



NEMZETI
NÉPEGÉSZSÉGÜGYI
KÖZPONT

TISZTÁBB LEVEGŐVEL A JOBB ISKOLAI TELJESÍTMÉNYÉRT!



MÓDSZERTANI AJÁNLÁS

Az oktatási-nevelési intézmények beltéri levegőminőségének javítására

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

(2. módosított kiadás)

MÓDSZERTANI AJÁNLÁS

Az oktatási-nevelési intézmények beltéri levegőminőségének javítására

**Nemzeti Népegészségügyi Központ
2023**

Szerzők:

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

(a 2020-as kiadvány frissítése)

Budapest
2023

NEMZETI NÉPEGÉSZSÉGÜGYI KÖZPONT
KÖZEGÉSZSÉGÜGYI LABORATÓRIUMI ÉS MÓDSZERTANI FŐOSZTÁLY
Főosztályvezető: Dr. Pándics Tamás PhD

1097 Budapest, Albert Flórián út 2-6.
Levelezési cím: 1437 Pf. 839.
Telefon: +36 /1/ 476-1100
kozeglab@nnk.gov.hu

TARTALOMJEGYZÉK

1. Miért fontos az oktatási-nevelési intézmények beltéri levegőminőségének ellenőrzése és javítása? 1	
2. A beltéri levegőt befolyásoló tényezők	1
2.1 Az intézmények környezeti levegője	1
2.2 A külső szennyezők bejutását befolyásoló tényezők	3
2.3 Beltéri szennyezőforrások az osztálytermekben	3
2.3.1 Néhány fontosabb beltéri légszennyező és ezek gyakori forrásai	4
2.4 A légcseré mértéke	7
2.4.1 A beltéri szén-dioxid (CO ₂) koncentráció	7
2.4.2 Ajánlások az oktatási intézmények beltérének légcseréjére vonatkozóan	7
2.5 Légtisztítás, szűrés	8
2.6 A légszennyezők egészségkockázata az oktatási nevelési intézményekben	9
3. Az oktatási-nevelési intézmények beltéri levegőjének javítási lehetőségei	9
3.1 Javasolt megelőző intézkedések magas kültéri légszennyezettség esetén	11
3.2 A beltéri szennyezőforrások megfelelő szabályozása	12
3.2.1 Az aeroszol részecskék koncentrációjának csökkentése	12
3.2.2 Javasolt intézkedések a formaldehid koncentrációjának csökkentésére	12
3.2.3 Javasolt intézkedések az illékony szerves vegyületek koncentrációjának csökkentésére	13
3.2.4 Javasolt intézkedések a biológiai légszennyezők koncentrációjának csökkentésére	14
3.2.5 Járványveszély esetén figyelembe veendő szempontok	14
3.2.6 Javasolt intézkedések a hormonháztartást zavaró vegyületek beltéri koncentrációjának csökkentésére	17
3.2.7 Javasolt intézkedések az azbeszt-kitettség megelőzésére	18
3.2.8 Javasolt megelőző intézkedések a radon-kitettség csökkentésére	18
3.3 A légcseré javítása	19
3.3.1 A megfelelő természetes szellőztetés	19
3.3.2 Mesterséges szellőztetés	21
3.4 Javasolt intézkedések hőség idejére	22
3.4.1 Hűtés - ha a passzív módszer nem elég	24
4. A fenntarthatóság szempontjai	25
5. Összefoglalás	26
Források	27

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 kialakulásának valószínűségét, valamint ezzel együtt 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 közérzetét, koncentrációképességét, kognitív teszteredményeit, és ennek következtében tanulási teljesítményét, érdemjegyeit [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 összes betegségteher 16-20%-a, amelynek legjelentősebb (közel 90%-át adó) közvetítő közege a levegő. Fontos hangsúlyozni, az Egészségügyi Világszervezet (WHO) álláspontjával összhangban, hogy a fiatal korban elszenvedett vegyi anyagoknak, szennyezőknek való korai 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 (pl. 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 8-14000 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 gyulladós 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 kitettség 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 kitettség mértékétől függően máj-, lép- és központi idegrendszeri károsító, emellett várandósok kitettsége 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 kiülednének. 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 részecskeszennyezettségét.

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 nyílóknak, 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 (pl. 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,
- beltéri 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, etil-benzol, xilol, vinil-klorid, triklóretilén, tetraklóretilén, terpének (limonén, alfa-pinén), naftalén,
- félillékony vegyületek (SVOCs: semi-volatile organic compounds): ftalátok, biszfenolok, brómozott égésgátlók, fluorozott vízlepergető- és folteltávolító 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 tárgyakból 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 műanyag termékek 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 kimutathatók a nem vízbázisú festékekkel festett osztálytermekben [2]. Az illékony szerves vegyületek adott mértékű kitettség eredményeként szintén okozhatnak fejfájást, fáradtságot, koncentráció-csökkenést, légúti és érzékszervi irritációt, emellett egyesek máj-, vese- és idegrendszeri károsodást, némelyikük szintén rákkeltő.

Mivel jó oldószerek, 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 kiülepedett 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, légtisztító spray-kben, gyertyákban, kijelzővédő PET fóliákban is. A gyermekjátékokban és a kisgyermekeknek ajánlott termékekben egyes ftalátokat betiltottak az Európai Unióban, az Európai Uniótól kívül 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 az osztálytermek/foglalkoztatók üledő porába és levegőjébe.

A **polibrómozott égésgátlók** (PBDE-vegyületek) a pajzsmirigyhormon működését befolyásolva károsíthatják az idegrendszer fejlődését, hozzájárulhatnak a nemi működés 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, folttasztó 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 (játsszószőnyegek), kárpitozott bútorokban, illetve padlóápolókban, szőnyeg- és kárpittisztító folyadékokban, habokban fordulhatnak elő a nevelési-oktatási intézményekben. Ezek mellett elviteles ételek olajlepergető dobozai, papírjai, popcorn-tasakok, valamint felsőruházati cikkek, impregnált kabátok és cipők tartalmazhatják e vegyületeket.

2.3.1.4 Azbeszt

Az azbeszt szálal 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 előregszenek és a lemálló azbesztszálak a légmozgással a levegőbe kerülhetnek. Ezek mellett melléképületek régi palatetői lehetnek azbeszttartalmúak, melyekből megbontásuk, fűrésük 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 azbesztrostok a belélegzett levegőbe kerülhetnek.

