

**TISZTÁBB LEVEGŐVEL
A JOBB ISKOLAI TELJESÍTMÉNYÉRT!**



**Módszertani ajánlás
az
oktatási-nevelési intézmények
belső levegőminőségének javítására**

az intézmények vezetői, dolgozói és fenntartói, valamint gyermek- és ifjúsághigiéniával foglalkozó népegészségügyi szakemberek számára

Nemzeti Népegészségügyi Központ

**Módszertani ajánlás
az
oktatási-nevelési intézmények
beltéri levegőminőségének javítására**

Közegészségügyi Laboratóriumi Főosztály

**Nemzeti Népegészségügyi Központ
2020**

Szerzők:

**Dr. Kakucs Réka
Dr. Páldy Anna
Dr. Rudnai Péter
Dr. Magyar Donát
Dr. Szigeti Tamás
Dr. Pándics Tamás**

Nemzeti Népegészségügyi Központ Közegészségügyi Laboratóriumi Főosztály

**Főosztályvezető: Dr. Pándics Tamás PhD
1097 Budapest, Albert Flórián út 2-6.
E-mail: kozeglab@nnk.gov.hu**

2020

Tartalomjegyzék

1. Miért fontos az oktatási-nevelési intézmények beltéri levegőminőségének ellenőrzése és javítása?.....	5
2. A beltéri levegőt befolyásoló tényezők.....	5
2.1 Az intézmények környezeti levegője.....	5
2.2 A külső szennyezők bejutását befolyásoló tényezők.....	7
2.3 Beltéri szennyezőforrások az osztályterekben.....	7
2.3.1 Néhány fontosabb beltéri légszennyező és ezek gyakori forrásai	8
2.4 A légcseré mértéke	11
2.4.1 A beltéri szén-dioxid (CO ₂) koncentráció	12
2.4.2 Ajánlások az oktatási intézmények beltérének légcseréjére vonatkozóan	12
2.5 Légtisztítás, szűrés.....	13
2.6 A légszennyezők egészségkockázata az oktatási nevelési intézményekben	14
3. Az oktatási-nevelési intézmények beltéri levegőjének javítási lehetőségei.....	14
3.1. Akcióterv magas kültéri légszennyezettség esetén.....	17
3.2. A beltéri szennyezőforrások megfelelő szabályozása	18
3.2.1 Az aeroszol részecskék koncentrációjának csökkentése	18
3.2.2 Akcióterv a formaldehid koncentrációjának csökkentésére	18
3.2.3 Akcióterv az illékony szerves vegyületek koncentrációjának csökkentésére.....	19
3.2.4 Akcióterv a biológiai légszennyezők koncentrációjának csökkentésére	20
3.2.5 Járványveszély esetén figyelembe veendő szempontok	21
3.2.6 Akcióterv a hormonháztartást zavaró vegyületek beltéri koncentrációjának csökkentésére.....	24
3.2.7 Akcióterv az azbeszt-kitettség megelőzésére	24
3.2.8 Akcióterv a radon-kitettség csökkentésére	25
3.3. A légcseré javítása.....	25
3.3.1 A megfelelő természetes szellőztetés	26
3.3.2 Mesterséges szellőztetés	28
3.4. Akcióterv hőség idejére.....	29
3.4.1 Hűtés - ha a passzív módszer nem elég.....	31
4. A fenntarthatóság szempontjai	31
5. Összefoglalás	32
Források	33

1. Miért fontos az oktatási-nevelési intézmények beltéri levegőminőségének ellenőrzése és javítása?

A gyermekek a felnőttekhez hasonlóan idejük 80-90%-át beltérben töltik, ennek jelentős részét, hozzávetőlegesen 6-8 órát oktatási-nevelési intézményekben. Ugyanakkor fejlődő szervezetük a felnőttekéénél sokkal érzékenyebb bizonyos légszennyezők hatásaira. A vizsgálatok adatai szerint a nem megfelelő beltéri levegő az oktatási intézményekben jelentősen növeli a fejfájás, fáradtságérzet, asztmás roham, és egyéb légúti tünetek, valamint a hiányzások gyakoriságát (1, 2, 3).



Egyes légszennyezők nemcsak a légzőrendszert károsítják (1, 2, 4), hanem az immunrendszert, a hormonháztartást, a szív- és érrendszert, illetve központi idegrendszert is (1, 2, 3, 4, 5, 6).

Továbbá a rossz beltéri levegő befolyásolja a gyermekek tanulási teljesítményét, koncentrációképességét, tesztteredményeit és közérzetét (3, 5, 7, 8)

Az együttes teljesítményt természetesen nemcsak a gyermekek, hanem a pedagógusok, nevelők közérzete és egészségi állapota is jelentősen befolyásolja. Az oktatási-nevelési intézmények beltéri környezete ily módon a lakosság közel 10%-ának (gyermekek, pedagógusok, iskolai dolgozók) az egészségére hatással bír.

Mindemellett a kérdés különös jelentőségét az is adja, hogy a hazai környezeti eredetű betegségteher az össz betegségteher 16-20%-a, amelynek legjelentősebb (közel 90%-át adó) közvetítő közege a levegő. Fontos hangsúlyozni, az Egészségügyi Világszervezet (WHO) álláspontjával összhangban, hogy a korai (fiatal korban) elszenvedett vegyi anyagoknak, szennyezőknek való kitettség meghatározóbb a későbbi életszakaszok kapcsán kialakuló megbetegedések valószínűségében, így az oktatási-nevelési intézményeket látogatók jelentős része sérülékeny/érzékeny csoportba tartozik ebben a tekintetben.

2. A beltéri levegőt befolyásoló tényezők

A beltéri levegő minőségét meghatározza a kültéri levegő minősége, a beltéri szennyezőforrások jelenléte, illetve a beltéri környezetben végzett tevékenységek. Az ezekből eredő beltéri levegő minőségét befolyásolja a légcseré (szellőztetés) mértéke, levegőkémiai folyamatok, illetve az esetlegesen alkalmazott légtisztítás módja (9).

Az osztálytermek levegőjében találhatóak gáz, szilárd és folyadék halmazállapotú kémiai és biológiai légszennyezők. Mindezek eredhetnek a kültéri levegőből vagy beltéri forrásokból, illetve néhány közülük mindkét forrásból származhat.

2.1 Az intézmények környezeti levegője

Az iskolák, óvodák tekintetében a legfontosabb külső szennyezőforrások egyrészt a lakossági fűtés télen,



másrészt a forgalmas utak, közlekedési csomópontok, garázsok, parkolók, buszpályaudvarok, benzinkutak közelsége, különösen, ha ezek közelebb helyezkednek el az épülethez, mint 200 méter. A hulladékégetés télen, illetve az avarégetés, kerti zöldhulladék égetése a szomszédságban nyáron szintén szennyezheti a levegőt.

Emellett bizonyos területeken jelentős szennyezők az ipari létesítmények, erőművek, hulladéklerakók és -égetők, egyes mezőgazdasági tevékenységek, építkezések, bontások, valamint az egyre gyakrabban jelentkező bozót-, illetve tőzegtüzek is.

Az ezekből eredő jelentősebb kültéri légszennyezők a kisméretű aeroszol részecskék (*PM – particulate matter*), a nitrogén-oxidok (NO_x), szén-monoxid (CO), kén-dioxid (SO₂), valamint számos illékony szerves vegyület (például benzol, toluol, etilbenzol, xilol, PAH-vegyületek). Ezen szennyezők hozzájárulnak számos betegség kialakulásához, emellett egyértelmű tüdőrákot okozó hatása miatt a szennyezett kültéri levegőt összességében a Nemzetközi Rákkutatási Ügynökség (IARC) 2016-ban bizonyítottan rákkeltőnek nyilvánította (10). A kültéri légszennyezettség Magyarországon évente mintegy 8-14 000 ember idő előtti halálához vezet, a környezeti légszennyezés miatt százezer lakosra számított elvesztett egészséges életévek száma Magyarországon a magasabbak között van Európában (11).

Számos tanulmány bizonyította, hogy az iskolák közelsége forgalmas utakhoz, közlekedési csomópontokhoz, illetve egyes ipari létesítményekhez, vagy akár a fűtés és egyéb okok miatt a kültéri forrásból eredő légszennyezők magasabb szintje összefüggésben áll a gyermekeknél észlelhető légúti tünetekkel és betegségekkel, gyakoribb fertőzésekkel, gyakori fejfájással, magasabb vérnyomással és stressz-szinttel, valamint csökkent kognitív funkciókkal, illetve az iskolai teljesítmény csökkenésével, csökkent teszteredményekkel (1, 3, 5, 7, 12).

A kültéri légszennyezők közül a közlekedésből származó egyik szennyező a **nitrogén-dioxid** (NO₂), mely a légutakat károsítja, a gyulladósos és allergiás folyamatokat erősíti a szervezetben.

Döntően közlekedési eredetű a **benzol** is, azonban beltéri forrásai is lehetnek (egyes lakkok, festékek és ragasztók). A benzol szintén erősíti az asztmás tüneteket, emellett mutagén, a hosszú távú jelentős kitétség csontvelő-elégtelenséget, leukémiát okozhat, ezért a Nemzetközi Rákkutatási Ügynökség bizonyítottan karcinogénnek nyilvánította (13).



A helytelen lakossági fűtési módok, a járművek kipufogógázai, az ipari- és erdőtüzek, valamint a dohányzás, illetve akár egy grillezés miatt is számos **PAH-vegyület** is jut a környezetbe, melyek közül néhány bizonyítottan rákkeltő (pl.: benzo[a]pirén;14), illetve jórésztük hormonháztartást zavaró hatású vegyület.

Kültéri és beltéri forrásból is eredő légszennyező a **toluol**, mely a kitétség mértékétől függően máj-, lép- és központi idegrendszeri károsító, emellett terhesek kitétsége esetén fejlődési rendellenességet okozhat a magzatban.

Szintén kül- és beltéri forrásból is származhat az úgynevezett „szálló por” (**kisméretű aeroszol részecskék, PM**), mely a levegőben szuszpendált szilárd és folyadék részecskék elegye. E részecskék aerodinamikai átmérője 100 mikronnál kisebb, méretüktől függően hosszabb-rövidebb ideig lebegnek a levegőben, mielőtt kiülepednének. Egészség hatás szempontjából a PM₁₀, PM_{2,5}, és az ultrafinom részecskék (UFP) méretfrakcióit szokták megkülönböztetni. Minél kisebb a részecskék átmérője, annál mélyebbre jutnak el a tüdőben,

ott kifejtve káros hatásukat. A 2,5 mikron átmérőnél kisebb részecskéknek való hosszútávú számottevő kitettség növeli a szív- és érrendszeri, illetve a légúti betegségek kialakulásának kockázatát, emellett károsítja a kognitív funkciókat és az idegrendszer fejlődését gyermekkorban (6, 7). Az osztályokban mért PM_{2,5} tömegkoncentráció jelentős részét kültéri eredetűnek tartják. A kültérből származó részecskék döntő többsége a lakossági tüzelésből, valamint az üzemanyagok égéséből származik. A beltéri aeroszol részecskék másik részét a kültérből beáramló részecskék beltéri aktivitás miatti levegőben való reszuszpenziója (felvert por) alkotja. Az osztályteremben/foglalkoztatóban végzett helyzetváltoztatás, lassú séta is akár 10-50-szeresére növelheti a levegőben lévő részecskék számát, egy tornaóra pedig több mint százszorosára emeli a termék levegőjének részecske-szennyezettségét.

A fizikai-kémiai szennyezőkön kívül kültéri szennyezőknek tekinthetők az időszakosan megjelenő virágporszemek (**pollen**), elsősorban a közeli allergén pollenadó növényekről, valamint a nedves őszi időben viszonylag magasabb koncentrációt elérő kültéri **penészgomba spórák** is.

2.2 A külső szennyezők bejutását befolyásoló tényezők

A külső forrásokból származó légszennyezők bejutását az osztálytermekbe-foglalkoztatókba az épület jellemzői nagyban befolyásolják. Az egyik legfontosabb tényező a szennyezőforrástól való távolság, tehát nem mindegy, hogy az állandó tartózkodásra szánt termék az emeleten vagy a földszinten helyezkednek el, valamint, hogy az ablakok forgalmas útra vagy parkra/belső udvarra nyílnak. A tanulmányokban kétszer akkora kültéri eredetű részecske-szennyezettséget találtak az utcai frontra néző osztálytermekben, mint az udvarra nyílóokban, emellett a különböző heveny tünetek (köhögés, nehézlégzés, fejfájás) is gyakrabban fordultak elő ezekben az osztálytermekben (1, 2, 3). Ugyanígy fontos tényező az ablakok távolsága a szülői parkolóktól, dohányzóhelytől, vagy akár a szomszédos épületek kéményétől, szellőztető rendszerek használtlevegő-kijuttatási pontjától. Az épület körüli zöld növényzet, védősövények csökkenthetik egyes légszennyezők bejutását.

2.3 Beltéri szennyezőforrások az osztálytermekben

A beltéri légszennyezők egy része csak időszakosan jelenik meg vagy koncentrációjuk csak bizonyos időszakokban emelkedik meg (például a bontási, felújítási munkák során), másik részük folyamatosan a beltéri levegőbe jut a beépített anyagokból, valamint a mindennapos használat és a különböző tevékenységek során.

