

**Különböző funkciójú épületek
klímatechnikája III.**

**Segédlet ipari épületek lég- és
klímatechnikai rendszereinek tervezése**



Magyar Mérnöki Kamara
Kiadványsorozata 46.

Különböző funkciójú épületek klímatechnikája III.
Segédlet ipari épületek lég- és klímatechnikai
rendszereinek tervezése

MMK FAP azonosító:
2019/117-ÉGT

Budapest, 2019. szeptember

A sorozat szerkesztője:

NAGY GYULA

a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara Épületgépészti Tagozatának gondozásában, a 2019. évi Feladat Alapú Pályázatok pénzügyi keretéből.

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

Szerzők:

Németh Balázs

Hámori Sándor

Kostyák Attila

Vígh Gellért

Lektorálta:

Ágoston István

Kiadó:

Magyar Mérnöki Kamara
1117 Budapest, Szerémi út 4..
info@mmk.hu, www.mmk.hu

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	7
2. Ipari üzemépületek szellőzőrendszerének tervezési alapelvei	8
2.1. Ipari szellőzőrendszer feladata	8
2.2. Méretezési alapok.....	9
2.2.1. Méretezés szennyezőanyag terhelés alapján	10
2.2.2. Méretezés hőterhelés alapján.....	14
2.2.3. Méretezés a technológiai elszívás alapján	17
2.2.4. Méretezés a termikus feláramlás alapján	18
2.2.5. Befújt légmennyiség meghatározása	18
2.3. Tapasztalati értékek.....	19
2.4. Frisslevegő/visszakevert levegő aránya.....	22
3. Belső légállapotra vonatkozó méretezési feltételek.....	23
4. Külső levegőre vonatkozó méretezési feltételek.....	26
5. Befújt levegő szűrésére vonatkozó javaslatok	27
6. Légvezetési rendszerek.....	29
7. Rendszerelemekre vonatkozó általános előírások.....	36
7.1. Légkezelők, ventilátorok.....	36
7.2. Légcsatorna hálózattal szembeni követelmények	39
8. Hővisszanyerők ipari alkalmazása	51
9. Technológiai elszívás	52
9.1. Szennyező anyagok a levegőben	52
9.2. Szűrések, szűrők.....	54
9.3. Az elszívások hatékonysága.....	77
9.4. A szükséges elszívási légmennyiség meghatározása különböző ernyőknél	81
9.5. Számítási példa fémmegmunkáló üzem helyi elszívásainak megoldása szűréssel és szellőztetéssel a levegő tisztaságának megőrzése érdekében	89
10. Tűzvédelmi szellőzésre vonatkozó előírások.....	98

11. Robbanásveszélyes területek zónabesorolása, épületgépész tervező feladatai.	104
11.1 Az épületgépész feladatai	105
11.2 Zónabesorolás lépései.....	106
11.3 ATEX direktívák, jelölések.....	113
12. Irodalomjegyzék.....	116

1. Bevezetés

Az elmúlt 20-25 évben az épületekhez kapcsolódó technológiák és technikák fejlődésével megváltoztak az épületekkel, rendszereikkel szembeni elvárások. A funkcionális követelményeken túl a világ változó globális kihívásainak (környezetvédelem, energiagazdálkodás) is meg kell felelni.

Ma egyre több korszerű, magas műszaki, technikai színvonalú ipari nagy létesítmény épül. Az ipar speciális gyártóhelyeket követel, például gépjárműipar, könnyűipar, kutatás, fejlesztés, a mikro-elektrotechnika vagy a biotechnológia speciális tisztasági követelményeit csak nagyon igényes légtechnikai, klímatechnikai rendszerekkel lehet kielégíteni.

Ebben az időszakban igen kevés olyan műszaki könyv, jegyzet, segédlet született, amely gyakorlatorientált, amely segítséget nyújthat nem csak az épületgépész mérnökképzés hallgatóinak, hanem a kezdő mérnököknek is. Talán még kevesebb olyan szakirodalom született, amely követte az elmúlt évek változásait, amely a különböző funkciójú épületek egyedi elvárásainak követelményeinek teljesítésével, ahhoz kapcsolódó műszaki megoldásaival foglalkozik.

A jelen dokumentáció célja ipari jellegű épületekhez szükséges légtechnikai és klímatechnikai rendszerek tervezéséhez iránymutatás biztosítása, módszertan, alapadatok, követelmények, szakmában bevett gyakorlat ismertetése. Példákat ad a gyakorlatból, ebben az ágazatban a technika mai állásának ismertetése. A tervezéshez javasolt szabványok, irányelvek, szakirodalom, publikációkról információ szolgáltatása, a légtechnikai rendszerek tervezéséhez, kivitelezéséhez javaslatokat és követelményeket szolgáltatson, az egységes minőség, sztenderdizálás, gazdaságos kivitelezés és üzemeltetés biztosíthatósága végett.

Jelen irányelvek tárgya légtechnikai rendszerek ipari csarnokok szellőztetéséhez.

Természetesen a tervezés és kivitelezés közben a kapcsolódó törvényeket, hatósági előírásokat, szabványokat figyelembe kell venni, és be kell tartani.

2. Ipari üzemépületek szellőzőrendszerének tervezési alapelvei

2.1. Ipari szellőzőrendszer feladata

Az üzemelő technológia légszennyező anyagot bocsájthat ki, és technológiai folyamatok hőterheléssel járhatnak. Az egyes gyártási folyamatok különbözőképpen és mértékben szennyeznek a csarnok levegőjét, más-más hőterhelést okoznak. Az ipari szellőzés feladata a szennyezőanyag és hőterhelés elvitele a tartózkodási zónából, egyrészt a bent tartózkodók számára megfelelő komfortérzet, levegőminőség biztosítása, másrészt a technológia által előírt légállapot tartása végett.

Amíg a komfort szellőzésnél főként a hőterhelés elvitele és a minimális frisslevegő biztosítása a cél, addig az ipari szellőzőrendszereknél a technológiai folyamatból keletkező, a tartózkodási zónába jutó károsanyag légtechnikai rendszerrel történő elvitele a feladat. Előírások szabályozzák az egyes károsanyagra a munkahelyeken megengedett maximális koncentrációt. A légtechnikai rendszernek kell biztosítani, hogy a tartózkodási zónában a levegőszennyezettsége a megengedett tartományon belül legyen.

További jelentős különbség a komfort szellőző rendszerhez képest, hogy a komfort szellőzésnél az elszívás helyének és kialakításának másodlagos szerepe van a helyiség légállapotára, addig az ipari szellőzésnél jelentős hatása van a technológián keresztül történő elszívásnak. Minél jobb a technológiai elszívás hatékonysága, annál jobb a levegőminőség a tartózkodási zónában adott befűjt légmennyiség esetén.

Komfort berendezéseknél a visszakeringtetett levegő részaránya főként energetikai és gazdasági szempontok alapján (természetesen a minimális frisslevegő figyelembevételével van meghatározva. Ipari szellőzésnél a levegő visszakeringtetésre meghatározó kritérium a visszakeringtetett levegő tisztasága, vagyis a visszakeringtetett levegőben lévő károsanyag koncentráció.

Magas károsanyagkoncentrációjú elszívott levegőt nem szabad visszakeringtetni és a csarnokba visszavezetni. Ugyanakkor a kidobott levegőt, amit a szabadba vezetünk sem szabad tetszőleges károsanyagkoncentrációval kifújni, amiatt, hogy a környezetet ne szennyezzük, erre vonatkozóan az előírt határértékeket kell betartani, adott esetben a kidobott levegőt tisztítani kell.

A fentiekből kifolyólag az ipari légtechnikai rendszerek három feladatkört foglalnak össze:

- Levegő bevezetés (frisslevegő ellátás)
- Elszívás (a szennyező anyagok és a hőterhelések elvitele)
- Elszívott levegő tisztítása

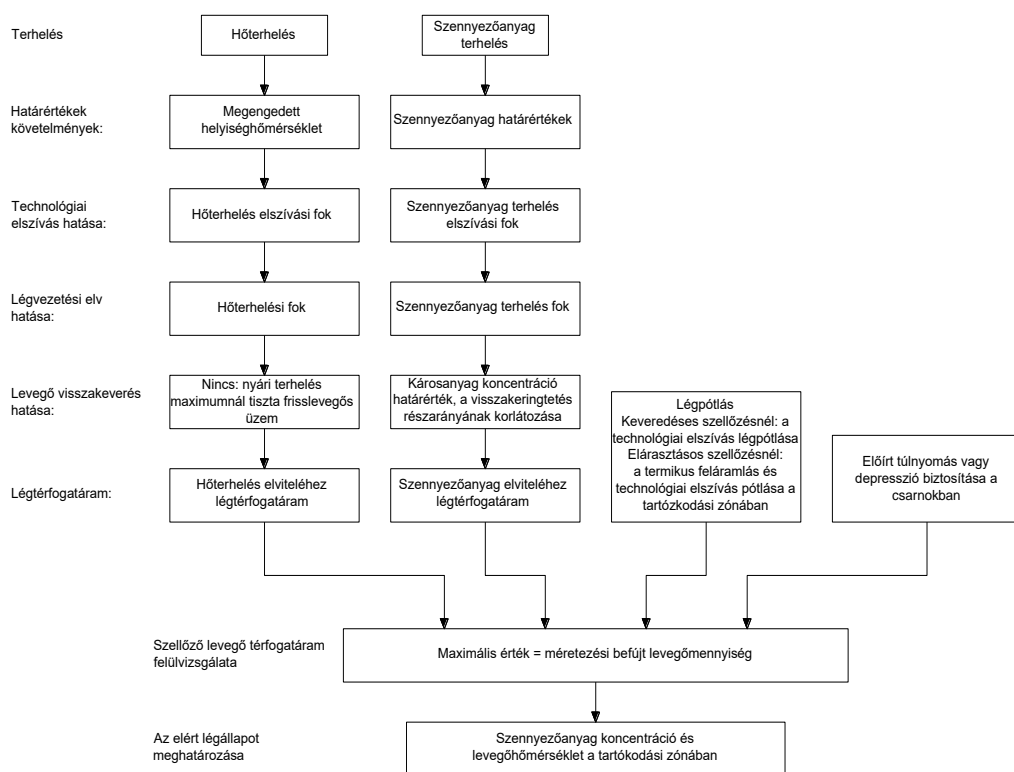
2.2. Méretezési alapok

A befűjt légmennyiséget úgy kell meghatározni, hogy a következő 4 feltétel teljesüljön:

- hőterhelés elvitele
- szennyezőanyag terhelés elvitele
- a technológiai elszívás és a termikus feláramlás miatti légpótlás biztosítása
- a csarnokban szükséges túlnyomás- depresszió biztosítása

A befűjt légmennyiséget mind a négy fenti feltétel figyelembevételével kell meghatározni, és a maximális értéket kell a légtechnikai rendszernek szállítani.

A méretezés folyamatát az alábbi 1. számú ábra mutatja:



1. ábra: szellőző levegő meghatározásának folyamata

Természetesen a légtechnikai rendszernek a személyek részére szükséges minimális frisslevegőt is szolgáltatni kell. A fajlagos dolgozói létszám általában egy ipari csarnokban a jóval kevesebb, mint egy közösségi épületben. Egy iroda épületben például átlagosan 10 m² jut egy főre, egy koncertteremben 1 m², egy ipari létesítményben 50 m², vagy akár több is. Személyenként szükséges minimális frisslevegőt 50 m³/h-val vesszük figyelembe, így egy 50 m²/fő fajlagos bent tartózkodói létszámmal számítva, az ipari csarnokban 1 m³/h/m² fajlagos frisslevegőt kell biztosítani, ahhoz, hogy a személyenként szükséges frisslevegő ellátás garantált legyen. Ez az értéké töredéke a felül említett négy kritérium által számított frisslevegő mennyiségnek, így általában ezzel az értéket nem kell külön számítani.

A befűjt légmennyiséget csak akkor lehet pontosan számítani, amennyiben a technológiából adódó hő- és szennyezőanyag terhelések rendelkezésre állnak. Amennyiben egy adott munkánál ezek az adatok nem állnak rendelkezésre, úgy a gyakorlatból vett tapasztalati fajlagos értékekkel kell a légmennyiséget meghatározni.

2.2.1. Méretezés szennyezőanyag terhelés alapján

Határértékek

A szellőzésnek biztosítani kell, hogy a tartózkodási zónában az adott szennyezőanyag vonatkozó koncentráció a megengedett határértéket ne haladja meg. Jelenleg Magyarországon a munkahelyeken megengedett szennyezőanyag koncentrációt a 25/2000. (IX. 30.) EüM-SzCsM együttes rendelet a munkahelyek kémiai biztonságáról szabályozza.

Ezen túlmenően itt szeretnénk kiemelni, hogy a VDI 2262 meghatároz egy I vel jelölt, úgynevezett értékelési mutatót, ami a tartózkodási zónában lévő károsanyag koncentráció és a megengedett károsanyag koncentráció hányadosaként számolandó.

$$I = C_{tz} / C_{hat}$$

C_{hat} - megengedett koncentráció

Az értékelési mutató $I < 1$ kell, hogy legyen.

Amennyiben több szennyezőanyag terhelés is jelentkezik, úgy az teljes I értéket az egyes az egyes anyagokra vonatkozó I értékek összegével kell meghatározni.

$$I = (C_{tz} / C_{hat})_{anyag1} + (C_{tz} / C_{hat})_{anyag2} + \dots < 1$$

A határértékek csak akkor tarthatók be, amennyiben a befűjt levegő kellően tiszta. Azt jelenti, hogy a befűjt levegő károsanyagkoncentrációja alacsony kell, hogy legyen. Ennek biztosítására a VDI2262-ben található kritériumok a befűjt és visszakeringtetett levegő megengedett értékelési mutatója.

	I _{ker}	I _{bef}
Mutagén vagy karcinogén szennyező anyagok	<0,10	<0,05
egyéb szennyező anyagok	=<0,20	=<0,10

1. Táblázat befűjt és visszakeringtetett levegő értékelési mutatója

A befűjt levegő értékelési mutatója:

$$I_{\text{bef}} = C_{\text{bef}} / C_{\text{hat}}$$

A visszakeringtetett levegő értékelési mutatója:

$$I_{\text{ker}} = C_{\text{ker}} / C_{\text{hat}}$$

C_{bef} szennyezőanyag koncentráció a befűjt levegőben

C_{ker} szennyezőanyag koncentráció a visszakeringtetett levegőben

Ez azt jelenti, hogy a VDI 2262 szerint a rákkeltó és mutagén szennyező anyagok koncentrációja kisebb kell legyen a befűjt levegőben, mint a megengedett érték 5%-a, visszakeringtetett levegő esetében pedig mint a megengedett érték 10%-a. A visszakeringtetett levegő nagyobb koncentrációja esetén nem szabad visszakeringtetett üzemmódban működtetni a berendezést.

Egyéb, nem mutagén vagy karcinogén anyagok esetében pedig a befűjt levegőben a maximális koncentráció a határérték 10%-a lehet, a visszakeringtetett esetében 20 %-a.

Befűjt levegőtérfogataramának számítása

A VDI 2262 szerint a szennyezőanyag elviteléhez szükséges szellőző térfogatáram:

$$V_{\text{bef}} = \mu_s * m_s * (1 - \eta_s) / (C_{\text{tz}} - C_{\text{bef}})$$

V_{bef} szükséges befűjt légmennyiség a szennyezőanyag elviteléhez (m³/h)

μ_s szennyezőanyag terhelési fok

m_s szennyező anyag kibocsátásának tömegárama (kg/h)

η_s technológiai elszívás hatásossága

C_{tz} tartózkodási zónában kialakuló szennyezőanyag koncentráció

C_{bef} befűjt levegőben lévő szennyezőanyag koncentráció

Több szennyező anyag esetében a szükséges légtérfogatáram, az egyes szennyezőanyagokra kiszámolt légtérfogatáram összegzéséből adódik.

$$V_{bef} = V_{bef\text{ anyag1}} + V_{bef\text{ anyag2}} + V_{bef\text{ anyag3}} + \dots$$

Ezt a számítást könnyű elvégezni. Nehezebb azonban a technológiából adódó szennyezőanyag kibocsátás meghatározása. Sokszor sem a technológus, sem a technológiai berendezésszállító nem tud ilyen adattal számolni. Gyakran csak becsülni vagy feltételezni lehet ezeket az értékeket.

A technológiai elszívás hatásossága és a szennyező anyag terhelési foknak jelentős hatása van a befűjt légmennyiség meghatározásában.

Technológiai elszívás hatásossága

Az elszívási hatásosság η_s megadja, hogy a keletkező levegőszennyező anyag mekkora hányada lesz direkt a technológiai elszívással a csarnoktérből kivezetve.

$$\eta_s = m_{sz, EL} / m_{sz}$$

$m_{sz, EL}$ technológiai elszívással elvezetett szennyező anyag térfogatáram

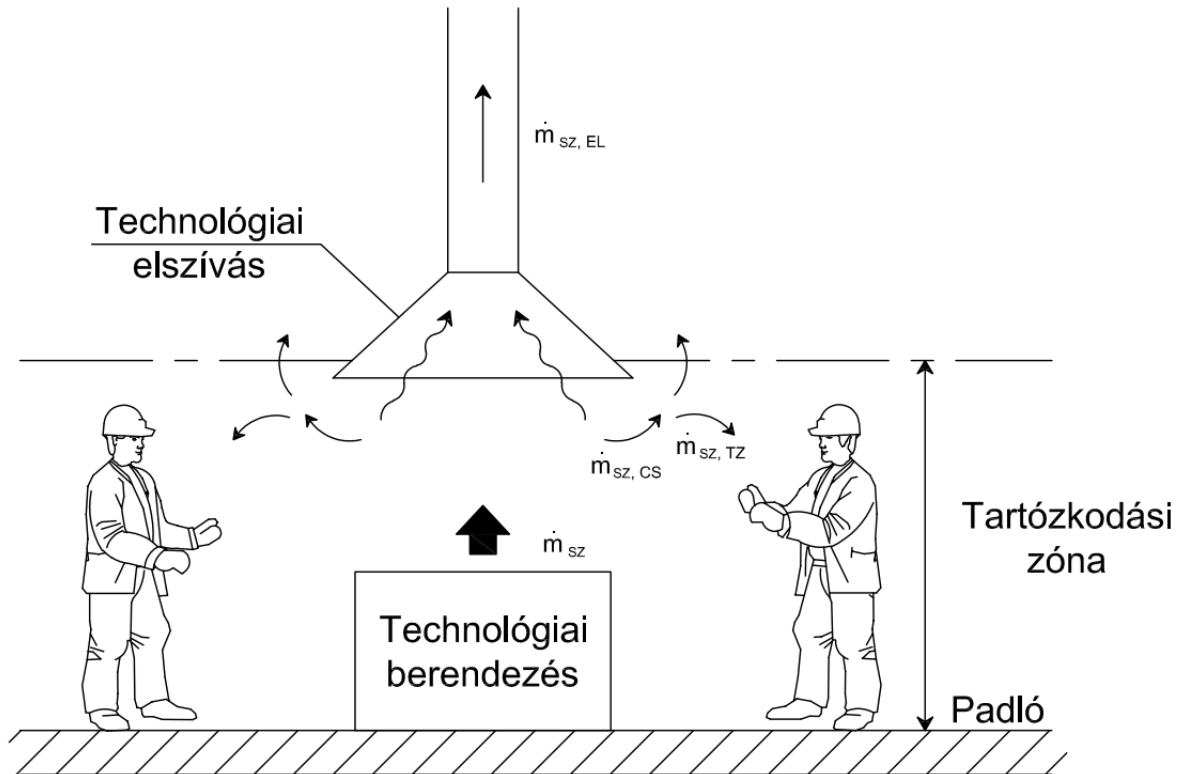
m_{sz} szennyező anyag kibocsátásának tömegárama

Ez elszívás hatásossága 0 és 1 közötti szám. Amennyiben az összes keletkező szennyezőanyag elszívásra történik, úgy az értéke 1. Minél nagyobb az elszívás hatásossága, annál nagyon ez a szám, és annál kevesebb szellőzőlevegőre van szükség, hogy a szennyező anyagot elvezessük a tartózkodási zónából.

Sajnos nem áll rendelkezésünkre pontos számadat az elszívási hatásosságra. Az elszívás hatékonysága nem csak az elszívó kialakításától, hanem annak elrendezésétől, és a magától a szennyezőanyag keletkezésének módjától (centrifugális erő, nyomás hatások) is függ. A befűjt légmennyiség meghatározásához szükséges elszívás hatásosságának az értéke, amit meg kell becsülni, vagy kísérleti úton meg kell határozni.

Szennyezőanyag terhelési fok

Szennyezőanyag terhelési fok μ_s megadja, hogy a csarnoktérbe jutó szennyezőanyag mekkora hányada jut a tartózkodási zónába, lásd az alábbi magyarázó ábrát.



2. ábra: szennyező anyag terhelési fok

$$\mu_{sz} = m_{sz, TZ} / m_{sz, CS}$$

$m_{sz, TZ}$ tartózkodási zónába jutó szennyezőanyag tömegárama

$m_{sz, CS}$ csarnokba jutó szennyezőanyag tömegárama

A szennyezőanyag terhelési fok 0 és 1 között van. A $\mu_s = 1$ azt jelenti, hogy a teljes, a csarnoktérbe jutó szennyező anyag, ami a technológiai elszíváson keresztül nem kerül eltávolításra a tartózkodási zónába jut. Ebben az esetben az egész csarnokban egyenletes szennyezőanyag koncentráció uralkodik.

$$C_{sz, TZ} = C_{sz, CS}$$

Amennyiben a $\mu_s = 0$ (elméleti határérték) akkor a teljes kiáramló, technológiai elszívással nem elvezetett szennyezőanyag a tartózkodási zónán kívülre, általában a csarnok mennyezet alatt gyűlik össze. Ebben az esetben a tartózkodási zónában a szennyezőanyag koncentráció nulla.

$C_{sz, TZ} = 0$.

A szennyezőanyag terhelési fok értékével arányos a szennyezőanyag elszállításához szükséges befűjt levegő mennyisége. Minél alacsonyabb a szennyezőanyag terhelési fok, annál kevesebb szellőzőlevegőre van szükség, hogy a keletkező szennyezőanyagot elszállítsa a szellőzés.

A szennyezőanyag terhelési fok értéke alapvetően a légvezetési rendszertől, de a szennyezőanyagforrások elhelyezkedésétől és módjától, továbbá a helyiség geometriai és termikus jellemzőjétől is függ.

Kísérleti vizsgálatokkal történő meghatározás alapján a különböző légvezetési módok esetén az alábbi terhelési fokokat lehet iránymutatásként figyelembe venni.

Sz:	Légvezetési mód	Szennyezőanyag terhelési fok μ_{sz}
1.	Turbulens keveredésses szellőzés, mennyezeti, vagy oldalfali légbevezetéssel	1,0
2.	Kiszorításos légbevezetés, kb. 3 m magasban, befűvási irány vízszintes	0,7
3.	Kiszorításos légbevezetés, kb. 3 m magasban, befűvási irány függőlegesen lefelé	0,55
4.	Elárasztásos légbevezetés, padlóra, folyamatosan, sorban elhelyezett befűvőkkel	0,5
5.	Elárasztásos légbevezetés, padlóra, pontszerűen elhelyezett befűvőkkel	0,2

2. számú Táblázat szennyezőanyag terhelési fok értékei különböző légvezetési rendszereknél

A fenti összeállításból látszik, hogy például vízszintesen kifűvó, 3 m magasban elhelyezett befűvók alkalmazása esetén, a mennyezeti, turbulens keveredésses szellőzéshez képest, a térfogatáram 70%-ra van szükség ahhoz, hogy a tartózkodási zónában ugyanazt a szennyezőanyag koncentrációt érjessük el, mint keveredésses szellőzésnél. Padlóbefűvók alkalmazása esetén pedig ez az érték 20 %.

2.2.2. Méretezés hőterhelés alapján

A szennyezőanyag terhelésre történő méretezésnél alkalmazott összefüggéshez hasonlóan a hőterhelés elviteléhez szükséges levegőtérfogatáram:

$$V_{bef} = 3600 * \mu_w * [Q_T * (1 - \eta_w) + Q_K] / [q * c_p * (t_{tz} - t_{bef})]$$

V_{bef} szükséges befűjt légmennyiség a hőterhelés elviteléhez (m³/h)

μ_w hőterhelési fok

Q_T technológia hőleadása (W)

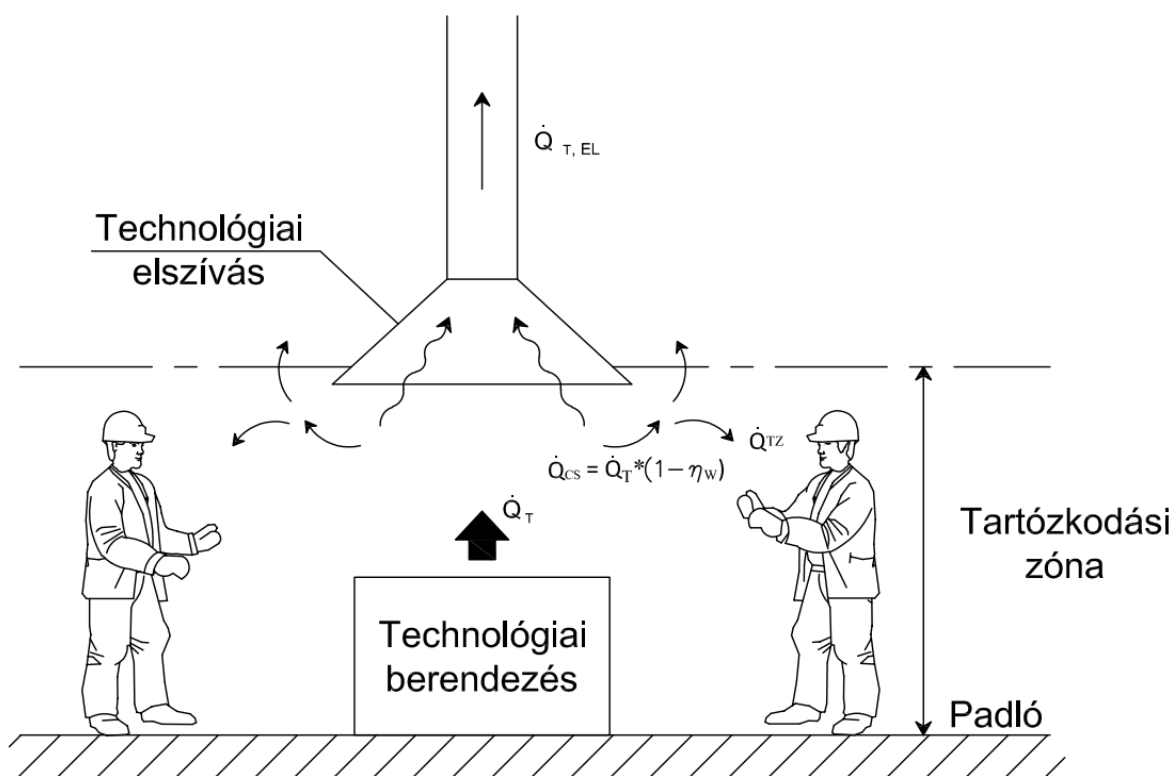
Q_K külső + világításból adódó hőterhelés (W)

η_w technológiai elszívás hatásossága a hőterhelésre vonatkoztatva

t_{tz}	levegőhőmérséklet a tartózkodási zónában (°C)
t_{bef}	befűjt levegő hőmérséklete (°C)
ρ	levegő sűrűsége (kb. 1,2 kg/m ³)
c_p	levegő fajhője (kb. 1005 J/kg/K)

Amennyiben több technológia berendezés van, abban az esetben természetesen az egyes berendezések hőleadását megszorozva a berendezés elszívásához tartozó hőterhelésre vonatkoztatott hatásossággal kell a technológiai berendezés hőleadását a csarnoktérbe figyelembe venni, és azok összegével számolni a csarnok szellőző levegőjét.

Q_T jelenti a technológiai berendezés hőleadását. Amennyiben a berendezések elszívó ernyővel, bedobozolással vannak ellátva, abban az esetben a szennyezőanyag mellett a keletkező hő egy része is elszívásra kerül és nem jut a csarnoktérbe. Ezt jellemzi az elszívási hatásosság, az η_w . A csarnokba hőterhelés egy része: $Q_{cs} = Q_T * (1 - \eta_w)$ jut, ahogy azt a következő ábra mutatja.



3. ábra: hőterhelési fok

A technológiai berendezések hőleadását jobb esetben gyártói, technológiai adatszolgáltatás vagy tapasztalati értékek alapján lehet figyelembe venni. Új technológia esetén egy lehetséges módszer a berendezések elektromos teljesítményfelvételéből kiindulni. Ebben az esetben számolni kell az egyidejűséggel, nem a beépített teljesítményt kell figyelembe venni, hanem a várható, ténylegesen felvett teljesítménnyel, és abból le

kell vonni, amennyiben az adott technológiánál van, a hűtővízzel, vagy emulzióval történő hőelszállítást. Üzemelő technológia esetén célszerű a technológia áramfelvételének mérése, és abból következtetni a technológia hőleadására. Fontos figyelni arra is, hogy csak azokat a technológiai berendezéseket vegyük számításba, amik ténylegesen a tartózkodási zónába okoznak hőterhelést, nem kell figyelembe venni például elárasztásos szellőzés esetén egy, a tartózkodási zóna feletti, pódiumon elhelyezett kapcsolószekrényt.

Ahogy a szennyezőanyag elszívásnál, úgy a hőterhelésre vonatkozó elszívási hatásosság is sok tényezőtől függ, de mindenekelőtt az elszívási helyek kialakításától és elrendezésétől. η_w érték általában alacsonyabb, mint a η_{sz} mert a hőszugárzást nem tudja az elszívás elvezetni. Durva becsléssel az η_w értéket az η_{sz} érték 40-60%-nak célszerű felvenni. Amennyiben a hőforráshoz nem tartozik elszívás, abban az esetben az η_w értéke 0.

A μ_w hőterhelési fok megadja, hogy a direkt elszívással nem távozó hőterhelés mekkora hányada jut a tartózkodási zónába.

$$\mu_w = Q_{TZ} / Q_{CS}$$

Q_{TZ} tartózkodási zónába jutó hőterhelés

Q_{CS} csarnokba jutó hőterhelés

Jelentős hatása van a hőterhelési fokra mindenekelőtt a légvezetési rendszernek, a hőforrások elhelyezkedésének és fajtájának, továbbá a helyiség geometriai jellemzőinek.

Minél nagyobb a hőterhelési fok, annál nagyobb a tartózkodási zónába jutó hőterhelés, így a hőterhelés elviteléhez szükséges légmennyiség.

Kísérletek alapján a légvezetési rendszertől függően a következő táblázat alapján lehet figyelembe venni irányadó számokat a hőterhelési fokra.

Ssz:	Légvezetési mód	Szennyezőanyag terhelési fok	Hőterhelési fok
		μ_{sz}	μ_w
1.	Turbulens keveredésses szellőzés, mennyezeti, vagy oldalfali légbevezetéssel	1,0	1,0
2.	Kiszorításos légbevezetés, kb. 3 m magasban, befúvási irány vízszintes	0,7	0,75
3.	Kiszorításos légbevezetés, kb. 3 m magasban, befúvási irány függőlegesen lefelé	0,55	0,65
4.	Elárasztásos légbevezetés, padlóra, folyamatosan, sorban elhelyezett befúvókkal	0,5	0,55
5.	Elárasztásos légbevezetés, padlóra, pontszerűen elhelyezett befúvókkal	0,2	0,45

3 számú Táblázat szennyezőanyag és hőterhelési fok értékei különböző légvezetési rendszereknél

A hőterhelési fokra ugyanaz a tendencia jellemző, mint a szennyezőanyag terhelési fokra: az elárasztásos szellőzéssel alacsonyabb hőterhelési fok érhető el, mint keveredésszel. Legkedvezőbb a levegő bevezetése a padlón közelben, vagy pontszerűen elhelyezett kiszorításos befúvókkal, vagy padlóbefúvókkal. Továbbá a hőterhelési fok nagyobb, mint a szennyezőanyag terhelési fok. A padló közelében történő légbevezetés ugyanahhoz a hőterhelés elvitelhez körülbelül 45 %-kal kevesebb szellőzőtérfogatáramot igényel, mint ami turbulens keveredésszel szellőzésnél szükséges lenne. Ez jelentős beruházási- és energiaköltségmegtakarítást eredményez.

2.2.3. Méretezés a technológiai elszívás alapján

A csarnok levegőmérlegének biztosítása érdekében a csarnokból elszívott légmennyiséget pótolni kell. Az elszívandó légmennyiség meghatározása nem egyszerű feladat, legjobb, ha a technológiai berendezést gyártó ad adatszolgáltatást, amennyiben ez nem áll rendelkezésünkre akkor szakirodalomból továbbá jelen tervezési segédlet technológiai elszívás fejezetéből nyerhetünk iránymutatást. Az összes technológiától elszívott légmennyiséget pótolni kell. A helyiséglevegő egy része termikus okok miatt felfelé, a mennyezet alá áramlik. Ebből kifolyólag ajánlott, minimum a teljes elszívott légmennyiség 15-20 %-át a mennyezet alatt elvezetni. Ellenkező esetben a csarnok mennyezetéhez áramló hő- és szennyezőanyag folytonossági okból a fal mentén visszaáramlik a tartózkodási zónába. Ez a tartózkodási zóna levegőminőségének romlásához vezetne.

Egyes gyártóüzemben, amiben olyan szennyezőanyag keletkezik, amik nehezebbek a levegőnél, a csarnok levegőjének elszívását a padló közelben részesítik előnyben. Ilyenek például textil üzemek (szálak), lakkozó (lakk aeroszolok) és hasonló üzemek.

Általánosságban érvényes, hogy a levegőmérleget biztosítandó befűjt légmennyiség értéke a technológiától elszívott levegő térfogatárama hozzáadva a további csarnok elszívással (mennyezet vagy padló közelében) megegyező legyen.

Amennyiben a csarnoktérben túlnyomást vagy depressziót kell tartani, úgy nem kiegyenlített levegőmérleget kell megvalósítani, hanem többlet vagy kevesebb levegőt kell bevezetni, mint az összes elszívott légmennyiség. Egy jól tömített csarnok esetében, tapasztalat alapján megfelelő túlnyomás vagy depresszió biztosítható a külső tér fele, ha a befűjt levegő túlnyomás esetén 15 %-kal több, depresszió esetén kevesebb, mint az összes elszívott légmennyiség (technológiai + csarnok elszívás).

2.2.4. Méretezés a termikus feláramlás alapján

A csarnok levegő feláramlása a termikus hatásra visszavezethető. Turbulens keveredéssel légvezetésű szellőzés esetén a termikus feláramlást nem szükséges kiszámolni, ugyanis a feláramló levegő úgyis a befűjt levegővel keveredik és hígul. Emiatt magas a szennyező anyag és hőterhelési fok $\mu_w = \mu_{sz} = 1$. Elegendő az a feltétel teljesítése, hogy a teljes elszívott légmennyiség legalább 15-20%-a a csarnok általános elszíváson keresztül kell, hogy megvalósuljon.

