

2.1 A légtechnikai rendszerek és légelosztó hálózatok kialakítási szempontjai



A klímaberendezések

A berendezések mechanikai felépítését, a hűtés, fűtés hőcserélőit és a nedvesítés kérdéseit nem részletezzük, mivel a Tervezési segédlet egyéb részei tárgyalják ezeket.

Ventilátor

A klímaberendezéseket általában kétoldalról szívó ventilátorral szerelik, mely a berendezés belső teré-

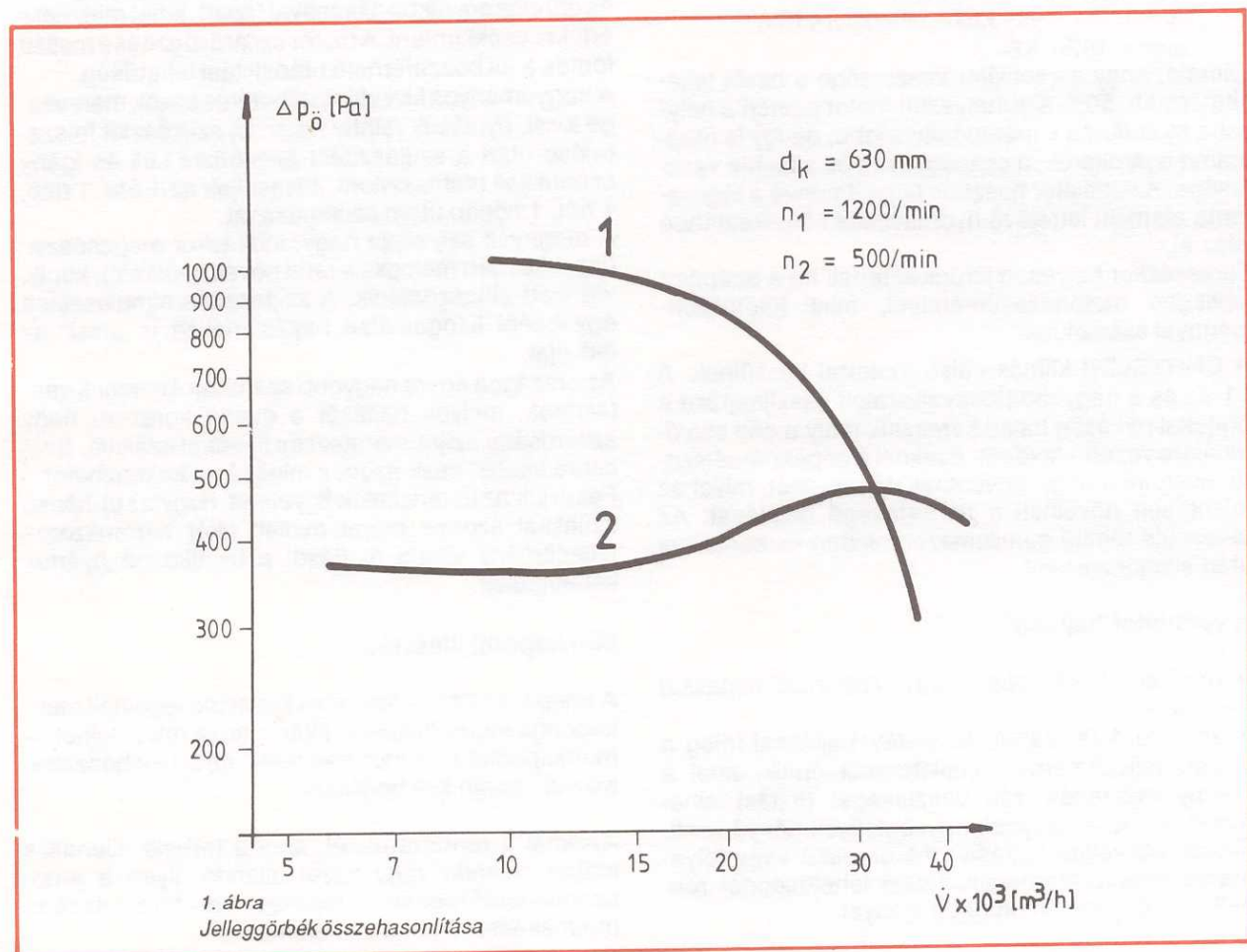
ből szív és vagy a belső térbe, vagy közvetlenül a légcsatornába továbbítja a levegőt. Különbség a járókerék kialakításában és a motor(ok) elhelyezésében van.

A járókerék lehet:

- hátrahajló (profil vagy lemez), illetve
- előrehajló (mókuskerék) lapátozású.

A KW, a KL és a nagy teljesítményű CHRYSLER (11-es nagyságtól) klímákba hátrahajló profilapátózású, a kicsi CHRYSLER (03, 06, 08 nagyság) klímákban előrehajló lapátozású járókerék van.

A ventilátorok tulajdonságai eltérőek. Az 1. ábrán



azonos átmérőjű járókerékkel szerelt ventilátorok jelleggörbéit hasonlítjuk össze, Az 1. jelű görbe hátrahajló profil (RZR...-630); a 2. jelű görbe előrehajló (TZR,...-630) lapátoszású Gebhardt ventilátor jelleggörbéje.

A CHRYSLER klímáknál a motor a berendezésen kívül van, a többi típusnál a motor a ventilátor mellett foglal helyet.

A ventilátornak, mint energiaátalakító eszköznek veszteségei vannak és ezek a veszteségek döntően hővé alakulnak.

A teljes rendszer hatásfoka az (1) képlet szerint számítható:

$$\eta = \frac{P_{\text{lég}}}{P_{\text{be}}} = \frac{\Delta P_{\text{ö}} \cdot V}{1,73 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi} \quad (1)$$

A veszteségteljesítmény:

$$P_{\text{veszt}} = (1 - \eta) \cdot P_{\text{be}} = P_{\text{be}} - P_{\text{lég}} \quad (2)$$

Beépített motor esetén a teljes veszteség a gépben marad, fűti a levegőt. Közepes és nagy-nyomású rendszereknél a veszteségteljesítmény nem elhanyagolható és a hűtőrendszer tervezésekor figyelembe kell venni. Például:

- $V = 19500 \text{ m}^3/\text{ó} = 5,42 \text{ m}^3/\text{s}$,
- $\Delta p_{\text{ö}} = 2100 \text{ Pa}$,
- $P_{\text{lég}} = 5,42 \times 2100 = 11\,375 \text{ kW}$,
- motor: KMER 200 L4 AC, $P = 30 \text{ kW}$,
- $I_{\text{mért}} = 49,5 \text{ A}$, $\cos \phi = 0,79$,
- $P_{\text{be}} = 1,73 \times 380 \times 49,5 \times 0,79 = 25,74 \text{ kW}$,
- $P_{\text{veszt}} = 14,37 \text{ kW}$.

Látható, hogy a ventilátor vesztesége a bevitt teljesítmény kb. 50%-a. Kihelyezett motor esetén a helyzet a motorfűtés elmaradásával jobb, de így is megmarad a járókerék, a csapágyazás és a hajtás vesztesége. A ventilátor hasznos teljesítménye a légcsatorna elemein létrejövő nyomásesés következtében veszt el.

Tervezéskor helyesen járunk el tehát, ha a beépített névleges motorteljesítménnyel, mint fűtőteljesítménnyel számolunk.

A CHRYSLER klímák külső motorral készülnek. A 11-es és a nagyobb típusváltozatok ékszíjhajtása a burkolat nyílásán halad keresztül, mely a gép szívóoldalára vezeti a levegőt. Ezeknél a gépeknél célszerű elkerülni a nagy szívóoldali depressziót, mivel az jelentősen növelheti a hamislevegő bejutását. Az átvezetés tömítő gumilemezét minden karbantartás után ellenőrizni kell!

A ventilátor hajtása

A ventilátorok *közvetlen* vagy *közvetett* hajtással készülnek.

