

Az óvodai ablaknyitási szokások szerepe a belső levegőminőség alakulásában - Esettanulmány

Dr. Deme Bélafi Zsófia, Dr. Barna Edit, Horváth Barnabás János

Absztrakt

Az Európai Unió megújított Épületek Energiahatékonyságáról szóló Irányelve (EPBD - (EU) 2024/1275 irányelv az épületek energiahatékonyságáról) hangsúlyozza, hogy az energiahatékonysági intézkedések nem ronthatják a belső környezeti minőséget, különösen a belső levegő minőségét. A témában számos kutatás született, ezek többsége azonban irodai és lakóépületekre koncentrál, míg az oktatási intézmények vizsgálata jóval kisebb hangsúlyt kap. Jelen kutatás célja egy energetikai felújításon átesett természetes szellőzésű óvodában a belső levegőminőség és a használói viselkedés vizsgálata. A felmérés egy óvoda négy csoportszobájában zajlott, a téli időszaktól a nyárig tartó adatgyűjtés keretében, amelyből jelen cikkben a téli időszakot elemeztük. Az épület kondenzációs gázkazán által ellátott radiátoros fűtéssel rendelkezik, hűtési rendszerrel nem, a légszere természetes szellőztetéssel biztosított. A mért idősoros adatokat meteorológiai adatokkal, jelenléti és napi működési adatokkal, a szellőztetési szokásokat feltáró interjúkkal egészítettük ki. Az eredmények alapján a négy vizsgált csoportszoba közül háromban a CO₂-koncentráció a mérési napok többségében napi két óránál hosszabb ideig meghaladta a 2000 ppm értéket. A napi lefutások között jelentős eltéréseket figyeltünk meg annak ellenére, hogy a csoportszobák tájolása, nyílászáró típusa és mérete megegyezett. A csoportszobák közötti különbségeket elsősorban a pedagógusok eltérő ablaknyitási és szellőztetési gyakorlata magyarázta, ami rámutat arra, hogy a használói viselkedés meghatározó szerepet játszik a természetes szellőzésű gyermekintézmények belső levegőminőségének alakulásában. A kutatás folytatásaként a belső levegőminőség és a gyermekek egészségének kapcsolatát fogjuk felmérni, illetve további óvodákban is tervezzük mérések lefolytatását.

Bevezetés

Az épületekben biztosított egészséges és komfortos belső környezet évtizedek óta a tudományos kutatások egyik kiemelt területe, amelynek jelentősége a COVID-19 világjárványt követően tovább erősödött. Ezzel párhuzamosan az épületek energiahatékonyságának javítása is egyre nagyobb hangsúlyt

kap. Az Európai Unió megújított Épületek Energiahatékonyságáról szóló Irányelve (EPBD) kiemeli, hogy az energiahatékonysági intézkedések nem történhetnek a belső környezeti minőség – különösen a belső levegőminőség – rovására. Bár a belső környezeti minőséggel foglalkozó kutatások száma jelentős, ezek többsége irodai és lakóépületekre, valamint fejlett országok meghatározott épülettípusaira koncentrál, míg az oktatási intézmények vizsgálata jóval kisebb figyelmet kap.

A gyermekek a rossz belső levegőminőség (Indoor Air Quality, IAQ) káros hatásaira érzékenyebbek, mint a felnőttek, mivel testtömegükhöz viszonyítva nagyobb mennyiségű levegőt lélegeznek be, idejük jelentős részét zárt térben töltik, miközben légző- és immunrendszerük még fejlődésben van [1–4]. A belső levegő minőségének egyik leggyakrabban alkalmazott mutatója a CO₂-koncentráció, amely jól jellemzi a természetes légszere hatékonyságát, mivel szoros összefüggésben áll a bent tartózkodók számával, a helyiség térfogatával.

Magyarországon az óvodák és bölcsődék belső levegőminőségére nincs közvetlen előírás. A vonatkozó szabályozás a 3/2002. (II. 8.) SzCsM–EüM együttes rendeletben szereplő frisslevegő-igényből vezethető le, amely személyenként 20–30 m³/h friss levegő biztosítását írja elő, azonban CO₂-határértéket nem határoz meg. A gyakorlatban ezért a nemzetközileg széles körben elfogadott 1000 ppm-es irányérték tekinthető a megfelelő belső levegőminőség felső határának [1,3,4].