Közvetlen összefüggés van 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, a Mórággyi-rög környékén, a Mecsek, illetve a 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 alápincézve. 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 tégláépületek is bocsáthatnak ki radont. A beltéri radon-koncentráció mérhető, a mérés kérhető erre hitelesített laboratóriumoktól. 100 Bq/m³ éves átlagérték alatt nincs többletkockázat, e fölött azonban a nemdohányzók többlet relatív kockázata: 16%/ 100 Bq/m³, ezért a WHO a 100 Bq/m³ éves átlagértéket ajánlja referenciaszintnek [20]. Jogszabály szerint (2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet) a meglévő épületeknél a radon- és radon-bomlástermék koncentrációk vonatkoztatási szintje 300 Bq/m³. Olyan épületekben, ahol a radon- és radon bomlástermék koncentrációk levegőben mért éves átlagos értéke a megadott vonatkoztatási szintet meghaladja, a sugárterhelés és az egészségkockázatok csökkentése szükséges a Nemzeti Radon Cselekvési Terv alapján.

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 megtelepedett 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 hatásaik 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, gyümölcsleveken, nem friss olajos magvakban).

A beázott, nedves falak mellett a nem megfelelően karbantartott légnedvesítőkön és a cserepes növények virágföldjén is megtelepedhetnek penészgombák. Kialakulhat penészesedés beltéri szigetelők, tapéta és álmennyezet alatt is. Ezenkívül a hulladék és komposzt a penészgombák tipikus megtelepedési helye, ezért nem helyes, ha túl közel alakítjuk ki a komposztgödört az épületek ablakához. Biológiai légszennyezők a különböző virágporok (pollen), a latex (pl. fikuszok, mikulásvirág, kutyatejfélek 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 koncentrációképessége, 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 légszert, 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, 25].

2.4.1 A beltéri szén-dioxid (CO₂) koncentráció

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

Kültérben a levegő szén-dioxid tartalma 415 ppm körüli jelenleg. Belterekben a levegő minősége jónak mondható 1000 ppm szén-dioxid koncentrációig, azaz 0,1 tf %-ig, így a javasolt beltéri irányértékek **900-1200 ppm** [26, 27], a beltéri tevékenység és a légúton terjedő betegségek kockázata szerint. **1500 ppm** felett már kimutatható kognitív működésbeli csökkenés, koncentrációképesség-csökkenés, 2000 ppm értéket elérve pedig álmoság és különböző fizikai tünetek észlelhetők. 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 szén-dioxid kibocsátása kb. 20 dm³ CO₂/óra, ami egy 60 négyzetméteres terem levegőjét mintegy 110 ppm szén-dioxiddal növeli óránként. Ez 30 diák esetén zárt ablakok mellett már kevesebb, mint félóra alatt annyi szén-dioxid termeléssel jár, hogy a koncentráció eléri az 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, továbbá minél jobban szigeteltek a nyílászárók, annál hamarabb elhasználódik a levegő. A szén-dioxid koncentráció megfelelő szinten tartása szén-dioxid monitorok/riasztók felszerelésével [28], illetve a szellőztetési rend betartásával lehetséges [30].

2.4.2 Ajánlások az oktatási intézmények beltéréinek légszerejére vonatkozóan

A nemzetközi szabványok (ASHRAE 62.1-2019; EN 16798-1:2019) próbálnak egyensúlyt találni az egészség és teljesítmény 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 bentartózkodók szén-dioxid és pára kibocsátása alapján, ezen felül további légcsereszükségletet az adott helyiségben az építőanyagok, berendezési tárgyak, illetve a különböző tevékenységek során használt termékek károsanyag-kibocsátásának megfelelően, továbbá a bentartózkodók fizikai vagy szellemi (pl. tanteremben tanulás, dolgozat, vizsga) aktivitása szerint [25, 27, 31].

Osztálytermekre és óvodai foglalkoztatókra vonatkozóan közegészségügyi ajánlás a **személyenkénti szellőző levegő igényre: minimum 25,2 m³/óra/fő** (azaz 7 l/s/fő). Ezen felül biztosítani szükséges az **épületemisszió miatt szükséges szellőzést is**: alacsony emissziójú épületek esetén **2,5 m³/óra/m²**, egyéb esetben **5 m³/óra/m²** (alacsony emissziójú épület: a beltérekben TVOC emisszió < 0,2 mg/m² óránként; formaldehid emisszió < 0,05 mg/m² óránként; IARC emisszió < 0,005 mg/m² óránként, a burkolatok és a bútorzat szagtalan). Az előzőeket összeadva, a teljes szellőző mennyiség emissziótól függően 27-34 m³/óra/fő, mivel azonban a nyílászárók nem légmentesen zárnak, elmondható, hogy átlagos termekben **25-29 m³/óra/fő (7-8 l/s/fő) minimális szellőzés biztosításával általában elérhető az elfogadható levegőminőség** [25]. Ezt szükséges alapul venni mesterséges szellőztető rendszerek működtetésekor [*ld. még 3.3.2*], illetve a természetes szellőztetés intenzitásának és gyakoriságának becslésekor [*ld. még 3.3.1*]. Nagy szellemi terhelés, illetve légúti betegségek halmozódása esetén a szellőző mennyiséget az osztálytermekben 25-50%-kal növelni szükséges [28, 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 - légfriessítő spray-k elfedik a szagokat, de nem távolítják el (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 fényvel 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, amely rendelkezik független laboratórium által kiállított szabvány szerinti hatásossági és biztonságossági vizsgálattal (pl. 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 keletkezhetnek, melyek a kiszűrendő légszennyezőnél is károsabb egészséghatással rendelkeznek, ezért az **ózontermelő légtisztítók használata ellenjavallt.**

Általánosságban elmondható, hogy mivel a mobil légtisztító készülékeken átáramló 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 légtisztítását 1,5-2 óra alatt végzi el; egy

átlagos osztályterem légtisztításához egy legalább 600 m³/óra légszállító teljesítményű készülék lehet megfelelő) [ld. még 3.2.5].

Hatékony 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 aeroszol részecskék (PM₁₀, PM_{2,5}), valamint a formaldehid, illetve egyes egyéb illékony és félillékony szerves vegyületek koncentrációját találták irányérték [44] felettinek a vizsgált európai gyermekintézményekben [2, 16, 15]. Ugyanakkor a különböző légszennyezők egyszerre érik a gyermekek szervezetének egyes szöveteit, tehát hatásuk összeadódhat. Így, míg például az egyes légszennyezők aktuális koncentrációi alapján becsült kockázat elenyészőnek tűnhet a különböző betegségi kimenetekre (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 úgyszemint 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], mind pedig a tanulók és pedagógusok teljesítményében és közérzetében [25].