Amennyiben elárasztásos légvezetési rendszert tervezünk, abban az esetben a befűjt légmennyiség a termikusan feláramló levegőtérfogatóáramot kell, hogy pótolja, mert csak abban az esetben valósul meg erre a szellőzési rendszerre jellemző az alacsony terhelési fok. Amennyiben a befűjt levegő mennyisége kevesebb, mint a technológiai elszíváson keresztül elszívott és a termikusan feláramló légtérfogatóáram összege, abban az esetben megnövekszik a csarnok mennyezete alatt felgyülemlett meleg, szennyezett levegőnek a tartózkodási zónába történő visszaáramlásának a mértéke, ami a tartózkodási zóna levegőminőségének csökkenését vonja maga után.

Minimális visszaáramlás mindig fennáll, ezt csak teljesfelületű lamináris dugattyúszerű szellőztetéssel lehetne megakadályozni, abban az esetben lehetne a terhelési fokokat nullára csökkenteni, ez a megoldás azonban megfizethetetlen.

A termikus feláramlás számítására szakirodalomban [24], [25], [26] találunk számítási módokat.

A termikus feláramlás számításánál a meleg felületeket a padló szinttől a tartózkodási zóna felső síkjáig (általában padlószinttől 1,8 m magasságig) kell figyelembe venni.

A befűjt légmennyiség kiegyenlített szellőzés esetén az összes technológiai elszívás és a tartózkodási zónából történő, a technológiai elszívással nem elszívott termikus feláramlás összege kell, hogy legyen.

2.2.5. Befűjt légmennyiség meghatározása

Ahogy korábban írtuk, ipari csarnokban a befűjt levegő mennyiségét az alábbi négy kritérium alapján kell méretezni:

- szennyezőanyag terhelés alapján
- hőterhelés alapján
- technológiai elszívás alapján
- termikus feláramlás alapján.

Mind a négy kritérium alapján meg kell határozni a légmennyiséget, egymással össze kell hasonlítani, és azok közül a legnagyobb lesz a mértékadó, ami a szükséges befűjt légmennyiséget adja meg.

2.3. Tapasztalati értékek

Sok esetben a szennyező anyag terhelés, hőterhelés, felületi hőmérsékletek, berendezések méretei nem ismertek kellő pontossággal, így a tervező tapasztalati adatokra szorítkozik, hogy a légtechnikai berendezést ki tudja választani, erre az alábbi táblázat mutat példát. Minden technológiát nem tudunk felsorolni, és itt hívjuk fel a figyelmet, hogy a legtöbb esetben a Megrendelő, a technológiájának ismeretében, korábbi tapasztalatok figyelembevételével tud alap adatokat adni. Az alap adatokat a tervezés legelején mindenképp egyeztetni kell a megrendelővel.

A következő táblázat a szükséges egyes gyártóterületekhez javasolt szellőzőlevegő térfogatáramának és a technológiából adódó hőterhelés nagyságrendjét adja meg, tapasztalatok alapján.

Terület megnevezése	Írányszámok szükséges szellőzőlevegőre			Alapterületre vonatkozó technológiából adódó fajlagos hőterhelés
	Alapterületre vonatkozó fajlagos légmennyiség	Lég-csere	Levegő mennyiség	
	m ³ /h/m ²	1/h	m ³ /h	
Járműgyártás				
Motorgyártás mechanikus megmunkálás	35-40			90-120
Motorgyártás motorszerelés	15-20			15-25
Motorgyártás, emulziós csarnok	40-60			100-150
járműgyártás festőcsarnok	15			60-110
járműgyártás présüzem	10			30-40
járműgyártás	25			50-80

Karosszéria-csarnok				
járműgyártás összeszerelés	15			15-25
Öntöde				
öntöde, homok előkészítése	50-60			50-100
öntöde, mag előállítása és tárolása	60-80			100-150
öntöde, olvasztás	90-140			300-500
öntöde, kokilla öntés	100-150			300-400
nyomásos öntés	60-80			200-300
Öntöde, mechanikus megmunkálás	20-75			50-250
Öntöde összeszerelés	20-30			30-50
Elektronikai üzem				
Alkatrészgyártás, forrasztó kemencékkel	30			200
összeszerelés, helyi forrasztás	15			100
Logisztika				
Logisztika (külső-belső zónák)		termés zetes szellőz és vagy 0,1/h		5
Beszállítás kamion, gépjármű forgalom	15-20			5
Egyéb területek				
Mérőszoba		20		100-150
Számítógép központ		20-40		500-1000
Technikai labor	10-20			75-100
Irodák				

irodák termelési területen	6,5 7 m ² /fő létszámmal számolva		45	
közösségi szoba	6,5 7 m ² /fő létszámmal számolva		45	
egyszemélyes iroda az irodaépületbe, központi irodaterületeken	10,5 7 m ² /fő létszámmal számolva		72	
egyterű iroda az irodaépületben, központi irodaterület,	10,5 7 m ² /fő létszámmal számolva		72	
Tárgyaló	15,0 3 m ² /fő létszámmal számolva		45	
Szociális terek				
üzemi étkező		6 l/h		
öltöző		6-10 l/h		
wc		15 l/h de min. 60 m ³ /h		
vizelde		10 l/h de min. 60 m ³ /h		
mosdó		8 l/h de min.		

		40 m ³ /h		
Fürdő		15 l/h de min. 150 m ³ /h /tusol ó		
Takarító helyiség		5 l/h de min. 40 m ³ /h		

4 számú Táblázat: szellőzőlevegő és fajlagos hőterhelés tapasztalati, iránymutató értékei különböző ipari létesítményekben lévő helyiségekben

2.4 Frisslevegő/visszakevert levegő aránya

A tartózkodási zónában uralkodó levegőminőség szempontjából kedvező, ha a szellőzőlevegőnek minél nagyobb a frisslevegő hányada. Ez mindenekelőtt nagy légszennyezéssel járó technológiával üzemelő csarnok esetén érvényes. Másodsorban a nagy frisslevegő hányad, nagy energiafelhasználást jelent, annak felfűtési és lehűtési igénye miatt. Hővisszanyeréssel ez a költség jelentősen csökkenthető. Egy jelentős költségmegtakarítási lehetőség, hogy a befűjt levegőbe az elszívottat visszakeringtetünk, azonban ennek korlátjai vannak, mindenekelőtt légszennyező technológiával üzemelő gyáraknál.

A VDI2262 szerint, amennyiben egy csarnokban, a technológia olyan szennyezőanyagot bocsájt ki, amire határérték vonatkozik, a visszakeringtetett levegő részaránya nem lehet több, mint 70%. Amennyiben olyan karcinogén vagy mutagén szennyezőanyagot bocsájt ki, úgy a visszakeverés részaránya 50%-ot nem haladhatja meg.

A visszakevert levegő minősége is elő van írva a VDI226-ben, ahogy korábban is említettük. A visszakevert levegőben a szennyező anyag koncentráció nem haladhatja meg a határérték 20%-át, karcinogén vagy mutagén anyag esetén a határérték 10%-át.

3. Belső légállapotra vonatkozó méretezési feltételek

A belső légállapot követelményeinek meghatározásánál a komfort igényeken túlmenően a technológia által megkövetelt határtértékeket is be kell tartani, ami adott esetben, mint például mérőszoba, mikroelektronika szigorúbb lehet a komfort követelményeknél.

A munkahelyeken megengedett belső hőmérséklet törvényi szabályzásáról a 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM együttes rendelet a munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről gondoskodik. Tervezésnél a rendeletben megadott határértékeket figyelembe kell venni.

A ruházat az ember hőleadására gyakorolt befolyását a ruházat hőszigetelése határozza meg. A ruházat hővezetéssel szembeni ellenállásának szokásos mértékegysége a „clo”. Élénkebb tevékenység közben és vastagabb ruházatban alacsonyabb hőmérsékletet érez az ember kellemesnek és egyidejűleg nagyobb áramlási sebességek engedhetők meg. Ipari környezetben magasabb légsebesség engedhető meg, mint komfort rendszereknél. A levegő megengedett áramlási sebességeinek gyártóüzemekre vonatkozó intervallumait a VDI3802 irányelvben az alábbi ábra mutatja.

Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 1998

VDI 3802 – 33 –

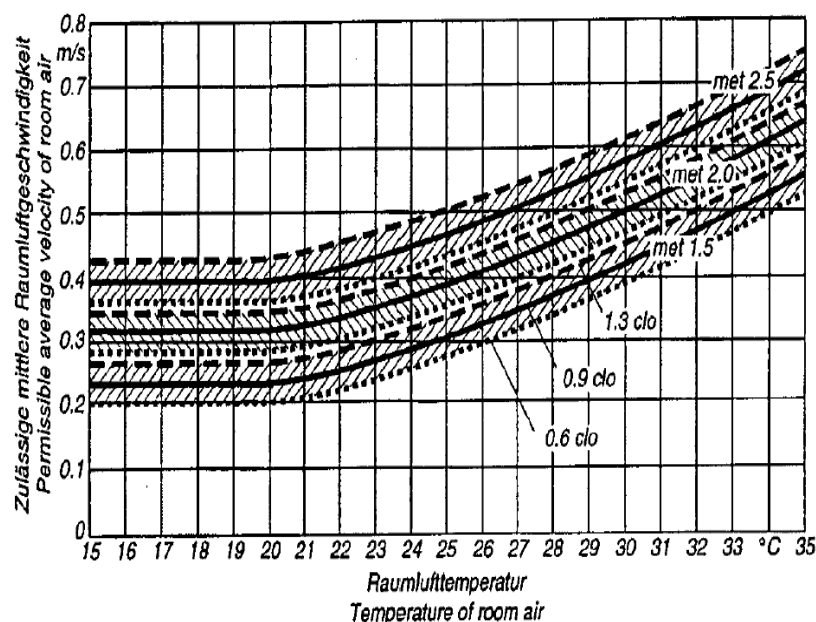


Bild 2. Zulässige mittlere Raumluftgeschwindigkeit in Fertigungsstätten

Fig. 2. Permissible average velocities of room air in factories

4. ábra: maximálisan megengedett közepes légsebesség ipari üzemekben VDI3802 alapján

Tartózkodási terület definíciója az iroda szerint EN16798-3

Távolságok a belső felülettől	Jelölés	Tipikus tartomány (m)	Alapérték (m) Távolság
Tartózkodási zóna alja	A	0,0 - 0,2	0,1 m
Tartózkodási zóna teteje	B	1,3 - 2,0	1,4-1,8 m
Külső ablaktól, ajtótól	C	0,5 - 1,5	1 m
Épületgépész berendezések	D	0,5 - 1,5	1 m
Külső faltól	E	0,5 - 1,5	1 m
Belső faltól	F	0,15 - 0,75	0,5 m
Ajtók, közlekedők	G	speciális	

5. számú Táblázat: MSZ EN 16798-3-as szabvány, 18. oldal, 5-ös táblázat

Tartózkodási zóna felső határa függ a helyiségben végzett tevékenységtől. Álló tevékenység esetén általában 1,8 m; ülő tevékenység esetén 1,4 m.

Követelmények a mérőszobák különböző minőségi osztályok szerint VDI2627 alapján

Mérőszobák kialakítására beleértve légtechnikai rendszerek kritériumait a VDI2627 irányelv részletezi.

Tabelle 2. Klasseneinteilung für zulässige zeitliche Temperaturänderungen

Temperaturklasse	A	B	C	D	E
Grundtemperatur	Bezugs-temperatur	je nach Festlegung			
Änderungen $\Delta T / \Delta t$ in K während					
15 min	0,2	0,4	–	–	–
60 min	0,2	0,4	1,0	2,0	2,0
4 Std.	0,2	0,6	1,5	3,0	3,0
12 Std.	0,2	0,8	–	–	–
24 Std.	0,4	0,8	2,0	3,0	6,0
7 Tage	0,4	1,0	2,0	4,0	8,0

Tabelle 3. Klasseneinteilung für zulässige räumliche Temperaturunterschiede

Temperaturklasse	A	B	C	D	E
Zulässige Unterschiede ΔT in K	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0

6. számú Táblázat: Megengedett hőmérséklet megváltozás, hőmérsékletváltozás a mérőszobába különböző minőségi osztályok után VDI2627

Páratartalom a mérőszobába:

A relatív páratartalom általában 30% és 60% között van.

Megengedett páratartalom a mérőszobában különböző minőségi osztályok után

Tabelle 4. Klasseneinteilung für zulässige Änderungen und Unterschiede der Luftfeuchte

Feuchtklasse	A	B	C	D
Zulässige zeitliche Änderungen und örtliche Unterschiede ΔF_{rel} der relativen Luftfeuchte in %	10	20	30	often

7. számú Táblázat: Megengedett páratartalom a mérőszobában különböző minőségi osztályok után VDI2627 szerint

4. Külső levegőre vonatkozó méretezési feltételek

Tervezésnél a következő külső levegő állapotot javasolunk figyelembe venni.

Külső levegő állapot (Méretezési állapotok)		
	egység	
Tél-Minimum	°C	-13,0 - 16,0 °C ????
Nyár-Maximum	°C	+35,0
Nyár-nedvesség	rLF.	40%
Tél-nedvesség	rLF.	90%

8. számú Táblázat: Méretezési külső levegő állapotot javaslat

Ipari épületek légtechnikai tervezésénél kiemelt fontosságú, hogy a technológia mennyire érzékeny a belső légállapot változására. A technológia leállása jelentős gyártási idő és így bevételkiesést okozhat, emiatt a megbízóval egyeztetni kell, hogy milyen külső nyári és téli méretezési értékekkel számoljunk. Azaz eltérjünk-e a szabványos értékektől.

Országos Meteorológiai Intézettől lehet mérési adatokat az adott területről beszerezni.

5. Befűjt levegő szűrésére vonatkozó javaslatok

A befűjt levegő szűrésére vonatkozó javaslatok az Eurovent alapján a következő táblázatok szerint történhet.

EN779 szerinti szűrőosztályozás

Csoport	Osztály	Átlagos hatékonyság (Em) 0,4 µm	Minimum hatékonyság 0,4 µm-nél
Közepes	M5	$40 \leq Em < 60$	-
	M6	$60 \leq Em < 80$	-
Finom	F7	$80 \leq Em < 90$	35
	F8	$90 \leq Em < 95$	55
	F9	$90 \leq Em$	70

9. számú Táblázat: Eurovent 4/23, 1-es táblázat: Szűrő osztályozás EN779:2012 szerint

Külső levegő kategóriái

Kategória	Leírás	
ODA1	Külső levegő, ami legfeljebb ideiglenesen poros	Ahol a WHO irányelve szerinti érték éves átlagban ($PM_{2.5} \leq 10 \mu g/m^3$ és $PM_{10} \leq 20 \mu g/m^3$)
ODA2	Külső levegő magas koncentrációjú apró szemcséjű anyaggal	Ahol a WHO irányelve szerint értékeket meghaladja, de a másfélszeresénél kevesebb éves átlagban ($PM_{2.5} \leq 15 \mu g/m^3$ és $PM_{10} \leq 30 \mu g/m^3$)
ODA3	Külső levegő nagyon magas koncentrációjú apró szemcséjű anyaggal	Ahol a WHO irányelve szerint érték másfélszeresét meghaladja éves átlagban ($PM_{2.5} \geq 15 \mu g/m^3$ és $PM_{10} \geq 30 \mu g/m^3$)

10. számú Táblázat: Eurovent 4/23 ODA meghatározás, 1-es táblázat

Javasolt koncentráció a befűjt levegő kategóriák szerint

SUP1	Ahol a WHO irányelve szerint érték 0,25-szorosa éves átlagban ($PM_{2.5} \leq 2,5 \mu g/m^3$ és $PM_{10} \leq 5 \mu g/m^3$)
SUP2	Ahol a WHO irányelve szerint érték 0,5-szerese éves átlagban ($PM_{2.5} \leq 5 \mu g/m^3$ és $PM_{10} \leq 10 \mu g/m^3$)
SUP3	Ahol a WHO irányelve szerint érték 0,75-szorosa éves átlagban ($PM_{2.5} \leq 7,5 \mu g/m^3$ és $PM_{10} \leq 15 \mu g/m^3$)
SUP4	Ahol a WHO irányelve szerinti érték éves átlagban ($PM_{2.5} \leq 10 \mu g/m^3$ és $PM_{10} \leq 20 \mu g/m^3$)
SUP5	Ahol a WHO irányelve szerint érték 1,5-szerese éves átlagban ($PM_{2.5} \leq 15 \mu g/m^3$ és $PM_{10} \leq 30 \mu g/m^3$)

11. számú Táblázat: Eurovent 4/23 SUP meghatározása, 2-es táblázat, Befűjt levegő kategóriák

Befújt levegő kategóriái Iparban

Kategória	Ipari szellőztetés
SUP1	Alkalmazás nagyon magas higiéniai követelményekkel (Pl. kórház, gyógyszeripar, elektronikai és optikai ipar, tisztaterek)
SUP2	Alkalmazás közepes higiéniai követelményekkel (Pl. élelmiszer és italgyártás)
SUP3	Alkalmazás alacsony higiéniai követelményekkel (Pl. élelmiszer és italgyártás alap követelményekkel)
SUP4	Alkalmazás higiéniai követelmények nélkül (Pl. autóipar általános gyártóterülete)
SUP5	Nehézipari gyártóterület (Pl. acélművek, olvasztó, hegesztő műhely)

12. számú Táblázat: 4/23 SUP meghatározás, 4-es táblázat: Ipari szellőztetés: az alkalmazás példái a megfelelő SUP kategóriákhoz igazítva

Javasolt minimum hatékonyság Eurovent 4/23 szerint

KÜLSŐ LEVEGŐ			SUP1* $PM_{2.5} \leq 2,5$ $PM_{10} \leq 5$	SUP2* $PM_{2.5} \leq 5$ $PM_{10} \leq 10$	SUP3** $PM_{2.5} \leq 7,5$ $PM_{10} \leq 15$	SUP4 $PM_{2.5} \leq 10$ $PM_{10} \leq 20$	SUP5 $PM_{2.5} \leq 15$ $PM_{10} \leq 30$
Kategória	$PM_{2.5}$	PM_{10}	ePM ₁	ePM ₁	ePM _{2.5}	ePM ₁₀	ePM ₁₀
ODA1	≤ 10	≤ 20	60%	50%	60%	60%	50%
ODA2	≤ 15	≤ 30	80%	70%	70%	80%	60%
ODA3	> 15	> 30	90%	80%	80%	90%	80%

* Minimum szűrési követelmények ISO ePM1 50% az utolsó szűrési fokozatra vonatkoznak

** Minimum szűrési követelmények ISO ePM2.5 50% az utolsó szűrési fokozatra vonatkoznak

13. számú Táblázat: Javasolt minimum hatékonyság Eurovent 4/23 szerint

6. Légvezetési rendszerek

A légvezetési rendszernek jelentős hatása van a tartózkodási zónából történő szennyezőanyag és hőterhelés elszállítására. A légtechnikai rendszer tervezéséhez a befűjt légmennyiség és a technológiai elszívás meghatározásán túlmenően hozzátartozik a megfelelő légvezetési rendszer kiválasztása.

A légvezetési rendszereket az alábbiak szerint tudjuk jellemezni:

Légbevezetés turbulencia foka:

- turbulens
- turbulencia mentes

Légbevezetés helye:

- mennyezetről
- faltól
- padlószinten

Kifúvási irány állíthatósága:

- állandó kifúvási irány
- változtatható kifúvási irány

Turbulens légsugár akkor keletkezik, amikor a levegő nagy sebességgel, és impulzussal van a térbe befűjva. A légsugár intenzíven magához keveri a helyiség levegőt, ami a légsugár sebességének és a helyiség valamint a befűjt levegő hőmérséklet különbségének gyors leépüléséhez vezet. Örvénybefűvők, résbefűvők, sugárfűvők, lamellás légrácsokon keresztül légbevezetéssel alakítunk ki turbulens légsugarat. A kilépési légsebesség nagyságrendileg 3-10 m/s között van. Az intenzív keveredés miatt többé kevésbé egyenletes hőmérséklet és légnedvesség uralkodik az egész helyiségben. A szennyezőanyag a befűjt frisslevegő miatt felhígul, hígításos szellőzésről beszélünk. A helyiségben kialakuló légáramlást keveredéses szellőzésnek nevezzük.

Turbulenciamentes légsugárnak kicsi az indukciós hatása, és kevésbé keveredik a helyiséglevegővel. A helyiség levegő nem hígul, inkább kiszorításra kerül. Ahhoz, hogy kiszorításos szellőzést hozzunk létre, az alábbi három feltételnek kell teljesülni:

- alacsony kifúvási légsebesség
- befűjt légsugár alacsony turbulencia foka
- közeli vékony légsugarak egymáshoz tapadása

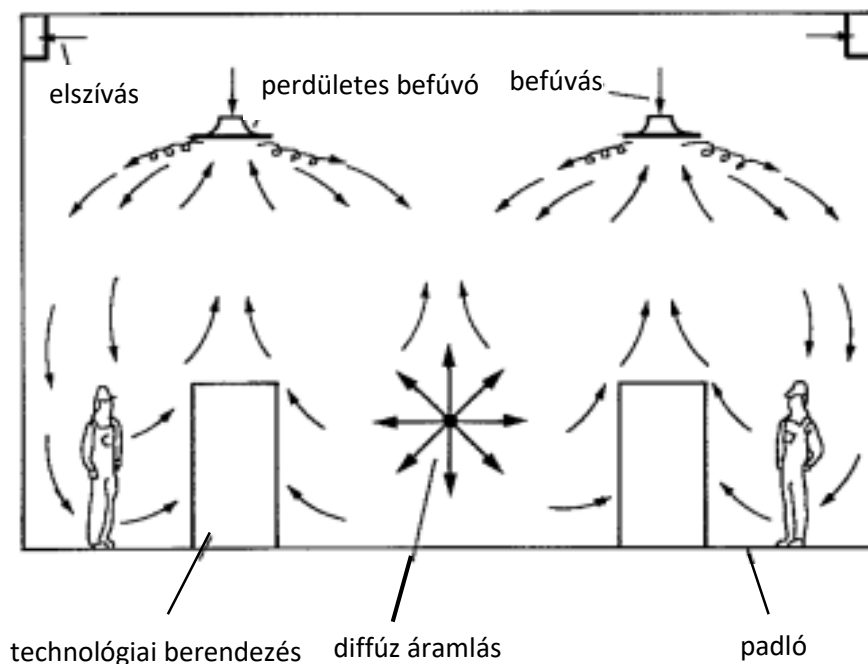
A kilépő levegő légsebessége alacsony 0,3-0,8 m/s közeli, az helyiség levegővel történő keveredés elkerülése miatt.

A levegőbefúvó elemek kiválasztásánál a következő fő szempontokat kell figyelembe venni:

- helyiség hőterhelésének mértéke (alacsony-magas)
- a hőterhelés ingadozása (egész évben hűteni kell, vagy télen a befűjt levegővel fűteni is kell)
- befúvási magasság (be lehet fújni a tartózkodás zóna magasságában, vagy azon felül)
- technológia levegő szennyezése (nagy vagy alacsony)
- a szennyezőanyag tulajdonsága (könnyebb vagy nehezebb mint a helyiség levegő)

Turbulens keveredéses szellőzés

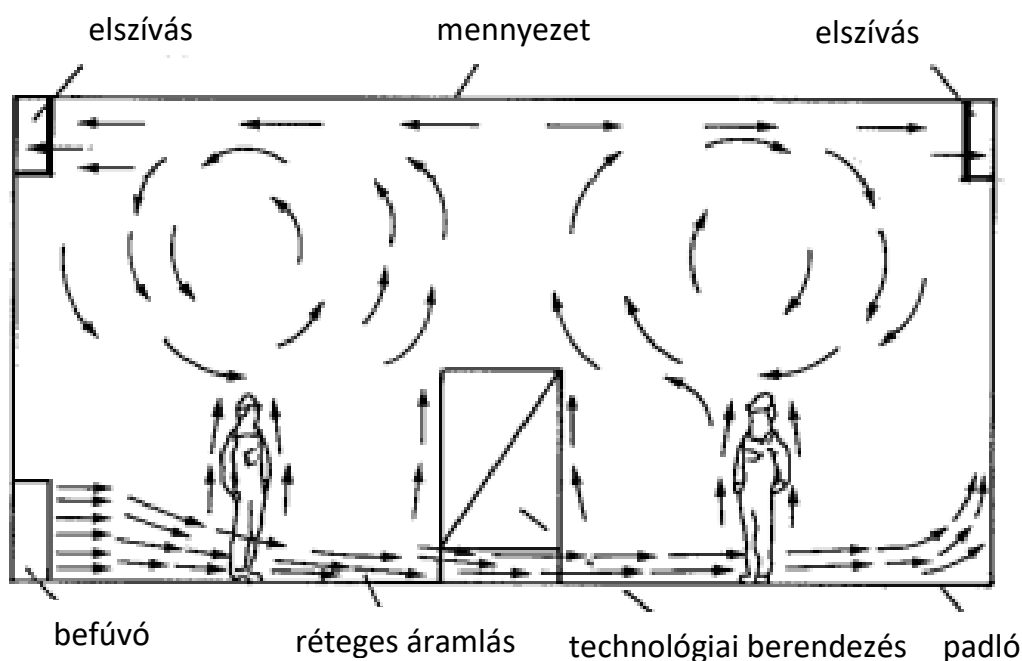
Turbulens szellőzés ott alkalmazható jól, ahol nincs jelentős mennyiségű szennyezőanyag kibocsátás. Ilyen jellegű üzemek például szerelő csarnokok, elektromos készülékek gyártása, varrodák, raktárcsarnokok. A levegő bevezető elemek előállított légsugarak intenzíven elkeverednek a helyiség levegővel. Ezáltal a légsugár sebessége valamint a befűjt levegő és a helyiség levegő közötti hőmérsékletkülönbség gyorsan leépül. Kiváló megoldás állítható kifúvási irányú perdületes mennyezeti befúvók alkalmazása. Az alábbi ábra a keveredéses szellőzés áramképét mutatja sematikus.



5. ábra: keveredéses szellőzés áramlási képének sematikus ábrája

Turbulenciamentes kiszorításos szellőzés

A turbulenciamentes szellőzést olyan helyiségekben szokták alkalmazni, ahol a szennyezőanyag terhelés jelentős. A befúvási légsugárnak kicsi az indukciós hatása, és kevésbé keveredik a helyiség levegővel. A befújt levegő a szennyezőanyaggal terhelt levegőt a tartózkodási zónából kiszorítja, ami aztán az elszívó rendszeren keresztül távozik a helyiségből. Ennek a légvezetési elvnek az alkalmazási területei például lakkozó csarnokok, öntödék, szövöde, fonoda, mosoda, nyomda. A tartózkodási zónában előáll egy jobb levegőminőségű zóna, a tartózkodási zóna felett egy melegebb, magasabb szennyezőanyaggal terhelt légréteg uralkodik. Ezt az légvezetési formát elárasztásos vagy réteges szellőzésnek is nevezzük, az áramképet az alábbi ábra mutatja sematikusan.



6. számú ábra: kiszorításos szellőzés áramlási képének sematikus ábrája

A befújt levegőt lehet a padló közelében vagy a tartózkodási zóna felett is bevezetni. Legtöbb esetben előnyös a tartózkodási zónában, a padló közelben bevezetni a levegőt, így a legalacsonyabb szennyezőanyag terhelési fokok érhetők el. Minél nagyobb a helyiség fajlagos hőterhelése és minél könnyebb a szennyezőanyag a levegőhöz képest, annál hatékonyabban működik a padló közeli légbevezetés. Tipikus példák ezekhez a körülményekhez öntöde, autógyárban vizsgálóhelyek a nagy hőfejlődés miatt, a könnyű szennyezőanyag miatt vasaló helyiségek, nyomda. Felülről történő levegőbevezetés ott előnyös, ahol a szennyezőanyag nehezebb, mint a helyiség levegő, így a szennyezőanyag lefelé áramlik, amihez a felülről bevezetett levegő is hozzásegít. A helyiségből az elszívás a padló közelében javasolt. Tipikus alkalmazási területek fonoda, szövöde, lakkozó, lakkozó utómunka.

Légbevezetők kifúvási irányának változtatása


A csarnok hőterhelés váltakozásának mértéke a döntő feltétel arra vonatkozólag, hogy állítható kifúvási irányú légbevezetőt szükséges alkalmazni. Amennyiben a hőterhelés állandó, elég nem állítható kifúvási iránnyal rendelkező befúvók alkalmazása. Azonban, ha légtechnikai rendszernek fűteni és hűteni is kell, akkor állítható kifúvási irányú légbevezetőt kell alkalmazni. Felső légbevezetés esetén, hűtés üzemmódban vízszintes befúvási irány, fűtési üzemmódban függőlegesen lefelé történő befúvási irány szükséges. Padló közeli légbefújásnál, elárasztásos szellőzés esetén, amennyiben télen fűteni kell, vízszintes befúvás esetén a meleg levegő a befúvás után azonnal feláramlana, így a tér megfelelő átszellőztetése nem lenne biztosítva, emiatt szükséges a légbevezetés irányát lefelé állítani, így a meleg befűjt levegő a padló mentén jobban szétterül, és a befúvótól egy bizonyos mértékig eljut a tartózkodási zónában.






Légvezetési rendszer kiválasztása ipari környezetben

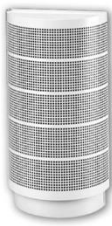




Szellőztetési szükséglet	Fűtési szükséglet	Hűtési szükséglet	Keveredékes szellőztetés	Elárasztásos szellőztetés	Kis légsebesség befúvás
alacsony	alacsony	alacsony	X		
alacsony	nagy	alacsony	X		
alacsony	nagy	nagy	X		
alacsony	alacsony	nagy		X	X
nagy	alacsony	alacsony	X		X
nagy	nagy	alacsony	X		
nagy	nagy	nagy	X		
nagy	alacsony	nagy		X	X

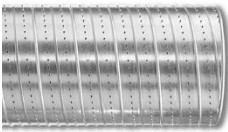
14. számú Táblázat: Légvezetési rendszerek kiválasztása ipari környezetben: Forrás: Lindab Comfort katalógus, 4. fejezet (5. oldal)

Különböző légbevezető elemek jellemzői, felhasználási területük

Anemosztát fajtája	Jellemző
Rotációs anemosztát 	BEFÚVÁS Keveredékes szellőztetés – diffúz légvezetési rendszer iroda terület, labor szellőztetésére és hűtésére + nagy sebességelepülés + nagyobb hőmérsékletkülönbség megengedett + beépítési magasság 3-3,5 m-ig álmennyezettel - kényesek a rövidzárra ELSZÍVÁS + elszívásra alkalmazható, célszerűen lamellák nélkül + szabályozás dobozzal egybeépített, szabályozóval ellátott elem esetén könnyen biztosítható
Ipari rotációs befúvó	BEFÚVÁS Keveredékes szellőztetés – diffúz légvezetési rendszer nagyobb belmagasságú terek esetén alkalmazható (akár 6-9 m)

	<ul style="list-style-type: none"> + nagy sebességleépülés + nagyobb hőmérsékletkülönbség megengedett - nem alkalmas azonos beállítás mellett hűtésre és fűtésre is (ebben az esetben mindenképp motoros kivitel szükséges) - kényesek a rövidzárakra <p>ELSZÍVÁS</p> <ul style="list-style-type: none"> - nem javasolt/alkalmas
<p>Rács</p>   	<p>BEFÚVÁS Keveredékes szellőztetés – sugár vagy érintőleges légvezetési rendszer</p> <ul style="list-style-type: none"> + szellőztetésre és hűtésre vagy fűtésre - nem alkalmas azonos beállítás mellett hűtésre és fűtésre is - a megfelelő vetőtávolságra való kiválasztás esetén nehezen biztosítható a beszabályozása <p>ELSZÍVÁS</p> <ul style="list-style-type: none"> + jó megoldás elszívásra, nagy belmagasságú terek esetén viszonylag kevés elszívási ponttal megoldható
<p>Sugárfúvóka</p> 	<p>BEFÚVÁS Keveredékes szellőztetés – sugár légvezetési rendszer</p> <ul style="list-style-type: none"> + szellőztetésre és hűtésre vagy fűtésre - nem alkalmas azonos beállítás mellett hűtésre és fűtésre is (ebben az esetben mindenképp motoros kivitel szükséges) <p>ELSZÍVÁS</p> <ul style="list-style-type: none"> - nem javasolt/alkalmas
<p>Elárasztásos befúvó</p>	<p>BEFÚVÁS Elárasztásos szellőztetés labor helyiségek szellőztetésére és hűtésére</p> <ul style="list-style-type: none"> + elhelyezés padlóra + alacsony légsebesség a tartózkodási zónában (a közelségi zónán kívül) + alkalmas nagy belmagasságú helyiségek hűtésére - fűtésre nem alkalmas

	<p>ELSZÍVÁS</p> <ul style="list-style-type: none"> - nem javasolt/alkalmas
<p>Ipari elárasztásos befúvó</p> 	<p>BEFÚVÁS Elárasztásos szellőztetés szellőztetésre, hűtésre és fűtésre</p> <ul style="list-style-type: none"> + elhelyezés padlótól kb. 3 méter magasságban + alacsony légsebesség a tartózkodási zónában (a közelségi zónán kívül) + alkalmas nagy belmagasságú helyiségek hűtésére - fűtésre nem alkalmas <p>ELSZÍVÁS</p> <ul style="list-style-type: none"> - nem javasolt/alkalmas
<p>Résbefúvó</p> 	<p>BEFÚVÁS Kevertéves szellőztetés – érintőleges légvezetési rendszer</p> <ul style="list-style-type: none"> + iroda terület, labor szellőztetésére és hűtésére + általában kisebb belmagasság esetén + kisebb hőmérsékletkülönbségre <p>ELSZÍVÁS</p> <ul style="list-style-type: none"> + alkalmazható
<p>Perforált befúvó</p> 	<p>BEFÚVÁS Kevertéves szellőztetés – érintőleges légvezetési rendszer iroda terület, labor szellőztetésére, hűtésére és fűtésére</p> <ul style="list-style-type: none"> + általában kisebb belmagasság esetén + kisebb hőmérsékletkülönbségre <p>ELSZÍVÁS</p> <ul style="list-style-type: none"> + alkalmazható
<p>Mennyezeti befúvó réssel</p> 	<p>BEFÚVÁS Kevertéves szellőztetés – érintőleges légvezetési rendszer iroda terület, labor szellőztetésére, hűtésére és fűtésére</p> <ul style="list-style-type: none"> + általában kisebb belmagasság esetén + kisebb hőmérsékletkülönbségre <p>ELSZÍVÁS</p> <ul style="list-style-type: none"> + alkalmazható
<p>Fúvókás légszatorna / textil légszatorna</p>	<p>BEFÚVÁS labor terület szellőztetésére és hűtésére</p> <ul style="list-style-type: none"> + + kisebb hőmérsékletkülönbségre

	<p>ELSZÍVÁS</p> <ul style="list-style-type: none"> - nem javasolt/alkalmas
---	--

15. számú Táblázat: Különböző légbevezető elemek jellemzői, felhasználási területük

Elárasztásos rendszer méretezése ökölszámok alapján

Ahhoz, hogy kialakuljon tisztán elárasztásos zóna a helyiség alsó részében, az alábbi minimum légmennyiségekre van szükség. Ha a konvekcióból eredő feláramlásokat nem pótoljuk szellőzéssel, (azaz nem érjük el a lenti szükséges minimum légmennyiséget), a helyiség felső részéből vissza fog keveredni elhasznált levegő (és ezzel együtt hő és szennyezőanyag).