Az óvodák, bölcsődék belső levegőminőségével foglalkozó kutatások száma lényegesen kisebb, mint az általános és középiskolákra vonatkozó vizsgálatoké. Az eddigi eredmények ugyanakkor egyértelműen rámutatnak arra, hogy a természetes szellőztetésű óvodákban és bölcsődékben a CO₂-koncentráció gyakran meghaladja az ajánlott határértéket, különösen a fűtési időszakban. Több európai vizsgálatban rendszeresen 1500–4000 ppm közötti koncentrációkat mértek, elsősorban a nem megfelelő légszere és a korszerűsítés (hőszigetelés, ablakcsere, ugyanakkor továbbra is ablaknyitással szellőztetett épületek) következtében [5–9]. A kutatások arra is rámutatnak, hogy a gépi szellőzés vagy az intelligens, igényvezérelt légszere jelentősen javíthatja a levegőminőséget, ugyanakkor újabb kérdéseket vethet fel az energiateljesítmény, a hőkomfort vagy éppen



Dr. Deme Bélafi Zsófia
adjunktus, BME GPK, Épületgépészeti és
Gépészeti Eljárástechnika Tanszék



Dr. Barna Edit
adjunktus, BME GPK, Épületgépészeti és
Gépészeti Eljárástechnika Tanszék



Horváth Barnabás János
okleveles épületgépészeti és eljárás-
technikai gépészmérnök

a kültéri szennyezőanyagok bejutása szempontjából [10–15].

Jelen kutatás célja egy vidéki óvoda–bölcsőde négy csoportszobájában a belső levegőminőség felmérése és a pedagógusok szellőztetési szokásainak feltárása. A vizsgálat több hónapon keresztül gyűjtött mérési adatok és a pedagógusokkal készített interjúk együttes értékelésén alapul.

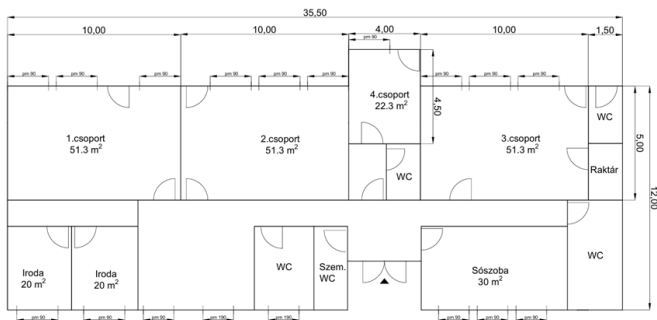
A kutatás módszertana

Az épület bemutatása

A vizsgált óvoda Magyarország egyik vidéki településén található. Az épület az 1970-es években épült, a korszakra jellemző falazott teherhordó szerkezettel és vasbeton födém-mel, lapostetővel. A 3. csoportszoba egy későbbi bővítés során készült el, amelyhez kapcsolódóan az egész épület homlokzata 12 cm vastag expandált polisztirol (EPS) hőszigetelést kapott.

Az óvodai csoportszobák alapterülete egységesen 51,3 m², míg a 4. csoportszoba – amely bölcsődei foglalkoztatóként működik – kisebb, 23 m² alapterületű. A helyiségek belmagassága 3,0 m.

Valamennyi csoportszoba a felújítás során cserélt nyitható, 3 rétegű üvegezésű műanyag nyílászárókkal és egy teraszajtóval rendelkezik. Az ablakok bukó- és nyíló kivitelűek, így lehetőséget biztosítanak a természetes szellőztetés különböző módjaira. A vizsgált helyiségek tájolása azonos, mindegyik délnyugati irányba néz.



1. ábra Alaprajz

Munkanapokon az intézmény 6:30-tól 16:30-ig tart nyitva. Az óvodai és bölcsődei csoportok napirendje jól meghatározott napi rutint követ. A gyermekek 6:30 és 8:00 óra között érkeznek a csoportszobákba, ahol ekkor egy pedagógus felügyeli őket. Ezt követően 8:00 és 9:30 között csoportos foglalkozások zajlanak két pedagógus jelenlétében, majd tízórai következik. A délelőtti második felében a gyermekek csoportszobai foglalkozásokon vagy udvari játékokon vesznek részt, ezt követően 11:30 és 12:30 között kerül sor az ebédre. Délután 12:30 és 15:00 között pihenőidő van, amely alatt 14:00 óráig két, ezt követően egy pedagógus tartózkodik a csoportszobában. Az uzsonnát követően a gyermekek ismét szabadtéri tevékenységeken vagy szabad játékban vesznek részt, majd 15:30 és 16:30 között fokozatosan elhagyják az intézményt.

