 477.20
Drain pan type		Flat			

OUTLET SECTION		Length: 125mm		Pressure drop: 4Pa	
Standard	mm	2500 x 1600 x 125		Damper torque	Nm 15.0
Damper motor		15Nm		Air damper	Internal, Opposed blades

SUPPLY COMPONENTS

INLET SECTION		Length: 125mm		Pressure drop: 5Pa	
Standard	mm	2500 x 1600 x 125		Damper torque	Nm 15.0
Damper motor		15Nm		Air damper	Internal, Opposed blades

Technical Specification

Project name :	WinTADS Lite - 1.10.0081.1 (22/02/2024)
Quotation no : Irodaház / 001 [AHU-1 33.000/30.210 m3/h]	

BAG FILTER SECTION		Length: 500mm		Pressure drop: 125Pa	
Manufacturer		Ygla		Initial pressure drop	Pa 75
Sub type		Standard		Final pressure drop	Pa 175
Filter class (EN 779:2012)		F7		Effective filtration area	m² 58.77
Filter class (EN ISO 16890)		ePM1 60%		Energy performance	kWh/a 1009
Media length	mm	500		Filter size: Qty x W x H	mm 9 x 892 x 490
Withdrawal method		Side			
Spare filter sets		0			
ACCESS					
Access type		Hinged		Access side	Right

HW RUN AROUND COIL		Length: 950mm		Pressure drop: 372Pa	
Coil code		HW-G30-24R-2410-1560-900-1x21C-30F-M1-C40-IS1-XX-1xR2/1xR2-180	Construction	Internal headers	
Air volume	m³/s	9.17	Capacity	kW	264.18
Air on db	°C	-15.0	Air off db	°C	8.7
Air on RH	%	90	Air off rh	%	15
Air pressure drop coil	Pa	372	Face velocity	m/s	2.15
Temperature efficiency, EN308	%	69	Temperature efficiency, at working point	%	68
Fluid	30%	Ethylene glycol by weight	Fluid flow rate	l/s	2.71
Fluid on	°C	16.1	Fluid off	°C	-9.5
Fluid pressure drop	kPa	102			
Fin spacing	mm	3.0	Inlet con		1xR2
Fin material		Al	Outlet con		1xR2
Max hy	bar	15	Connection type		Screwed BSP (Access side)
Max fl t	°C	90	Internal volume	dm³	478.60

FAN SECTION		Length: 1200mm			
Fan designed for wet conditions					
Fan type		FAN-560-C-02-ST-MF3-X	Fan arrangement		3
Air volume	m³/s	9.17	Motor x 3		Run
Fan outlet velocity	m/s	-	Installed motor power	kW	5.20
Required fan speed	RPM	1781	Motor type		EC (IE5)
Max. fan speed	RPM	1860	Motor speed	RPM	1860
External static pressure	Pa	400	Voltage	V	400
Extra static pressure	Pa	0	Current (nominal)	A	8.2
Built-in loss	Pa	0	Motor efficiency	%	-
Total static pressure	Pa	1083	K-value		355
Dynamic pressure	Pa	28	FOP	Hz	-
Total pressure	Pa	1110			
Fan absorbed power	kW	-			
Total absorbed power (nominal with frequency inverter)	kW	4.68			
Total fan efficiency	%	72.4			
Static fan efficiency	%	70.6			
Overall efficiency ErP	%	75.8			
ACCESS					
Access type		Hinged	Access side		Right

Technical Specification

Project name :	WinTADS Lite - 1.10.0081.1 (22/02/2024)
Quotation no : Irodaház / 001 [AHU-1 33.000/30.210 m3/h]	

HOT WATER COIL		Length: 270mm		Pressure drop: 31Pa	
Coil code		HW-G10-02R-2416-1560-220-1×39C-26F-M1-C40-IS1-XX-1×R3/1×R3-180	Construction	Internal headers	
Air volume	m³/s	9.17	Capacity	kW	169.16
Safety on capacity	%	70			
Air on db	°C	6.7	Air off db	°C	22.0
Air on RH	%	15	Air off rh	%	5
Air pressure drop coil	Pa	31	Face velocity	m/s	2.31
Fluid	100%	Water	Fluid flow rate	l/s	4.12
Fluid on	°C	70.0	Fluid off	°C	60.0
Fluid pressure drop	kPa	21			
Fin spacing	mm	2.6	Inlet con	1×R3	
Fin material		Al	Outlet con	1×R3	
Max hy	bar	21	Connection type	Screwed BSP (Access side)	
Max fl t	°C	130	Internal volume	dm³	37.98

