

Termelékenység és beltéri levegőminőség



Olesen, Bjarne
Beltéri Környezet és Energia Nemzetközi Központ Dán
Műszaki Egyetem
Nils Koppels Alle, 402. sz. épület, DK-2800 Lyngby, Dánia
bwo@mek.dtu.dk

ABSZTRAKT

Az iparosodott országokban az emberek több mint 90%-a él mesterséges beltéri környezetben (otthon, közlekedés, munka). A jellemző irodaházakban az emberek költsége százszor magasabb, mint az energiaköltségek, ami miatt sokkal fontosabb az emberek munkahelyi teljesítménye, mint az energiaköltségek. A betegszabadságról szóló tanulmányok nagyon magas munkaidő- és teljesítménykiesést mutatnak, ami jelentős gazdasági következményekkel jár a vállalatokra nézve.

A legújabb irodai és iskolai tanulmányok azt mutatják, hogy a kellemes szobahőmérséklet, az általában javasoltnál több szellőztetés, a beltéri szennyezési források csökkentése és a hatékonyabb szellőzés növeli az emberek teljesítményét. Az eredmények a termelékenység 5-10 % -os növekedését jelzik.

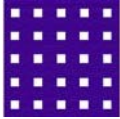
KULCSSZAVAK: egészség, kényelem, termelékenység, beltéri környezet.
Levegőminőség

BEVEZETÉS

Az elmúlt évtizedekben jelentősen javult a környezeti (kültéri) levegő minősége az iparosodott országok városaiban. Ugyanebben az időszakban a beltéri levegő minősége csökkent az energiatakarékosság, a csökkent szellőzés, valamint a beltéri szennyezés számos új anyagának és forrásának bevezetése miatt. Ezek a fejlemények és az a tény, hogy az iparosodott országokban az emberek átlagosan életük 90% -át töltik zárt térben, a beltéri levegő minőségét fontos környezetvédelmi kérdéssé teszi, amely messzemenő következményekkel jár az emberi egészségre nézve. A következő három becslés nagy, világméretű tereptanulmányokon alapul.

Számos iparosodott országban az iskoláskorú gyermekek akár 50%-a szenved asztmában és allergiában, és ez a szám megduplázódott az elmúlt 20 évben. A Dán Műszaki Egyetem új tanulmánya első alkalommal dokumentálja a kapcsolatot a műanyagokban található ftalátok és az otthonok rossz szellőzése között.

Az irodában dolgozóknak általában 20–60% -a szenved a beteg épület szindrómával összefüggő tünetektől, amelyek közé tartozik a fejfájás, a fáradtság és a nyálkahártyák irritációja. A Dán Műszaki Egyetem bebizonyította, hogy a rossz beltéri levegőminőség beteg épület szindrómát okoz, és csökkenti az irodai dolgozók termelékenységét.



A WHO (Egészségügyi Világszervezet) szerint a fejlődő országokban naponta 5000 ember hal meg szennyezett beltéri levegőtől. Ennek oka a szellőzőnyílások nélküli helyiségben való főzésből, illetve a fa vagy trágya tüzelőanyagként történő felhasználásából eredő beltéri szennyezés.

A beltéri környezettel kapcsolatos problémák megvitatásakor a hangsúly gyakran a szellőzésre vonatkozó követelményekre helyeződik. Az épületek alacsonyabb energiafogyasztása iránti növekvő igény a hőátadás és a jobban szigetelt épületek miatti hővesztés csökkenését eredményezte. Ez gyakran túl alacsony szellőzési arányt okozhat. Ez a tény és a számos új építőanyag bevezetése gyakran elfogadhatatlan beltéri levegőminőséget és épületkárokat, például penészt eredményezhet.

Jelen tanulmány a beltéri környezetnek a lakók egészségére, kényelmére és teljesítményére gyakorolt hatását foglalja össze.

Egészség

A WHO alapokmányának [1] állítása alapján az egészség „a teljes testi, szellemi és társadalmi jólét állapota, és nem csupán a betegség vagy fogyatékoság hiánya”. Hasonlóképpen, az egészséges beltéri levegő olyan levegő, amely nem jelent semmilyen betegségkockázatot, és amely minden bent tartózkodó számára kényelmet és jólétet biztosít [2]. Habár az egészséghez való jogot már 1946-ban elismerték, több mint fél évszázadra volt szükség annak elfogadásához, hogy minden embernek joga van egészséges beltéri levegőt lélegezni [3, 4]. E követelmény teljesítése érdekében az építészmérnökök és a tervezők feladata olyan megfelelő technikák alkalmazása, amelyek biztosítják a beltéri levegő kiváló minőségét, és minimálisra csökkentik a belélegzett levegőben esetlegesen előforduló káros vegyületek koncentrációját és időtartamát, ami nemkívánatos egészségügyi vagy kényelmi hatásokkal járhat.

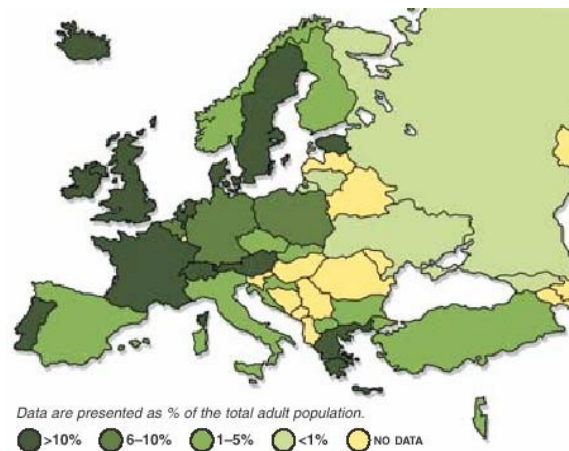
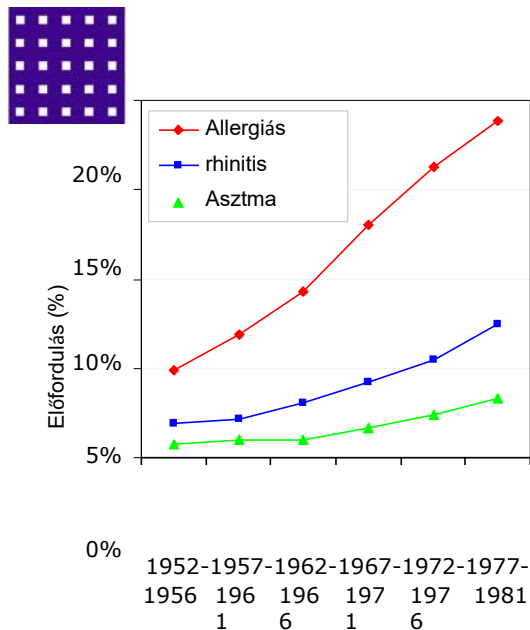
A beltéri környezeti expozíciók és az ilyen expozíciókból eredő egészségügyi hatások a világ különböző régióiban eltérőek. A fejlődő régiókban korlátozott számú tanulmány készült a beltéri levegő minőségéről és az egészségről. A tanulmányok főként a biomassza szellőzés nélküli állapotából eredő beltéri levegőszennyezés és az olyan egészségügyi hatások közötti összefüggésekkel foglalkoztak, mint az akut légzőszervi fertőzések, a krónikus obstruktív légúti betegség és a tüdőrák. A WHO számításai szerint a fejlődő országokban a főzéshez és fűtéshez használt szilárd tüzelőanyag elégetése a betegségek okozta globális teher közel 4%-áért, azaz évente közel 2 millió korai halálzásért lehet felelős [5]. Ez a világ egyik legfontosabb környezet-egészségügyi kérdése, de mindeddig kevésbé volt ismert.

