

Debreceni Egyetem
Műszaki Kar
Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék



Légfertőtlenítő berendezések alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata

Szerző: Németh Bíborka BSc hallgató

Témavezető: Dr. Csáky Imre
Tanszékvezető: Prof. Dr. Lakatos Ákos

Debrecen
2023.11.13

Tartalomjegyzék

1.Bevezetés.....	5
2.Légfertőtlenítő berendezések.....	10
2.1 UV-C fertőtlenítés [7]	11
2.2 HEPA szűrők [8].....	13
2.3 Ózon technológia [9].....	14
2.3.1Exozone [10]:.....	14
2.4 Hideg plazmás [11]	16
2.4.1 Nuxon:	16
2.5 Ion technológia.....	17
2.5.1 Sharp: [12].....	17
3.Légszennyezés	18
3.1 Antropogén források:.....	18
3.2 Természetes források:	20
4.Mérések a légtechnikai laboratóriumban	24
4.1 A légtechnikai laboratórium bemutatása	24
4.2.Alkalmazott műszerek	30
5.Mérések az Airvent Légtechnikai Zrt. székhelyén	41
5.1 Mérési eredmények az Airvent Légtechnikai Zrt. székhelyén	42
6.Összefoglaló.....	44
Köszönetnyilvánítás:	45
Irodalomjegyzék	46

Ábrajegyzék

1. ábra a szellőztető berendezés működési elve (Saját készítésű ábra)	8
2. ábra légfertőtlenítés fajtái (Saját készítésű ábra)	10
3. ábra cégek csoportosítása (Saját készítésű ábra)	10
4. ábra aktív szénzsűrő (saját kép)	12
5. ábra a légfertőtlenítő berendezés belseje (saját kép)	12
6. ábra UV-C reaktor (saját kép)	12
7. ábra finomszűrő (saját kép)	12
8. ábra Exozone fertőtlenítő	14
9. ábra fertőtlenítő anyag eloszlása	15
10. ábra Nuxon belső felépítése	16
11. ábra UA-HD60E-L típus	17
12. ábra UA-HD40E-L típus	17
13. ábra UA-PN1E-W típus	17
14. ábra A közlekedési szektor hozzájárulása a fő légszennyező anyagok teljes kibocsátásához [15].	19
15. ábra Légkezelő berendezés (saját készítésű ábra)	24
16. ábra füstölt légáram (saját kép)	25
17. ábra testo turbulenciafok szonda állványon (saját készítésű ábra)	25
18. ábra állvány távolsága a légfertőtlenítőtől (saját készítésű ábra)	26
19. ábra labor modell (saját készítésű ábra)	27
20. ábra téli és nyári légáramok (saját készítésű ábra)	28
21. ábra lamella állások oldalas légáram kialakításához (saját készítésű ábra)	28
22. ábra lamella állások körkörös légáramhoz (saját készítésű ábra)	28
23. ábra anemosztát lamellái (saját kép)	29
24. ábra lamella állások téli időszakhoz (saját készítésű ábra)	29
25. ábra anemosztát külső borítása (saját kép)	29
26. ábra Kimo DBM 610	31
27. ábra testo turbulencia fok szonda mérőfeje (saját kép)	31
28. ábra testo turbulencia fok szonda (saját kép)	31
29. ábra testo 400-as klíma- és légtechnikai mérőműszer (saját kép)	32
30. ábra Mérés (saját kép)	34
31. ábra Légsebesség a tartózkodási zónába (400 m ³ /h)	35
32. ábra Légsebesség a tartózkodási zónában (50m ³ /h)	35
33. ábra Anemosztát légsebességei közvetlen a kifúvásnál	36
34. ábra Légsebesség a tartózkodási zónában (400 és 500m ³ /h)	37
35. ábra Légsebesség a tartózkodási zónában (200 és 500m ³ /h)	37
36. ábra UV-C FlitAir-s 30 légsebességei közvetlen a kifúvásnál	39
37. ábra UV-C FlitAir-s 30 légsebességei közvetlen a beszívásnál	39
38. ábra UV-C FlitAir 75 (kifúvás a gép tetején) (saját kép)	41
39. ábra UV-C FlitAir 75 (kifúvás a front oldalon) (saját kép)	41
40. ábra UV-C FlitAir 45 (kifúvás a gép tetején) (saját kép)	42
41. ábra UV-C FliAir 75 légsebességek közvetlen a kifúvásnál	43
42. ábra UV-C FliAir 75 légsebességek közvetlen a beszívásnál	43

1. táblázat Szennyező anyagok és azok hatásai az emberi szervezetre	18
2. táblázat Általános légsebességek MSZ CR 1752.....	33
3. táblázat Anemosztát 500m ³ /h, légfertőtlenítő 400m ³ /h	40

1.Bevezetés

A koronavírus lassan negyedik éve az életünk részévé vált, ami eleinte borzasztó akadályok elé állította az egész emberiséget. Habár az elhalálozások és megbetegedések száma csökken, mai napig küzdünk ellene. 2019 decemberében egy új koronavírus (SARS-CoV-2) jelent meg Kínának központi területén fekvő, legnépesebb városában, Vuhanban, és néhány hónapon belül gyorsan elterjedt a világban, COVID-19 néven [1]. Amikor 2020. március 12-én már majdnem 125 000 ember volt regisztrálva világszerte (ebből több mint 20 000 beteg és 1000 haláleset Európában), a Világ Egészségügyi Szervezet (WHO) világjárványnak nyilvánította a COVID-19-et [2]. A WHO bejelentése után világszerte bevezették a megelőző kormányzati rendeleteket, ideértve Magyarországot is, hogy megfékezzék a vírus terjedését. Az összes országban epidemiológiai intézkedések keretében növelték a higiéniai szabályokat és a társadalmi távolságtartást, ösztönözve az embereket, hogy ne hagyják el lakóhelyüket, ha lehetséges ("Maradj otthon!" Ajánlások), személyes védekezést keressenek, minimalizálják a kapcsolatokat és találkozásokat, valamint tartsanak legalább 1,5 méteres fizikai távolságot egymástól. Ezen kívül, a fertőzés terjedésének megakadályozása érdekében sok országban bezárták a közintézményeket és köztereket (éttermek és egyéb szolgáltatók), korlátozták vagy betiltották az utazást, és tömeges eseményeket (kulturális és sportesemények, fesztiválok, vásárok) töröltek, sőt munkahelyeket is bezártak.[3] Magyarországon a kormány 2020. március 11-én rendkívüli helyzetet hirdetett ki [4], és, ahogy a világ legtöbb országában, intézkedéseket hoztak az emberek mindennapi életének korlátozására, amelyeket csak fokozatosan oldottak fel az első járványhullám első csökkenésével együtt.

A kezdeti megszorítások egyike volt a sávós időrend és lezárások.

Templomokban több misét tartottak, hogy minél kevesebb ember legyen egyszerre jelen. **Művelődési házakban** megszűntek az előadások, a **múzeumokban** csak is kis csoportos látogatások voltak lehetségesek, már ha nyitva tartott valamely múzeum, amely a kulturális életre volt hatással. A **házasságkötőkben** csak a szűk körű család tartózkodhatott, amely minden akkor kötött házassodó párnak kellemetlen helyzetet okozhatott, hogy ki legyen az a pár ember, akit meghív és családi viszályokat okozhatott. A **boltokban** idősávokat vezettek be, délelőtt mehettek a nyugdíjasok tehát a veszélyeztetettebb korosztály és csak később minden más korosztály, ami a nem hétköznapi időbeosztásban dolgozó emberek életét nagyon

megnehezítette. Ilyenkor jelentek meg a **szupermarketek** a házhozszállításban. A kisebb boltokra, éttermekre és egyéb vendéglátó helységekre másképp hatott a pandémia.

Rengeteg szolgáltatás csődbe ment a szigorú megszorítások miatt és emberek életét tette tönkre ezzel a vírus.

A vírus a gyermekek és felnőttek életére együttesen hatott. Az olyan **munkahelyeken**, ahol nem volt elengedhetetlenül fontos a személyes jelenlét minden nap, bevezették a home office és/vagy hibrid rendszert, ami azt jelenti, hogy irodákba annyi ember mehetett egyszerre, hogy be tudják tartani az előírásokat, mint például a másfél méter távolság tartása, mindenki más otthonról dolgozott. Aki átélte tudja milyen **negatív** hatással van az emberekre mentálisan a home office, mert mindenkinek szüksége van napi kapcsolatra társaival. Az otthoni munkavégzés során nem volt biztosítható az irodai komfort, mindenkinek az otthoni környezetben kellett elvégezni a munkát. Ezzel szemben viszont az a **pozitívum** jelent meg, hogy a munkába, iskolába való utazási idő ezáltal felszabadult és ezt az időt sportolásra, családdal töltött minőségi időre, bármire fordíthatták az emberek. Viszont a diákok sokkal jobban igényelték az osztálytársaik, csoporttársaik jelenlétét, hisz társas lény az ember és a legtöbb diák csak azért szereti vagy viseli el az iskolát, mert a barátaival lehet, ezt két tanévre megvonták tőlük. Szociális képességeik visszafejlődhettek ez idő alatt. Nem beszélve arról, hogy a diákok kreativitása határtalan a csalás terén, tehát jobb jegyek születtek kevesebb tudással, ami a jövőben fog **negatív** hatást gyakorolni. A munkahelyeken a friss diplomás dolgozók, akiknek még szükségük van egy mentorra és napi konzultációra, hogy biztosan jó tanítványok legyenek nem kapták meg a megfelelő segítséget és így jóval nehezebb lesz számukra az előrelépés. Évekkel meghosszabbodott ezáltal a tanulásuk és fejlődésük a szakmában.

A családokon belül azonban **pozitív** hatást gyakorolt az otthonlét. Sok családot közelebb hozott és jobban megismerték egymást a családtagok, mert több időt töltöttek együtt. Higiéniai okokból viszont rossz volt a pandémia. Hajlamos rá az ember, hogy kihagy egy két fürdést, fogmosást, hajmosást, ha tudja, hogy úgy sem kell megjelenni sehol és ez átbillenhet egy határon, ami már káros lehet az egészségre. Az unalom evés és nassolás is gyakoribb lett, amivel még egészségtelenebb lett a társadalom.

A fent felsorolt események, okaik és következményeik teszik oly fontossá az épületek levegőjének minél frissebbé, egészségesebbé tételét, kórokozó tartalmának minimalizálását.

Erre ad lehetőséget az épületek szellőztetésének lehető legkorszerűbbé tétele, levegőjének fertőtlenítése.

Az épületek szellőztetésének fajtái:

Természetes szellőzés

A természetes szellőzés ellenőrizhetetlenségének, a túl nagy hőveszteségek veszélyének és néha a teljes működésképtelenségét okozó időjárástól való függés. [6] Természetes szellőztetés esetén nem tudjuk szabályozni a hőfokot és páratartalmat csak a külső levegő tulajdonságai állnak rendelkezésünkre. Ráadásul a nyitott ablakon beszűrődhet kellemetlen mennyiségű por és zaj ezzel ellentétben a mesterséges szellőzés során nem zavarhatja meg ezen fajta külső tényezők a helységben tartózkodókat.

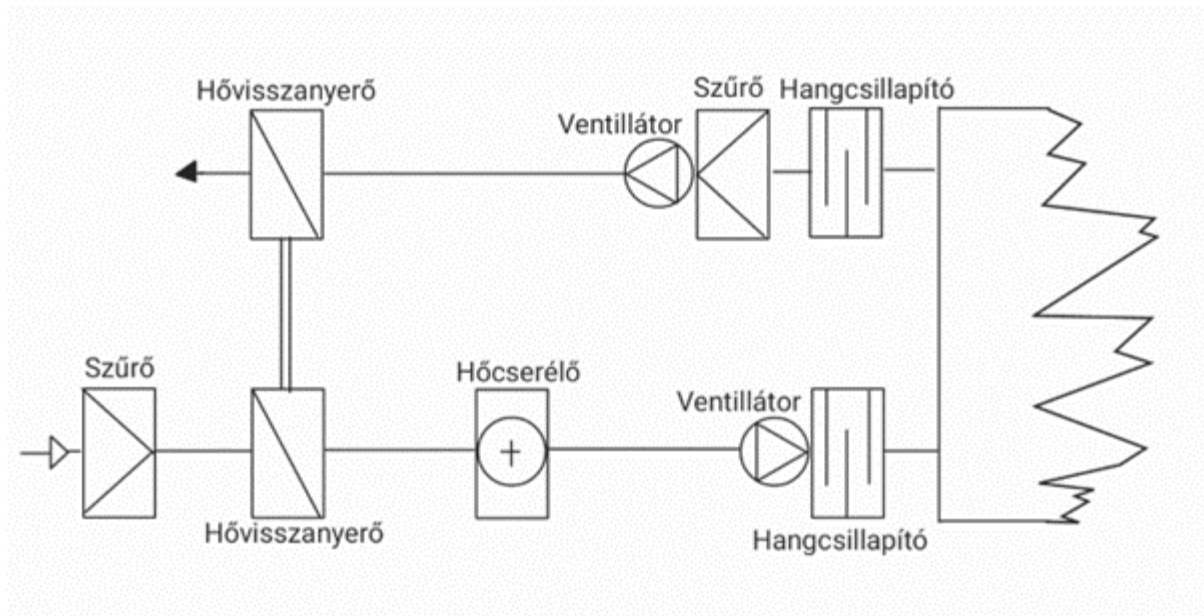
Mesterséges szellőzés

A mai korszerű épületek hőszigeteléssel és többrétegű üveg nyílászárókkal ellátott épületek ezáltal légtömörek. Az ilyen épületekben kellemetlen és energia pazarló a természetes szellőztetés, ezért szükségünk van más alternatívára, a mesterséges szellőztetésre. [5]

Minden olyan rendszert, amely működése alkalmával megváltoztatja a benne áramló levegő paramétereit légtechnikai rendszernek nevezünk.

A gépi szellőztetés befolyással van a tartózkodási zóna komfort paramétereire ilyenek például a levegő hőmérséklete, páratartalom, a légsebesség és az ebből adódó huzat. Ezek a paraméterek jól méretezhetők/tervezhetőek és általában nem okoznak diszkomfortot.

A szellőztető berendezés működési elve: a levegő útjába először egy levegő szűrő egység áll majd tovább haladva egy hővisszanyerő berendezés után egy hőcserélővel találkozik, majd mielőtt elérné a cél helységet előtte egy hangcsillapító egységen áramlik át, ami előtt megtalálható egy ventilátor. Amennyiben a befűjt levegő már elhasználódott egy elszívó egységen távozik. Utána egy hangcsillapító, majd egy levegő szűrő egységgel, ventilátorral kerül kapcsolatba. Miután ezen áthaladt a hővisszanyerő berendezésbe kerül, ahol elvonják a hőjét és az új friss levegő felmelegítésére használják hőtakarékoság okán. Majd a levegő távozik a rendszerből. (1.ábra)



1. ábra a szellőztető berendezés működési elve (Saját készítésű ábra)

A mechanikai szellőzés megvalósítható sok épületben, mint például irodaházak, bevásárló központok, kórházak, ipari csarnokok, boltok, művelődési házak, templomok, fodrászatok és szépségszalonok.