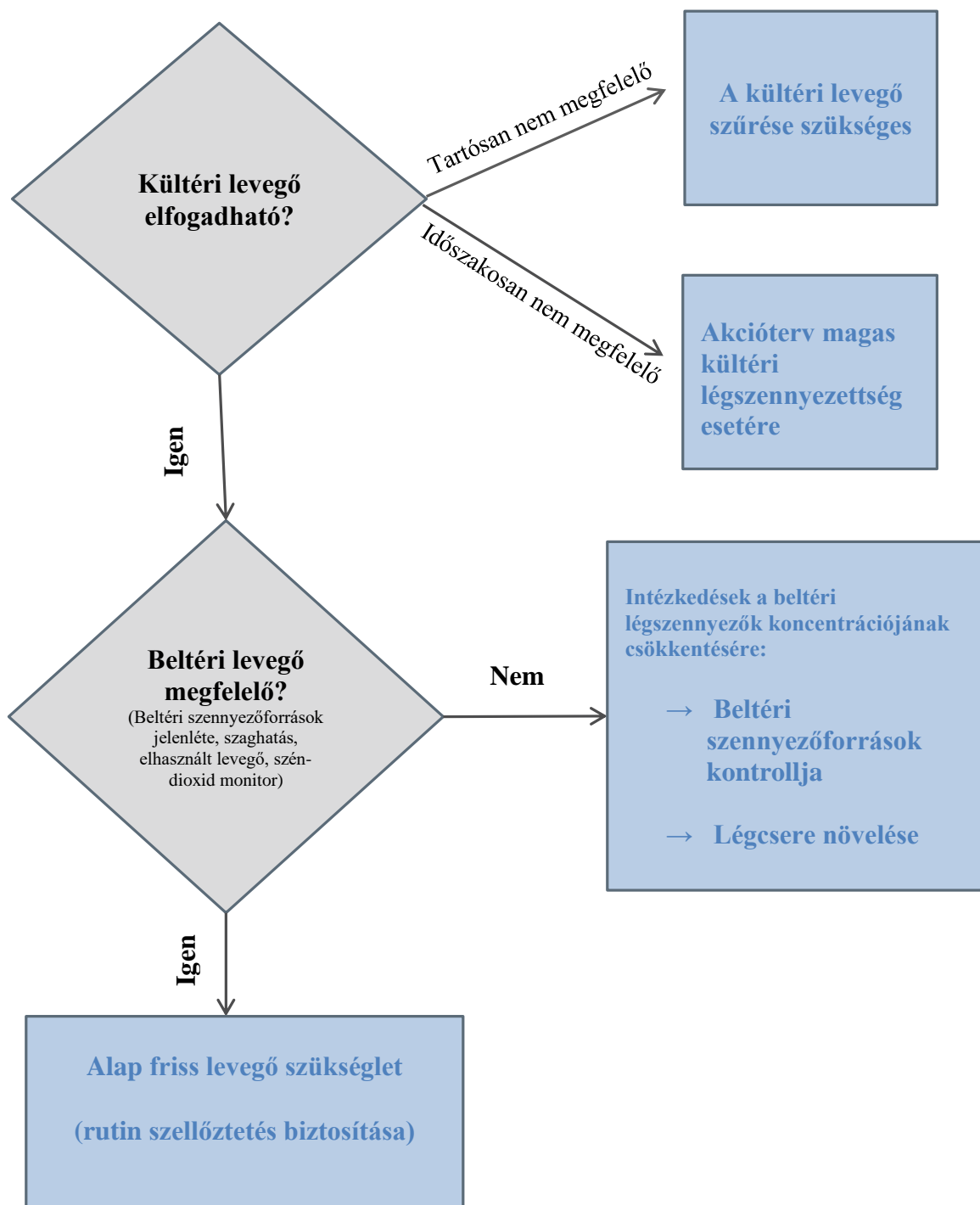
A kültéri és beltéri levegőszennyezők, illetve az ezeknek tulajdonítható egészséghatások vizsgálatának tapasztalatait összegezve a Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ Közegészségügyi Laboratóriumi és Módszertani Főosztálya (régebben Országos Környezetegészségügyi Intézet) kidolgozott egy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

Az útmutató célja, hogy iskolák esetében megvalósítható legyen:

- a kültéri légszennyezők bejutásának csökkentése,
- a beltéri szennyezőforrásokból eredő kitettség csökkentése,
- a légcsere 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 Javasolt megelőző intézkedések magas kültéri légszennyezettség esetén

Állandóan magas kültéri légszennyezettség esetén a levegő szűrése, mechanikus szellőztetés bevezetése szükséges [ld. 3.3.2].

- Ahol lehetséges, forgalomeltereléssel érvényesíthető a gyermekek egészséges levegőhöz való joga. Amennyiben erre egyelőre nincs lehetőség, az is csökkenti a légszennyezettségnek való kitettség mértékét, ha csak az emeleten lévő vagy az udvarra, esetleg kevésbé forgalmas útra néző osztálytermet/foglalkoztatókat használják állandó tartózkodásra.
- Fontos, hogy a szülőknek kijelölt parkolóhelyeket az állandó osztályterem ablakaitól minél távolabb helyezték.
- Ne használják az oktatási intézmény udvarát parkolásra!
- Zöld növények, védősövények kiszűrlik a légszennyezők egy részét [25], így érdemes széles tűrőképességű, nem pollenadó fajokból inkább kevesebb, de idősebb, nagyobb példányt beszerezni. Célszerű örökzöldeket is telepíteni, hogy télen is legyen zöld szűrőfelület. A többféle fajból kialakított, komplexebb, nem túl gyakran nyírt zöldszűrők hatékonyabbak a légszennyezők és a hőség elleni védekezésben [25, 25]. Az udvart határoló zöldszűrők mellett, ahol csak lehet, az osztályterem ablakait tartalmazó homlokzatok elé is javasolt zöldszűrőket telepíteni. Széles, forgalmas út mellett akkor a leghatékonyabb a szűrőfunkció, ha a forgalom felé zárt a zöldfelület (földfelszíntől kezdődő zöldsövény 2 m magasságig, efölött kb. 7 méterenként ültetett fák lombja). Keskenyebb, és magas épületek által szegélyezett, kanyonszerű utcákban azonban a dús lombú fák akár akadályozhatják is a légszennyezők szél általi kiszellőzését. Ha a homlokzat ilyen kanyonszerű utcában van, csak sövény javasolt, esetleg néhány, kisebb fa [25]. Amennyiben az előzőek nem kivitelezhetők, nagy dézsákba ültetett környezettűrő fák (pl. ginko), illetve falra vagy támrendszerre futtatható növények [zöldfalak, ld. 3.4] telepítése megfontolandó.
- Zsúfoltabb városrészekben javíthatunk a beltéri levegő minőségén, ha figyelünk arra, hogy ne a reggeli és délutáni csúcsforgalom idején szellőztessünk. Emellett egy tábla is kihelyezhető ezzel az üzenettel: „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 célszerű fenntartani.
- Amennyiben a forgalmas helyen álló oktatási intézménynek több bejárata létezik, tegyük lehetővé gyermekek számára a kevésbé forgalmas utcára nyíló kapun keresztüli közlekedést, ne zárjuk le azt!
- Lehet egy felelőst (pedagógus, intézményi titkár, idősebb gyermekekből álló felelős csapat) megbízni, hogy kísérelje figyelemmel a légszennyezettségi híradásokat (pl. a Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti 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 [25], Szintén kisebb légszennyezéssel jár, ha a közös útvonalon járó gyermekeket a



szülők felváltva szállítják az intézménybe [25], 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 csúcspont után szellőztettek [33]. A környezetbarát közlekedés elősegítésére az építési szabálynak és az igénynek is megfelelő számú kerékpár, roller biztonságos és balesetmentes tárolását mindenképpen meg kell oldani. Emellett az aktívan közlekedő szülők részére célszerű néhány kerékpár parkolására alkalmas állványt biztosítani a bejáratnál is.