Főként Európában és Észak-Amerikában végeztek vizsgálatokat a beltéri expozícióról és az egészségre gyakorolt hatásairól a fejlett országok tekintetében. A beltéri levegő minősége, illetve a tüdőrák, az allergiák, az egyéb egészségügyi és kényelmi hatások, többek között az épülettel kapcsolatos betegségek (BRI), a „beteg épület szindróma” (SBS) és a többszörös kémiai túlérzékenység (MCS) közötti összefüggésre vonatkozó bizonyítékok meggyőzőek [6,7].

Egészség a lakóépületekben

Az elmúlt két évtizedben az iparosodott országokban megduplázódott az allergiás és asztmás megbetegedések száma. Jelenleg ezek jelentik a közegészségügy egyik legnagyobb problémáját, amely nagyon magas költségekkel jár a gyógyszerek, a kezelés és a betegség miatti hiányzások tekintetében. Sok iparosodott országban az iskoláskorú gyermekek fele szenved ezektől az allergiás betegségektől, amelyek az iskolai hiányzás fő okai.

Az allergia/asztma és más egészségügyi hatások előfordulásának gyors növekedése (1. ábra, balra) az elmúlt évtizedekben arra utal, hogy ez inkább a környezeti expozíció változásainak, semmint a genetikai változásoknak tudható be.



1. ábra: Balra: Az allergiás rhinitis, az asztma és az ekcéma tendenciái a férfi besorozottak (17-20 évesek) körében Svédországban [8]. Jobbra: Az asztma prevalenciájára vonatkozó jelenlegi adatok felnőtteknél Európában [9].

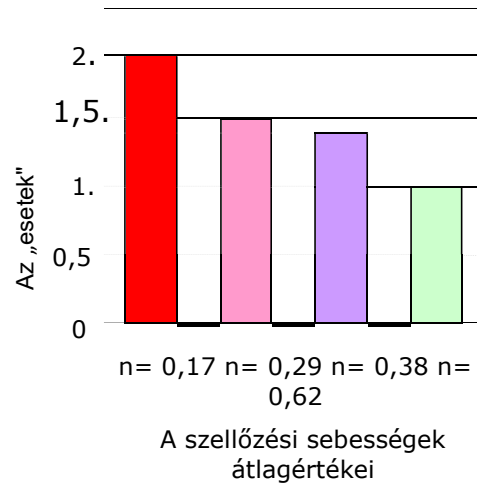
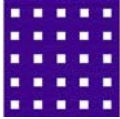
Meglepő módon nagyon kevés embernek volt asztmája Kelet-Európa volt kommunista országaiban 1989 előtt (1. ábra, jobbra) annak ellenére, hogy sok városban magas volt a környezeti levegő szennyezettsége. Az energiahasználati díjak gyakran nulla vagy nagyon alacsony értékek voltak, és a nem jól szigetelt lakóházak sokkal jobban szellőztek, mint Nyugat-Európában.

A beltéri levegő minősége csökkent, részben az átfogó energiatakarékos kampányok miatt, részben pedig azért, mert a magas energiaárak arra ösztönözték az embereket, hogy szigeteljék lakásaikat és csökkentsék a szellőzés mértékét, így a levegőváltás sok otthonban minden korábbinál alacsonyabb szinten van. A beltéri levegő rossz minőségéhez hozzájáruló egyéb tényezők közé tartozik a sok új anyag, különösen a polimerek, valamint az elmúlt évtizedekben megjelent számos beltéri, elektronikus eszköz, főleg a gyermekszobákban.

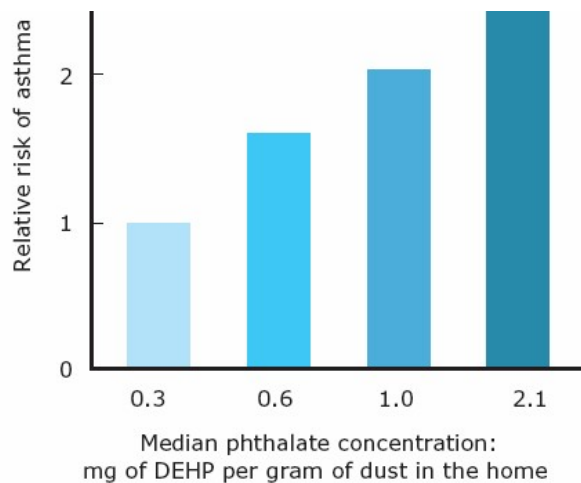
A világ legnagyobb, a rossz beltéri levegőminőség és az asztma kapcsolatáról szóló tanulmánya [10,11,12,13] 11.000 gyermekre terjedt ki, és részletes kémiai, fizikai, biológiai és orvosi méréseket végeztek 200 asztmás gyermeket nevelő otthonban és 200 egészséges gyermeket nevelő családnál. Ezek az otthonok kiváló kültéri levegőminőséggel rendelkező területeken helyezkedtek el. Az eredmények azt mutatják, hogy az alacsony szellőzés jelentősen fokozza az allergiás tünetek kockázatát (2. ábra), és hogy a polivinil-klorid által kibocsátott ftalátok, beleértve a lágyítókat a gyermekszobákban, drámai módon növelik az asztma kockázatát (3. ábra). A lágyítószer globális gyártása az 1950-es évek óta óriási mértékben megnőtt, és jelenleg évi 3,5 millió tonnát tesz ki. Ezek az eredmények radikálisan befolyásolhatják a beltéri környezet kialakítását, hogy megvédjük a gyermekeket az asztmától és az allergiáktól.