A mesterséges szellőztetés mellett szóló érvek: A mesterséges szellőztetés olyan rendszer, amely lehetővé teszi a levegő áramlásának ellenőrzését és szabályozását az épületben, különböző helyiségekben. Ezzel szemben a természetes szellőztetés a szél és hőmérséklet-különbségek által generált légáramláson alapul, ami nem mindig megfelelő vagy kiszámíthatatlan lehet. A mesterséges szellőztetés előnyei közé tartozik, hogy függetleníthető a széláramlástól és a hőmérséklet-különbségektől, így a levegőcsere ellenőrizhetővé válik. Az bevezetett külső levegő mennyiségét a lakók igényeihez lehet igazítani, és a levegőt az egyes helyiségek levegőjének felhasználtságához lehet illeszteni. Például, a friss levegőt elsősorban olyan helyiségekbe vezethetjük be, mint a lakó- és hálószobák, majd az elhasznált levegőt a fürdőszobába, WC-be és a konyhába irányíthatjuk, ahonnan aztán a szabadba távozik. Emellett a téli friss levegő előmelegíthető így a hőveszteség csökkenthető. Egy hőcserélő segítségével a távozó, elhasznált levegő hőjét át lehet adni a friss levegőnek, így előmelegítve azt. Ez segít elkerülni a belső falfelületek túlzott lehűlését és csökkenti a páralecsapódás okozta átnedvesedést, valamint a penészesedés veszélyét. Mesterséges szellőztetőberendezésekkel nemcsak a káros anyagok problémáját lehet megoldani, hanem az alapszellőztetést is hatékonyan lehet kezelni, függetlenül azt a szélről és hőmérséklet-különbségektől. Ezáltal a lakók kényelme és egészsége is javítható. [6]

A különböző egészségügyi szervezetek javaslatokkal álltak elő, aminek köszönhetően a különböző gyártó cégek kifejlesztettek egy új beltéri berendezést. Ezt légfertőtlenítő berendezésnek nevezték. A piacon 2019-ig számtalan légfertőtlenítő berendezés volt. Ezeket viszont csak kórházakban alkalmazták.

Általánosságban a légfertőtlenítő berendezés működési elve: több berendezés első fázisában mechanikus tisztítást végez, vagyis leválasztja a levegőben lévő szilárd szennyeződések. A második fázisban pedig valamilyen technológiával (UV-C sugárzással, plazma, ...) elpusztítja a szűrőn átjutott kórokozókat.[7]

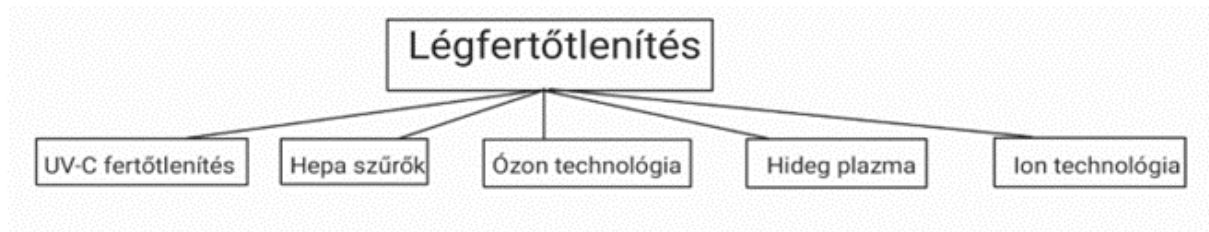
A légfertőtlenítő berendezések befolyással vannak a tartózkodási zónára, mint légsebesség mint huzat szempontjából. Ezt a gyártók figyelembe vették.

A hazai és nemzetközi **szakirodalomban hiányosságok**at tártam fel a mesterséges szellőztetés és a légfertőtlenítő berendezés együttes használatával kapcsolatban. Mivel mindkét berendezés befolyásolja a tartózkodási zóna légsebességét ezzel együtt a huzathatást, ezért fontos elemezni együttes hatásukat a tartózkodási zónára.

Célom igazolni a légfertőtlenítő berendezés hatását a tartózkodási zónára (turbulenciafok, huzatarány, légsebesség és hőmérséklet) illetve a légfertőtlenítő berendezés és mesterséges szellőztetés együttes hatásának vizsgálata.

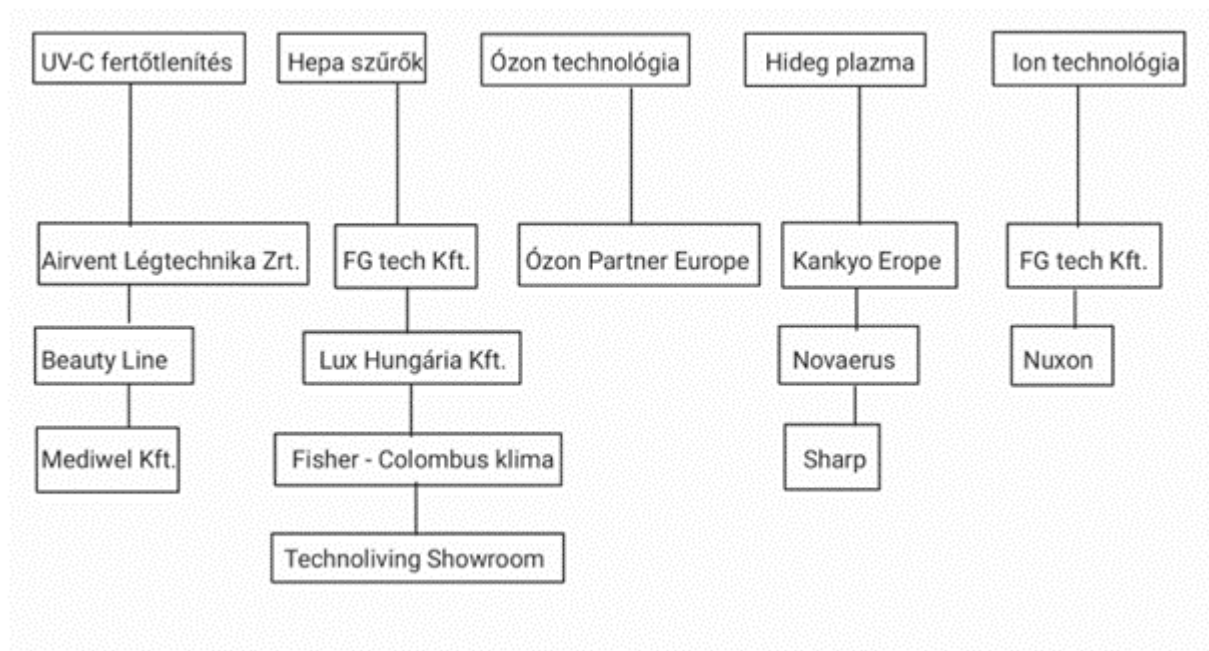
2.Légfertőtlenítő berendezések

Első lépésben azonosítottam a magyar piacon lévő légfertőtlenítő technológiákat és csoportosítottam azokat. (2.ábra)



2. ábra légfertőtlenítés fajtái (Saját készítésű ábra)

Majd feltártam, hogy a cégek milyen különböző technológiákkal foglalkoznak és a cégek berendezéseit megismertem. (3.ábra)



3. ábra cégek csoportosítása (Saját készítésű ábra)

A továbbiakban bemutatom a különböző módszereket.

2.1 UV-C fertőtlenítés [7]

A berendezés a működés első fázisában mechanikus tisztítást végez: leválasztja a levegőben lévő szilárd szennyeződések, a második fázisban pedig erős UV-C sugárzással elpusztítja a szűrőn átjutott kórokozókat. Az UV-C sugárzás az ultraibolya fényspektrum rövidhullámú tartományába tartozik. [7] Ez a fajta sugárzás, ha megfelelően alkalmazzák, biztonságosan és hatékonyan használható fertőtlenítésre. Ennek oka, hogy a 253,7 nm-es hullámhosszon lévő rövidhullámú ultraibolya sugárzás képes roncsolni a kórokozók örökítőanyagát, megakadályozva ezzel, hogy tovább fertőzzék a környezetüket. [7] Az UV-C FiltAir UV-C sugárzói optikailag zárt térben foglalnak helyet, így a készülék a helyiségben tartózkodó emberek jelenlétében is folyamatosan használható. Az UV-C FiltAir germicid fényforrásai nem hoznak létre ózont, így folyamatos használatuk biztonságos.[29]

Az alacsony hullámhosszúságú UV-C sugárzás (180-200 nm) hatására a levegő oxigénjéből ózon keletkezik. Bár az ózon bizonyos koncentrációban mérgező lehet, kis mennyiségben képes bontani a zsírsavakat, így használják háztartási szagtalanító készülékekben is. Az UV-C FiltAir fénycsővei azonban 260-280 nm hullámhosszúságú fényt bocsátanak ki, ami teljesen kizárja az ózonképződést. [7] Ezáltal biztosítva a fertőtlenítés hatékonyságát és a környezet biztonságát. A fénycsővek cseréjét a gyártó 8000 üzem óránként ajánlja.

Élettani hatások: Az UV-C sugárzás károsítja a bőrt, vakságot okoz. Az UV-C FiltAir berendezés zárt kialakításának köszönhetően nem engedi ki az UV-C sugarakat a légterbe, így direkt sugárzás nem érheti az emberi szervezetet.[29]

Az alacsony villamosenergia-fogyasztás miatt folyamatos működés mellett is gazdaságosan üzemeltethető. Nincs hatással az épületek energiamérlegére mivel csak kis mértékben változtatja meg a levegő hőmérsékletét, ezért meghatározóan nem növeli a hűtési és fűtési igényt.[30]

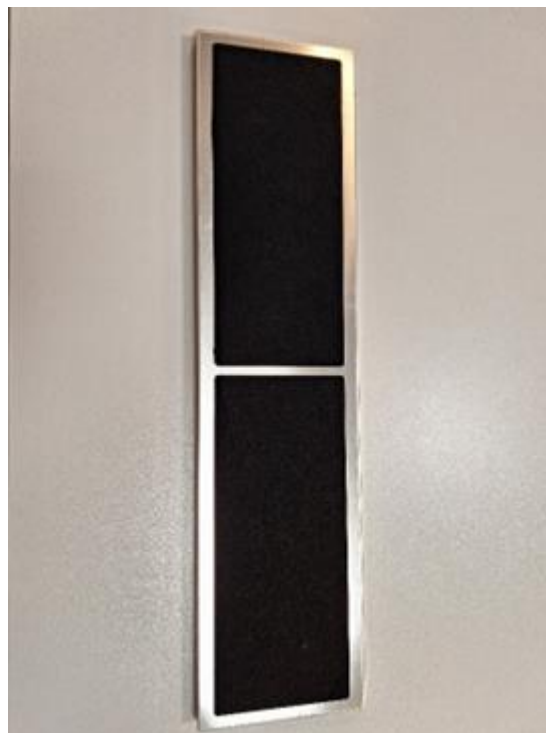
Ilyen például az Airvent UV-C FiltAir készülék, (5.ábra) melynek működési elve:

A levegő az EC nyomókamrás ventilátor hatására alulról a készülékbe áramlik, ahol a beömlő levegő áthalad a szűrőn, ami felfogja a levegőben lévő részecskék legnagyobb részét. (7.ábra) Az UV-C reaktor erős UV-C sugárzással sterilizálja a rajta áthaladó levegőt. (6.ábra)[7]

Miután áthaladt az aktív szén-szűrőn, a csíráatlanított levegő a berendezés felső részén át visszaáramlik a helyiségbe. (4.ábra) [7]



5. ábra a légtisztító berendezés belseje (saját kép)



4. ábra aktív szén-szűrő (saját kép)



7. ábra finomszűrő (saját kép)



6. ábra UV-C reaktor (saját kép)

2.2 HEPA szűrők [8]

A HEPA filteres légtisztító egy olyan eszköz, amelynek célja a levegőben található nem kívánatos részecskék eltávolítása. A szűrő egy rendkívül finom részecskeszűrő, amely 0,3 mikron vagy ennél nagyobb méretű részecskéket szűr ki hatékonyan. Ennek következtében a nagyobb por, pollen, szőrszálak stb. könnyen eltávolíthatók a levegőből. Azonban fontos megjegyezni, hogy a HEPA szűrők nem hatékonyak az olyan nagyon kicsi részecskék, mint például vírusok, baktériumok, penész, gomba vagy VOCs (illékony szerves vegyületek) szűrésére. Ezek a részecskék vagy vegyületek gyakran kisebbek, mint a HEPA szűrő pórusmérete, így át tudnak hatolni a szűrőn, és nem lesznek eltávolítva. [9]

A kiváló hatékonyságú részecske szűrés látszólag bonyolult fogalomnak tűnhet, de valójában azok a szűrők kapják a HEPA minősítést, amelyek három különböző módszer kombinációjával gyűjtik és távolítják el a port és más szennyeződések a levegőből. Az amerikai Energia Hivatal által meghatározott szabvány szerint a HEPA szűrőknek legalább 99,97%-os hatékonysággal kell eltávolítaniuk a 0,3 mikronos részecskéket a levegőből. Ez azt jelenti, hogy szemléletesen megfogalmazva, 10.000 részecskéből mindössze 3 lehet jelen a kifűjt levegőben. Régebben a HEPA szűrővel ellátott légtisztítókat főként laboratóriumokban vagy egészségügyi intézményekben alkalmazták. Azonban a folyamatos kutatások azt mutatják, hogy a gyenge beltéri levegőminőség komoly egészségügyi kockázatot jelent. Ennek következtében ezek a készülékek egyre inkább elterjedhetnek és használatosak lehetnek közösségi helyeken is. A HEPA szűrők úgy fejtik ki a hatásukat, hogy három különböző módon használják ki a levegő áramlását:[8]

Elzáródás: A HEPA szűrőn áthaladó légáramlatban lévő nagyobb részecskék közvetlenül a szűrő rostjaiba jutnak és ott megrekednek a becsapódás után. Ezek a részecskék elég nagyok ahhoz, hogy a légáramlás ezután nem mozdítja el azokat a rostokról. [8]

Feltartóztatás: A közepes méretű részecskék rostról rostra haladnak a légáramlattal együtt, azonban a tehetetlenségükből adódóan enyhén irányt változtatnak. Ekkor a szűrő rostjai feltartóztatják ezeket a részecskéket. [8]

Diffúzió: A kisebb részecskék egymásnak ütköznek, ettől még kiszámíthatatlanabb a mozgásuk, nagyon kicsi az esélye annak, hogy úgy haladjanak el a rostok mellett, hogy nem ütköznek nekik. Ez tehát azt jelenti, hogy nem feltétlenül a legkisebb részecskéket a legnehezebb szűrni. [8]

2.3 Ózon technológia [9]

Az ózon technológia ugyan vegyszermentes, az árnyoldala azonban az, hogy minimális koncentrációban is káros az egészségre, valamint az eltérő felületeket, nem csak tisztítja, hanem roncsolja is. [9] Az ózonnal történő fertőtlenítés egyik hátránya, hogy szakaszosan alkalmazható, hiszen egészségkárosító. Az ózon kötőhártya gyulladást és egyéb megbetegedéseket okozhat. A fertőtlenítés után a levegő gyorsan újra szennyeződhet. Az ózongenerátorok különböző kémiai folyamatok útján állítják elő az ózont a levegőből. Az ózon az egyik legerősebb fertőtlenítő hatású anyag, képes a levegőben található káros anyagokat semlegesíteni és fertőtleníteni a levegőt. Az ózongenerátorok előnye, hogy nemcsak a levegőt tisztítják meg, hanem a tárgyak felületét is sterilizálják. Emellett képesek a kellemetlen szagokat is eltávolítani, így a környezet friss és tiszta lesz. [9]

2.3.1 Exozone [10]:

A szabadalommal védett ExOzone® (8.ábra) technológia az ózont száraz, gáz halmazállapotú formában állítja elő magas koncentrációban. A mikroprocesszor vezérelt mobil berendezés automatikusan programozható a kívánt feladatra. A beépített negatív ion generátor az ózon gyorsabb lebontását segíti elő. A teljes folyamat mérőműszerrel a helyiségen kívül felügyelhető.