A különféle hőforrások konvekciós áramlásai

Hőforrás	Térfogatáram l/s / W	
	1,2 m padló felett	1,8 m padló felett
Asztali lámpa	0,10	0,20
Mennyezeti világítás	-	-
Gépek	0,10	0,20
Napsugárzás	0,11	0,22

16. számú Táblázat: Elárasztásos rendszer méretezése ökölszámok alapján. Forrás: Lindab Comfort katalógus, 4. fejezet (5. oldal)

7. Rendszerelemekre vonatkozó általános előírások

Általános követelmények a légtechnikai rendszerrel szemben

A légcsatorna-hálózat elemeinek megengedett nyomásesés értékei a 6/2007 (V.24) TNM rendelet alapján:

Légtechnikai elem	Normál Nyomásveszteség [Pa] (TNM rendelet)
Befúvó légcsatorna	300
Elszívó légcsatorna	200
Fűtő kalorifer	80
Hűtő kalorifer	140
Hővisszanyerő, H3*	150
Hővisszanyerő, H2-H1*	300
Nedvesítő	100
Mosókamra	200
Szűrő M5-F7**	150
Szűrő F8-F9**	250
HEPA szűrő	500
Gáz szűrő	150
Hangcsillapító	50
Levegő bemenet és kimenet	50

17. Táblázat: Légcsatorna hálózat megengedett nyomásvesztesége 6/2007 (V.24) TNM rendelet alapján.

7.1 Légkezelők, ventilátorok

A légkezelőkre az alábbi MSZ EN szabványokat kell betartani. A tervezés során segítségünkre lehetnek VDI német műszaki irányelvek is.

Légkezelőkre vonatkozó általános követelmények:

Általános követelmények:

- MSZ EN 13053
- MSZ EN 16798-3

- VDI 3803/1 (javaslat)

Mechanikai jellemzők:

- - MSZ EN 1886
- - MSZ EN 1751

Teljesítmény adatok:

- - MSZ EN 13053
- - MSZ EN 16798-3
- - VDI 3803/5 (javaslat)

Higiéniai követelmények:

- - VDI 6022 (javaslat)
- - MSZ EN 13053

A légkezelő berendezések házát a vonatkozó szabványok szerint kell kialakítani, MSZ EN 1886, MSZ 1751, MSZ EN 13053, MSZ EN 13779. A következő német irányelveket is figyelembe lehet venni. VDI 6022, VDI 3803.

Javasoljuk, hogy a légkezelő berendezések az EUROVENT által minősítettek legyenek.

Javasoljuk, hogy minden építőelem karbantartás miatt a levegő hozzááramlás és eláramlás oldalán ajtón, vagy levehető fedélen keresztül hozzáférhető kell, hogy legyen. 1,6 m-es berendezés magasságig alternatívként lehetséges, hogy az egyes elemek kihúzhatók.

A légkezelő kialakításánál az alábbi szempontokat célszerű figyelembe venni:

- minden szűrőnél, ventilátoroknál és légszárítóknál 1,3 m vagy annál nagyobb belmagasságú légkezelők esetében, légnedvesítőknél pedig 0,8 m vagy annál nagyobb belmagasságú légkezelők esetében 160 mm átmérőjű kör alakú betekintő üveg és belső világítás legyen

- Motor kihúzó szerkezet/sín ventilátoroknál

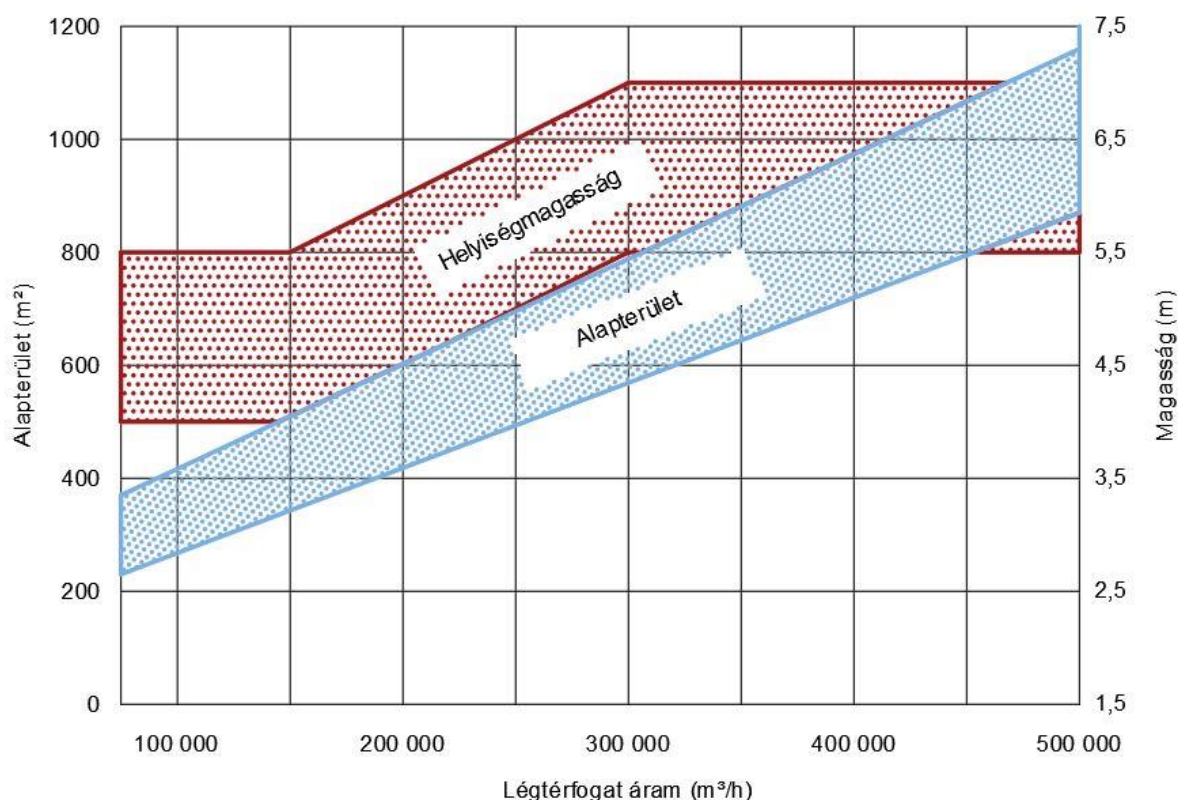
- Panelvastagság kültéri gépeknél min. 50 mm, beltéri gépeknél 1,0 m maximális szélességig vagy magasságig 30 mm, afelett 50 mm, szigetelés ásványgyapotból.

Az alábbi műszaki paraméterekkel szállítható légkezelő az 2009/125/EC Ecodesign Lot6 Európai Unió direktíva alapján.

			2018. január 1-től ErP-2018
Hővisszanyerés			megkövetelt
Minimum hővisszanyerési hatásfok		Közvetítőközeges	68
		Nem közvetítőközeges (lemezes, forgódobos)	73
Szűrő nyomáskülönbség monitorozása			kötelező
Minimum ventilátor hatásfok UVU η [%]		$P_{sys} \leq 30 \text{ kW}$	$6,2 \times \ln(P_{sys}) + 42$
		$P_{sys} > 30 \text{ kW}$	63,1
Változtatható fordulatszám			kötelező
Belső SFP érték (3) reference configuration [W/(m ³ /s)]	Közvetítőközeges rendszer	$q_{nom} < 2 \text{ m}^3/\text{s}$	$1600 + E - 300 \times q_{nom}/2 - F$
		$q_{nom} \geq 2 \text{ m}^3/\text{s}$	$1300 + E - F$
	Nem közvetítőközeges (lemezes, forgódobos)	$q_{nom} < 2 \text{ m}^3/\text{s}$	$1100 + E - 300 \times q_{nom}/2 - F$
		$q_{nom} \geq 2 \text{ m}^3/\text{s}$	$800 + E - F$
	UVU (2)		230
HRS-Efficiency bonus E [W/m ³ /s] (4)		Közvetítőközeges rendszer	$(\eta - 0,68) \times 3000$
		Nem közvetítőközeges (lemezes, forgódobos)	$(\eta - 0,73) \times 3000$
Szűrő korrekciós értéke F [W/m ³ /s] (4)		Referencia kialakítás	0
		M5 szűrő hiányzik	150
		F7 szűrő hiányzik	190
		M5 + F7 szűrő hiányzik	360

18. számú Táblázat - 2009/125/EC Ecodesign Lot6 direktíva, ErP (Energy related Products)

A légkezelő berendezéseket lehet szabadban, például csarnoktetőn elhelyezni, vagy zárt térben, szellőzőgépházban. Élettartam és üzemeltetési szempontok miatt a zárt térben történi elhelyezés előnyös megoldás. A tervezés kezdeti fázisában a szellőzőgépház méretének megbecsüléséhez jó segítséget nyújthat a következő VDI3802-ből átvett ábra.



7. ábra: VDI3802 ábra szellőzőgépház méretének megbecsüléséhez

7.2 Légszűrő hálózattal szembeni követelmények

Légsebesség a légszűrő hálózatban

Javasolt légsebesség értékek a légszűrő hálózatban. Az alábbi értékek energiafelhasználás, és szabályozási és akusztikai okokból tartandó maximális értékek. Nagy nyomásvesztés esetén a rendszerről leágazó ágvezetékekben nagy fojtásra van szükség, ami magas sajátzajkeltéssel jár. Ilyen esetben hangcsillapító beépítése szükséges. Itt utalunk arra, hogy nyomásvesztés szempontjából a 6/2007 (V.24) TNM rendeletben előírt értékeket be kell tartani.

Légsebesség	Gerinc vezeték	Ágvezeték	Anemosztát bekötő vezetéke
Iroda	5 m/s	3 m/s	2 m/s
Gyártó terület	6-8 m/s	3 m/s	2 m/s
Raktár terület	6-8 m/s	3 m/s	2 m/s
Tréning terem	5 m/s	3 m/s	2 m/s
Alárendelt helyiség	6 m/s	3 m/s	2 m/s
Labor	6 m/s	3 m/s	2 m/s
Büfé/étterem	6 m/s	3 m/s	2 m/s

19. számú Táblázat: légcsonna hálózatban javasolt légsebességek

Légsebesség technológiai elszívó hálózatában

A technológiai elszívó csőhálózat méretezésénél fontos szempont, hogy a magával ragadott szennyező anyag az elszívó légtechnikai csőhálózatban ne ülepedjen le, ezért szükséges a minimális légsebesség biztosítása. A következő táblázat különböző szennyező anyagokkal terhelt elszívó hálózatra javasolt légsebességeket foglalja össze:

Szállítandó anyag	Légsebesség a légcsonna hálózatban
Rövid textilszálak	10 – 12 m/s
Papírdarabkák	10 - 12 m/s
Lisztpor	10 - 12 m/s
Finom fapor	min. 20 m/s
Finom fémpor	12 - 20 m/s
Finom homok, száraz	12 - 14 m/s
Durva homok	14 - 18 m/s
Csiszolópor, üveg is	16 – 18 m/s
Kis forgácsok	min. 20 m/s
Öntvénytisztítási por	18 – 20 m/s
Kő- és gumipor	18 – 20 m/s
Fagyapot	18 – 20 m/s

Durvább fémforgácsok	18 – 24 m/s
Mezőgazdasági silószállítás	20 – 22 m/s
Nedves fűrészpor	min. 28 m/s
Nagy faforgácsok	min. 28 m/s
Könnyű lebegő por pl. hegesztőműhelyben	12 – 15 m/s

20. számú Táblázat: technológiai elszívó hálózatban javasolt légsebességek

Javaslat normál nyomásosztályú komfort légcsatorna-hálózattal szembeni követelmények:

Légcsatorna anyag általános esetben	horganyzott acél (Z275) C2 korróziós osztály
Légcsatorna anyag speciális esetben, mint például élelmiszer, gyógyszer ipar, stb.	EN 1.4301 (C4) vagy 1.4404 (C5 korróziós osztály)
Üzemi nyomás	+1000 Pa és -630 Pa között
Hőmérséklet	-20 °C- + 40 °C
Páratartalom	20-95 %
Minimum légtömörség EN12237 és EN 1507 szabvány szerint, illetve 7/2006 TNM rendelet szerint	C
Kör légcsatorna elemek	EN 1506 szabvány szerint
Négyszög légcsatorna elemek	EN 1507 szabvány szerint
Lemezvastagság	EN 10143 szabvány szerint
Tömítés - kör	célszerű gyári rögzítésű EPDM gumitömítés alkalmazása alkalmazható még gyártástechnológiától függően szilikon anyagú gyári rögzítésű gumitömítés sziloplaszt, akril (járműipar) zsugorfólia aluszalag alkalmazása kerülendő
Merevítés - kör	Ø315-től két merevítő bordával
Tömítés - Négyszög	sziloplaszt, tömítőszalag,

	akril alapú tömítőanyaggal emelt légtömörségben kialakítva, (járműiparban szilikon alkalmazása tilos!)
Merevítés - négyszög	trapéz vagy Z merevítésű légcsatorna, szükség esetén kalapmerevítéssel
Anemosztátok anyaga	horganyzott acél, horganyzott acél szinterezve, fekete acél festve, alumínium, műanyag alkatrészek

21. számú Táblázat: Javaslat normál nyomásosztályú komfort légcsatorna-hálózattal szembeni követelmények

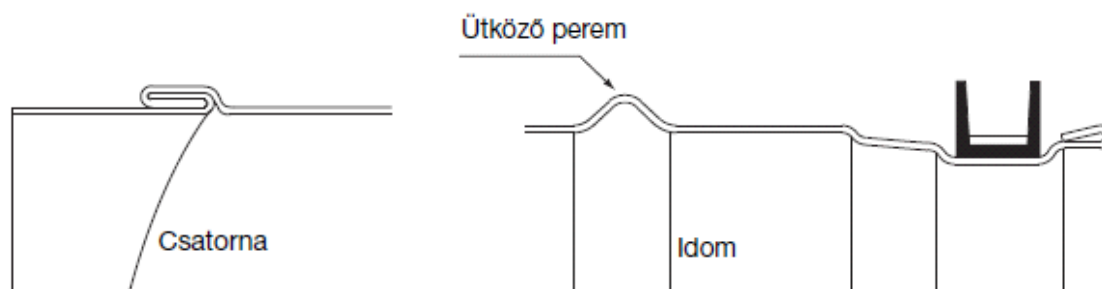
Javaslatok az emelt nyomásosztályú technológiai elszívó, anyagszállító légcsatorna-hálózattal szembeni követelményekre:

Légcsatorna anyaga	horganyzott acél (Z275) C2 korróziós osztály
Üzemi nyomás	gyártói adatlapok alapján, akár -5 kPa
Hőmérséklet	gyártó adatlapok alapján, akár +120 °C
Páratartalom	20-95 %
Javasolt minimum légtömörség EN12237 és EN 1507 szabvány szerint	C
Légcsatorna elemek rögzítése	Kiperemezett elemek esetén bilinccsel történő rögzítés, mely garantálja a roncsolásmentes szerelhetőséget. Nagyobb átmérő vagy vastagfalú rendszer esetén karimás kötés
Tömítés - kör	Peremezett szélek esetén bilincsben elhelyezett O-gyűrű használata célszerű. Karimás kötés esetén
Merevítés - kör	A légcsatorna elemek peremezése és a bilincs vagy a karimás kötés merevíti a légcsatorna elemeket. A peremek és a karima gyakoriságának növelése emeli a nyomásállóságot.
Lemezvastagság	Nyomásállóságtól függően változó lemezvastagságra van szükség, általában 1-3 mm. A lemezvastagság függ a szállított anyagok méretétől, koptató hatásától. Az erősen koptató szemcsék esetén mindenképp vastagfalú rendszer alkalmazására van szükség. Könyökök esetén célszerű vastagabb anyagból készíteni.
Rendszerek	pl. Lindab Transfer, Jacob

22. számú Táblázat: Javaslatok az emelt nyomásosztályú technológiai elszívó, anyagszállító légcsatorna-hálózattal szembeni követelményekre

Légcsatorna elemek kialakítása

Kör keresztmetszetű légcsatorna korcainak és kör idomok kialakítása. A kör keresztmetszetű légcsatorna Ø315-ös mérettől merevítő bordával készüljön. Az idomok lehetőség szerint gyárilag felszerelt gumitömítéssel rendelkezzenek, mely nem mozdul el és nem tekeredik a szerelés során, így biztosítható a légtömörség. A gumitömítés anyaga függ az ipari technológiától. Általában EPDM, vagy szilikon alapú. Pl. járműiparban akril alkalmazása szükséges, ugyanis a szilikonmentességet garantálni kell!





8. számú ábra: Forrás: Lindab Air Duct Systems katalógus

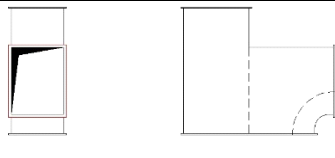
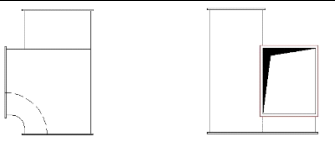
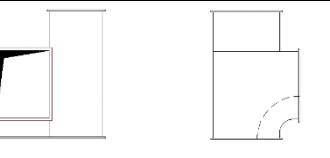
Elemek kialakítása:

Leágazás T-idommal (nyeregídomot kerülni kell nyomáscsökkenési, szivárgási, állékonysági okból)

Négyszög

Az alábbi táblázatban látható a javasolt légcsatorna kialakítás könyökídom, T-idom, és nadrágídomok esetén. A belső lekerekítések minimum $R = 100 \text{ mm}$ ívvel készüljenek a kedvezőbb áramlás érdekében.

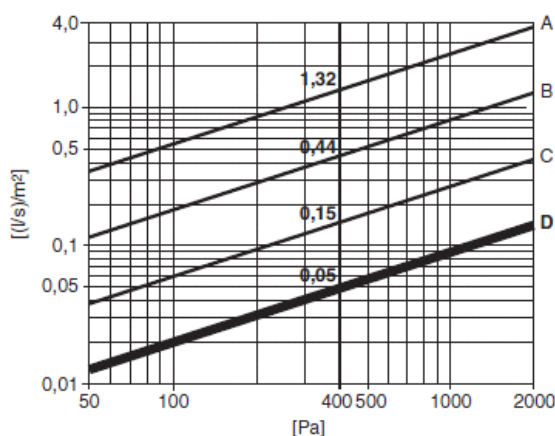
Könyök	T-idom	
		
Irányváltás íves könyökídommal. Belső lekerekítés vagy letörés: 100 mm 800 mm szélesség felett terelőlemez	Belső lekerekítés vagy letörés: 100 mm	
Nadrágídomok		

		
Belső lekerekítés vagy letörés: 100 mm	Belső lekerekítés vagy letörés: 100 mm	Belső lekerekítés vagy letörés: 100 mm

23. számú Táblázat: javasolt légcsatorna kialakítás

Légtömörség

A légcsatorna-hálózat szivárgása jelentősen befolyásolja a rendszer energiafelhasználását. A tervezett ponton a tervezett légmennyiség biztosításához a szivárgó levegő mennyiségét pótolni kell. Rossz minőségű légcsatorna hálózat esetén nagyobb légmennyiség pótlandó, ami jelentősen növeli a ventilátor energiafelhasználását, illetve a fűtési és hűtési költségeket.



9. ábra Lindab Airduct systems katalógus

Légtömörégi osztályok MSZ EN 12237 és MSZ EN 1507-es szabvány szerint
Megengedett szivárgás 400 Pa vizsgálónyomáson

Kategória	l/s/m ²
A	1,32
B	0,44
C	0,16
D	0,05

24. számú Táblázat: megengedett szivárgás 400 Pa vizsgálónyomáson

Ipari környezetben gyakran szükség van 1000 Pa vizsgálónyomásra is.

A légszűrő-hálózat légtömörtsége legalább a 7/2006 TNM rendelet és az EN 12238 és EN 1507 szabványok szerinti. Javasolt a „C” légtömörtségi osztály előírása minden esetben. A légtömörtségi mérés részleteit lásd a 3. a) pontban.

Higiénia, tisztíthatóság, tisztítóelemek

A légszűrő-hálózatban az üzemeltetés során szennyeződések (por, gombák, baktériumok) rakódnak le, melyek károsak az egészségre. Az egészséges környezet biztosítása érdekében a légtechnikai rendszert megfelelő időközönként tisztítani kell. Ehhez biztosítani kell a hálózathoz való hozzáférést tisztító ajtók segítségével.

Az MSZ EN 12097 szabvány szerint (9. oldal, 4.4) a légszűrő rendszeren annyi tisztító fedélnek kell lenni, ami biztosítja, hogy egy szakaszon se legyen több mint:

- Egy csőméret változás a legközelebbi tisztító fedélig,
- egy irányváltozás (45° felett) a legközelebbi tisztító fedélig. 45° vagy kisebb irányváltozás csak abban az esetben lehetséges, ha nincs benne terelőlemez,
- 7,5 m légszűrő a legközelebbi tisztító fedélig.

Megjegyzés: a függőleges légszűrő szakaszok alsó és felső végén célszerű tisztító nyílásokat kialakítani.

A szellőzőrendszer légszűrőrendszerbe beépített alábbi alkatrészei esetében külön ellenőrzőnyílások szükségesek, amennyiben az alkatrészek hozzáférhetők és nem szerelhetők ki:

Amennyiben a légszűrő hálózat kialakítása meg kell, hogy feleljen a VDI6022 követelményeinek, úgy a következő rendszerelemeknél az alábbiak szerint kell tisztító idom.

Csappantyúk	mindkét oldalon
Tűzvédelmi csappantyúk	egy oldalon
Fűtő-/hűtőregiszterek	mindkét oldalon
Hangcsillapítók (kör keresztmetszet)	egy oldalon
Hangcsillapítók (négyzet keresztmetszet)	mindkét oldalon
Hővisszanyerő egységek	mindkét oldalon

25. számú Táblázat: Tisztító idomok elhelyezésének követelményei

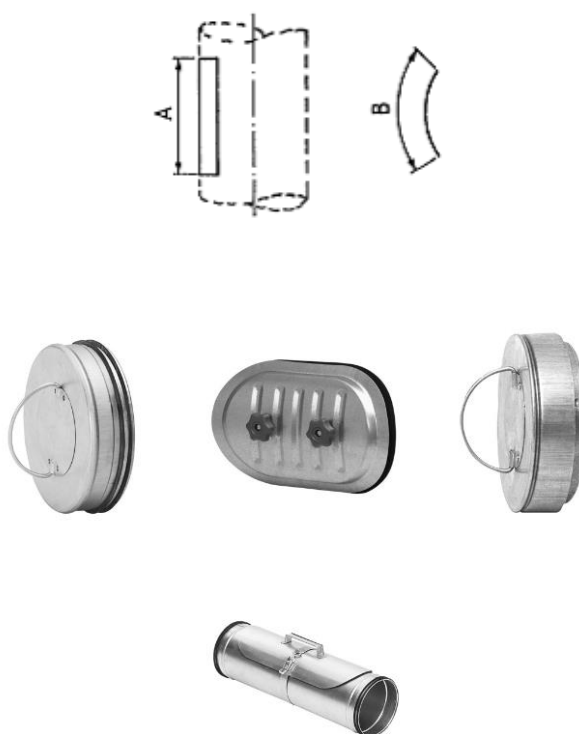
Tisztító nyílások 1 méteres környezetében szegecs használata nem célszerű a személyi sérülés elkerülése érdekében!

A tisztító nyílások mérete, kialakítása kör keresztmetszetű légcsatorna esetén (EN12097 szabvány szerint)

	Oldalsó nyílás mérete A x B
$100 \leq D < 200$	180 x 80
$200 \leq D \leq 315$	300 x 100
$315 < D \leq 500$	400 x 200
$500 < D$	500 x 400
*	600 x 500

*Bebújó nyílás

26. számú Táblázat: tisztító nyílások mérete kör keresztmetszetű légcsatorna esetén

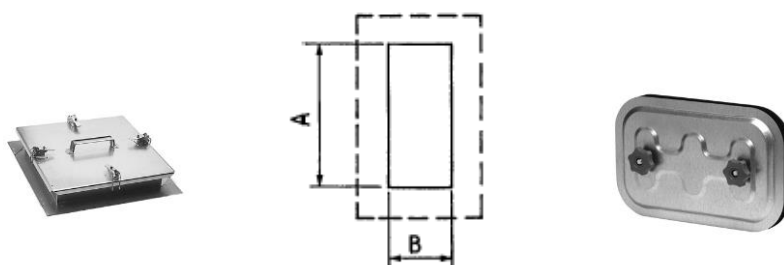


A tisztító nyílások mérete, kialakítása négyyszög keresztmetszetű légcsatorna esetén (EN12097 szabvány szerint):

Légcsatorna	Oldalsó nyílás mérete
$S \leq 200$	300 x 100
$200 < S \leq 500$	400 x 200
$500 < S$	500 x 400
*	600 x 500

*Bebújó nyílás

27. számú Táblázat: tisztító nyílások mérete négyyszög keresztmetszetű légcsatorna esetén



Amennyiben a légcsatorna tisztíthatósága, a bebújó nyíláson bemenő tisztító személyzettel tervezett, a következő feltételeknek kell teljesülni:

- légcsatorna hálózat tartószerkezetét a tisztító személyzet okozta többlet terhelésre kell méretezni.
- a bebújó nyíláson keresztül történő bejutás lehetőségét biztosítani kell, nem szabad, hogy az álmennyezet, kábeltálca, vagy csővezeték, vagy más installáció által akadályoztatva legyen.

Amennyiben hozzáférhető tisztító vagy bebújó nyílás nem helyezhető el, akkor alternatívaként, egy ehhez tervezett, terven jelölt légcsatorna darab lebontásával kell a légcsatornahálózat belsejéhez a hozzáférést biztosítani.

Tisztítás megkönnyítéséhez preferálandó elemek:

- Tisztítókönyökök elhelyezése (ezzel teljesíthető az „egy irányváltás (45 ° felett) a legközelebbi tisztító fedélig” elv)
- Tisztítható szabályozók (pl pillangószelep helyett írisz szabályozó, így szabályozón is át lehet haladni)

- Pillangószelep helyett tisztítható szabályozó (a szeleplep kiemelhető egy tisztítónyílással együtt)
- Tisztítható végpontok, azaz anemosztátok. A hozzáférhető anemosztátokon keresztül tisztítható a légcsatorna hálózat első 7,5 méteres szakasza, így nincs szükség helyiségen belül tisztítónyílásra (monolit álmennyezet esetén „ajtóra”)
- A hangcsillapítók gyöngyvászon borítással vagy perforált lemezzel kell készülnenek, hogy ne sérüljenek meg a forgókefés tisztítás során.



Szabályozók

A légcsatorna hálózatban akusztikai és beszabályozhatósági okokból több lépésben kell megoldani a szabályozást. A részrendszereket szintenként, helyiségenként csoportokban kell leválasztani.

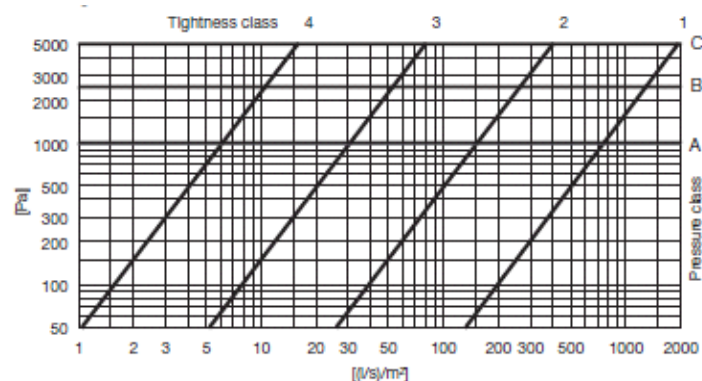
Szabályozók alkalmazás alapján:

- Beszabályozásra használt szabályozó, mely nem kell, hogy légtömör zárású legyen (EN1751 szerinti 0-s légtömörségi osztály).
- Elzárásra használt szabályozó (zsalu), légtömör zárású (EN1751 szerinti 4-es légtömörségi osztály)

Dinamikus szabályozók típusai:

- CAV: (Constant Air Volume) állandó térfogatáram szabályozó (lehet segédenergia nélküli vagy motoros kétállású)
- VAV: (Variable Air Volume) változó térfogatáram szabályozó, amely vezérlőjel szerinti légmennyiséget tart. A vezérlőjel (0-10 V vagy 2-10 V) előállítható hőmérséklet, CO₂ szint, páratartalom, jelenlét alapján

Szabályozók légtömörsége és nyomásosztálya EN 1751 szabvány szerint



10. ábra: Forrás: Lindab Air Duct Systems katalógus

Hangcsillapító

Hangcsillapító áramlástechnikailag megfelelő kialakítással (belépésnél íves vagy szűkített kialakítás; kilépésnél lehetőség szerint szűkített kialakítás)

Hangcsillapító anyag belső térben kőzetgyapot vagy üveggyapot, külső térben, ha esővíz közvetlenül is érheti, poliészter alapú anyag (mely nem szívja fel a vizet, azonban az UV sugárzás ellen védeni kell)

Hangcsillapító fajták	Elhelyezés	Kialakítás	Anyag
Légkezelő	Kültér	kör kulisszával vagy központi maggal vagy négyszög kulisszás	poliészter alapú
Légkezelő	Beltér	kör kulisszával vagy központi maggal vagy négyszög kulisszás	Kőzetgyapot Minimum kg/m ³
VAV és CAV szabályozó után		kör vagy négyszög kulisszás mérettől függően	
Irodák közötti áthallás elkerülésére		kör	

28. számú Táblázat: Hangcsillapítók kialakítása

Az alábbi táblázatban találhatók javasolt hangnyomásszintek

Helyiség	Javasolt hangnyomásszint dB(A)
Iroda	30-45 (35)
Tréning terem	35
Alárendelt helyiség	45
Gyártó	50
Raktár	40-50 (50)

29. számú Táblázat: javasolt hangnyomásszintek

Az anemosztátok zajkeltésére vonatkozóan komfort területen figyelembe kell venni az MSZ CR 1752 szabványt (MSZ CR 1752:2000, 10. oldal!).

A hangcsillapítókat gyöngyvászon borítással célszerű készíteni, amely ellenáll a tisztításkor fellépő mechanikai behatásnak. A borításnak meg kell akadályozni a hangcsillapító anyag szálainak leválását és a légáramba jutását.

Kifúvófejek és frisslevegő beszívó elemek

A frisslevegő beszívás és az elhasznált levegő épületen kívülre vezetésénél különös figyelmet kell fordítani az egymáshoz viszonyított elhelyezésre, el kell kerülni, hogy a kidobott, szennyezőanyaggal terhelt levegő ne kerüljön vissza a frisslevegő beszívó hálózatba.

Friss levegő vételi pont optimális esetben az épület oldalán.

Kidobás minden esetben az épület tetején

Ha a friss levegő vétel és a kifúvás is az épület tetején kerül elhelyezésre, egymástól ... távolságon belül csak akkor helyezhető el a két elem, ha a kifúvás betétkúpos kifúvófejjel történik.

Technológiai kifúvástól kellően nagy távolságra helyezhető el friss levegő vételi pont.

Tervezés során figyelembe kell venni a már meglévő friss levegős és kifúvó elemeket.

Ha az épület LEED vagy Breeam-nek megfelelő minősítést kell megkapjon, a frisslevegő vételi helyet, illetve kifúvást ennek megfelelően kell kialakítani, betartani az előírt távolságokat.

8. Hővisszanyerők ipari alkalmazása

Technológiai alkalmazásoknál gyakran előfordul, hogy a szellőző gépek feladata elsősorban a nagy hő- és/vagy nedvességterhelések kezelése, és mindemellett elenyésző a benttartózkodók frisslevegő igényének kiszolgálása.

Olyan szellőző gépeknél, amelyek főleg hő- és nedvességterhelés elvezetésére szolgálnak mentesülnek az Eco-design – 1253/2014 EU direktíva előírásai alól.

Minimális frisslevegő hányad esetén felmerül, hogy van-e létjogosultsága hővisszanyerő berendezésnek. Egy átlagos hővisszanyerő berendezés beruházási költségén kívül a működés során villamosenergia felhasználás többlet keletkezik a befúvó és elszívó ventilátorok által leküzdendő ellenállásból eredően.

Megjegyzés: Energetikai szemmél nézve, javasolható az említett villamos energia felhasználást primerenergiában is kifejezni és akár a CO₂ kibocsátást is megvizsgálni.

Általánosságban elmondható, hogy ~10% frisslevegő hányad alatt nem éri meg a hővisszanyerő berendezés alkalmazása, azonban minden esetben a t₀ervező feladata az adott üzemviszonyokra (fajlagos energia költség, légmennyiség, stb.) legalább egy egyszerűsített gazdaságossági számítás elvégzése és a beruházás mérlegelése.

Forgódobos hővisszanyerő alkalmazásakor figyelembe kell venni, hogy az elszívott levegőből minimális mennyiség visszajut a befúvásba. A forgódobos hővisszanyerő ventilátorok szívó oldalára történő elhelyezésével a visszakeverés minimális lesz.

Ipari létesítményben az elszívott levegőből történő hővisszanyerésen túlmenően további hővisszanyerési mód is elképzelhető, például amennyiben rendelkezésre áll a technológiai berendezések, vagy sűrített levegő kompresszorok hűtővizének hőenergiája, amit frisslevegő vagy használati melegvíz felfűtésre, vagy előmelegítésre lehet felhasználni.

9. Technológiai elszívás

Gyártó üzemekben, műhelyekben végzett tevékenység során az általános nedvességterhelésen és hőterhelésen felül, szennyező anyag, por, füst, gőz felszabadulás történhet, amit az egészséges munkakörnyezet elérése érdekében kezelni szükséges.

Ehhez a termelődő szennyező anyag eltávolítására és vagy kiszűrésére van szükség a csarnoktérből. Annak érdekében, hogy a csarnoktér szennyező anyag terhelése minimalizálható legyen, helyi elszívási pontok kialakítása szükséges.

9.1 Szennyező anyagok a levegőben

A levegőbe sokféle anyag, különböző módon juthat be. Általánosan ezeket nevezzük szennyező anyagoknak. A különböző ismérvek szerinti besorolás sokat segít jelentőségük, hatásuk és a szűrési lehetőségek feltárása terén.

A szennyező anyagokat csoportosíthatjuk halmazállapotuk szerint.

- Gázhalmazállapotúak, melyekből a legjellemzőbb a O_3 , H_2 , N_2O , SO_2 , H_2S , NH_3 , CO , CO_2 , SO_2 , stb.
- Aeroszol
 - Szilárd szennyezők, hétköznapi nevükön porok.
 - Füst
 - Köd

A csoportosítást elvégezhetjük a szennyeződés eredete szerint is. [27]

- Kozmikus eredetű szennyeződések, porok
- Földi, természetes eredetű szennyező anyagok,
 - geológiai folyamatok eredményeként
 - meteorológiai események eredményeként
 - az élő környezet működése eredményeként
 - az élő környezet által termelődött anyagok (pl. pollenek)
 - az élőlények által aktivitásuk során előállított porok (a mozgás során felvert porok, így előidézett eróziós folyamatok)

Mesterséges eredetű, vagy antropomorf szennyező anyagok. Ide az emberi tevékenység során termelődött szennyeződések soroljuk, melynek halmazállapota, illetve összetétele igen hasonló a természetes eredetű szennyeződésekéhez.