Nedvesség

Több, természetes szellőzésű lakóépület [14,15] vizsgálata során a személyenként és naponta elpárologtatott víz mennyiségét 2,7 kg-nak mérték. Az emberek (személyek, főzés stb.) által kibocsátott beltéri levegő páratartalom növekedésének a külső levegőhöz viszonyítva 4 g/kg levegőre történő korlátozása érdekében személyenként 7 l/s szellőztetési arány szükséges (16,17). Jellemző lakóépületekben ez 0,35 l/s-nak felel meg. m². Ez óránként 0,5 légcserét jelent.



2. ábra Esélyhányados a következő „esetben”: gyermekek legalább két tünettel a lehetséges háromból (zihálás, rhinitis, ekcéma) a szellőzési arány függvényében, különálló családi házakban. [10,11,12]

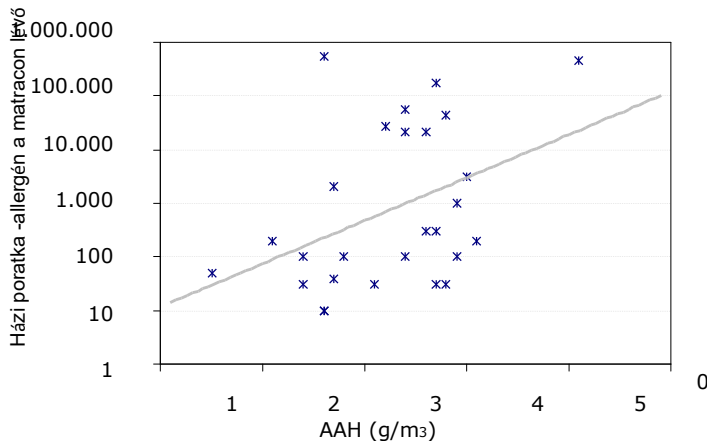


3. ábra: Lakásokban a polivinil-kloridból készült lágyítószeresek növelik az asztma kockázatát a gyermekeknél. Mindegyik oszlop körülbelül 90 lakást jelöl. DEHP: di(2-etil-hexil)ftalát [12,13]

Számos (több mint 100.000 emberre kiterjedő) tanulmányban [10,18] összefüggést találtak a „nedves” épületben való élet vagy munkavégzés, valamint az egészségre gyakorolt hatások, például a köhögés, a zihálás, az allergia és az asztma között. Vannak azonban arra utaló jelek is, hogy egyéb egészségügyi hatások, például általános tünetek (pl. fáradtság, fejfájás stb.), irritáció és légúti fertőzések is köthetők a nedvességhez. Meg kell jegyezni, hogy még mindig nem mutatták ki, hogy a nedvességnek való kitettség milyen módjai felelősek a megfigyelt egészségügyi hatásokért [18,19,20,21].



Az épületek nedvesként való besorolásának kritériumai eltérők lehetnek. Azonosított egészségügyi vonatkozású nedvességproblémák közé tartozott a vízkár (látható nedves foltok vagy levált/elszíneződött padlóburkoló anyagok), a víz túlzott kondenzációja hideg felületeken (pl. az ablaktáblák belsejében) és a mikrobák elszaporodásának jelei (látható penészfoltok és kellemetlen szag). Meg kell azonban különböztetni az épületszerkezet nedvességét a beltéri levegő nedvességtartalmától. Az épületszerkezetben lévő (kültéri vagy beltéri forrásokból származó) nedvesség lebonthatja az építőanyagokat, kedvező feltételeket teremtve a mikrobák növekedéséhez és az olyan kémiai reakciókhoz, amelyeket gyakran allergének, irritáló anyagok és kellemetlen szag forrásaiként azonosítanak. A beltéri levegő relatív páratartalma lecsapódhat a hideg belső felületeken vagy az épület szerkezetén, ami szintén növeli a mikrobák növekedésének és a kémiai folyamatoknak a kockázatát. Például a 23 °C-nak megfelelő harmatpont 50% relatív páratartalmú beltéri levegő mellett 12 °C. Így minden olyan beltéri szerkezetnél, amelynek hőmérséklete ebben az esetben megközelíti a 12 °C-ot, magas a kondenzáció kockázata, és így ideális hely a mikrobák szaporodásához, bár a beltéri levegő relatív páratartalma még mindig az elfogadható határértékeken belül van. Az is köztudott, hogy a beltéri levegő megnövekedett víztartalma fokozza a házi poratka (HDM) általi fertőzések kockázatát (4. ábra, [22]). A házi poratka általi fertőzés alacsonynak tekinthető (1.000 ng/g porig), ha a beltéri abszolút páratartalom 7 g/kg levegő alatt marad, ami 20-22 °C-on 45%-os relatív páratartalomnak felel meg.



4. ábra Balra: HDM allergén a matracon lévő porban az otthonok korrigált kiegészítő páratartalmának (AAH) függvényében (különbség a beltéri és kültéri levegő abszolút páratartalma között) [22]; Jobbra: Közelebbi kép háztartási ágyneműn belül táplálkozó felnőtt poratkáról (<http://www.jonathanlatimer.com/>).