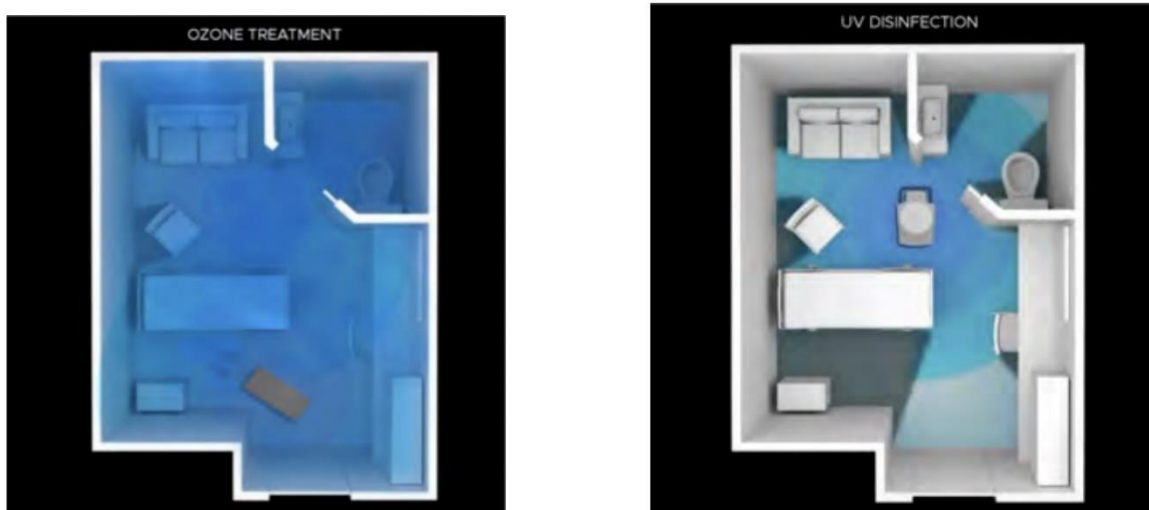
8. ábra Exozone fertőtlenítő

Ez a korábban nem elérhető mértékű, kizárólag a levegőből előállított

ózonmennyiség lehetővé teszi a kórokozómentes környezet egyszerű kialakítását. Az emberiség számára a leghatásosabb természetes oxidálószerként ismert ózon a koronavírusok ellen is rendkívül hatékony védekezési módszer. A korábbi vizsgálatokban a vírusok 99% -a megsérült vagy megsemmisült az ózon 30 másodperces expozíciója után. Az ózon elpusztítja a vírusokat azáltal, hogy a fehérje burkolaton keresztül diffúzióval bejut a nukleinsav magba, és ezzel károsítja a vírus RNS-t. [10] Magasabb koncentrációk mellett az ózon oxidációval elpusztítja a külső fehérjehéjat. Jelenleg 17 különböző laboratóriumi kutatás bizonyítja, hogy

az ózon könnyen képes elbánni a SARS vírussal. Az egyik vizsgálat során az ózon a SARS vírus 99,22 %-át elpusztította.

Homogén eloszlás: Az ózon gáz halmazállapotának köszönhetően egyenletes fertőtlenítőanyag eloszlást biztosít. (9.ábra) A ködöléses és hagyományos tisztítószeres fertőtlenítő eljárások, a gravitációs hatás miatt soha nem hozhatnak olyan eredményt, mint egy gáz alapú fertőtlenítés.



9. ábra fertőtlenítő anyag eloszlása

Előállítás környezeti levegőből: Az ExOzone® rendszerek esetében a berendezés elektromos áram segítségével a környezeti levegőből állítja elő a fertőtlenítő anyagot, mely a kezelés végeztével oxigénre bomlik vissza. Nem hagy semmilyen vegyszermaradványt, nem károsítja az elektromos berendezéseket, a hagyományos folyadék alapú fertőtlenítőszerrel ellentétben.

Kiemelkedő hatékonyság: Az ózon a földön ismert egyik legerősebb fertőtlenítőszer. Oxidációs együtthatója magasabb, mint a klóré, a klór-dioxidé, illetve a hidrogén-peroxidé.

Költséghatékonyság: Az ózon egy természetes anyag, melyet a berendezés az ismert módon állít elő, nincs szükség a fertőtlenítőszer beszerzésére, tárolására, újra töltésére.

Jelenlegi felhasználási helyek:

- Élelmiszeripari és feldolgozóipari üzemek (általános helyiségek fertőtlenítése, étkezési- és tenyész tojás csírámentesítése, közösségi terek fertőtlenítése)
- Közösségi közlekedés (tömegközlekedési eszközök, várótermek fertőtlenítése)
- Egészségügyi helyiségek (kórtermek, közösségi terek, kezelő helyiségek, műtők fertőtlenítése)

- Irodaépületek (közösségi terek és irodahelyiségek általános, rendszeres fertőtlenítése)
- Éttermek, szállodák (általános helyiségfertőtlenítés)

További felhasználási lehetőségek:

- COVID-19 vírus miatt magasabb kockázatú helyiségek (háziorvosi kezelők, orvosi szobák, egyéb helyiségek)
- Kormányhivatalok, közintézmények
- Egészségügyi eszközök

[10]

2.4 Hideg plazmás [11]

2.4.1 Nuxon:

Hideg plazmás levegőtisztító technológia hatékonyan csökkenti a levegőben lévő port, a másodperc töredéke alatt semlegesíti és lebontja a levegőben lévő szennyező anyagokat és baktériumokat, hatékonyan szabályozza az illékony szerves anyagokat, vegyületeket és tisztítja a levegőt. Belső felépítését a (10.ábra) a következő ábrán lehet megismerni. [11]

A Nuxon hideg plazmás légtisztító berendezése használható kórházakban, idősotthonokban, szociális intézményekben, nyilvános helyiségekben, WC-kben, valamint olyan helyeken, ahol nagy mértékű légszennyezettségre, jelentős fertőzésveszélyre számíthatunk. A berendezés 2 ioncső segítségével akár 300m²-es belső tér teljes légfertőtlenítését is képes elvégezni. [11]



10. ábra Nuxon belső felépítése

2.5 Ion technológia

2.5.1 Sharp: [12]

Plasmacluster Ion technológia pozitív és negatív ionok: baktériumok, vírusok, allergének, penészgombák, szagok eltávolítását végzi.

Az előszűrő kiszűri a kb. 240 mikronnál nagyobb méretű részecskéket. A szagszűrő magába szívja a kellemetlen szagokat. A HEPA szűrő az apró 0,3 mikronnyi részecskék 99,97%-át kiszűri. [12] A párasító funkciónak köszönhetően az ember bőre és torka kevésbé szárad ki, egészség megőrző hatást fejt ki. Néhány készülék látható a (11.ábra, 12.ábra és 13.ábra) következő ábrákon a Sharp márká jobb megismerése céljából. [12]



12. ábra UA-HD40E-L típus



11. ábra UA-HD60E-L típus



13. ábra UA-PN1E-W típus

Tehát általánosságban elmondható, hogy a mesterséges és természetes szellőztetés mellett ajánlott egy fertőtlenítő készülék a szennyeződés és kórokozók megszüntetésére (például covid miatt).

3.Légszennyezés

A belső térben nem csak a különböző vírusok vannak jelen, hanem antropogén és természetes forrásokból származó szennyezőanyagok is. Ezért megvizsgáltam ezeket a szennyezőanyagokat is.

Légszennyező anyag: Levegőszennyező minden olyan anyag, amely (származásától és állapotától függetlenül) olyan mértékben jut a levegőbe, hogy az embert és környezetét károsítja, vagy anyagi kárt okoz. [13]

Jelenleg körülbelül 10 millió vegyszert tartanak nyilván a világon, és ezekből 75 ezer megtalálható az ember közvetlen környezetében is.

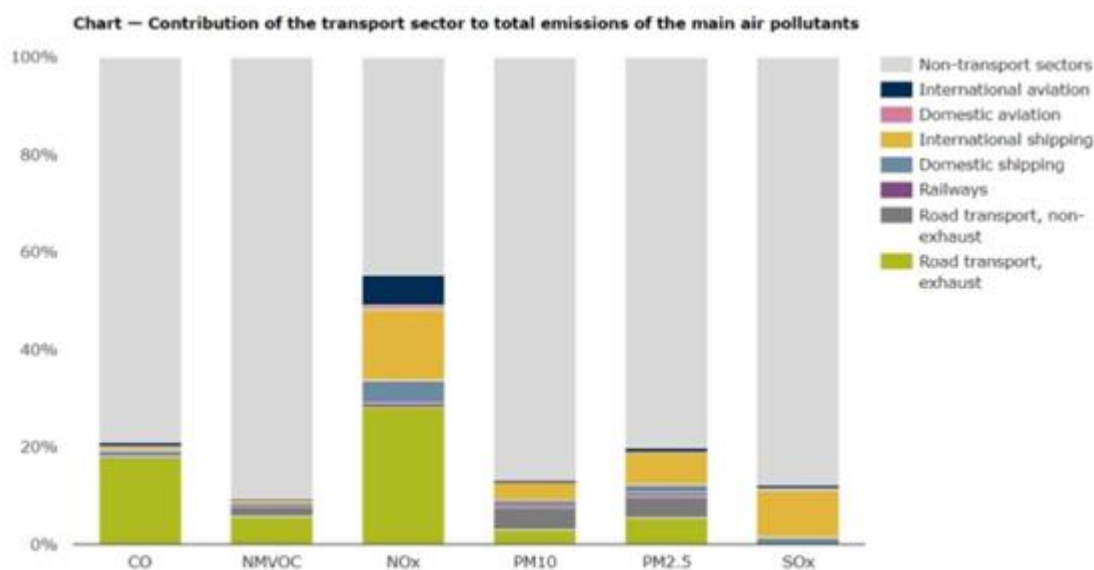
Szennyezőanyag	Belső környezet források	Emberi szervezetre kifejtett hatás
Formaldehidek	Berendezési tárgyak, padló-lakk, bútorszövetek	Allergén, krónikus nátha és köhögés,
Benzol, fenol	Flakonok, PVC padló, telefon, kábelek, szőnyeg	Károsítja a májat, a vesét és fejlődési rendellenességet okoz
Etanol, acetone, xilol	Ragasztók, pillanatragasztók	Narkotizál, rákkeltő
Szendioxid	Emberi jelenlét	Fejfájás, szédülés
Szénmonoxid	Gázkészülékek nem szakszerű karbantartása	Fáradtság, szédülés, rosszullét, eszméletvesztés. halál
Radon	Építőanyagok, talaj	Tüdőrákot okozhat
Vírusok és baktériumok	Emberektől, állatoktól	Allergén, szénanátha

1. táblázat Szennyező anyagok és azok hatásai az emberi szervezetre [14]

3.1 Antropogén források:

- legfőbb kibocsátók: szállítás/közlekedés, energiatermelés, ipar
- általában területileg koncentráltan nagy városokban vagy ipartelepeken helyezkednek el [14]

Légszennyezés: A kipufogógáz több, mint 400 összetevőből épül fel, legtöbb csak nyomokban található meg. N_2 , O_2 , H_2O nem ártalmas a környezetre és az egészségre. Azonban fellelhetők mérgező és esetenként rákkeltő anyagok is. A káros anyag kibocsátás a legfőbb oka a légszennyezésnek. (14.ábra)



14. ábra A közlekedési szektor hozzájárulása a fő légszennyező anyagok teljes kibocsátásához [15]

Járművek mozgásából adódó emissziók:

Nem kipufogógáz eredetű emissziók (Non-exhaust emissions, NEE): olyan kibocsátások, melyek nem köthetők az üzemanyag elégetéséhez és a légszennyezők nem a kipufogón keresztül kerülnek jutnak a légkörbe.

Forrásai:

- fék, tengelykapcsoló, gumi kopása;
- gépjármű-alkatrészek korróziója
- aszfalt (út) kopása;
- útra ülepedett por felverése (reszuszpenzió)

Dízelmotor: a befecskendezés a forró levegőbe történik → üzemanyagsugár külső felülete gyorsan égni kezd. A belső rész égéséhez viszont nincs már elég oxigén (lokálisan dús), mivel az a külső burok égésekor elhasználódott. → magasabb koromkibocsátás, a korom rákkeltő anyag [31]

3.2 Természetes források:

Össz kibocsátásukat tekintve a mesterséges szennyező forrásokat többszörösen meghaladják, a bioszféra szempontjából tartós és káros szennyezőanyagkoncentrációk kialakulásához általában nem vezet. [9]

Számos időszakos légszennyezési esemény, mint például a 1952-es történelmi londoni köd, és számos rövid és hosszú távú epidemiológiai tanulmány vizsgálta a légszennyezés hatásait az emberi egészségre. Állandó megállapítás az, hogy a légszennyező anyagok növelik a halálozási arányt és a kórházi felvételek számát. [16] A légszennyező anyagok különböző összetétele, a kitettség dózisa és ideje, valamint az a tény, hogy az emberek általában légszennyező keverékeknek vannak kitéve, mintsem egyetlen anyagnak, sokféle hatást eredményezhetnek az emberi egészségre.