További csoportosítási szempont a különböző szennyező anyagok a levegőben, mint ideális gázban történő megmaradási vagy lebegési ideje. Ezen csoportosítási ismerv a szennyezőkre vonatkoztatva általánosan kerül figyelembevételre. A levegőben ugyanis a különböző halmazállapotú anyagok - nem oldódva -szuszpenziót képeznek. Leválasztásuk a közegben nem oldódott anyagként, hanem annak mérete és tömege alapján történik.

Érdemes az eddig leírtakat más, gyakorlatiasabb szempontok alapján is vizsgálni.

„Aeroszol: szilárd szemcsék, folyadékcseppek kvázistabil eloszlása gázban. A kvázistabil jelző azt jelenti, hogy a szemcsehalmaz tulajdonságai időben nem változnak lényegesen. Normál állapotúlevegőben kvázistabilnak tekinthető az a szemcsehalmaz, amelyben a szilárd szemcsék vagy cseppek mérete a $0.01\mu\text{m} \leq x \leq 50\mu\text{m}$ mérettartományba esik.” [28]

Az $50\mu\text{m}$ -nál nagyobb átmérőjű cseppek, szemcsék gyors ülepedése miatt a szuszpenzió már nem tekinthető kvázistabilnak.

- Por
 - A $0,2\ \mu\text{m}$, vagy attól nagyobb méretű szilárd halmazállapotú szemcsék halmaza.
- Füst
 - Az $1\ \mu\text{m}$ vagy attól kisebb átmérőjű folyadék cseppekből áll, vagy szilárd szemcsék alkotják, melyek kondenzáció útján, vagy kémiai reakcióval jönnek létre.
- Köd
 - Folyadékcseppek, melyeknek fontos tulajdonsága, hogy a folyadék fázisban lévő anyag, saját gőzével van egyensúlyban.[28]

Az aeroszol természetes és mesterséges úton is a levegőbe kerülhet. A természetes képződés részint a geológiai, illetve a meteorológiai jelenségekhez köthető, és a föld szilárd kérgének valami módon történő porrá aprózódása során keletkezik és kerül a levegőbe, részint pedig az élő környezet bocsát ki porokat, melyeket szűrőtechnikai szempontból szennyeződésnek minősítünk.

A másik forrása e szennyeződésfajtának az emberi tevékenység. Elsősorban az ipari folyamatok állítanak elő igen sok különböző méretű és jellegű porszemcsét, de a leghétköznapiabb tevékenységünk során is képzünk port.

9.2 Szűrések, szűrők

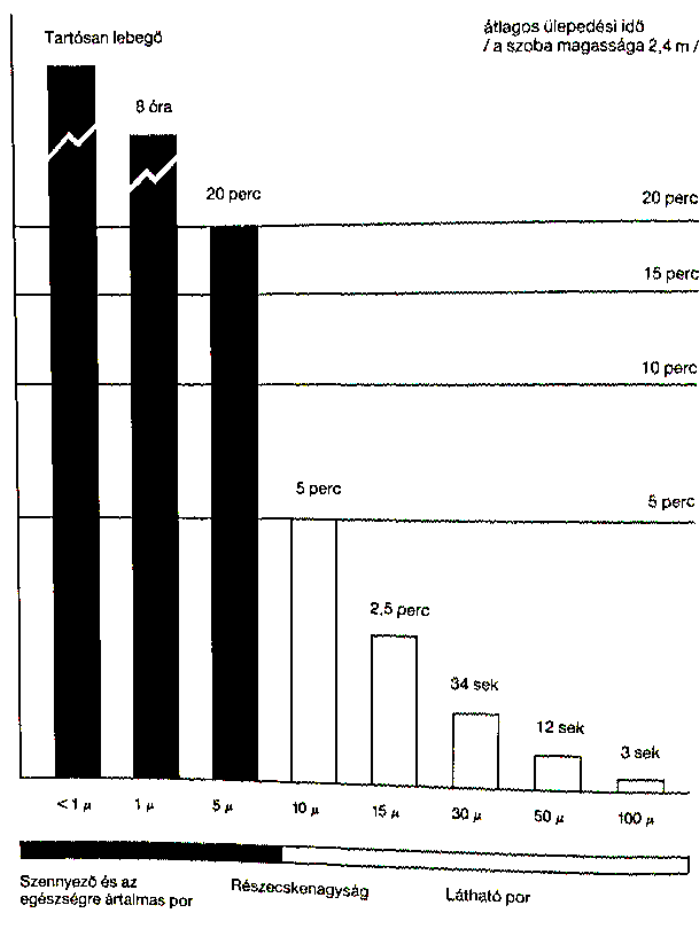
Szűréstechikai alapelvek

A szűrési eljárás kidolgozása érdekében a szűrendő közeg tulajdonságait szükséges jól meghatározni. Ennek függvényében van mód a megfelelő szűrő kiválasztására, illetve az eljárás meghatározására.

Aeroszolk Szűrése

Fontos vizsgálendő szempont a szemcsék mérete és tömege, egyrészt az egészségre gyakorolt hatása miatt, másrészt a leválasztás-szűrés módszerének kiválasztása okán. A levegőben szálló, lebegőporok egyik fontos jellemzője az úgynevezett ülepedési idő.

Az ülepedési idő elsősorban a szemcse méretétől, valamint annak sűrűségétől függ. Az aeroszolk e tulajdonsága igen széles skálán mozog. A néhány perces ülepedési időtől a több órás ülepedési időig értelmezhetőek, illetve meghatározható a tartósan lebegő porok kategóriája is.



11. ábra: A különböző méretű porszemcsék jellemzőülepedési ideje [29]

A porok szűrésénél az ülepedési idő nagyságrendi ismerete fontos szerepet játszik a megfelelő szűrési eljárás kiválasztásánál. Gyakorlatilag minden ülepedésre alkalmas por, azaz a kb. 1 mikron vagy attól nagyobb szemcseméretű porok, akár egy jól megkonstruált ülepitő kamrában is leválaszthatóak lennének. Amennyiben az ülepitőben áramló levegő legalább annyi-, vagy hosszabb ideig tartózkodik, mint az ülepedési idő, a részecskék a kamra aljára süllyednek. Ilyen ülepitőket általában durva porok esetén, illetve előszűrő gyanánt használ az ipar. Ennek egyszerű oka az, hogy csak a gyorsan ülepedő porok esetén lehetséges olyan méretű szeparálásra alkalmas kamrát létrehozni, melynek megépítése ésszerű, úgy a bekerülés költsége, mint a fizikai méretek vonatkozásában.

Ülepedési sebesség

A szemcsére a gravitációs erő hat. Ezen kívül az áramlásban a közeg ellenállása miatt fékező erő is fellép. Ezt kis Reynolds-szám esetén - $Re < 0,1$ - nyugalmi állapotban, örvénymentes levegőben a Stokes-képlet fejezi ki.[30]

$$F = 3\pi\eta d_p w$$

Ahol:	F	fékező erő	[N]
	η	dinamikai viszkozitás	[Pa*s]
	d_p	A szemcse átmérője	[m]
	w	a szemcse sebessége	[m/s]

A gravitációs erő és a fékező erő mellett a levegőben, mint hordozó közegben felhajtó erő is hat rá. A sűrűség különbségekből adódó hatásokat is figyelembe véve az ülepedési sebesség:

$$v_{\ddot{u}} = \frac{1}{18 * \eta} (\rho_p - \rho_g) g d_p^2$$

Ahol:	$v_{\ddot{u}}$	Az ülepedési sebesség	[m/s]
	η	Dinamikai viszkozitás	[Pa*s]
	ρ_p	A por sűrűsége	[kg/m ³]
	ρ_g	A gáz sűrűsége	[kg/m ³]
	d_p	A szemcse átmérője	[m]

A $10\text{ }\mu\text{m}$ -nél kisebb porok esetén a vivő gáz, esetünkben a levegő molekulái közötti szabad út hossz jelentősen befolyásolja az ülepedési időt. Fenti képletet korrigálni kell Cunningham- féle korrekciós tényezővel, melyet „C”-vel is szoktak jelölni.

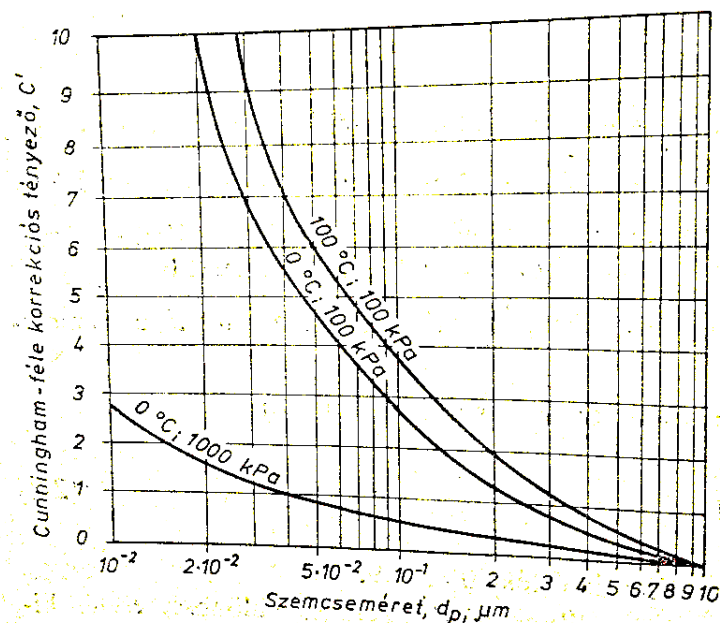
A korrigált képlet:

$$v_{\ddot{u}} = \frac{1}{18 * \eta} (\rho_p - \rho_g) g d_p^2 \left(1 + A_k * \frac{2l}{d_p} \right)$$

Ahol: A_k A gázra jellemző állandó

l A gáz molekulái közötti szabad út hossza [m]

A C tényező értékét érdemes táblázatból kiválasztani mivel a szabad úthossz a hőmérséklet és nyomás függvényében változik



12. ábra: Cunningham-féle korrekciós tényező értéke a szemcse mért függvényében [30]

Az ülepedési idő növekedésével egyre nagyobb jelentősége van a mozgásban lévő, áramló levegő felhajtóerejének is. Ez azt eredményezi, hogy a légáramlatba kerülő nagy ülepedési idejű porok felületén adott esetben a gravitációs erőtől nagyobb és esetenként ellentétes irányú felhajtó erő termelődhet. A szemcsék tömegétől függően viszonylag kis áramlási sebesség is erősen torzítja a nyugvó levegőre számított ülepedési idő értékeket. Ezért minden szűrőben létezik olyan elem, vagy egység, ahol az áramlási sebesség lelassul, lehetővé téve a hatékonyabb leválasztást.

A leválasztási hatások

Megkülönböztetjük az összleválasztási fokot, amikor azt vizsgáljuk, hogy a teljes porterhelésből mennyi a leválasztott porok mennyisége, illetve a frakció leválasztási fokot, amikor a teljes porterhelés egy frakciójának leválasztott mennyiségét keressük.

Az összleválasztási fok:[30] $\eta_{\text{ö}} = 100 \cdot m_l / m_e$

Mivel $m_e = m_u + m_l$

$$\eta_{\text{ö}} = 100 \cdot [1 - (m_u / m_e)]$$

Ahol:	$\eta_{\text{ö}}$	Az összleválasztási fok	[%]
	m_l	A leválasztott por tömege	[kg]
	m_e	A szennyezett gázban lévő por tömege	[kg]
	m_u	A tisztított gázban lévő por tömege	[kg]

Így a kilépő gáz portartalma kiszámolható a következő formulával.

$$m_u = [(100 - \eta_{\text{ö}}) / 100] \cdot m_e$$

A frakció leválasztási fok az összleválasztási fok ismeretében a következőképpen adható meg.

$$\eta_f = \Delta R_l / \Delta R_e \cdot \eta_{\text{ö}}$$

Ahol:	η_f	Az frakcióleválasztási fok	[%]
	ΔR_l	A szennyezett gázban lévő frakció tömege	[kg]
	ΔR_e	A tisztított gázban lévő frakció tömege	[kg]

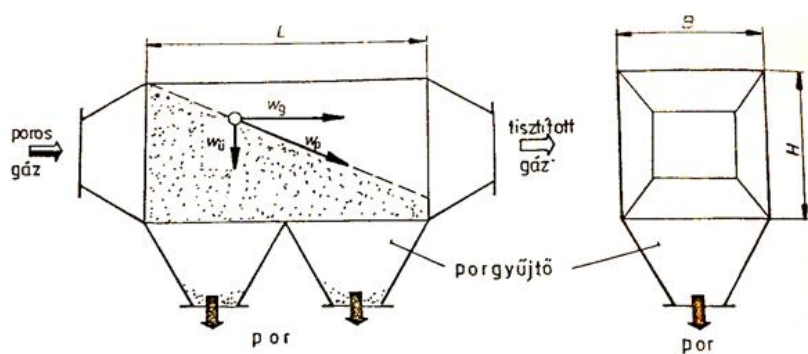
A részecskék leválasztása történhet tehát üleptéssel, áramlástechnikát felhasználó eszközzel, mint pl. a ciklon, vagy különböző szálakból álló szűrőanyagok segítségével.

Porok szűrése.

Az üleptők

A nehézségi erő elvén működő szűrők, a szennyeződés ülepedésének felhasználásával működnek. A szemcse méretének, egyenértékű átmérőjének és sűrűségének ismeretében meghatározható az ülepedési idő. Ismerve ezt az értéket építhető olyan méretű és

kialakítású kamra, amelyben az áramlás lelassul. Ennek köszönhetően a szűrendő közeg hosszabb ideig tartózkodik itt, mint az ülepedési idő. Ekkor a szennyeződés, illetve annak gyors ülepedésű frakciója az ülepítő aljára kerül.



13. ábra: Ülepítő kamra [27]

Meghatározható adott porra a porleválasztáshoz szükséges idő, ha a kamrában áll a szennyezett levegő.

$$\tau = H/v_{\ddot{u}},$$

Áramlás esetén értelemszerűen az ülepedési időtől, és a vivő gáz áramlási sebességétől függ.

ami

$$\tau = (H*B*L) / V$$

alakban is felírható

Így egyszerűsíthető ez

$$\tau = L/v_{\ddot{u}},$$

Ekkor a porkamra összleválasztási foka.

$$\eta_{\ddot{o}} = \frac{L * v_{\ddot{u}}}{H * v_g} 100$$

Ahol: τ	A folyamat időtartama	[s]
$v_{\ddot{u}}$	Az ülepedési sebesség	[m/s]
$\eta_{\ddot{o}}$	Az összleválasztási fok	[%]

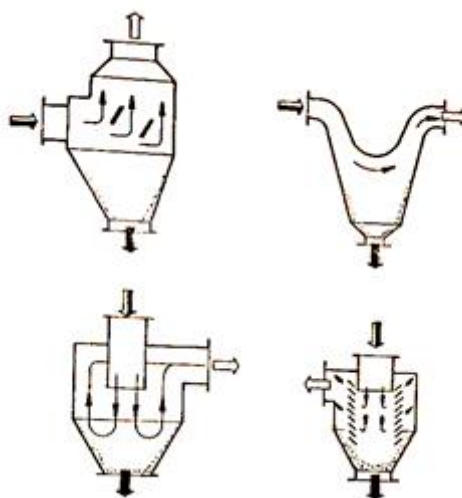
H, B, L	A kamra ábra szerinti méretei	[m]
v_g	A kamrában áramló gáz sebessége	[m/s]

A porkamrában leválasztható legkisebb szemcseméret

$$d_{p \min.} = \sqrt{\frac{18\eta V}{gB_k L_k (\rho_p - \rho_g)}}$$

képlettel határozható meg.[27],[30] A kamra mérete és a belépő szennyezett levegő térfogatárama meghatározza a leülepedni képes szemcseméretet. Ebből az is következik, hogy a térfogatáram változtatásával változik a leválasztható szemcseméret ugyanazon kamra esetén.

Ezt az egyszerű eljárást a gyorsan ülepedő, durva porok esetén lehet alkalmazni. A hatékonyság növelése érdekében az ülepítő kamra kialakításával a lelassuló légáramlatot irányítani, terelni érdemes. Különböző kialakítási módokkal, nagyobb hatékonysággal választható le a szennyeződés, illetve elkerülhető a már leülepedett por kisebb tömegű frakciójának visszakeveredése a légáramlat hatására.

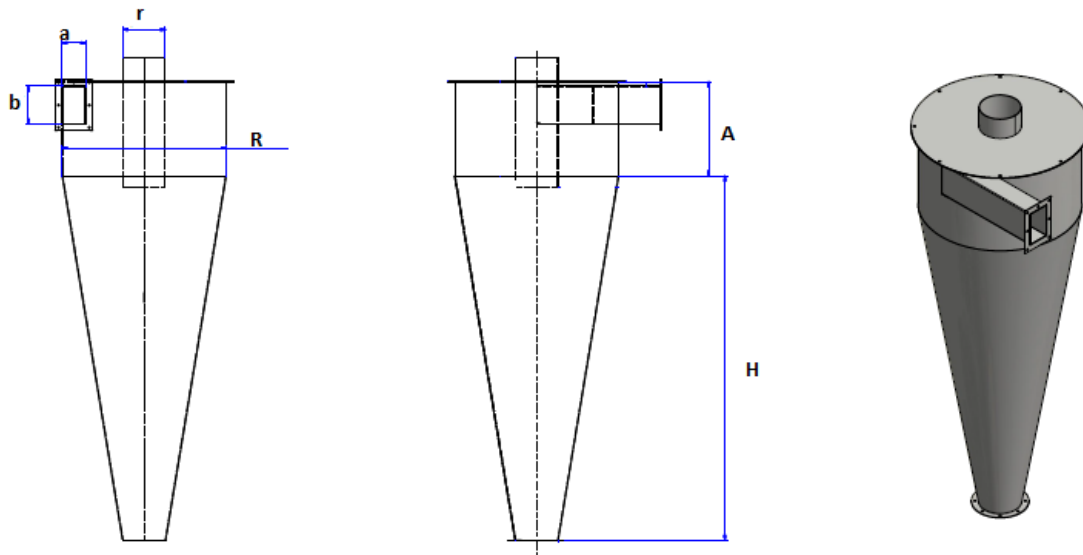


14. ábra: Ülepítő kamrák különböző terelőkkel [30]

Az ábrákon látható ülepítők, még a szűrők azon csoportjához sorolandók, ahol a szűrés megvalósításához az ülepedési tulajdonságokat használták fel. Léteznek olyan eszközök is, melyek a szennyezett levegő áramlástechnikai tulajdonságait is a szűrés megvalósítására használják.

Ciklonok

A leválasztó kamrákhoz hasonlóan egyszerű felépítésű szűrők a ciklonok. Ezek működésében is nagy szerepet játszik az ülepedési idő és az ahhoz illesztett geometriai méretezés, de itt az áramlás irányításával egyéb erők is bevonásra kerülnek, melyek fokozzák a szűrési hatásfokot.



15. ábra: Porleválasztó ciklon

A ciklon jellemző paraméterei, melyek meghatározzák leválasztási tulajdonságait:

A belépési sebesség, mely az ábrán axb függvénye

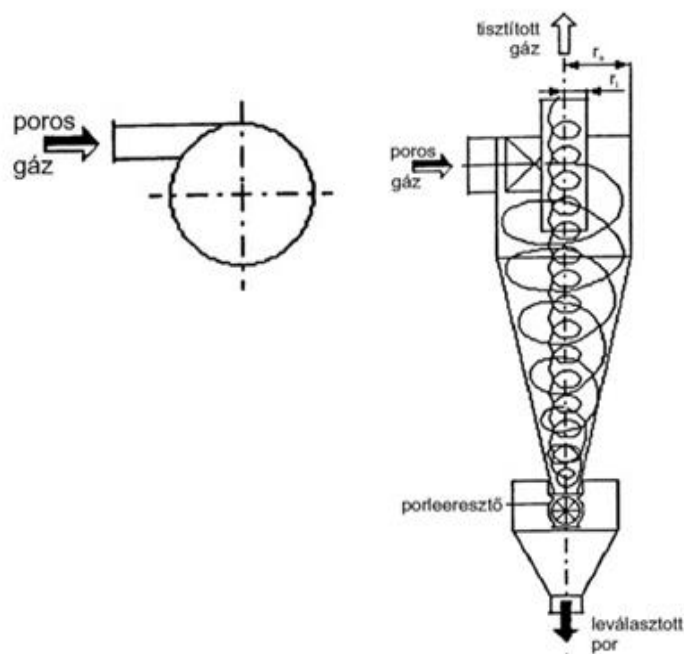
A hengeres rész hossza, az ábrán A-val jelölve

A merülő cső és a hengeres rész átmérőjének viszonya mely az ábrán r , és R -rel van jelölve

A merülő cső magassága, mely a ciklon aljától mérendő. Az ábrán H-val jelölve.

A szennyezett levegő a ciklonba úgy érkezik – általában tangenciálisan – hogy annak falához ütközve kör-, pontosabban lefelé irányuló spirális mozgásba kezd. Ezzel együtt a ciklonhengeres részének nagy átmérője miatt a légáramlat lassul. A spirálisan lefelé haladó közeg a merülő cső szívónyílása közelében ismét irányt változtat és a szennyeződések elhagyva távozik a merülő csövön a ventilátor felé. A levegő és a benne lévő szennyeződés a ciklonba lépéskor a gravitációs erőterén kívül egy centrifugális erőterbe is kerül. Ebben az erőterben a porok ülepedése végső soron ugyanúgy történik, mint a gravitációs erőterben, csak a mozgásirány változása miatt generálódó erőterben az

ülepedésnek nem csak a gravitációs erő, hanem a centripetális erő ellenereje is mozgatója lesz. Ez utóbbi – belépési sebesség függvényében – nagy jelentőséggel bír.



16. ábra: A ciklon belsejében létrejött áramlás sematikus képe [31]

A leválasztás vizsgálatakor a gravitációs erő mellett a centrifugális erőt is be kell vezetnünk

$$F_c = m \frac{u_a^2}{R}$$

Ahol	F_c	A centrifugális erő	[N]
	u_a	A létrejött sebesség a ciklon falán	[m/s]
	R	A hengeres rész sugara	[m]

Ezek után értelmezhető a porszemcsék úgynevezett vándorlási sebessége a centrifugális erőterben.

$$v_v = \frac{1}{18\eta} (\rho_p - \rho_g) d_p^2 * \frac{u_a^2}{r}$$

Mivel u_a és iránya a ciklonba lépéskor egyenes vonalúból változó mozgásirányúvá változik. A vándorlási sebesség kapott értéke az adott helyen a henger falának érintője szerint értelmezendő [27],[30],[32].

A ciklon hengeres részének falán jelentős mechanikus súrlódási erő is fellép. Az ide sodródott szemcsék intenzíven lassulni kezdenek. Értelmszerűen a nagyobb, nehezebb szemcsék kisebb ülepedésű idejük miatt gyorsabban kiválnak a levegőből. A sajátos, összetett erőter a henger falán, spirális mozgásban tartja a szemcséket, melyek nem képesek a merülő cső csonkjáig eljutni, ezért a ciklon aljára süllyednek. Jól meghatározható az a szemcseméret, amely biztosan leválasztásra kerül. Ezt határszemcse méretnek nevezzük.

A ciklonok méretezése, kiválasztása

A ciklonok méretezését tehát a határszemcse méretének megállapításával kezdjük. Ez a szám mutatja meg annak a szemcsének az egyenértékű átmérőjét, mely biztosan nem hagyja el a ciklont. Ez az érték általában 4-5 μm -tól értelmezhető a ciklonok esetén. A határszemcse mérete függ a ciklon geometriai tulajdonságaitól, áramlási sebességektől és a szennyeződés tulajdonságaitól. Így tehát függ a belépési sebességtől, a szemcse sűrűségétől, a merülő cső ciklon aljától mért távolságától, illetve a hengeres rész és a merülő cső átmérőjének viszonyától. Más megközelítéssel kimondható az is, hogy egy adott ciklon hatékonysága, leválasztási hatásfoka függ a bejutó szennyezett levegő térfogatáramától, valamint a benne lévő szennyeződés összetételétől, mennyiségétől.

A határszemcse méretének meghatározása.

$$d_h = \frac{3 * r}{r_{be.}} \sqrt{\frac{\eta * a * b}{\pi * \rho_p * H * v_{be}}}$$

Ahol: r A merülő cső sugara [m]

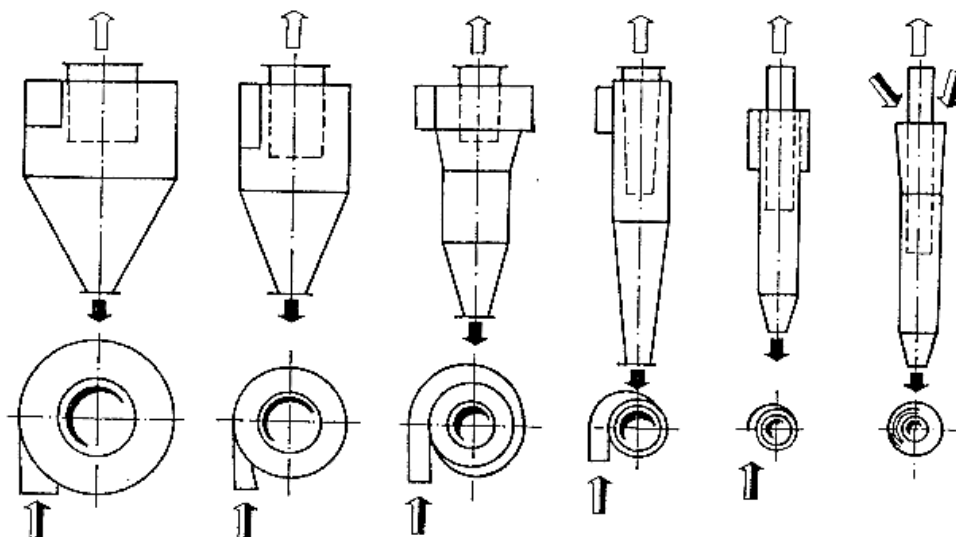
$r_{be.}$ A bevezető cső távolsága a ciklon tengelyétől [m]

v_{be} A belépési sebesség [m/s] [30]

Ebből az is következik, hogy ugyanaz a ciklon más és más leválasztási mutatókat produkál, ha változik a leválasztandó szennyeződés, vagy a szennyezett levegő térfogatárama. Ez az oka annak, hogy ez a jól számolható, igen hatékony szűrőtechnikai eszköz nehezen uniformizálható, tervezése szükségszerűen egyedi kell, hogy legyen.

Ciklonok fajtái

A leválasztás méretezéséhez, ismerve az adott helyen a szűrendő szennyeződés tulajdonságait, meg kell határoznunk a határszemcse átmérőjét. A ciklon geometriai méretei döntően befolyásolják ezt az értéket. A levegő térfogatárama szintén fontos szerephez jut, hiszen ehhez igazodnia kell a ciklon méretének.

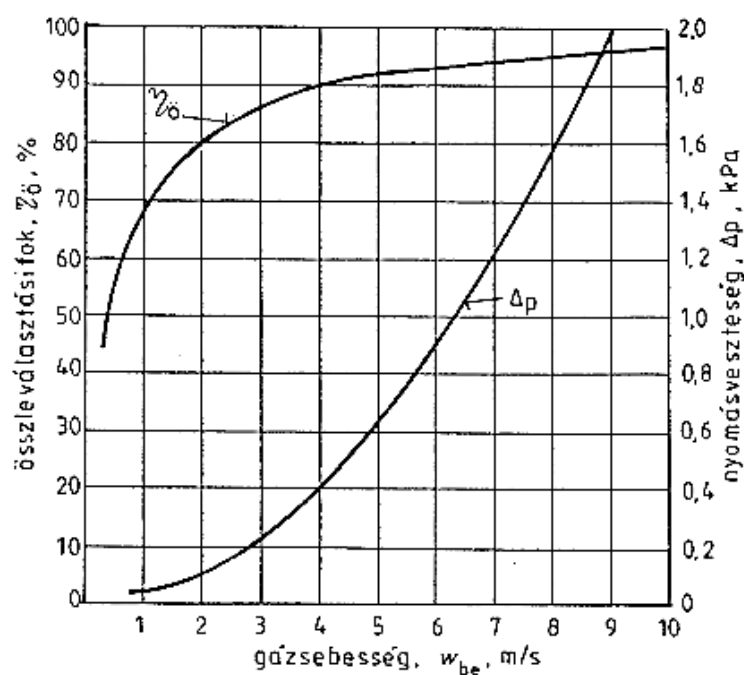


17. ábra: Különböző kialakítású ciklonok [27]

A különböző kialakítású ciklonok a porokból egyre kisebb szemcseméreteket képesek leválasztani. A folyamat során a ciklonra jellemző légtechnikai ellenállás a beáramlási sebesség és a leválasztási hatások függvényében változik.

A ciklonok ellenállása

A jelentős belépési és kilépési sebesség miatt a ciklonok, szemben a porleválasztó kamrákkal, jelentős áramlástechnikai ellenállást idéznek elő. Ennek kiszámítása adott légáramra lehetséges. A tervezési gyakorlatban a gyártók adataira kell támaszkodni. A megadott diagram alapján is kellő pontossággal meghatározható a ciklon ellenállása.



18. ábra: A ciklon ellenállása a beáramló sebesség és az összleválasztás függvényében [32]

A légtechnikai ellenállás mértéke igen fontos adat. Ennek számértékét a fenti diagramból is le lehet olvasni. Pontosabb, ha a ciklon gyártójától származnak ezek az adatok. A ciklonok jellemző ellenállási adatai 500-1800 Pa között mozognak.

Mechanikus – úgynevezett, szövet szűrők

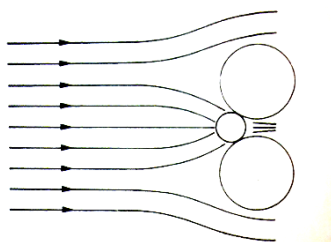
A legismertebb és a legszélesebb körben elterjedt szűréstechikai eljárás. Az ilyen szűrőket a levegő tisztításán kívül anyagok kinyerésére is használják.

A szűrők különböző módon és különböző anyagokból készülhetnek. A bejutó szennyeződés a szűrő anyagán, annak felületén, vagy szövetének mélységében megkötődik, így válik ki a levegőből.

A mechanikus szűrők működésének elvi alapjai

A részecskék leválasztása a szűrőkön az elemi szálakhoz való tapadás, az azokon való mechanikai lefékeződés, felütközés alapján történik. A következő alapvető részecske megkötési folyamatot különböztetjük meg a szűrők elemi szálain:

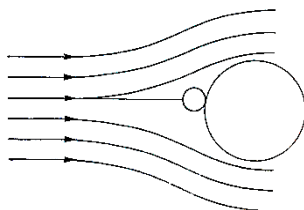
Ütközés



19. ábra - Részecske megkötési folyamat: ütközés

A leválasztandó részecske a két szomszédos elemi szűrőszálon felütközik.[33]

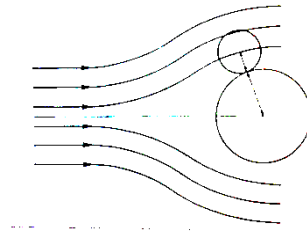
Lassítás, vagy tehetetlenségi hatás.



20. ábra - Részecske megkötési folyamat: lassítás vagy tehetetlenségi hatás

A részecske a tömege miatt nem követi a levegő áramlásának vonalát, a szálnak ütközik és azon megtapad.[33]

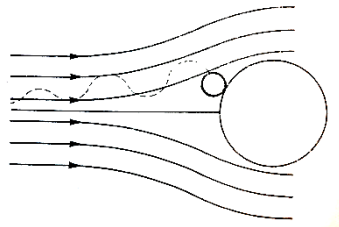
Befogás



21.ábra - Részecske megkötési folyamat: befogás

A részecske követi az áramvonalat, mivel az áramvonal közel fut az elemi szűrő szálhoz, a szennyeződés a szálhoz tapad. Ez az jelenség r távolságnál következik be. Ahol r a por szemcse sugara.[33]

Diffúz hatás



22.ábra - Részecske megkötési folyamat: diffúz hatás

A kisméretű részecskénél fellép a Brown-féle hatás, mely az áramvonalhoz képest – a sebesség és a szemcse méretének függvényében – az áramvonaltól eltérő változó pályára juttatja a szemcsét. Az elemi szál közelében, kikerülve a fő áramvonalból a szűrőszál felületére tapad. [33]

A felsoroltakon túl szűrő hatást fejt ki a villamos erő, mely akkor lép fel, ha a szűrő anyaga, vagy a szűrendő közeg elektrosztatikusan feltöltődik, illetve a molekuláris diffúzió, mely a gáz molekulák hő hatására történő mozgásakor lép fel.[30]

Szűrők anyagainak osztályozása

Jellemzők	SZÜRŐANYAGOK									
	Üvegszál	Természetes szálakból		Műszálakból						
		gyapjú	gyapot	poli(vinil-klorid) PCU, PeCe, Vinyon	alifás poliamid Nylon, Perlon, Phrilon, Danulon	aromás poliamid Nomex	poliakrilonitril Redon, Dralon, Orion	poliészter Diolen, Trevira, Terylene, Darcon	polipropilén Hostalen, Meraklon	poli(tetrafluor-etilén) Hostafion, Viton, Gaflon, Teflon
Sűrűség, $\text{kg/m}^3 \cdot 10^{-3}$	2,54	1,32	1,47 ... 1,50	1,39 ... 1,44	1,13 ... 1,15	1,38 ... 1,41	1,17	1,38	0,91	2,1 ... 2,3
Törési nyúlás, %	3 ... 4	25 ... 35	7 ... 10	12 ... 25	25 ... 45	–	30 ... 40	40 ... 55	–	10 ... 25
Nedvességfelvétel 20°C-on és 65% relatív levegőnedvesség esetében, %	0	10 ... 15	8 ... 9	0	4 ... 4,5	4,5 ... 5	1,3 ... 2	0,4	0,01 ... 0,1	0
Nedves szilárdság a száraz szilárdság %-ában	–	85	110	100	90	–	90 ... 95	93 ... 97	–	100
Duzzadás, %	0	50 ... 70	50 ... 80	1	10 ... 14	–	7	3 ... 4	–	0
Hőmérséklet-állóság – tartósan, °C – max. °C	250 350	80 ... 90 100	75 ... 85 95	40 ... 50 65	75 ... 85 95	220 260	125 150	140 160	95 120	200 250
Elváltozások hőmérséklet-emelkedéskor	300°C felett szilárdság-csökkenés, 675°C-nál lágyul, 850°C felett olvad	100°C felett törekeny	120°C-on sárgulni kezd	70 ... 100°C között lágyul, 180°C felett olvad	150°C-on sárgul, 160°C felett lágyul, 215°C-nál olvad	180°C felett szilárdság-csökkenés	240°C-on lágyul	100°C felett hidrolízisveszély, 260°C felett olvad	140°C felett lágyul, 160°C felett olvad	325 °C felett lágyul, 400°C felett olvad
Fajlagos villamos ellenállás, $\Omega \cdot \text{cm}$	10^{15}	$5 \cdot 10^8$	$7 \cdot 10^6$	10^{15}	$4,1 \cdot 10^{10}$	10^{11} $8 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^8$	10^8	10^{16} ... 10^{18}	10^{18}

30. számú Táblázat: A leggyakrabban használt szűrő alapanyagok és tulajdonságai [27]

A szűrési tulajdonságok nagymértékben függenek a szűrő anyagától, illetve a szövet jellegétől, minőségétől. Ennek megfelelően sokféle anyagból, különböző eljárásokkal készülnek a szűrőbetétek. Ez igazodik a szűrendő közeghez. A szűrő felület pedig a szűrendő levegő térfogatáramához méretezendő. A szűrőbetétek jellemzően nagy felületűek. Kialakításuk a könnyebb kezelhetőség okán általában helytakarékos zsákos, zsebes jellegű. Nagyobb mennyiségek, illetve magasabb szűrési minőség igénye esetén úgynevezett szűrő patronok kerülnek alkalmazásra. Ezt a kivitelezői körökben elterjedt zsargon szerű elnevezést arra a magas minőségű szűrőre használják, mely filc szerű szövetanyagú, a nagy felületigény miatt „Z” alakban, vagy harmonika szerűen hajtogatva kerül rögzítésre egy keretre, ami akár kör, akár szögletes keresztmetszetű is lehet.