Állandó fordulatszámú, *közvetlen* hajtással főleg a kisebb teljesítményű ventilátorokat építik, ahol a mennyiség szabályozás veszteségei (fojtás) elhanyagolhatók. A nagyobb egység teljesítményű ventilátorok *közvetlen* hajtása többfordulatú vagy folyamatos fordulatszám-változtatási lehetőséggel rendelkező meghajtó motorokat igényel.

A *közvetett* meghajtás hazai viszonylatban általánosan ékszíjhajtás, egy darab állandó fordulatszámú aszinkron motorral.

A néhány esetben megvalósuló fordulatszám-változtatás pólusváltós motorral vagy két darab felváltva működtetett hajtóművel történik. A klimatizált terek terheléstől függő légellátásának biztosítására ezek a megoldások nem alkalmasak, legfeljebb a téli/nyári légellátást oldják meg.

A hajtás minőségét az elemek határozzák meg. Az ékszíjakkal szemben támasztott követelmények szabványban rögzítettek. A felhasználót döntően az átvihető teljesítmény, a méretpontosság, a kopás és az ár érdekli.

A hagyományos kivitelű textilbetétes ékszíjakat egyre inkább felváltó „kevlar” és egyéb márkaneven nevezett betétű szíjak átvihető teljesítménye megtöbbszöröződött (pl. Optibelt, Semperit, Continental). A méretpontosságot szükségszerűen javítani kellett, hiszen a merevebb és szilárdabb betétszál rövidebb utánfeszítést igényel és tesz lehetővé. A nagyobb szíjfeszítés miatt elsőrendű követelménnyé vált a szíjkeresztmetszet állandósága és az egyöntetű szíjhossz. Változó szíjkeresztmetszet jelentős periodikus tengelyterhelést idéz elő.

A szíjak kopását a tárcsák munkafelületeinek (futáspontosság, felületi simaság) megfelelő minőségével, és gondos egységbe állításával (spur), lehet minimális értékre csökkenteni. A motor szilárd rögzítése mellett fontos a jól hozzáférhető utánállítási lehetőség.

A hagyományos kivitelű textilbetétes szíjak merevsége kicsi, nyúlásuk relatív nagy. Új szíjkészlet felszerelése után a szíjfeszítést ellenőrizni kell és igény szerint kell utánfeszíteni. Javasoljuk az 1 óra, 1 nap, 1 hét, 1 hónap ütem alkalmazását.

A megnyúlt szíj slipje nagy, indításkor megcsúszik, üzem közben melegszik (ami növeli nyúlását), kopik, idő előtt elhasználódik. A szíjfeszítés elmulasztása egyébként kifogástalan hajtás mellett is „eszti” az ékszíjat.

Az országba egyre nagyobb számban érkeznek ventilátorok, melyek hajtását a gyártó korszerű nagy szilárdságú szíjra méretezi és ilyenekkel szállítja. Szíjcsere esetén csak azonos minőség alkalmazható!

Felhívjuk az üzemeltetők figyelmét, hogy az új típusú szíjakkal azonos méret mellett akár háromszoros teljesítmény vihető át (lásd: a hivatkozott gyártók katalógusai).

Munkaponti illesztés

A telepített klímarendszerek kialakuló légoldali munkapontja többé kevésbé eltér a tervezett értéktől. A munkapontot a tervnek megfelelő értékre a beszabályozás során kell beállítani.

Azoknál a rendszereknél, ahol a terhelő ellenállás időben állandó vagy közel állandó (ilyen a rendszerek döntő többsége) fojtással vagy fordulatszám-módosítással lehet a célt elérni.

A fojtás vesztesége az (1) képletben már felhasznált légoldali teljesítménnyel jellemezhető. A fojtás az ágvezetékek aránybeállításra — ha más eszközzel nem rendelkezünk — felhasználható, de nem vagy csak kényszerhelyzetben alkalmazzuk munkaponti beállításra!

A munkaponti beállítás gazdaságosan fordulatszám módosítással valósítható meg. Ha a rendszer teljesítményigénye oly mértékben csökken, hogy lehetőség nyílik kisebb teljesítményű motor beépítésére, érdemes ennek egyszeri költségeit is vállalni!

A rendszerek viszonylag kis részénél, ahol a légoldali ellenállás az időben jelentősen változik (pl. steril szűrő) folyamatos légmennyiség szabályozást kell beépíteni.

Szűrés

Az igényes klímarendszerek a levegő több fokozatú szűrését végzik, biztosítva az utolsó szűrőfokozat optimális munkakörülményeit és lehető leghosszabb élettartamát. A klimatizált térbe jutó levegő minőségét az utolsó szűrőfokozat tulajdonságai határozzák meg.

Az egymás után épülő mechanikus vagy elektromos leválasztású szűrőfokozatok folyamatosan csökkentik a levegő portartalmát. A tervezés és a kivitelezés során gondoskodni kell arról, hogy a klímaberendezés elemei (az ékszíjkopásból származó por, kiporló hangcsillapító, öregedő tömítés) ne szennyezessék az utolsó szűrőfokozatot vagy ennek hiánya esetén a légteret.

Az elektrofilterek leválasztási teljesítménye jó, légoldali ellenállása csekély, beruházási költsége viszont nagy. A típus kiválasztásánál a megbízhatóság legyen a döntő szempont. Jól működő és megfelelő hazai referenciával már rendelkező szervizhálózat nélkül elektrofiltert nem célszerű üzembe állítani. Általában utolsó előtti fokozatként építik őket és így szerepük a nagyértékű végfokozat élettartamát illetően meghatározó! Az elektrofilter kiesése rövid idő alatt tönkreteszi a rákövetkező szűrőt.

Az elektrofilterek a leválasztott port néhány napig tárolják, majd a mosási ciklusban eltávolítják a rendszerből. A mosás és az azt követő szárítás idején nincs szűrés, a berendezés üzemén kívül van. Készül olyan berendezés is, mely néhány perc alatt elvégezhető betétcsere után újra üzemkés (EFSZ sorozat PARAPLAN).

A mechanikus szűrők leválasztási teljesítménye a szűrőfokozatra jellemző, légoldali ellenállásuk általában nagyobb, mint az elektrofiltereké. Az ellenállás a szűrő elszennyeződésével nő.

Mechanikus szűrők esetén a megkerülő ágak teljes kiküszöbölése a cél. A szűrők átszakadását gondos szereléssel és nyomáskülönbségük rendszeres ellenőrzésével kell megelőzni.

A szűrők működési ciklusa hosszú. A szűrőcsere a berendezés leállítását igényli. A szűrők éppen szerepükből adódóan telve vannak a legkülönbözőbb környezeti ártalmak hordozóival. A cserét ezért kiemelt

figyelemmel és jól előkészítve kell végrehajtani. A dolgozók viseljenek porálarcot! Javasoljuk a szűrők szennyezett oldalának kiemelés előtti lezárását, a kiemelt cellák azonnali zsákolását, különválasztva a mosható, tisztítható és a megsemmisítendő elemeket. A szennyezet szűrőket el kell távolítani a gépházból.

A steril szűrők a légcsatornahálózat végpontjaihoz illeszkednek.

Keverés, fojtás, zárás. Zsaluk

A klimatizáló berendezésekbe épített zsaluk funkciója lehet:

- a zárás,
- a légmennyiség beállítása (esetleg szabályozás) és
- a keverési arány beállítása.

Kivitelük szerint a zsaluk egy- vagy többtengelyesek. A többtengelyes zsaluk leveleinek mozgatása történhet párhuzamosan és ellentétesen.

A zsalu ellenállását mozgató tengelyük szögelfordulása függvényében ábrázolhatjuk szemléletesen. A zsalu zárt helyzetbe a kivittől függően általában 75–90° szögelfordulás után jut.