Beltéri légszennyező források:

- építőanyagok (falburkolók, padló, nyílászárók, szigetelők),
- bútorzat, berendezési tárgyak,
- árnyékolók, függönyök, szőnyegek,
- fénymásolók, nyomtatók, multifunkciós berendezések,
- ragasztók, festékek, oldószerek használata az órák, foglalkozások alatt,
- tisztítószeres,
- takarítás hiánya miatt kiülepedett por,
- kozmetikumok (spray-dezodorok, illatosítók, hajlakkok, körömlakkok),

- penész (beázás, nedvesedés, páralecsapódás, hőhidak esetén),
- kisállatok.

Ezek mellett a bent tartózkodó személyek is hozzájárulnak a levegő elhasználódásához az általuk a levegőbe juttatott CO₂, pára, hő, baktériumok és vírusok kibocsátása révén.

A fenti beltéri forrásokból származó fizikai-kémiai légszennyezők:

- formaldehid és egyéb aldehidek,
- egyéb illékony szerves vegyületek (VOCs: volatile organic compounds): toluol, etilbenzol, xilol, vinil-klorid, triklóretilén, tetraklóretilén, terpének (limonén, alfa-pinén), naftalén,
- félillékony vegyületek (SVOCs: semi-volatile organic compounds): ftalátok, biszfenolok, brómozott égésgátlók, fluorozott vízlepergető- és folttaszító anyagok, növényvédő szerek,
- aeroszol részecskék,
- azbeszt

Beltéri forrásokból eredő biológiai légszennyezők:

- penészgomba spórák és mikotoxinok
- baktériumok, vírusok
- állati hám, szőr, vizelet eredetű allergének
- rovarok allergén részei (svábbogár, poratkák ürüléke)

2.3.1 Néhány fontosabb beltéri légszennyező és ezek gyakori forrásai

Számos tanulmány kimutatta a formaldehid és egyéb illékony szerves vegyületek jelenlétét az osztálytermek levegőjében (2, 15, 16).

2.3.1.1 Formaldehid

Az illékony szerves vegyületek (VOC-ok) közül a levegőben magasabb koncentrációban jelenlévő formaldehid vízszerű orrfolyást, az orr eldugulását okozhatja, valamint kiválthatja vagy felerősítheti az asztmás tüneteket. Hosszasabb kitettség esetén kisebb koncentrációban is okozhat fejfájást, fáradtságérzést, rossz közérzetet. Az Egészségügyi Világszervezet Nemzetközi Rákkutatási Ügynöksége szerint bizonyítottan rákkeltő (IARC1 csoportba tartozó anyag), a hosszas kitettség és kellően magas koncentráció laphámrákot okozhat az orr-garat régióban, illetve felvetődött leukémiát okozó hatása is (17).

Formaldehid nagyobb mennyiségben az új bútorokból, padlóanyagokból, illetve új berendezési tárgyakkól szabadul fel. Faforgácslapok, farostlemezek, MDF- és OSB-lapok, rétegelt lemezek, laminált padlók formaldehid alapú műgyanta ragasztóanyagai tartalmaznak formaldehidet nagyobb mennyiségben, de magában a nyers faanyagban is jelen van kisebb mennyiségben a formaldehid.



Emellett festékek, lakkok, tapéták ragasztóanyagai, hang- és hőszigetelő habok, formaldehid alapú műgyantából készült műanyagtermékek is tartalmazzák. Levegőkémiai reakciók során egyéb illékony szerves vegyületekből is képződik ózon jelenlétében.

2.3.1.2 Egyéb illékony szerves vegyületek

Az építőanyagok, bútorok, festékek, lakkok nemcsak formaldehidet, de más illékony szerves vegyületeket is tartalmaznak. A mérési adatok azt mutatják, hogy az új berendezéssel rendelkező osztálytermekben sokkal magasabb koncentrációban mutathatók ki az illékony szerves vegyületek (2). Ugyancsak magasabb koncentrációban voltak kimutathatóak a nem vízbázisú festékekkel festett osztálytermekben (2). Az illékony szerves vegyületek adott mértékű kitettség eredményeként szintén okozhatnak fejfájást, fáradtságot, koncentrációcsökkenést, légúti és érzékszervi irritációt, emellett egyesek máj-, vese- és idegrendszeri károsodást, némelyikük szintén rákkeltő.

Mivel jó oldószerek, szinte számos termékben előfordulnak: aeroszol spray-k (haj-spray, dezodor, légtisztító-spray, dekor-spray), tisztítószer, iskolai ragasztók, szövegkiemelők, filctollak, korrektorok tartalmazhatják.

A fénymásolók és nyomtatók működésekor is jelentős mennyiségű illékony szerves vegyület kerülhet a levegőbe.

2.3.1.3 Félillékony szerves vegyületek

A félillékony szerves vegyületek (sVOC-ok) szintén jelen lehetnek az osztálytermek/foglalkoztatók levegőjében és kiüledett porában (18). Ezek között számos hormonháztartást zavaró vegyület létezik, mely a fejlődő gyermekek idegrendszeri-, immun- és nemi- fejlődésében zavart okozhat. Megzavarhatják az anyagcsere-folyamatokat, hozzájárulhatnak az elhízáshoz és a cukorbetegség kialakulásához. Számos vegyület közülük rákkeltő hatású.

A **ftalátokat** puha, rugalmas gumi- és műanyagtárgyak gyártásánál használják lágyítószerként. A ftalátok megtalálhatóak egyes gyurmákban, ragasztókban, festékekben, légtisztítóknak, gyertyákban, kijelzővédő PET fóliákban is. A gyermekjátékokban és a kisgyermekeknek ajánlott termékekben egyes ftalátokat betiltottak az Európai Unióban, az Európai Unió kivül azonban nem mindenhol, ezért a nagyobb gyermekek által használt számos radírban, hajlítható vonalzóban, műanyag karkötőben és ékszerben még előfordul. A PVC és a laminált padlók többsége tartalmaz ftalátokat, amelyek még a beépítés után is sokáig kerülhetnek ki a az osztálytermek/foglalkoztatók üledő porába és levegőjébe.

A **polibrómozott égésgátlók** (PBDE-vegyületek) a pajzsmirigyhormon működését befolyásolva károsíthatják az idegrendszer fejlődését, hozzájárulhatnak a nemi működések zavarainak kialakulásához, emellett májkárosítók és lehetséges rákkeltők. E vegyületeket kiterjedten alkalmazzák elektromos és elektronikus berendezések műanyag borításaiban, gépi szőnyegekben, lakástextilekben, műanyag árnyékolókban, kárpitokban, matracokban, poliuretán habokban, szigetelőanyagokban, ezekből a tárgyakból bekerülnek a beltéri levegőbe és a porba. Műanyag borítású műszaki berendezések, például monitorok, nyomtatók, szkennerek, fénymásolók működése során megjelennek a zárt tér levegőjében.

A **fluorozott vízlepergető, folteltávolító anyagok** (PFOA - perfluor-oktánsav, PFNA - perfluor-nonánsav, PFOS - perfluor-oktánsulfát) szintén hormonháztartást zavaró vegyületek, melyek az előzőekhez hasonlóan a gyermekek több szervrendszerének fejlődését is megzavarhatják. Leginkább gépi szőnyegekben (játsszőnyegek), kárpitozott bútorokban, illetve padlóápolókban, szőnyeg- és kárpittisztító folyadékokban, habokban fordulhatnak elő a

nevelési-oktatási intézményekben. Ezek mellett elviteles ételek olajlepergető dobozai, papírpajzai, popcorn-tasakok, valamint felsőruházati cikkek, impregnált kabátok és cipők tartalmazzák őket.

2.3.1.4 Azbeszt

Az azbeszt szálás szerkezetű ásvány, melyet régebben hő- és hangszigetelésre, tűzálló anyagként használtak. Tartalmazhat azbeszttartalmú építő- és szigetelőanyagot az olyan épület, amelyet 1960 és 2005 között építettek vagy abban az időben nagyobb felújításon esett át. Az azbesztet legtöbbször kazánok, kályhák hőszigetelésénél, víz-, szennyvíz-, gázcsövek szigetelésénél, fűtő- és szellőzőrendszerek csöveinek, járatainak bélelésénél alkalmazták. Azbesztet tartalmazhatnak ezen kívül egyes fali és mennyezeti szigetelő panelek. Az alagsorokban gyakran előforduló, szórt azbesztet tartalmazó termékek 90%-ban azbesztet tartalmaznak, kevés cementtel gyengén összeragasztva, melyek hamar előregszeknek és a lemálló azbesztszálak a légmozgással a levegőbe kerülhetnek. Ezek mellett melléképületek régi palatetői lehetnek azbeszttartalmúak, melyekből megbontásuk alkalmával, illetve nagyobb szélben kerülhetnek az azbesztszálak a kültéri levegőbe.



Magyarországon 2005-ben tiltották be az azbeszttartalmú építőanyagok gyártását és forgalmazását. Amíg ezek az építőanyagok fedettek, épek, nincs jelentős egészségkockázatuk. Felújítási munkák, illetve az idő során történő állagromlás következtében azonban az azbeszttrostok a belélegzett levegőbe kerülhetnek.

Közvetlen összefüggés igazolódott az azbeszt-kitettség és a kitettség után 15-20 évvel kialakuló tüdőrák, illetve a mesothelioma (a tüdőt körülvevő mellhártya rosszindulatú daganata) között (19).

2.3.1.5 Radon

Azokban az épületekben, amelyek magasabb radioaktivitású talajon épültek (andezit vagy gránit alapú hegységeink, például az Északi-középhegység vulkanikus öve, Mórággyi-rög környéke, Mecsek, Velencei-hegység közelében), felhalmozódhat a természetes eredetű, földkéreg felől áramló radioaktív gáz, a radon, különösen a földszinti helyiségekben. Nagyobb a radon felhalmozódásának valószínűsége, ha az épület nincs alapincézve. A zárt terekben felhalmozódó radon hozzájárulhat a tüdőrák kialakulásához. Még nagyobb a kockázat dohányosoknál, illetve, ha tartósan magas az aeroszol részecskék (PM) koncentrációja a levegőben, mert ilyenkor a radon bomlástermékei megtapadhatnak a levegőben található részecskéken, majd a tüdő falán. A földrajzi adottságon túlmenően máshol is előfordulhat magasabb beltéri radonkoncentráció, egyes 1960 és 1980 között épült épületekben a salakkal feltöltött aljzatokból-födémekből, illetve a salakbeton falazóelemekből

is jelentős mennyiségben távozhat radon, de egyes téglapületek is bocsáthatnak ki radont. A beltéri radon-koncentráció mérhető, a mérés kérhető hitelesített laboratóriumoktól. 100 Bq/m³ éves átlagérték alatt nincs többletkockázat, e fölött azonban nem-dohányzók többlet relatív kockázata: 16% / 100 Bq/m³, ezért a WHO a 100 Bq/m³ éves átlagértéket ajánlja referencia szintnek (20). Jogszabály szerint (487/2015 XII. 30. Korm. rendelet) meglévő épületeknél az elfogadható éves átlagérték 300 Bq/m³.

2.3.1.6 Biológiai légszennyezők az osztálytermekben/foglalkoztatókban

Az osztálytermekre és foglalkoztatókra jellemző, hogy viszonylag kis területen sok gyermek tartózkodik hosszabb időn keresztül. Az általuk kilélegzett szén-dioxid és pára, valamint a levegőbe juttatott baktériumok és vírusok miatt a levegő hamar elhasználódik. A megfelelő szellőztetés hiánya egyrészt megbetegedésekhez, másrészt az iskolai teljesítmény csökkenéséhez vezetnek.

A beázások, valamint a hőhidak, a nem megfelelő szellőztetés és az elégtelen fűtés miatti páralecsapódás következtében meglepedett penészgombák spórái légúti tüneteket, allergia és asztma kialakulását vagy súlyosbodását okozhatják (21). Másrészt a penészgombák emberi egészségre káros illékony szerves vegyületeket és mikotoxinokat termelnek. E mikotoxinok kisebb-nagyobb mértékben a levegőbe kerülhetnek, de heveny megbetegedést ritkán okoznak. Vesét, májat, immun- és idegrendszert hosszútávon károsító hatásai a szervezetben összeadódnak a más forrásból eredő mikotoxinok hatásaival (élelmiszer eredetű mikotoxinok viszonylag magasabb koncentrációban fordulnak elő sok, fiatalok által gyakran fogyasztott élelmiszerben: teljes kiőrlésű gabonából készült müzlikben és péksüteményekben, aszalt gyümölcsökben, gyümölcslevegekben, nem friss olajos magvakban). A beázott, nedves falak mellett a nem megfelelően karbantartott légnedvesítőkön és a cserepes növények virágföldjén is meglepedhetnek penészgombák. Kialakulhat penészesedés beltéri szigetelők, tapéta és álmennyezet alatt is. Ezenkívül a hulladék és komposzt a penészgombák tipikus meglepedési helye, ezért nem helyes, ha túl közel alakítjuk ki a komposztgödört az osztálytermek ablakához. Biológiai légszennyezők a különböző virágporok (pollen), a latex (pl. fikuszok, mikulásvirág, kutyatejfélék kiszáradt tejnedve), kisállatokból (elsősorban macska, kutya, hörcsög, papagáj) származó hám, szőr, vizelet eredetű allergének, valamint háziporatkáktól és a csótányoktól származó szennyeződés is.

2.4 A légszere mértéke

Ha egy osztályteremben/foglalkoztatóban nem elégséges a légszere:

- feldúsul a szén-dioxid a levegőben,
- megnő az előző fejezetekben említett beltéri forrásból származó légszennyezők koncentrációja,
- megnő a baktériumok és vírusok koncentrációja,
- nő a levegő relatív páratartalma, hőmérséklete,
- az állott levegő kellemetlen szaghatással jár.