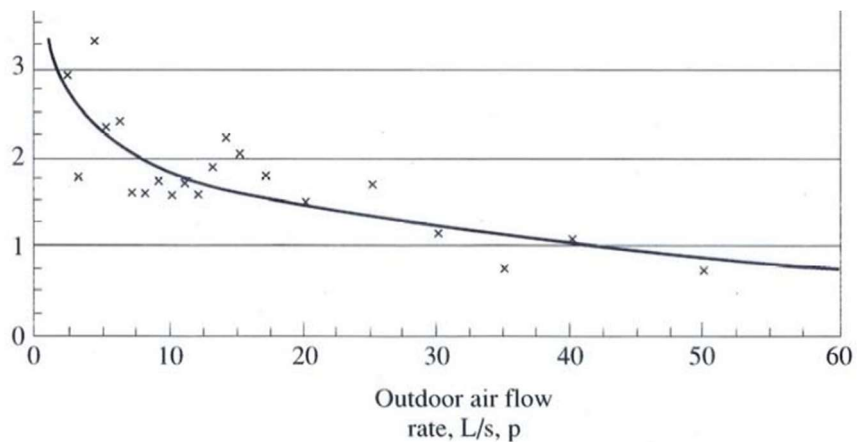
Gyakran feltételezik, hogy a száraz beltéri levegő, azaz az alacsony páratartalom a száraz levegő fokozott párolgási ereje miatt a felső légutak és a bőr nyálkahártyájának kiszáradását okozhatja. Számos, laboratóriumban és terepen végzett vizsgálat kimutatta, hogy a „száraz levegő” érzékelése gyakrabban köszönhető a szennyezett vagy túl meleg levegőnek, mint a fizikailag „száraz” levegőnek. Mivel a szárazság érzése szorosan összefügg az SBS előfordulásával, ezért az épületek egészségügyi problémáinak mutatójaként használják, de nem annak jelzésére, hogy a levegő víztartalma alacsony [23,24,25]

Szellőztetés

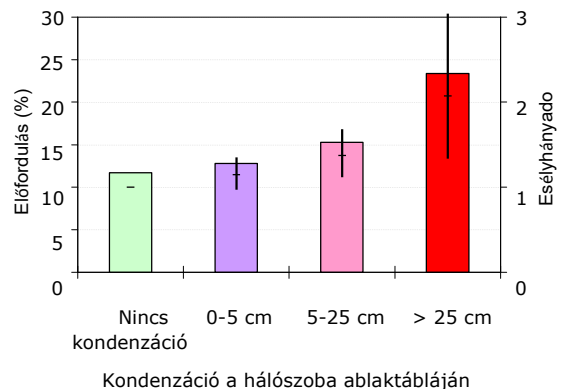
Egy közelmúltbeli európai felülvizsgálaton alapuló tudományos bizonyíték azt mutatja, hogy a kereskedelmi- és középületekben az egy főre jutó 25 l/s alatti kültérilevegő-ellátás az SBS fokozott kockázatával (5. ábra [20]), a megnövekedett rövid távú betegszabadsággal és a termelékenység csökkenésével jár.



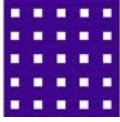
Ritkán tanulmányozzák az egészségre gyakorolt hatások és a szellőzési arányok, valamint az otthonok közötti összefüggéseket. A „nyirkossággal” foglalkozó szakirodalom azonban azt sugallja, hogy az otthoni nem megfelelő szellőzés az egészségügyi hatások (köhögés, zihálás, asztma és légúti fertőzések) egyik fő kockázati tényezője (5. ábra). A nedves otthon egyik okozója az alacsony szellőzési arány, az alacsony szellőzési arány (jellemzően 0,5 ach alatt) pedig nem csak a megnövekedett házi poratka fertőzésért, hanem valószínűleg számos beltéri eredetű légszennyező anyag fokozott koncentrációjáért is felelős. Meg kell jegyezni, hogy a magasabb szellőzési arányú (jellemzően 0,5 ach-nál magasabb) lakások is kockázatot jelenthetnek a levegőben terjedő szennyező anyagoknak való fokozott kitettségre, ha a hálószoba, ahol az emberek idejük jelentős részét töltik a lakás más helyiségeihez képest, nem jól szellőzik [20, 26]. A hálószobák alacsony szellőzésének egyszerű jele az ablakok páralecsapódásának mértéke volt (6. ábra).



5. ábra Az SBS korrigált esélyhányadosa alacsony kültéri légáramlási sebesség mellett kereskedelmi épületekben [20]



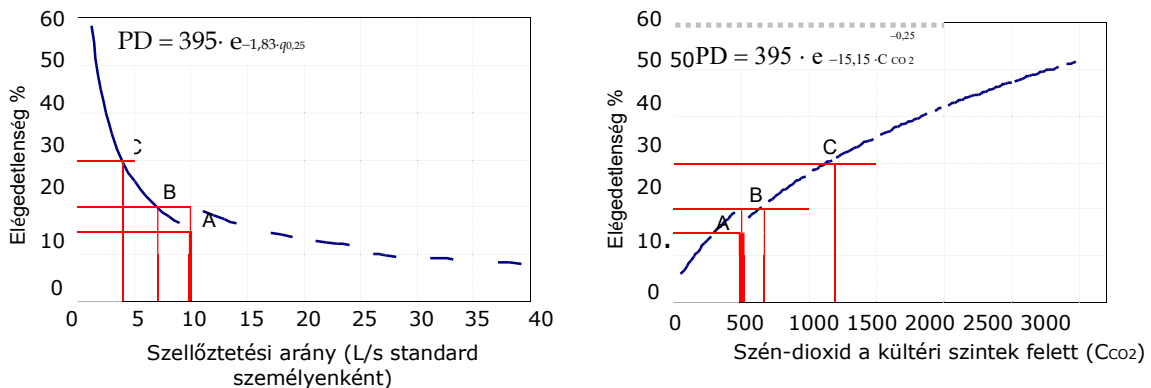
6. ábra: Az ablakon lévő vízcsapódás gyakran a lakások rossz szellőzésének a jele; Jobbra: A rhinitis előfordulási gyakorisága és esélyhányadosa a gyermekek körében, illetve páralecsapódás a hálószoba ablaktábláján [11]



KÉNYELEM

A legtöbb nemzetközi szabványban és iránymutatásban az ajánlott szellőzési arányok kényelmi kritériumokon alapulnak [27], amely az érzékelt levegőminőséghez kapcsolódik. Az új EN15251 európai szabvány [28] az ajánlott szellőzési arányok három kategóriáját sorolja fel. Ez hasonló a meglévő CR1752 európai iránymutatáshoz [29]. A beltéri levegő minőségének indikátoraként különböző paramétereket használnak, mint például az Elégedetlenek %os aránya (7. ábra, jobbra), decipol- [30,31] vagy CO₂-koncentráció az emberektől származó bio-szennyvíz indikátoraként (7. ábra, balra) és a szükséges szellőzési arány (3. táblázat). A három levegőminőségi kategóriának megfelelő, szabadtéri szint feletti CO₂ koncentráció 460 ppm (A kategória), 660 ppm (B kategória) és 1190 ppm (C kategória).