Az **USZ-17** típusjelű ellentétesen mozgó levelű zsalu ellenállás-tényezője igen jó közelítéssel a következő tapasztalati függvénnyel írható le:

$$\varphi = 0,24 \cdot e^{1,892 \cdot 10^{-3} \cdot \varphi^2} \quad (3)$$

$$\varphi^\circ \leq \varphi \leq 75^\circ$$

Jó minőségű zsaluk zárt helyzetű ellenállás-tényezője eléri vagy meghaladja a $\varphi = 10\,000$ értéket, nyitott helyzetben pedig $\varphi \approx 0,25$. Például:

- zsalukeresztmetszet $A = 1 \text{ m}^2$,
- tervezett átlagsebesség $v = 6 \text{ m/s}$
- ventilátornyomás $\Delta p_{\max} = 1000 \text{ Pa}$,
- maximális légszállítás $V = 21\,600 \text{ m}^3/\text{h}$,
- zsaluellenállás $\Delta p(V_{\max}) = 5,4 \text{ Pa}$,
- légáteresztés (zárt helyzet) $V(\Delta p_{\max}) = \leq 1440 \text{ m}^3/\text{h}$,
 $F = 1000 \text{ N}$.

A szokványos kialakítású zsaluk működési szög tartományuk első felében alig, később egyre meredekebben változtatják ellenállásukat. Ezért, ha a zsaluval szemben nemcsak zárási, hanem szabályozási követelményt is támasztunk, gondoskodni kell a megfelelő légsebességről.

Láttuk, hogy a zsaluk ellenállása működési tartományuk második felében már jelentős. A lapátlevelek elhelyezkedésük és kialakításuk következtében — függetlenül attól, hogy párhuzamos vagy ellentétes mozgatásúak — hajlamosak a lengésre. Megjegyezzük, hogy a lengések a zsalu törését is okozhatják. Lengések létrejötte adott kialakítású és anyagú zsalulevél mellett a létrejövő nyomáskülönbség és a levél hosszának függvénye.

Tekintettel arra, hogy a zsalulevél hossza csak tervezési, kiválasztási szinten befolyásolható egyszerű-

en, ezért kétséges esetben a zsalumező hosszának megosztását javasoljuk.

Az előzőekben a zsaluk szilárdsági/merevségi szempontból indokolt hosszmegosztását tárgyaltuk. Ebben az esetben biztosítani kell a szomszédos zsalumezők együttmozgását, merev kapcsolatát.

A zsaluk hosszmegosztását más is indokolhatja. Vegyünk példaként egy olyan rendszert, mely általában 10% frisslevegő-hányaddal, de időnként valamely technológiai igény következtében (évenként pl. 4x) egy műszakot 100%-os frisslevegő-hányaddal működik. Ebben az esetben a 10% frisslevegő a gyakorlatilag zárt zsalu miatt reprodukálható módon nem állítható be. Célszerű a zsalut két egymástól független mezőre osztani. A kisebbel beállítható (kézzel, vagy mozgatómotorral) a példa szerinti frisslevegő-hányad, a nagyobb zárt állapota mellett. A szellőztetési fázisban igényelt 100% frisslevegő a nagyobb zsalu teljes nyitásával biztosítható.

Szabályozási szempontból a zsalu működési tartományának igen meredek utolsó szakaszát (10° szög-tartomány) a folyamat reprodukálhatósága érdekében is célszerű elkerülni.

A zsalu mozgató mechanizmusa a kivitelezés általános igényétől függő mértékű holtjátékkal rendelkezik. Kijelenthetjük, hogy a helyszínen készített megoldások pontossága nagyságrenddel rosszabb, mint a gyári kivitel. A gyári fogaskerekes, vagy gömbcsuklós kapcsolat játéka néhány tized mm, a helyszíni rudazatbekötése néhány mm (pl. M6-os csavar $\varnothing 7$ mm furatú laposvasban, alátét nélkül, jó esetben kontraanyagva). Ez a problémakör különösen központi zsalumozgatóval működtetett 3 db összehangolt mozgású zsalut igénylő keverőszekrény esetében okoz gondot.

A zsalumozgatók felszerelésére nem alakult ki egyseges rendszer, jóllehet a gyártók mindegyikének van rögzítő eleme, de ezeket sokszor még külön, a helyszínen gyártott elemmel csatlakoztatják a berendezésekre, légcsatornákra.

Megítélésünk szerint a mozgató motorok helyének és elhelyezési módjának kijelölése, továbbá a rudazat kiválasztása (tervezése) tervezői és nem kivitelezői feladat. Így csökkenthető lenne a nagy holtjátékú, önzárásra, feszülésre hajlamos rendszerek nagy száma.

A klímaberendezések üzemszünetében, legyen az akár tervezett, akár áramszünet következtében létrejövő leállás, a szellőztetett tereket és magát a berendezést is meg kell védeni egyrészt a gravitációs áramlásból eredő esetleges visszaszennyeződéstől, másrészt a hőleadók lefagyásától. A zsalut ezért célszerű olyan mozgató mechanizmussal ellátni, mely képes azt segédenergia nélkül is alap (zárt) helyzetbe juttatni.

A légmennyiség szabályozása

Ezen fejezetben a légmennyiség szabályozásának azzal a speciális esetével foglalkozunk, amikor a

szabályozással a rendszer egyéb elemeinek (pl. szűrőinek) ellenállás-változásából adódó munkapont-vándorlást kell kiküszöbölni, vagy lehető legszűkebb határok közé szorítani. A 2. ábra a rendszer ellenállás-változása következtében létrejövő munkapont-vándorlást szemlélteti.

A megoldás alap gondolata, hogy a rendszerbe például eltömődés következtében növekvő szűrőellenállás mellé egy — ugyanilyen arányban csökkenő — ellenállást építünk be (3. ábra)

A szabályozás kiviteli formájától függően lehet segédenergiát igénylő és segédenergiát nem igénylő. *A segédenergiát igénylő rendszer* zsalumozgató motor Δp vagy légsebesség-érzékelővel működő mérőszakasz felépítésű (4. ábra).

A szabályozó rendszer a mérőszakasz jelének változása szerint állítja a mozgató motor segítségével a zsalu helyzetét. Kiváló minőségű, finom lépésekben állítható zsalut igényel. A működtetés energiáját elektromos áram vagy nagynyomású levegő szolgáltatja. Korábban főleg központi elhelyezkedésű, állandó légmennyiség szabályozásához használták, diszkrét elemekből összeépítve. Újabban egészen kis egység teljesítményre ($50 \text{ m}^3/\text{ó}$) is gyártják kompakt kivitelben, hangcsillapítóval egybeépítve (TROX, LUWA). A szabályozó NYITOTT helyzetű ellenállása csekély, alig haladja meg egy nyitott pillangószelep vagy zsalu ellenállását. A szabályozás pontossága a beállítható max. légmennyiség közelében $\pm 5\%$, a min. légmennyiség közelében $\pm 9\%$.

A segédenergiát nem igénylő rendszerek széles választékát fejlesztették ki a gyártók. Mindegyik az áramló levegő dinamikai tulajdonságain alapul. A szabályozó NYITOTT helyzetű ellenállása némileg meghaladja a segédenergiát igénylő rendszerek ellenállását.

A TROX RN/RH sorozata $\varnothing 80$ -tól $\varnothing 315$ -ig $V = 40\text{--}340 \text{ m}^3/\text{ó}$ teljesítménnyel készül.

A FÜTŐBER VOLUREG sorozata fejlesztés alatt áll. A szabályozók hiszterézise, szabályozási eltérése függ a létrejövő nyomáskülönbségtől és az átlagos légsebességtől. A nyomáskülönbség növekedésével nő, a legsebesség növekedésével csökken a hiszterézis. Értéke általában $\pm 5\text{--}10\%$.