Belső környezeti paraméterek mérése

A belső környezeti minőség vizsgálatához Trotec BZ30 típusú adatgyűjtő műszereket alkalmaztunk, amelyek a CO₂-koncentráció, a levegő hőmérséklete és relatív páratartalma folyamatos mérésére alkalmasak. A mérés 2025. február 3. és július 16. között zajlott, egyperces mintavételezési gyakorisággal.

A mérőműszereket minden csoportszobában a gyermekek légzési zónájának megfelelő, mintegy 70 cm-es magasságban helyeztük el, úgy, hogy azok a napi tevékenységet ne zavarják, ugyanakkor a gyermekek számára ne legyenek hozzáférhetők.

A vizsgálatba a HungaroMet közeli mérőállomásának meteorológiai adatai is bevonásra kerültek, amelyek a külső hőmérsékletet és a relatív páratartalmat is tartalmazták.

Kiegészítő adatok

A mért adatok értelmezését több kiegészítő adatforrás segítette. Az óvodapedagógusok rendelkezésre bocsátották az egyes csoportok napi programját, amely tartalmazta a szabadtéri tartózkodások időpontját és időtartamát, valamint az egyéb napi tevékenységeket.

A pedagógusok kérdőíves interjú keretében számoltak be szellőztetési szokásaikról és a belső levegőminőség szubjektív megítéléséről.

Adatfeldolgozás és értékelés

A mérés megkezdése előtt a négy adatgyűjtő műszert Testo 400 referencia-műszerrel összehasonlító mérésnek vetettük alá. A feltárt kisebb mérési eltéréseket az adatfeldolgozás során korrigáltuk.

Az idősorokat egységes időbélyegek alapján szinkronizáltuk, majd ellenőriztük a hiányzó és hibás adatokat. A hiányos időszakokat az elemzésből kizártuk.

A mérési időszakot a napi átlaghőmérséklet alapján három évszakra (tél, tavasz és nyár) bontottuk. Ebben a cikkben a téli adatok értékelését mutatjuk be.

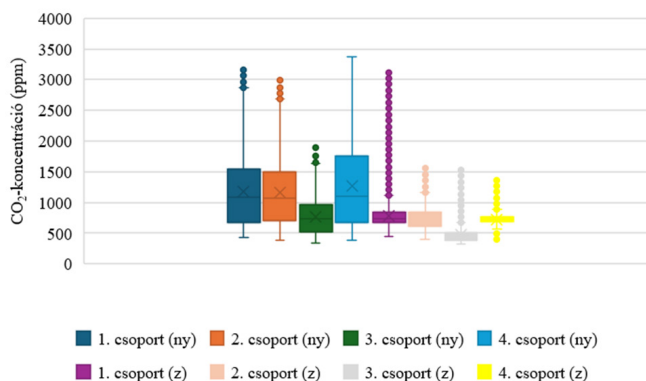
A belső levegőminőséget leíró statisztikai mutatókkal (átlag, medián, módusz, minimum, maximum, szórás) jellemeztük, majd az eredményeket gyakorisági elemzéssel és dobozdiagramok segítségével értékeltük.

Az óvónői interjúk és napirendek kiértékelésekor csoportonként összehasonlító elemzést készítettünk a válaszokból, illetve a mért CO₂-szintekből kikövetkeztethető ablaknyitási szokásokról.

Eredmények

Mérési eredmények és IAQ-értékelés

Első lépésként a mért adatokat doboz diagrammal és leíró statisztikai mutatókkal értékeltük.