Mindezek következtében a gyermekek koncentrálóképessége, teljesítménye csökken, álmosak lesznek, de emellett megnő a fertőző betegségek terjedésének kockázata, ezáltal a hiányzások

száma is. A légszennyezők magasabb szintje pedig hosszútávon károsítja a gyermekek és a pedagógusok egészségét. A vizsgálatok adatai alapján azokban az osztályokban, ahol növelték a légcserét, egyértelműen bizonyítható volt a tesztmegoldási sebesség növekedése, a kognitív teszteken elért jobb eredmények, emellett csökkent a hiányzások száma és javult a diákok és a tanárok közérzete (9, 22, 23, 24, 25).

2.4.1 A beltéri szén-dioxid (CO₂) koncentráció

A beltéri szén-dioxid-koncentráció a légcseré mértékének indikátora, jelzi a szellőztetés megfelelőségét vagy elégtelenségét.

Kültéren a levegő szén-dioxid tartalma 415 ppm körüli. Belterekben a levegő minősége jónak mondható 1000 ppm szén-dioxid koncentrációig, azaz 0,1 tf %-ig, így a javasolt beltéri irányérték **900-1100 ppm** (26, 27, 28). **1500 ppm** felett már kimutatható kognitív működésbeli csökkenés, koncentrációképesség-csökkenés, 2000 ppm értéket elérve pedig álmoság és különböző fizikai tünetek észlelhetőek. Ilyen értékeknél már nemcsak csökken a gyermekek és pedagógusok teljesítménye, hanem a figyelmetlenségből adódó balesetek kockázata is nő.

Kültéri CO ₂ koncentráció	Ideális beltéri CO ₂ konc.	Mérsékelt aluszellőztetett osztály	Jelentősen aluszellőztetett osztály	Szellemi munkát akadályozó CO ₂ konc.	Elfogadhatatlan, fülledt levegő
400 ppm	800-1000 ppm	1100-1500 ppm	1600-1800 ppm	1900-2200 ppm	> 2200 ppm
-	-	-	fáradtság, koncentráció-csökkenés, figyelmetlenség	álmoság, fejfájás	álmoság, fejfájás, szédülés, kábultság, hányinger

Egy ember széndioxid kibocsátása kb. 20 dm³ CO₂/óra, ami egy 60 négyzetméteres terem levegőjét mintegy 110 ppm széndioxiddal növeli óránként, ami 30 diák esetén zárt ablakok mellett már kevesebb, mint félóra alatt annyi szén-dioxid termeléssel jár, hogy a koncentráció eléri 1500 ppm szintet, egy teljes óra elmúltával pedig 3000 ppm fölé emeli a szén-dioxid koncentrációt. Minél kisebb egy helyiség, illetve minél több a benttartózkodó, annál hamarabb elhasználódik a levegő. A széndioxid koncentráció megfelelő szinten tartása széndioxid-mérők/riasztók felszerelésével (29), illetve a szellőztetési rend betartásával lehetséges (30).

2.4.2 Ajánlások az oktatási intézmények beltérének légcseréjére vonatkozóan

A szellőztetésre vonatkozó nemzetközi szabványok (ASHRAE 62.1-2019; EN 16798-1:2019) próbálnak egyensúlyt találni az egészséget és teljesítményt nem károsító levegőminőség és a minél kisebb energiafelhasználás között. Meghatározzák a személyenkénti szellőző igényt, azaz az alap légcserét a nyugalomban lévő, fizikai aktivitást nem végző benttartózkodók szén-dioxid és pára kibocsátása alapján, ezen felül további légcseré-szükségletet az adott helyiségben az építőanyagok, berendezési tárgyak, illetve a különböző tevékenységek során használt termékek károsanyag-kibocsátásának megfelelően, továbbá a bent-tartózkodók

fizikai vagy szellemi (például tanterekben tanulás, dolgozat, vizsga) aktivitása szerint (25, 27, 31). Osztályterem esetén 25-29 m³/óra/fő (7-8 liter/másodperc/fő) minimális szellőzés biztosításával érhető el elfogadható levegőminőség, azaz minimálisan ennyi friss levegő bejuttatással érhető el, hogy a széndioxid-koncentráció ne haladja meg jelentősen az 1500 ppm szintet.

A 7/2006. (V. 24.) TNM rendeletben (az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról) - mely rendelet jelentős felújításoknál (határoló szerkezetek összes felületének legalább a 25%-át érintő felújításoknál) is alkalmazandó, a **személyenkénti szellőző levegő igény: 25,2 m³/óra/fő**, ezen felül az **épülemisszió miatt szükséges szellőzés: 2,52 m³/óra/m²**, melyet hozzáadva, egy személyre mintegy 29-30 m³/óra/fő (8 liter/másodperc/fő) légmennyiséget jelent. A rendelet szerint a belső térben a CO₂ koncentráció a külső tér levegőjéhez képest maximum 500 ppm-mel lehet magasabb (28).

2.5 Légtisztítás, szűrés

A megfelelő mértékű légcserén túl, ha szükséges, szűrni is kell a levegőt (magas kültéri légszennyezettség, pollenterhelés, illetve beltéri forrásokból származó túl magas szennyezettség esetén, például a beépített anyagok magas kibocsátása vagy gyakori órai ragasztó-, oldószer-, festék- illetve egyéb vegyszerhasználat esetén, ha nem megoldható a kielégítő szellőztetés). A légtisztító- légfrissítő spray-k elfedik a szagokat, de nem eliminálják a szennyezőket, és további káros légszennyezőket bocsátanak ki!

A mobil légtisztító berendezések ugyan szűrik a levegőt, de friss levegőt nem szolgáltatnak, ezért annak pótlására figyelni kell e készülékek használatakor.

A HEPA szűrővel vagy elektrosztatikus szűrővel ellátott mobil légtisztító berendezések a kisebb részecskéket (PM₁₀, PM_{2,5}), pollenszemeket, baktériumokat és gombaspórákat szűrik. A legtöbb berendezésben található szénszűrő is, melynek feladata az illékony szerves vegyületek eltávolítása - valós környezetekben történt mérések tapasztalata alapján azonban a legtöbb légtisztító berendezés nem csökkenti jelentősen az illékony szerves vegyületek koncentrációját. Azok az UV-C fényel működő légtisztítók, amelyek nem termelnek ózont, alkalmasak lehetnek a levegőben lévő kórokozók ártalmatlanítására. A kereskedelemben kapható mobil légtisztító készülékek hatékonysága és biztonságossága igen változó. Megfelelő az a készülék (45), amely rendelkezik független laboratórium által kiállított szabvány szerinti hatásossági és biztonságossági vizsgálattal (például AHAM AC-1 (CADR), EN 1822:2009, és EN ISO 29463-2018 szabványok szűrők esetén; ANSI/ASHRAE Standard 185.1, ISO 15714:2019 és ISO 15858:2016 szabványok UV- légtisztítók esetén; illetve ANSI/UL Standard 867 elektrosztatikus szűrők esetén). Az ózon oxidáló hatását alkalmazó légtisztítók/légfertőtlenítők használata során olyan vegyületek is a keletkezhetnek, melyek a kiszűrendő vegyületeknél is károsabb egészséghatással rendelkeznek, ezért az **ózontermelő légtisztítók használata ellenjavallt** (46).

Általánosságban elmondható, hogy mivel a mobil légtisztító készülékeken áramló levegőmennyiség viszonylag alacsony, az általuk hatékonyan kiszolgálható alapterület korlátozott, általában nem elegendő a teljesítményük egy osztályterem/foglalkoztató hatékony légtisztításához (egy-egy készülék jellemzően 10-15 négyzetméter kellő mértékű légtisztítást

1,5 -2 óra alatt végzi el; egy átlagos osztályterem légtisztításához egy legalább 600 m³/óra légszűrő teljesítményű készülék lehet megfelelő).

Megfelelő hatású légtisztítás és egyben friss levegő utánpótlás csak jól tervezett és rendszeresen karbantartott **mechanikus szellőztető rendszer (HVAC: Heating, Ventilation, Air Conditioning systems)** beépítésével érhető el, mely biztosítja a megfelelő mennyiségű friss levegőt, és egyben szűri és szükség szerint hűti/fűti azt.

2.6 A légszennyezők egészségkockázata az oktatási nevelési intézményekben

A gyermekintézményekben mért, előzőekben felsorolt kültéri és/vagy beltéri forrásból származó légszennyezők koncentrációi természetesen eltérnek a különböző adottságú intézményekben. Az iskolák zömében a legtöbb légszennyező koncentrációja nem éri el az egyértelműen egészségkockázatot jelentő szintet. Leggyakrabban a benzol, az aeroszolrészecskék (PM₁₀, PM_{2,5}), valamint a formaldehid, illetve egyes egyéb illékony és félillékony szerves vegyületek koncentrációját találták irányérték (44, 45) felettinek a vizsgált európai gyermekintézményekben (2, 16, 15). Ugyanakkor a különböző légszennyezők egyszerre érik a gyermekek szervezetének egyes sejtjeit, tehát hatásuk összeadódhat. Így, míg például az egyes légszennyezők aktuális koncentrációi alapján becsült kockázat elenyészőnek tűnhet a különböző betegségek kimeneteleire (légzőszervi betegség, immun- és idegrendszeri eltérések, rák), az egyszerre mért összes összetevőre számított kumulatív kockázat már jelentősebb (15, 32).

3. Az oktatási-nevelési intézmények beltéri levegőjének javítási lehetőségei

A fentiekben ismertetett láthatatlan szennyezőket sokszor észre sem vesszük, illetve mivel károsító hatásuk nem azonnali és közvetlen, nem tulajdonítunk nagy jelentőséget nekik. Már csak azért sem, mert az emberben van ezzel kapcsolatban egy tehetetlenség-érzés, hogy ő egymaga úgysem változtathat mindezekben.

Ugyanakkor több tanulmány is kimutatta, hogy ott, ahol tudatosítják ezeket az ártalmakat, és minden résztvevő motivált abban, hogy javítsa a saját egészségét befolyásoló környezeti levegőt, igen jelentős, mérhető javulást lehetett elérni mind a légszennyezők szintjében, mind az egészséghatások, tünetek előfordulásában (9, 22, 24).



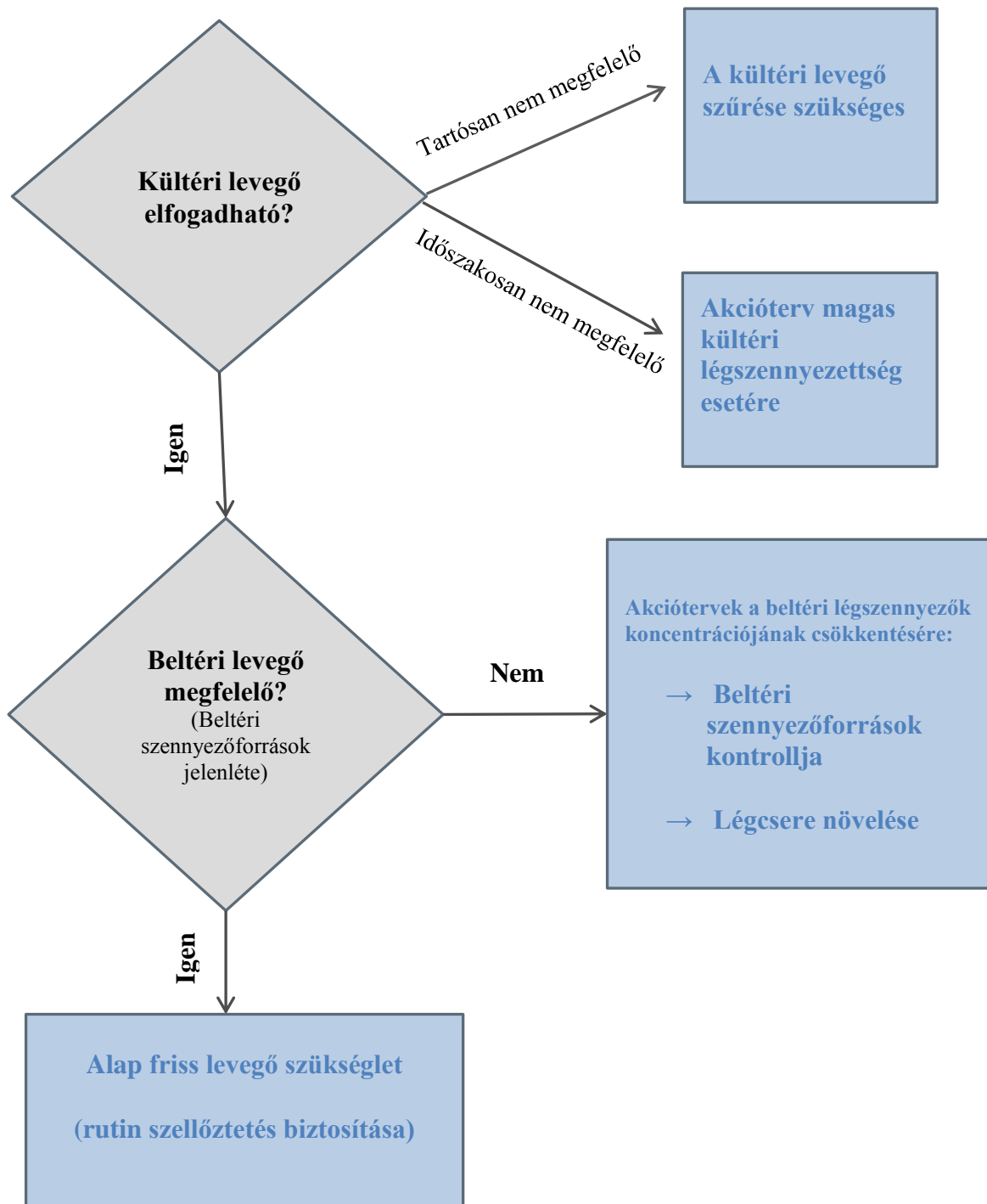
Az kültéri és beltéri levegőszennyezők, illetve az ezeknek tulajdonítható egészséghatások vizsgálatának tapasztalatait összegezve a Nemzeti Népegészségügyi Központ Közegészségügyi Laboratóriumi Főosztálya (régebben Országos Környezetegészségügyi Intézet) kidolgozott egy módszertani ajánlást a gyermekintézményi beltéri levegőminőség javításának módjairól, amely számos hazai és nemzetközi kutatás eredményein alapszik. Jelen útmutató olyan akcióterveket tartalmaz, melyek magas kültéri vagy beltéri szennyezettség esetén a költségesebb, hosszútávú megoldások mellett a megfelelő odafigyeléssel megvalósítható, egyszerűbben kivitelezhető megoldásokat is tartalmazzák.