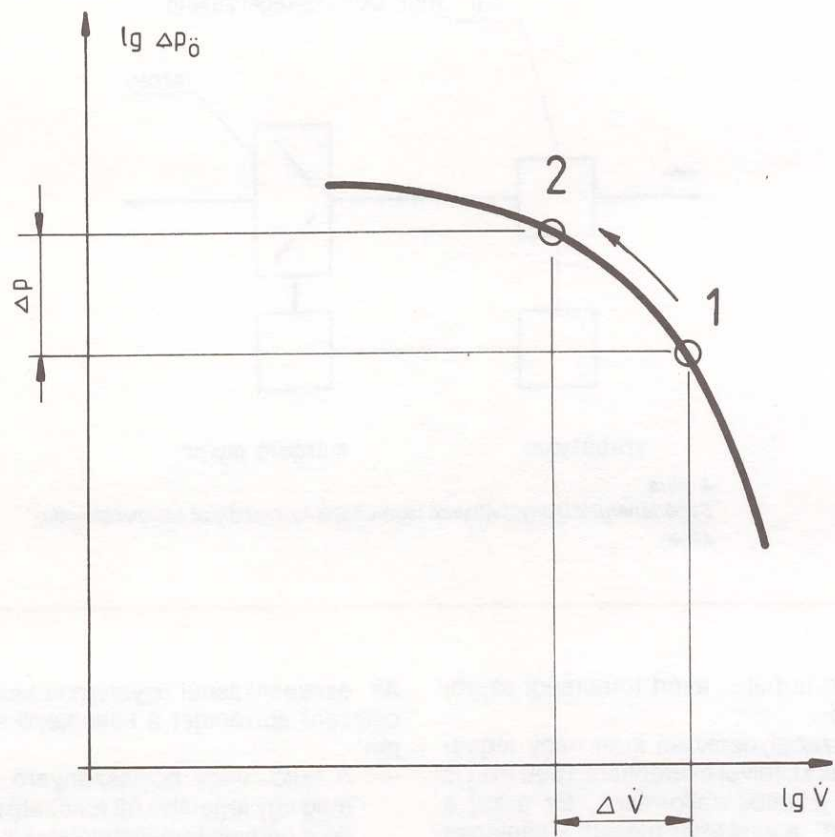
A szabályozók működési tartományán belül a megkívánt értéket a gyártó laboratóriumban beállítja és bizonylatolja, esetleg vállalja a berendezés helyszíni besabályozását. A beállított érték módosítása gyártmánytól függően különböző módszerrel történhet:

- a TROX VARYCONTROL alapjel változtatással,
- a TROX RN/RH rugófesztéssel,
- a VOLUREG ellensúly eltolással.

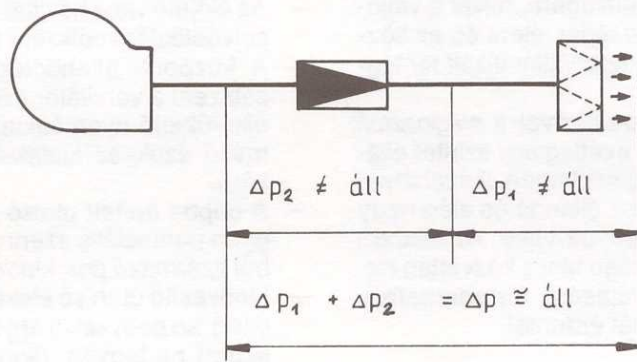
Az állandó légmennyiség-szabályozók elhelyezkedése a rendszeren belül lehet:

- központi,
- helyi és
- megosztott.

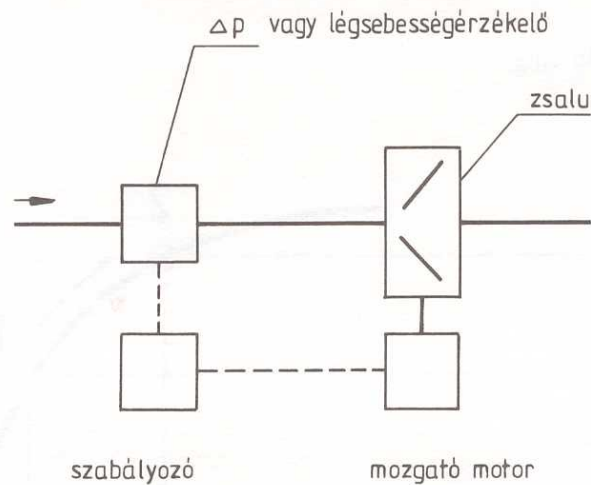
A központi elhelyezkedésű szabályozók célszerű telepítési helye a klímaventilátor szívóoldala. Beépítése a nagy szívótér miatt rávezetési problémát nem okoz. Fojtási állapotai (min/max) a klímaszekrényt



2. ábra
A ventilátor munkapontvándorlása



3. ábra
Az állandó légmennyiség-szabályzó kör elvi elrendezése



4. ábra
Segédenergiát igénylő állandó légmennyiség-szabályzó kör elvi elrendezése

relatív kis felületen terhelik, ezért tömörségi szempontból is kedvező.

A légmennyiség-szabályozókban igen nagy légsebességek alakulnak ki, mivel esetenként 1500 Pa-t is kell fojtaniuk, így jelentős zajforrások. Ez a zaj a klímagép „közepén”, a ventilátor mellett, különleges intézkedés nélkül figyelembe vehető és csillapítható. A központi elhelyezkedésű szabályozó a teljes nyomó légcsatorna-hálózatot változó nyomásra veszi igénybe. A változó nyomású hálózat különösen érzékeny a légcsatorna tömörtelenségére, mivel a változó nyomás változó légvesztéseket jelent és ez közvetlen hatással van a szellőztetett/klimatizált tér légellátására.

A helyi szabályozók egyetlen szűrővel; a megosztott szabályozók egy helyiséget, esetleg egy szintet ellátó szűrőcsoporttal vannak kapcsolatban. A szabályozóig terjedő csatornaszakasz állandó és elég nagy (1000 Pa) nyomásra van igénybe véve. Az állandó nyomású hálózat légvesztése nincs közvetlen hatással a klimatizált tér légellátására, de energetikai szempontból kiemelt figyelmet érdemel.

Az elemek kiválasztásának sorrendisége

A FÜTÖBER által az elmúlt években gyártott klímaberendezések (MOT, CHRYSLER, KL, KW) műszaki paraméterei folyamatosan javultak. Jelenleg a KL és a KW típusokat gyártjuk.

Igényes (kórház, gyógyszergyár, érlelőpince stb.) rendszerek esetén a KW típusot ajánljuk.

A klímaberendezést elemekből a „technológia” igényeinek megfelelően lehet összeállítani.

Az összeállításnál figyelembe kell venni az elemek célszerű sorrendjét a következő szempontok alapján:

- A hűtő- vagy hővisszanyerő kalorifert előzzön meg egy legalább A2 fokozatú szűrés, elkerülendő a nedves lamellafelületek szennyeződését.
- Közvetlenül a hűtőkalorifer után még cseppelválasztó esetén se legyen nedvszívó anyagú elem (hangcsillapító, szűrő). Gondoskodni kell továbbá a keletkező kondenz elvezetéséről.
- Az előfűtő vagy hővisszanyerő kalorifert a befúvó szívóoldalára célszerű tenni.
- A központi állandólégmennyiség-szabályozót célszerű a ventilátor szívóoldalára telepíteni. Így elkerülhető nyomóoldali, különösen a nagy nyomású szakasz kialakulása (tömörtség, szilárdság).
- A gépbe épített utolsó szűrőfokozat után ne legyen potenciális szennyezőforrás (ékszíjkopásból származó por, kiporló hangcsillapító).
- Nedvesítő után se elektromos készülék (elektrofilter), se nedvszívó anyagú elem (hangcsillapító, szűrő) ne legyen. Gondoskodni kell továbbá a keletkező kondenz elvezetéséről.