23. ábra: Filc anyagú szűrő jellemző kivitele [34]

Szűrők osztályozása

A különböző méretű szennyeződések leválasztására különböző szűrőbetétek alkalmasak. Ezek egységesített elnevezését alapvetően az európai EN779 szabvány szerint adják meg a gyártók. Használatosak még a régi elnevezések is, melyeket a következő táblázatban láthatunk.

Finom és durva szűrők fokozatai, osztályba sorolása:

EN 779	Eurovent 4/5	Ashrae 52./1992	Nyomásesés Pa	Átlagos mesterséges portömeg leválasztása %	Átlagos leválasztása a 0,4 µm szemcseméretű pornak %
G1	EU1	G40	250	$0 \leq Am < 65$	-
G2	EU2	G60	250	$65 \leq Am < 80$	-
G3	EU3	G80	250	$80 \leq Am < 90$	-
G4	EU4	G90	250	$90 \leq Am$	-
F5	EU5	F45	450	-	$40 \leq Em < 60$
F6	EU6	F65	450	-	$60 \leq Em < 80$
F7	EU7	F85	450	-	$80 \leq Em < 90$
F8	EU8	F90	450	-	$90 \leq Em < 95$
F9	EU9	F95	450	-	$95 \leq Em$

31. számú Táblázat - Steril szűrők osztályozása EN1882 szerint

HEPA szűrők

Osztály	Hatékonyság 0,3 µm-ig %
H10	85
H11	95
H12	95.5
H13	95.95
H14	95.995

ULPA szűrők

	Hatékonyság 0,12 µm-ig %
U15	99.9995
U16	99.99995
U17	99.999995

24. ábra: Szűrők osztályozása EN 779 szerint [35]

Szűrők felületi terhelése, telítődése

A szűrőket felületi terhelésük, terhelhetőségük szerint is osztályozni kell. A szűrendő anyagok mérete szerinti szűrő kiválasztást a levegő térfogatárama és a benne lévő szennyeződés koncentrációja függvényében pontosítani kell. Ezek fogják meghatározni a szűrőbetétünk méretét és ez alapján prognosztizálható a szűrő telítődése, ami szintén fontos tervezési szempont.

A felületi terhelés

$$U_f = \frac{\dot{V}}{A_f} \left[\frac{m^3}{m^2 \cdot h} \right]$$

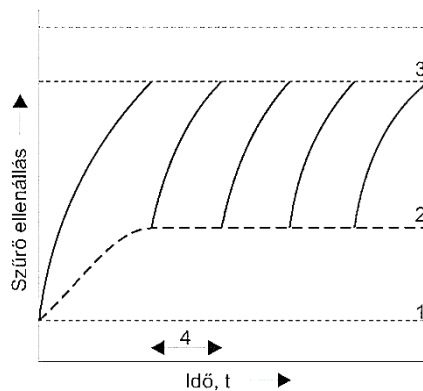
Ahol:	U_f	a felületi terhelés	$\left[\frac{m^3}{m^2 \cdot h} \right]$
	\dot{V}	A levegő térfogatárama	$\left[\frac{m^3}{h} \right]$
	A_f	A szűrő felülete	$[m^2]$

Gyakran felületi, vagy szűrési sebességnek is nevezik ezt a mutatót.[30]

Kiszámítva ezt az értéket megkapjuk azt a közepes sebességet, amely a szűrőn áthaladó levegőáramot jellemzi. A különböző szennyeződés típusok esetén a segédletekben megadott a szűrő javasolt felületi terhelése. Ennek ismeretében meghatározhatjuk a szűrőbetét felületének nagyságát. Ha a felületi terhelés túl nagy, meghaladja a gyártó méretezési tartományát, megnő a szűrő ellenállása, illetve a leválasztási hatások is csökken. Értelemszerűen a szűrő betét a számítottnál hamarabb telítődik, esetleg át is szakadhat.

A szűrő betétek jól méretezve a gyártó által megadott ellenállással kezdik meg működésüket. A telítődés során az ellenállás nő, hiszen az elemi szálak közé lerakódott por alaki ellenállást képez, egyidejűleg a keresztmetszetet is csökkenti. A gyártók a szűrőbetétekhez egy diagramot adnak meg, mely pontos tervezhetőségi adatot szolgáltat.

Lehetővé teszi ez a diagram azt is, hogy a szűrő előtti és utáni nyomáscsökkenés mérésével információnk legyen annak telítettségi állapotáról. A biztonságos üzemeltetés érdekében telítődés esetére egy jelzés is adható ezen adat alapján. Nagyobb teljesítményű berendezéseknél lerázó, lefúvató egységek is beépítésre kerülnek. A zsákos szűrők esetén lerázással, míg a HEPA-ULPA osztályú szűrőknél ellenirányú, nagynyomású levegővel történő lefúvatással üzem közben is tisztítható, regenerálható a szűrőbetét.



25. ábra: A szűrők lefúvatásos regenerálásáról. 1.alapellenállás, 2.a lefúvatások utáni ellenállás, 3. a telített szűrő ellenállása, 4. a lefúvatások között eltelt idő [31]

Ez az eljárás jelentősen meghosszabbítja a szűrőbetétek kihordási idejét.

A nyomásmérés mérése lehetőséget ad arra is, hogy a szűrőbetét átlukadásáról információt kapjunk. Ez esetben a szűrő ellenállása indokolatlanul kicsi lesz. Veszélyes anyagok elszívása esetén az átlukadás-tömítetlenség jelzése rendkívül fontos.

A legszélesebb körben ismert eljárások az eddig tárgyaltak.

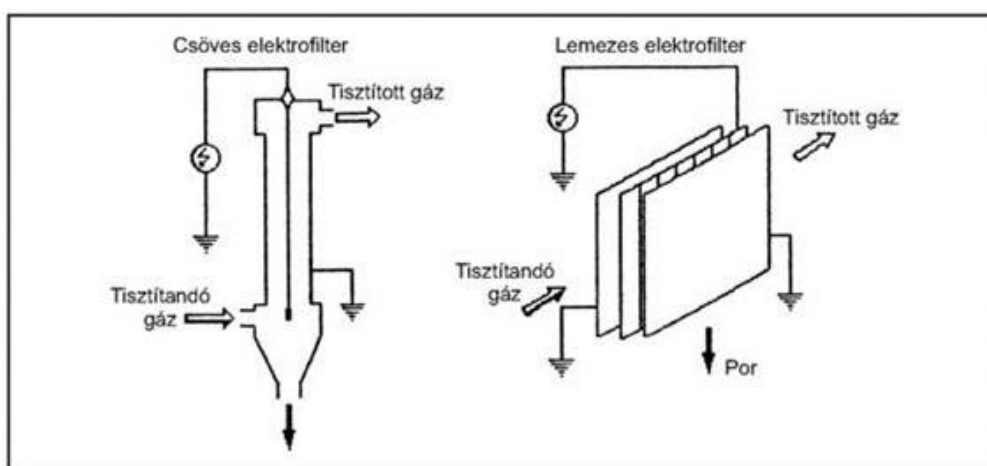
Nem szabad elfelejteni azt, hogy a szűrőrendő levegőben a legritkább esetben egyenmű a szennyeződés. Gyakori a por szemcsék változó mérete, illetve a légnemű szennyeződés és az aeroszol együttes jelenléte. A szűrőbetét anyaga és a szennyeződések reakciója elektrosztatikus töltést, esetleg hő-fejlődést, vagy kondenzációt is eredményezhet. Szükséges tehát tovább pontosítani a szűrési lehetőségeket. A feladat függvényében esetenként kombinált megoldásokat kell alkalmazni.

A por szűrés terén használhatóak abszorpciós eljárások is. Az előbbieken tárgyalt ülepítő kamrákhoz, vagy a ciklonokhoz hasonló szerkezeti kialakítású berendezések oldják meg ezzel az eljárással a szűrési folyamatot úgy, hogy a levegő áramlatba vizet permeteznek. Ez a víz érintkezve a szemcsékkel hozzájuk tapad és megnöveli azok méretét, tömegét. Így a korábban már részletezett leválasztási elvű berendezések alkalmassá válnak kisebb méretű szemcsék leválasztására. Ugyanígy a légnemű szennyeződések azon része, mely a vízzel reakcióba tud lépni, szintén megkötődik valamilyen mértékben (CO , CO_2 , SO_2 , N_xO_x)

Alkalmazhatóak olyan abszorberek, melyek célirányosan valamely gáz halmazállapotú szennyező anyag szűrésére kerültek előállításra. Ez az esetek többségében a vegyipar gyártástechnológiájához tartozik.

Elektrosztatikus leválasztók

A levegőben áramló porok leválaszthatók az elektrosztatikus feltölthetőségük segítségével is. A töltéssel rendelkező részecskék elektromos erőterben az ellentétes polaritású elektródához közelítenek, majd arra kirakódnak. Ennek megfelelően az elektrosztatikus szűrők úgy épülnek fel, hogy a bejutott szennyezett levegőben gázionok képződnek, a belépő részben elhelyezett szóró elektróda közelében. A szilárd részecskék a gázionokkal ütközve átveszik ezt a töltést. A szűrő belsejében ellentétes polaritású elektródák vannak, ahová nagy hatékonysággal kiválnak a porok. A készülékben kamrák kerülnek kialakításra a hatékony leválasztás érdekében. Ezek a kamrák lehetőséget adnak a kis légellenállású berendezés kialakítására. Ezzel együtt a gázt csak viszonylag kis áramlási sebességgel lehet áramoltatni a hatékony leválasztás érdekében. Az összleválasztási hatásfokot a villamos térerősség, a por szemcse mérete, valamint az áramlási sebesség befolyásolja döntően. Az összleválasztási hatásfok tekintetében a következő empirikus alapon számított képletek állnak rendelkezésre.



26. ábra: Az elektrosztatikus elven működő leválasztók sematikus ábrája. [31]

Csőves leválasztó összleválasztási hatásfoka.[30]

$$\eta_{\text{ö}} = 100 * \left[1 - e^{-\frac{2w*L}{w_g*R}} \right] \%$$

Ahol	w	a vándorlási sebesség	[m/s]
	L	a leválasztó elektróda teljes hossza	[m]
	w _g	a gáz áramlási sebessége	[m/s]
	R	a csöves elektróda sugara	[m]

Összleválasztási hatások lemezes villamos leválasztó esetén.[30]

$$\eta_{\bar{o}} = 100 * \left[1 - e^{\frac{w * L}{w_g * S}} \right] \%$$

Ahol s a távolság a szóró és leválasztó elektróda között [m]

Az elektrofiltereknel jellegükből adódóan különös gonddal ügyelnek a gyártók a kisülések megelőzésére. Nagy koncentrációjú porterhelés esetén nem alkalmazzuk ezt az eljárást. Elsősorban a nagy ülepedési idejű, kisméretű porszemcsék szűrésére használandó.

A porrobbanás

Az eddig tárgyalt szűrési eljárások során jellemzően különböző porok szűrését vizsgáltuk. Említésre került az elektrosztatikus feltöltődés lehetősége is. Biztonságtechnikai szempontból fontos folytatnunk ezt a gondolatmenetet. Minden por, melynek anyaga vagy összetevőinek egyike oxidációra képes, por alakban robbanást idézhet elő. Ez akkor is megtörténhet, ha a szűrőbe jutott szuszpenzió egyébként nem gyúlékony.[28]

A porrobbanás akkor fordulhat elő, ha a por adott koncentrációjú jelenléte mellett oxigén tartalmú gáz is jelen van, valamint jelen van egy energiaforrás, amely a folyamatot elindítja.

Minden éghető és robbanás veszélyes anyagnak létezik egy olyan mutatója, mely erre a kritikus koncentráció tartományra utal. A koncentráció alsó határértéke azt a pormennyiséget adja meg, amelynél már elegendő oxidációra képes anyag van a levegőben, míg a felső határérték azt a koncentrációt adja meg, amikor még elegendő oxigén van a szuszpenzióban a robbanáshoz. A folyamatot elindító energia jellemzően elektrosztatikus kisülésből származik, de elindíthatja bármilyen egyéb úton keletkezett szikra vagy nagyobb hőenergia.

A szűrőberendezéseket ezek miatt védeni kell a mechanikus sérülésektől, nem szabad kitenni nagy hőhatásnak. A szűrőrendő anyag mennyiségének ismeretében úgy kell megválasztani a levegő tömegáramát, a légcsatornák méretét, hogy a szuszpenzióban a porkoncentráció feltétlenül a robbanási alsó határérték alatt maradjon.

Ezek az irányelvek minden porra érvényesek, nem csak az éghető vagy robbanásveszélyes anyagokra.

A szűrőberendezések gyártói ezeket figyelembe véve tervezik termékeiket, melyek a földelés tekintetében szabvány szerint védettnek kell hogy legyenek. Betervezésükkor

viszont a tervezőnek kell figyelnie az adott helyen fellépő porkoncentráció függvényében a robbanás veszély elkerülésére.

Adszorpció eljárások, légnemű szennyeződések leválasztása

Az adszorpció eljárásokat gyakrabban használják a különböző légnemű szennyezők, gázok szűrésére. Az első részben ismertetett felosztásban a szennyeződések egy nagy csoportját az aeroszolokhoz soroltuk. A levegőben lévő szennyeződés ebben az aeroszolban többféle halmazállapotban lehet. A szűrés folyamat során is változhat állaga, összetétele. Igen gyakori, hogy bizonyos technológiai folyamatból származó füst és egyéb szemcsék, kikerülve az üzem légterébe, az elszívott nyomás és hőmérséklet változás hatására részben megváltoztatják addigi halmazállapotukat.

Az adszorpció szűrők anyaga képes reakcióba lépni ezekkel a szennyeződésekkel és megkötni azokat. Ezek az anyagok pórusos szerkezetűek és igen nagy belső fajlagos felületük van. A szűrőberendezésben egy adszorbenst tartalmazó ágyon keresztül áramlik a szennyezett levegő. A pórusok belsejében történik meg a vegyi reakció, a szennyeződés megkötése.

A szűrendő szennyeződés függvényében szükséges adszorbenst választani. A szűrés tulajdonságok számíthatósága érdekében az adszorbensek megkötő képességét a következő módon vizsgálhatjuk.

Az adszorber felületén és a szennyezett levegőben, mint vivőgázban a szennyeződés parciális nyomása egyenlő. Ezt nevezzük egyensúlyi töltésnek.

$$X = k \cdot p^n$$

Ahol: X az egyensúlyi töltés [kg/kg]

p a parciális nyomás [Pa]

K és n az anyagra jellemző állandók

Amíg ez az egyenlőség nem áll fenn, az adszorber folyamatosan megköti a szennyeződést.[30]

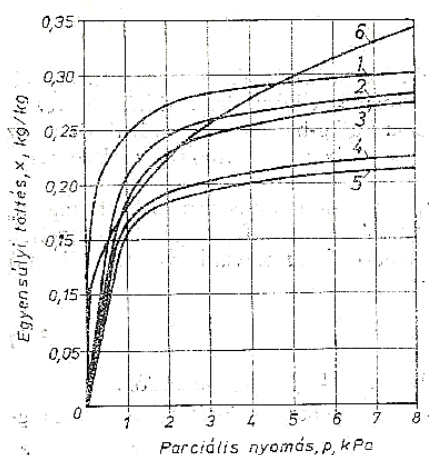
Az adszorpció során hő is fejlődik, mely befolyásolja a szűrés folyamatát. Fenti egyensúlyi töltést szükséges tehát egy egyensúlyi izoterma alapján vizsgálni. Ezen kívül, ha átváltható az egyik ismert anyagra vonatkoztatott izoterma a másik anyagra, gyors és hatékony eszköz áll rendelkezésünkre a kiválasztáskor, méretezéskor.

Ennek az átválthatóságnak az alapja a következő összefüggés

$$X_2 = X_1 * (V_1 / V_2)$$

Ahol: X_2	A meghatározandó izoterma értéke
X_1	A vonatkoztatási anyag töltése
V_1	A vonatkoztatási anyag moláris térfogata folyadék állapotban
V_2	A keresett anyagmoláris térfogata folyadék állapotban.

Az egyik leggyakrabban használt adszorber az aktív szén, az aktív „alumina” Al_2O_3 , és a szilikagél. Ez az oka annak, hogy ezekre az anyagokra – és elsősorban az aktív szénre – viszonylag sok és jól használható adatot kaphatunk a széleskörű elterjedtségük miatt.[30]



27. ábra: Adszorpciós izotermák aktív szénen.[30]

1. benzol 20°C-on, 2. etanol 20°C-on, 3. etanol 25°C-on, 4. 70% etanol+30% etil-éter 20°C-on 5. etil-éter 20°C-on 6. aceton 30°C-on.

Különböző adszorberek és tulajdonságaik

A különböző adszorbereket, melyeket a leggyakrabban alkalmaznak, az alábbi csoportosításban érdemes szemlélni.

Az aktív szén:

Különböző szerves anyagok gőzei és szerves gázok leválasztására alkalmazzák. Leggyakrabban a különböző oldószerek, mint például az acetone, etil-acetát, triklóretilén, toluol leválasztásakor használható. Nagy előnye, hogy a levegő nedvességtartalma csekély mértékben befolyásolja a szűrési hatékonyságát. Ebből az is következik, hogy a levegő

nedvességtartalmának csökkentésére, vagy különböző gőzök leválasztására nem alkalmas. A töltet tömege 30%-ának megfelelő tömegű szennyeződés megkötésére képes.

Az aktív szén, mint a szűrésben használatos adszorberek általában, regenerálható. A deszorbálás 105-115 °C-on, 120-170 kPa-on kissé túlhevített gőzzel történik.

A szilikagél:

A szilikagél, szemcsés kovasav, mely igen nagy hatékonysággal köti meg a vízgőzt. Szűrőként elsősorban a levegő vagy egyéb gáz szárítására használják. Tömege 40%-ának megfelelő tömegű vízgőzt képes megkötni. A szilikagél regenerálása 150 °C fölötti levegő vagy más gáz átfúvatásával történhet.

Az aktív alumínium-oxid:

Az aktív alumínium-oxidot szintén a nagy páramegkötő képessége miatt alkalmazzák. A szilikagéllal párhuzamosan gázok szárítására használják.

Regenerálása 175-320 °C-os levegő átfúvatásával történhet.

A molekulasziták:

A molekulasziták alkáli-alumínium-szilikátok. Kristályszerkezetük szempontjából a zeolithoz hasonlítanak, ezért molekulaszitáknak is nevezik. Ennek a szűrőfajtának az alkalmazása gyakorlatilag bármely a levegőben vagy más gázban lévő anyag leválasztására lehetőséget ad. Legfontosabb jellemzője a pórusátmérő. Regenerálása az előzőekhez hasonlóan lehetséges 200-300 °C-on.

A különböző anyagok adszorbálásakor jelentős az adszorpciós hő, mely a folyamat során felszabadul. A biztonságos és hatékony működés érdekében számolni kell ezzel a jelenséggel is. Az így felszabadult hő mértéke a megkötött anyag mennyiségétől, illetve kondenzációs hőjétől függ. Egy általános munkahelyi környezetben működő berendezés ritkán kap olyan terhelést, amely során nagymennyiségű hő szabadulna fel. Ez a jelenség nem jellemző a zártterek levegőjének tisztán tartásakor, inkább speciális technológiai folyamatok során válik szükségessé vizsgálata.

A légnemű szennyezők esetén leggyakrabban a következő anyagokat használjuk.

Tulajdonság	Adsorbens megnevezése			
	Aktív szén	Aktív Al_2O_3	Szilikagél	Molekulaszűrő
Szemcseméret, mm	1,7–4	2–6	2–8	3–6
Nyomásesés 1m vastag adszor- bens ágyon, Pa				
10 m/s gázsebesség	300	450	300	300
20 m/s gázsebesség	700	800	750	800
30 m/s gázsebesség	1300	1450	1300	1450
Adszorpció hőmérséklet, °C	5–50	0–25	5–35	15–40
Regenerálási hőmérséklet, °C	105–115	175–320	155–175	200–300
Fajlagos felület, m^2/g	500–1500	300–350	250–850	500–1000
Sűrűség kg/m^3	250–450	700–800	400–800	600–900

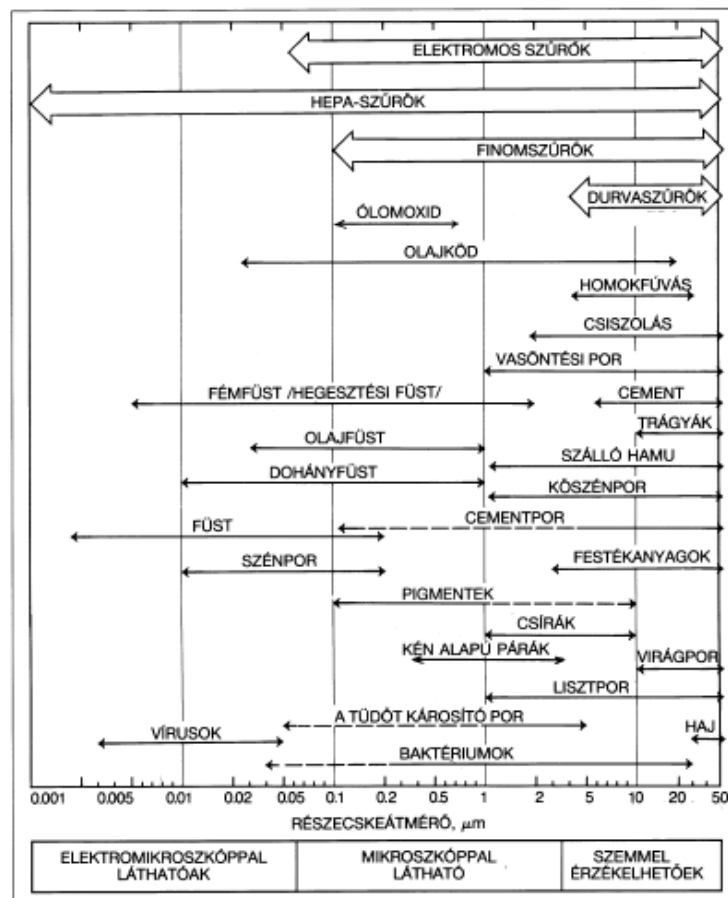
32. számú Táblázat: A leggyakrabban használt adszorberek és tulajdonságaik [30]

Az adszorberek a rácshatás miatt a szilárd szennyeződések is megszűrnek ugyan, de ettől a szennyeződéstől óvni kell, mivel eltömítve a pólusokat csökkentik az adszorbáló képességüket. Adszorpció szűrők alkalmazásakor gyakorlatilag minden esetben mechanikus előszűrő alkalmazása szükséges az adszorber minél hatékonyabb kihasználása érdekében.

Összegzés

Az eddigiek során definiálva a tiszta levegő és a szennyezettség fogalmát a különböző szűrési eljárásokról esett szó. A felsorolt és részletesebben ismertetett szűrési lehetőségeket és szűrőtípusokat alkalmazza az épületgépészet azokban az esetekben, amikor a belső terek levegőjének tisztítása a cél. A szűrők választásunk szerinti hatékonysággal oldják meg ezt a feladatot.

A légkör tipikus szennyeződéseinek részecsk nagyság szerinti megoszlása



Különböző részecskék nagysága és tulajdonságai

28. ábra: Segédlet a megfelelő szűrési eljárás kiválasztására [29]

Megállapítható, hogy a legnagyobb hatékonyság mellett sem biztosítható a szennyeződések tökéletes eltávolítása. Annál is inkább így van ez, mivel – ahogy az első pontban említésre került – a kültéri levegő szennyezettsége igen széles skálán változik. Így érthető, hogy nehezen vállalható fel szűrőtechnikai értelemben a 100 %-os szűrés megvalósítása.

Létezik ugyan olyan eset, mint például a nagy kockázatú ipari létesítményeknél, ahol a szokásosnál szigorúbb levegőtisztítási normák miatt gyakran előfordul, hogy egy ilyen üzemből – például veszélyes hulladék égetőből – bizonyos időszakokban tisztább levegő kerül kibocsátásra a pontforrásokból, mint adott pillanatban a kültéri, de itt sem lehetséges a szennyeződések teljes egészének kiszűrése.

A szűrőberendezésektől 100%-os hatásfok nem várható el. Ennek következtében a folyamatok során termelődő szennyeződések, még ha igen kis mértékben is, de folyamatosan terhelik a

belső teret. Így tehát a belső terek levegőjének tisztán tartása érdekében nem elégséges csak szűrőket alkalmazni. Ezt a kérdést – mint szinte mindent az épületgépészetben – komplex módon kell kezelni, azaz a szellőztetéssel és a bejuttatott friss levegő kezelésével együttesen kell megoldani.

9.3 Az elszívások hatékonysága

Általánosságban elmondható, hogy a szennyeződés forrásáról közvetlenül el nem ragadott szennyező anyagok a zárt terekben nehezen kiszámítható, megjósolhatatlan pályán folyamatosan mozognak.

A mikro por frakció, viszonylag rövid idő alatt a csarnok teljes térfogatában szétterül. Az elszívás, illetve szűrés a bent dolgozókat már csekély mértékben védi, hiszen az őket körülvevő levegő már terhelt, ezért a pontforrásról történő helyi elszívások alkalmazásának igen nagy a jelentősége.

A pontforrásról történő helyi elszívás célja, hogy a szennyeződést maradéktalanul a szűrőberendezés felé továbbítsa, oly módon, hogy lehetőség szerint minél több szennyeződést ragadjon el közvetlenül a pontforrásról és minél kevesebb levegőt mozgasson meg az ernyőn kívüli térből.

Ezt a feladatot megfelelően kialakított elszívó felületekkel (gyűjtőnéven ernyőkkel) oldhatjuk meg. Az ernyő alakja és a felszerelés módja döntően befolyásolja a feladat megoldásának eredményességét.

A hatékony elszívás érdekében az optimális megoldás pontforrás teljes elburkolása és a burkolt térből történő elszívás lenne.

Ebben az esetben az alábbiak szerint kalkulálhatunk:

Amennyiben lehetséges is a teljes elburkolás, valamilyen méretű szabad felülettel kalkulálnunk szükséges, hiszen a levegőt hordozó közegként szükséges használnunk, tehát bejutása elengedhetetlen. A szennyeződést termelő gépen is lehet szabad felület, illetve az elszívó burkolat általában egyedi geometriájú. A felületek nagyságát méréssel, vagy gyártói adatok alapján meghatározni és összegezni szükséges.

A szükséges elszívási térfogatáram a következő módon méretezendő:

$$\dot{V}_{elsz} > \dot{V}_p + \dot{V}_{sz.lev}$$

Ahol \dot{V}_{elsz} az elszívott szennyezett levegő térfogatáram

\dot{V}_p a szennyezőanyag térfogatárama

$\dot{V}_{sz.lev}$ a szennyeződés forrásából kilépő szennyeződést hordozó levegő térfogatárama.

A szükséges elszívási térfogatáram volumenén felül figyelembe kell venni a szennyezett levegő mozgását, illetve nyomását, vagy máshogy megfogalmazva az irány vektorát.

Gyakran előfordul, hogy a szennyezés helyéről valamilyen sebességgel és nyomáson lép ki a szennyezett levegő. Ekkor egy másik feltételnek is meg kell felelni. Mivel a kilépő szennyezett szuzpenzió nagyobb nyomáson lép ki, - jelöljük ezt p_{δ}' -vel – és ez nagyobb, mint a teremben lévő össznyomás, akkor Δp hatásával is számolni kell, ahol $\Delta p = p_{\delta}' - p_{\delta.terem}$.

Ez esetben Δp értékét meghaladó dinamikus nyomással kell a szabad felületeken a terem levegőjét beszívni. Mivel

$$\Delta p < \rho * \frac{v^2}{2},$$

feltételnek teljesülni kell, így a szabad felületeken a szükséges beáramlási sebesség,

$$\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} < v$$

Ami „A” méretű felület esetében meghatározza az elszívandó térfogatáramot.

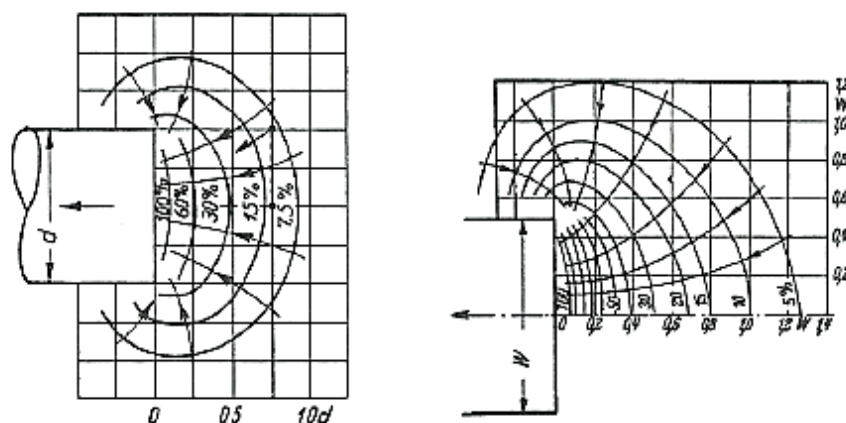
$$\dot{V}_{elsz} > v * A$$

Ekkor a csarnok légtere felől a szabad felületeken történő levegő beáramlás oly mértékű, hogy a szennyeződés terjedése a csarnoktér felé ellhetetlenül.

A fenti elv alapján méretezendő minden elszívó ernyő és burkolat.

A feladatok bonyolultságát az okozza, hogy teljesen elburkolni a pontforrást sok esetben nem lehet, gyakran távolabbi elszívási helyekkel kell megoldani a feladatot. Ekkor már az eddigieken túl, a csarnokban meglévő légmozgásokat is figyelembe kell venni, legyenek azok akár állandóak, akár időszakosan fellépőek. Ezért, ha a teljes elburkolás nem lehetséges, vizsgálnunk kell az elszívó ernyőn fellépő nyomásesést, illetve az abból adódó légmozgást, valamint az ernyőtől távolodva a légmozgás jellegét és ezek változását.

A lenit ábrán az elszívási sebesség változását láthatjuk az elszívó csonktól távolodva. Kör keresztmetszetű elszívó ernyő esetén a sebességváltozásának jellege:



29. ábra: A sebesség változása a kör keresztmetszetű elszívó csontól távolodva az átmérő függvényében [36]

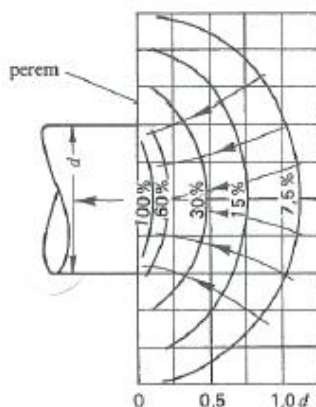
A beáramló keresztmetszet 0-val jelölt síkjánál a közeg sebessége miatt statikus nyomásesés alakul ki.

$$p_0 = p_{din} + p_{st}$$

A szívó csont környezetében p_0 nyomás uralkodik. Az áramlási sebesség megjelenésével létrejövő dinamikus nyomás az áramló közeg statikus nyomását csökkenti.

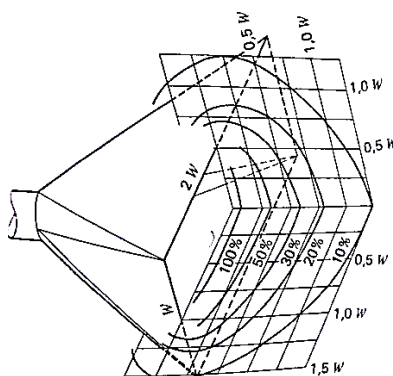
Ez a nyomás különbség viszont nem egyenlítődhét ki kizárólag a belépő sík előtti térből. Ez a tér minden lehetséges irányából meg fog történni, ahogyan ezt az ábra szemlélteti. Az ábra szerinti „0” pozícióban a „d” átmérőjű és $A = (d^2 \cdot \pi) / 4$ felületű elszívási keresztmetszeten V térfogatú levegő elszívása valósul meg. Attól távolodva viszont egy, a „d” átmérő miatt torzított, gömbszerű felületről valósul meg a nyomás kiegyenlítés. A növekedő felület miatt a torkolattól 1 „d” távolságra körülbelül a d_0 pontban mért elszívási sebesség 10%-a (!) lesz mérhető. Az elszívások hatékonysága vizsgálatokor ezt a feltételrendszert figyelembe kell venni. A megfelelő mértékű elszívás elérése érdekében az elszívó ernyőket különböző alakúra építik, peremekkel látják el.

Sebességeloszlás peremes elszívó ernyő előtt kedvezőbb, mivel az elszívási sík mögötti térből nincs nyomáskiegyenlítés.



30. ábra: A sebesség változása peremes kör keresztmetszetű elszívó csonttól távolodva az átmérő függvényében [36]

Jellemző kialakítási forma a szögletes elszívó ernyő. A négyzet keresztmetszet esetén is eltér az áramlás hatékonysága a kör keresztmetszetétől, de a példánkban szereplő, 1:2 oldalarányú, ernyő esetén még igen hasonló ahhoz az ernyő hatékonysága. Sebességeloszlás négyszögletes elszívó ernyő előtt:



31. ábra: A sebesség változása a szögletes keresztmetszetű elszívó csonttól távolodva a rövidebb oldal függvényében [36]

A hatásos sebességnek, vagy más néven záró sebességnek hívjuk azt az elszívási sebességet, amely megléte esetén az adott módon és helyen elhelyezett ernyő maradéktalanul elszívja a szennyeződést, figyelembe véve a teremben meglévő összes tényezőt, mely a szemcsék áramlását befolyásolja.

A cél ennek a hatásos sebességnek az elérése, a szennyeződés kilépésének helyén. Miután meghatározásra került ez a sebesség és ismert a szennyeződét tartalmazó levegő mozgása, valamint ismert az elszívó ernyő elhelyezésének lehetősége, kiszámolható az ernyőn kialakítandó felületi sebesség.