A központi idegrendszert főként nehézfémek (ólom, higany és arzén) és dioxinok befolyásolják. Neurotoxicitás következtében neuropátiák alakulnak ki, olyan tünetekkel, mint a memóriazavarok, alvászavarok, düh, fáradtság, kézremegés, homályos látás és dadogó beszéd, amelyeket arzén, ólom és higany expozíció után figyeltek meg. [17] Különösen az ólomexpozíció károsítja a dopaminrendszer, a glutamátrendszer és az N-metil-D-azpartát (NMDA) receptor komplex működését, amelyek fontos szerepet játszanak a memóriefunkciókban. [18] [19] A higany is felelős bizonyos neurológiai ráktípusokért. A dioxinok csökkentik az idegvezetés sebességét és károsítják a gyermekek mentális fejlődését. [20]

Az allergia az immunrendszer túlzott, téves reakciója olyan ártalmatlan anyagokra (allergén), melyek egészséges (értsd: nem allergiás) embereknél semmilyen választ nem váltanak ki a szervezetből. A szezonális allergiát gyakran nevezik szénanáthának is. [21] A pollenérzékenyek száma közel az allergiások felére tehető. Magyarországon közel 3 millió ember küzd allergiás tünetekkel. Azok közül az allergének közül, amelyek a legtöbb tünetet okozzák, az első helyen a rendkívül erősen allergizáló parlagfű pollenje áll. Korábbi becslések alapján a felnőtt lakosság mintegy 15-20%-a allergiás a parlagfű pollenjére, amely a legfontosabb kültéri allergén. Az allergiások száma a jövőben várhatóan emelkedni fog, mivel a klímaváltozás kedvező feltételeket teremt a parlagfű számára, illetve új inváziós növényfajok megjelenését is elősegítheti. [28]

A pollenallergia főbb tünetei általában az orrdugulás, tüsszögés, az orr, torok és szájpadrólás viszketése, valamint a vízszerű, színtelen orrfolyás és az orron át való légzés akadályozottsága. Gyakran kísérik ezeket a szemhéjduzzanat, szemviszketés, fényérzékenység, könnyezés, valamint a szem kivörösödése (kötőhártya-gyulladás). A pollenallergia egyéb tünetei közé tartozhatnak a levertség, étvágytalanság, ingerlékenység, fáradékonyság fejfájás és alvászavar is. [21]

A szénanátha akkor áll fenn, ha a tüsszögés, orrviszketés, gátolt orrlégzés mellett legalább egy további tünet, mint például az orrdugulás vagy orrfolyás, hetente több napon át, naponta legalább egy órán át jelen van. A szénanátha tünetei gyakran társulnak kötőhártya-gyulladással is, ami akár hónapokig is eltarthat. Emellett az allergiás reakció megnyilvánulhat a bőrön is, például vörös, égő, viszkető csalánkiütés formájában. Súlyosabb esetekben hörgőaszma léphet fel. A ki- és belégzés nehezítettsége, a kilégzés megnyúlása és a kilégzéskori sípolás általában az éjszakai vagy hajnali órákban jelentkezik a legintenzívebben. Az allergiás eredetű asztmában szenvedők esetében az asztma tünetei erősödhetnek, dominánssá válhatnak, különösen akkor, amikor az allergiát kiváltó pollen szezonja van. Például a fűpollenre érzékenyeknél ez április-májusban, míg a parlagfűre allergiásaknál ez augusztustól októberig tartó időszakban várható. A legsúlyosabb esetekben akár életveszélyes anafilaxiás reakció is kialakulhat. Ennek tünetei közé tartozhat az akut hörgőgörcs, gégeduzzanat miatti rekedtség, légzési elégtelenség, vérnyomásesés, görcsös hasi fájdalom, hasmenés, ájulásérzés, generalizált bőrkiütés és viszketés. [21]

A fentiekben tárgyalt hatások miatt a dolgozatomban szeretném kiemelni azokat a légfertőtlenítő berendezéseket, amelyek rendelkeznek mechanikai szűrővel (pl. pollenszűrő) így alkalmazhatók olyan helyiségekben is, amelyek nem rendelkeznek gépi szellőzéssel.

Azonban érdemes pollenszűrőt alkalmazni a **családi házakban** és **munkahelyeken** is az allergiától szenvedők érdekében. Minél kevesebb pollen éri az embereket beltéren, annál több időt tölthetnek a szabadban ezáltal. Az emberek testi és mentális egészségére jótékony hatással van a szabadban töltött idő és a pollenszűrők által ez megvalósítható. Hiszen az élet 90%-át az eddig említett épületekben töltik az emberek ezért vonzódnak a külvilághoz, ezért alkalmaznak az építészek sok üveg homlokzatot, hogy ilyen módon is kapcsolatot teremtsenek az emberek és a természet között.

A globális felmelegedés hatására a jéghegyek, jégtablák olvadásával újabb és újabb vírusok fognak megjelenni, amik az elmúlt ezer években befagyva voltak megtalálhatóak, de olvadással a tengerekbe, óceánokba kerül majd eljut az emberekhez az eddig ismeretlen vírus, baktérium.

A nem természetes és természetes szennyező anyagokat, illetve a különböző vírusokat az épületekben mesterséges szellőzéssel és légfertőtlenítő berendezéssel lehet kezelni.

Irodákban, iskolákban és ahol leginkább csak ülő munkát végeznek az emberek ott könnyű kialakítani a tiszta levegős védőburkot az emberek körül, viszont **bevásárlóközpontokban** és olyan helyeken, ahol nagyobb a légmozgás az emberek mozgása miatt ott nehezebb ezt megvalósítani.

Megvizsgáltam a légfertőtlenítő berendezés **előnyeit** azonban a **hátrányait** is szeretném ismertetni. Ha egy gyermek, de akár egy felnőtt is, ha otthon és vagy a munkában friss és steril levegővel van körülvéve az akár veszélyes is lehet. Hiszen **tömegközlekedésen, bevásárlóközpontokban, kórházakban**, mindenhol találkozhat más emberekkel is és ezáltal könnyebben betegedhet. Akár a kinti légszennyezéstől is lehet légúti megbetegedés (légúti irritáció, köhögés, légzés nehézség) áldozata egy legyengült immunrendszer vagy akár a légszennyezettség szív- és érrendszeri problémákat is okozhat, rövid távon akár szívritmuszavar is felléphet.

Az **óvodákban** mai napig megtartották azt a rendszert, hogy ha az időjárás engedi akkor kint töltik a gyerekek a szabad levegőn az időt és a délutáni alvást követő időtartamot is. Óvodákban amúgy is mindenféle vírus és baktérium könnyebben terjed, hisz a kis gyermekek sokszor a tenyerükbe tüsszentenek, amivel utána minden mást megfognak. Amíg a gyerekek kinti foglalkozáson vannak addig szellőztethető a belső légtér.

Tömegközlekedésen semmiféle megszorítást nem lehet alkalmazni, lehetetlen betartani a távolságot. Például egy Nyíregyháza-Budapest útvonalon közlekedő vonatot csak a két végállomáson tudnak fertőtleníteni, ami jócskán kevés egy vírus helyzetben.

Maszkokban viszont nem élhetjük le az életünket ezért a legjobb technológia mindezek megoldására a légfertőtlenítő készülék, amiket épületre és helyzetre szabva kell elhelyezni annak érdekében, hogy ne alakulhasson ki újra a pandémiás helyzet. Ezt meg tudjuk előzni és élni tudunk vele, ha megfelelő légfertőtlenítő készülékeket alkalmazunk az alábbi módokon:

Kisebb **boltok**ban tömörülés a kassza környékén alakulhat ki ezért oda célszerű elhelyezni egy kisebb készüléket, mint például az UV-C FiltAir 15, ami 15m² területen képes friss és kórokozó mentes levegőt biztosítani.

A **kórházak** a betegségek melegágya viszont a műtőkben működik a tiszta tér technológia. Ami olyan terület, ahol a levegőben keringő gázok, porszemek és mikroorganizmusok számát a minimálisra csökkentik ezzel garantálva egy steril környezetet, ahol a hőmérséklet és a páratartalom is szigorú határok között mozog, tehát itt nincs szükség további légfertőtlenítő készülékre. Ezzel ellentétben azokon a helyeken, ahol sok ember összegyűlhet ilyen a sürgősségi osztály, szakrendelők, ahol 6-12 órát is eltölthet egy átlagos beteg, ez idő alatt nagy fertőzés veszélynek van kitéve. Ezért itt érdemes elhelyezni egy légfertőtlenítő készüléket.

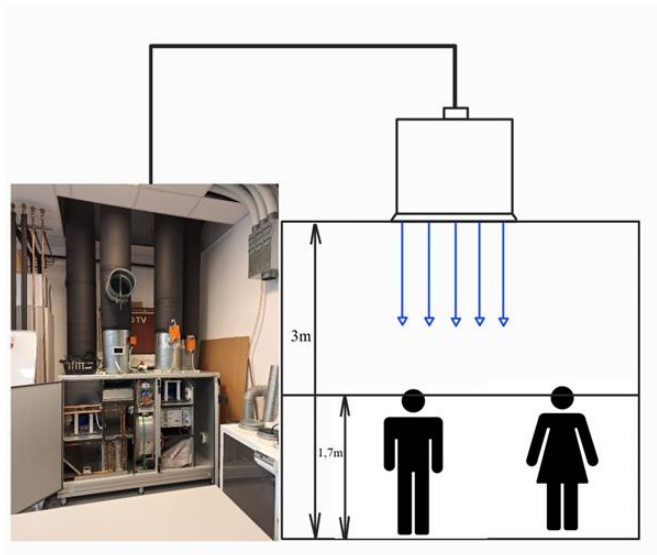
A **liftek**ben, ahol egyszerre több ember egy kis légtérbe van bezárva szintén érdemes légfertőtlenítő készülékeket használni, a megbetegedések elkerülésére.

Kozmetikákban, fodrászatokban és egyéb szalonokban nap mint nap 20-30 vendég megfordul rövidebb és hosszabb időtávokat a helységben töltve a kezeléstől függően, ezért az ilyen típusú vendéglátó egységekben elhanyagolhatatlan egy légfertőtlenítő berendezés az egészség megőrzése érdekében.

4. Mérések a légtechnikai laboratóriumban

4.1 A légtechnikai laboratórium bemutatása

A laboratórium azon része, ahol a méréseimet végeztem 3 m belmagassággal rendelkezik.



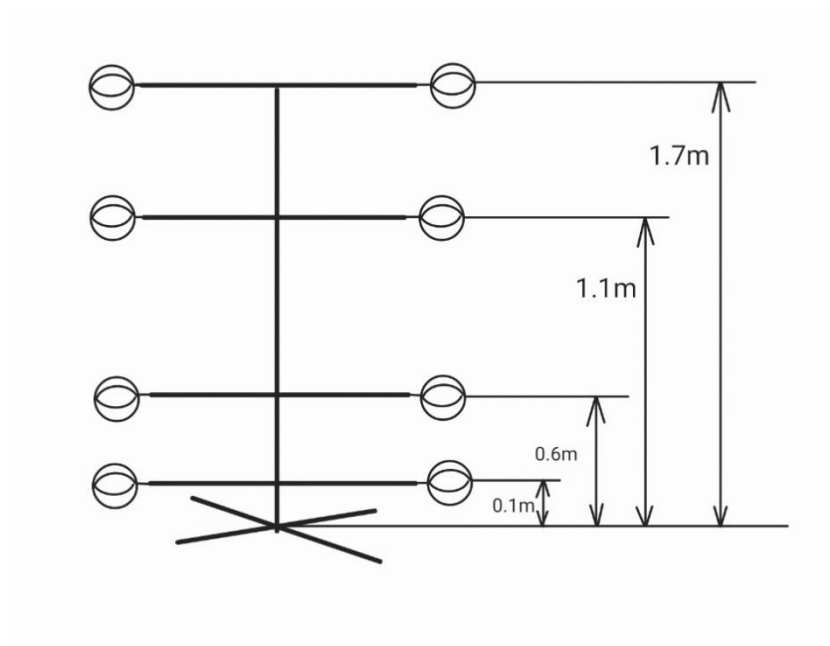
15. ábra Légkezelő berendezés (saját készítésű ábra)

A laborban elhelyezett légkezelő berendezés látható a 15.ábrán, ahol a friss levegő beáramlik a célhelységbe, jelen esetben a légtechnika laboratóriumba.

A fal színe pedig fekete annak érdekében, hogy a légáramokat füstölve minél jobban láthatóbb legyen. $200\text{m}^3/\text{h}$ térfogatáramon volt a leglátványosabb a füstölés, ami azért volt szükséges, mert így jobban látható hogyan is áramlik be a fertőtlenített levegő a tartózkodási zónába. (16.ábra)

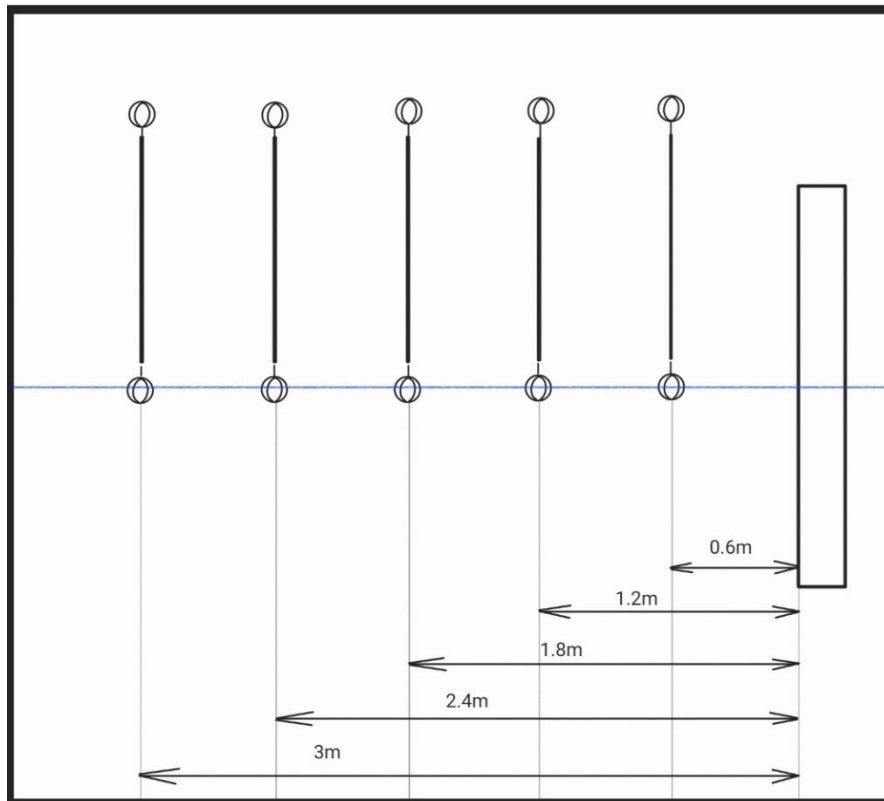


16. ábra füstölt légáram (saját kép)