Az útmutató célja, hogy iskolák esetében megvalósítható legyen:

- a kültéri légszennyezők bejutásának csökkentése,
- a beltéri szennyezőforrásokból eredő kitettség csökkentése,
- a légcseré mértékének javítása,
- mindezeket természetesen a fenntarthatóság szempontjainak figyelembevételével.

A következő bekezdésekben az egyes kockázati tényezők csökkentésének lehetőségeit részletezzük.

A beltéri levegő minőségének megítélése, és az egészségkockázat csökkentése céljából tervezhető beavatkozások a levegő minősége alapján:



3.1. Akcióterv magas kültéri légszennyezettség esetén

Állandóan magas kültéri légszennyezettség esetén a levegő szűrése, mechanikus szellőztetés bevezetése szükséges (ld. 3.3.2 fejezet).

- Ha erre egyelőre nincs lehetőség, az is csökkenti a légszennyezettségnek való kitettség mértékét, ha csak az emeleten lévő vagy udvarra, esetleg kevésbé forgalmas útra néző osztálytermet/foglalkoztatókat használják állandó tartózkodásra.
- Fontos, hogy a szülőknek kijelölt parkolóhelyeket ne az állandó osztályterem ablakai elé tervezzék.
- Ne használják az oktatási intézmény udvarát parkolásra!
- Zöld növények, védősövények kiszűrrik az aeroszol részecskék egy részét, így érdemes széles tűrképességű, nem pollenadó fajokból inkább kevesebb, de idősebb, nagyobb példányt beszerezni. Célszerű örökzöldeket is telepíteni, hogy télen is legyen zöld szűrőfelület.
- Zsúfoltabb városrészekben javíthatunk a beltéri levegő minőségén, ha figyelünk arra, hogy ne reggeli és délutáni csúcsforgalom idején szellőztessünk. Emellett egy tábla is kihelyezhető a következő felirattal: „A gyermekek egészségének védelme érdekében kérjük, hogy a várakozó szülők ne járassák a gépjármű motorját!” Ugyanez vonatkozik az iskolabuszokra is. A parkolásban előnyt kell adni elektromos autóknak, igénytől függően néhány (a terem ablakaihoz legközelebb eső) parkolóhelyet kizárólag nem szennyező autóknak szükséges fenntartani.
- Lehet egy felelőst (pedagógus, intézményi titkár, idősebb gyermekekből álló felelős csapat) megbízni, hogy kísérje figyelemmel a légszennyezettségi híradásokat (például a Nemzeti Népegészségügyi Központ, az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat és az Országos Meteorológiai Szolgálat honlapján), és ha magas a kültéri légszennyezettség, figyelmeztesse a tanárokat, hogy aznap nem célszerű sem kültéri tevékenységet, sem mozgásos osztálytermi tevékenységet végeztetni a diákokkal.
- Semmiképpen nem szabad iskolakört futtatni téli, illetve nyári szmog idején! Forgalmas helyen épült városi iskolák esetén semmilyen időben nem ajánlható az iskolakör futtatása, célszerűbb egy közeli sportpályát, parkot használni, vagy más helyszínű alternatívákat (úszás, korcsolyázás, evezés, tánc, játszótéri sporteszközökön való aktív testmozgás) előnyben részesíteni. Ha forgalmas útra nyíló tornaterem van, annak mesterséges szellőztetését mihamarabb meg kell oldani, megfelelő frisslevegő-beszívási pont választásával és a levegő szűréssel.
- Az egyes intézmények körüli reggeli közlekedési káosz megelőzésére motiválni kell a szülőket és a gyermekeket a gyalogos (vagy tömegközlekedéssel történő) és kerékpáros (ahol ez biztonságos) közlekedésre. Kisebbségi légszennyezéssel jár, ha a közös útvonalon járó gyermekeket a szülők felváltva szállítják az intézménybe, a rendszeres csoportos iskolába járást valamilyen módon jutalmazhatjuk is. A gyalogos közlekedés elősegítésére járható útnak tűnik az időkedvezmény, ha fél-egy órával később kezdődik a tanítás, jóval több diák választja a sétát. Emellett a tapasztalatok szerint a későbbi időpontú reggeli kezdést választó



iskolákban jobbak lettek a levegőmérési eredmények is, mert csak a reggeli csúcsforgalom után szellőztettek (33).

A környezetbarát közlekedés elősegítésére az igénynek megfelelő számú kerékpár balesetmentes tárolását mindenképpen meg kell oldani.

3.2. A beltéri szennyezőforrások megfelelő szabályozása

3.2.1 Az aeroszol részecskék koncentrációjának csökkentése

- A korareggeli, késődélutáni és esti órákat válasszuk hosszabb szellőztetésre, ezzel szemben minimalizáljuk a szellőztetést közvetlenül a tanítási idő elején és végén, amikor a szülői gépkocsik miatt nagyobb a forgalom az iskola körül. Forgalmas utak mentén elhelyezkedő épületek környezetében a levegő minősége rosszabb, így a csúcsforgalom idején nem javasolt a hosszas szellőztetés.
- Rendszeres nedves takarítással, a felületek nedves portörlésével és váltócipő használatával csökkenthető a termék levegőjében a részecskék koncentrációja.
- Részesítsük előnyben a sima felületű, könnyen takarítható és portalanítható felületeket! Játsszószőnyeget, textilbútorokat, textilfüggönyt és belső árnyékolókat csak abban az esetben használjunk, ha megoldható annak gyakori rendszeres portalanítása, mosása.
- Különös figyelmet igényel a tornatermek takarítása. A fizikai aktivitás fokozott légzéssel jár, így a felvert porból több juthat le a gyermekek tüdejébe, mint az osztályteremben.
- Az ideiglenesen fedhető tornatermek esetén a padozatot (műfű, gumiörlemény) megfelelő alapzatra kell elhelyezni. Fontos a faltól falig történő borítás. Ellenkező esetben a gyermekek mozgásakor a talaj felporzása jelentősen növeli az aeroszol részecskék mennyiségét a levegőben, ami káros hatással lehet a gyermekek egészségére és teljesítményére, és akár asztmás rohamot is provokálhat.

3.2.2 Akcióterv a formaldehid koncentrációjának csökkentésére

- A 2.3.1. fejezetben felsorolt termékek jelenthetnek jelentős kockázatot magas formaldehid-kibocsátásuk miatt. Válasszunk olyan padlókat, bútorokat és egyéb berendezési tárgyakat, melyek nem tartalmaznak formaldehidet! Ezeket különböző címkékkel látják el.

Néhány alacsony emissziót garantáló címke:



- Bútorcserét, padlócsereét csak a nyári szünetben végezzünk, minimum 4-6 héttel az őszi kezdés előtt! Mindenképpen biztosítsunk legalább 4-6 hét teljes, folyamatos szellőztetést! Addig ne engedjük a gyermekeket a felújított osztályterembe/foglalkoztatóba, amíg a felújítás utáni esetleges szaghatás nem múlik el! Ezután is a megszokottnál intenzívebben szellőztessünk legalább egy félévig.
- Szellőztessünk vegyszerek használatakor! Ne használjunk légtisztító spray-t a termekben, iskolai öltözőkben!
- A függönyöket, szőnyeget ne vegyileg tisztítsuk! Használjunk inkább mosógépben mosható textíliákat!

- Vannak olyan növények, melyek megkötnék valamennyi formaldehidet, illetve egyéb illékony szerves vegyületet. Természetesen ezek nem helyettesíthetik a megfelelő szellőztetést, egyes tanulmányok szerint hatékonyságuk igen korlátozott (34). Az osztályterem díszítésénél viszonylag kis hatékonyságuk ellenére is érdemes esetleg előnyben



részesíteni ezeket a növényeket: *Scindapsus*/Golden Lotus, *Sansevieria*, *Dracena marginata*, *Filodendron*, *Spathiphyllum*/Peace lily, *Chlorophytum*, stb.

3.2.3 Akcióterv az illékony szerves vegyületek koncentrációjának csökkentésére

- Az aeroszolok és vegyszerek alkalmazása során számos illékony és félillékony szerves vegyület koncentrációja nőhet jelentősen a beltéri levegőben. Az órai munkák/foglalkozások alatt használt festékek, ragasztók esetén válasszuk a legkisebb károsanyag-kibocsátással járó (pl.: használjunk inkább stiftes ragasztót folyékony helyett)! Használatuk idejére mindenképpen intenzívebb szellőztetés szükséges.

- Takarítószereket a használati útmutató szerint, megfelelő mennyiségben, hígításban és gyakorisággal kell használni. Hívjuk fel a takarítást végzők figyelmét arra, hogy a takarítás alatt folyamatosan intenzíven szellőztessenek. Nyáron, nem viharos időben célszerű egy-két buktatható ablakot éjszakára is bukóra nyitva hagyni. Egyszerűen beszerelhető és alacsony költségű ablak-kitámasztóval az is elérhető, hogy vihar esetén se csapkodja a szél a buktatott ablakot.



- A falak festésére egészség- és környezetbarát falfestéket használjunk! Felújítás előtt érdemes erről külön egyeztetni a kivitelezővel.

- A felújítási munkákat időzítsük a nyári szünetre, amikor a munkákat követően lehetőség van hosszabb, 4-6 hetes keresztuzatos szellőztetésre, hogy az egészségre káros anyagok nagy része kiszellőzhessen a gyerekek érkezése előtt! Festést, lakkozást nem szabad őszi-tavaszi szünetben kivitelezni! A legszükségesebb kártalanítási munkákat (pl.: penészes falak kezelése) természetesen minél hamarabb el kell végezni.

- A fénymásolókat, multifunkciós berendezéseket és a nyomtatókat önálló szellőzéssel rendelkező külön termekben kell működtetni, nem javasolt az osztálytermi elhelyezés. Ha mégis a gyermekek által használt termekben történik a nyomtatás, fénymásolás, akkor azt a gyermekek távollétében, szellőztetés mellett végezzük!

- Kerüljük a léghfrissítők használatát az oktatási intézményekben!

- Hívjuk fel a szülőket, gyermekek figyelmét, hogy csak a legszükségesebb kozmetikumok használata javasolt! Az öltözők szellőztetésére a kozmetikumok használata miatt is különös figyelmet kell fordítani.

- Szaklaborban használt vegyszerekhez elszívó szükséges. Ennél fontos, hogy az elszívott levegő közvetlenül az épületen kívülre távozzon, osztálytermek ablakaitól távolabb, és ne kerüljön vissza az iskola szellőzőrendszerébe.