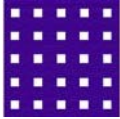
Korábban az előírt szellőzési arányokra vonatkozó legtöbb szabványt és iránymutatást személyenkénti szellőzés szerint adták meg. Azonban mind a laboratóriumi, mind pedig a terepen végzett vizsgálatok kimutatták, hogy az emberek és tevékenységük (dohányzás, aktivitási szint), az épület és a bútorzat (padlóburkolat, festék, bútorok, takarítás, elektronikus berendezések stb.), valamint a szellőztető rendszerek (szűrők, párasítók, csatornák stb.) szintén hozzájárulhatnak ehhez. Még a külső levegő is forrása lehet a beltéri levegő minőségével kapcsolatos problémáknak. Azonban a különböző típusú forrásokat nehéz összehasonlítani. Az egyik lehetőséget az Olf-Decipol egységek alkalmazása jelentette [30,31].



7. ábra Balra: Szén-dioxid (CO₂) az emberi bio-szennyvíz indikátoraként [28,29]; Elégedetlen látogatók százalékos aránya a CO₂-koncentráció függvényében a kültéri szintek felett, ahol az ülő helyzetben lévők a kizárólagos szennyezőforrások. Jobbra: Az elégedetlen látogatók százalékos aránya az egy szabvány személyre jutó szellőzési arány függvényében (az átlagos ülő irodai dolgozó termikusan semleges, [29]). Az ilyen szabvány személy által okozott szennyezést „olf” -nak nevezik; a szükséges minimális szellőzési arány a három (A, B és C) levegőminőségi kategória szerint 10 L/s.olf, 7 L/s.olf, illetve 4L/s.olf.

Az 1. táblázat bemutatja az emberek kibocsátását és tevékenységüket. A CO₂-kibocsátás az emberekből származó bio-szennyvizek mutatója. A CO-kibocsátást a dohányzás mutatójaként használják.

Viszonylag kevés információ áll rendelkezésre az épületekből és berendezésből származó kibocsátásnak az érzékelt beltéri levegőminőségre gyakorolt hatásáról [31,32,33]. Néhány érték a 2. táblázatban látható. Nemdohányzó épületeken végzett új vizsgálatok [34] 0,08 körüli értékeket mutatnak – 0,13 olf/m². Ezek az értékek az alacsony szennyezésű épületek tartományába esnek (3. táblázat). Még 0,02 olf/m² padlószintig terjedő értékeket is mértek [35]. Más tanulmányok [36] kimutatták, hogy az elektronikus berendezések (például a számítógépek) is jelentős forrást jelenthetnek (1. táblázat). Egy új számítógép

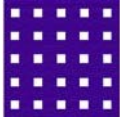


1. táblázat A lakók által okozott szennyezési terhelés.

	Érzékszervi szennyezési terhelés olf/lakó	Szén-dioxid L/(h x lakó)	Szén-monoxid a) L/(h x lakó)	Vízgőz b) g/(h x lakó)
Ülő munkavégzés, 1-1,2 MET				
0% dohányos	1	19		50
20% dohányos c)	2	19	11 x 10 ⁻³	50
40% dohányos c)	3	19	21 x 10 ⁻³	50
Testgyakorlás				
alacsony szint, 3 MET	4	50		200
közepes szint, 6 MET	10	100		430
magas szint (sportolók),10	20	170		750
Gyerekek, óvoda				
3-6 éves, 2,7 MET	1,2	18		90
iskola				
14-16 éves, 1-1,2 MET	1,3	19		50
Számítógép				
CRT monitorral, új	3			
Síkképernyős monitorral	0			
a) Dohányzásból				
b) Hősemlegességhez közeli személyekre vonatkozik				
c) Átlagos dohányzási arány 1,2 cigaretta/óra dohányzónként, kibocsátási arány 44 ml				

2. táblázat Az épület által okozott szennyezési terhelés, beleértve a bútorokat, a szőnyeget és a szellőzőrendszert.

	Érzékszervi szennyezési terhelés olf/(m ² padló)	
	Átlag	Tartomány
Meglévő épületek [31,32,33]		
Irodák a)	0,3 d)	0,02-0,95
Irodák b)	0,6 c)	0-3
Iskolák, tantermek a)	0,3	0,12-0,54
Óvodák a)	0,4	0,20-0,74
Összeszerelő csarnokok a)	0,3 d)	0,13-1,32
Új épületek (dohányzásmentes)[34,35]		
Alacsony szennyezésű	0,1	
Nem alacsony szennyezésű épületek	0,2	
Rendkívül alacsony szennyezésű épületek	0,02	
a) Több mint 40, dániai, mechanikus szellőzésű épületen alapuló adatok.		
b) Az irodaházak IAQ értékének és energiafogyasztásának optimalizálását célzó Európai Audit Projektben alapuló adatok, 1992-1995		
c) Magában foglalja a jelenlegi és a korábbi dohányzás okozta terhelést is.		
d) Magában foglalja a korábbi dohányzás okozta terhelést.		



három személynek megfelelő szennyezési terheléshez járul hozzá. Ezt főleg a monitor okozza.

Hasonlóan számos más beltéri forrást jelentő berendezéshez (bútorok, festék, padlóburkolat stb.), a kibocsátás akkor a legmagasabb, ha a termék új. Ezért egy 3 éves monitornak szinte nincs kibocsátása.

Mind az embereket, mind az épületeket figyelembe veszik az épületek szükséges szellőzési arányára vonatkozó újabb szabványokban. A 3. táblázat bemutatja a legújabb szabványok, például az EN15251 [28], az ASHRAE 62.1 [37] és a CR 1752 [29] által előírt szellőzési arányokat. Az európai ajánlások és az ASHRAE által felsorolt javaslatok között azonban nagy különbségek vannak. Az egyik fő ok az, hogy az ASHRAE követelmények a kódex minimumkövetelményei, ahol a tervezés alapját a terheléshez alkalmazkodott emberek alkotják, míg az európai ajánlások a terheléshez még nem alkalmazkodott embereken alapulnak.