Légcsatorna-hálózat

Légtömörtség

A légcsatorna-hálózatok funkciójuk alapján, tömörségi szempontból különböző osztályokba sorolhatók. Az osztályba sorolást a DIN V 24194 (Teil 2) alapján adjuk közre:

I. tömörségi osztály. Követelmény nélküli légcatorna-hálózatok: korcolt légcatorna, pl. üzem és sportcsarnokok, garázsok szellőztetéséhez, kiegészítő tömítés nélkül.

II. tömörségi osztály. Normál követelményű légcatorna-hálózatok: korcolt légcatorna, pl. kiállítási termek, laboratóriumok, kórházak nem kiemelt terei, irodák szellőztetéséhez, kiegészítő (perem) tömítéssel.

III. tömörségi osztály. Emelt követelményű légcatorna-hálózatok: korcolt vagy hegesztett légcatorna, pl. tiszta terek, kórházak fokozott igényű belső tereihez, peremtömítéssel. A korcolt csatornák korctömítése minden esetben követelmény.

IV. tömörségi osztály. Különleges követelményű légcatorna-hálózatok: hegesztett légcatorna, pl. atomerőmű; izotópot és egyéb sugárzóanyagot felhasználó üzemek szellőztetéséhez.

A légcatorna-hálózatok tömörségével szemben támasztott követelményeket az idézett szabvány alapján az 1. táblázat tartalmazza.

— tömörségi osztály III.,

— a megengedhető légvesztesség:

$$V_{\text{meg}} = 0,8 \times 10^{-3} \times (750/1000)^{0,654} \times 55 \text{ m}^2 \times 3600 \text{ s} = 131 \text{ m}^3/\text{ó} = > 3,3\%$$

A megjelölt követelményt csak különös gonddal gyártott és szerelt légcatorna-hálózatok képesek kielégíteni.

A légcatornák tömörségére vonatkozó előírásokat a kiviteli terveknek tartalmazniuk kell, mivel ezek hiányában az előgyártó nem veheti figyelembe a gyártás során a követelményeket. A kivitelező bármily gondos szereléssel is csak az adott csatornatípusra jellemző tömörségi követelményt elégíthet ki. Kivitelezéskor gyakran egyedi idomok készülnek, melyek tömörsége nem éri el a gyári kivitelét. Ezeket az egyedi idomokat különös gonddal kell gyártani és ellenőrizni!

A készszerrelt légcatorna-hálózat tömörségét a III. tömörségi osztályba tartozó rendszereknél a befejező munkálatokat (falazás, álmennyezetépítés stb.) megelőzően kell vizsgálni, hogy legyen lehetőség az esetleges beavatkozásra.

A IV. osztályba tartozóknál a megrendelő és a gyártó külön megállapodása a mérvadó.

1. táblázat

Légcatornahálózatok tömörségi követelményei

Osztály	Rendszer	Légáteresztés $10^{-3} \text{ m}^3/\text{sm}^2\text{-ben}$		
		200 Pa	400 Pa	1000 Pa
I.	Követelmény nélkül	—	—	—
II.	Normál követelmény	0,85	1,32	2,40
III.	Emelt követelmény	0,28	0,44	0,80
IV.	Különleges követelmény	0,09	0,15	0,27

* Statikus nyomáskülönbség a csatornát körülvevő és a belső tér között.

A közbenső értékek a

$$V_{\text{meg}} = C \times 10^{-3} (p_{\text{st}}/1000)^{0,654} \text{ [m}^3/\text{sm}^2] \quad (4)$$

képlet segítségével számíthatók, ahol C tömörségi osztályonként rendre az 1. táblázatban található aláhúzott állandó.

Például: a rendszer legyen műtőklíma, egyedi légmennyiség szabályozókkal, TROX F771 típusjelű szűrőcellákkal. Ez esetben:

- a légcatorna
átlagos nyomása $p_{\text{st}} = 750 \text{ Pa}$,
- a légcatorna felülete $A = 55 \text{ m}^2$,
- a tervezett légmennyiség $V = 4000 \text{ m}^3/\text{óra}$,

A légcatornák kialakítása

A légcatornák készülhetnek *szertelt* és *épitett* kivitelben.

A *szertelt csatornák* bő választéka a Tervezési segédlet I. kötetében található.

Az *épitett légcatornák* kezdeti formájukban gravitációs szellőzőrendszerként működtek.

A gépi szellőztetések kialakulásával a légcatornákat az épületszerkezetben (alaptest, álmennyezeti tér, aknák) alakították ki, rendszerint olyan gondossággal és körültekintéssel, hogy néhány ventilátor képes volt az épület teljes légfűtését és szellőzését ellátni.

A legsebesség és ezzel együtt a légoldal ellenállás meglehetősen kicsi. A ventilátorok lassújárátú, csendes gépek.

Az épitett légcatorna hőtehetetlensége nagy, hatását a szabályozó rendszer tervezésekor figyelembe kell venni! Példaként a Vígszínház szellőzőrendszerét említjük, amelynek gyakorlatilag a teljes hálózata épitett légcatorna. A csatornák és aknák zsaluzásával, melyeket központi helyről drótkötelek mozgatnak, egyrészt a mindenkori igénynek megfelelő helyre (nézőtér, dohányzó, színpad) juttatható a szűrt, fűtött levegő, másrészt a friss levegő 10–90% között szabályozható. Az egész épületben 2 befúvó és 2 elszívó ventilátor van, de részterheléskor csak a fél rendszer működik.

Az épitett légcatornák rendszerint jól járható alagutak és aknák. Ezek a járatok jó alapot teremtenek az épület korszerűsítése során az elektromos vezetékek, a fűtési és egyéb csőhálózatok elhelyezésére. Sajnos, a falattöréseket ilyenkor általában nem állítják helyre és az ilyen „korszerűsítés”-nek az esetleg

ötven-száz éve kifogástalanul működő légtechnika látja kárát.

Tisztán épített csatornát tartalmazó rendszert manapság nemigen építenek, de régi rendszerek felújítása során a meglévő épített csatornákat tatarozás után felhasználják és szerelt elemekkel illeszkednek hozzájuk.

A vegyes csatornahálózat épített szakasza az építészé, szerelt szakasza a gépészé, de a csatlakozó pont senki földje, az szinte mindig a helyszínen alakul ki és se szilárdsági (ellenkeret), se tömörségi szempontból nem felel meg a követelményeknek.

A légcsatornák jó része vékony ($\neq 1$ mm) lemezből készül. Bevakolt, esetleg bebetonozott falátvezetéseknel a csatorna deformálódik, sérül. Szükségesnek tartjuk a csatornák falátvezetéseit, megfelelő szilárdságú, erre a célra gyártott elemekből készíteni, különösen ott, ahol a fal egyúttal tűzhatár is.

A légcsatorna-hálózatok telepítése

Ebben a fejezet részben olyan légtechnikai berendezések hálózatainak néhány kérdésével foglalkozunk, ahol a szállított közeg tiszta levegő, a légsebesség nem több 6–10 m/s-nál.

A rendszereket a beépített elemek nyomásigénye alapján soroljuk kis- és nagy nyomású csoportba. Ebben az értelemben nagy nyomásúak a steril szűrővel szerelt befúvó anemosztátokat tartalmazó rendszerek.

A rendszerek légcsatorna-hálózata négy szakaszra bontható:

- befúvás,
- elszívás,
- frisslevegővétel,
- az elhasznált levegő kidobása

Befúvás

Kisnyomású rendszerek. A befúvó anemosztátok nyomásigénye változó. Legkisebb az aprólamellás anemosztátoké, sik és körrácsoké (ANE, ANK, KRS). A homlokkeresztmetszetükben számítható tervezett légsebesség ritkán éri el a 2,5 m/s-ot, ezt is csak akkor, ha a szellőztetett térben nincs a helyi légsebességekre vonatkozó megkötés. Ellenállásuk megelőző fojtóelem közbeiktatásával (AZC, Z) növelhető. A fojtóelem arány-, illetve korlátozott mértékben légmenység-beállításra használható fel. A fojtóelem nem célszerű, ha 50–70 Pa-nál nagyobb nyomás esik, mivel a kialakuló nagy helyi légsebesség következtében a kifúvás zaja zavaró lesz.