COLD WATER COIL		Length: 270mm		Pressure drop: 50Pa	
Coil code		CW-G10-03R-2428-1560-220-1×68C-26F-M1-C40-IS1-XX-1×R2½/1×R2½-180	Construction	Internal headers	
Air volume	m³/s	9.17	Capacity	kW	138.53
Sensible capacity	kW	113.51	Latent capacity	kW	25.02
Safety on capacity	%	40			
Air on db	°C	35.0	Air off db	°C	25.0
Air on wb/RH	°C / %	23.9 / 40	Air off wb/RH	°C / %	20.5 / 67
Air pressure drop coil (Wet)	Pa	50	Face velocity	m/s	2.55
Air pressure drop coil (Dry)	Pa	46			
Fluid	100%	Water	Fluid flow rate	l/s	5.51
Fluid on	°C	10.0	Fluid off	°C	16.0
Fluid pressure drop	kPa	30	Condensation	kg/hr	35.26
Fin spacing	mm	2.6	Inlet con	1×R21	
Fin material		Al	Outlet con	1×R21	
Max hy	bar	21	Connection type	Screwed BSP (Access side)	
Max fl t	°C	130	Internal volume	dm³	41.44
Drain pan type		Flat			

INDIRECT STEAM HUMIDIFIER		Length: 1200mm		Pressure drop: 100Pa	
Model Type		MP prop + BMS option	Mounting	External / Right	
Model Selected		PE90 / PE90			

OUTLET SECTION		Length: 0mm		Pressure drop: 0Pa	
Opening, width x height	mm	2500 x 1600	Damper torque	Nm	
Damper motor		None	Flexible connector	mm	2500 x 1600 x 120

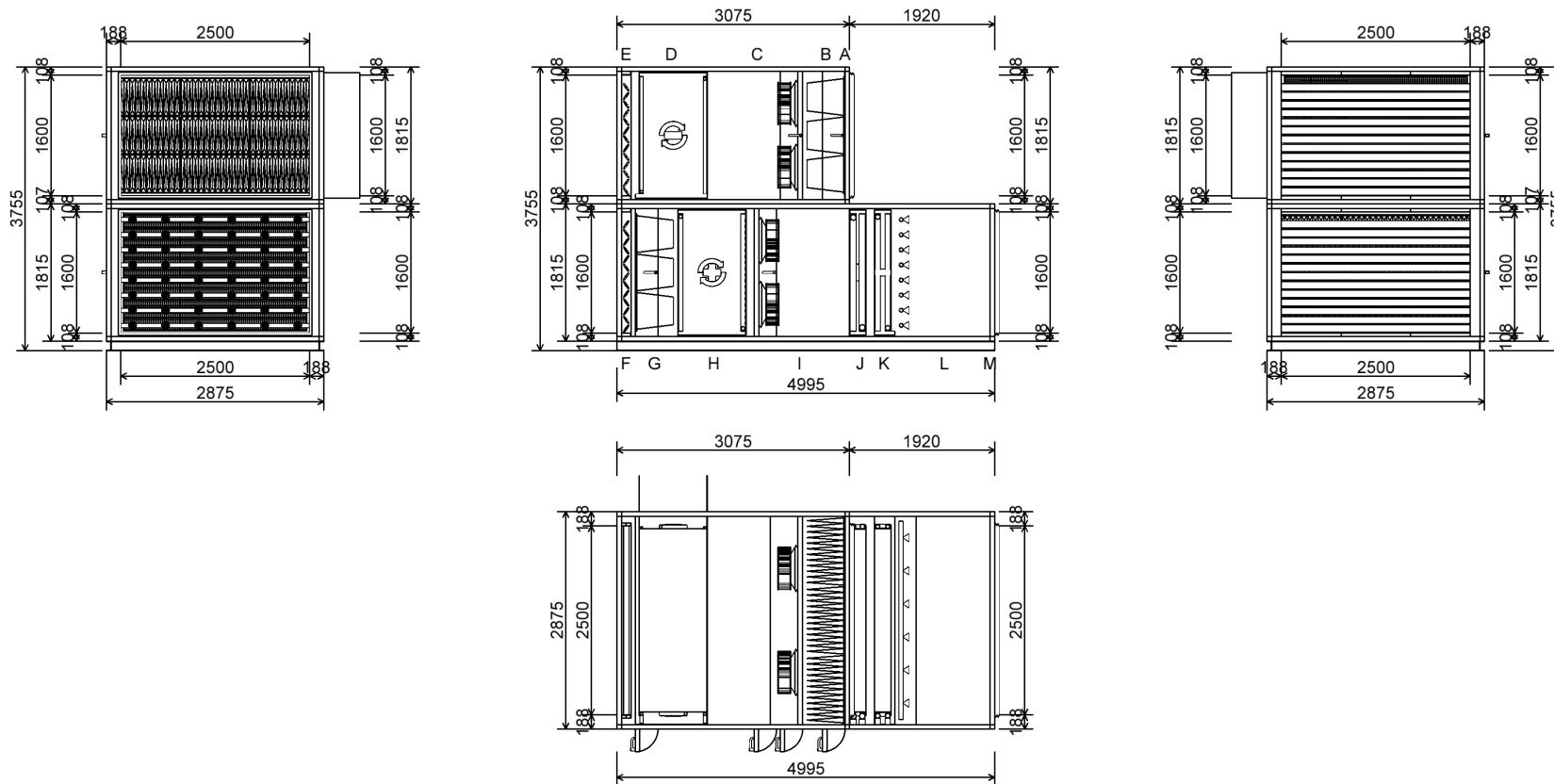
We reserve the rights to change technical data of the products in the process of their improvement without advance notice. Validity period of presented data - 1 months