3.2.4 Akcióterv a biológiai légszennyezők koncentrációjának csökkentésére

- Az oktatási intézmények termeiben a viszonylagos zsúfoltság következtében már rövid idő alatt is jelentős mértékben megemelkedik nemcsak a szén-dioxid koncentrációja és a relatív páratartalom, hanem a baktériumok és vírusok koncentrációja is, így fontos betartani a szellőztetésre vonatkozó ajánlásokat (ld. 3.3 fejezet).
- Megfelelő nedves takarítással, portalanítással nemcsak a por mennyiségét, hanem a porban lévő poratkák és a bejutott pollenszemek mennyiségét is csökkenthetjük.
- A penész forrását okozó beázások, nedvesedések, hőhidak okát mihamarabb meg kell szüntetni. Ehhez kérjük szakember segítségét!
- Felújításkor vegyük figyelembe, hogy tapéta, álmennyezet, belső szigetelők alatt könnyen kialakulhat penészesedés.
- Új épület, nagyobb felújítások esetén kérjünk lélegző festéket, mészfestéket.
- Meg lehet előzni, illetve csökkenteni lehet a penész szaporodását megfelelő szellőztetéssel (térben egyenletes szellőztetéssel, légmozgás nélküli zónák megszüntetésével) és fűtéssel (ne legyenek hideg felületek, ahol lecsapódik a pára).
- Beázásoknál még a penész megjelenése előtt (az első 48 órában) ventilátort lehet beállítani a megfelelő rész szárítására. A későbbiekben már lehet a vizes falon penész, mely még nem látható, és aminek a spóráit a ventilátor szétfújja a helyiségben. Ha már megjelent a penész, a gyermekek távollétében, szellőztetés és védőmaszk használata mellett el kell távolítani a felületekről, hogy ne szóródjanak a spórák a levegőbe. A továbbiakban gondoskodjunk a nedves felületek szárításáról megfelelő szellőztetéssel, légmozgatással, fűtéssel. A gombaölő szerek szintén tartalmaznak
- Mivel a magas páratartalmú levegő a penész kialakulásának és terjedésének kedvez, és a nem megfelelően karbantartott légnedvesítők gyakori forrásai a penésznek, ezért párasító készüléket csak indokolt esetben, megfelelő odafigyeléssel, a használati utasításban leírtak betartásával használjunk, gyakran kitakarítva azokat. Az osztálytermekben a sok ember által kilégzett pára miatt, különösen „korszerű”, jól szigetelt ablakok és falak esetén ritkán csökken olyan szintre a relatív páratartalom (35-40% alá), hogy az kellemetlen tüneteket okozna. Ha feltétlen szükség van rá, célszerű olyan berendezést elhelyezni, mellyel a páratartalom szabályozható. Az ideális páratartalom (40 - 50%) eléréséhez inkább szerezzünk be cserepes növényeket, melyekkel tisztább levegőt és színesebb környezetet is teremtünk.
- A penész megelőzése szempontjából fontos a növények talajának rendben tartása. Ültessük őket viszonylag laza, jó vízáteresztő-képességű földbe, tegyünk a tetejére agyaggranulátumot, vagy jó vízfelszívó kavicsréteget, és ne locsoljuk túl, de ne is hagyjuk kiszáradni, mert a száraz virágföldből könnyebben szóródnak ki a penészgomba-spórák. A virágföldre hullott leveleket távolítsuk el, mert ezeken allergén gombák fejlődnek ki. A növényeket mindig kültérben ültessük át.



3.2.5 Járványveszély esetén figyelembe veendő szempontok

Kevésbé súlyosnak ítélt járványhelyzetekben (például influenzajárvány idején) is törekedni kell a fertőzés terjedésének minimalizálására, mivel a kórokozók nagy kockázatot jelenthetnek az érzékeny személyeknek (idősek, krónikus betegek, immunhiányos vagy immunszuppresszált személyek, terhesek, újszülöttek, csecsemők).

- Járványos időszakban fokozottan oda kell figyelni a gyakoribb fertőtlenítőszeres takarításra, az eszközök (billentyűzetek, távirányítók, tornaszerek) és berendezési tárgyak (padok, étkezőasztalok, kilincsek) fertőtlenítőszeres letörlésére. Különösen hangsúlyos a vizes csoportok (mosdóhelyiségek) gyakran érintett felületeinek naponta többszöri fertőtlenítése.

- Fontos a szokásosnál gyakoribb és intenzívebb szellőztetés nemcsak a termekben, hanem a folyosókon, az öltözőkben, az ebédlőben és a mosdóhelyiségekben egyaránt. A megfelelő természetes szellőztetéshez (lásd 3.3.1 bekezdés) a legoptimálisabb **CO₂ riasztók alkalmazása a termekben**, melyeket a szokásos 1000-1200 ppm riasztási szint helyett ilyenkor célszerű **800-900 ppm**-re állítani (35). Mesterségesen szellőztetett épületekben, illetve tornatermekben a befűvott friss levegő mennyiségét növelni kell. **A friss levegő pótlás** súlyos járványveszély esetén **minimum 36 m³/óra/fő (10 l/s/fő)** legyen (lásd 3.3.2 bekezdés). Azokban az épületekben, ahol mesterséges és természetes szellőztetésre is lehetőség van, javasolt a minél gyakoribb ablakokon keresztül szellőztetés is (36).

- Az UV-C fény (200 és 280 nm közötti hullámhossz) megfelelő teljesítménnyel és behatási idővel alkalmazva hatásos baktérium-, gomba és vírusölő tulajdonsággal bír. Ugyanakkor az UV-C fény erős szem- és bőrkárosító hatása is, különösen 222 nm feletti hullámhossznál. A 253,7 nm-es hullámhossz alatti sugarak alkalmazása mellett azonban számottevő ózon keletkezik, mely szintén igen káros az egészségre. A 253,7 nanométer feletti hullámhosszúságú UV-C sugarakat kibocsátó germicidlámpákat évtizedek óta alkalmazzák egészségügyi intézményekben, például műtők használat utáni fertőtlenítésére. Járványos időszakban szükség esetén a gyermekintézményekben is alkalmazhatóak **germicid lámpák** felület- és légfertőtlenítésre az alábbi feltételek betartásával:

- A helyiségek germicidlámpás fertőtlenítése csak a helyiségeket igénybevevők távozása után történhet. A készülék bekapcsolása után a helyiségben személyek nem tartózkodhatnak! A véletlen balesetek elkerülése érdekében a helyiség minden bejáratára jól láthatóan jelzést kell elhelyezni, hogy a kezelés alatt tilos a bejárás.

- Olyan berendezések alkalmazhatóak, melyek esetében rendelkezésre állnak független laboratórium által kiállított, magyar vagy angol nyelvű hatásossági és biztonságossági bizonyítványok, valamint magyar nyelvű, érthető leírás a megfelelő működtetésről, a helyiségek biztosításáról a működtetés idejére, illetve a szükséges behatási időről.

- Szükséges az előírt behatási idő alkalmazása, ennél rövidebb idő alatt a kívánt fertőtlenítő hatás nem érhető el.

- Bár a 253,7 nanométer feletti hullámhosszúságú UV-C sugarakat kibocsátó lámpák nem termelnek nagyobb mennyiségű ózont, valamennyi ózontermelés nem kizárható. Az ózon és annak másodlagos reakciótermékei károsak az egészségre, ezért a lámpák használata után egy rövid, intenzív szellőztetés javasolt.

- Figyelembe kell venni, hogy az esetlegesen árnyékban maradt felületeken maradhatnak kórokozók, továbbá, hogy a fertőtlenítő hatás a berendezés működéséig

jelenlévő kórokozókat pusztítja el, és nem hat a behatás után esetlegesen odakerült kórokozókra. A gyakran érintett felületek napi használat közbeni fertőtlenítésére az engedélyezett baktericid, fungicid, virucid hatású, hidrogén-peroxid, illetve alkohol tartalmú antimikrobiális szerek alkalmazhatóak.

• Egyes UV-fénnyel, HEPA-szűrővel vagy elektrosztatikus szűrővel működő **mobil légtisztító készülékek** csökkenthetik a levegőben lévő vírusok számát, azonban – főleg nem megfelelően elhelyezve – a levegő keverésével hozzájárulhatnak a vírusos cseppek lebegtetéséhez is. Legnagyobb veszélyük, hogy hamis biztonságérzetet keltve elterelődhet a figyelem az alapvetően fontos természetes szellőztetés szükségességéről, így akár emelhetik is a fertőződés kockázatát a zsúfoltabb beltérekben. Légtisztítók járványhelyzetben való használata esetén az alábbiakra kell figyelmet fordítani:

- Használatukkal párhuzamosan folyamatos, vagy gyakori (óránkénti) intenzív (teljes ablakfelületet kitaró) szellőztetés szükséges.
- A szűrővel rendelkező készülékek szűrőcseréjét a fokozott igénybevétel miatt végezzük az előírtnál gyakrabban, a megfelelő óvintézkedések betartása mellett, figyelembe véve, hogy a használt szűrő is fertőzés forrása lehet,
- Az elektrosztatikus szűrővel rendelkező készülékek előírt tisztításának elhagyása a hatékonyságot csökkenti.
- Az UV-C fénnyel (germicid lámpával) ellátott légfertőtlenítő-készülékeknel fontos, hogy ózontermelődésmentesek legyenek, azaz csak 253,4 nanométer feletti hullámhosszúságú ibolyántúli (UV-C) sugarakat bocsásson ki a készülékben működő UV fényforrás, mert az ennél rövidebb hullámhosszúságú UV fény alkalmazásánál ózon termelődik. Emellett fontos, hogy az UV-fény zárt rendszerben működjön, és teljesen fedett legyen a szem- és bőrkárosodás elkerülése érdekében.
- A magas feszültséggel működő elektrosztatikus precipitáción alapuló szűrők és az iongenerátorok is termelhetnek ózont, mely a levegőben lévő egyéb vegyületekkel reagálva káros aldehidek, ketonok, peroxidok keletkezéséhez vezet, ezért elengedhetetlen a biztonságossági szabványok szerinti vizsgálat az adott készülékre.
- Az iongenerátort (is) tartalmazó ionizáló légtisztítók az aeroszol részecskék feltöltésével csökkentik a levegőben lévő részecskék mennyiségét, ugyanakkor elősegítik kitapadásukat a helyiség felületeire, ahonnan a légárammal ismét levegőbe kerülhetnek. Emellett a feltöltött részecskék könnyebben megtapadnak a légutakban is, tehát egészségre kifejtett hatásuk kérdéses.

A hordozható légtisztító berendezésekre jellemző, hogy az átáramló levegőmennyiség viszonylag alacsony, azaz az általuk hatékonyan kiszolgálható alapterület korlátozott, tehát megfelelően szellőztetett osztálytermekben való alkalmazásuk nem járul hozzá lényegesen a jelenlévők védelméhez (átlagos méretű osztálytermekben való hatékony alkalmazáshoz legalább 600m³/óra légszállító teljesítményre van szükség). A kevésbé jól szellőztethető, kisebb helyiségekben (pl. orvosi szoba, mosdók, ablaktalan folyosórészek, liftek) lehet hasznos valamilyen légtisztító készülék beállítása. A beltéri levegőben a kórokozó-koncentráció csökkentésének hatékonyabb módja az intenzív szellőztetés, azaz a beltéri elhasznált levegő hígítása friss levegővel.

• Az ózont is termelő, kereskedelemben kapható mobil légtisztító/légfertőtlenítő készülékek hatástalanok (mert nem érik el a vírusok elöléséhez szükséges ózonkoncentrációt),

ugyanakkor a bent tartózkodók szervezetére káros ózont és annak másodlagos reakciótermékeit termelik, ezért a gyermekek (és pedagógusok) jelenlétében tilos működtetni, ilyen készülékek beszerzése szakmailag ellenjavallt (46).

- Az **ózungenerátorok** használatakor az ózon, illetve a levegőben lévő illékony anyagok és az ózon reakciójából származó káros aldehidek egészségre igen ártalmasak, ezért használatuk nem javasolt. Ózungenerátorral történő fertőtlenítést csak gázmester vagy szakképzett személy végezhet (16/2017. (VIII. 7.) EMMI rendelet). Az ózon felületi és légfertőtlenítésre történő felhasználása engedélyhez kötött. Csak olyan ózungenerátor engedélyezhető, amelynél rendelkezésre állnak a mikrobiológiai hatásossági vizsgálatok. A felületeket a légtéren keresztül fertőtleníteni hivatott technológiák mikrobiológiai (baktericid, fungicid, virucid) hatásosságának vizsgálatára az MSZ EN 17272:2020 szabvány alkalmazható. Az ózungenerátort csak indokolt esetben, kizárólag üzemidőn kívül, azaz a gyermekek és pedagógusok távozása után, és legalább 12 órával a nyitás előtt szabad alkalmazni. Ilyenkor a helyiség légtérét résmentesen le kell zárni egyrészt a megfelelő ózonkoncentráció eléréséhez, másrészt annak biztosítására, hogy a kezelés alatt az ózon ne jusson ki a helyiségből. A kezelés után szigorúan be kell tartani az előírt szellőztetési időt.

- Mivel a **split klímaberendezések** is csak a belső levegőt keringetik (ld. még a 3.3.2 fejezetben), járványveszély idején csak akkor kapcsolhatóak be, ha használatuk mellett is megvalósítható az óránkénti intenzív szellőztetés. A készülék beltéri egységének hőcserélőjét és porszűrőjét járványhelyzetben hetente vagy gyakrabban szükséges fertőtleníteni engedélyezett virucid hatású szerrel. A cserélhető szűrővel is rendelkező készülékek filterét célszerűbb az előírtnál gyakrabban cserélni, figyelembe véve, hogy a használt szűrő fertőzés forrása lehet (maszk és kesztyű használata mellett a szűrőt a helyszínen óvatosan helyezték műanyag zsákba és azt azonnal zárják).

- **Ventilátorok** az oktatási-nevelési intézmények helyiségeiben csak kitárt ablakok mellett működtethetők. Nyitott ablakokkal segítik a levegő gyors kicserélődését, így a kórokozók koncentrációjának csökkentését, zárt ablakokkal azonban csak lebegtetik a kórokozókat tartalmazó aeroszolrészecskéket.

- Amennyire megvalósítható (a hőmérséklet és a szmoghelyzet függvényében), törekedni kell minél több foglalkozás (különösen a hangos vagy mozgásos tevékenységek, énekórák, énekkari próbák), illetve a testnevelési órák **kültéri** megtartására. A tornatermek folyamatos és rendszeres (minden csoport utáni) szellőztetésére különös gondot kell fordítani. A tornaórák előtti és utáni kézfertőtlenítési lehetőséget biztosítani kell, és ezt a tanulóktól meg kell követelni. Figyelembe kell venni, hogy a kis területű, nehezen szellőztethető öltözőkben, ahol több osztályközösség öltözködik naponta, jóval magasabb a járvány terjedésének kockázata, ennek elkerülésére helyi adottságokhoz igazodó intézkedést szükséges tenni.