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 csúcspont idején nem javasolt a hosszas szellőztetés.
- Rendszeres nedves takarítással, a felületek nedves portörlesztésével és váltócipő használatával csökkenthető a termék levegőjében a részecskék koncentrációja.
- Részesítsük előnyben a sima felületű, könnyen takarítható és portalanítható felületeket! Játszószőnyeget, 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 zárttá, fedetté alakítható tornatermek (pl. tornasátor) 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 Javasolt intézkedések a formaldehid koncentrációjának csökkentésére

- A 2.3.1 fejezetben felsorolt termékek jelenthetnek jelentős kockázatot magas formaldehid-kibocsátásuk miatt. Beszerzéskor kérjük el a padlók, bútorok és egyéb berendezési tárgyak tanúsítványát, és csak olyan termékeket válasszunk, amelyek nem, vagy csak elhanyagolható mértékben tartalmaznak formaldehidet! Ezeket különböző címkékkel látják el.

Néhány, alacsony emissziót jelző címke példaként:



- 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 fél évig.
- 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 Javasolt intézkedések 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.
- Takarítószerket 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 szünetire, amikor a munkákat követően lehetőség van hosszabb, legalább 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 léghűtők 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, osztályterem ablakaitól távolabb, és ne kerüljön vissza az iskola szellőzőrendszerébe.



3.2.4 Javasolt intézkedések 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].
- 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 szétfújná a helyiségben. Ha már megjelent a penész, a gyermekek távollétében, szellőztetés és védőmaszk használata mellett oly módon kell a felületet kezelni, illetve a penészt eltávolítani, hogy a spórák ne szóródjanak a levegőbe. A továbbiakban gondoskodjunk a nedves felületek szárításáról megfelelő szellőztetéssel, légmozgatással, fűtéssel.
- 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, tegyük 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 kültérben ültessük át.



3.2.5 Járványveszély esetén figyelembe veendő szempontok

- Kevésbé súlyosnak ítélt járványhelyzetekben (pl. 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. Az elegendő természetes szellőztetéshez [ld. 3.3.1] a legoptimálisabb **CO₂ monitorok alkalmazása a termekben**, melyeket a szokásos riasztási szint (1000 vagy 1200 ppm felett sárga, 1500 ppm felett piros jelzés) helyett ilyenkor ajánlott alacsonyabbra (800 ppm felett sárga, 1000 ppm felett piros) állítani [35].

- Mesterségesen szellőztetett épületekben, illetve tornatermekben a befűvott friss levegő mennyiségét növelni kell. **A friss levegőpótlás** járványveszély esetén **minimum 36 m³/óra/fő (10 l/s/fő)** legyen [ld. 3.3.2]. Olyan mesterséges szellőztető rendszereknél, ahol a keresztirányú hővisszanyerés nem zárt rendszerű, az elhasznált levegőt és a friss levegőt szállító ágat el kell zárni egymástól, fontos, hogy a rendszer 95-100%-ban friss levegőt juttasson be a helyiségekbe. Azokban az épületekben, ahol mesterséges és természetes szellőztetésre is lehetőség van, javasolt a minél gyakoribb ablakokon keresztüli 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 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 alkoholtartalmú 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 inkább csak szükség esetén, átmeneti időszakokra (pl. építkezés miatti porterhelés, kültéri tartós légszennyezettség esetén a szűrést és friss levegőt is biztosító mechanikus szellőztetőrendszer kiépítéséig, járványhullám idején) javasolhatóak. Járványhelyzetben való használatuk 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 is csökkenti a hatékonyságot.
- Az UV-C fényvel (germicid lámpával) ellátott légtisztító készülékeknél fontos, hogy szabvány szerinti, ózontermelődés-mentes fényforrásokat tartalmazzanak, rendelkezzenek hiteles dokumentumokkal független laboratórium által végzett hatásossági és biztonságossági vizsgálatokkal. 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 gyakran ózont termelnek, mely a levegőben lévő egyéb vegyületekkel reagálva káros aldehidek, ketonok, peroxidok keletkezéséhez vezethet. Az iongenerátort (is) tartalmazó ionizáló légtisztítók az aeroszol részecskék feltöltésével csökkentik a levegőben lévő részecskék mennyiségét azáltal, hogy elősegítik kitapadásukat a helyiség felületeire, azonban a felületekről a légárammal ismét a levegőbe kerülhetnek. Emellett a feltöltött részecskék könnyebben megtapadnak a légutakban is, tehát egészségre kifejtett hatásuk kérdéses. Ezért az ilyen típusú légtisztítók használata nem javasolt.

A hordozható légtisztító berendezésekre általában 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 600-1000 m³/óra légszállító teljesítményre van szükség). A kevésbé jól szellőztethető, kisebb helyiségekben (pl. orvosi szoba, mosdók, ablaktalan folyosórészek, liftek) lehet hasznos légtisztító készülék beállítása. **A beltéri levegőben a kórokozó-koncentráció csökkentésének leghatékonyabb 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 előléséhez 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.

- Az ózont már hatásos koncentrációban előállító **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. 3.3.2], 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 járványhelyzetben 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 aeroszol részecskéket.

- 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 (pl. osztályteremben öltözködés, UV-C fényvel ellátott légtisztító-készülékek).

- Hatékonyan csökkenthető indokolt esetben 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 érintésétől 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, 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 visszakeresési módszereket.

3.2.6 Javasolt intézkedések a hormonháztartást zavaró vegyületek beltéri koncentrációjának csökkentésére

- Felújításnál PVC és laminált padlók helyett jól kiszárított, 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 sötétítők általában ftalátokat, biszfenolt és égégátlókat 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 égégátlókat tartalmaznak és porfogók)! Ha nem megoldható a kültéri árnyékoló elhelyezése, akkor sötétítő függönnyt inkább egyszerű, mosható textilből készítsünk!