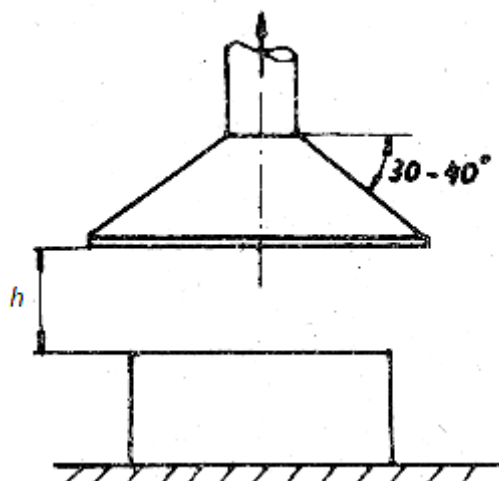
9.4 A szükséges elszívási légmennyiség meghatározása különböző ernyőknél

A gyakorlati felhasználhatóság érdekében konkrét példán keresztül érdemes megismerni a számítások módszertanát.

Egy általános esetben, ha az elszívó ernyőt a 19. ábrán látható módon helyezzük el a kibocsátás helye felett a következőképpen számolhatunk:

Legyen a kibocsátott por sűrűsége: $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$

Legyen két jellemző frakciója az aeroszolnak, amire méretezünk, $d_1=1 \mu\text{m}$ és $d_2=10 \mu\text{m}$ átmérővel. A technológiai folyamat során a szupenzió átlagos hőmérséklete legyen 40°C . A berendezés nem ad sebességimpulzust a pornak. A szupenzió csak a termikus és gravitációs hatások alapján mozog.



32. ábra: Általános elszívó ernyő felső elhelyezéssel.[37]

Amennyiben a berendezés nem ad sebesség impulzust a pornak, a szennyezett levegő mozgása a termikus hatás alapján történik meg. A csarnokban $t_1=18^\circ\text{C}$ mellett a levegő sűrűsége $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$. Ha a pontforrás körüli levegő hőmérséklete $t_2=40^\circ\text{C}$ -ra emelkedik, a levegő sűrűsége $\rho = 1,1189 \text{ kg/m}^3$ lesz. A sűrűség különbségből adódó felhajtó erő a szupenziót emelni kezdi. A felhajtó erő mértéke $\Delta\rho * g = 0,081 \text{ Pa}$

Ennek kezdeti sebessége:

$$v_{\text{emelkedési}} = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}, \text{ ahol } \Delta p=0,081 \text{ Pa, mivel a két különböző sűrűségű gáz nyomását azonos magasságban vizsgáljuk.}$$

$$v_{emelkedési} = 0,38 \text{ m/s}$$

A pontforrás környezetében a termikusan feláramló levegő emeli a porszemcséket.

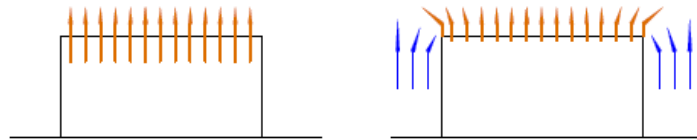
De az emelkedő közegben a szemcsék ülepedési idejüknek megfelelően süllyednek is. Használva az ülepedési sebességre felírt összefüggést,

$$v_{\ddot{u}} = \frac{1}{18 \cdot \eta} \rho_p g d_p^2,$$

Látható, hogy az ülepedési sebessége a porszemcséknek igen kicsi. Példánkban szereplő frakciók esetén: $d_1 = 1 \mu\text{m}$, esetén kerekítve $v_1 = 0,000006 \text{ m/s}$, $d_2 = 10 \mu\text{m}$ esetén $v_2 = 0,006 \text{ m/s}$ sebesség adódik.

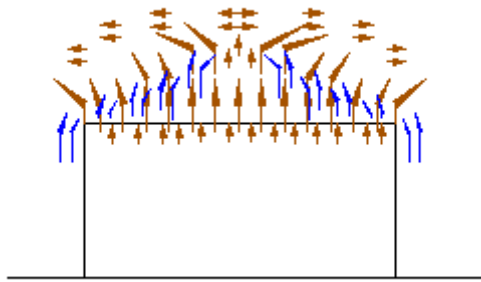
Mindkét érték nagyságrendekkel marad az induló sebesség alatt. A nehezebb frakció is percekig lebeg a kibocsátás helye felett.

Miután eltávolodunk a pontforrás kibocsátási helyétől, azt tapasztaljuk, hogy a termikus hatás miatt feláramló szuszpenzió tágulni kezd. Felfelé indul meg a mozgás, de a térben oldal irányú sebesség komponens is megjelenik. Ennek oka, hogy a mozgás miatt csökkenő statikus nyomás terem levegőt kever az áramlásba.



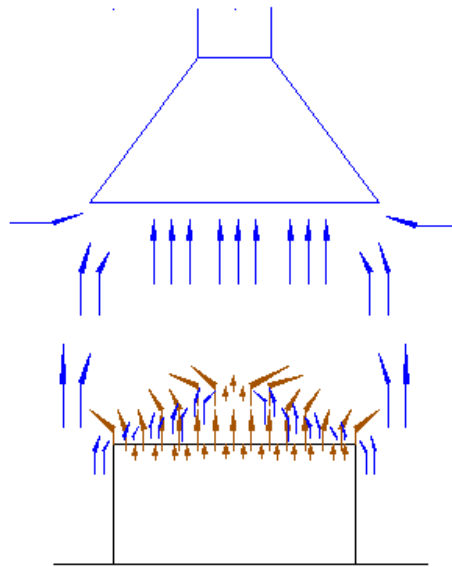
33. ábra: A szennyeződés mozgásának megindulása a pontforrás közelében

Elszívás nélkül a kezdeti kiáramlási sebesség ($0,38 \text{ m/s}$) a bekeveredő teremlevegő miatt lelassul a nulláig. A szennyezett levegő parciális nyomása nő, ezért a tiszta tér felé tágulni kezd a szuszpenzió. A kezdeti felfelé áramlás egy vízszintes irányú komponenst is kap. A szétszóródó szennyeződés nehezebb frakciója a pontforráshoz közelebb, míg a könnyebb frakció távolabb a talajig ülepszik.



34. ábra: A szennyeződés mozgása a pontforrás közelében elszívás nélkül.

Az elszívó ernyőn olyan záró sebességet kell kialakítani, mely biztosítja az elragadást.



35. ábra: A levegő általános mozgása a pontforrás közelében az elszívás megvalósításakor

Tartósabb aerodinamikai emelő hatással, csak nagyobb hőmérsékleteknél, mint például a hegesztési folyamatok, számolhatunk. Esetünkben nem.

Tételezzük fel, hogy a lassulás 2-3 másodpercen belül nulláig csökkenti a szennyezett szuszpenzió sebességét. Ezalatt az idő alatt a közeg kb. 0,5 m-t emelkedett felfelé és tágult is, a fent leírt hatások alapján. Így ahhoz, hogy az ernyő a levegővel feláramló szennyező anyagokat befogja, a pontforrástól nagyobb elszívási keresztmetszettel kell, hogy rendelkezzen.

A záró sebességnek, ami az ernyő belépő síkjára vonatkoztatott érték, akkorának kell lennie, hogy a szennyeződés maradéktalanul elszívásra kerüljön.

A záró sebesség empirikus képlete nyugvó teremlevegő esetén:

$$v_{\text{záró}} = v_{\text{emelkedési}} * 2h \frac{K}{A}, \quad [37]$$

ahol „ K ” az ernyő kerülete, „ A ” az elszívási felület. Legyen $h=1\text{ m}$, $K=4\text{ m}$ és $A=1\text{ m}^2$

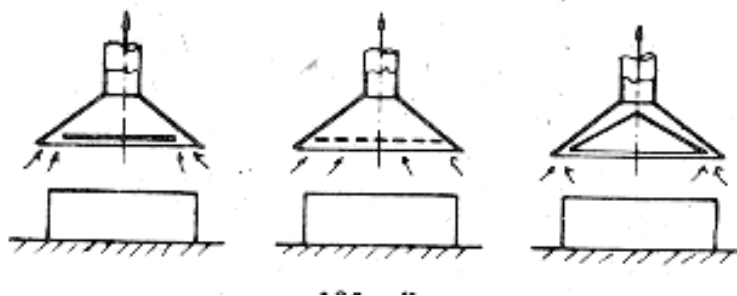
$$v_{\text{záró}} = 0,38 * 2 * 1 * \frac{4}{1} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$v_{\text{záró}} = 3,04 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ebből adódóan $\dot{V} = 3,04 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$, ami igen magas érték.

A huzathatás elkerülése a fűtési energia optimalizálása és a ventilátor teljesítményének optimalizálása miatt lehetőség szerint minimalizálni kell az elszívott levegő mennyiségét.

Ennek érdekében az ernyőket az ábrán látható módokon, különböző árnyékolókkal, terelőekkel látják el. Ezek alkalmazásával töredékére csökkenthetjük a megmozgatott levegő térfogatáramát.



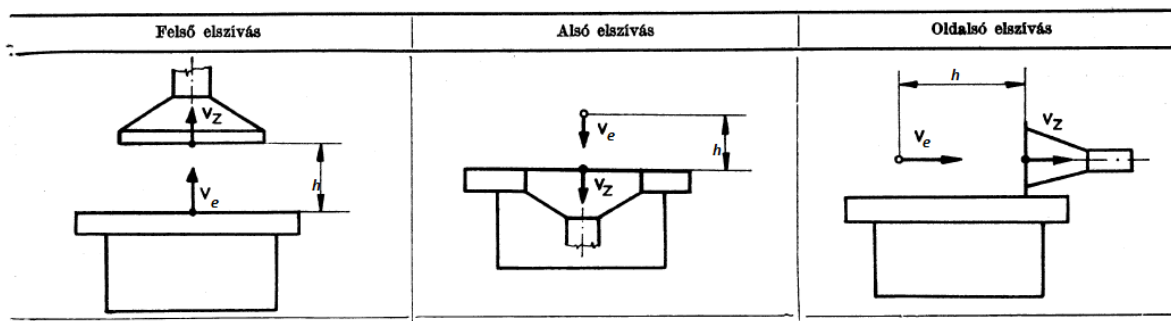
36. ábra: Különböző jellegzetes ernyőkialakítások [37]

Amennyiben a teremben egyéb, keresztirányú légmozgás is van, ezt az értéket korrigálni kell a hatékonyság megőrzése érdekében az alábbi gyakorlati képletek szerint:

$$v_{\text{záró}} = 1,4 * v_x * K * h$$

Ahol v_x ezt a korrekciót már tartalmazza. Ennek értéke tapasztalati érték szerint 0,2-0,3 m/s nyugvó levegőnél, 0,3-0,4 m/s gyenge keresztáramnál és 0,4-0,5 m/s erős keresztáramnál.[38]

Az elszívó ernyő alapvető elhelyezési módjaihoz a következő empirikus számítások alkalmazhatóak.



$$v_{\text{záró}} = v_e * 2h \frac{K}{A},$$

$$v_{\text{záró}} = v_e * \frac{10 * h^2 + A}{A}$$

$$v_{\text{záró}} = v_e * \frac{5 * h^2 + A}{A}$$

37. ábra: A különböző módon elhelyezett elszívó ernyők és az elragadási sebesség empirikus képletei [37]

A záró sebességnek tehát kellően nagyoknak kell lenni az elragadás fenntartása érdekében, viszont az elszívott levegőt minimalizálni kell az energetikai tényezők, a ventilátor teljesítmények, a légcsatorna méretek és a szűrőméretek optimalizálása miatt. Ezért kell a lehető legjobban elburkolni a szennyeződés forrását, illetve a lehető legkisebb ernyő méretet alkalmazni.

Az iparban ezért olyan helyi elszívókat igyekeznek alkalmazni, melyek akár a művelet közben hozzáigazíthatóak a munkafolyamatokhoz, vagy követik azokat.



38. ábra: Kipufogó füstgáz közvetlen elszívása [39]

Az elszívások során gyakran találkozhatunk azzal a problémával, hogy a szennyeződés forrása jól behatárolható ugyan, de változtatja helyét.

Ilyen például a nagyobb munkadarabokat összehegesztő munkaállása. Az általa elfoglalt munkaterület elég kicsi ahhoz, hogy lokálisnak legyen mondható a porkibocsátás, viszont a nagy munkadarabokon, több hegesztési hely esetén, egyetlen ernyővel nem lehet optimálisan megoldani az elszívást.

Ilyen esetekben célszerű használni az ún. flexibilis elszívó-karokat, melyeket a dolgozó 3-4. méteres mozgástéren belül úgy állíthat be, hogy az elszívás megvalósuljon és a munkafolyamatot se zavarja semmi. Ezáltal elszívás megvalósulhat felülről, oldalról, vagy valamely köztes pozícióból is. Így tehát minimalizáltuk az elszívás mértékét, és optimalizáltuk, vagy legalább is lehetőséget biztosítottunk, az elszívó-fej elhelyezésének optimalizálásához.



39. ábra Hegesztő füstgáz közvetlen elszívása [39]

Példaként, vizsgáljunk meg egy 350 mm átmérőjű, árnyékoló lemezzel ellátott elszívó fejjel szerelt elszívó kart a gyártó által javasolt használati mód alapján.

Mivel az ernyő magasságát a dolgozó állítja be, fontos tudnia, milyen távolságból várható hatékony elszívás az elszívó kar segítségével. A számítás a gyártó konkrét termékére javasolt adatokkal számolva a következő eredmény hozza.

A gyártó egy karról $\dot{V} = 720 \frac{m^3}{h} = 0,2 \frac{m^3}{s}$ elszívott levegő mennyiséget határoz meg.[15]

Az elszívási felület $A = 0,1 m^2$

Az ernyő kerülete $K = 1 m$

A füst emelkedési sebessége $v_e = 0,55 \frac{m}{s}$

A terelő lemez miatt a kialakult záró sebesség $v_v = 6,67 \frac{m}{s}$

Ha az elszívó fejet a munkapont fölé állítjuk, a $v_{záró} = v_e * 2h \frac{K}{A}$ képlet használandó.

Árendezve „h”-ra, $h = \frac{v_{záró} * A}{2 * v_e * K}$

Megoldva $h=0,6064 m$, azaz körülbelül 60 cm-re kell állítani az elszívó fejet a munkapont fölé.

Ha oldalról lehetséges az elszívás, a $v_{záró} = v_e * \frac{5 \cdot h^2 + A}{A}$ gyakorlati képlettel kell dolgoznunk.

Átrendezve
$$h = \sqrt{\frac{v_{záró} \cdot A}{5 \cdot v_e}} - A$$

Megoldva $h = 0,3776 \text{ m}$, azaz körülbelül 37 cm-re kell állítani az elszívó fejet, ha oldal irányból hatékonyan el akarjuk szívni a füstöt.

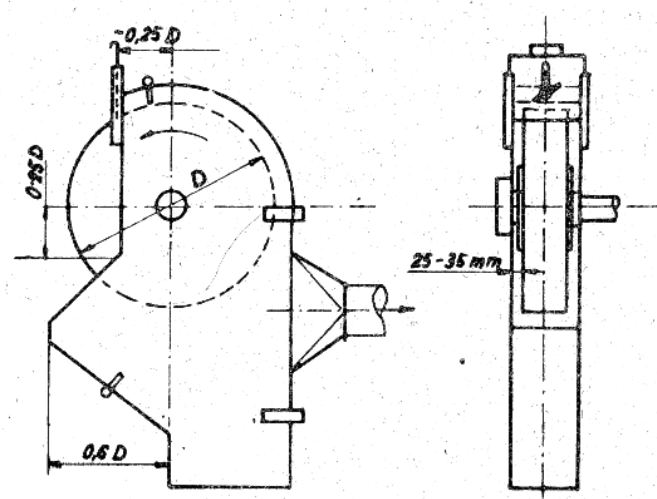
A gyártó az általános leírásaiban 60-80 cm-t és 30-40 cm-t javasol, ami megegyezik az előbb kiszámolt értékekkel. Kijelenthető, hogy az elszívó karok igen előnyös tulajdonsága az, hogy hatékonyan minimalizálják az elszívott levegő mennyiségét, de ez csak akkor valósít meg hatékony káros anyag elszívást, ha az elszívó fejet pontosan pozícionálja a dolgozó.

Néhány egyéb jellemző elszívó ernyő kivitele és alkalmazása

Az eddigiekben általánosan tárgyaltuk az ernyők kialakítását, valamint a burkolás lehetőségét.

Az elszívási pont kialakítása különböző berendezéseknél a következő formákban igazodhat a konkrét technológiákhoz.

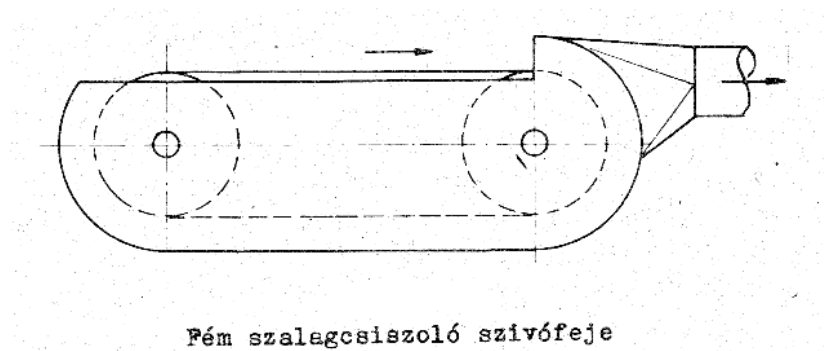
Csiszolókorong elszívó burkolata.



A csiszolókorong szívófeje

40. ábra [38]

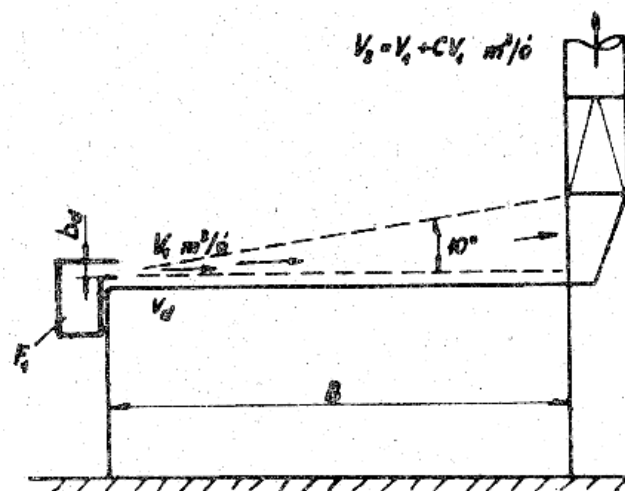
Általában a gyártó burkolattal látja el a készüléket. A szabad felületek ismeretében meghatározandó az szükséges elszívási térfogatáram. Ezt a gyártók megadják, de kiszámolható az eddig leírtak alapján.



41. ábra [38]

A fém szalagcsiszoló is hasonlóan méretezendő. Mindkét esetben oldalirányú elszívóként kell tekinteni az ernyőt. Kiszámolva az értékeket, vagy a gyári adatokra támaszkodva viszonylag nagy, akár 10-15 m/s is lehet a zárósebesség.

Aktív ráfúvatással kombinált elszívás.



42. ábra: Kódleválasztó légfüggöny [38]

Vannak olyan munkahelyeken, mit például a galvanizáló berendezések üzemeltetése esetén, ahol nagy felületekről gőz szabadul fel és nincs mód a felső elszívó ernyő elhelyezésére. Itt oldalsó elszívást kell alkalmazni. Tekintettel a kád méretére, a záró sebesség igény megvalósíthatatlanul nagy értékre adódik. Ilyen esetekben alkalmazzák az ellenkező oldalról indított légfüggöny szerű lefúvatást. Az elszívott levegő mennyisége ebben az esetben a kipárolgási térfogatáram és az átfúvatott levegő korrekciós szorzóval növelt térfogatáramának összegével egyenlő.

A kifújt levegő a kilépési síktól távolodva statikus nyomásának esése miatt környezeti levegőt ragad magával. Így az áramló levegő folyam külső felületén egy megváltozott mozgás figyelhető meg. A bekeveredett levegő miatt ez a rész enyhén irányt változtat és a levegő áram tágulni kezd. A kifúvás alakjától függően kiszámítható távolságban az áramlás közepén még az eredeti sebesség tapasztalható – ez kör keresztmetszetnél $5 \cdot d$ távolságot jelent – innen kezdve már az áramlatnak egyetlen pontja sem őrzi a kifúvás tulajdonságait. [40]

Megállapítható, hogy ez a megoldás is csak bizonyos méreteken belül alkalmazható, mivel a lelassuló levegőre egyre nagyobb irányt módosító hatással van a kipárolgó gőz.

9.5 Számítási példa fémmegmunkáló üzem helyi elszívásainak megoldása szűréssel és szellőztetéssel a levegő tisztaságának megőrzése érdekében

Az eddig leírtakat felhasználva egy példán keresztül vizsgáljuk meg, milyen módon és sorrendiséggel közelítsünk meg egy elszívással, szűréssel megoldandó feladatot egy ipari létesítmény légterének tisztántartása érdekében. A kidolgozott példa csak az elszívások hatékonyságának számítására szorítkozik. A teljes légkezelési feladatnak ez csak egy része.

A példaként választott üzem főbb adatai

Kiindulási adatok:

Az üzem méretei:	Alapterület:	300 m ²
	Belmagasság:	4,5 m
Munkahelyek:	Hegesztő boksok:	4 db 3m*3m
	Zsírtalanító	0,8 m*0,8 m-es munkaasztal
	Köszörű	1 db
	Lézervágó	1,6 m*4 m munkafelületű
	Összeszállító terület	5 m*5 m

Az üzemben a hegesztő állomásokon hagyományos eszközökkel, bázikus hegesztőpálcával dolgoznak, 80%-os kihasználtsággal.

A köszörű a munkaidő 15%-ban, míg a lézervágó 60%-ban dolgozik. Az összeállító területen a kész elemek összeszerelése, esetleges helyi javítása történik.

A zsírtalanítónak nevezett munkahelyen bizonyos alkatrészek előkészítése, szükség szerinti tisztítása folyik. A tisztító oldószer tolt tartalmazó vegyület. A munkahelyen a tisztítás során egy óra alatt 0,25 kg oldószer fogy el. Egy műszak alatt 2 óra átlagos munkaidővel. A munkahelyet nem minősítették robbanásveszélyessé.

Előzetes számítások

Elszívandó levegő mennyiségek:

- Hegesztőkaronként, a gyártó előírása alapján 720 m³/h összesen 2880 m³/h
- köszörűről a gyártó adata szerint 600 m³/h
- lézervágóról a gyártó adata szerint 5000 m³/h
- zsírtalanító mechanikus tisztítás és zsírtalanítás kiszámítandó érték.

A zsírtalanító elszívásának méretezése

Az elszívott levegőben kismennyiségű mikro por, d= 1μm alatti átmérővel és oldószer található. A munkaasztal fölé egy 1 m*1 m-es elszívó ernyő kerül, melynek közepén egy 0,9m*0,9m-es árnyékoló lemez van.

Záró sebesség meghatározása.

$$v_{\text{záró}} = v_e * 2h \frac{K}{A}$$

Ahol: $v_e = 0,3 \text{ m/s}$

$h = 0,9 \text{ m}$

$K = 4 \text{ m}$

$A = 1 \text{ m}^2$

$v_{\text{záró}} = 2,16 \text{ m/s}$

A szükséges elszívási térfogatáram: $\dot{V} = (1 - 0,81) \text{ m}^2 * 2,16 \text{ m/s}$

$\dot{V} = 0,4104 \text{ m}^3/\text{s} \approx 1500 \text{ m}^3/\text{h}$

Az elszívott anyag nem minősül robbanásveszélyesnek, viszont ellenőriznünk kell biztonsági okokból, hogy az elszívott szennyezett levegőben a tolul koncentrációja biztosan az alsó robbanási határ alatt van-e.

A tolul biztonsági lapja szerint az alsó robbanási határ 1,2%. Ha óránként 0,25 kg oldószert használnak el és ez mind tolul lenne, valamint mind elpárologna, akkor ez a mennyiség az öt hígító levegő legfeljebb 1,2%-a lehet. Így a hígító levegő mennyisége nem lehet kevesebb mint 20 kg/h, ami 25 m³/h. Mivel az elszívást 1500m³/h-ra méreteztük a hígítás megfelelő.

A szennyeződések típusa, és szűrésének lehetősége

A hegesztő füstgázból ülepítő kamrában választandó le a por durva frakciója. A kamra gyártói paraméterek alapján választható és nem feltétlenül szükséges egyedi méretezés szerinti gyártás.

A szűrőberendezéssel szemben támasztott követelmények, legalább EU5 minőségű előszűrő és H11 minőségű szűrő. A füstgázban viszonylag nagy mennyiségű az igen kisméretű, 0,1 µm alatti átmérőjű por. Ezt az H11-es szűrő hatékonyan leválasztja. A füstgáz nagy mennyiségű durva frakciót is tartalmaz. A több fokozatú előszűrés azért szükséges, mert a magas minőségű szűrőnk gyors telítődése ezzel megelőzhető.

A lézervágó kamrája ülepítőként is funkcionál, így ennél a berendezésnél egy H11-es szűrőosztályú berendezés felel meg.

A köszörűről egy ülepítő után egy legalább EU8 minőségű szűrés szükséges. A kevés üzemóra miatt, akár magasabb minőségű szűrőt igénylő rendszerrel is társítani lehet az elszívást.

A zsírtalanító teréből elszívott szennyezett levegőt EU8-as előszűrés után egy aktív szenes szűrésnek kell alávetni.

Az aktív szén töltet mennyiségét a kipárolgó szennyező anyag és a meghatározott csereperiódus alapján szükséges meghatározni. A szűrő töltet mennyiségét számos paraméter befolyásolja, többek közt az aktív szén szűrési hatékonysága (megkötő képessége az adott vegyületre).

Általános ökölszámként felvehető, hogy az aktív szén töltett súlyának a harmadát képes nagyságrendileg megkötni az adott szennyező anyagból. A kipárolgó anyagmennyiség becslése és a töltet csere ciklus alapján a szükséges aktív szén mennyiség meghatározható.

Values of activated carbon absorption efficiency for various types of vapors and gases

High efficiency

ethyl acrylate - $C_5H_8O_2$
methyl acrylate - $C_5H_8O_2$
acrylonitrile - $C_3H_3.5N$
valeraldehyde - $C_5H_{10}O$
amyl alcohol - $C_5H_{12}O$
butyl alcohol - $C_4H_{10}O$
propyl alcohol - C_3H_7OH
aniline - $C_6H_5NH_2$
naphthalene (petroleum)
naphthalene (coal tar)
bromine - Br_2
butyl cellosolve - $C_8H_{18}O_2$
- cellosolve - $C_4H_{10}O_2$
- cellosolve acetate - $C_8H_{18}O_2$
butyl chloride - C_4H_9Cl
propyl chloride - C_3H_7Cl
monochlorobenzene - C_6H_5Cl
chlorobenzene - C_6H_5Cl
ethylene dichloride - $C_2H_4Cl_2$
chloroform - $CHCl_3$
chloroacetylene - C_2H_2ClO
chlorobutadiene - C_4H_5Cl
cyclohexanol - $C_6H_{12}O$
cyclohexanone - $C_6H_{10}O$
tetrachloroethane - $C_2H_2Cl_4$
tetrachloroethylene - C_2Cl_4
carbon tetrachloride - CCl_4
decahydronaphthalene - $C_{10}H_{12}$
dioxane - $C_4H_8O_2$
dibromomethane - CH_2Br_2
ethylene dichloride - $C_2H_4Cl_2$
dichlorobenzene - $C_6H_4Cl_2$
dichloroethane - $C_2H_4Cl_2$
dichloroethylene - $C_2H_2Cl_2$
dichloroacetylene - $C_2H_2Cl_2$
dichloropropane - $C_3H_6Cl_2$
dimethylamine - C_2H_7N
amyl ether - $C_8H_{18}O$
butyl ether - $C_8H_{18}O$
dichloroethyl ether - $C_4H_8Cl_2O$
isopropyl ether - $C_6H_{14}O$
propyl ether - $C_6H_{14}O$
ethyl benzene - C_8H_{10}
phenol - C_6H_5O
heptane - C_7H_{16}
heptylene - C_7H_{14}
indole - C_8H_7N
isophorone - $C_{10}H_{18}O$
iodine - I_2
iodoform - CHI_3
camphor - $C_{10}H_{16}O$
diethyl ketone - $C_5H_{10}O$

dipropyl ketone - $C_7H_{14}O$
methyl butyl ketone - $C_7H_{14}O$
methyl isobutyl ketone - $C_7H_{14}O$
methyl ethyl ketone - $C_5H_{10}O$
cresol - C_7H_8O
crotonaldehyde - C_4H_6O
ethyl silicate - $C_4H_{10}O_2Si$
acrylic acid - $C_3H_4O_2$
caprylic acid - $C_8H_{16}O_2$
butyric acid - $C_4H_8O_2$
lactic acid - $C_3H_6O_3$
uric acid - $C_5H_4N_4O_3$
acetic acid - CH_3COOH
propionic acid - $C_3H_6O_2$
valeric acid - $C_5H_{10}O_2$
methanol - CH_3OH
ethyl mercaptan - C_2H_5S
propyl mercaptan - C_3H_7S
- methyl cellosolve - $C_8H_{18}O_2$
- methyl cellosolve acetate - $C_8H_{18}O_2$
methylcyclohexane - C_7H_{14}
methylcyclohexanol - $C_7H_{14}O$
urea - CH_4N_2O
kerosene
nitrobenzene - $C_6H_5NO_2$
nitroethane - $C_2H_5NO_2$
nitroacetylene - $C_2H_2NO_2$
nitropropane - $C_3H_7NO_2$
nitrotoluene - $C_7H_7NO_2$
nitrobenzene - $C_6H_5NO_2$
butyl acetate - $C_6H_{12}O_2$
ethyl acetate - $C_4H_8O_2$
isopropyl acetate - $C_5H_{10}O_2$
propyl acetate - $C_5H_{10}O_2$
octane - C_8H_{18}
putrescine - $C_4H_{12}N_2$
ozone - O_3
paradichlorobenzene - $C_6H_4Cl_2$
- pentafluorobenzene - $C_6H_5F_5$
perchloroethylene - C_2Cl_4
pyridine - C_5H_5N
dimethylsulphate - $C_2H_6S_2O_4$
skatole - C_9H_8N
styrene monomer - C_8H_8
turpentine - $C_{10}H_{16}$
methyl oxide - C_2H_6O
toluene - C_7H_8
toluidine - C_7H_7N
trichloroethylene - C_2HCl_3

Average efficiency

acetone - C_3H_6O
acetylene - C_2H_2
acrolein - C_3H_4O
butyraldehyde - C_4H_8O
ethyl alcohol - C_2H_5OH
methyl alcohol - CH_3OH
benzene - C_6H_6
ethyl bromide - C_2H_5Br
methyl bromide - CH_3Br
butadiene - C_4H_6
chlorine - Cl_2
ethyl chloride - C_2H_5Cl
vinyl chloride - C_2H_3Cl
cyclohexene - C_6H_{10}
dichlorodifluoromethane - CCl_2F_2
diethylamine - $C_4H_{11}N$
carbon disulphide - CS_2
ether - $C_4H_{10}O$
ethyl ether - $C_4H_{10}O$
ethylamine - C_2H_7N
fluorotrichloromethane - CCl_3F
phosgene - $COCl_2$
aesthetics
hexane - C_6H_{14}
hexylene - C_6H_{12}
hexane - C_6H_{14}
isoprene - C_5H_8
hydrogen iodide - HI
xylene - C_8H_{10}
formic acid - $HCOOH$
methyl mercaptan - CH_3SH
ethyl formate - $C_3H_6O_2$
methyl formate - $C_2H_4O_2$
nitromethane - CH_3NO_2
methyl acetate - $C_4H_8O_2$
pentane - C_5H_{12}
petroleum - C_8H_{18}
petroleum - C_8H_{18}
propionaldehyde - C_3H_6O
ethylene oxide - C_2H_4O
carbon monoxide - CO

Low efficiency

acetaldehyde - C_2H_4O
ammonia - NH_3
hydrogen bromide - HBr
butane - C_4H_{10}
butanol - C_4H_9O
butylene - C_4H_8
butane - C_4H_{10}
methyl chloride - CH_3Cl
hydrogen chloride - HCl
hydrogen cyanide - HCN
nitrogen dioxide - NO_2
sulphur dioxide - SO_2
hydrogen fluoride - HF
formaldehyde - CH_2O
propane - C_3H_8
propylene - C_3H_6
hydrogen selenide - H_2Se
hydrogen sulphide - H_2S
sulphur trioxide - SO_3

43. ábra. Aktív szén szűrési hatásossága különböző vegyületekre [39]

A fenti ismérvek alapján sok gyártó termékeiből választhatunk. Ésszerűnek tűnik a lézervágónak egy önálló berendezést, míg az elszívó karoknak és a közsűrűnek egy másik önálló készüléket választani. Ezt a feladatot meg lehet oldani egy készülékkel is, de ha két berendezést lenne szükséges telepíteni, például a munkapontok távolsága miatt, a szűrőbetétek azonossága sokat segíthet az üzemeltetőnek. A zsírtalanító egy teljesen önálló berendezést igényel.

A közös elszívóval ellátott rendszert be kell szabályozni a hatékony működés érdekében. A légcsatornában áramlási sebességét úgy kell megválasztani, hogy a szennyeződés ne képezzen lerakódásokat. A javasolt légsebesség 10-15 m/s. Az általános légtechnikában a zajhatások miatt ez a légsebesség kerülendő. Az ipari légtechnikában viszont fontos a nem kívánt ülepedés megelőzése.

A légvezetési rendszer ellenállását ki kell számolni telített szűrőkre, behajlított elszívó karokkal, mivel ekkor a legnagyobb a rendszer ellenállása.

A méretezés

Az előzetes számítások alapján meghatároztuk az elszívások módját, az alkalmazandó szűrőket és a szükséges légsebességeket, légmennyiségeket.

Mindezek után meg kell vizsgálni és fel kell mérni a megépítendő rendszer várható hatékonyságát, meg kell határozni az elszívások ellenére a légtérbe jutó szennyeződés mennyiségét. Ezek függvényében állapítandó meg, illetve korrigálandó a minimális frisslevegő igény, melyet a csarnokban dolgozók megfelelő minőségű levegővel történő ellátása tesz szükségessé.

A szennyeződés és szűrése, a ki nem szűrt rész mennyisége

A hegesztési tevékenység során a légtérbe jutó szennyeződés.