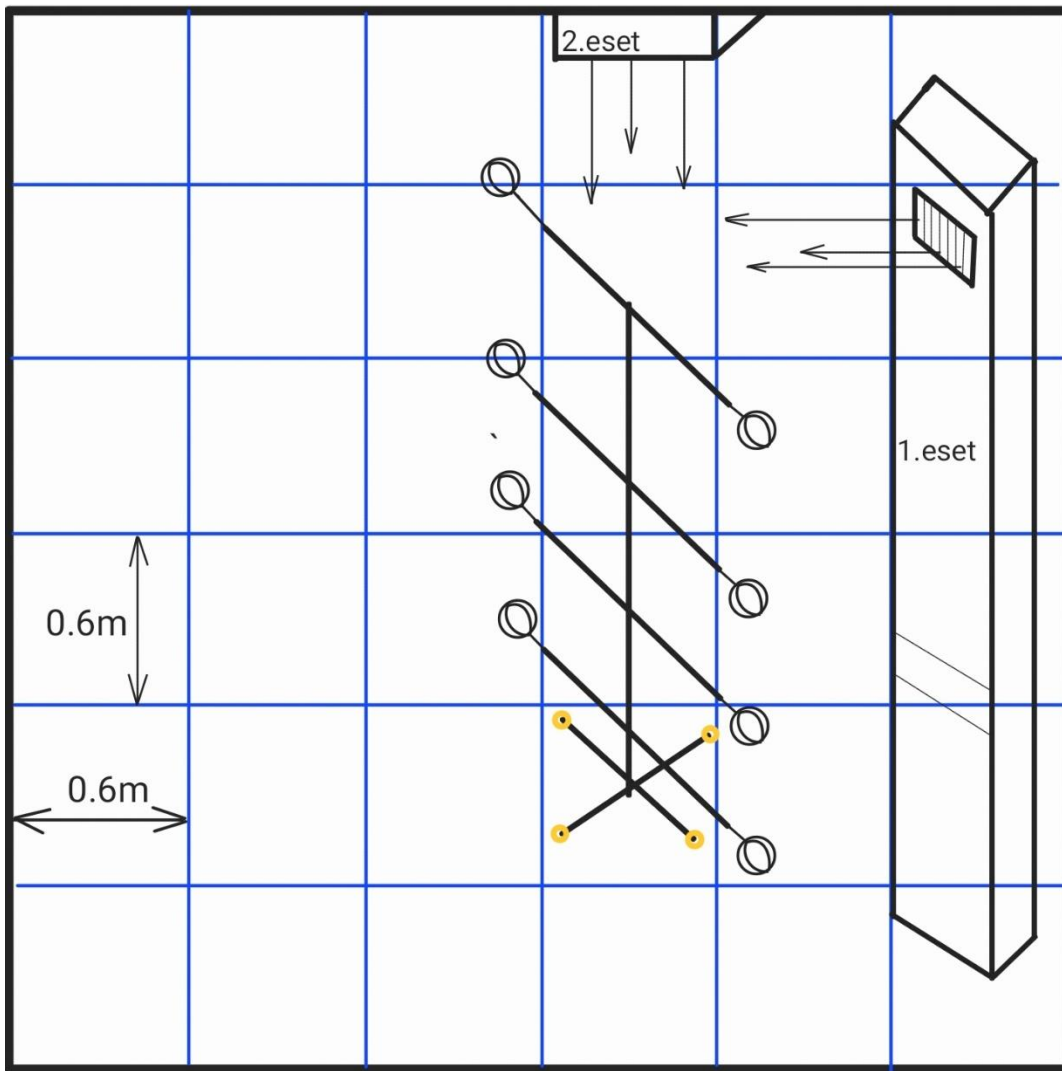
17. ábra testo turbulenciafok szonda állványon (saját készítésű
ábra)

Az irányfüggetlen szondákat a négy kitüntetett magasságon helyeztem el a méréseim során. (Álló emberi fej magassága, ülő ember tarkója, ülő ember dereka és a boka magasság) Hiszen az emberi test ezekre a területekre a legérzékenyebbek. (17.ábra)



18. ábra állvány távolsága a légfertőtlenítőtől (saját készítésű ábra)

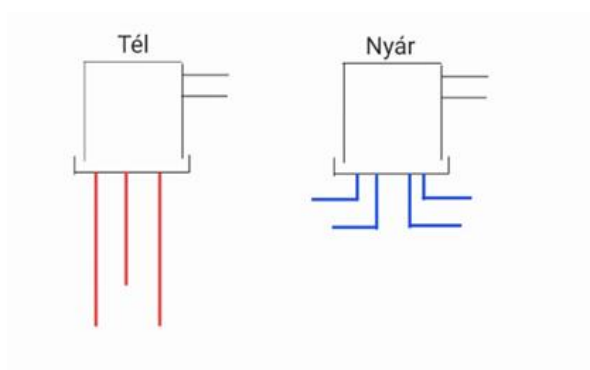
Az irányfüggetlen szondát minden mérésem során a légfertőtlenítő gép szimmetriatengelye mentén helyeztem el. (18.ábra) A mérőállványt 5 különböző távolságban helyeztem el a géptől, hogy a szoba egészén tudjam vizsgálni a tartózkodási zónát.



19. ábra labor modell (saját készítésű ábra)

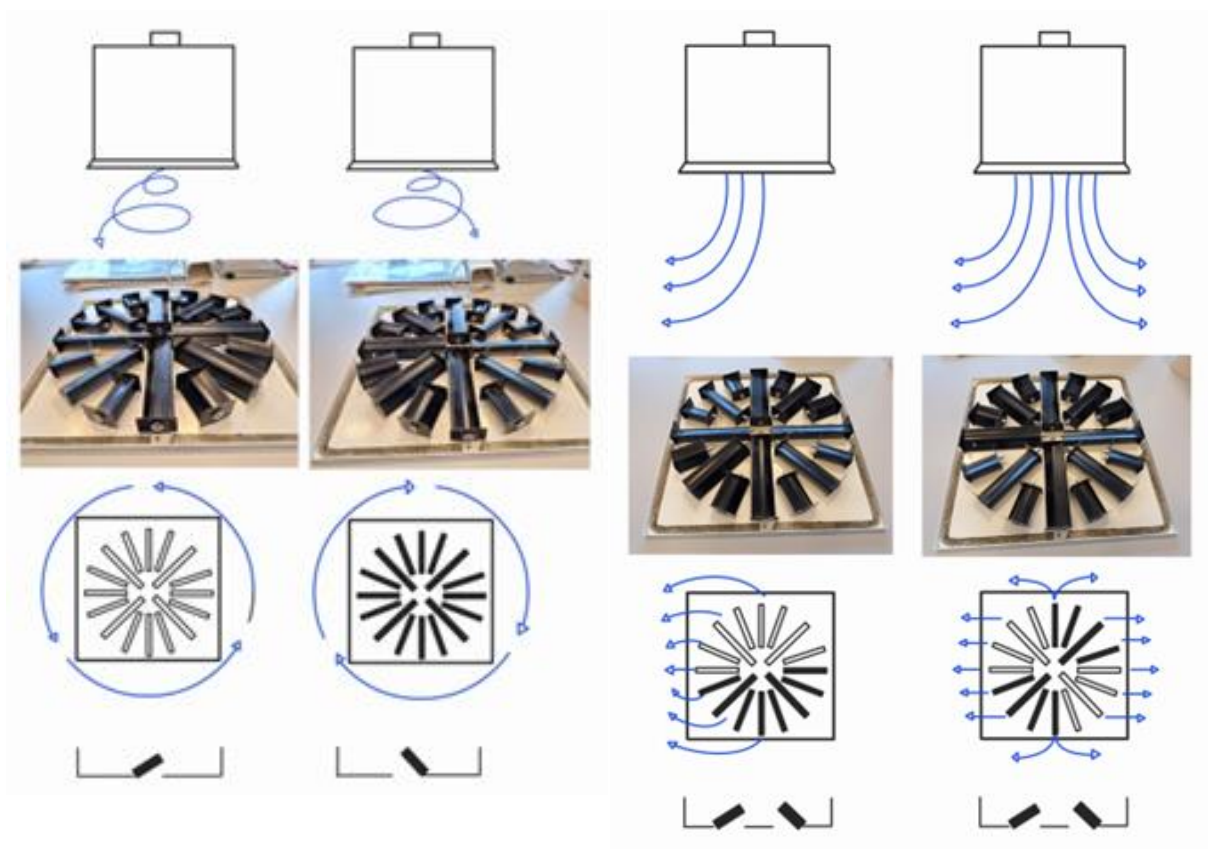
A laboratóriumban a méréseim során vizsgáltam az 1.esetet amikor csak a légfertőtlenítő berendezés működik. (19.ábra) Megmértem a légsebességeket amikor csak az anemosztát üzemelt. a 60*60-as mennyezeti anemosztát középpontján és két oldalának középpontján mértem a légsebességeket (2 eset). Végül az együttes működésüket vizsgáltam abból az okból, hogy feltárjam, hogy van-e olyan helyzet kombináció, ahol nem felel meg együttes működésük a komfort kritériumainak (1+2 eset).

Az anemosztátban található lamellák állíthatóak és a pozíciójukkal tudjuk befolyásolni a levegő áramlásának irányát. (21.ábra 22.ábra és 24.ábra) Amikor a lamellák vízszintes pozícióban helyezkednek el akkor a levegő függőlegesen lefelé áramlik ki az anemosztátból (téli állás). (20.ábra) Abban az esetben ha megdöntjük a lamellákat egy szögben akkor már a levegő áramlásának iránya megváltozik és a mennyezet mentén halad amíg le nem válik és behatol a tartózkodási zónába (nyári állás). (20.ábra)



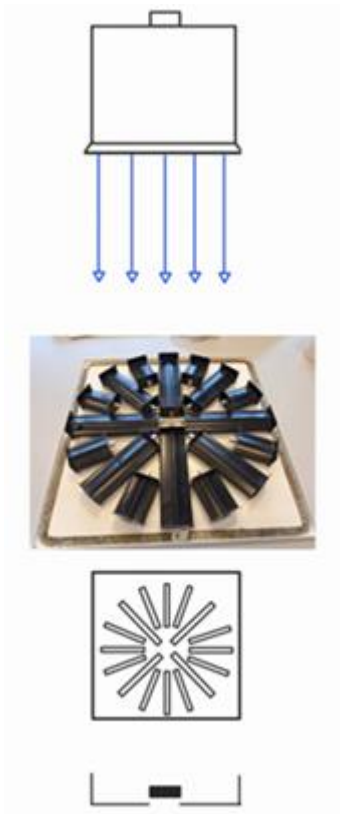
A méréseim során a téli állást vizsgáltam, hiszen akkor van több fertőzés és kórokozó, ami miatt a légfertőtlenítő gépet alkalmazzuk. (24.ábra) Az épület helyiségeinek adottságait figyelembe véve (geometriai méretek, rendeltetés, ...) lehetőségünk van további lamella állásokra.

20. ábra téli és nyári légáramok (saját készítésű ábra)



22. ábra lamella állások körkörös légáramhoz (saját készítésű ábra)

21. ábra lamella állások oldalas légáram kialakításához (saját készítésű ábra)



24. ábra lamella állások
téli időszakhoz (saját
készítésű ábra)



23. ábra anemosztát lamellái (saját kép)



25. ábra anemosztát külső
borítása (saját kép)

Az anemosztát lamelláit nem láthatjuk, ha be van szerelve a szerkezet csak is a külső borítását a mennyezeten. (23.ábra és 25.ábra)

4.2. Alkalmazott műszerek

Méréseim során testo 400-as klíma- és légtechnikai mérőműszert és testo turbulencia fok szondákat használtam. (27. ábra, 28. ábra és 29. ábra) A belső terekben tapasztalható légsebesség befolyásolja a termikus komfortérzetet. A turbulencia fok az uralkodó átlagos légsebesség és a levegő hőmérséklete alapján százalékos értékben kifejezett mutató, ami jelzi a helyiségben létrejövő hőmérséklet-ingadozást és a légáramlás intenzitását. A turbulencia fok közvetlen kapcsolatban áll a belső levegő hőmérsékletével, és annak változásával. [22] A klíma- és légtechnikai mérőműszer, amely beépített mérési asszisztenssel rendelkezik, ideális segítséget nyújt a légsebesség és a komfortérzet szabvány szerinti méréseihez. [23] Emellett lehetővé teszi a szellőző- és légkondicionáló rendszerek vizsgálatát és beállítását is. [23]

A szondákkal a nevezetes magasságokban elhelyezve mértem. (17. ábra) (1,7m álló ember fejmagassága; 1,1m ülő ember tarkója; 0,6m ülő ember dereka; 0,1m boka magasság) A Légtechnika laborban végeztem méréseim, ahol a legfertőtlenítő eszköz el van helyezve az eszköztől mért 0,6m; 1,2m; 1,8m; 2,4m; 3m távolságokban vizsgáltam a turbulencia fokot, huzat arányt, légsebességet és hőmérsékletet. (18. ábra) Kísérletembe bevontam egy a Légtechnika laborban elhelyezett mennyezeti anemosztátot is, hogy milyen hatással van annak működése a legfertőtlenítő gép teljesítményére. Ezt azért tettem, hogy vizsgáljam, hogy ha a két eszköz egyszerre működik akkor létrejönnek-e komforton kívüli zónák. (általában 0,2 m/s feletti légsebesség) Erre azért volt szükség, mert ha kialakul egy ilyen gyors légáram az azt jelenti, hogy rosszul volt elhelyezve a legfertőtlenítő készülék a helyiségben. Az anemosztát térfogat áramát a KIMO DBM610 térfogatáram mérőműszer segítségével határoztam meg. (26. ábra)

A mérőernyőnek átlátszó felső része van, így a felhasználó át tud látni a nyíláson keresztül, és láthatók a befúvó idomok is a mérés során. A tartórudak, melyek üvegszál erősítéssel készülnek, biztosítják a szerkezet megfelelő merevségét. A mérési mintavételezés az áramlás teljes területén (48 pontban) történik, ezáltal pontosabb mérési adatokat biztosítva. A légszállítás mérése a differenciál nyomás elvén alapul. A mérőműszer kalibrálja és kompenzálja a légköri nyomást és hőmérsékletet. [24]