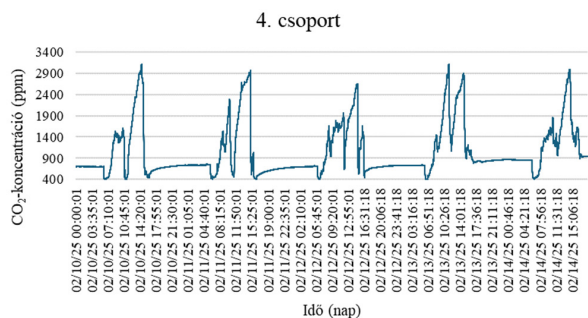
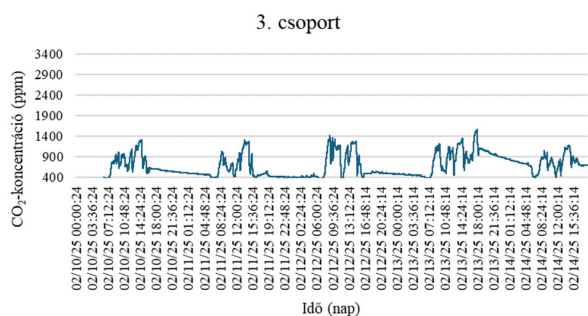
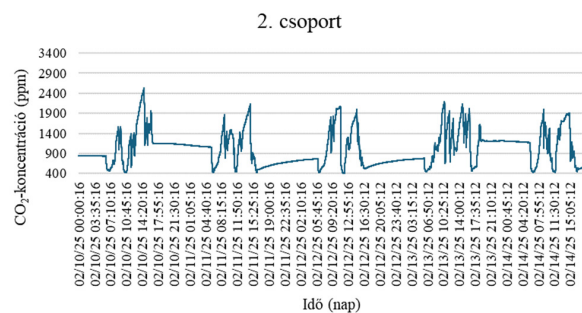
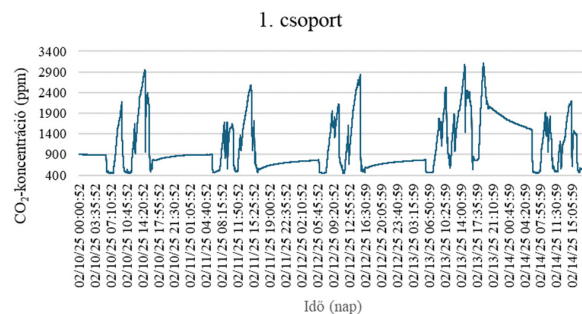
2. ábra Téli időszak CO₂-szintjeinek doboz diagramja 1-4-ig csoportszobák esetén nyitvatartási és azon kívüli időszakokban

A 2. ábrán elsőként a zárt (nem használt) időszakok eredményeit vizsgáltuk (a jobb oldali négy adatsor). Jól látható, hogy emberi jelenlét hiányában valamennyi csoportban mind a medián, mind az átlagos CO₂-koncentráció visszaállt a külső levegőre jellemző, mintegy 400–500 ppm-es háttérérték közelébe. Emellett az interkvartilis tartomány jelentősen beszűkülött, ami a koncentrációértékek lényegesen kisebb ingadozására utal. A dobozdiagramok felett megjelenő kiugró értékek az épület kiürítését követő koncentrációcsökkenést szemléltetik: a nap végén bent maradó, magas CO₂-koncentráció a természetes infiltráció következtében fokozatosan csökkent.

A használt (nyitott) időszakok eredményei ezzel szemben lényegesen nagyobb szórást mutattak. Az 1., 2. és 4. csoportban az interkvartilis tartomány megközelítőleg 668 és 1750 ppm között helyezkedett el, ami jelentős változékonyságra utal. A mediánok és az átlagértékek (× jellel jelölve) 1155–1270 ppm között alakultak, miközben a felső bajuszok 2685–3370 ppm közötti maximumértékeket értek el. Az eloszlások pozitív ferdesége arra utal, hogy a rendkívül magas CO₂-koncentrációk nem tartósan voltak jelen, hanem elsősorban hosszabb, szellőztetés nélküli időszakok végén, rövid ideig jelentkező koncentrációcsúcsok formájában jelentek meg.

A többi csoporthoz képest a 3. csoportszoba eredményei egyértelműen kedvezőbbek voltak. A használati idő 50%-ában a CO₂-koncentráció 523 és 972 ppm között maradt, az átlagos koncentráció pedig mindössze 765 ppm volt. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy ebben a csoportban a természetes szellőztetés lényegesen hatékonyabban működött, ami a mérési és kiegészítő adatok áttekintése után a pedagógus tudatosabb szellőztetési gyakorlatával magyarázható.