BELTÉRI KÖRNYEZET ÉS TERMELÉKENYSÉG

A beltéri levegő minőségének termelékenységre gyakorolt hatásai csak az elmúlt évtizedben váltak problémakörrel, a kiterjedt kutatások és az olyan tényezők közötti erős összefüggések megértésének eredményeként, mint a szellőzés, a légkondicionálás, a beltéri szennyező anyagok, valamint az egészségre és a kényelemre gyakorolt káros hatások. Egy valós környezet összetettsége nagyon megnehezíti egyetlen paraméter emberi teljesítményre gyakorolt hatásának értékelését, főként azért, mert több paraméter egyszerre van jelen, és következőképpen együtt lépnek fel minden egyes egyén esetében. Ezen túlmenően a munkavállalók motivációja befolyásolja a teljesítményt és a környezeti feltételek közötti kapcsolatot (pl. kedvezőtlen környezetben kevésbé valószínű, hogy a magasan motivált munkavállalók teljesítménye csökken; azonban fáradtabbá válhatnak, ami a teljesítményt is befolyásolhatja).

A teljesítmény értékelésének egyik módja az önbevallásos teljesítmény használata.

Ezt használták a környezet, a munkahelyi elégedettség és a munkahelyi stressz teljesítményre gyakorolt hatásának önértékelésére [38]. A vizsgálatot 170 ember részvételével végezték hat irodában. Az önbevallásban szereplő teljesítményt egy kilenc pontos skálán értékelték. Az adatok alapján az önbevallásos teljesítményre (WEP) a következő egyenletet lehetne felállítani:

$$WEP = 6,739 - 0,419E - 0,164JD - 0,048JS \quad (1)$$

Amennyiben:

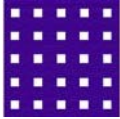
E = Elégedetlenség-Környezet

JD = Munkahelyi elégedettség

JS = Munkahelyi stressz

Egyértelmű, hogy a beltéri környezet volt a legnagyobb hatással a teljesítményre. Sokkal magasabb, mint a munkahelyi elégedettség és stressz.

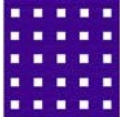
Az éghajlati tényezők emberi teljesítményre gyakorolt hatásának értékelésére szolgáló általános megközelítés az SBS tünetei előfordulási mértékének mérése lehetne, mivel ezek a tünetek köztudottan elvonják a figyelmet a munkáról, vagy akár rövid távú betegszabadságokhoz is vezetnek. Ez a kapcsolat azonban még nem megalapozott, amelyet jobban meg kell érteni és meg kell ismerni. A lehetséges mechanizmus a következőképpen írható le: (1) a nem megfelelő szellőzés vagy a különböző forrásokból származó felesleges kibocsátás növeli a szennyező anyagok koncentrációját, ami negatívan befolyásolja az érzékelt levegőminőséget; (2) a csökkent levegőminőség negatívan befolyásolja a központi idegrendszert, fokozza az SBS tüneteit, mint például fejfájás, koncentrációs nehézség, fáradtság; (3) ezek a tünetek elvonják a figyelmet a munkáról és csökkentik a munkaképességet, azaz a termelékenység csökkenését okozzák. Mindazonáltal a beltéri szennyezés súlyosbíthatja a szemszárasság és szemirritáció érzését is. Következőképpen



a sűrűbb pislogás és a könnyező szemek negatívan befolyásolják a vizuális készségeket és csökkentik a szemet megterhelő munka elvégzésének sebességét.

3. táblázat: Dohányzásmentes terek kereskedelmi épületekben az ASHRAE 62.1[37], CR 1752 [29], EN15251 [28] szerint

Épület típusa/ tér	Személyek száma	Kategória CEN	Minimális szellőzési arány, azaz csak a helyiségben tartózkodók számára l/s személy		Kiegészítő szellőzés az épülethez (csak egyet adjon hozzá) l/s□m ²			Összesen l/s□m ²	
			ASHRAE R _p	CEN	CEN alacsony szennyezésű épület ¹⁾	CEN nem alacsony szennyezésű épület	ASHRAE R _a	CEN Alacsony szenny.	ASHRAE
Egyszemélyes iroda (mobiliroda)	0,1	A	2,5	10	1,0	2,0	0,3	2	0,55
		B		7	0,7	1,4		1,4	
		C		4	0,4	0,8		0,8	
Tereprendezett iroda	0,07	A	2,5	10	1,0	2,0	0,3	1,7	0,48
		B		7	0,7	1,4		1,2	
		C		4	0,4	0,8		0,7	
Konferenciaterem	0,5	A	2,5	10	1,0	2,0	0,3	6	1,55
		B		7	0,7	1,4		4,2	
		C		4	0,4	0,8		2,4	
Előadóterem	1,5	A	3,8	10	1,0	2,0	0,3	16	6
		B		7	0,7	1,4		11,2	
		C		4	0,4	0,8		6,4	
Kávézó/Étterem	0,7	A	3,8	10	1,0	2,0	0,9	8	1,17
		B		7	0,7	1,4		5,6	
		C		4	0,4	0,8		3,2	
Osztályterem	0,5	A	3,8	10	1,0	2,0	0,3	6	2,2
		B		7	0,7	1,4		4,2	
		C		4	0,4	0,8		2,4	
Óvoda	0,5	A	5,0	12	1,0	2,0	0,9	7	3,4
		B		8,4	0,7	1,4		4,9	
		C		4,8	0,4	0,8		2,8	
Áruház	0,15	A	3,8	14,7	2,0	3,0	0,6	4,1	1,17
		B		10	1,4	2,1		2,9	
		C		6	0,8	1,2		1,7	



A szakirodalom kevés olyan információt tartalmaz, amelyek közvetlen összefüggést mutatnak az SBS tünetei és a dolgozók termelékenysége között. A British Office Environment Survey (BOES, Brit irodai környezet felmérés [39]) adatainak elemzése során Raw megállapította, hogy azok, akik az SBS-listán több mint két tünetről számolnak be, azoknak valószínűleg csökkentik a teljesítményértékelését, és közvetlen kapcsolat áll fenn az SBS és az egyénileg becsült termelékenység között.