Technical Specification

Project name :

WinTADS Lite - 1.10.0081.1 (22/02/2024)

Quotation no : Irodaház / 001 [AHU-1 33.000/30.210 m3/h]



- A Inlet section
- B Bag filter section
- C Fan section
- D CW Run around coil
- E Outlet section
- F Inlet section
- G Bag filter section
- H HW Run around coil
- I Fan section
- J Hot water coil
- K Cold water coil
- L Indirect steam humidifier
- M Outlet section



Comments:
KLASIK-RA-12-24R/3.0/24R/3.0-H-EC/IE5/15.6/15.6-F7-M5-HW/2R/2.6-
CW/3R/2.6-R1-X-O/Hu

Unit No: Irodaház - 001

Unit Desc: AHU-1 33.000/30.210 m3/h

Scale: not drawn to scale

Exh air: 12 (8.39m³/s)

Sup air: 12 (9.17m³/s)

Project Name:

Qty units: 1

Num sections: 2

Date: 2024.11.26

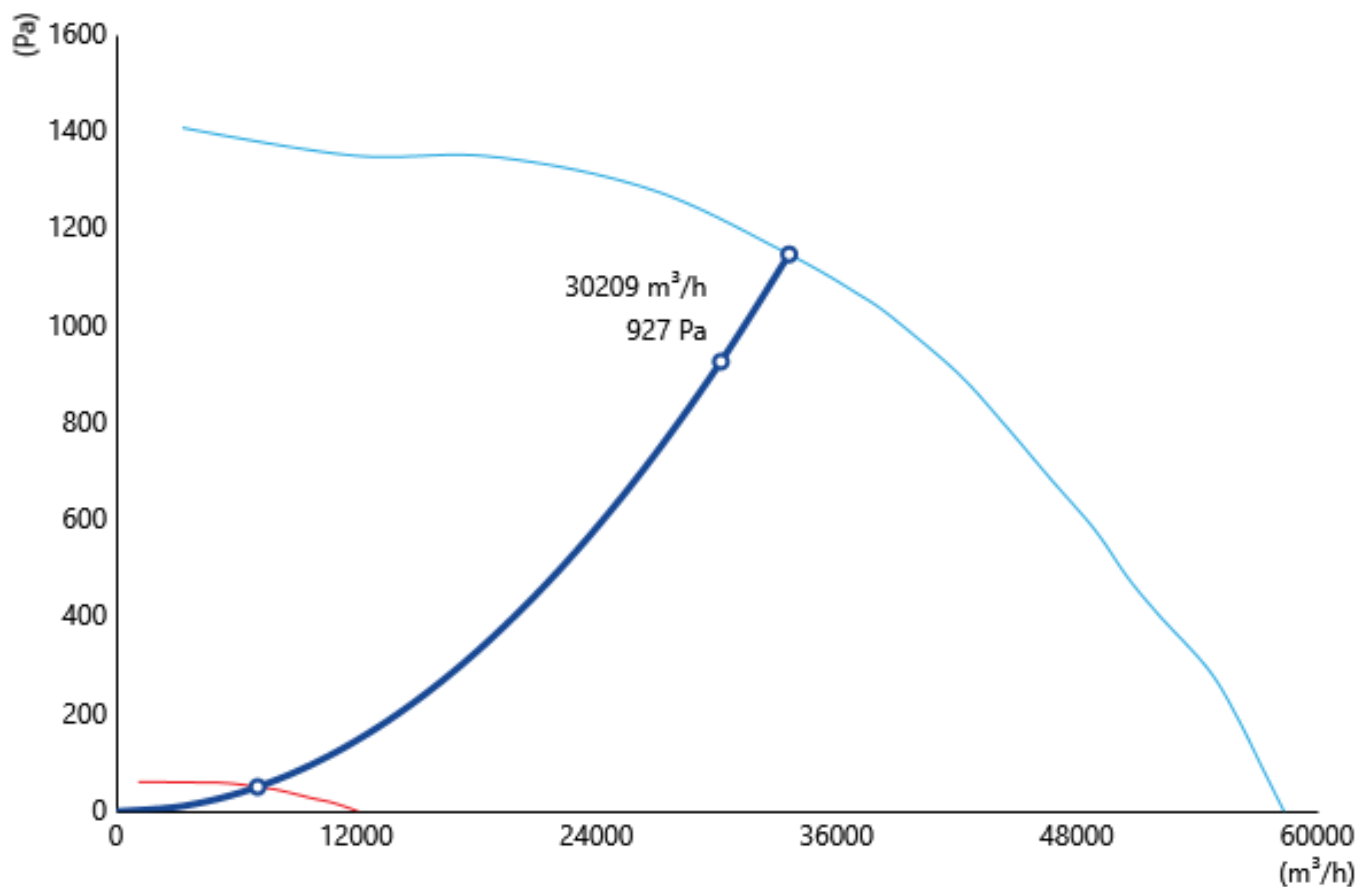
Engineer:

Technical Specification

Project name :

WinTADS Lite - 1.10.0081.1 (22/02/2024)

Quotation no : Irodaház / 001 [AHU-1 33.000/30.210 m³/h]