- Ha lehet, ne használjunk kárpitozott bútort, szivacsmatracokat (égésgátlókat, poratkákat tartalmaznak), vagy válasszunk abból is alacsony emissziójú, PBDE-mentes terméket.
- Játsszószőnyegeknek inkább egyszerű szőtt, vagy csomózott, mosható 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 Javasolt intézkedések 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, felszálamosodott 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 elkezdeni a szakvéleményig.
- Ha el kell távolítani az azbeszttartalmú építőanyagot, azt csak a gyermekek távollétében, hosszabb szünidőben lehet megtenni. Hívjunk szakértőt („azbesztmentesítés” kulcsszóval megtalálhatóak az interneten), aki biztosítja a megfelelő védelmet (izolálás és borítás, nedvesítés, stb.).
- Az azbesztet tartalmazó anyagokat eltávolítás után veszélyes hulladékként kell kezelni.



3.2.8 Javasolt megelőző intézkedések a radon-kitettség csökkentésére

- A magas radioaktivitású talajon épült iskola- és óvodaépületekben nem javasolt az alagsorban szaktantermet, tornatermet kialakítani. Továbbá, ha lehetséges, az állandó tantermetet, foglalkoztatókat ne a földszinti, hanem az emeleti szinteken alakítsuk ki.
- Földszinti termek 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 feltörés, 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/m³ átlagérték felett a szellőztetésre fokozott figyelmet kell fordítani, 200 Bq/m³ átlagérték felett megfontolandó megfelelően tervezett mesterséges szellőztetőrendszer kiépítése, és valamilyen radonmentesítési eljárás (szigetelés, radon-zsomp, radon-kút, radon-pumpa).

3.3 A légcseré javítása

Az oktatási intézmények jelentős részében történt már energetikai korszerűsítés. Ez főleg nyílászáró cseréből, illetve számos esetben külső fali hőszigetelésből állt. Mindez fokozott légzáráshoz, drasztikusan lecsökkent légcseréhez vezetett. Magyarországon az általános iskolák 2017. évi országos, teljeskörű felmérésének adatai alapján az iskolák több mint felében légbeszívó rés nélküli szigetelt ablak került beszerelésre. Falba, vagy az ablakokra utólag is beszerelhető szabályozható légbeszívó szellőzőnyílás, mely javíthat valamennyit a problémán, azonban önmagában nem oldja meg a szellőztetést. A légbeszívó nyílások csak akkor működnek, ha segítségükkel természetes keresztlegáram alakul ki. Egyrészt az elegendő légcseré biztosítása, másrészt a penészesedés megelőzése céljából mindenképpen fokozott figyelmet kell fordítani a hatékony természetes szellőztetésre, vagy meg kell oldani a mesterséges szellőztetőrendszer kiépítését.

3.3.1 A megfelelő természetes szellőztetés

Természetes szellőztetésnél a levegő kicserélődésének feltételei: elegendő nyitható ablakfelület; hőmérsékletkülönbség a megfelelő légáramláshoz; kis hőmérsékletkülönbség esetén keresztthuzat vagy ventilátor alkalmazása, a szélhatás vagy a kürtőhatás kihasználása.

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 nyithatóknak kell lennie. A természetes szellőztetés gyakori problémája, hogy nem elég hatékony, általában maradnak átszellőztetlen térrészek, 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. Hideg időben a hőmérsékletkülönbség megfelelő légáramlást biztosít. Ha kisebb a hőmérsékletkülönbség, a légáramlás fokozható ellenoldali ajtókon, kétoldalt elhelyezett ablakokon keresztül, ablakkeretbe vagy a homlokzati falba beépített légbeszívó 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 általában nem biztosítható.

Egyes intézményeknél az ablaknyitást nehezíthetik az elkorhadt, régi, nem nyitható ablakok. Néhány esetben az okoz nehézséget, hogy az ablakok kilincsei nem elérhetőek, hiányzik, vagy rossz 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 friss levegő-utánpótlás csökkent vagy megszűnt. Nehezen megvalósíthatóvá teszi a szünetekben való teljes átszellőztetést az, hogy a diákok sok esetben csak a hosszú szünetben vagy akkor sem mennek ki az udvarra. A kielégítő természetes szellőztetés elemei:

- Fontos biztosítani az **esti (takarítás után minimum félóra) és kora reggeli (tanítás előtti) átszellőztetést**.
- Az iskolai **szünetekben** szükséges a maximális légcserét biztosítani megfelelő időtartamú keresztlegáramlat kialakításával. Télen az irányadó szellőztetési idő:
 - ha a külső és belső tér hőmérséklete közötti különbség több, mint 20°C: 5 perc;
 - 10-20°C hőmérsékletkülönbségnél 5-15 perc;
 - ha a különbség kevesebb, mint 10°C: 15-20 perc.

Megfelelő szervezéssel, odafigyeléssel ez legtöbb helyen keresztülvihető. Ha semmiképpen sem megoldható az osztályterem kiürítése a szünetekben, 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.

- Egy átlagos magasságú osztályteremben, ahol egy tanulóra általában 2 m²/fő terület, tehát 6 m³/fő levegő jut, a megfelelő levegőminőség (mely óránként, fejenként 25-29 m³ friss levegővel biztosítható) csak maximum 15 percig, osztott csoportok esetén maximum 30 percig biztosított zárt ablakok mellett. A szellőztetés hiánya vagy elégtelen volta ennél hosszabb ideig a teljesítmény csökkenéséhez vezet, és hosszútávon egészségkárosító hatású. Fentiek alapján szükséges lenne óránként kétszer-háromszor átszellőztetni a termeket, ehelyett azonban megfelelő mértékű folyamatos szellőztetést kell biztosítani az órák alatt.
- A fűtési időszakban az órák/foglalkozások alatti kismértékű **folyamatos szellőztetésnek** egyik feltétele a nem pazarló, de elégséges, jól szabályozható fűtés, hogy a gyermekek ne fázzanak. Másik fontos feltétele az évszaknak megfelelő öltözködés.
- A 2.4 fejezetben leírtak alapján célszerű lenne termenként egy **szén-dioxid monitort** felszerelni, mely a beállított 1000-1200-1500 ppm szén-dioxid koncentráció felett jelez, hogy szellőztetés szükséges (1000 vagy 1200 ppm felett sárga jelzés, 1500 ppm felett piros jelzés). A felszerelés osztályszinten is megvalósítható, az érzékelőt a gyermekek fejmagasságában kell elhelyezni (kb. 120 cm-es magasságban), az ablakoktól, szellőzőnyílásoktól távolabb. Cél, hogy az órán mért **csúcskoncentráció ne haladja meg az 1500 ppm-et, és az órai átlagkoncentráció 1200 ppm alatt maradjon** [9, 26, 27, 31, 36, 38]. Bizonyos esetekben átmenetileg (fagyos időszak, hiányos fűtés vagy hőszigetelés) elfogadható az 1800 ppm csúcskoncentráció, bár ebben az esetben már koncentrációképeség-csökkenés, figyelmen kívül hagyható a benntartózkodóknál. Fontos, hogy járványos időszakban a szén-dioxid érzékelő riasztási szintjét alacsonyabb szén-dioxid koncentrációnál (tehát 800 ppm-nél sárga, 1000 ppm-nél piros jelzés) állítsuk be, mivel a szén-dioxiddal együtt a kórokozók is feldúsulnak a levegőben [ld. 3.2.5]. A szén-dioxid monitor segítségével a szünetekben való szellőztetés is jól ellenőrizhetővé válik: megfelelő a szellőztetés, ha a teljes átszellőztetés 600-800 ppm alá csökkenti a szén-dioxid szintet.
- Szén-dioxid monitor hiányában 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 légmozgáshoz
Beltérben: 18-22°C	20-24°C	22-24°C	22-24°C	24-26°C