A helyiségek vagy az összetartozó helyiségcsoportok légellátását biztosító ágvezetékek gerincvezeték-re való csatlakozási pontjai közelébe, a létesítmény kész állapotában is hozzáférhető helyre, előbeállító zsalukat vagy pillangószelepeket kell elhelyezni. Ezek a fojtóelemek alkalmasak az ágvezeték légmenység-beállítására. Az anemosztátok közötti

arányokat a velük összeépített fojtóelemek segítségével lehet beszabályozni.

A kifúvóelemektől távol elhelyezett előbeállító zsalun — melyen 200–300 Pa nyomás is eshet — keletkező zaj kedvezőtlen hatása csökkent mértékben vagy jó esetben egyáltalán nem érvényesül.

A kisnyomású rendszerek ágvezetékeinél szinte mindig igaz, hogy a csatorna statikus nyomása összemérhető az áramló levegő dinamikus nyomásával. Ennek következtében sorosan, áramlásleválasztás nélkül elhelyezett, anemosztátok beállítása nehézkes. Mint az 5. ábra felső része mutatja, a szakasz elején jelentős visszaáramlás alakul ki az anemosztátok ventilátor felőli oldalán. A szakasz utolsó befúvója működik csak teljes keresztmetszetben. Áramlásleválasztó (pl. az AL típus) beépítése, vagy csökkenő keresztmetszetű csatorna szükséges.

Nagyobb csatornanyomást igényelnek a fűvőkás rendszerek (SF, ÖKR család). Ezek a nagy sebességgel (8–20 m/s) kiáramló levegő dinamikai hatását használják fel a nagy vetőtávolság, vagy a nagy indukciós tényező elérése érdekében.

Sugárfűvőka alkalmazásakor (pl. SF típus) tekintettel arra, hogy nem rendelkezik fojtóelemmel, biztosítani kell a közel állandó nyomást a csatorna hossza mentén. Ez még hosszabb csatornáknál is megvalósítható körvezeték kialakításával.

Az előzőekben tárgyalt anemosztátok viszonylag kicsi, a csatorna végpontján mérve 100 Pa-nál nem nagyobb és időben állandó nyomást igényelnek.

Nagy nyomású rendszerek. A nagy tisztaságú terek szellőztetésére szolgáló befúvó anemosztátok az utolsó szűrőfokozatot is tartalmazzák. A szűrők ellenállása nagy és időben jelentősen változik.

2. táblázat

A TROX 771 típusjelű szűrő alapadatai

Típus	TROX 771
Szűrőosztály DIN 24184 szerint SWKI 84-2 szerint*	S EU 12
Leválasztási fok DOP-Test (MIL-STD 282, USA) szerint BS 3928 (Sodium Flame) szerint**	>99.99% >99.99%
Névleges légsebesség Induló ellenállás (1 m/s mellett) Ajánlott végnyomás Max. végnyomás Max. üzemi hőmérséklet Max. relatív nedvesség	1 m/s 250 Pa 600 Pa 1500 Pa 120 °C 95%

*Schweizerischer Verein von Wärme und Klimaingenieuren.

**British Standard.

A szűrők szilárd és lebegőanyag-visszatartó képessége a gyártók (TROX, CHECH, LUWA) közlése szerint az SWKI 84-2 alapján:

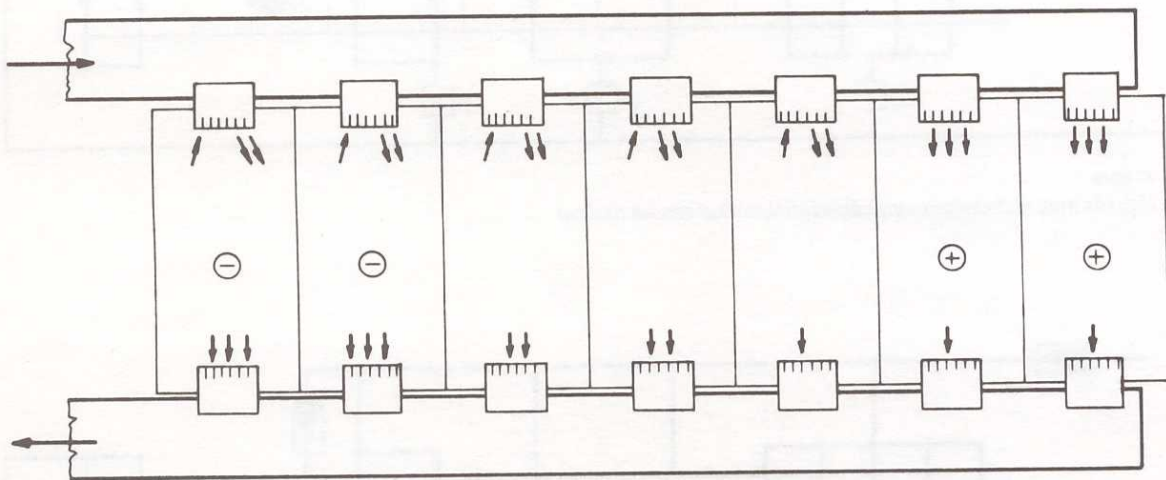
- az EU 12 osztályban $0,3 \mu\text{m}$ részecskékre 99,99%,
- az EU 14 osztályban $0,1 \mu\text{m}$ részecskékre 99,999%.

Hazánkban jelenleg tömegesen az EU 12 szűrőket alkalmazzák (steilszűrő, hepaszűrő, abszolútszűrő néven), pl. a TROX F771 típusjelűt. Néhány adatát a 2. táblázatban adjuk meg.

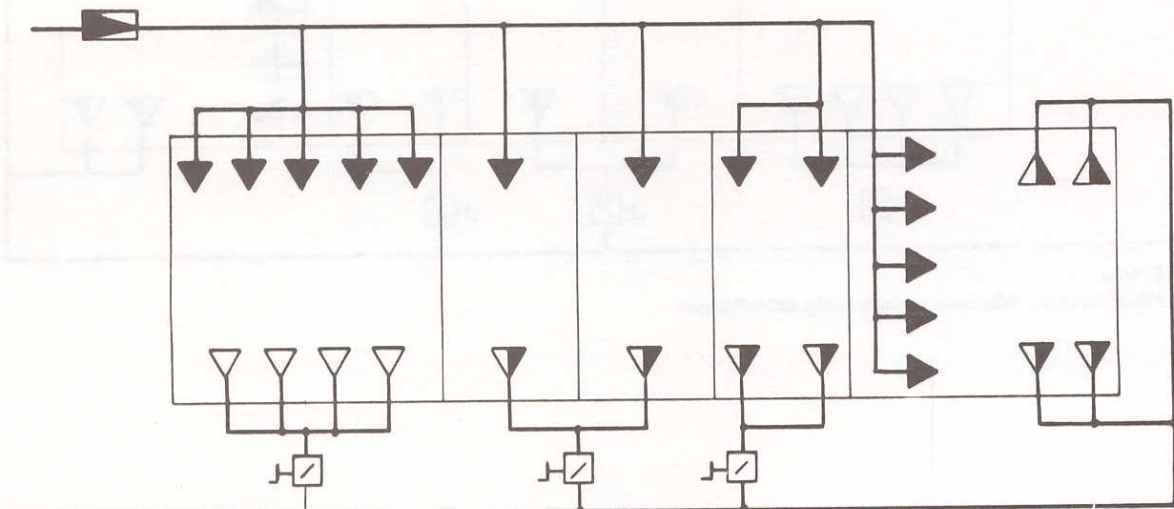
A szűrők ellenállás-változása megköveteli az állandó légmennyiség szabályozók alkalmazását.