A percenként képződött hegesztő füst empirikus adatok alapján

$$\dot{K} = m * f_m$$

Ahol \dot{K} A képződött füst mg/perc-ben

m a leolvadási teljesítmény g/perc-ben

f_m A hegyanyag 1 g-ra vonatkozó füstmennyiség mg/perc-ben

Az elektródák adatainak táblázatából a szükséges adatok leolvashatóak. Ezek alapján

$$\dot{K} = 30,1 * 9,9[mg/perc]$$

$$\dot{K} = 297,99 \text{ mg/perc}$$

- Egy hegesztő munkahely füst termelése egy óra alatt, $\dot{K}_{80\%} = 14\,303,52 \text{ mg/óra}$ [37]
- Ez négy munkahelyre $\dot{K}_{össz.} = 57\,214,08 \text{ mg/óra}$
- Ennek 80%-át lehetséges gondos üzemeltetés esetén elszívni. Így a légtér 11 442,816 mg/óra terheli.
- Egy megfelelő technológiai kialakítással, burkolattal és elszívó csonkokkal rendelkező lézervágóról igen kevés füst terheli a csarnok légterét. A gyártók becsült adatokat adnak, melyeket a „vágási sebességgel az anyagvastagság függvényében” adataival lehet pontosítani.[37]
- Számoljunk 135 mg/perc-cel, ami 50% kihasználtság mellett 4 050 mg/óra. Az elszívás hatékonysága 80%, ezért a térbe 810 mg/óra szennyeződés jut ki.

- Ezeken kívül az előkészítő munkahelyen termelődik por, valamint az anyagok mozgatásával terelődik, vagy a levegőbe visszakerül jelentősebb mennyiségű por. Ezt vegyük 1500 mg/órának.

A hegesztő munkahelyek és a lézervágó adja a legnagyobb porterhelést. A teljes elszívott pormennyiség 95%-a kerül megszűrésre H11 szűrőpatronok esetén. Így számolnunk kell azzal is, hogy a szűrőkből a légtérbe egy 5800 mg/óra mennyiség visszajut.

Ezt összevonva és felfelé kerekítve megállapíthatjuk, hogy 19000 mg por kerül a levegőbe óránként hatékony elszívás és magas minőségű szűrés mellett is!

Döntést kell hoznunk arról, mely elszívó szűrő egységeket hagyjuk meg recirkuláltatott üzemmódban és melyek (már megszűrt) levegőjét dobatjuk ki a kültérbe.

Mivel a friss levegőztetés szükséges és megvalósítandó elem, célszerű úgy kiépíteni az elszívás-szűrés technikai rendszert, hogy együtt működjön a kiépítendő szellőztetéssel. A hegesztő munkahelyek gyakorlatilag folyamatosan üzemelnek. Célszerű az innen elszívott levegőt szűrés után a kültérbe juttatni. Így a szűrőből kilépő porterhelés döntő többségével nem kell számolnunk, mint a csarnok légtérét másodlagosan, azaz a szűrés tökéletlensége miatti, szennyező tényezővel.

A továbbiakban 14.000 mg-mal számolunk óránként, mint a levegőbe került porterhelés mennyisége.

A respirábilis por megengedett maximális értéke $4\text{mg}/\text{m}^3$ lehet 5% kvarc tartalom esetén, és $6\text{mg}/\text{m}^3$ lehet, ha nincs az összetevőiben kvarc. (MSz 21461-2 szerint) [15]

A biztonságos méretezés érdekében $4\text{mg}/\text{m}^3$ értékkel számolunk a továbbiakban, mint határérték.

Figyelembe véve a csarnok térfogatát, ami 1350 m^3 , friss levegős szellőztetés nélkül nagyjából kettő és fél óra alatt meghaladja a szennyeződés mértéke a határértéket.

Ha a légtérbe 14000 mg port juttatunk óránként és a terhelés nem lehet nagyobb, mint $4\text{mg}/\text{m}^3$, akkor legalább $3500\text{ m}^3/\text{h}$ friss levegőt kell a beltérbe juttatni. Ez a légmennyiség pontosítandó a munkahelyek és az elszívások jellege alapján.

A szellőztető levegő

Figyelembe véve, hogy a kültéri levegő sem teljesen pormentes, szükséges azt szűrni. Tiszta, viszonylag pormentes környezetben EU4 szűrő minőség is elegendő lehet, de az EU5-EU7 minőség választása sem indokolatlan erősebben terhelt ipari környezetben.

Esetünkben célszerű a szűrt levegő egy részét a kültérbe juttatni. A hegesztő munkahelyekről, a köszörűről és a zsírtalanító munkahelyről érdemes ezt megtenni. A zsírtalanítóról elszívott és megszűrt levegőt nem célszerű visszaforgatni, így az önálló rendszerként a kültérbe kerül kifúvásra.

A hegesztő munkahelyek és a köszörű működhet ugyanarról a szűrőről, hiszen a hegesztő munkahelyek gyakorlatilag folyamatosan működnek és itt termelődik a legtöbb szennyeződés. A köszörű időszakosan üzemel, de jól illeszthető a hegesztők elszívójához, ezért ezt a rendszert is a kültérbe vezethetjük egységesen.

A lézervágó szűrője csak recirkuláltatott üzemmódban üzemel.

Ez gyakorlatilag 5 000 m³/h kültérbe juttatott levegőmennyiséget jelent. Ugyan ilyen mennyiségű szűrt, friss levegő bejuttatása biztosítja a megfelelő levegő minőséget.

Ez a megoldás a teremben kevesebb, mint négyszeres légcserét eredményez. A különböző segédletek az ilyen üzemekre 3-5-szörös légcserét javasolnak óránként. Példánkban az elszívásokból a kültérbe kibocsátott levegőmennyiség ebbe a normatív értéktartományba esik.

A szellőztető rendszer befúvó részét is meg kell tervezni, ki kell alakítani. Fentiekben adatot szolgáltatunk a légszennyező folyamatok és annak kockázatai miatti friss levegőztetés igényeiről is. Lehet olyan körülmény – a bent tartózkodók esetleges nagy száma miatt, vagy nagy hő terhelés okán, vagy más okból – amely nagyobb légcserét irányoz elő. Példánk csak a konkrétan megnevezett munkafolyamatok során keletkezett elszívásokra és azok méretezésére szorítkozott. A bejuttatott friss levegő szűrését meghatároztuk. Szükséges továbbá a frisslevegő fűtése, hűtése, és általában a szűrésen kívüli kezelése kérdésére. A felsoroltak is hozzá tartoznak a feladat komplex kezelése tárgykörébe.

Vízgőzzel terhelt munkateretek légkezelése

Az ipari légtechnika gyakran olyan munkaterületeket szolgál ki, ahol igen nagymértékű a páraterhelés.

Általában az élelmiszeripari feldolgozó üzemeknél jelentkezik ez a jelenség. Itt a higiénias követelmények miatt nagy jelentősége van a légkezelésnek, különös tekintettel a felületi kondenzációk megszüntetésének.

A feladatmegoldást nehezíti, hogy ezek az üzemek hűtöttek, azaz a levegő párafelvevő képessége lecsökkent, valamint a felületek a teremben hidegek. Ez generálja a nem kívánt kondenzáció megjelenését.

Ilyen esetekben, mivel nem lehetséges a vízgőz terhelés lokalizálása, közvetlen elszívása, az általános légcserével lehetséges megoldani a feladatot.

Nehezíti az eredményes feladatmegoldást az, hogy a csarnokban hűtenek. A szellőztető levegő nem lehet jelentősen nagyobb hőmérsékletű a beltérinél. A nagy légcseréje miatt néhány foknyi hőmérséklet különbség is jelentős hűtési teljesítménytöbbletet igényel a csarnok hűtőberendezéseitől.

A megfelelő eredmény eléréséhez nem csak a légcseréje szükséges, hanem a célszerűen kiválasztott és alkalmazott légvezetési rendszer.

A tervezési feladat főbb lépései:

- a csarnok vízgőz terhelésének meghatározása.
 - Ezt pontosan nem lehetséges megállapítani. A padlóról, a termékekről, folyamatosan termelődik a vízpára.
 - Célszerű úgy tekinteni, hogy a beltéri levegő relatív nedvességtartalma 95% feletti. A beltér térfogata ismert, így a h-x diagramból egy statikus érték kapható a mindenkor pillanatnyi vízgőz mennyiségéről.
- A szellőztető levegő és annak kezelése
 - Az alkalmazott légkezelő az általában igényelt funkciókat el kell látnia – mint a hűtés, fűtés, szűrés, hővisszanyerés – de ezeket nem az általában megszokott módon méretezzük.
 - A berendezés alkatrészei, különös tekintettel a hővisszanyerőre, igen nagy páratérhelést kapnak. Ezen kívül az üzemből alkalmazott vegyi anyagok tekintetében is annak ellenálló kivitelű konstrukció alkalmazása szükséges.
 - A szellőztető levegőt szárítani kell. Ezt hűtéssel célszerű megoldani.
 - A befűjt levegőt fűtéssel visszatemperálva a csarnok hőmérséklete plusz 2-4 °C, száraz levegő áll rendelkezésünkre, mely nem ró megoldhatatlan terhelést a terem hűtőberendezései számára.
- A befűjt friss és száraz levegőt a teremben a felületek mentén kell bejuttatni.
 - Ott ahol a felületi kondenzáció megszüntetése a feladat, javasolt érintőleges légvezetési rendszer alkalmazása. Érintőleges légvezetési rendszer esetén a csarnoktérbe bejutó levegő a legszárazabb állapotában találkozik a fal és mennyezeti felületekkel, ezáltal a nedvesség felvevő képessége ott a leghatékonyabb.

- Az elszívási pontok kiépítésével a huzatmentes állapotokat kell biztosítani.

A szükséges légmennyiségek, a tapasztalatok szerint, igen nagy szórást mutatnak. A mennyiség jelentősen függ attól, hogy milyen hatékonysággal lehetséges lefűvteni a felületeket. Az esetek döntő többségében, nem lehetséges optimálisan elhelyezni a befűvő anemosztátokat. Ennek eredményeként kedvező esetben 2-3 szoros légcserre számtól a 8-10 szeresig minden variáció előfordulhat.

10. Tűzvédelmi szellőzésre vonatkozó előírások

Hő- és füstelvezetés és tűzvédelem kérdésében célszerű tűzvédelmi szakértő bevonása.

A hő- és füstelvezetés tervezése során minden esetben be kell tartani az érvényes Országos Tűzvédelmi Szabályzatot. Az alábbi táblázat tartalmazza az alkalmazandó rendeleteket és szabványokat.

	Hő- és füstelvezető légcsatorna hálózat	Tűzcsappantyúk	Füstcsappantyúk
Helyi rendelet	A belügyminiszter 54/2014. (XII. 5.) BM rendelete az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról	A belügyminiszter 54/2014. (XII. 5.) BM rendelete az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról	A belügyminiszter 54/2014. (XII. 5.) BM rendelete az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról
CE minősítés	EN12101-7	EN15650	EN12101-8
Teszt	EN1366-8 EN1366-9	EN1366-2	EN1366-10
Osztályozás	EN13501-4	EN13501-3	EN13501-4

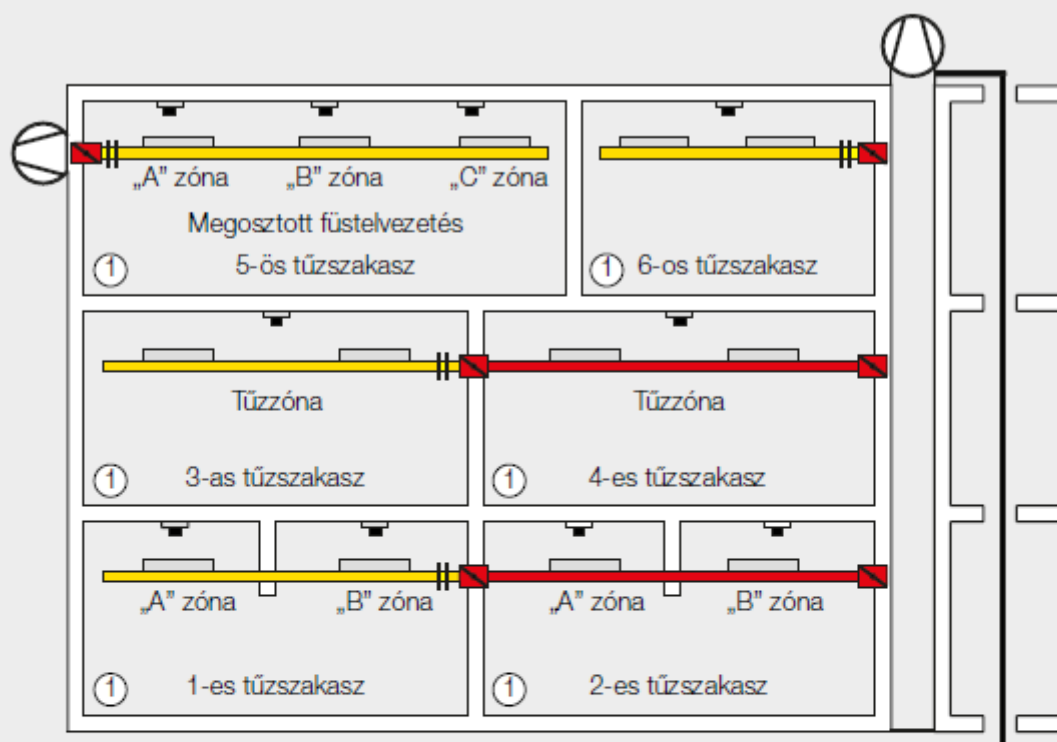
33. számú Táblázat – Hő- és füstelvezetés tervezésekor alkalmazandó rendeletek és szabványok

Az érvényes tűzvédelmi irányelvek a www.katasztrofavedelem.hu oldalon letölthetők.

Tűzterjedés elleni védelem TvMI 1.1:2015.03.05

Hő és füst elleni védelem TvMI 3.1:2015.03.30

Az alábbi ábra jól illusztrálja az önálló és a több tűzszakaszon áthaladó hő- és füstelvezető légcsatorna alkalmazási területeit.



■ Önálló tűzzóna: hő- és füstelvezető légcsatorna, tesztelve, E600 120 ($v_e - h_o$)

■ Több tűzzóna: hő- és füstelvezető légcsatorna EI 120S, ($h, v \text{ i } < > o$) tűzállósággal tesztelve, kör vagy négyszög légcsatorna. Szigetelés szükséges!

① Levegő befűvés

44. ábra - Hő- és füstelvezető légcsatorna alkalmazási területei

Tűzvédelmi szellőzés vonatkozó szabványai és teljesítményjellemzők

Műszaki megoldás	Vonatkozó szabvány			Teljesítményjellemző
	termék-szabvány	vizsgálati szabvány	osztályozási szabvány	
szellőzőrendszerekben alkalmazott termékek (kivéve a füst- és hőelvezető szellőztetést): tűzgátló (tűzvédelmi) csappantyú	MSZ EN 15650	MSZ EN 1366-2	MSZ EN 13501-3	(xx: időtartam percben megadva) E xx vagy EI xx kiegészítő jelölések: (i → o), (o → i) vagy (i ↔ o) v _e és/vagy h _e S
szellőzőrendszerekben alkalmazott termékek (kivéve a füst- és hőelvezető szellőztetést): szellőztetőcsatorna		MSZ EN 1366-1	MSZ EN 13501-3	E xx vagy EI xx kiegészítő jelölések: (i → o), (o → i) vagy (i ↔ o) v _e és/vagy h _e S
tűzgátló mandzetta	-	MSZ EN 1366-3	MSZ EN 13501-2	EI xx
hő- és füstelvezető rendszerekben használt termékek: egyszakaszos füstelvezető csatornák	MSZ EN 12101-7	MSZ EN 1366-9	MSZ EN 13501-4	E ₃₀₀ xx egy (single) vagy E ₆₀₀ xx egy (single) kiegészítő jelölések: v _e és/vagy h _e S 500 vagy 1000 vagy 1500
hő- és füstelvezető rendszerekben használt termékek: többszakaszos füstelvezető csatornák	MSZ EN 12101-7	MSZ EN 1366-8	MSZ EN 13501-4	EI xx több (multi) kiegészítő jelölések: v _e és/vagy h _e S 500 vagy 1000 vagy 1500
hő- és füstelvezető rendszerekben használt termékek: egyszakaszos füstelvezető csappantyúk	MSZ EN 12101-8	MSZ EN 1366-9 MSZ EN 1366-10	MSZ EN 13501-4	E ₃₀₀ xx egy (single) vagy E ₆₀₀ xx egy (single) kiegészítő jelölések: HOT 400/30 v _{ad} vagy v _{ex} vagy v _{edw} és/vagy h _{ed} vagy h _{ex} vagy h _{edw} S 500 vagy 1000 vagy 1500 AA vagy MA (i → o), (o → i) vagy (i ↔ o) C ₃₀₀ vagy C ₁₀₀₀₀ vagy C _{mod}
hő- és füstelvezető rendszerekben használt termékek: többszakaszos tűzálló füstelvezető csappantyú	MSZ EN 12101-8	MSZ EN 1366-2 MSZ EN 1366-8 MSZ EN 1366-10	MSZ EN 13501-4	EI xx több (multi) vagy E xx több (multi) kiegészítő jelölések: HOT 400/30 v _{ad} vagy v _{ex} vagy v _{edw} és/vagy h _{ed} vagy h _{ex} vagy h _{edw} S 500 vagy 1000 vagy 1500 AA vagy MA (i → o), (o → i) vagy (i ↔ o) C ₃₀₀ vagy C ₁₀₀₀₀ vagy C _{mod}
hő- és füstelvezető rendszerekben használt termékek: motoros hő- és füstelszívó ventilátorok, illesztések	MSZ EN 12101-3		MSZ EN 13501-4	F ₂₀₀ 120 vagy F ₃₀₀ 60 vagy F ₄₀₀ xx vagy F ₆₀₀ 60 vagy F ₆₄₀ 30
hő- és füstelvezető rendszerekben használt termékek: természetes hő- és füstelszívó ventilátorok	MSZ EN 12101-2		MSZ EN 13501-4	B ₃₀₀ 30 vagy B ₆₀₀ 30 vagy B _x 30

34. számú Táblázat: Forrás: TvMI

Példa alkalmazott jelölésekre:

E600 120 ve S 1500 single

A jelölés jelentése: a légcsatorna állékony marad 600°C hőmérsékleten, 120 percig, vertikális beépítés esetén, a szivárgás kevesebb, mint 5 m³/h / m², ellenáll -1500 Pa depressziónak, önálló tűzszakaszban alkalmazható.

Egy jellemző tűzcsappantyú jelölés

EI 90 ve i ↔ o S (300 Pa)

A jelölés jelentése: állékony és megtartja szigetelési képességét 90 percig; vertikális beépítés esetén, külső és belső tűzhatásra is tesztelve; emelt szivárgási követelményeknek megfelelt; zárt csappantyú állásban 300 Pa túlnyomást elviseli.

Egy jellemző füstcsappantyú jelölés (több tűzszakaszon áthaladó hő- és füstelvezetőbe)

EI 90 ve i ↔ o S HOT400/30 C10000 MULTI

A jelölés jelentése: állékony és megtartja szigetelési képességét 90 percig; vertikális beépítés esetén, külső és belső tűzhatásra is tesztelve; emelt szivárgási követelményeknek megfelelt; HOT400/30 minősítéssel, azaz 30 percig vezérelhető a motor; 10 000 nyitás/zárási ciklusra tesztelve; több tűzszakaszos kialakítás

Egy jellemző füstcsappantyú jelölés (önálló tűzszakaszban)

E₆₀₀ 120 hod i ↔ o S 1500 C10000 AA SINGLE

A jelölés jelentése: állékony marad 600 °C hőmérsékleten 120 percig; horizontális légcsatornába történő beépítés esetén, külső és belső tűzhatásra is tesztelve; emelt szivárgási követelményeknek megfelelt; -1500 Pa depressziónak ellenáll; 10.000 nyitás/zárási ciklusra tesztelve; AA minősítéssel, azaz nyitás után nem vezérelhető a motor; önálló tűzszakaszos kialakítás.

A táblázatban szereplő méretnél (szabványtól) nagyobb légcsatorna méret alkalmazható, ha valamely akkreditált európai minősítő intézetnél CE minősítést szerzett a fenti szabványok alapján.

- A légutánpótlásnak azonos követelményeknek kell megfelelni, mint a hő- és füstelvezetésnek.
- Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat rendelkezik róla, hogy a hő- és füstelvezető rendszerek esetében a hőtágulás felvételéről gondoskodni kell, ezért

horganyzott acél légcsonna esetén az egyenes szakaszokba kompenzátor beépítése szükséges a gyártói utasításnak megfelelően (pl. 10 méterenként)! Más anyagból készült rendszerek esetében szintén a gyártói utasítást kell követni!

- Függesztés szerelési útmutató alapján!

Tűzcsappantyúk

A szabvány környezetet lásd a 2b) v) pontban.

Tűzcsappantyú elhelyezése minden tűzszakasz határon áthaladó légcsonnába kötelező, kivéve, ha hő- és füstelvezető vagy légpótló légcsonna.

Alkalmazandó tűzvédelmi osztályok az építész által megadott szerkezetek követelményeiknek megfelelően. Tűzcsappantyúk motoros kivitelűek.

Füstcsappantyúk

A szabvány környezetet lásd a 2.2.5 pontban.

Országos Tűzvédelmi Szabályzat (54/2014 (XII.5))

89. § (1) A hő- és füstelvezetés és a füstmentesítés kézi működtetését biztosítani kell

a) lépcsőház esetében

aa) a lépcsőházba nyíló, a menekülésre szolgáló ajtók – lépcsőház felől nézve – külső oldala mellett,

a menekülés valamennyi irányából észlelhető helyen és

ab) a lépcsőház kijárat szintjén a lépcsőházból kivezető, menekülésre szolgáló ajtó külső vagy belső

oldala mellett,

b) egyéb esetben a tűzvédelmi szakhatósággal egyeztetett helyen és módon.

(2) A tűzvédelmi szakhatóság a kiürítés és a tűzoltói beavatkozás feltételeinek biztosítása céljából előírhatja

a) a kézi nyitást vagy távnyitást követő visszazárás és újranyitás kiépítését és

b) tűzoltósági vezérlőpanel kialakítását.

Amennyiben a tűzvédelmi szakhatóság előírja a visszazárás és újranyitás kiépítését, csak HOT400/30 vagy MA minősítésű füstcsappantyú vagy füstzsalu alkalmazható, melyek tűzgátló burkolattal ellátott motorral, illetve tűzgátló tápkábellel rendelkeznek.

	feladata
AA	tűz esetén kinyit és nyitott pozícióban marad
HOT400/30	tűz esetén kinyit, tűztablóról az első 30 percben vezérelhető
MA	tűz esetén kinyit, tűztablóról az első 25 percben vezérelhető

35. számú Táblázat: Tűzcsappantyúk minősítései

11. Robbanásveszélyes területek zónabesorolása, épületgépész tervező feladatai

Új építésű gyártócsarnok tervezése, illetve meglévő üzem átalakításkor felmerülő problémakör a helyiségek zónabesorolása, illetve a megfelelő robbanásvédelemmel rendelkező berendezések kiválasztása.

Előforduló szituáció, hogy a megrendelő nincsen tisztában kötelezettségeivel, feladataival ezen a téren, ezért szükséges, hogy az épületgépész tervező alap szinten tisztában legyen a robbanásvédelmi intézkedések fogalomkörével.

Azokon a területeken, ahol éghető gáz és köd, vagy por, illetve előbbiek elegye szabadulhat fel, ezáltal potenciálisan robbanó képes elegy alakulhat ki, a robbanás veszélyének csökkentésére irányuló védő intézkedéseket szükséges végrehajtani.

A potenciálisan robbanásveszélyes környezetben lévő munkahelyek minimális védelméről a **3/2003. (III. 11.) FMM-Esz-CSM** együttes rendelet rendelkezik, ami az ATEX137 vagy más néven 99/92EK direktívát emelte jogerőre hazánkban. A rendelet szerint a munkáltatói kötelezettség a robbanásvédelmi dokumentációt elkészíteni, amelyet technológiai, üzemeltetési, épületgépészeti változásokkor köteles felülvizsgálni.

Tehát a tervezés megkezdése előtt az épületgépész tervező feladata a helyszín megismerése, a felemérés elvégzése (meglévő üzem esetén), a munkatevékenység megismerése. Ezután a munkavédelmi leírásokat tartalmazó dokumentumokat ki kell kérnie, meg kell kapnia a munkáltató képviselőjétől, vagy a biztonság és munkavédelemmel megbízott külső szakcégtől. Az esetek jelentős részében ekkor derül ki, hogy ezek a dokumentumok nincsenek meg, hiányosak.

Amennyiben az épületgépész tervező tart a helyiségben felszabaduló anyagok mértékétől, de a munkavédelmi szakanyag nem tartalmaz kockázatbecslést a robbanásveszélyről, javasolt kérni írásos megerősítést, hogy a helyiségben robbanásveszélyes koncentrációjú anyagtermelődés nem történik.

Amennyiben a helyiség zóna besorolása és a hozzá kapcsolódó dokumentumok rendelkezésre állnak, még az egyeztetések nem záródhatnak le. Meglévő létesítményekben történő tervezés esetén figyelembe kell venni, hogy a megkapott dokumentáció a jelenlegi állapotra vonatkozik. Meg kell győződni arról, hogy a tervezési területen a kibocsátás mértéke, illetve a technológiai folyamatok nem változnak.

Ha ezek megváltoznak (általában változnak) az épületrész, csarnok, helyiség zónabesorolását is felül kell vizsgálni, ami kihat a betervezendő egységekre is.

Fontos kiemelni, hogy a „zónásított” teret kiszolgáló légtechnika jelentős befolyással bír a helyiség zóna besorolására. Amennyiben a légcsereszám és az elszívási hatékonyság növelésre, optimalizálásra kerül a helyiség zónabesorolása alacsonyabb lehet.

Az aktív párbeszéd a fentiek miatt különösen fontos. A közös munka gyümölcse egy alacsony zónabesorolású munkatér. Ennek jelentősége, hogy a munkavédelmi intézkedések mérsékelhetők, az üzemeltetés olcsóbb lehet, ami a megrendelő számára különösen kedvező, elégedettséget növelő fejlemény.

Amennyiben az épületgépész tervező felkészült, sokat segíthet a munkavédelmi megbízottnak. Ha munkavédelmi megbízott szükségét érzi, lehetősége van zónabesorolással, és robbanásvédelmi felülvizsgálattal foglalkozó szakcég bevonására.

A szakcég az átadott információk alapján szakvéleményt ad ki, hogy adott munkavégzési rend és épületgépészeti kialakítás esetén, a vizsgált tér zónabesorolása mi lehet. Ez alapján látható, hogy mind a munkavégzési utasítások, mind az épületgépészeti rendszer, jelentős befolyással van a zónabesorolásra. A szereplők együttműködése, így szükséges és elvárt.

Fontos kiemelni, hogy a szakcég a munkavédelmi megbízott munkáját segíti, számára ad át a döntéshez szükséges tájékoztatókat. A valós zónakiírás, kockázatelemzés továbbra is a megbízott feladata és kötelezettsége.

11.1 Az épületgépész feladatai

- Tervezési terület és a benne folyó tevékenységek megismerése (annak jövőbeni változásairól tájékozódás)
- Munkavédelmi, robbanásvédelmi dokumentáció bekérése (a jövőre vonatkozó változásairól információ kérése)
- Egyeztetés a tervezett épületgépészeti rendszer tulajdonságairól, a zónabesorolást módosító paramétereiről (légcsereszám, elszívási pontok, befúvási pontok, ppm szenzorok, atex besorolások stb.)
- Tervezett rendszer és új gyártói paraméterek alapján a munkavédelmi megbízott elvégzi az új zónabesorolást. Ez alapján el kell végezni a tervezett rendszer visszaellenőrzését.

Zónabesorolás [3/2003. (III. 11.) FMM-ESz-CsM együttes rendelet 1. számú melléklete alapján]	
0. Zóna	Az a munkatér, ahol az éghető gázok, gőzök vagy ködök (aerosolok) levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes légtér állandóan, hosszú időtartamban vagy gyakran van jelen.
1. Zóna	Az a munkatér, ahol normál üzemi körülmények között az éghető gázok, gőzök vagy ködök (aerosolok) levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes légtér fordulhat elő.
2. Zóna	Az a munkatér, ahol normál üzemi körülmények között az éghető gázok, gőzök vagy ködök (aerosolok) levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes légtér ritkán és rövid időtartamban van jelen.
20. Zóna	Az a munkatér, ahol lebegő éghető porok levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes légtér állandóan, hosszú időtartamban vagy gyakran van jelen.
21. Zóna	Az a munkatér, ahol normál üzemi körülmények között lebegő éghető porok levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes légtér fordulhat elő.
22. Zóna	Az a munkatér, ahol normál üzemi körülmények között lebegő éghető porok levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes légtér ritkán és csak rövid időtartamban van jelen.

36. számú Táblázat: Zónabesorolás [3/2003. (III. 11.) FMM-ESz-CsM együttes rendelet 1. számú melléklete alapján]

11.2 Zónabesorolás lépései

A zónabesorolást általában az MSZ EN60079-10-1:2016, illetve az MSZ EN60079-10-2:2015 szabvány alapján kerül elkészítésre.

A zónabesorolás elkészítése nem az épületgépész tervező feladata, de a folyamat lépéseinek ismerete segítséget nyújthat abban, hol lehet szükség az épületgépész tervezővel való konzultációra a folyamat során.

A zónabesorolás **első lépése** a robbanásveszélyes anyagok kibocsátó forrásainak meghatározása.

A nyilvánvaló kibocsátási pontokon kívül (a levegővel szabadon érintkező felületek pl.: kádak, munkaasztalok stb.), kibocsátó források lehetnek: csőkötések (tömített kötések, oldható kötések), szelepek szelepszárai, gömbcsapok forgótengelyei, pillangó szelepek forgó tengelyei. [41]



45. ábra - Robbanásveszély vizsgálati terület példák [41]

Második lépésben meghatározásra kerül a kibocsátó források kibocsátási fokozata:

Kibocsátó források, kibocsátási fokozata	
Folyamatos fokozatú kibocsátás	Folyamatos, vagy várhatóan hosszú ideig tartó kibocsátás pl.: tartályokban lévő éghető folyadék felszíne.
Elsőrendű kibocsátás	Normál üzemben várhatóan rendszeresen vagy esetenként előforduló kibocsátás pl.: szivattyúk tengelytömítései, kilélegeztető szelepek
Másodrendű kibocsátás	Normál üzemben elő nem forduló kibocsátás, de ha előfordul akkor is csak ritkán, rövid időszakra

37. számú Táblázat: Kibocsátó források, kibocsátási fokozata

Harmadik lépés a kibocsátó források kibocsátási rátájának meghatározása. Vagyis a kibocsátási sebesség számítása.

Negyedik lépésben a kibocsátó források körüli környezet természetes és mesterséges szellőzésének üzembiztonsági ellenőrzése történik.

A szellőzés üzembiztonságának három szintje:

- „Jó”: a szellőzés gyakorlatilag folyamatos. [42]
- „Megfelelő”: a szellőzés normál üzem alatt várhatóan működik, rövid időtartamú kimaradás ritkán előfordulhat. [42]
- „Gyenge”: a szellőzés nem felel meg a „Jó” és a „Megfelelő” szintek feltételeinek, de a szellőzési kimaradások hosszú ideig nem várhatóak. [42]

A zónabesorolás során nem lehet figyelembe venni azt a szellőzési rendszert, ami a „Gyenge” üzembiztonságú rendszer feltételit nem teljesíti!

Ötödik lépésben a fennmaradási idő kerül megbecslésre. A szellőzés hatással van az éghető gáz, gőzfelhő koncentrációjára, valamint a kibocsátás megszűnése utáni fennmaradási időre.

$$t = \frac{-f}{C} \ln \frac{ARH \cdot k}{X_0}$$

ahol,

X_0 – Az éghető anyag kezdeti koncentrációja

C – Légcsereszám

f – Akadályozott légáramlást figyelembe vevő tényező

k – Az alsó robbanási határhoz (ARH) tartozó biztonsági tényező

„f” tényező értékei	
<p>f=1</p> <p>ha a kibocsátó forrás környezete jól átszellőztetett, pl.: egy magasan elhelyezett kibocsátási forrás esetében, amely mellett nincsenek a légáramlást korlátozó akadályok</p>	<ul style="list-style-type: none"> • az épületek tetején túlnyúló lefúvató szelepek, • az épületek tetején túlnyúló robbanásszáron keresztüli ki-be légzők • beltérben a kibocsátó forrás melletti , helyi elszívással rendelkező kibocsátások stb.
<p>f=2</p> <p>ha a kibocsátó forrás ugyan magasan van, de pl. egy önálló épület fala mellett, úgy, hogy más épületek nincsenek a közelben</p>	<ul style="list-style-type: none"> • az épület homlokzatán magasan elhelyezett légkidobó kürtő, • biogáz fermentorok függőleges burkolólemezen elhelyezett ki-be légzők stb.
<p>f=3</p> <p>ha a kibocsátó forrás szabadtéren van, de az épület tövében, így a szellőztetés csak korlátozott</p>	<ul style="list-style-type: none"> • szerelvényezett, lapos tömítésű karimás kötésekkel szerelt csövek • terem-elszívással rendelkező helyiségben edényzetek töltése közben, stb.
<p>f=4</p> <p>ha a kibocsátó forrás pl. beltérben van és csak általános helyiség szellőzés biztosított, az elszívás pedig akadályozva van</p>	<ul style="list-style-type: none"> • kizárólag terem-elszívással rendelkező épületekben az elszívási pontoktól távoli helyen történő kibocsátás esetében, ahol az elszívás hatékonyságát korlátozzák beltéri berendezések, nagyobb méretű gépek, stb.
<p>f=5</p> <p>ha a kibocsátó forrás pl.: beltérben van és a hatékony helyiség szellőztetés nem biztosított</p>	<ul style="list-style-type: none"> • kizárólag általános teremeszívással rendelkező épületekben az épület belső sarkaihoz közeli térrészekben előforduló kibocsátó források, stb.

38. számú Táblázat: „f” tényező értékei [42]

Hatodik lépésben a szellőzés mértékét (fokát) kell meghatározni. Ehhez a V_z elméleti térfogat meghatározása szükséges.

A V_z elméleti térfogat azt a térfogatot jelenti, amelyen túl az éghető gáz vagy gőz átlagos koncentrációja, függve a k biztonsági tényező értékétől az ARH (alsó robbanási határ) 0,25, vagy 0,5 szerese lesz. Ez az jelenti, hogy a becsült elméleti térfogat határán a gáz vagy gőz koncentrációja jóval az ARH koncentráció alatt lesz.