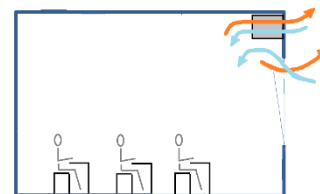
Abban az esetben, ha az ablakok nem buktathatóak, illetve szabályozhatóak, azt kell szem előtt tartani, hogy hőmérséklettől függően óránként minimum 10-20 perc szellőztetés szükséges, ilyen esetben semmiképpen nem hagyható el egyik szünetben sem a minden ablak teljes kitarásával történő keresztuzatos szellőztetés. Nyári melegben a légkicserélődéshez ventilátorok szükségesek, ideális, ha napelemmel (pl. ablakra tapasztható napelemmel) működtetett ventilátorokat alkalmazunk.

- 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

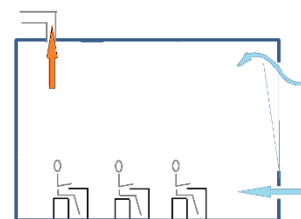
1. A mesterséges szellőztetés egyik módja az **osztálytermi levegőcserélő egység**, ahol egy osztályteremben, vagy azon kívül elhelyezett ventilátoros levegőcserélő berendezést irányít egy osztályteremben elhelyezett szén-dioxid érzékelő.

Technikailag az ilyen rendszerek működtetése is megoldható egy napelemmel.

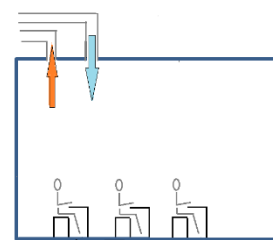


Ezt az osztálytermi levegőcserélő rendszert **nem szabad összetéveszteni az egyes osztálytermekben elhelyezett split klímaberendezésekkel**, melyeknek többsége csak a belső levegőt keringteti és hűti, miközben friss levegőt nem szolgáltat [ld. 3.4.1].

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 egyidőben – 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 15 m; például tornatermek, előadótermek, aulák esetében).

- Mesterséges szellőztetés kiépítése mellett is biztosítani kell nyitható ablakokat az osztálytermekben! A rendszer nem megfelelő működése esetén a természetes szellőztetés az egyedüli módja a kielégítő légcserének. Takarítás, vagy festékek, ragasztók, lakkok használatakor is javasolt az ablakok kinyitása még megfelelően működő mesterséges szellőztetés esetén is.

- **A friss levegő befűvés mértéke legalább 25-29 m³/óra/fő (azaz 7-8 l/s/fő)** legyen, ami járványos időszakban tovább emelendő [ld. 3.2.5].

- A megfelelő friss levegő utánpótlást célszerű kontrollálni osztálytermekben elhelyezett szén-dioxid monitorral.

- Fontos fenntarthatósági cél, hogy a mechanikus szellőztetést alacsony energiafelhasználással, magas energiahatékonyságú hőcserélős szellőzőrendszerek kiépítésével, illetve, ha lehet, helyi 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, figyelembe véve a jellemző szélirányt is.



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

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

- Új szellőztető rendszerek kialakítása esetén előnyben részesítendő az olyan hőcserélők, ahol nincs levegő visszakeverés, vagyis a keresztirányú hővisszanyerés zárt rendszerben működik, amely garantálja a friss és az elhasznált levegő teljes elkülönítését. Meglévő nyílt rendszereknél is fontos követelmény, hogy az elhasznált levegő visszakeverése könnyen és teljesen lezárható legyen (pl. zsaluk segítségével) járvány, vagy akár a légúti fertőzőes betegségek lokális halmozódása esetén, illetve valamilyen légszennyező anyag esetleges rendszerbe jutása esetén.

- Mindig figyeljünk a rendszer folyamatos ellenőrzésére, (nyomásellenőrzésre, tömítések vizsgálatára, a rendszer szennyezettségének időközönkénti ellenőrzésére, illetve szén-dioxid mérésre a beltérekben), karbantartására és a szűrők gyártói előírás szerinti cseréjére. A szűrők cseréjét forgalmas helyen található épületeknél negyedévente, kisebb külső légszennyezettség esetén minimum félévente ajánlott elvégezni. A csőrendszer ellenőrzését kétfévente indokolt elvégezteni, és arról a dokumentációt megőrizni. Amennyiben a vizsgálat szerint a rendszer tisztítást igényel, azt mihamarabb el kell végezni, mivel a szennyezett csőrendszer magas egészségkockázatot jelent. A karbantartás során a teljes rendszer tisztítása szükséges (hőcserélők, ventilátorok, szelepek, rácsok, porózus szerkezetek, illetve megfelelően elhelyezett tisztítónyílásokon keresztül a légcsatorna egésze).

- Járvány esetén a fertőző anyag mennyisége a szellőzőrendszer légcsatornáiba beépített UV-lámpák segítségével is csökkenthető (azonban a helytelenül beépített, az ott tartózkodókra közvetlenül sugárzó, vagy ózont termelő UV-lámpák alkalmazása veszélyes). Kizárólag olyan UV-lámpák beépítése javasolt, amelyek szabvány szerinti vizsgálati dokumentációval rendelkeznek arról, hogy nem termelnek ózont működésük során. A lámpákat hosszabb, egyenes szakaszokra érdemes beépíteni, ahol az áthaladó levegő teljes volumenét be tudják sugározni viszonylag hosszabb ideig. Idővel e fényforrások fényintenzitása változik, ezért a kellő gyakoriságú csere nélkül hamis biztonságérzetet kelthetnek.

- Nagyobb hatékonyságú, vagy plusz szűrő beszerelése előtt kérjünk mérnöki szakvéleményt, mert a nem megfelelően kiválasztott új szűrő ronthatja a rendszer teljesítményét, csökkentheti a friss levegő utánpótlás mértékét.

3.4 Javasolt intézkedések 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 energiapazarlás (mely további felmelegedéshez vezet) megelőzése érdekében elsősorban passzív módszerekkel célszerű az épületek túlmelegedését megakadályozni:

- Az iskolák külső hőszigetelése nemcsak a téli hőveszteséget csökkenti, hanem nyáron megakadályozza az osztálytermek éjszakai hőleadását, lehülését is. Ezért szükséges, hogy megoldjuk

az előzőekben is említett **éjszakai szellőztetést** az ablakok buktatott állásban való nyitva tartásával, és kitámasztásával az esetleges viharos szél ellen.