- Csökkenthető a fertőzés terjedése az iskolákban, ha a tanulók óránkénti költözködését minimalizáljuk, egy-egy osztályközösség csak a saját termében tartózkodik. Szintén csökkenti a terjedést, ha a tanulók a folyosókon és a mosdóhelyiségekben maszkot hordanak. A mosdóhelyiségekben, étkezőhelyiségekben **egyszerre tartózkodók számát minimalizálni** szükséges.

- Az étkeztetés szabályainak betartására fokozottan kell figyelni. Fontos a gyermekek által használt tányérok, evőeszközök, poharak, tálcák megfelelő hatásfokú fertőtlenítő mosogatása, illetve a tiszta evőeszközök és tálcák cseppfertőzéstől és gyermekek tapogatásától védett

tárolása. A délután osztott ételeket (uzsonna, gyümölcs) célszerű inkább egyéni adagokban kiosztani a közös tálcán vagy kosárban felkínálás helyett. Az ebédlő és büfé előtti teret, ahol a gyermekek sorban állnak, szellőztessük fokozottan. Szervezzük úgy, hogy a sorban állás minél rövidebb legyen.

- A kórokozók terjedése ellen védekezni legfőképpen a tüneteket mutató gyermekek intézménybe járástól való tiltásával és az intézményben megbetegedett gyermekek gyors elkülönítésével (nem a tanárban vagy a titkárságon, hanem jól szellőztethető elkülönítőben, orvosi szobában, vagy más, ritkán használt helyiségben) lehet. Fontos, hogy járványveszély esetén az enyhe esetek is lehetnek fertőzőek, ezért az enyhe tüneteket mutató gyermekek számára tüneteik ideje alatt biztosítani kell az online tanulási és visszakerdezési módszereket.

3.2.6 Akcióterv a hormonháztartást zavaró vegyületek beltéri koncentrációjának csökkentésére

- Felújításnál PVC és laminált padlók helyett jól kiszáritott, kiszellőztetett hajópadlót, parkettát vagy alacsony emissziójú, ftalát-, PBDE-, és PFOA-mentes, ökocímkével ellátott padlóburkolókat válasszunk!
- Meglévő PVC-padlók esetén gyakori nedves takarítás szükséges!
- A beltéri, PVC-ből készült sötétítő általában ftalátokat, biszfenolt és égésgátlókat tartalmaznak, így beltéri relaxák helyett részesítsük előnyben a kültéri árnyékolókat! A nehezebben kezelhető és karbantartást igénylő kitekerhető napellenzők helyett célszerűbb nyaranta kötélzettel kifeszített, a szél járását nem akadályozó, hálós szerkezetű napvitorlákat alkalmazni, melyek a téli időszakban könnyen leoldhatók.
- Ha lehet, kerüljük a sötétítő függönyök használatát is (a lakástextíliák égésgátlókat tartalmaznak és porfogók)! Ha nem megoldható a kültéri árnyékoló elhelyezése, akkor sötétítő függönnyt inkább egyszerű, mosható textilből készítettessünk!
- Ha lehet, ne használjunk kárpitozott bútort, szivacsmatracokat (égésgátlókat, poratkákat tartalmaznak), vagy válasszunk abból is alacsony emissziójú, PBDE-mentes terméket.
- Játszószőnyegeknek inkább egyszerű szőtt, vagy csomózott textilszőnyeget használjunk! A gépi szőnyeg égésgátlókat, vízlepergető polifluorozott vegyületeket, merevebb hátoldaluk általában ragasztóanyagokat, illékony szerves vegyületeket, ftalátokat tartalmazhat.
- Minden fenti termék beszerzésekor keressük a BPA-free, PVC-free, Phtalate-free, PFOA-free, PBDE-free/Flame-retardant-free feliratokat, címkéket.



3.2.7 Akcióterv az azbeszt-kitettség megelőzésére

- Az intézmény ismert azbeszttartalmú építőanyagainak rendszeres felülvizsgálata, és ezek dokumentációja szükséges.
- Amíg az azbeszttartalmú elem jó állapotban van, felszíne ép, legjobb helyén hagyni. Sérült, elkopott, felszálásodott elem esetén szakértő általi eltávolítás szükséges.

- Azokban a helyiségekben, ahol azbeszttartalmú építőanyag van, tilos javítási munkát végezni!
- Felújítási munkánál mindig ki kell kérni szakértő véleményét arról, hogy a bontandó részben (alagsor, álmennyezet, csövek és járatok szigetelése!) van-e azbeszt. A bontást nem szabad elkezdni a szakvéleményig.
- Ha el kell távolítani az azbeszttartalmú építőanyagot, azt csak a gyermekek távollétében, hosszabb szünetben lehet megtenni. Hívjunk szakértőt („azbesztmentesítés” kulcsszóval megtalálhatóak az interneten), aki biztosítja a megfelelő védelmet (izolálás és borítás, nedvesítés, stb.).
- Az azbesztet tartalmazó anyagok eltávolítás után veszélyes hulladéknak minősülnek és annak megfelelően kezelendők.



3.2.8 Akcióterv a radon-kitettség csökkentésére

- A magas radioaktivitású talajon épült iskola- és óvodaépületekben nem javasolt az alagsorban szaktantermet, tornatermet kialakítani. Továbbá, ha lehetséges, az állandó tantermetek, foglalkoztatókat ne a földszinti, hanem az emeleti szinteken alakítsuk ki.
- Földszinti termék esetén fokozott ventiláció biztosítása szükséges a radonkoncentráció csökkentésére. Nyáron a buktatható ablakok éjszakai nyitvatartásával csökkenthető a radon felhalmozódása. Különösen télen fontos odafigyelni a reggeli (tanítás előtti) teljes átszellőztetésre, és a továbbiakban a napi többszöri, rövid, de intenzív szellőztetésre. Mivel a szellőztetés gyorsan csökkenti a radonszintet, viszont hatása nem tartós, a radon újra felhalmozódik, hatékonyabb lehet megfelelő mesterséges szellőztető berendezés beépítése.
- A szellőztetés mellett fontos a rendszeres portalanítás, nedves feltörles, hogy elkerüljük a leülepedett aeroszol részecskék levegőben való reszuszpenzióját. A levegőben lévő aeroszol részecskék (szálló por) koncentrációjának csökkentésével csökkenthetjük a részecskékre telepedett radioaktív bomlástermékek tüdőben való megtapadását.
- Magas radonpotenciálú területeken (országos radontérkép alapján), illetve beépített salak esetén érdemes radonkoncentráció-mérést kérni hitelesített laboratóriumtól. 100 Bq/m^3 átlagérték felett a szellőztetésre fokozott figyelmet kell fordítani, 200 Bq/m^3 átlagérték felett megfontolandó valamilyen radonmentesítési eljárás (szigetelés, radon-zsomp, radon-kút, radon-pumpa).

3.3. A légszere javítása

Az oktatási intézmények jelentős részében történt energetikai korszerűsítés. Ez főleg nyílászáró cseréből, illetve számos esetben külső fali hőszigetelésből állt. Mindez fokozott légzáráshoz, drasztikusan lecsökkent légszeréhez vezetett. Magyarországon az általános iskolák 2017. évi országos, teljeskörű felmérésének adatai alapján az iskolák több mint felében légbevezető rés nélküli ablak került beszerelésre. Falba, vagy az ablakokra utólag is beszerelhető szabályozható légbeeresztő szellőzőnyílás, mely javíthat valamennyit a problémán, azonban önmagában nem oldja meg a szellőztetést. A légbevezető nyílások csak akkor működnek, ha segítségükkel természetes keresztlegáram alakul ki. Egyrészt a megfelelő

légcseré biztosítása, másrészt a penészesedés megelőzése céljából mindenképpen fokozott figyelmet kell fordítani a megfelelő természetes szellőztetésre, vagy meg kell oldani a megfelelő mesterséges szellőztetőrendszer kiépítését.

3.3.1 A megfelelő természetes szellőztetés

Természetes szellőztetésnél a levegő kicserélődésének feltételei:

- megfelelő nyitható ablakfelület
- hőmérsékletkülönbség a megfelelő légáramláshoz,
- kis hőmérsékletkülönbség esetén keresztuzat vagy ventilátor alkalmazása.

Az ablakfelület az oktatási-nevelési helyiség alapterületének legalább 1/6 része a megfelelő természetes megvilágítás érdekében. A minden évszakban kielégítő természetes szellőztetéshez e teljes ablakfelületnek teljesen nyithatónak kell lennie. A természetes szellőztetés gyakori problémája, hogy nem elég hatékony, általában maradnak átszellőztetlen felületek, emellett a kültéri légszennyezők és a pollen akadálytalanul bejuthatnak. Az olyan iskolákban, **ahol megfelelő a környezeti levegő**, és az osztályterem területéhez viszonyított, könnyen **nyitható ablakfelület megfelelő nagyságú**, a légcseré kielégítő lehet, ha a megfelelő légáramlás biztosítható. Hidegben a hőmérsékletkülönbség megfelelő légáramlást biztosít. Ha kisebb a hőmérsékletkülönbség, a légáramlás fokozható ellenoldali ajtókon, kétoldalt elhelyezett ablakokon keresztül, ablakkeretbe vagy a homlokzati falba beépített légbevezető elemekkel, keresztfalakon és az ajtókon elhelyezett légáteresztő rések kialakításával, ami komfortérzetet nem zavaró mértékben biztosítja a friss levegő beáramlását. Azonban nyári szélmentes napokon, amikor alig van hőmérsékletkülönbség, a megfelelő légmozgás ventilátoros rásegítés nélkül ilyen esetben sem biztosítható.

Egyes intézményeknél a megfelelő ablaknyitást nehezíthetik az elkorhadt, régi, nem nyitható ablakok. Néhány esetben az okoz nehézséget, hogy az ablakok kilincsei nem elérhetőek, hiányzik a távnyitó kar a magasabban lévő ablakok kinyitásához. Számos intézményben azonban éppen az új, jól szigetelt nyílászárók beépítésével romlott a beltéri levegőminőség, mivel a szellőztetési szokások nem változtak, ugyanakkor az ablakokon addig folyamatosan beszűrődő levegő-utánpótlás csökkent vagy megszűnt.

Nehezen megvalósíthatóvá teszi a szünetekben való teljes átszellőztetést felsőbb osztályokban az, hogy a diákok sok esetben csak a hosszú szünetben mennek ki az udvarra. Ennek egyik oka az osztott csoportokban való tanítás, ilyenkor a gyermekek szüneti ideje nagyrészt az egyik teremből a másikba való költözéssel telik el.

• Természetes szellőztetés esetén fontos biztosítani az **esti (takarítás után minimum félóra) és kora reggeli (tanítás előtti) átszellőztetést.**

• Az iskolai **szünetekben** téli hidegben minimum 5-8 percig, máskor a teljes szünetben keresztuzattal biztosítsuk a teljes légcserét. Télen az irányadó szellőztetési idő: ha a külső és belső tér hőmérséklete közötti különbség több, mint 20°C: 5 perc, ha kevesebb, mint 10°C: 20 perc. Megfelelő szervezéssel, odafigyeléssel ez legtöbb helyen keresztülvihető. Ha semmiképpen sem megoldható az osztályterem kiürítése szünetekben, megfelelő felnőtt felügyelet szükséges a teljes szellőztetés idejére. Ideális, ha alsó bukó és felső nyíló ablakok vannak, a mélyebben nyíló, vagy forgó, billenő ablakok esetén balesetveszély miatt nem javasolt a gyermekek jelenléte melletti teljes szellőztetés. Átszellőztetésnél az

energiatakarékosság miatt fontos, hogy a szellőztetés idejére lezárhatóak legyenek a fűtőtestek.