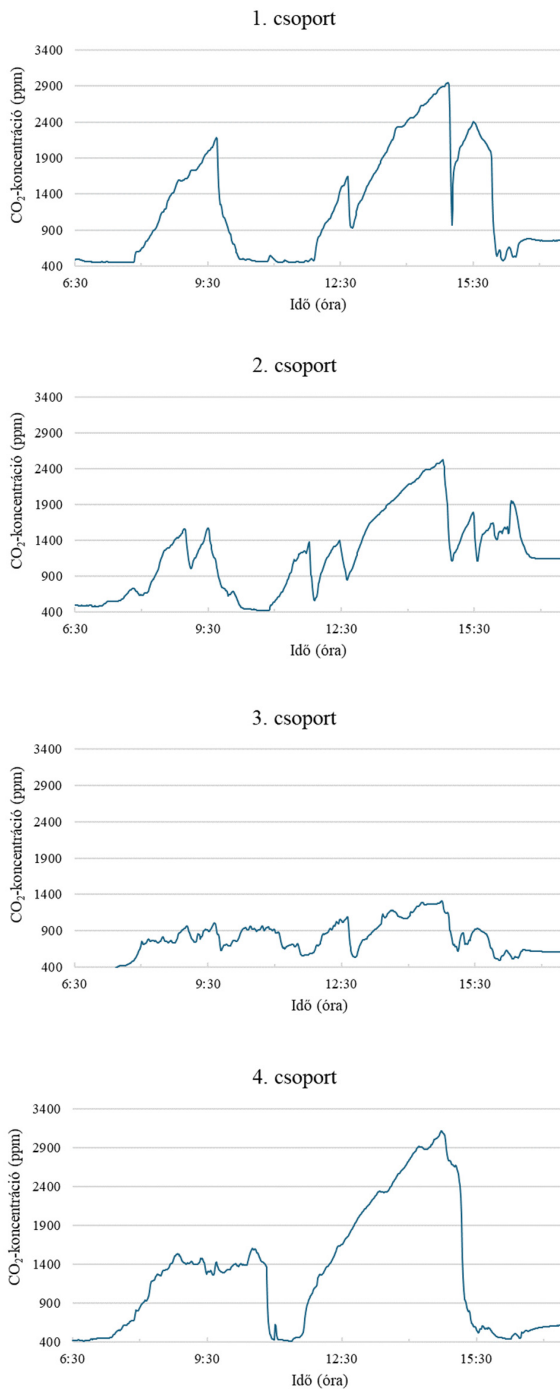
Mivel az 1., 2. és 3. csoportszobák alaprajzi kialakítása, tájolása és nyílászáróinak mérete azonos volt, továbbá a 3. csoport átlagos téli gyermeklétszáma még magasabb is volt (18 fő), mint a másik két óvodai csoporté (17 fő), az eltérések nem magyarázhatók sem az épület adottságaival, sem a bent tartózkodók számával. Eredményeink alapján a kedvezőbb belső levegőminőség elsősorban a pedagógus tudatosabb és gyakoribb szellőztetési gyakorlatának tulajdonítható.



3. ábra CO₂-szintek a téli időszak első hetében 1-4. csoportszobákban

A 3. ábrán az 1-3. óvodai csoportok és a 4. bölcsődei csoportszoba téli CO₂-koncentrációjának alakulását mutatjuk be egy héten. Ezen az ábrán is jól látszik a 3. csoportszobában tapasztalható lényegesen jobb levegőminőség, alacsonyabb maximumok, gyakoribb ablaknyitás. Éjszakánként megfigyelhető az alacsony filtráció a külvilág felé, az ötözőkből, illetve más csoportszobákból még CO₂-szint emelkedés is megfigyelhető az 1, 2, 4-es csoportok esetében. A bölcsődei helyiségben mind a gyermeklétszám, mind az alapterület kisebb volt, mint az 1-3. csoportszobák esetében, a CO₂-koncentráció több alkalommal is megközelítette, illetve meghaladta a 3000 ppm-et.

Az idősor alapján megállapítható, hogy a szellőztetési gyakorlat hasonló mintázatot követett, mint az 1. és 2. csoportban.



4. ábra Napi (február 10.) CO₂-szintek a téli időszakban 1-4. csoportszobákban.