26. ábra Kimo DBM 610

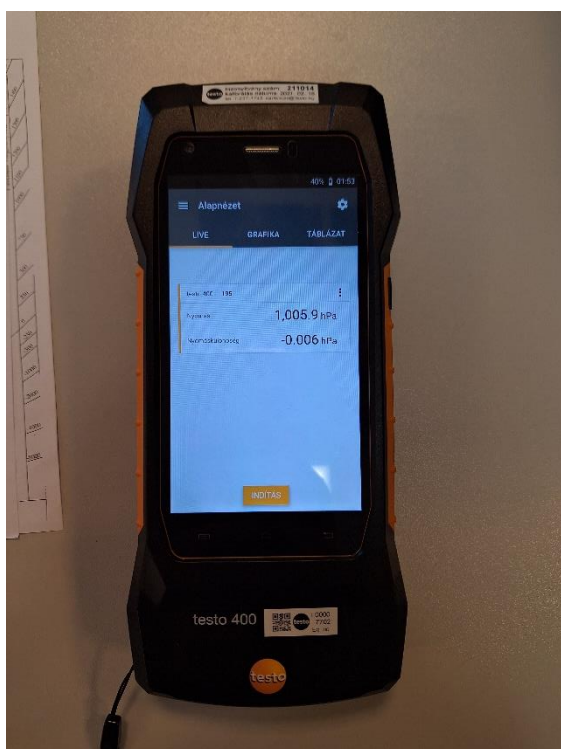


28. ábra testo turbulencia fok szonda (saját kép)



27. ábra testo turbulencia fok szonda mérőfeje (saját kép)

A testo turbulencia fok szonda irányfüggetlenül tud mérni és egyidejűleg kiszámítja a turbulencia fokot és a huzatkockázatot az EN ISO 7730 / ASHRAE szabvány szerint. A pontos mérési eredmények biztosítása érdekében a mérőműszer beépített abszolútnyomás-méréssel kompenzálja a levegő sűrűségét. A huzat gyakran korlátozza a komfortérzetet és a beltéri levegővel kapcsolatos panaszok leggyakoribb okozója. A szonda ideális eszköz a munkahelyeken jellemző turbulencia fok és huzatkockázat felmérésére. A turbulencia fok a légsebesség időbeli ingadozásának mértékével egyezik meg, ami fontos a huzatkockázat meghatározásához. [23]



A klíma- és légtechnikai mérőműszer a beépített mérési asszisztenssel optimális támogatást nyújt a légsebesség és komfortérzet mérések szabvány szerinti elvégzésében, valamint a légkondicionáló és szellőző rendszerek vizsgálatában és beállításában. [23] Nagy pontosságú, helytől független, beépített differenciálnyomás érzékelővel rendelkezik. Minden IAQ paraméter mérésére képes: hőmérséklet, sugárzó hő, páratartalom, megvilágítás, légsebesség, nyomás, turbulenciafok, CO₂, és CO. [23] Melyekből én a légsebességet, hőmérsékletet, turbulenciafokot és huzatarányt vizsgáltam méréseim során.

29. ábra testo 400-as klíma- és légtechnikai mérőműszer (saját kép)

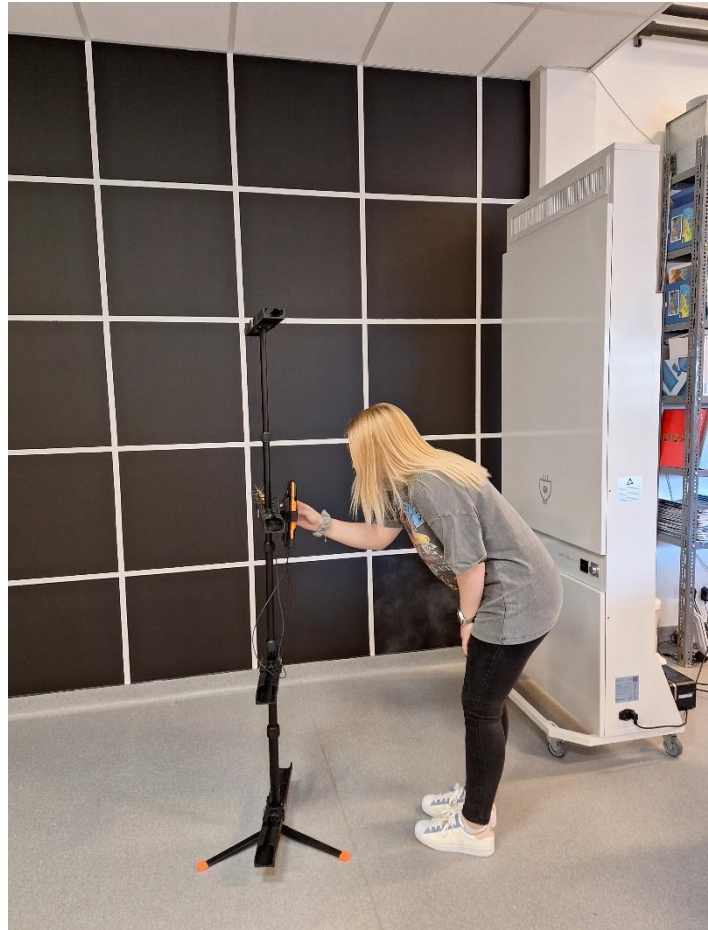
4.3 Mérési eredmények a légtechnika laboratóriumban

A táblázatból láthatjuk, hogy a komfort légsebesség értékei szinte kivétel nélkül 0,2 m/s alatt vannak. (2.táblázat)

Épület/tér típusa	Aktivitási szint	Bemutatókódok száma (l/m ²)	Kategória	Operatív hőmérséklet °C		Átlagos levegősebesség m/s		Hangnyomás-szint dB(A)	Szellőző levegő l/m ³	Szellőző levegő pótlék dohányzás esetén l/m ³
				Nyári (hűtés)	Téli (fűtés)	Nyári (hűtés)	Téli (fűtés)			
Kis iroda	1,2	0,1	A	24,5±1,0	22,0±1,0	0,18	0,15	30	2,0	-
			B	24,5±1,5	22,0±2,0	0,22	0,18	35	1,4	-
			C	24,5±2,5	22,0±3,0	0,25	0,21	40	0,8	-
Nagyterületű iroda	1,2	0,07	A	24,5±1,0	22,0±1,0	0,18	0,15	35	1,7	0,7
			B	24,5±1,5	22,0±2,0	0,22	0,18	40	1,2	0,5
			C	24,5±2,5	22,0±3,0	0,25	0,21	45	0,7	0,3
Tárgyaló terem	1,2	0,5	A	24,5±1,0	22,0±1,0	0,18	0,15	30	6,0	5,0
			B	24,5±1,5	22,0±2,0	0,22	0,18	35	4,2	3,6
			C	24,5±2,5	22,0±3,0	0,25	0,21	40	2,4	2,0
Előadóterem	1,2	1,5	A	24,5±1,0	22,0±1,0	0,18	0,15	30	16	-
			B	24,5±1,5	22,0±2,0	0,22	0,18	33	11,2	-
			C	24,5±2,5	22,0±3,0	0,25	0,21	35	6,4	-
Kávézó vagy étterem	1,2	0,7	A	24,5±1,0	22,0±1,0	0,18	0,15	35	8,0	-
			B	24,5±2,0	22,0±2,5	0,22	0,18	45	5,6	5,0
			C	24,5±2,5	22,0±3,5	0,25	0,21	50	3,2	2,8
Tanterem	1,2	0,5	A	24,5±0,5	22,0±1,0	0,18	0,15	30	6,0	-
			B	24,5±1,5	22,0±2,0	0,22	0,18	35	4,2	-
			C	24,5±2,5	22,0±3,0	0,25	0,21	40	2,4	-
Óvoda	1,4	0,5	A	23,5±1,0	20,0±1,0	0,16	0,13	30	7,1	-
			B	23,5±2,0	20,0±2,5	0,20	0,16	40	4,9	-
			C	23,5±2,5	20,0±3,5	0,24	0,19	45	2,8	-
Áruház, raktár	1,6	0,15	A	23,0±1,0	19,0±1,5	0,16	0,13	40	4,2	-
			B	23,0±2,0	19,0±3,0	0,20	0,15	45	3,0	-
			C	23,0±3,0	19,0±4,0	0,23	0,18	50	1,6	-

2. táblázat Általános légsebességek MSZ CR 1752 [26]

0,2 m/s értéket én alapul vettem méréseim során és igazoltam, hogy vannak olyan pontok amikor meghaladja a kritérium sebességet a levegő, mert a légfertőtlenítő berendezés nem jól van elhelyezve az adott helységben.

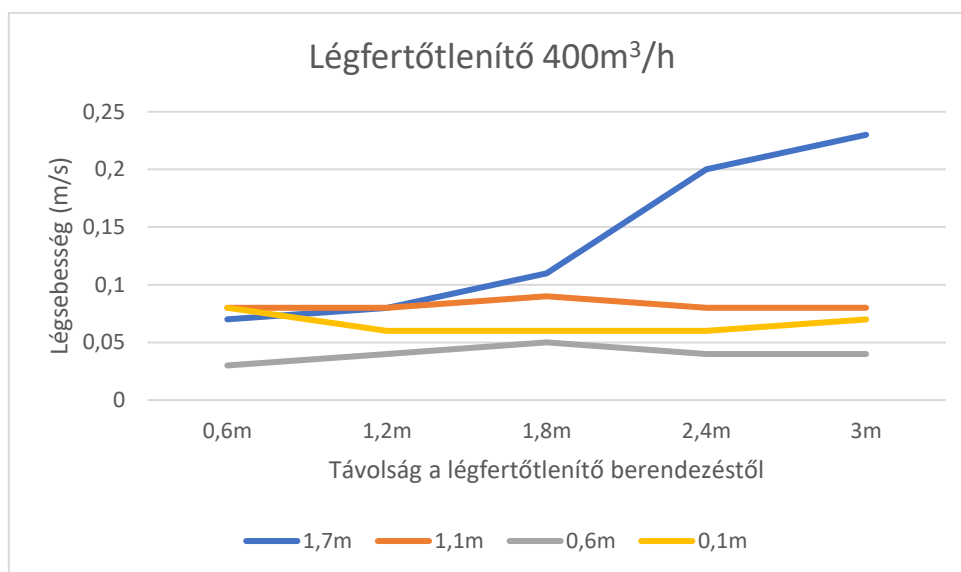


30. ábra Mérés (saját kép)

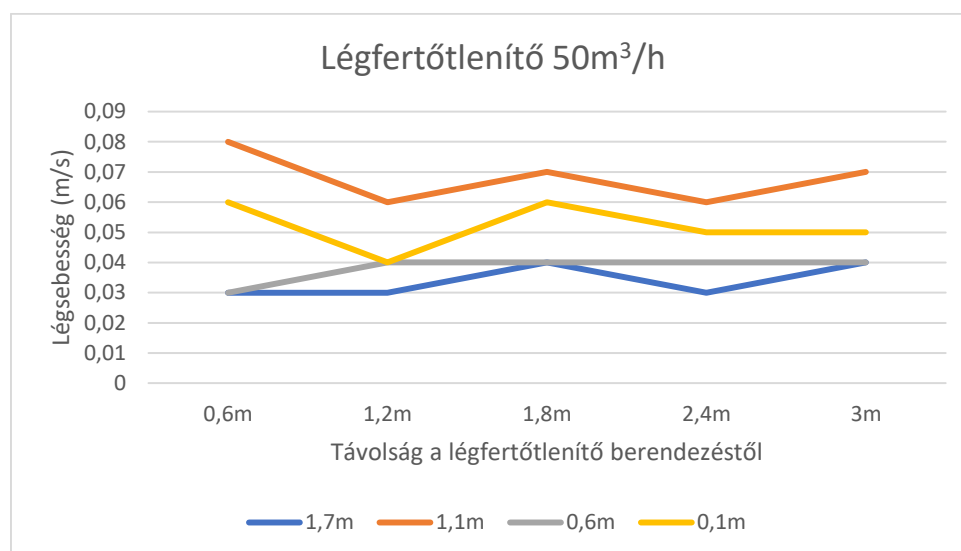
Méréseim során a légfertőtlenítő berendezés 400, 200 és 50 m³/h térfogatáramon működött. Az anemosztát pedig 500 m³/h térfogatáramon üzemelt amikor az együttes hatásukat vizsgáltam. Egy mérés 3 percig tartott, mely idő alatt a szonda megmérte a labor adatait és a műszer ebből turbulencia fokot és huzatarányt számolt. Méréseimet rögzítettem és Excel táblázatba rendeztem azokat. (30.ábra) Összesen **165db mérést** végeztem, ahol **486db adatot** dolgoztam fel melyek táblázat és diagramm formájában a dolgozatomban és a mellékletben megtalálható.

1. eset

Légsebesség mérések a légfertőtlenítő berendezésnél



31. ábra Légsebesség a tartózkodási zónába (400 m³/h)



32. ábra Légsebesség a tartózkodási zónában (50m³/h)

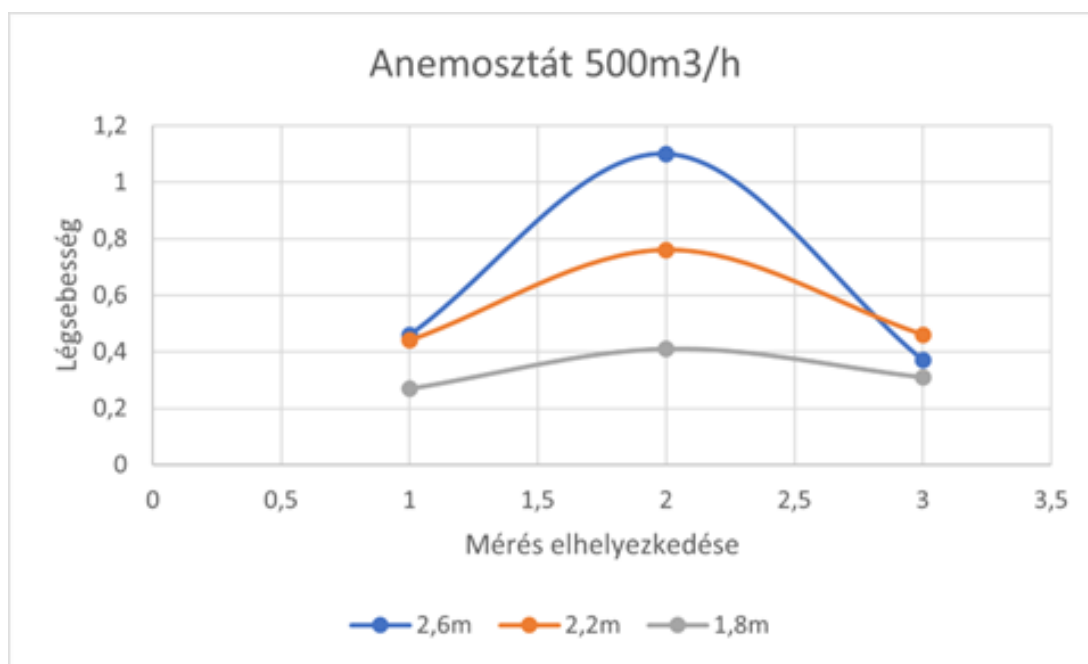
A légfertőtlenítő berendezésen először külön végeztem a vizsgálatokat az anemosztát hatásait nem számítva. (31.ábra, 32.ábra) Majdnem minden légsebesség 0,2 (m/s) alatt helyezkedik el, tehát a komfort zónának megfelelnek. A tartózkodási zóna felső határában mértem 0,2 (m/s) feletti eredményt. Általánosságban elmondható, hogy amennyiben nincs a légáram útjában valamilyen akadály (bútorzat, fal, ...) a légfertőtlenítő berendezés önmagában szinte bárhol

elhelyezhető egy helységben és nem lesz befolyással a tartózkodási zónában lévők komfort érzetére.