A központi elhelyezkedésű szabályozó a teljes nyomó légcsatorna-hálózatot változó nyomásra veszi igénybe (6. ábra). Változó nyomású hálózat különösen érzékeny a légcsatorna tömörtelenségére, mivel a változó nyomás változó légvesztést jelent és ez közvetlen hatással van a szellőztetett/klimatizált tér légtelítésére.

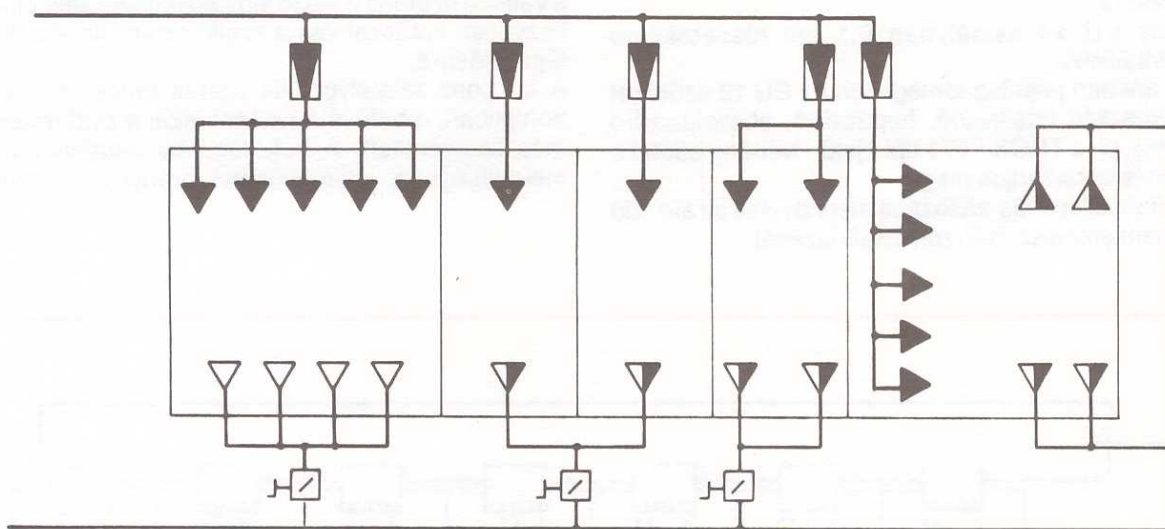
A központi szabályozóval szerelt rendszerek végpontjaiban, a befűvő egységek előtt a csatornanyomás kiegyenlített. A helyiségekbe juttatott levegő mennyisége a szűrőfelülettel arányos. A szűrők



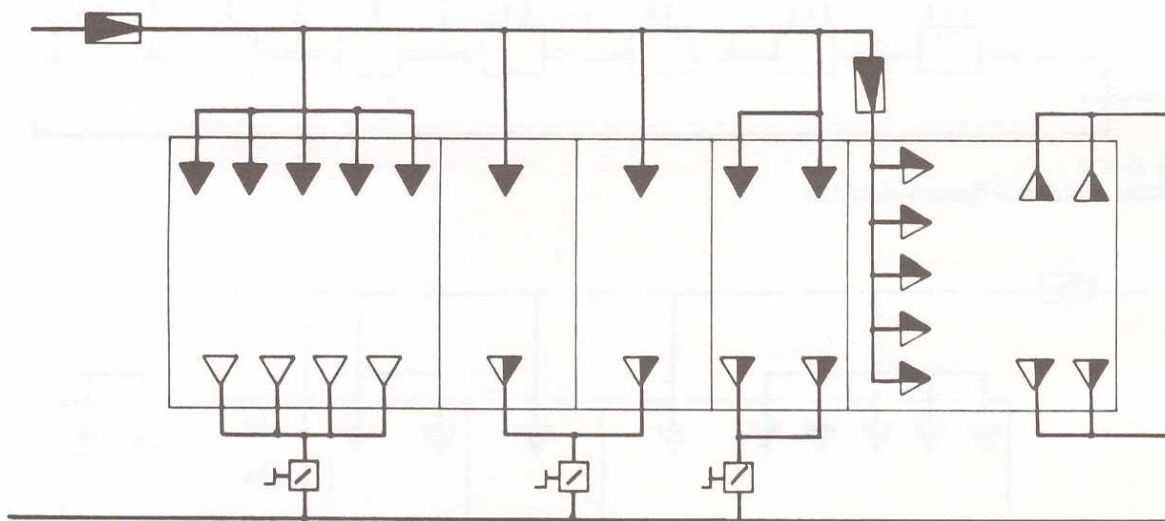
5. ábra
Soros elrendezésű légcsatorna hálózat



6. ábra
Központi légmennyiség-szabályzóval szerelt hálózat



7. ábra
Helyi és megosztott légmennyiség-szabályzókkal szerelt hálózat



8. ábra
Hibrid rendszer központi légmennyiség-szabályzóval

egyenletesen szennyeződnek, ezért cseréjük is egyszerre történjék.

A befúvó egységeken áthaladó levegő mennyiségét fojtással (állandó ellenállástényező, egy folyamatosan változó ellenállástényező mellett) nem lehet hatékonyan befolyásolni. A beavatkozás vagy tiszta vagy szennyezett szűrő esetén okoz nem elhanyagolható mértékű hibát.

A központi szabályozóval szerelt rendszerben szűk-ségtelen minden beállítási célból tervezett további fojtóelem beépítése!

Ha a rendszer bonyolultsága, vagy kiterjedése miatt központi szabályozóval nem biztosítható a tervezett, időben állandó légellátás, akkor megosztott, vagy helyi szabályozók alkalmazhatók.

A helyi szabályozók egyetlen szűrővel, a megosztott szabályozók egy helyiséget, esetleg egy szintet ellátó szűrőcsoporttal vannak kapcsolatban (7. ábra).

A szabályozóig terjedő csatornaszakasz állandó és elég nagy (1000 Pa) nyomásra van igénybe véve. Az állandó nyomású hálózat légvesztése nincs közvetlen hatással a klimatizált tér légellátására, de energetikai szempontból kiemelt figyelmet érdemel. Helyi szabályozásnál fennáll a veszély, hogy a csatorna légvesztése következtében létrejövő hiányt a ventilátor felpörgetésével kompenzálják. A felpörgetés az üzemeltetési költséget egyrészt a megnövekedett ventilációs munka, másrészt a kezelt (fűtött, hűtött) levegő mennyiségének növekedése miatt emeli. További hátrányt jelent a zajszint emelkedése. Helyi szabályozók esetén a szűrők elszennyeződése a terheléstől függően változó idő után következik be. Az idő előtti cserét a csatornanyomás mérésével lehet elkerülni.

Megosztott szabályozásnál részrendszerenként kell a cserét végrehajtani.

A szabályozókon keletkező zaj csillapításáról ($\Delta p = 800$ Pa is lehet) gondoskodni kell. A hangcsillapító feleljen meg a rendszer egészére vonatkozó tömörségi előírásnak!

Hibrid rendszerek. Abban az értelemben keverékek, hogy egyidejűleg tartalmaznak állandó kis- és változó nagynyomású elemeket.