A 4. ábrán bemutatott napi CO₂-koncentrációk alapján megfigyeltük, hogy a 3. csoportszobában a koncentráció gyakrabban csökkent hirtelen, mint a többi helyiségben. Ezek az ismétlődő koncentrációesések egyértelműen gyakoribb ablaknyitásra, illetve intenzívebb természetes szellőztetésre utalnak.



5. ábra Heti belső mért hőmérsékletek (február 10-16.) 1-4. csoportszobákban

Vizsgáltuk azt is, hogy a gyakoribb szellőztetés okozott-e számottevő hőkomfortromlást a 3. csoportban, ahol a CO₂-mérések alapján a legkedvezőbb belső levegőminőséget tapasztaltuk. Az 5. ábra alapján megállapítottuk, hogy a 3. csoportszoba belső hőmérséklete gyakorlatilag megegyezett a 2. csoportszobában mért értékekkel. Eredményeink szerint tehát a tudatosabb és gyakoribb természetes szellőztetés nem járt kimutatható hőkomfortromlással, ugyanakkor jelentősen kedvezőbb belső levegőminőséget eredményezett.

Ablaknyitási mintázatok összehasonlítása a mért és az interjúadatok alapján

Az előzőekben feltárt tartósan magas beltéri CO₂-szintek ellenére, az óvodapedagógusokkal készített interjúk azt mutatták, hogy a dolgozók általában megfelelőnek ítélték meg a csoportszobák levegőminőségét, és egyik csoportban sem számoltak be rendszeres kellemetlen közérzetről vagy a rossz levegőminőséghez köthető tünetekről. Ez arra utal, hogy a belső levegőminőség szubjektív megítélése önmagában nem alkalmas a tényleges szellőztetési állapot megítélésére.

Az 1. és 2. csoportban a szellőztetés elsősorban a napi rutin meghatározott időpontjaihoz kapcsolódik: a téli időszakban jellemzően a reggeli érkezés előtt, az étkezéseket követően, illetve az udvari tartózkodás idején nyitják ki rövid időre a teraszajtót.

Ettől jelentősen eltér a 3. csoport szellőztetési gyakorlata. Itt az étkezések és a pihenőidő előtti intenzív szellőztetés mellett a pedagógusok 30–40 percenként további 2–3 perces ablaknyitást is alkalmaznak. Ez a gyakoribb és tudatosabb szellőztetés jól összhangban van a mért, lényegesen kedvezőbb CO₂-koncentrációkkal, de az említett rendszeres szellőztetési mintázat természetesen nem minden nap, pontosan ugyanúgy valósul meg.

A bölcsődei csoportban (4. csoport) a szellőztetési stratégia eltér az óvodai csoportokétól. Télen elsősorban bukóra nyitott ablakokat alkalmaznak napi két-három alkalommal 30–40 percen keresztül, amelyet óránként rövid átszellőztetéssel egészítenek ki. Ennek ellenére ebben a csoportban mértük a legmagasabb CO₂-koncentrációkat, ami egyrészt arra utal, hogy a kisebb gyermekek ellátásából adódó sajátos használati körülmények mellett ez a szellőztetési gyakorlat sem biztosít elegendő légcserét. Másrészt az is előfordulhat, hogy az interjúban nem mindig a valós szellőztetési gyakorlat került rögzítésre.

Összefoglalás, következtetések

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy természetes szellőzésű óvoda épületekben a belső levegőminőséget nem kizárólag az épület adottságai vagy a gyermeklétszám határozza meg, hanem jelentős szerepet játszik az óvodapedagógusok szellőztetési gyakorlata is. Az azonos építészeti kialakítású csoportszobák között jelentős különbségek alakultak ki a CO₂-koncentrációkban, amelyek elsősorban a nyílászárók használatának eltérő módjával voltak magyarázhatók. A bölcsődei csoport eredményei arra is rámutattak, hogy a huzathatástól való félelem miatt visszafogottabb szellőztetés még alacsonyabb gyermeklétszám mellett is kedvezőtlen beltéri levegőminőséget eredményezhet.

Az eredmények alapján a folyamatos CO₂-mérés, valamint a tudatosabb szellőztetési gyakorlat egyszerű és költség-hatékony eszközt jelenthet a belső levegőminőség javítására és a gyermekek számára a minél egészségesebb környezet fenntartására.