2. eset

Mérések az anemosztátnál téli lamella állás esetében.

A méréseimet közvetlenül a befűvő alatt végeztem. Az anemosztát egy álmenyezeti kazettát foglal el (600 * 600 mm). Mivel itt mértem a legnagyobb légsebességet ezért ezeket az eredményeket tartalmazza a 33. ábra. A méréseket a tartózkodási zóna felett végeztem. A légfertőtlenítő berendezésből a primer légáram is a tartózkodási zóna felett kerül bevezetésre és itt történik a két légáram találkozása is. A két légáram ütközve ennek következtében egymást erősítve hatolnak be a tartózkodási zónába.

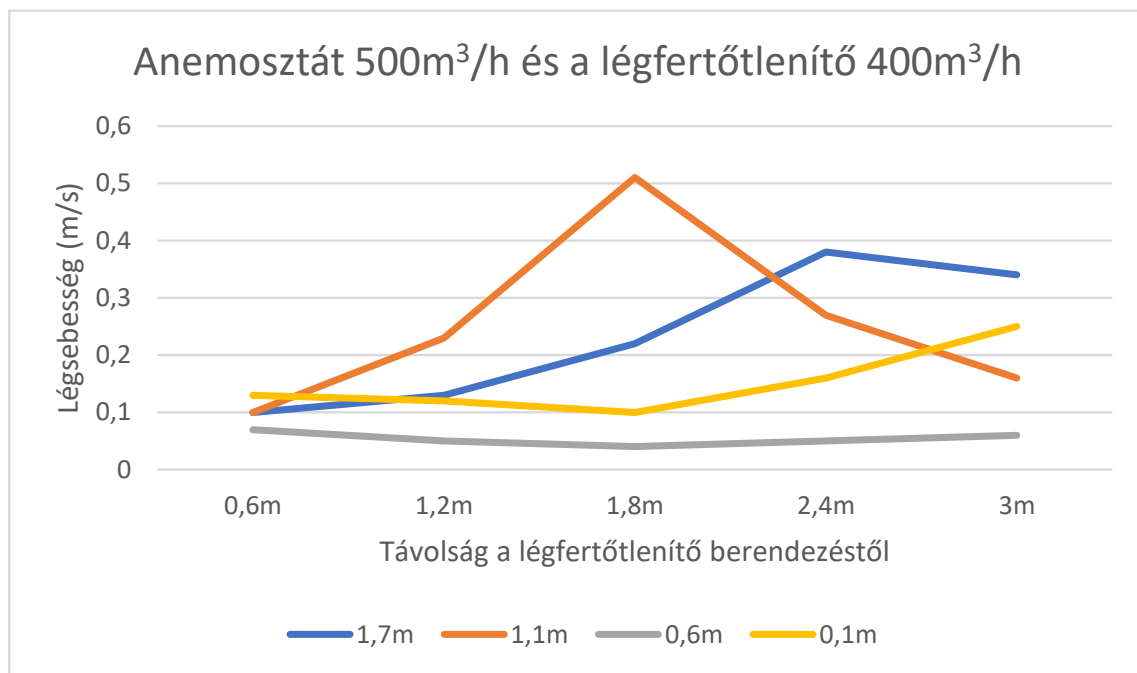


33. ábra Anemosztát légsebességei közvetlen a kifűvásnál

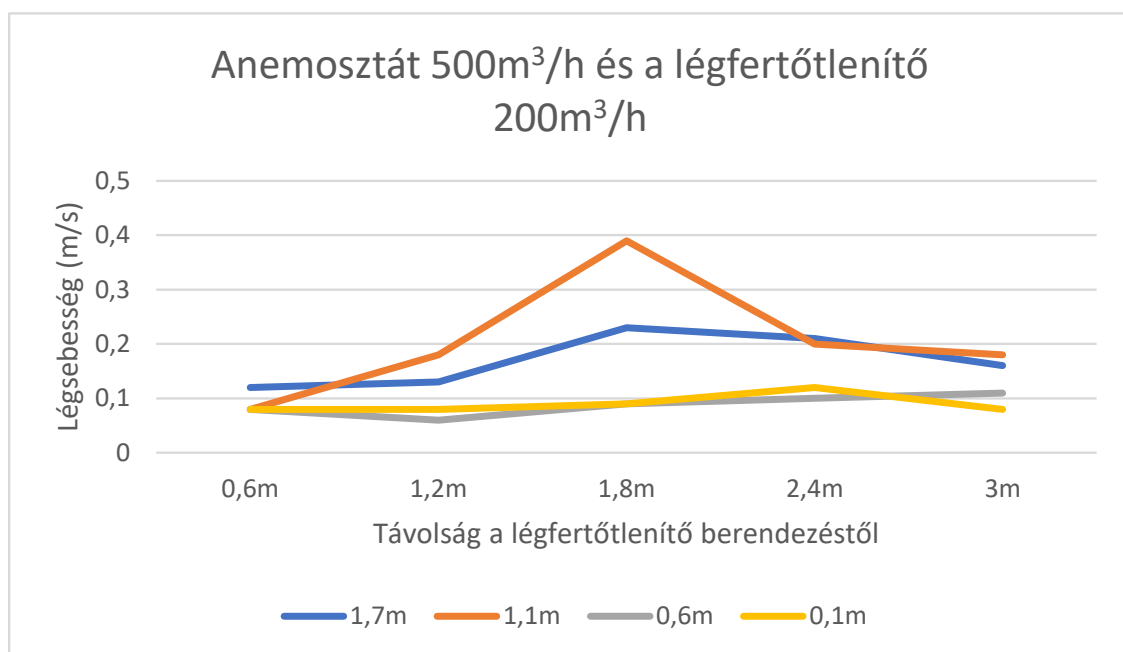
Az anemosztát 3 pontján mértem a légsebességeket a vízszintes tengely 2-es helyénél felvett értékek az anemosztát középpontján mért értékek. Az 1-es és 3-as helyeken a közepétől balra és jobbra 0,3m-rel (anemosztát két szélé) mért értékek találhatók. (33.ábra) Az anemosztáttól 0,4 m távolságban mértem először (talajtól 2,6m) majd kétszeresére és háromszorosára növeltem ezt a távolságot méréseim során. (2,2m és 1,8m)

1.+2. eset

A légfertőtlenítő berendezésből a primer légáram ütközik az anemosztát által bevezetett légárammal és ennek következtében a két légáram ütközve egymást erősítve hatolnak be a tartózkodási zónába.



34. ábra Légsebesség a tartózkodási zónában (400 és $500\text{m}^3/\text{h}$)



35. ábra Légsebesség a tartózkodási zónában (200 és $500\text{m}^3/\text{h}$)

Az anemosztát és légfertőtlenítő együttes hatását azért vizsgáltam, hogy kiderüljön van-e olyan kitüntetett magasság, ahol a 0,2 (m/s) kritériumot meghaladja a légsebesség. (34.ábra, 35.ábra) Méréseim során több ilyen értéket kaptam mellyel igazolhatom, hogy fontos vizsgálni az együttes működését egy légfertőtlenítő gépnek az épületben működő mesterséges szellőzéssel és fontos, hogy hova helyezzük el a berendezéseinket, hogy ne legyen hatással a helységben tartózkodók komfort érzetére.

Azonban, ha megvizsgáljuk a 2 táblázatban a légsebességeket téli állapotra akkor a különböző rendeltetésű épületek esetében több eredmény sem felel meg az elvárásoknak. Az épületeket a táblázat szerint különböző komfort kategóriába sorolják (A, B, C). A bevezetésben és légszennyezés fejezetbe kiemelttem különböző rendeltetésű helyiségeket.

Óvodákban az A komfort kategóriában a szabvány 0,13 m/s, B komfort kategória esetében 0,16 m/s és C komfort kategória esetében pedig 0,19 m/s az átlagos légsebesség a tartózkodási zónában.

Amennyiben elemezzük a 34 ábrát láthatjuk, hogy a légsebességek csak egy kitüntetett magasságban maradnak a legmagasabb komfort kategória elvárt értékei alatt.

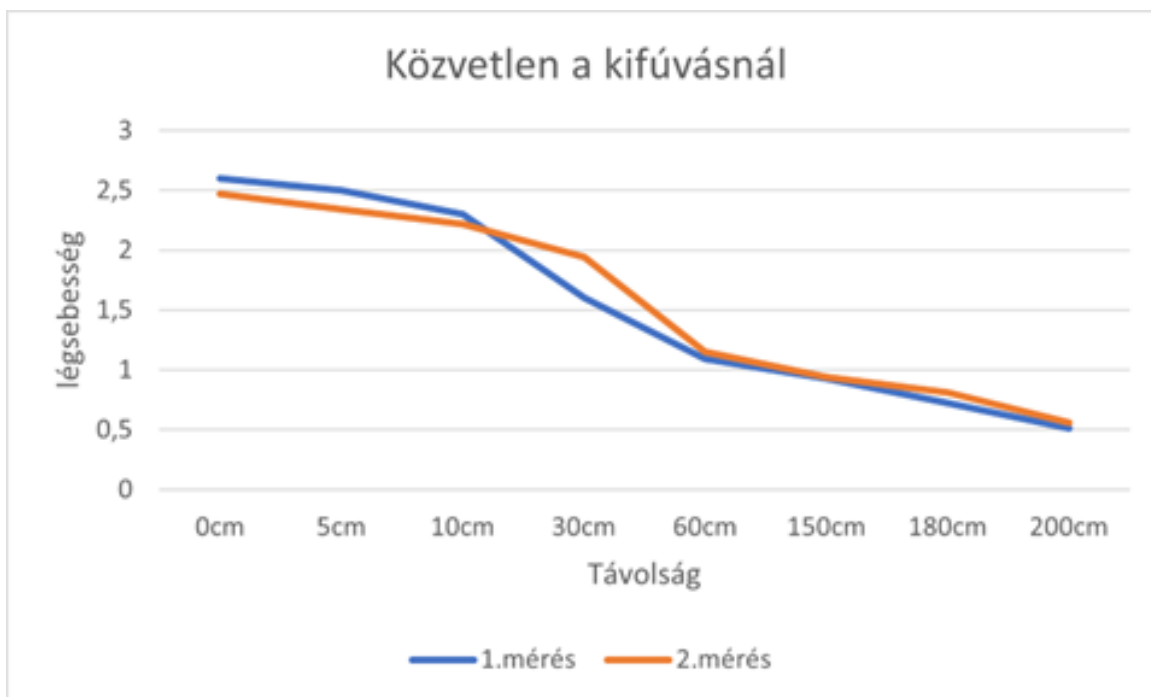
Ezért ebben az esetben amikor a helyiséget nem használják az mérési eredményeim alapján javaslom a légfertőtlenítő berendezést működtetni a 400 m³/h értéknél és amennyiben a gyerekek a teremben vannak a térfogatáramot csökkenteni 200 m³/h.

Tantermekben és nagyterű irodákban az A komfort kategóriában a szabvány 0,15 m/s, B komfort kategória esetében 0,18 m/s és C komfort kategória esetében pedig 0,21 m/s az átlagos légsebesség a tartózkodási zónában.

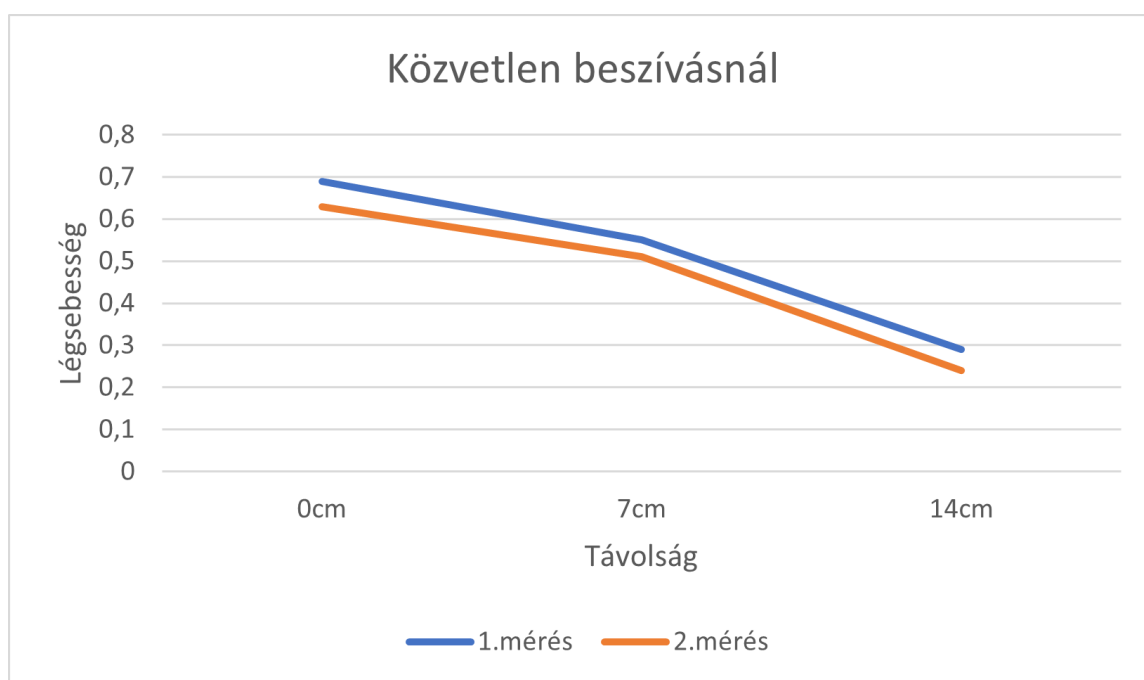
A komforton kívül eső esetek következményei: A magas levegő sebesség huzat érzetet okozhat az emberek nagy részénél, amely kellemetlenné teheti a helységben való tartózkodást.

Méréseimet bővítettem a közvetlen kifúvásnál és beszívásnál mért légsebességekkel. A laboratóriumban elhelyezett UV-C FlitAir-s 30 berendezésen 400m³/h térfogatáramon mértem következő eredményeimet. (36.ábra, 37.ábra)

Több mérést végeztem a pontosabb eredmény érdekében, de ebből a két mérési adatból is pontosan leolvashatjuk, hogy közvetlenül a kifúvás magasságában mindig 0,2 m/s felett lesz a légsebesség, de ez a magasság nem tartozik a tartózkodási zónába.



36. ábra UV-C FlitAir-s 30 légssebességei közvetlen a kifúvásnál



37. ábra UV-C FlitAir-s 30 légssebességei közvetlen a beszívásnál

A berendezés alján található a beszívás és a talajtól 14cm magasan található a beszívás, ezért csak 3 magasságban tudtam elvégezni a mérést. Közvetlen a gép alján a beszívásnál, a talajjal egy szintben és a kettő között félúton.