- A fűtési időszakban az órák/foglalkozások alatti kismértékű **folyamatos szellőztetésnek** azonban egyik feltétele a nem pazarló, de elégséges fűtés, hogy a gyermekek ne fázzanak.
- Egy osztályteremben, ahol egy tanulóra általában 2 m²/fő terület, tehát 6 m³/fő levegő jut, az elfogadható levegőminőség (mely óránként, fejenként 25-29 m³ friss levegővel biztosítható) csak mintegy 15 percig biztosított zárt ablakok mellett. A szellőztetés hiánya vagy elégtelen volta ennél hosszabb ideig a teljesítmény csökkenéséhez vezet, és hosszútávon egészségkárosító hatású. A 2.4 fejezetben leírtak alapján célszerű lenne termenként egy **széndioxid riasztót** felszerelni, mely a beállított 1000-1200-1500 ppm szén-dioxid koncentráció felett jelez, hogy szellőztetés szükséges. A felszerelés osztályszinten is megvalósítható, az érzékelőt a gyermekek fejmagasságában kell elhelyezni (kb. 120 cm-es magasságban), az ablakoktól, szellőzőnyílásoktól legtávolabb. Cél, hogy az órán mért **csúcskoncentráció ne haladja meg az 1500 ppm-et, és az órai átlagkoncentráció 1200 ppm alatt maradjon** (9, 26, 27, 28, 31, 37, 38). Bizonyos esetekben (téli hideg, hiányos fűtés vagy hőszigetelés) elfogadható az 1800 ppm csúcskoncentráció, bár ebben az esetben már koncentrációképeség-csökkenés, figyelmetlenség figyelhető meg a bentartózkodóknál. Fontos, hogy járványos időszakban a riasztási szintet alacsonyabb széndioxid-koncentrációnál (tehát 800-900 ppm-nél) állítsuk be, mert a széndioxiddal együtt a kórokozók is feldúsulnak a levegőben (lásd 3.2.5 bekezdés). A szén-dioxid mérő segítségével a szünetekben való szellőztetés is jól szabályozhatóvá válik, megfelelő, ha a teljes átszellőztetés 700-800 ppm alá csökkenti a széndioxid szintet.
- Szükséges a szünetekben való teljes átszellőztetés mellett egy **órai szellőztetési rend** kialakítása és annak következetes betartása. Mivel a hőmérsékletkülönbség a feltétele az elhasznált és friss levegő kicserélődésének, ennek figyelembevételével alkalmazható a következő általános séma, természetesen a helyi sajátosságok figyelembevételével:

<14°C kültéri hőmérséklet esetén	14-16°C kültéri hőmérséklet esetén	17-18°C kültéri hőmérséklet esetén	19-20°C kültéri hőmérséklet esetén	>20°C kültéri hőmérséklet esetén
Résnyire nyitott bukóablakok, és minimum egy ablak buktatva	Minimum 2 ablak buktatva	Minimum 3 ablak buktatva	Minden ablak buktatva + egy ablak kitarva	Minden ablak buktatva + egy ablak kitarva + ventilátor a megfelelő légmozgatáshoz
Beltérben: 18-22°C	20-24°C	22-24°C	22-24°C	24-26°C

Abban az esetben, ha az ablakok nem buktathatóak, illetve szabályozhatóak, azt kell szem előtt tartani, hogy hőmérséklettől függően óránként minimum 5-20 perc szellőztetés szükséges, ilyen esetben semmiképpen nem hagyható el egyik szünetben sem a minden ablak

teljes kitarásával történő keresztuzatos szellőztetés. Nyári melegben a megfelelő légkicserélődéshez szükséges légmozgatáshoz ideális, ha kisebb napelemmel (például ablakra ragasztható napelemmel) működtetett ventilátorokat alkalmazunk, ezek viszonylag kis anyagi ráfordítással beszerezhetőek.

- Összességében, természetes szellőztetés esetén fontos a rugalmas alkalmazkodás az évszakhoz és a gyermekek órarendjéhez, figyelembe véve a légszennyezettséget, illetve a gépjárműforgalmat is. Állandó kültéri légszennyezettség és zaj esetén mesterséges szellőztetés kialakítása szükséges.

3.3.2 Mesterséges szellőztetés

1. A mesterséges szellőztetés egyik módja az **osztálytermi levegőcserélő rendszer**, ahol egy osztályteremben, vagy azon kívül elhelyezett ventilátoros levegőcserélő berendezést irányít egy osztályteremben elhelyezett szén-dioxid érzékelő.

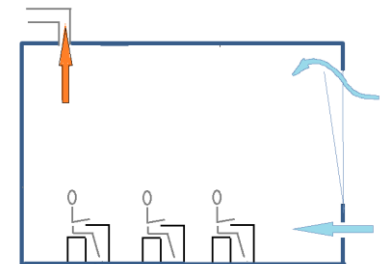
Technikailag az ilyen rendszerek működtetése is megoldható egy kisebb napelemmel.

Ezt az osztálytermi levegőcserélő rendszert nem szabad összetéveszteni az egyes osztálytermekben elhelyezett split klímaberendezésekkel, melyeknek többsége csak a belső levegőt keringteti és hűti, miközben friss levegőt nem szolgáltat (lásd 3.4.1 bekezdés).



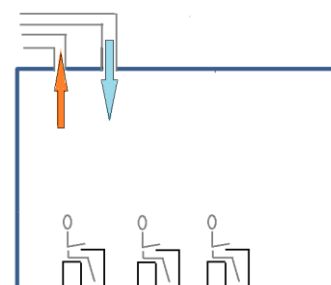
2. A mesterséges szellőztetés másik formája, amikor **központi, használt levegőt elszívó rendszert** irányít a szén-dioxid érzékelőt tartalmazó vezérlő, ugyanakkor a friss levegő utánpótlás passzívan, különböző szellőzőnyílásokon történik.

Ezeknél a rendszereknél általában nem szűrik a passzívan beáramló külső levegőt, tehát csak nem szennyezett környezeti levegő esetén ajánlottak.



3. A forgalmas helyen épült iskolák esetében, és olyan helyeken, ahol a kültéri levegő egyéb okból szennyezett, vagy ahol a nyári hőség passzív módszerekkel nem csökkenthető, az energetikai korszerűsítéssel egy időben - vagy utólag - mindenképpen érdemes a levegő szűrését, hűtését-fűtését is magába foglaló **központi, friss levegőt is szolgáltató mesterséges szellőztető rendszert** (HVAC-rendszert) kiépíteni.

Mesterséges szellőztetésre lehet szükség akkor is, ha az ablakok egy oldalon helyezkednek el, és az átszellőztetni kívánt térnek az ablaktól számított szélessége a belmagasság 2,5-szeresét meghaladja (ez 3 m-es belmagasságnál 7,5 m-es szélesség), illetve, egymással szemben elhelyezkedő ablakok esetén is, ha az ablakok közötti távolság több, mint a belmagasság 5-szöröse (3-m-es belmagasságnál 15m; például tornatermek, előadótermek, aulák esetében).



- Mesterséges szellőztetés kiépítése mellett is biztosítani kell a nyitható ablakokat az osztályterekben! A rendszer nem megfelelő működése esetén a természetes szellőztetés az egyedüli módja a légcserének.

- **A friss levegő befűvás szükséges mértéke legalább 25-29 m³/h/fő (azaz 7-8 l/s/fő),** ami járványos időszakban, illetve a beltéri tevékenységeknek és szennyezőforrásoknak megfelelően tovább emelendő (lásd 3.2.5 bekezdés).

- Fontos fenntarthatósági cél, hogy a mechanikus szellőztetést alacsony energiafelhasználással, magas energiahatékonyságú hőcserélős HVAC rendszerek kiépítésével (illetve ha lehet, alternatív energia felhasználásával) oldjuk meg.

- Mechanikus szellőztető rendszer kiépítése esetén a friss levegő beszívási pont helyét úgy alakítsuk ki, hogy az ne essen légszennyező forrás (pl.: kémény, parkolóhely, dohányzóhely, forgalmas hely, magas radontartalmú talaj esetén a talaj) közelébe.

- Figyelni kell arra is, hogy az elhasznált levegő kifűvási pont messzebb legyen a friss levegő beszívási ponttól.

- Mindig figyeljünk a rendszer folyamatos ellenőrzésére, a légtechnikai rendszer karbantartására és a szűrők megfelelő időközönként történő cseréjére. Nagyobb hatékonyságú, vagy plusz szűrő beszerelése előtt kérjünk mérnöki szakvéleményt, mert az új szűrő ronthatja a rendszer teljesítményét, csökkentheti a friss levegő utánpótlás mértékét.

- Az étkezőben, szaklaborokban használt szellőzőrendszernek nem szabad egyazon rendszerbe tartoznia az osztálytermekével, az e helyekről elszívott levegő közvetlenül az épületen kívülre távozzon, az osztályterem ablakaitól távolabb.

- Jó, ha a keresztirányú hővisszanyerés zárt rendszerben működik, amely garantálja a friss és az elhasznált levegő 100%-os elkülönítését. Nyílt rendszer esetén fontos követelmény, hogy az elhasznált levegő visszakeverése könnyen lezárható legyen járvány vagy szennyeződés esetén.



3.4. Akcióterv hőség idejére

A beltéri levegő minőségét a kémiai és biológiai légszennyezőkön kívül annak hőmérséklete és relatív páratartalma is befolyásolja. A klímaváltozás következtében egyre több olyan nappal kell számolnunk még az iskolai év alatt, amikor a levegő hőmérséklete már jelentősen befolyásolja a közérzetet, az iskolai teljesítményt és az egészséget. Mivel az átmenet általában rövid, fontos felkészülnünk ezekre a napokra a gyermekek és a pedagógusok védelme érdekében.

- Az iskolák külső hőszigetelése nemcsak a téli hőveszteséget csökkenti, hanem nyáron megakadályozza az osztályterem éjszakai hőleadását, lehülését is. Ezért szükséges, hogy megoldjuk az előzőekben is említett **éjszakai szellőztetést** az ablakok buktatott állásban való nyitvatartásával, és kitámasztásával az esetleges viharos szél ellen.

- Az osztályterem nappali átforrósodását csökkenthetjük **kültéri árnyékolók** felszerelésével. Célszerű nemcsak az ablakokat, de a déli tájolású falakat is árnyékolni. Erre

alkalmasak a kötélzettel kifeszített, a szél járását nem akadályozó, hálós szerkezetű napvitorlák is.

- Szintén a falak felmelegedését csökkentik - emellett a levegőt párásítják, szűrik és frissítik - a **zöldfalak, zöldárnyékolók** (39). A növények az általuk felvett vízmennyiségnek csak kevés részét használják el élettani folyamataikhoz, a többit elpárologtatják. A párolgó víz hőt von el a levegőből, ezért annak hőmérséklete csökken. A zöldfalak alapvetően kétféleképpen valósíthatók meg. Egyrészt az épületek korszerűsítésénél, hőszigetelésénél tervezhető növények beültetésére alkalmas zöldhomlokzat. Ennél jóval kisebb költséggel is megvalósítható a zöldfal futtatott növényekkel. Ha megfelelő teherbírású a fal, egyes növények (például a vadszőlő) közvetlenül a falra is futtathatóak, de emellett különböző öntartó, vagy falhoz rögzített támrendszerre is futtatható számos növény (kínai lilaakác, iszalagfajok kertészeti változatai, futórózsafélék, különböző vadszőlőfajok, loncfélék stb.).



- Az épület köré ültetett nagy lombkoronájú fák is csökkentik a felmelegedést és szűrik a levegőt. Törekedjünk az öreg fák karbantartására, balesetmentesítésére, de ne csonkítsuk feleslegesen az árnyékadó ágakat. Új fák ültetésénél a nem allergizáló, szárazságtűrő, őshonos, nem invazív fajokat kell választani.

- A termekben a légmozgás növelése fokozza a bőr párologtatását, így hűt is. A keresztlégáramlást fokozhatjuk az ablakkeretbe vagy a homlokzati falba beépített légbevezető elemek, illetve a keresztfalakon és az ajtókon elhelyezett légáteresztő rések kialakításával, keresztoldali nyílászárókon létesített keresztthuzattal, továbbá ventilátor alkalmazásával. Mivel a nagy hőség együtt jár a napsütéssel, célszerű ablakra vagy külső falra szerelhető kisebb napelemmel működtetett **ventilátort** beszerezni. Ventilátorok használata csak megfelelően portalanított, takarított termekben javasolható, mert a levegő mozgatása elősegíti a leülepedett por levegőben való reszuszpenzióját.

- Nagyon fontos kiemelt figyelmet fordítani az **elektromos berendezések teljes kikapcsolására!** A használaton kívüli kikapcsolással mindenkor csökkenthetjük a felesleges energiahasználatot, kánikulai napokon azonban jobb úgy tervezni a tanórákat, hogy be se kelljen kapcsolni őket, mert működéskor tovább emelik a helyiség levegőjének hőmérsékletét.

- Fontos kánikula idején a **napirend** rugalmas változtatása: a szünetet árnyékban töltsék a gyermekek, a rosszulétek elkerülése érdekében fontos a kíméletes, könnyített tornaóra, illetve amennyiben megoldható, a tanórák sorrendjének megfelelő felcserélése.

- Megfelelő tervezéssel és takarékos kivitelezéssel viszonylag kis költséggel megvalósítható ivóutak folyosónként és az udvaron való elhelyezése.

- Kiseb gyermekeknél fontos figyelni a folyadékfogyasztáson kívül a megfelelő ruházatra, illetve napsapka, naptej használatára a szabadban. Több helyen a gyerekek által is kedvelt szokás a napsapkák bevizezése a kinti foglalkozások előtt.

3.4.1 Hűtés - ha a passzív módszer nem elég

Ahol a passzív módszerek és a ventilátor alkalmazása nem elég, alacsony energiafelhasználású hűtés beállítása lehet szükséges. A klímaberendezések beszerzése előtt célszerű végiggondolni a következő szempontokat:

- A kültéri árnyékolók, zöldfalak, zöldszigetek kialakítása kisebb költségű, közérzetet és egészséget pozitívan befolyásoló, közösséget formáló és fenntarthatóbb megoldás.
- A légkondicionáló berendezések elterjedt használatával egyre több elektromos áramot fogyasztunk, amelynek előállítása szén-dioxid-termeléssel és további felmelegedéssel jár. Emellett a legtöbb berendezésben használt klímagáz üvegházhatású gáz, mely veszélyes a környezetre, és ezáltal közvetetten az egészségünkre is.
- Az elektromos hálózatot a termenkénti klímaberendezések beépítése leterhelheti.
- Mivel a split klímáberendezések **csak a belső levegőt keringetik és hűtik**, miközben **friss levegőt nem szolgáltatnak**, alkalmazásukkor különösen nagy veszély, hogy a hűvös levegő megőrzése érdekében nem szívesen szellőztetnek, ezért a szén-dioxid és egyéb légszennyezők feldúsulhatnak a beltéri levegőben.
- A hűtésen kívül a szellőzés és a levegő szűrése is megoldottá válik az előzőekben említett magas energiahatékonyságú hőcserélős HVAC szellőztetőrendszerek kiépítésével.