- Az osztálytermek 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** [38]. A növények az általuk felvett vízmennyiségnek csak kevés részét használják el élettani folyamataikhoz, a többit elpárologtatják. A párologó víz hőt von el a levegőből, ezért annak hőmérséklete csökken. A zöldfalak alapvetően kétféleképpen valósíthatóak meg. Egyrészt az épületek korszerűsítésénél, hőszigetelésénél tervezhető növények beültetésére alkalmas homlokzat. Ennél jóval kisebb költséggel is megvalósítható a zöldfal futtatott növényekkel. Ha megfelelő teherbírású a fal, egyes növények (pl. a vadszőlő) közvetlenül a falra is futtathatóak, de emellett különböző öntartó, vagy falhoz rögzített támrendszerre is futtatható számos növény (kínai lilakac, 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, nem invazív fajokat ajánlott választani.

- A termekben a **légmozgás növelése** fokozza a bőr párologtatását, így hűt is. A keresztlegáramlást fokozhatjuk az ablakkeretbe vagy a homlokzati falba beépített légbevezető elemek, illetve a keresztfalakon és az ajtókon elhelyezett légáteresztő rések kialakításával, vagy ellenoldali 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 előtt portalanítni szükséges, mivel a levegő mozgatása elősegíti a leülepedett por levegőben való reszuszpenzióját. Beépített passzív légcsatorna-rendszer esetén a légmozgás növelhető szélfogó/szélbevezető tornyokkal a hűvösebb levegő bevezetésére, továbbá tetőre szerelt, napelemmel működtetett ventilátorokkal a melegebb levegő elszívására.

- 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 működésük 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 (alsós osztályoknál), a tanórák sorrendjének megfelelő felcserélése.

- Megfelelő tervezéssel és takarékos kivitelezéssel viszonylag kis költséggel megvalósítható az **ivóutak** folyosónkénti 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.

A fenti, passzív módszerekkel elérhető maximális nappali csúcshőmérséklet-csökkenés az alkalmazott módszer kivitelezésétől és az épület adottságaitól függ.

Passzív módszerek	Elérhető nappali hőmérséklet-csökkenés
éjszakai szellőztetés	1-3°C
a légmozgás növelése a keresztfalakon elhelyezett szellőzőnyílásokkal + ventilátorral	1-3°C
gravitációs szellőztetés (hűvösebb levegő beáramlás lent, meleg levegő távozása felső ablakon vagy tetőnyíláson)	1-5°C
napelemes légmozgatás, friss levegő árnyékos oldalról	3-6°C
bokros-fás környezet az épület körül	1-5°C
növényi talajtakaró az épület körül - gumitégla, térkő, kavics, beton kültéri burkolat helyett	1-3°C
zöldnövényzettel befuttatott falak	1-5°C
zöldnövényzettel beültetett tetők	1-5°C
fehér háztető	2-4°C
túlnyúló tető, déli falakat is árnyékoló napellenző, napvitorla	2-3°C

Természetesen e módszereket a helyi sajátosságoknak megfelelően, kombináltan lehet alkalmazni, ezáltal elérhető a kisebb maximális hőmérséklet a beltérben, illetve a kevesebb maximális hőmérsékletű óra.

3.4.1 Hűtés - ha a passzív módszer nem elég

Ha az épület adottságai olyanok, hogy a fenti védekezési technikák biztosítása ellenére a nyári hónapokban napokon-heteken keresztül a hőmérséklet tartósan meghaladja a 28°C-t az épület beltéréiben, elsősorban alternatív energiát (pl. napenergia) felhasználó, alacsony energiaigényű, hőcserélős **mesterséges szellőztető rendszer** (HVAC-rendszer) kiépítése javasolt, mely megfelelő mennyiségű friss levegőt is szolgáltat, szűri és szükség szerint hűti/fűti a beáramló levegőt. Ilyen rendszer esetén a hűtési célhőmérsékletet 26°C-ra javasolt beállítani.

Amennyiben a mesterséges szellőztető rendszer kiépítése (még) nem megoldható, tartós 28°C feletti beltéri hőmérséklet esetén **átmenetileg** igény lehet egy alacsony energiaigényű **split klímaberendezés** beszerelésére. Mivel klímavédelmi, energiatakarékossági szempontból **nem javasolt a helyiségenkénti split klímaberendezés beépítése**, ilyen esetben törekedni kell arra, hogy a készülékek közvetlenül napelemről működtethetőek legyenek, hiszen hűtésre is általában akkor van szükség, ha erősen süt a nap.

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 nem közvetlenül napelemmel működtetett légkondicionáló berendezések elterjedt használatával egyre több elektromos áramot fogyasztunk, amelynek előállítása szén-dioxid termeléssel és további felmelegedéssel jár.
- A sok működő klímaberendezés hozzájárul a városi hősziget-jelenség kialakulásához, azaz még magasabb lesz a hőmérséklet az épületek környezetében.
- Emellett a legtöbb berendezésben használt klímagáz még üvegházhatású gáz, mely veszélyes a környezetre, és ezáltal közvetetten az egészségünkre is.
- Az elektromos hálózatot esetleg a helyiségenkénti klímaberendezések beépítése leterhelheti.
- Mivel a split klímaberendezések 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 beltéri légszennyezők feldúsulhatnak a beltéri levegőben.

Ha mindezek ellenére mégis indokoltnak tartják a split klímák beszerelését, a következő egészségi feltételeket célszerű betartani:

- Az épületek split klímaberendezéssel már rendelkező helyiségeiben egy **szén-dioxid monitor** felszerelése szükséges, mely jelez, ha a levegő elhasználódott [ld. 3.3.1]. Szén-dioxid riasztó hiányában csak akkor szabad bekapcsolni a készülékeket, ha megvalósítható a kontrollált óránkénti intenzív átszellőztetés. Új klímaberendezéseket csak szén-dioxid riasztó együttes felszerelésével engedjük beépíteni!
- A hűtési célérték klímavédelmi szempontok miatt ne legyen kevesebb, mint 23°C. A külső hőmérsékletnél maximum 8°C-kal hidegebbre javasolt a klímaberendezést beállítani, 37°C kültéri hőmérséklet felett maximum 10°C-kal, tehát a beállított célhőmérséklet ilyenkor ne legyen 27°C alatt.
- 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 [ld. 3.2.5]. Nagyobb igénybevétel (pl. szülőknek szervezett bemutatók) előtt és után is fertőtlenítsük a készülékeket.