A V_z elméleti térfogat meghatározásához az elméleti legkisebb levegő áramlás meghatározásával kezdődik, amely elérésével az éghető anyag tényleges kibocsátását az ARH alatti koncentrációra hígíthatjuk. Ezt az értéket az alábbi egyenlettel határozhatjuk meg:

$$\left(\frac{dV}{dt}\right)_{min} = \frac{\left(\frac{dG}{dt}\right)_{max}}{k \cdot ARH_m} \cdot \frac{T}{293}$$

ahol,

$(dV/dt)_{min}$ – A friss levegő legkisebb térfogatárama

$(dG/dt)_{max}$ – A kibocsátás legnagyobb tömegárama

ARH_m – Az alsó robbanási határ koncentráció

k – Biztonsági tényező; jellemző értékei:

$k=0,25$ - Folyamatos, vagy elsőrendű fokozatú kibocsátás esetén

$k=0,5$ - Másodrendű fokozatú kibocsátás esetén

T – Környezeti hőmérséklet [K]

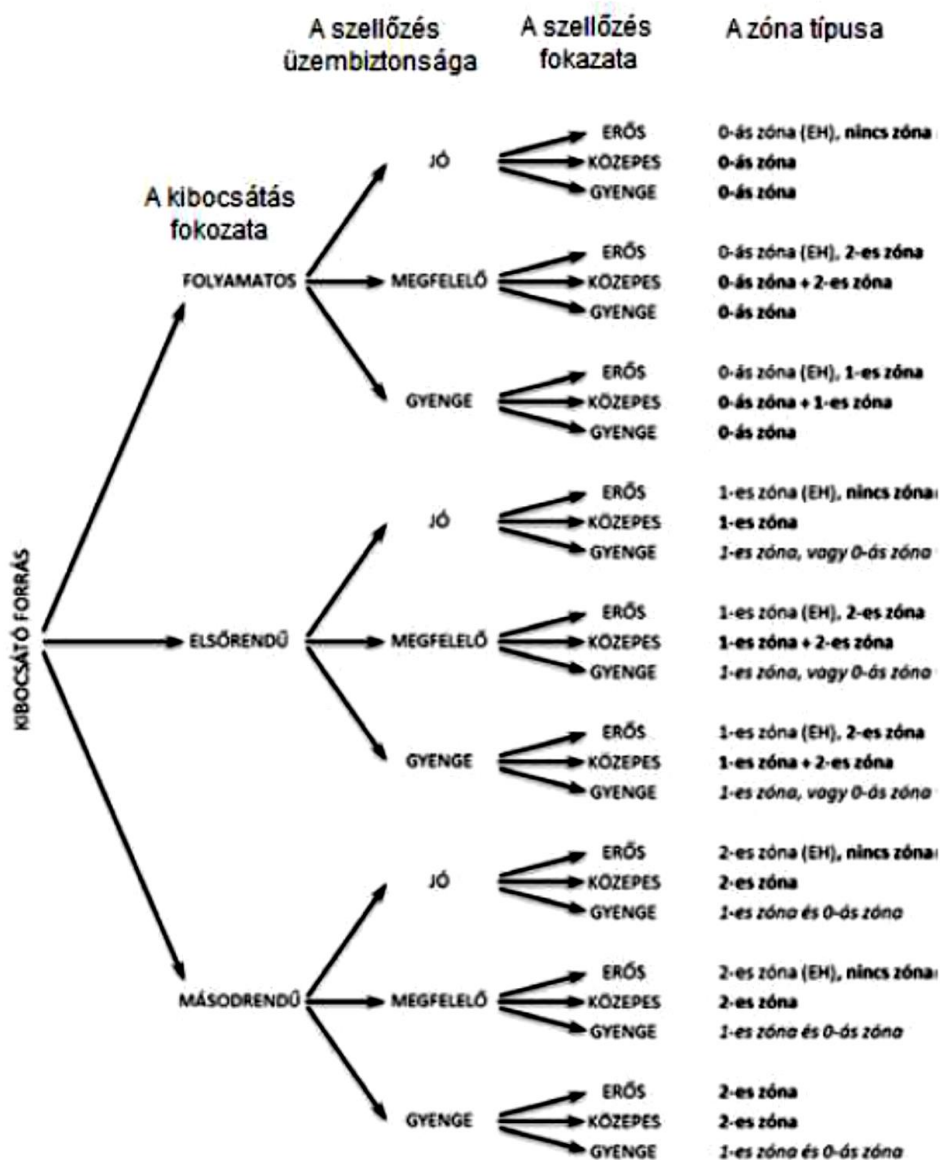
A képlet alapján meghatározott térfogatáram és annak megvalósítása adott biztonsági szintek mellett megadja a helyiség zónabesorolását. Ideális esetben elérhető, hogy a szellőzés fokozata és üzembiztonsági szintje olyan magas legyen, hogy gyakorlatilag nem alakul ki robbanásveszélyes térség.

Az épületgépész tervezőnek a „zónásítás” folyamatában a fenti kérdéskör megoldási lehetőségeinek vizsgálatában van nagy szerepe. Sok esetben a zóna méretének a minimalizálása a megrendelő igénye, de az ehhez szükséges légtechnikai rendszer bekerülési költsége nem vállalható számára. Az épületgépész tervező bevonása és alternatívák kidolgozásával, értelmezésével a megrendelő számára a döntésben nagy segítséget nyújthat.

A szellőzés fokozata (az MSZEN60079-10-1:2016) a kialakuló V_z elméleti térfogat alapján lehet:

- Erős szellőzés (VH)
- Közepes szellőzés (VM)
- Gyenge szellőzés (VL)

A **hetedik lépésben** a zóna meghatározása a feladat. Ehhez segítséget nyújt az alábbi, vizsgálati sorrendet összefoglaló folyamatábra



46. ábra: Kibocsátó forrástól függően a robbanásveszélyes zónák lehetőségei [42]

További segítséget jelent az MSZEN60079-10-1:2016 szabvány B.1. pontjában található táblázat:

	Szellőzés						
Kibocsátás fokozata	Fokozata						
	Erős			Közepes			Gyenge
	Üzembiztonsága						
	Jó	Megfelelő	Gyenge	Jó	Megfelelő	Gyenge	Jó, megfelelő vagy gyenge
Folyamatos	(EH Zóna 0) Nem robbanás-veszélyes ^a	(EH Zóna 0) Zóna 2 ^a	(EH Zóna 0) Zóna 1 ^a	Zóna 0	Zóna 0 + Zóna 2	Zóna 0 + Zóna 1	Zóna 0
Elsőrendű	(EH Zóna 1) Nem robbanás-veszélyes ^a	(EH Zóna 1) Zóna 2 ^a	(EH Zóna 1) Zóna 2 ^a	Zóna 1	Zóna 1 + Zóna 2	Zóna 1 + Zóna 2	Zóna 1 vagy Zóna 0 ^c
Másodrendű ^b	(EH Zóna 2) Nem robbanás-veszélyes ^a	(EH Zóna 2) Nem robbanás-veszélyes ^a	Zóna 2	Zóna 2	Zóna 2	Zóna 2	Zóna 1 vagy Zóna 0 ^c

Megjegyzések:

A „+” jel után az adott zóna körül kialakuló második zóna van feltüntetve.

a: Az EH Zóna 0, az EH Zóna 1 és az EH Zóna 2 elméleti zónákat jelentenek, melyeknek normál üzemi feltételek között elhanyagolható a kiterjedése.

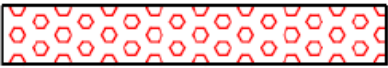


b: A másodrendű fokozatú kibocsátás által létrehozott Zóna 2 térsége túlhaladhatja az elsőrendű vagy a folyamatos kibocsátásnak tulajdonított térséget; ebben az esetben a nagyobb távolságot kell elfogadni.

c : Zóna 0 lesz, ha a szellőzés gyenge és a kibocsátás olyan, hogy a robbanóképes gázközeg gyakorlatilag folyamatosan fennáll (azaz megközelíti a szellőzés nélküli esetet).

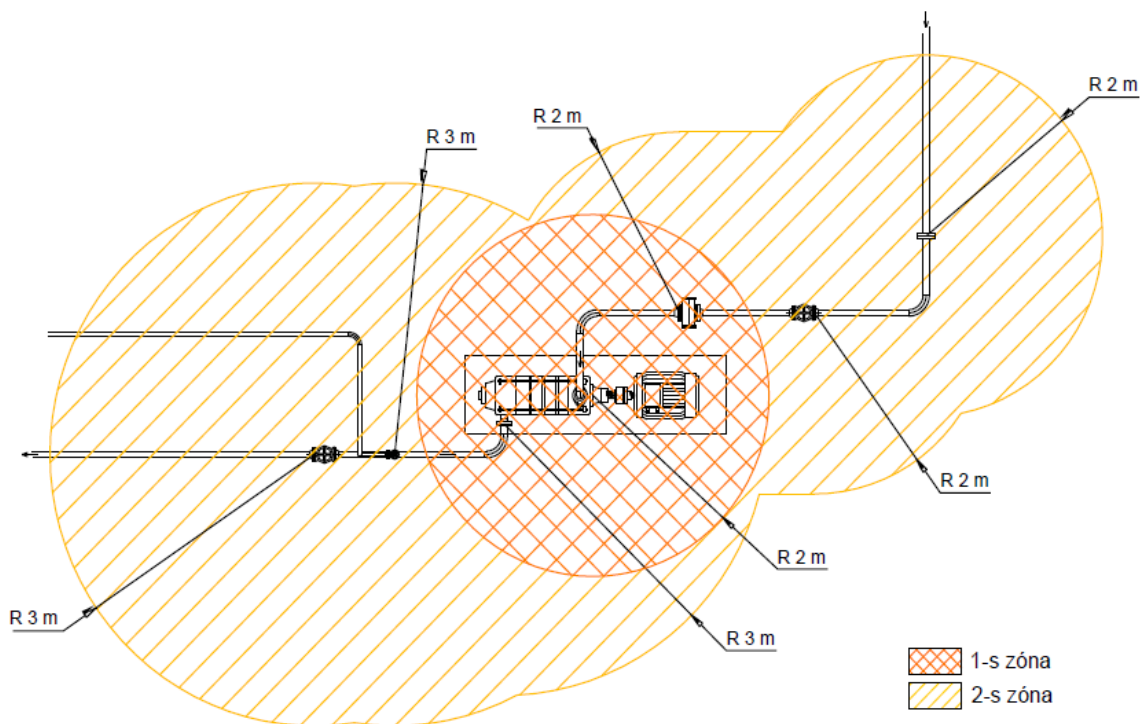
EH = elhanyagolható

39. számú Táblázat: MSZEN60079-10-1:2016 szabvány B.1. pontja

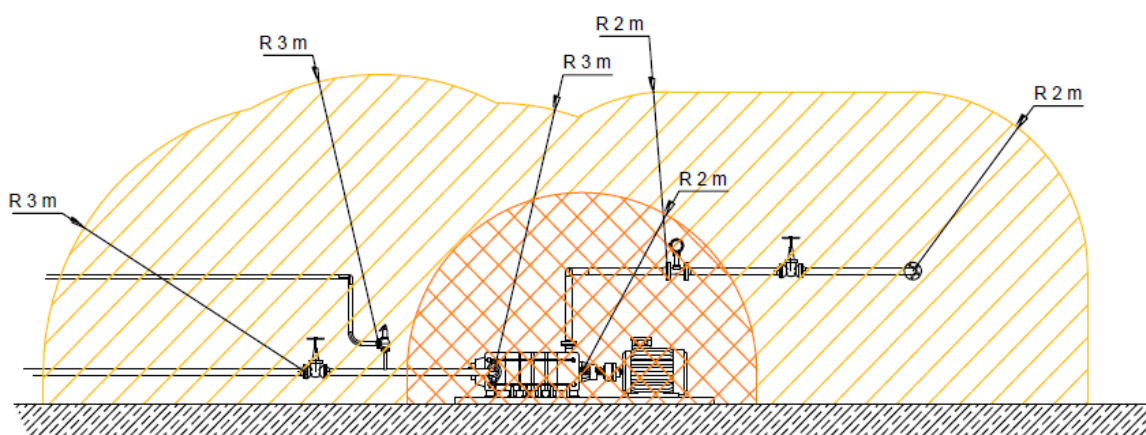
Nyolcadik, egyben utolsó lépésben meghatározandó és rajzos formában megjelenítendő a robbanásveszélyes övezet kiterjedése az MSZ 1600-8:1977 szabvány alapján.

Zónák rajzos ábrázolása	
Zóna 0	
Zóna 1	
Zóna 2	

47. ábra – Zónák rajzos ábrázolása



48.ábra: Robbanásveszélyes zóna alaprajz minta [43]



49.ábra: Robbanásveszélyes zóna metszetrajz minta [43]

Fontos megjegyezni, hogy robbanásveszélyes helyiségből elszívott levegő kibocsátási pontjánál is robbanásvédelmi felül vizsgálatra van szükség. Adott esetben robbanásveszélyes zóna kerül meghatározásra.

Az elszívott levegő kidobási pontja gyakran magasban tetősík felett, kerül kialakításra. Ebben az esetben különösen fontos, hogy a robbanásveszélyes zóna ismeretében a terület villámvédelme felülvizsgálatra kerüljön.

Általában a kivitelezés során a beltéri rendszerek megfelelő kialakítására koncentrál a megrendelő és kivitelező egyaránt és a kibocsátási pont helyes kialakítása kiesik a figyelem középpontjából. Ha az épületgépész tervező felhívja a figyelmet a villámvédelem felülvizsgálatának kérdéskörére, segítheti a munkavédelmi megbízott, a megrendelő és kivitelező munkáját egyaránt.

11.3 ATEX direktívák, jelölések

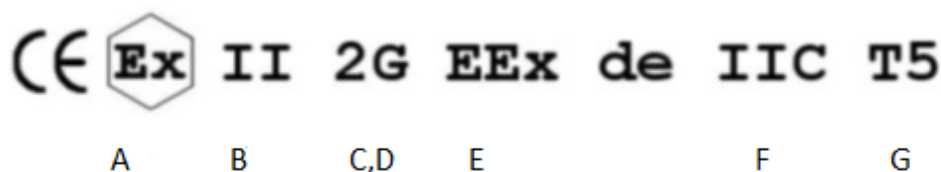
Az „ATEX” (**ATMOSPHERE EXPLOSIVE**) direktívák az Európai Unió által meghatározott robbanásveszélyes területekre és az ott használatos berendezésekre vonatkozó szabályozások, előírások. Magyarországon az ATEX100a vagy más néven 94/9EK rendelettel összhangban kiadott **8/2002 (II.16.) GM** rendelet lépett hatályba, ami a potenciális robbanásveszélyes környezetben történő alkalmazásra szánt berendezések, védelmi rendszerek vizsgálatáról és tanúsításáról rendelkezik.

Csoport	Kategória	Bányatértség / zóna	Bizt. szint	Biztonsági redundancia	A berendezés még biztonságos az alábbi hibaszinttel
I. csoport – Sújtólég + porrobbanásveszély	M1	„c” tértség	nagyon magas	2 független	1 ritka, vagy 2 valószínűsíthető
	M2	„b” tértség	magas	1 (biztonságos normál ill. nehéz üzemben)	1 valószínűsíthető
II. csoport – Külszín	1G 1D	0-s zóna 20-as zóna	nagyon magas	2 független	1 ritka, vagy 2 valószínűsíthető
	2G 2D	1-es zóna 21-es zóna	magas	1	1 valószínűsíthető
	3G 3D	2-es zóna 22-es zóna	közepes	-	-

40. számú Táblázat: Potenciális robbanásveszélyes környezetben történő alkalmazásra szánt berendezések, védelmi rendszerek vizsgálata és tanúsítása

A fenti táblázatban szereplő alkalmazási csoportok jelölésében G-gáz/gőz/köd szennyeződés elszívásának esetén használható, míg a D jelölésű berendezés, porterhelés esetén alkalmazható.

Berendezés védettség megjelölése az ATEX normák alapján:



50. ábra: berendezések védettség jelölése [44]

- A. A gyártmány rendelkezik vizsgálati bizonyítvánnyal
- B. ATEX Csoport, a példában II.- külszíni üzemre készült eszköz
- C. ATEX kategória
- D. Veszélyforrás; ez esetben G-gáz/gőz nemű
- E. Védelmi mód szabványos jelölése, ez esetben gyújtószikra mentes
- F. Robbanási csoport, ez esetben föld feletti (II) és hidrogén gáz a reprezentáns gáz
- G. Hőmérsékleti osztály

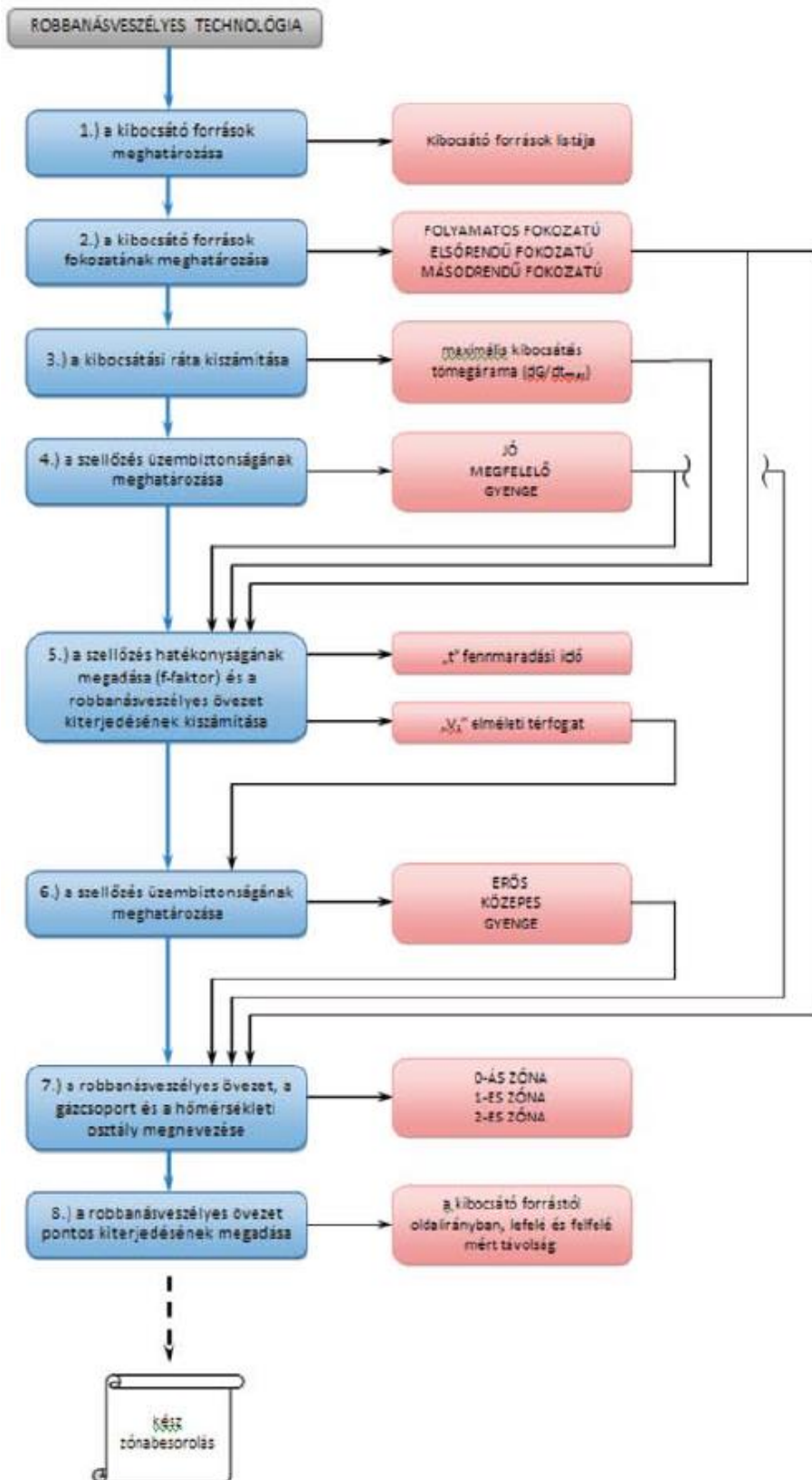
Hőmérsékleti osztály	Legnagyobb felületi hőmérséklet, °C
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

41. számú Táblázat – Hőmérsékleti osztály

A potenciálisrobbanásveszélyes területek zónabesorolása során készült jegyzőkönyv tartalmazza a területen alkalmazható gyártmányok minimális védettségi szintjét jelölő ATEX jelölést. A tervezés során az épületgépész tervezőnek ezt figyelembe kell vennie és legalább ezzel a minősítéssel rendelkező berendezéseket, vagy ettől szigorúbb követelményeknek megfelelő gyártmányokat kell előírnia.

Gyakran előforduló hiba, hogy az épületgépész tervező csak az elektromos eszközök betervezésénél ügyel a megfelelő védelemmel ellátott eszköz betervezésére, azonban ez minden robbanásveszélyes térben alkalmazott berendezésre vonatkozik. Például a sűrített levegős szerszámoknak is szükséges megfelelő robbanásbiztos bizonyítvánnyal rendelkezni.

A ZÓNEBESOROLÁS MENETE



51. ábra: Zónabesorolás menete [45]

12. Irodalomjegyzék

- [1.] EN 1505 Épületek szellőztetése. Fémlemezből készült négyszögletes Légcsatornák és kötőelemek. Méretek
- [2.] EN 1506 Épületek szellőztetése. Fémlemezes, kör keresztmetszetű légvezetékek és légvezeték-szerelvények. Méretek
- [3.] EN 1507 Épületek szellőztetése. Fémlemezes, kör keresztmetszetű légvezetékek és kötőelemek szilárdsága és szivárgása.
- [4.] EN 12097 Épületek szellőztetése. Légvezetékek. Légvezetékek rendszerelemeinek követelményei a légvezetési rendszerek karbantartásának könnyítésére
- [5.] EN 12220 Épületek szellőztetése. Légvezetékek. Kör keresztmetszetű karimák méretei általános szellőztetéshez
- [6.] EN 12236 Épületek szellőztetése. Légvezetékek tartószerkezetei. Szilárdsági követelmények
- [7.] EN 12237 Épületek szellőztetése. Légvezetékek. Kör keresztmetszetű fémvezetékek szilárdsága és tömörsége
- [8.] EN 12238 Épületek szellőztetése. Légterminál eszközök. Kevert áram aerodinamikai vizsgálata és értékelése
- [9.] EN 12239 Épületek szellőztetése. Légterminál eszközök. Légcserélők aerodinamikai vizsgálata és értékelése
- [10.] EN 12589 Épületek szellőztetése. Légterminál-berendezések.
Állandó és változó légáramú terminálok aerodinamikai vizsgálata és értékelése
- [11.] EN 12599 Épületek szellőztetése. Mérés és mérési metódus a Szellőztető és klímaberendezések helyszíni mérésére.
- [12.] EN 125792 Épületek szellőztetése. Jelölések és terminológia.
- [13.] EN 13053 Épületek szellőztetése. Légtechnikai készülékek. Az eszközök és részegységeik értékelése és jellemzőinek megadása
- [14.] EN 13180 Épületek szellőztetése. Rugalmas csatornák méretezése és mechanikai követelményei.
- [15.] EN 13264 Épületek szellőztetése. Nemfémes csatornák. Szigetelőlapokkal burkolt légvezetékek
- [16.] EN 13403 Épületek szellőztetése. Nemfémes csatornák. Szigetelőlapokkal burkolt légvezetékek
- [17.] EN ISO 7790
- [18.] Lindab Air Duct Systems, Comfort Air Systems katalógus
- [19.] Fent említett szabványok

- [20.] Rehva Guidebook No8: Cleanliness of ventilation systems
- [21.] Rehva Guidebook No9: Hygiene requirement for ventilation and air-conditioning
- [22.] Indoor Air – The Silent Killer
- [23.] www.lifa.net
- [24.] Recknagel-Sprenger-Schramek: Fűtés és klímatechnika 2000
- [25.] VDI 3802:2014 Raumluftechnische Anlagen für Fertigungsstätten
- [26.] Krantz-TKT. E-Bericht Nr. 94 Auslegung des Zuluftvolumenstromes und Luftführungssysteme für Industriehallen
- [27.] Szűcs István – Woperáné Serédi Ágnes (2001) Levegőtisztítás
Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc 2001.
- [28.] Dr. Lajos Tamás (2009) Por leválasztása gázokból
Egyetemi jegyzet, BME 2009.
- [29.] Vaitoilma OY (1998) Segédlet a szűrők kiválasztásához
Gyári katalógus és segédlet, 1998
- [30.] Sipos Zoltán (1987) Ipari levegőtisztaság-védelem
Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1987
- [31.] Dr. Barótfi István Környezettechnika
<http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/kornyezettechnika-eloszo/ch03s04.html>
- [32.] Kostyák Ferenc (2014) Zárt terek levegőjének tisztántartása
Szakdolgozat Debrecen Egyetem 2014.
- [33.] R.E.Dunford (2003) Otthon és egészség
Magyar Világ Kiadó, 2003
- [34.] www.univerza.hu
- [35.] http://fikesz.hu/szuro_filter/en779-besorolas/
- [36.] Recknagel-Sprenger-Schramek (2000) Fűtés és klímatechnika
Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000
- [37.] Dr. Nyerges Tibor-Tóth Péter (1985) Ipari szellőztető berendezések
Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1985
- [38.] Dr. Koncz István (1968) Ipari szellőztető berendezések
Tankönyv kiadó Budapest 1968.
- [39.] www.klimawent.com.pl
- [40.] Dr. Lajos Tamás (2008) Az áramlástan alapjai

Kiadó: Dr. Lajos Tamás Budapest, 2008

- [41.] „Ismeret felújító, aktualizáló előadás sorozat a robbanásvédelem területén” című előadásának bővített, szerkesztett anyaga; 9.-11. o.; Dencz Béla, Fejes János, Melich István, Molnár Edit, Pongrácz Gábor, Tihanyi István; ExVá Kft. Budapest 2012.
- [42.] Robbanásveszélyes terek zónabesorolása (gázok/gőzök/ködök) II.; 59.-63. o.; Koburger Márk, Katasztrófavédelmi Szemle 2013.1. szám.
- [43.] „Ismeret felújító, aktualizáló előadás sorozat a robbanásvédelem területén” című előadásának bővített, szerkesztett anyaga; 28. o.; Dencz Béla, Fejes János, Melich István, Molnár Edit, Pongrácz Gábor, Tihanyi István; ExVá Kft. Budapest 2012.
- [44.] Éghető gázok, gőzök, ködök éghető és robbanóképes porok, valamint nem éghető, de robbanóképes porok által okozott veszélyek ipari technológiákban; Perlinger Ferenc, Koburger Márk; Szakmai továbbképzési anyag
- [45.] Robbanásveszélyes terek zónabesorolása (gázok/gőzök/ködök) II.; 31.-33. o.; Koburger Márk, Katasztrófavédelmi Szemle 2013.1. szám.

A sorozat keretében eddig megjelent kiadványok

2017.

1.	NÉMETH András, MILÁVECH Richárd	Iparban használatos vízminőségek
2.	DR. SZILÁGYI Zsombor, DR. SZUNYOG István	Mérések a gáziparban
3.	DR. BARNA Lajos, EÖRDÖGHNE DR. MIKLÓS Mária, DR. SZÁNTÓ Zoltán, DR. BALLA József	A biztonságos ivóvízellátás megteremtésének tervezési eszközei
4.	BORBÁS Lajos Dr.	Felépítés elvű (additív) gyártástechnológiák a gépészetben
5.	BERENCSI Miklós, BERECHY Ákos, HORVÁTH László, KOVÁCS Gergely, MIHÁLFY Krisztina	Kerékpárosbarát közlekedéstervezés
6.	TÜDŐS Tibor, DR. VARJÚ György, DR. PETRI Kornél, GÁBOR András	A csillagpontkezelés legújabb külföldi és hazai eredményei (Útmutató és tervezési segédlet)
7.	DR. GARBAI László, DR. JASPER Andor, VÁRADI András	Fűtési és használati melegvíz-igények kockázati elvű méretezése példákkal
8.	KÁDI Ottó, DOHÁNY Máté, JÓZSA Bálint, LÁSZLÓ Csaba Tibor, JAKKEL Ottó	A közúti vasutak (villamos) tervezésével kapcsolatos kézikönyv

2018.

9.	BLAZSOVSZKY László	A gázfogyasztó készülékek égéstermék elvezetésével kapcsolatos szabályozások hiányosságai és ellentmondásai
10.	CSORDÁS Szilveszter, FORGÁCS Lajos Dr., PÓLYA Endre ifj., RÉV Zoltán, UDVARDY Péter	Orvostechnológiai továbbképzés ismeretanyaga
11.	NÁDASDY Tamás, EGYHÁZY Zita, KOVÁCS Ákos Sándor, SZECSŐ Dániel Géza	A közúti biztonsági audit (KBA) jelentések elkészítésének alkalmazási segédlete – A közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről szóló jogszabályhoz és ütiügyi műszaki előíráshoz kapcsolódó értelmezési, kidolgozási és elfogadtatási javaslatrendszer
12.	DR. SZILÁGYI Zsombor, HORÁNSZKY Beáta	Földgáz kereskedelem (mérnöki segédlet)
13.	DR. SZILÁGYI Zsombor	Az energiahordozók jövője – kőolaj, földgáz, megújulók
14.	S. VÍGH Judit, DOHÁNY Máté	Magános közlekedők baleseti súlyosságának csökkentése mobil applikáció segítségével
15.	DR. BALIKÓ Sándor, DR. CSÜRÖK Tibor, NOVÁK Dániel, ORBÁN Tibor, DR. ZSEBIK Albin	Ötletlapok I. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai
16.	DARABOS Zoltán, KOLTAI Henrik, SZABÓ Tamás, SZÁSZ Béla, VAJDA Sándor	Felvonók felújítása és átalakítása – Műszaki segédlet
17.	TÜDŐS Tibor, KRUPPA Attila	Alapozásföldelők új tervezési elvei és kivitelezési módszerei – Tervezési segédlet és kivitelezési útmutató
18.	FENYVESI Zsolt	Tűzvédelmi tervek tartalmi szabályainak átdolgozása

19. GÁBORI László Dr., BEINSCHRÓTH József Dr., NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás Nagyméretű informatikai beruházásoknál (fejlesztéseknél) ajánlott szoftveroldali tervdokumentációk tartalmi elemeinek meghatározása (I. – II. kötet)
20. DR. DIVÓS Ferenc Az élő fák stabilitása – mérnöki megközelítés – Élő fák, mint teherhordó faszerkezetek
21. DR. KARÁCSONYI Zsolt Faanyagok tartós szilárdsága
22. BARNA Lajos Dr., ERDEI István, JASPER Andor Dr., TAKÁCS Gyula Segédlet épületek csatorna-berendezéseinek tervezéséhez
23. ANTÓK Péter István, FÜZÉR Ferenc, SÁRKÖZI András Fényvezető kábelszakaszok műszaki-minőségi ajánlás gyűjteménye
24. JANCsó Béla, DR. KULCSÁR Alexandra, NÉMETH Gábor, DR. VÍMI Zoltán, DÉRI Lajos, SZIMANDEL Dezső Vízbiztonsági engedélyezési eljárással kapcsolatos dokumentációk és engedélyeztetéssel kapcsolatos követelmények a 2018.01.01-én hatályba lépett 41/2017. (XII.29.) BM rendelet alapján
25. DR. TAKÁCS Bence, DR. SIKI Zoltán, DR. ÉGETŐ Csaba, BÉNYI László Mérnökegeodéziában alkalmazott alapponthálózatok – A jó gyakorlat bemutatása mintapéldákkal
26. DR. MÓCZÁR Balázs, LAUFER Imre, TÓTH Gergő, WOLF Ákos Korszerű támszerkezetek tervezése
27. HALÁSZ Györgyné Dr., CSERVENYÁK Gábor, TUCZAI Attila, VIRÁG Zoltán Különböző funkciójú épületek klimatechnikája II.
28. KÁDI Ottó, JÓZSA Bálint Kerékpáros balesetek létesítmények szerinti vizsgálata
29. GARBAI László Dr., JASPER Andor Dr., PELLER József Bendegúz Hőteljesítményátviteli tényező alkalmazása távhőrendszerek optimális szabályozásának modelljében
30. GARBAI László Dr., SÁNTA Róber Dr., JASPER Andor Dr. A kompresszoros hőszivattyúk optimalizálása – Tervezés és üzemeltetés
31. LADÁNYI Gábor Dr. Diagnosztika a karbantartásban
32. MÉSZÁROS János, MOLNÁR Tibor, RITZL András KIÜRÍTÉSI ÉS MENEKÜLÉSI ÚTVONALBA ÉPÍTETT AJTÓK tervezési segédlet (2018)

2019.

33. BLAZSOVSZKY László Földgáz elosztóvezetékek üzemeltetése
34. DR. SZILÁGYI Zsombor A megújuló energiahordozók jövője Magyarországon
35. FORGÁCS Lajos Dr., HAIDEGGER Tamás Dr., PÓLYA Endre ifj. Új fejlesztések, innovatív megoldások az orvostechnológia terén
36. VARRÓ Beáta, DR. KIS András Magyarországon előforduló, épületekbe beépített faanyagokat károsító gombák vizsgálata és azonosítása DNS diagnosztikával
37. MANNINGER Marcell, SZEPESHÁZI Attila, SCHEURING Ferenc, MOLNÁR György Munkatér határoló szerkezetek
38. KORSÓS András, RÁDULY Zsolt A közterületi és belterületi térfigyelő kamerarendszerek tervezési irányelvei
39. GERGELY Edit, DR. BEZEGH András Módszertani útmutató az üvegházhatású gázok közvetlen és közvetett kibocsátásának számítására
40. DR. BEZEGH András, BITE Pálné Dr., GERGELY Edit Városi környezetvédelem (Fenntartható és okos városok)

41. GÓDOR Balázs, DR. KÁSA László, SZÉKELY Bence Híddaruk méretezési segédlete (2019.)
42. FÜRJES Andor Tamás, KOTSCHY András, NAGY Attila Balázs, CSOTT Róbert Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló szituációkban
43. DR. KARÁCSONYI Zsolt Faanyagok tartós szilárdsága
Faanyagok szilárdságának változása az idő függvényében
44. DR. BALIKÓ Sándor, ORBÁN Tibor, VARGA Péter, DR. ZSEBIK Albin Ötletlapok II. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai
45. PRIMUSZ Péter, PhD. Hajlékony útpályaszerkezetek méretezése talajstabilizációk figyelembevételével
46. NÉMETH Balázs, HÁMORI Sándor, KOSTYÁK Attila, VÍGH Gellért Különböző funkciójú épületek klímatechnikája III. Segédlet ipari épületek lég- és klímatechnikai rendszereinek tervezése
47. JANCsó Béla, KAVECZKI Gergely, KÓCZÁN Gábor, LABORCZI Tamás, KNOLMÁR Marcell, RAUM László Csapadékvízgazdálkodás tervezési követelményei
Hogyan tervezzünk városi csapadékelvezető rendszereket
48. DOHÁNY Máté, SCHVANNER Norbert Kerékpárosok sebességének felülvizsgálata jelzőlámpás csomópontokban
49. JÓZSA Bálint, S. VÍGH Judit Sebességcsökkentés hatásainak vizsgálata gyorsforgalmi utakon
50. DR. ZSEBIK Albin, NOVÁK Dániel Projektlapok I. – Energiahatékonyság növelő javaslatok projektlapjai
51. DR. MÓGA István Beruházási projektek szabályozási és szabvány környezete, Tervezési követelmények meghatározása
52. DR. GÁBORI László, DR. BEINSCHRÓTH József, NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás Informatikai Tervező szakmai minősítő rendszere (Informatikai szakmai terület illesztése a Mérnök Kamarai működési rendbe és rendszerekbe)
I. kötet: Konceptió és modell
II. kötet: Modell illesztése
III. kötet: Tudástár
53. VIRÁG Zoltán, GYURKOVICS Zoltán, SZAKÁL Szilárd, VIRÁG Zsolt, ORCSI Attila Országos Tűzvédelmi Szabályzat épületgépész értelmezése a szakmai gyakorlatban
Segédlet a gyakorló épületgépész mérnökök számára I.