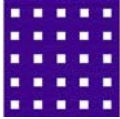
Adatai alapján Fisk és Rosenfeld [40] az önbevallásban szereplő termelékenység átlagos csökkenését 2%-ra becsülte. Raw és munkatársai hangsúlyozták, hogy a 9-fokozatú szubjektív skálán értékelt válaszok a válaszadó meggyőződését tükrözik, függetlenül attól, hogy ez a meggyőződés helyes-e, és a tényleges termelékenységet nem értékelték. Megállapították, hogy a nyálkahártya és a munkával kapcsolatos tünetek is befolyásolják az önbevallásban szereplő termelékenységet [41], de más helyszíni vizsgálatok nem igazolták tovább a tényleges termelékenységcsökkenéssel kapcsolatos önbevallások pontosságát. Egy helyszíni kísérlet [42] során mért adatok összefüggést mutatnak az SBS tünetei és a dolgozók teljesítménye között. Egy 3 hetes SBS-tanulmány részeként, amelyben a kültéri levegőellátás kísérleti jelleggel változó volt, 47 alkalmazottat két számítógépes neurobehaviorális tesztnek vetettek alá a munkahelyükön. A több SBS tünetet mutató dolgozókról megállapították, hogy 7%-kal lassabban reagálnak egy folyamatos teljesítményfeladatban, és 30%-kal magasabb hibarányt mutatnak egy szimbólum-számjegy helyettesítési tesztben. Mivel összefüggéseket találtak a hőmérséklettel is, de a mért szennyező anyagokkal nem, az a valószínűbb, hogy a megfigyelt hatások nem csak a levegőminőségi tényezőknek tulajdoníthatók.

Alapvető bizonyíték van arra, hogy a rossznak érzékelt beltéri levegőminőség valószínűleg negatív hatással van a munkateljesítményre. Ezt a hatást először Wargocki és munkatársai bizonyították be. [43] amikor élethű irodai környezetben pártatlan női alanyokat tett ki a szőnyegből származó kibocsátásoknak. A tanulmány kimutatta, hogy az érzékelt levegőminőség javításával az SBS tünetei csökkentek, és a tipikus irodai feladatok végrehajtása felgyorsult. Ezeket a megállapításokat később számos más független vizsgálat is megerősítette, amelyeket Dániában, különböző szellőzési arányok alkalmazásával végeztek [44,45], Svédországban [46] pedig különböző típusú szennyezési források és különböző tárgyak felhasználásával. Ezen eredmények alapján általános összefüggést állapítottak meg az egy főre jutó szellőzési arány és a teljesítmény közötti (8. ábra). A mennyiségi összefüggések ezen eredmények alapján alakultak ki, és azt mutatják, hogy minden 10%-os növekedés után az elégedetlen %ában kifejezve a 15-68%-os tartományban a szövegtipizálás teljesítményének kb. 1%-os csökkenése várható [45,47].

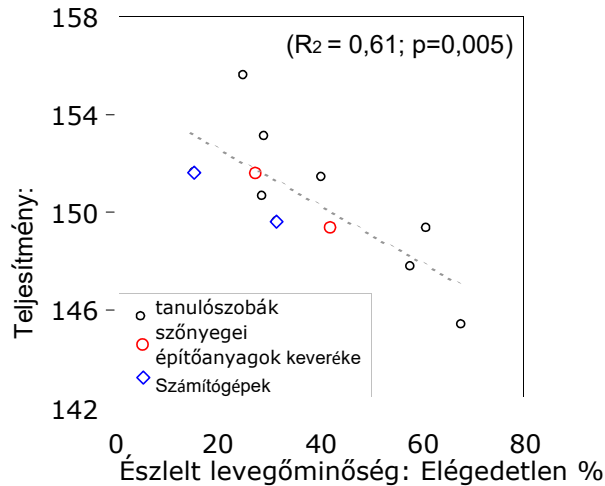
A legfrissebb tanulmányok eredményei [55,56,57] azt mutatják, hogy az IAQ valós épületekben történő javítása valóban nagyobb hatást gyakorol a helyszíni, tényleges, irodai munkavégzésre (akár 9%), mint amit a fent említett helyszíni laboratóriumi kísérletekből jósolnánk.

A beltéri környezet minősége befolyásolja a gyermekek iskolai teljesítményét.

Öt független, helyszíni beavatkozási kísérletet végeztek hat azonos osztályteremben egy dániai általános iskolában [58,59]. A nyár végén és télen végzett három kísérletben a kültéri levegőellátás gyermekre vetített arányát körülbelül 3 l/s-ról 10 l/s-ra növelték, míg a nyár végén végzett két kísérletben a hőmérsékletet körülbelül 25 °C-ról 20°C-ra csökkentették. A kültéri levegő-ellátás mértékét a meglévő mechanikus szellőztetőrendszerrel növelték, míg a hőmérsékletet az osztályterembe telepített üzemi vagy alapjáratú split hűtőegységekkel csökkentették. Minden feltétel esetében az iskolai munka legfeljebb nyolc különböző aspektusát képviselő feladatokat - az olvasástól a matematikáig - 10-12 éves gyermekek hajtották végre. A feladatokat úgy választották ki, hogy akár egy átlagos iskolai napon is előfordulhattak volna. A feladatokat tanáraik mutatták be a gyermekeknek. A vizsgálatban mind a tanárok, mind a diákok vakon vettek részt (kettős vak kísérlet). Nem történt változás az órarendben vagy a szokásos iskolai tevékenységekben

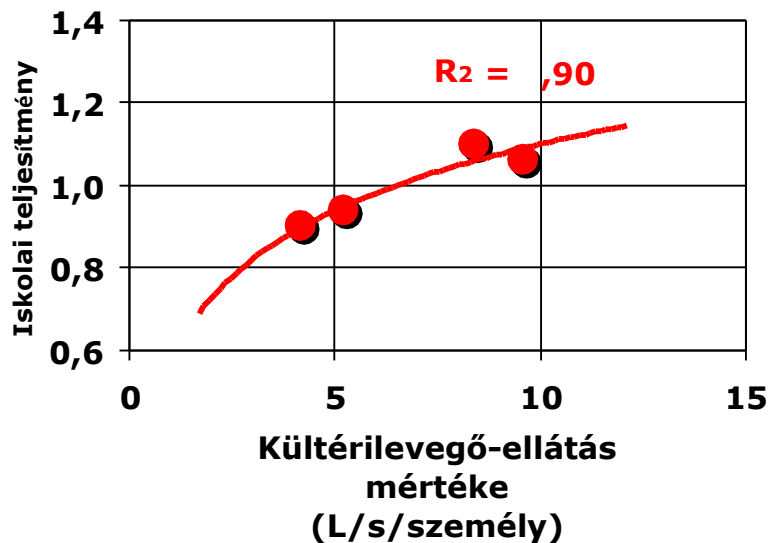


annak biztosítása érdekében, hogy a tanítási környezet és a napi rutinok a lehető legmegszokottabbak maradjanak.