4. A fenntarthatóság szempontjai

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

- Ahol a környezeti levegő nem szennyezett, szükséges a természetes ventilláció maximális kihasználása (legyen megfelelő nyitható felület, az ablakok könnyen nyithatóak, biztonságosak legyenek, legyenek megfelelően kialakított légbevezetők, légbeeresztők). A kórokozó vírusok, baktériumok, illetve a beltéri légszennyezők egészségkockázata leghatékonyabban szellőztetéssel csökkenthető, például járványok idején a védekezés fontos eleme az intenzív szellőztetés. Ugyanakkor az egészséget, közérzetet és teljesítményt alapvetően meghatározó kielégítő friss levegőellátás esetén a megfelelő hőkomfort biztosítása téli hidegben, illetve nyári hőségben fokozott energiafelhasználással, ennek megfelelően fokozott kibocsátással jár.

Az igényhez igazított, de **energiapazarlást megelőző, szabályozott légcserét természetes szellőztetés esetén a szén-dioxid monitorok biztosíthatják**, egyensúlyt teremtve az egészséget támogató beltéri levegő iránti igény és a klímavédelmi szempontok között.



- Energiaigényes hűtés helyett válasszuk inkább a fentebb említett passzív hűtési technikákat!
- Törekedni kell az alternatív energiaforrások használatára a helyi sajátosságok kihasználásával.
- Fontos az energiahatékony fűtés és a szigetelés, de nem a szellőzés rovására!
- Még a kis energiafelhasználású elektromos berendezéseknél is fontos a használaton kívüli kikapcsolás.
- Törekedni kell az udvar zöldebbé tételére:
 - legyen elegendő nagy lombkoronájú, környezettűrő 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 zöldegeskert és komposztáló telepíthető. Ahol csak lehet, komposztáljunk, fontos a helyes komposztálási módszer tanítása és gyakoroltatása az iskolában, óvodában,
 - ezek mellett legyen a jó közérzet és a természetközelség érzete szempontjából elegendő belső bokros-fás terület [36].
- Az iskola- és óvodaudvarok, 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 zöldevények, zöldhomlokzatok, fák telepítésében.
- Kis ökológiai lábnyomú, nem messziről szállított termékek választása.
- Környezetkímélő, környezetbarát címkével ellátott termékek vásárlása.
- Víztakarékoság (csapok karbantartása, nyomógombos csapok, víztakarékos WC-k). Beruházásoknál érdemes megfontolni megfelelő esővíz-gyűjtők kialakítását az udvaron a locsoláshoz, vagy az épületek tetején a WC-k öblítésére.
- Ételpazarlás megszüntetése (a közétkeztető felé visszajelezni, megszervezni a nem kiosztott felesleg gyors eljuttatását a rászorulókhöz).
- 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 távartatni a külső légszennyezőket és a zajt. Továbbá nehéz a megfelelő ventiláció és hőmérséklet biztosítása úgy, hogy mindezt a lehető legkisebb energiáfordítással 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 ellenőrzésbe. Kihasználhatjuk ehhez kreativitásukat, ötleteiket, és hajlandóságukat, mivel tudatában vannak, hogy mindez leginkább az ő egészségüket érinti.

Források

1. School Environment and Respiratory Health of Children (The SEARCH Study). *Epidemiology* (2012), 23 (5S), O-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 - Final Report, EUR 26738, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2014, ISBN 978-92-79-39407-2, doi:10.2788/99220, JRC91160. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC91160>
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. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/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 Regional Office for Europe*, 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 / edited by Hajo Zeeb, and Ferid Shannoun. ISBN 978 92 4 154767 3 https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44149/9789241547673_eng.pdf?sequence=1

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*, Volume 173, 2020, 106749, ISSN 0360-1323,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132320301074>
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. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/kohlendioxid_2008.pdf
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-56643dfce89/en-16798-1-2019>
28. WHO . World Health Organization; 2021. Roadmap to Improve and Ensure Good Indoor Ventilation in the
Context of COVID-19. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240021280>
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 Regional Office for
Europe, 2018. <https://iris.who.int/handle/10665/346084>
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. A SARS-COV-2 elleni védekezés lehetőségei a természetesen és mesterségesen szellőztetett épületekben.
NNK, 2021.
https://www.nnk.gov.hu/attachments/article/647/%C3%9A mutat%C3%B3k%C3%B6z%C3%B6ss%C3%A9gi%20%C3%A9p%C3%BCletek%20%C3%BCzemeltet%C3%A9s%C3%A9hez_20210429.pdf
37. Designing quality in learning spaces: Indoor air quality and thermal comfort. Version 2, 2022.
<https://assets.education.govt.nz/public/Documents/Primary-Secondary/Property/Design/Indoor-Air-Quality-and-Thermal-Comfort-V2-v2.0-2022.pdf>
38. Ventilation in schools. Better learning conditions for young people. *Fachinformationszentrum Karlsruhe FIZ.
BINE Themeninfo*, 2015
https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/449094202/BINE_Themeninfo_Ventilation_in_schools_0115_engl_interne_t.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, Woodhead Publishing, 2015, Pages 127-153,
ISBN 9781782423805, doi.10.1016/B978-1-78242-380-5.00005-4.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781782423805000054>

40. Greenness around schools associated with lower risk of hypertension among children. *Environmental Pollution*, Volume 256, 2020, 113422, doi: 10.1016/j.envpol.2019.113422. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749119331598>.
41. A közoktatási és felsőoktatási intézmények közegészségügyi követelményei - Módszertani útmutató. Országos Környezetegészségügyi Intézet; Budapest, 2014.
42. Measures to reduce risks for children's health from combined exposure to multiple chemicals in indoor air in public settings for children (with a focus on schools, kindergartens and day-care centres) Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289057974>
43. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants <https://www.who.int/publications/i/item/9789289002134>
44. Air pollution and child health: prescribing clean air. Geneva: World Health Organization; 2018 (WHO/CED/PHE/18.01). Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CED-PHE-18-01>
45. The association between greenness and traffic-related air pollution at schools. *Sci Total Environ*. 2015;523:59–63. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.03.103. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969715003782?via%3Dihub>
46. Air quality around schools: Part I – A comprehensive literature review across high-income countries. *Environ Res*. 2021;196:110817. doi:10.1016/j.envres.2021.110817. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935121001110?via%3Dihub>
47. Green spaces are not all the same for the provision of air purification and climate regulation services: the case of urban parks. *Environ Res*. 2018;160:306–13. doi:10.1016/j.envres.2017.10.006 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935117316535?via%3Dihub>
48. Designing vegetation barriers for urban air pollution abatement: a practical review for appropriate plant species selection. *Clim Atmos Sci*. 2020;3(1):12. doi:10.1038/s41612-020-0115-3. <https://www.nature.com/articles/s41612-020-0115-3>
49. Meta-Analysis of the Effect of Ventilation on Intellectual Productivity. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2023, 20, 5576. doi.org/10.3390/ijerph20085576 <https://www.mdpi.com/1660-4601/20/8/5576>