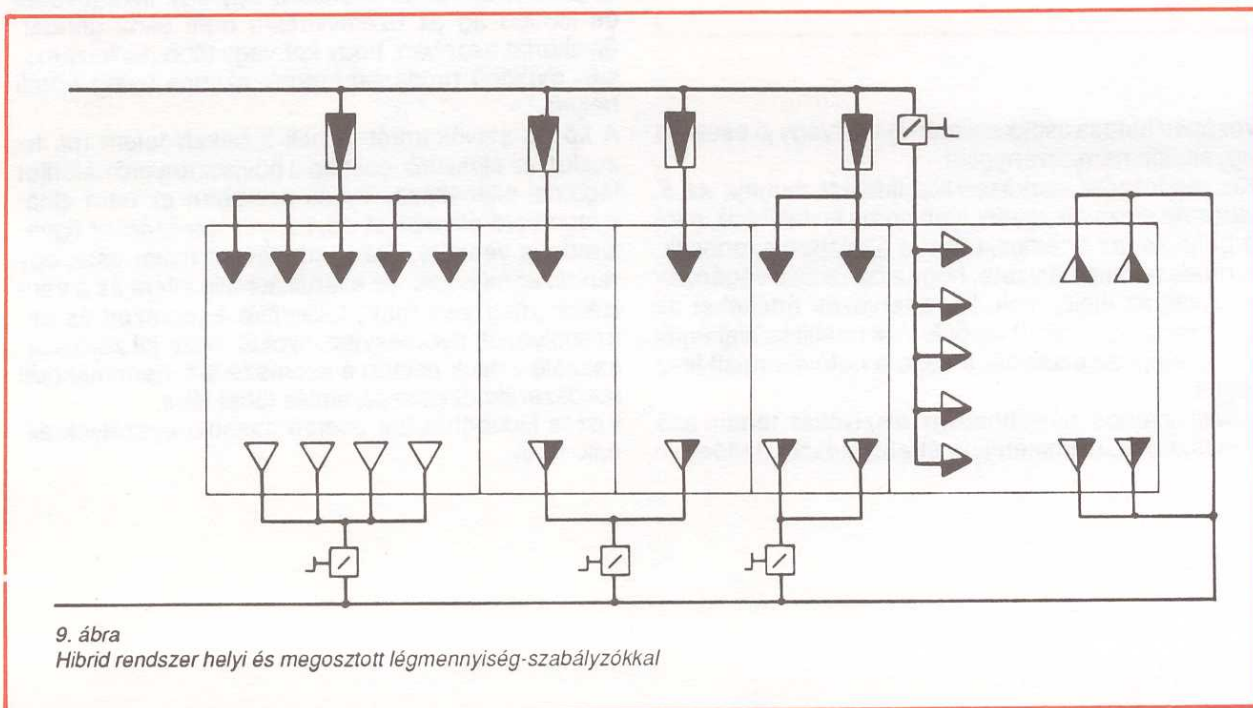
Központi szabályzó mellett a kisnyomású rész csak egy másik sorbakapcsolt helyi vagy megosztott szabályzóval működtethető a változó csatornanyomás miatt (8. ábra).

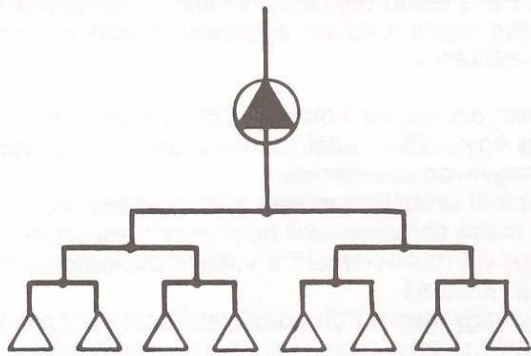
Helyi vagy megosztott szabályzó esetén az állandó nyomású csatornarész fojtott megcsapolásával biztosítható a kisnyomású szakasz légellátása (9. ábra). Energetikailag mindkét megoldás csak veszteséget termel, javasoljuk a rendszerek szétválasztását!

Elszívás

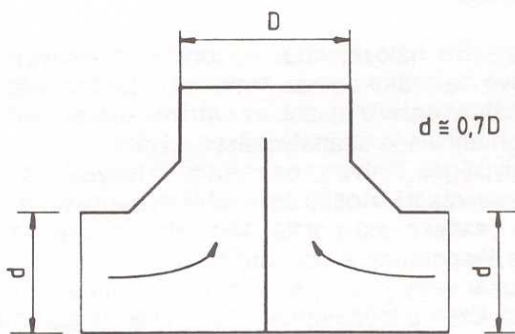
Az elszívó hálózatoknál, hasonlóan a kisnyomású befúvó hálózatokhoz az anemosztáttal összeépített szabályzó eszköz inkább az aránybeállítást mintsem a légmennyiség-szabályozást szolgálja.

A helyiségek, illetve az összetartozó helyiségcsoportok elszívását biztosító ágvezetékek gerincvezetékére való csatlakozási pontjai közelébe, a létesítmény kész állapotában is hozzáférhető helyre, előbeállító zsalukat vagy pillangószelepeket kell elhelyezni (6. ábra). Ezek a fojtóelemek alkalmasak az ágvezeték légmennyiség beállítására. Az elszívó elemektől távol elhelyezett előbeállító zsalun keletkező zaj ked-





10. ábra
Szimmetrikus elrendezésű elszívóhálózat



11. ábra
Variform T-gyűjtőidom választólemezzel

vezőtlen hatása csökkent mértékben vagy jó esetben egyáltalán nem érvényesül.

Kis rendszerek szokásos kialakítását mutatja az 5. ábra. Az elszívás ugyanolyan soros kialakítású, mint a befúvás, az anemosztátok is általában azonosak. A rendszer alaphelyzete, hogy a befúvás a végén, az elszívás az elején sok. Ha a tervezett értékeket az anemosztátba épített fojtóelemek beállításával érjük el, az eleje az elszívás, a vége a befúvás miatt lesz zajos.

Közel azonos teljesítményű elszívókat tartalmazó rendszerrel, szimmetrikus elrendezéssel, fojtóelem

nélküli hálózat építhető ki. A hálózat pl. VARIFORM idomokból alakítható ki, biztosítandó a csekély légoldali ellenállás (10. ábra). Megjegyezzük, hogy a VF-07 jelű, T gyűjtő idomba a 11. ábra szerint elhelyezett választólemez az ellenállást tovább csökkenti.

Frisslevegő-vétel

Az elhasznált levegő kidobás. A tervezésnél a frisslevegő-vétel és az elhasznált levegő kidobásának helyét gondosan kell megválasztani.

Biztosítani kell a frisslevegő

- minimális por- és egyéb szennyezőanyag-tartalmát,
- kiegyenlített hőmérsékletét.

Jól megválasztott frisslevegő-vételi hellyel az üzemeltetési költségek csökkennek (szűrőcsere, hűtőteljesítmény).

Fontos, hogy az elhasznált levegő a megengedettnél, indokoltnál jobban ne szennyezze a környezetet és ne jöjjön létre sönt a frisslevegő-vételi hely(ek) irányába.

Gondoskodni kell a környezetbe lesugárzott zaj előírt értéken belül tartásáról.

A frisslevegő-beszívó és az elhasznált levegő-kidobó eszközöket viszonylag nagyméretű lények (egér, madár) és tárgyak elleni védelem gyanánt általában 10x10 mm szemnagyságú hálóval látják el. A háló tisztítási lehetőségét biztosítani kell. Legyen az elem hozzáférhető helyen és a háló legyen kiemelhető.

Megjegyezzük, hogy a kanadai nyárfa az országban már olyan mértékben elterjedt, hogy fehér gyapotszerű termése (május) képes lezárni a frisslevegő-vételi helyeket, eltömni a léghűtőes kondenzátorok kalorifereit, szennyezni a hűtőtornyok vizét.

Légtechnikai rendszerként egy-egy levegővételi és kidobó ág az üzemvitelben nem okoz gondot. Gyakorlat azonban, hogy két vagy több párhuzamosan működő rendszert kötnek azonos levegővételi helyre.

A közös szívókamrát terheli a beszívóelem (pl. fix zsalu), az előszűrő, esetleg a hővisszanyerő kalorifer légoldal ellenállása. Teljes üzemben ez nem elhanyagolható ellenállást ad, melyet tervezéskor figyelembe is vesznek. Részterheléskor mikor csak egy rendszer működik, ez ellenállást alig jelent és a ventilátor „megszaladhat”, felborítva a tervezett és szabályozott nyomásviszonyokat. Nem jól záró szakaszoló zsaluk esetén a szomszédos, nem működő rendszerekből visszaáramlás jöhet létre.

Közös kidobóhálózat esetén hasonló veszélyek állnak fenn.