Ha mindezek ellenére mégis indokolt a split klímák beszerelése, a következő egészségi feltételeket célszerű betartani:

- A split klímaberendezéssel már rendelkező termek esetén egy **szén-dioxid riasztó** felszerelése kifejezetten ajánlott, mely jelez, ha szellőztetni szükséges (lásd 3.3.1 bekezdés). Széndioxid-riasztó hiányában csak akkor szabad alkalmazni a készülékeket, ha megvalósítható a kontrollált **óránkénti intenzív átszellőztetés**. Új klímaberendezéseket csak széndioxid-riasztó együttes felszerelésével engedjünk beépíteni!
- A külső hőmérsékletnél maximum 8°C-kal hidegebbre javasolt a klímaberendezést beállítani.
- A készüléket úgy állítsuk be, hogy a helyiség alsó felében ne okozzon nagy légáramot, a levegőáramot felfele irányítsuk.
- A készülék beltéri egységének hőcserélőjét és porszűrőjét előírás szerint kell karbantartani, járványos időszakban ezeket hetente vagy gyakrabban szükséges fertőtleníteni (lásd 3.2.5 bekezdés). Nagyobb igénybevétel (például szülőknél szervezett bemutatók) előtt és után is fertőtlenítsük a készülékeket.

4. A fenntarthatóság szempontjai

A világ számos helyén alakították át iskolákat fenntarthatóvá, különösen sokat azokban az országokban, ahol a klímaváltozás hatásai mindennapi közelségbe kerültek. Ha nem is alakítható át egy iskola egyből fenntarthatóvá, érdemes legalább a megvalósítható elemeket átvenni. Mire kell törekedni elsősorban?

- Amennyire csak lehetséges, szükséges a természetes gravitációs ventiláció maximális kihasználása (legyen



megfelelő nyitható felület, az ablakok könnyen nyithatóak, biztonságosak legyenek, legyenek megfelelően kialakított légbevezetők, légbeeresztők).

- Energiaigényes hűtés helyett válasszunk inkább megfelelő kültéri árnyékolót, zöldrnyékolót, alakítsunk ki zöldhomlokzatot, vagy működtessünk napelemes ventilációt!
- Törekedni kell az alternatív energiaforrások használatára a helyi sajátosságok kihasználásával.
- Fontos az energiahatékony fűtés és szigetelés, de nem a szellőzés rovására!
- Még a kis energiaszükségletű elektromos berendezéseknél is fontos a használaton kívüli kikapcsolás.
- Törekedni kell az udvar zöldebbé tételére:
 - legyen elegendő nagy lombkoronájú, környezetterő fa az árnyékoláshoz,
 - legyen védősövény körben a légszennyezők szűrésére,
 - legyen környezeti nevelés szempontjából kiemelt zöld terület. Szemléletformáló élőhelyként madáretető, rovarház, tó, függőleges zöldkert alakítható. Emellett zöldségeskert és komposztáló telepíthető. Ahol csak lehet, komposztáljunk, fontos a helyes komposztálási módszer tanítása és gyakoroltatása az iskolában.
 - ezek mellett legyen a jó közérzet és a természetközelség érzete szempontjából elegendő belső bokros-fás terület (40).
- Az iskolaudvarok, iskolai rekreációs területek zöld átalakítását a szülők és a gyermekek bevonásával, közösségformáló programként is véghezvihetjük. A tapasztalatok szerint a szülők szívesen segítenek a gyermekük egészségét javító zöldsövények, zöldhomlokzatok, fák telepítésében.
- Kis ökológiai lábnyomú, nem messziről szállított termékek választása.
- Környezetkímélő, környezetbarát címkével ellátott termékek vásárlása.
- Víztakarékosság (csapok karbantartása, nyomógombos csapok, víztakarékos WC-k) Beruházásoknál érdemes megfontolni megfelelő esővíz-tartályok kialakítását az udvaron a locsoláshoz, vagy az épületek tetején a WC-k öblítésére.
- Ételpazarlás megszüntetése (a közétkeztető felé visszajelezni, a gyermekek körében népszerű ételeket rendelni, megszervezni a nem kiosztott felesleg gyors eljuttatását a rászorulókhhoz).
- Programok a hulladék csökkentésére, újrahasznosítás, szelektív hulladékgyűjtés.

5. Összefoglalás

Alapvető közegészségügyi követelmény, hogy az oktatási intézményekben a beltéri levegő ne károsítsa hosszú távon a gyermekek egészségét, fejlődését és tanulmányi eredményességét. Ennek érdekében fontos a kültéri légszennyezők bejutásának csökkentése, a felújítások során az egészségi szempontok elsőbbsége, a mindennapok során és felújításkor is az alacsony emissziójú termékek használata, a megfelelő légcseré biztosítása, a megfelelő hőmérséklet és páratartalom beállítása, illetve mindehhez a fenntarthatósági szempontok figyelembevétele gyermekeink jövője érdekében.

Sok esetben nehéz egyszerre biztosítani a tanuláshoz szükséges mennyiségű friss levegőt, ugyanakkor távol tartani a külső légszennyezőket és a zajt. Továbbá nehéz a megfelelő ventiláció és hőmérséklet biztosítása úgy, hogy mindezt a lehető legkisebb

energiaráfordítással tegyük. Ezen gondok gyakorlati megoldásához kívánt segítséget nyújtani ez az útmutató.

Természetesen mindezek megvalósítását senki sem vállalhatja fel egyedül, szükség van az iskolavezetés, a tanári kar, a szülők, a fenntartók és a döntéshozók szoros együttműködésére. Ugyanakkor leginkább akkor megvalósíthatóak és betarthatóak e célok, ha a gyermekeket bevonjuk mind a tervezésbe, döntésbe, mind a megvalósítás folyamataiba és ellenőrzésébe. Kihasználhatjuk ehhez kreativitásukat, ötleteiket, és hajlandóságukat, mivel tudatában vannak, hogy ez leginkább az ő egészségüket érinti.

Források

1. School Environment and Respiratory Health of Children (The SEARCH Study). *Epidemiology* (2012), 23 (5S), 0-181. <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000416838.20113.a7>
2. School Environment and Respiratory Health of Children (SEaRCH) International research project report within the “Indoor air quality in European schools: Preventing and reducing respiratory diseases program” [https://www.semanticscholar.org/paper/School-Environment-and-Respiratory-Health-of-\(-\)-%E2%80%9C-Csobod-Rudnai/242cabafe2b23defbe95ad4a4ac4eeb3c4cecd59](https://www.semanticscholar.org/paper/School-Environment-and-Respiratory-Health-of-(-)-%E2%80%9C-Csobod-Rudnai/242cabafe2b23defbe95ad4a4ac4eeb3c4cecd59)
3. SINPHONIE: Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/sinphonie-schools-indoor-pollution-and-health-observatory-network-europe-final-report>
4. Indoor air quality in schools and its relationship with children's respiratory symptoms. *Atmospheric Environment* (2015,)118, 145-156. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.07.028>
5. Children's well-being at schools: Impact of climatic conditions and air pollution *Envir Intern*, 94 pp 196-210; 2016 <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.05.009>
6. The Effects of Air Pollution on the Brain: a Review of Studies Interfacing Environmental Epidemiology and Neuroimaging. *Curr Environ Health Rep*, 2018 <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0209-9>
7. Longitudinal association between air pollution exposure at school and cognitive development in school children over a period of 3.5 years. *Envir Res*, 159, 416–421; 2017 <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.031>
8. Self-reported health and comfort of school children in 54 classrooms of 21 Dutch school buildings. *Building and Environment* Vol 138, pp106-123; 15 June 2018 <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.04.032>
9. Improving indoor air quality, health and performance within environments where people live, travel, learn and work. *Atmospheric Envir*, 200; 2019 <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.11.058>
10. IARC. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 109. Outdoor air pollution <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono109-F01.pdf>
11. Légszennyezés: egészségünk védelme még mindig nem elégséges. <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/hu/>
12. Traffic-related Air Pollution and Attention in Primary School Children: Short-term Association. *Epidemiology*. 2017 Mar;28(2):181-189. doi: 10.1097/EDE.0000000000000603. PMID: 27922536; PMCID: PMC5287434.
13. IARC. Overall Evaluations of Carcinogenicity: An Updating of IARC Monographs Volumes 1–42. Suppl. 7. Benzene <https://publications.iarc.fr/139>
14. Benzo(a)pyrene – IARC Monographs [monographs.iarc.fr > wp-content > uploads > 2018/06](https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06)
15. Combined or multiple exposure to health stressors in indoor built environments. An evidence-based review prepared for the WHO training workshop on multiple environmental exposures and risks (WHO, 2013).
16. National Indoor Air Quality Action Plan, Hungary <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/InAirQ/O.T3.3---National-IAQ-Action-Plan---Hungary.pdf>

17. IARC (2006). Formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-tertbutoxypropan-2-ol. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum, 88: 1–478. <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Formaldehyde-2-Butoxyethanol-And-1--Em-Tert-Em--Butoxypropan-2-ol-2006>
18. A review of semi-volatile organic compounds (SVOCs) in the indoor environment: occurrence in consumer products, indoor air and dust. *Chemosphere Volume 201, June 2018, Pages 466-482* <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.02.161>
19. Asbestos IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Man Volume 14 <https://publications.iarc.fr/32>
20. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective (2009). https://www.who.int/ionizing_radiation/env/9789241547673/en/
21. Does dampness and mold in schools affect health? Results of a meta-analysis *Indoor Air*, Vol. 29, 2019 <https://doi.org/10.1111/ina.12588>
22. The effects of classroom air temperature and outdoor air supply rate on performance of school work by children *Proceedings: Indoor Air*, 368; 2005 <https://www.isiaq.org/docs/PDFs/0368.pdf>
23. The relationships between classroom air quality and CHILDREN’S performance in school. *Building and Environment*, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106749>.
24. Association of classroom ventilation with reduced illness absence: a prospective study in elementary schools. *Indoor Air*, 2013 Dec;23(6):515-28. doi: 10.1111/ina.12042. Epub 2013 Apr 22.
25. The ventilation problem in schools: literature review. *Indoor Air*. 2017 Nov;27(6):1039-1051. doi: 10.1111/ina.12403.
26. Ad hoc AG, 2008. Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsblatt 51, 1358–1369.
27. ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2019 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standards-62-1-62-2> ; EN 16798-1:2019 Energy performance of buildings - Ventilation for buildings <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/b4f68755-2204-4796-854a-56643dfcfe89/en-16798-1-2019>
28. 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról <https://net.jogtar.hu>
29. Use of CO2 feedback as a retrofit solution for improving air quality in naturally ventilated classrooms. 10th International Conference on Healthy Buildings, Brisbane; 2012 <https://orbit.dtu.dk/files/51664009/HB2012,%20Wargocki%20and%20Silva.pdf>
30. The effect of natural ventilation strategy on indoor air quality in schools. *Sci Total Environ*, 595:894-902; 2017 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.048>
31. On the Development of Health-Based Ventilation Guidelines: Principles and Framework. *Int J of Envir Res Public Health*, 15(7): 1360; 2018 Jul <https://doi.org/10.3390/ijerph15071360>
32. Assessment and mitigation of risks for children’s health from chemicals in indoor air. WHO, 2018. <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/health-impact-assessment/publications/2018/assessment-and-mitigation-of-risks-for-childrens-health-from-chemicals-in-indoor-air-2018>
33. Can changing the timing of outdoor air intake reduce indoor concentrations of traffic-related pollutants in schools? *Indoor Air*, 26: 687–701; 2016 <https://doi.org/10.1111/ina.12252>
34. Potted plants do not improve indoor air quality: a review and analysis of reported VOC removal efficiencies. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 30, 253–261 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41370-019-0175-9>
35. REHVA: Guidance for Schools https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_Guidance_School_Buildings.pdf
36. <https://www.nnk.gov.hu/index.php/koronavirus-tajekoztato/647-a-sars-cov-2-koronavirus-elleni-vedekesz-lehetosegei-a-mestersegesen-szelloztetett-epuletekben>

37. Designing quality in learning spaces: Indoor air quality and thermal comfort. <https://www.education.govt.nz/assets/Documents/Primary-Secondary/Property/Design/Flexible-learning-spaces/DQLSIndoorAirQualityThermalComfortV1.0.pdf>
38. Ventilation in schools http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Themen-Infos/I_2015/themen_0115_engl_internetx.pdf
39. Green facades and living walls: vertical vegetation as a construction material to reduce building cooling loads. in Eco-Efficient Materials for Mitigating Building Cooling Needs Pages 127-153, 2015 <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-380-5.00005-4>
40. Greenness around schools associated with lower risk of hypertension among children. Environmental Pollution (2019), doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113422>.
41. A közoktatási és felsőoktatási intézmények közegészségügyi követelményei - Módszertani útmutató. Országos Környezetegészségügyi Intézet; Budapest, 2014.
42. <https://www.geograph.org.uk/photo/2074121>
43. WHO guidelines for indoor air quality <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/policy/who-guidelines-for-indoor-air-quality>
44. Air pollution and child health: prescribing clean air, WHO, 2018 <https://www.who.int/ceh/publications/air-pollution-child-health/en/>
45. Air Cleaners and Air Filters in the Home <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/air-cleaners-and-air-filters-home>
46. Ozone Generators that are Sold as Air Cleaners <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/ozone-generators-are-sold-air-cleaners#conclusions>
47. Air Cleaners, HVAC Filters, and Coronavirus (COVID-19) <https://www.epa.gov/coronavirus/air-cleaners-hvac-filters-and-coronavirus-covid-19>