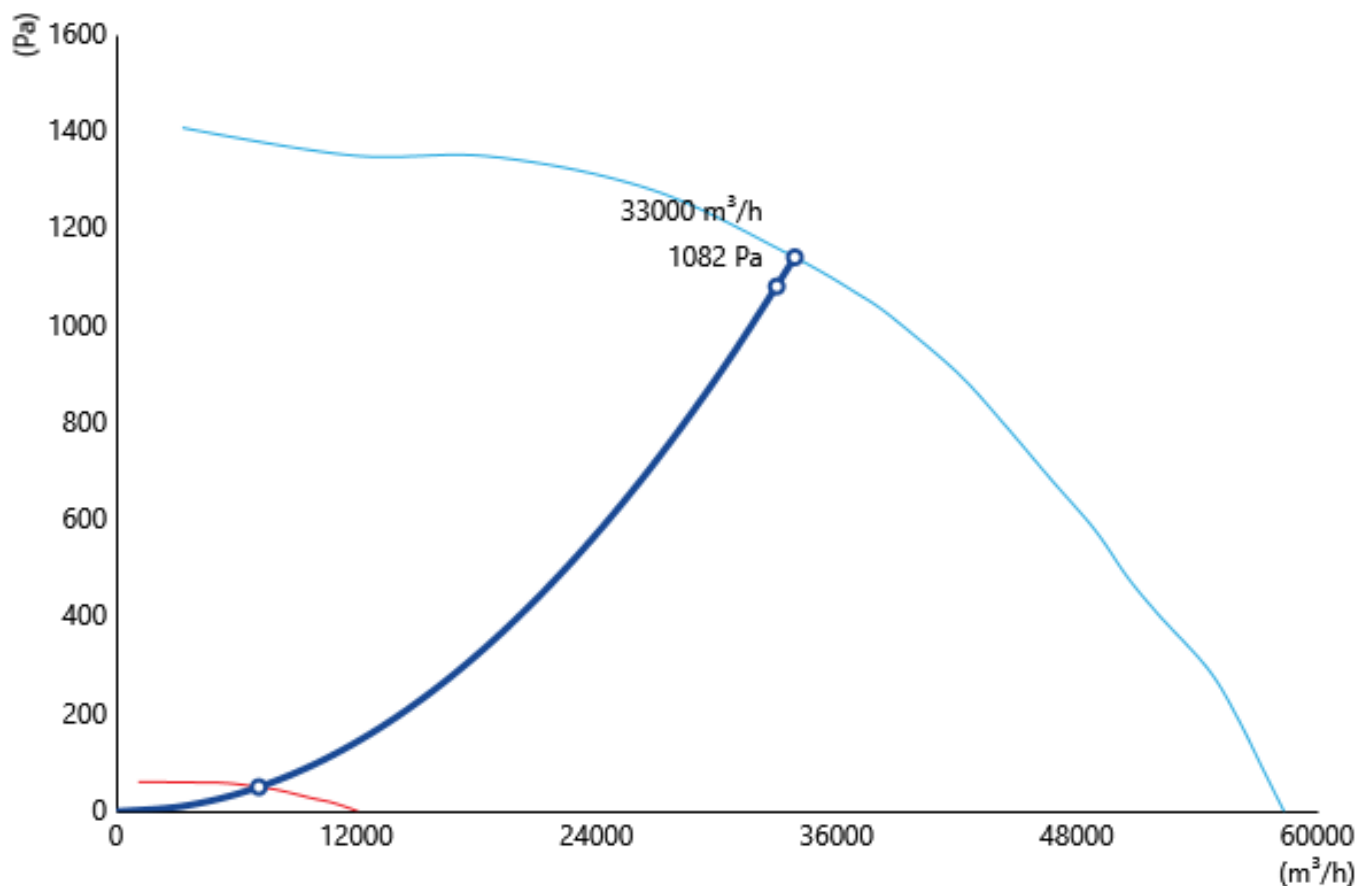
Exhaust fan - FAN-560-C-02-ST-MF3-X

Technical Specification

Project name :

WinTADS Lite - 1.10.0081.1 (22/02/2024)

Quotation no : Irodaház / 001 [AHU-1 33.000/30.210 m³/h]



Supply fan - FAN-560-C-02-ST-MF3-X

Összefoglaló

Szakdolgozatomban egy Budapest belvárosi irodaépület felújítása kapcsán végeztem el egy korszerű komfort szellőztetési rendszer tervezését. A betervezett rendszer minden szempontból korszerű és magas komfortszintet képvisel. Ezt a komfortot a házfelügyeleti központra is köthető VAV szelepekkel zónánkénti szabályzással értem el. Ezzel az esetleges bérleménybe adott irodaterületek szabályzása válik lehetővé. Minden szint 4 zónára osztható a 6.emeletet leszámítva, tehát nagyon jól szeparálhatóak a területek. A megfelelő légmennyiséget, a helyiségekben elhelyezett CAV állandó térfogatáramú szabályzókkal lehet beszabályozni és szükség esetén elzárni.

A légkezelő gép megfelel a napjaink energetikai követelményrendszerének, és egy esetleges zöld minősítési vizsgálat (Breeam) során tovább emeli az épületre adható pozitív pontszámok összegét. Téli üzemre vonatkozóan betervezésre került egy gőznedvesítő berendezés, amivel az egész iroda területén tartható lehet az 50% körüli relatív páratartalom, ami rendkívül fontos szellemi munkavégzésnél.

Summary

In my thesis, I designed a modern comfort ventilation system for the renovation of an office building in downtown Budapest. The designed system represents a modern and high level of comfort in every respect. I achieved this comfort by controlling each zone with VAV valves that can also be connected to the building management center. This makes it possible to control the office areas in the rental property. Each floor can be divided into 4 zones, except for the 6th floor, so the areas can be separated very well. The appropriate air volume can be adjusted with CAV constant volume flow controllers placed in the rooms and closed if necessary. The air handling unit meets today's energy requirements and will further increase the positive points that can be given to the building during a possible green certification test (Breeam). A steam humidifier has been designed for winter operation, which can maintain a relative humidity of around 50% in the entire office area, which is extremely important for intellectual work.