A kifúvásnál azért nem mértem 2m-nél távolabb, mert már olyan alacsony értékek voltak mérhetőek 2m távolságban is, hogy nem lett volna befolyással a tartózkodási zónára az annál alacsonyabb érték.

További eredmények:

A huzatkritérium meghatározásához további adatokat rögzítettem: turbulencia fok, léghőmérséklet.

Ezeket az eredményeket táblázatba rendeztem. A táblázatokat a melléklet tartalmazza. A dolgozatomban csak a legmagasabb értékeket tartalmazó táblázatot mutatom be.

	Magasság (m)	Távolság (m)					
		0,6m	1,2m	1,8m	2,4m	3m	
Turbulencia (%)	1,7	46	36	40	31	27	
	1,1	33	65	27	43	62	
	0,6	43	62	66	74	63	
	0,1	34	36	45	46	44	
Huzat (%)	1,7	8	11	22	38	34	
	1,1	7	31	51	28	12	
	0,6	4	0	0	0	2	
	0,1	10	9	7	14	26	
Légsebesség (m/s)	1,7	0,1	0,13	0,22	0,38	0,34	
	1,1	0,1	0,23	0,51	0,27	0,16	
	0,6	0,07	0,05	0,04	0,05	0,06	
	0,1	0,13	0,12	0,1	0,16	0,25	
Hőmérséklet (celsius)	1,7	23,5	23,6	23,7	24	24,3	
	1,1	23,8	23,8	23,9	24,4	24,6	
	0,6	24,2	24,5	24,6	24,6	24,7	
	0,1	24,1	24,2	24,2	24,3	24,3	

3. táblázat Anemosztát 500m³/h, légfertőtlenítő 400m³/h

5.Mérések az Airvent Légtechnikai Zrt. székhelyén

A termékcsalád bővebb megismerése érdekében ellátogattam a kecskeméti Airvent Légtechnika Zrt. telephelyére, ahol méréseimet további három különböző legfertőtlenítő eszközön szintén elvégeztem.

UV-C FlitAir 75 (38.ábra, 39.ábra) és UV-C FlitAir 45 (40.ábra) gépekkel 500, 600, 800 és 1000 m³/h áramlási sebességeken mértem, hogy megfelelnek-e a komfort kritériumoknak. A méréseim során a kiáramló levegő sebességeit mértem a kifűvás magasságában a front oldali kifűvásoknál a gép tetején lévő kifűvásnál pedig a kifűvó középpontjánál mértem különböző távolságokban.



39. ábra UV-C FlitAir 75 (kifűvás a front oldalon) (saját kép)



38. ábra UV-C FlitAir 75 (kifűvás a gép tetején) (saját kép)

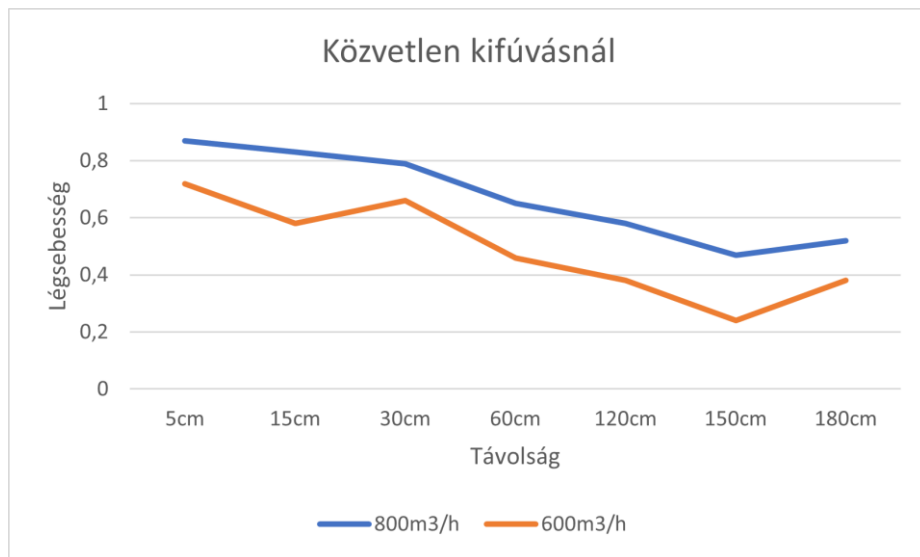


40. ábra UV-C FlitAir 45 (kifúvás a gép tetején) (saját kép)

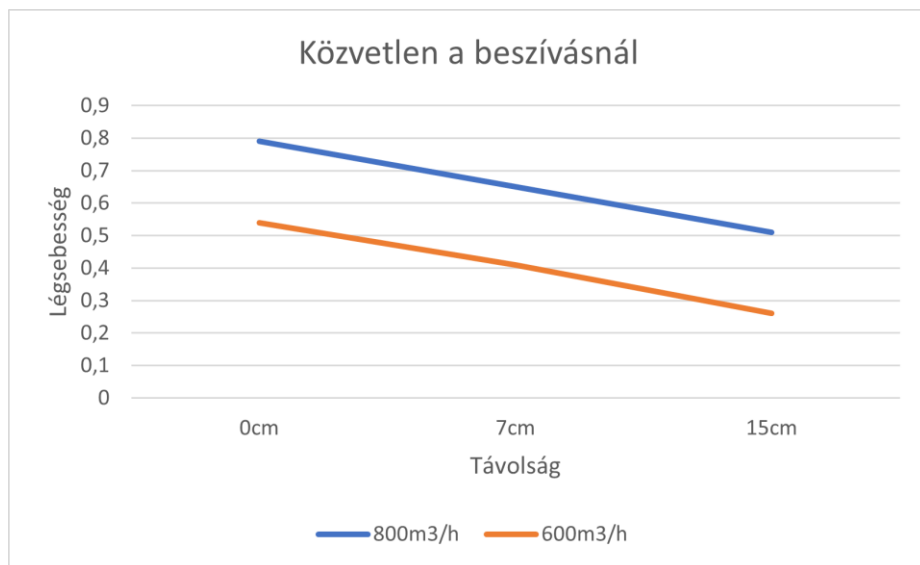
Az UV-C FlitAir 75 (39.ábra) gépen 600 és 800 m³/h térfogatáramon az UV-C FlitAir 75 (38.ábra) berendezésen 600 és 1000 m³/h térfogatáramon és az UV-C FlitAir 45 (40.ábra) gépet pedig 500m³/h térfogatáramon mértem a kiáramló és beszívott levegő sebességét.

5.1 Mérési eredmények az Airvent Légtechnikai Zrt. székhelyén

A gépek alján található a beszívási nyílás, ezért vizsgálni kellett a beszívási sebességet is, hogy kiderüljön, hogy az áramlat magával visz-e apró szennyeződések a szűrőbe és eltömődést okozhat-e különböző áramlási sebességeken. Megállapítottam, hogy nagyobb térfogatáramhoz nem csak nagyobb kifúvási légsebesség tartozik, hanem nagyobb beszívási sebesség is. (41.ábra, 42.ábra)



41. ábra UV-C FliAir 75 légsebességek közvetlen a kifúvásnál



42. ábra UV-C FliAir 75 légsebességek közvetlen a beszívásnál

6.Összefoglaló

A kutatásban kitértem a különböző rendeltetésű épületekben a SARS-CoV miatti intézkedésekre. Szakirodalom kutatást végeztem és bemutattam különböző légfertőtlenítő berendezések és azok működési elveit. Külön kitértem a különböző rendeltetésű épületekben való használhatóságra.

Számos mérést végeztem a légtechnikai laboratóriumban és igazoltam, hogy amennyiben nem megfelelően telepítik ezeket a berendezéseket különböző rendeltetésű épületekben akkor számos **negatív** hatással lehet a tartózkodási zónára. Különösen igaz ez, ha figyelembe vesszük a komfort kategóriát is. A, B komfort kategóriákhoz az átlagos légsebesség értékek alacsonyabbak, mint általam meghatározott 0,2 m/s átlagos légsebesség.

A gyártó cég székhelyén a termékcsalád több berendezésén is végeztem méréseket. Ezek után javaslatot tettem különböző rendeltetésű épületek esetében a berendezések üzemeltetéséről, mint például óvodákban amíg a gyerekek a szabadban játszanak addig maximális térfogatáramon fertőtleníthet a gép vagy a ritkán használatos helységekben (templom, művelődési ház) a rendezvények előtt legalább egyszeri fertőtlenítés után kezdődjön a rendezvény.

Külön fejezetben elemeztem a légszennyezőanyagokat a beltérben. Kutatásaim során beazonosítottam több szennyezőanyagot és táblázatban bemutattam ezek hatását az emberi szervezetre. A természetes forrásból származó szennyezőanyagok hatásait is elemeztem.

Az elmúlt időszakban a gépi szellőzés mellett több épületben is beépítésre kerültek a légfertőtlenítő berendezések is. Ezért vizsgáltam együttes hatásukat a tartózkodási zónára.

Előnyei mellett bemutattam a hátrányait is. Egyik ilyen hátrány a steril burokból való kilépés során hajlamosak megbetegedni az emberek.

Eddigi vizsgálataim alapján a jövőben az energiahatékonyság mellett egyre inkább a tartózkodási zóna megfelelő fertőtlenítése és átöblítése fontos szempont lesz a tervezés során és épületüzemeltetésben.

Köszönetnyilvánítás:

A KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS MINISZTERIUM ÚNKP-23-1 KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK A NEMZETI

KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS
MINISZTERIUM

„A TKP2021-NKTA-34 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.”

Irodalomjegyzék

- [1] Adalja, A. A., Toner, E., & Inglesby, T. V. (2020). Priorities for the US health community responding to COVID-19. JAMA, 323(14), 1343–1344. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.3413> (2023.10.31. 17:15)
- [2] WHO Regional Office for Europe. (2020). WHO announces COVID-19 outbreak a pandemic. <https://www.euro.who.int/en/health-topics/health-emergencies/coronavirus-covid-19/news/news/2020/3/who-announces-covid-19-outbreak-a-pandemic>. (2023.10.31. 17:27)
- [3] ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control). (2020). Data on the geographic distribution of COVID-19 cases worldwide, 2020 <https://www.ecdc.europa.eu/en/geographical-distribution-2019-ncov-cases>. (2023.10.31. 17:38)
- [4] Magyar Közlöny [Hungarian Gazette]. (2020). (Vol. 39, p. 1354) <http://www.kozlonyok.hu/nkonline/MKPdf/hiteles/MK20039.pdf>. (Accessed 14 July 2022). Mak, W. W., Law, R. W., Woo, J., Cheung, F. M., & Lee, D. (2009). Social support and psychological adjustment to SARS: The mediating role of self-care self-efficacy. Psychology and Health, 24(2), 161–174, 10.1080/08870440701447649 (2023.10.31. 17:44)
- [5] <https://energiakulcs.hu/gyakran-feltett-kerdesek/miert-van-szukseg-mesterseges-szelloztetesre/> (2023.04.8, 6:37)
- [6] <https://kreativlakas.com/lakas-komfort/a-mesterseges-szelloztetes/> (2023.04.22. 18:18)
- [7] <https://www.airvent.hu/hu/ipari-szelloztetes/legsterilizalok/uv-c-filtair> (2023.11.02. 20:32)
- [8] <https://aeramaxpro.com/hu-posts/mi-az-a-hepa-szuro/> (2023.04.22. 7:43)
- [9] <https://airocide.hu/mi-az-airocide/legtisztitas-technologiak-osszehasonlitasa/> (2023.11.05. 21:19)
- [10] <https://www.ozonepartner.com/exozone?lang=hu> (2023.11.03. 16:02)
- [11] <https://shop.nuxon.hu/> (2023.11.12. 13:51)
- [12] <https://www.sharpconsumer.com/home-appliances/hd40el/> (2023.11.05. 21:38)
- [13] <http://globalproblems.nyf.hu/a-levego/a-levegot-szennyezo-anyagok/> (2023.11.13. 15:03)
- [14] I. Csáki, I. Szennyező anyagok a belső környezet levegőjében, I. Alpok-Adria Passzívház Konferencia-Pécs, Nemzetközi Konferencia Pécs 2009, 4-5 szeptember, ISBN 978-963-06-7866-7 pp 357-359 (2023.11.12. 13:54)

- [15] <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-air-pollutants-8/transport-emissions-of-air-pollutants-8> (2023.05.22. 17:55)
- [16] Brunekreef, B., Holgate, S.T., 2002. Air pollution and health. *Lancet* 360, 1233 (2023.11.08. 19:44)
- [17] Ewan, K.B., Pamphlett, R., 1996. Increased inorganic mercury in spinal motor neurons following chelating agents. *Neurotoxicology* 17, 343. (2023.11.08. 19:52)
- [18] Lasley, S.M., Gilbert, M.E., 2000. Glutamatergic components underlying lead-induced impairments in hippocampal synaptic plasticity. *Neurotoxicology* 21, 1057. (2023.11.08. 20:01)
- [19] Lasley, S.M., Green, M.C., Gilbert, M.E., 2001. Rat hippocampal NMDA receptor binding as a function of chronic lead exposure level. *Neurotoxicol. Teratol.* 23, 185. (2023.11.08. 20:06)
- [20] Thomke, F., Jung, D., Besser, R., Roder, R., Konietzko, J., Hopf, H.C., 1999. Increased risk of sensory neuropathy in workers with chloracne after exposure to 2,3,7,8-polychlorinated dioxins and furans, *Acta Neurol. Scand* 100, 1. (2023.11.08. 20:17)
- [21] <https://egeszsegvonal.gov.hu/p-q/1741-pollenallergia.html> (2023.06.21. 21:13)
- [22] https://www.testo.com/hu-HU/komforterzet-meres/turbulencia-fok/c/applications_building_construction_comfort_level_turbulence_degree (2023.08.23. 14:11)
- [23] <https://www.testo.com/hu-HU/testo-400/p/0560-0400> (2023.09.27. 19:43)
- [24] <https://www.kimo.hu/files/DBM610%20hu.pdf> (2023.11.08. 8:37)
- [25] <https://www.testo.com/hu-HU/turbulencia-fok-szonda/p/0628-0152> (2023.09.27. 19:59)
- [26] <https://www.testo.com/hu-HU/testo-400/p/0560-0400> (2023.10.01. 11:07)
- [27] MSZ CR 1752:2000; Épületek szellőztetése. Épületek belső környezeténektervezési alapjai; Magyar Szabványügyi Testület (2023.11.13. 17:47)
- [28] www.egeszsegvonal.gov.hu (2024.01.25. 19:19)
- [29] www.pedia.hu (2024.03.27. 9:34)
- [30] www.airvent.hu (2024.03.27. 9:36)
- [31] www.wikipedia.org (2024.05.10. 18:42)