Jelen vizsgálat egyetlen intézmény adataira épült, ezért az eredmények általánosíthatósága korlátozott. A kutatás következő lépéseként több, eltérő építészeti kialakítású és üzemeltetésű óvodában tervezzük a mérési kampány megismétlését, további belső levegőminőségi és egészségügyi paraméterek bevonásával, hogy az összefüggések szélesebb körben is igazolhatók legyenek.

Köszönetnyilvánítás

A kutatásban Dr. Deme Bélafi Zsófia munkáját a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatta. A szerzők hálásak Dr. Both Baláznak az adatelemzési folyamatok segítségével.

A kutatás az Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Program (EKÖP-26-4-II) támogatásával, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem megvalósításában működő, a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával valósult meg.

Hivatkozások

- [1] Daisey JM, Angell WJ, Apte MG. Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: An analysis of existing information. *Indoor Air*. 2003;13(1):53–64. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0668.2003.00153.x>
- [2] Holgate S, Grigg J, Arshad H, Carslaw N, Cullinan P, Dimitroulopoulou S, et al. Health Effects of Indoor Air Quality on Children and Young People. RCPCH/RCP.
- [3] Adamopoulos IP, Syrou NF, Mijwil M, Thapa P, Ali G, Dávid LD. Quality of indoor air in educational institutions and adverse public health in Europe: A scoping review. *Electron J Gen Med*. 2025;22(2). <https://doi.org/10.29333/ejgm/15962>
- [4] Sadrizadeh S, Yao R, Yuan F, Awbi H, Bahnfleth W,

Bi Y, et al. Indoor air quality and health in schools: A critical review for developing the roadmap for the future school environment. *J Build Eng*. 2022;57:104908. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104908>

[5] Stiborova P, Badurova A, Skotnicova I. Analysis of Indoor Air Quality in a Kindergarten. *Slovak J Civ Eng*. 2023;31(2):1–8. <https://doi.org/10.2478/sjce-2023-0007>

[6] Telejko M, Zender-Świercz E. Attempt to Improve Indoor Air Quality in Kindergartens. *Procedia Eng*. 2016;161:1704–1709. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.649>

[7] Zender-Świercz E, Telejko M. Indoor Air Quality in Kindergartens in Poland. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2019;471(9). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/9/092066>

[8] Basińska M, Michałkiewicz M, Ratajczak K. Impact of physical and microbiological parameters on proper indoor air quality in nursery. *Environ Int*. 2019;132:105098. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105098>

[9] Branco PTBS, Alvim-Ferraz MCM, Martins FG, Sousa SIV. Children's exposure to indoor air in urban nurseries – part I: CO₂ and comfort assessment. *Environ Res*. 2015;140:1–9. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.03.007>

[10] Dovjak M, Vaupotič J. Optimising Ventilation in Kindergartens Through a Dual-Indicator Framework Based on Carbon Dioxide and Radon for IAQ Assessment. *Indoor Air*. 2025;2025(1). <https://doi.org/10.1155/ina/7596341>

[11] Lee D, Kim Y, Hong K-J, Lee G, Kim H-J, Shin D, Han B. Managing Indoor Air Quality in a Kindergarten: CO₂ and PM_{2.5} Concentrations. 2023. <https://doi.org/10.20944/preprints202309.1212.v1>

[12] Lee D, Kim Y, Hong K-J, Lee G, Kim H-J, Shin D, Han B. Strategies for Effective Management of Indoor Air Quality in a Kindergarten: CO₂ and Fine Particulate Matter Concentrations. *Toxics*. 2023;11(11):931. <https://doi.org/10.3390/toxics11110931>

[13] Avella F, Gupta A, Peretti C, Fulici G, Verdi L, Belleri A, Babich F. Low-Invasive CO₂-based visual alerting systems to manage natural ventilation and improve IAQ in historic school buildings. *Heritage*. 2021;4(4):3442–3468. <https://doi.org/10.3390/heritage4040191>

[14] Munckton B, Rajagopalan P. Interaction between Thermal Conditions and Ventilation in Kindergartens in Melbourne, Australia. *Sustainability*. 2024;16(3):1186. <https://doi.org/10.3390/su16031186>

[15] Zakaria IB, Mahyuddin N, Mohd Sahabuddin MF. Factors Influencing Indoor Air Pollution in Kindergarten: A Systematic Literature Review. *J Adv Res Appl Sci Eng Technol*. 2025;55(2):154–174. <https://doi.org/10.37934/araset.55.2.154174>