8. ábra A szövegtipizálás elvégzése a PAQ függvényében, elégedetlenek %-ában kifejezve, laboratóriumi vizsgálatok eredményei alapján, tipikus beltéri szennyezőforrások, például szőnyegek, linóleum, könyvek és papírok fa könyvespolcokon, tömítőanyagok és személyi számítógépek felhasználásával [45,47]

Az eredmények azt mutatják, hogy a megnövekedett kültéri levegőellátás és a csökkentett levegőhőmérséklet jelentősen javították számos feladat elvégzését, főként az egyes tanulók gyors munkavégzése, valamint néhány feladat esetében az elkövetett hibák száma tekintetében: A kültéri levegőellátás megduplázása mintegy 14,5%-kal javította az iskolai teljesítményt (9. ábra), miközben az osztálytermi levegőhőmérsékletet 1K-nel csökkentette, a teljesítményt pedig körülbelül 3,5%-kal javította.



8. ábra Iskolai teljesítmény a kültérilevegő-ellátás arányának függvényében [58,59]

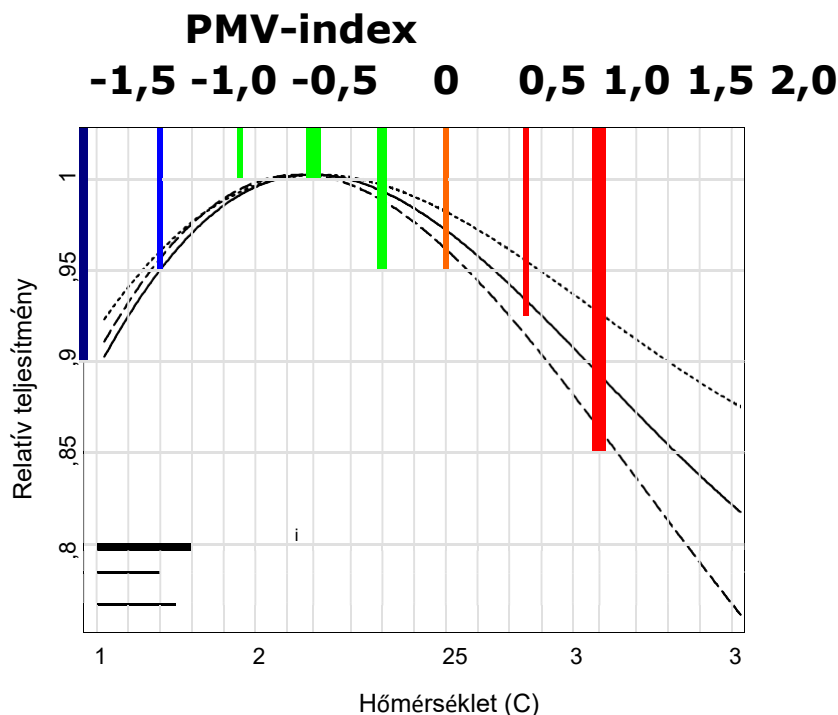


A tanulmányok azt mutatják, hogy az osztálytermek beltéri levegőminőségének javítása a kültéri levegőellátás arányának növelésével és az osztálytermi hőmérséklet csökkentésével jelentősen javíthatja az iskolai munkára jellemző feladatok széles körének ellátását a szabályokon alapuló, koncentrációt és logikus gondolkodást igénylő logikai és matematikai feladatoktól kezdve a koncentrációt és megértést igénylő nyelvi feladatokig. Az osztálytermek levegőminősége és hőmérséklete ezért nagyon fontos tényező a tanulási folyamatban, és az oktatóanyagokkal és módszerekkel együtt sürgős oktatási prioritássá kell válnia.

Bár dán tanulók vettek részt a kísérletben, az eredmények általánosíthatók Európa és az USA más országaira is, mivel az osztálytermi körülmények, valamint az oktatási és oktatási programok szintje Dániában meglehetősen hasonló a többi fejlett országéhoz.

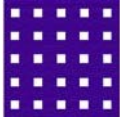
Gazdasági következmények

Adódik a kérdés, hogy a levegő minőségének ilyen javulása termelékenység csupán néhány százalékos növekedésének eléréséhez indokoltá tesz-e bármilyen beruházást a beltéri levegő minőségének javítására, különösen akkor, ha nincsenek nyilvánvaló panaszok, valamint tudatában annak, hogy Wyon [48] szerint még a termikus komfortzónán belüli hőviszonyok is 5-15% -kal csökkenthetik a teljesítményt. Seppanen és Fisk [49] összegyűjtötte a beltéri termikus hőmérséklet és a teljesítmény kapcsolatával foglalkozó vizsgálatok eredményeit (10. ábra).



10. ábra A beltéri szobahőmérséklet és a több közzétett tanulmányból származó teljesítmény közötti összefüggés [49]

A ruházatra és a tevékenységre vonatkozó részleteket nem sorolták fel a 10. ábrán szereplő összes vizsgálatnál, így a hőmérsékletek nem kapcsolhatóak össze könnyen a megfelelő komfortzónákkal. A szerzők azt a következtetést vonják le, hogy ennek a kapcsolatnak az a lényege, hogy a termelékenység úgy javul, ahogy a termikus feltételek megközelítenek egy előre jelzett termikus komfortzónát.



A jellemző irodaházakban dolgozók fizetése megközelítőleg százszorosa az épület energia- és karbantartási költségeinek. Ugyanez vonatkozik a bérekre és az éves építési vagy bérleti költségekre [50,51]. Így még a termelékenység 1%-os növelésének is elegendőnek kellene lennie az energia- vagy karbantartási költségek megduplázásával, illetve az építési költségekkel vagy bérleti díjjal járó, egyéb nagy beruházásokkal kapcsolatos költségek fedezésére.

Tekintettel arra a tényre, hogy egy jó IAQ-érték az SBS tüneteinek előfordulását is csökkenti, Fisk és társai becslése szerint a jelentős nyereség és megtakarítás egészségügyi költségeket eredményezhet, ami országosan dollármilliárdokat jelent az Egyesült Államokban [40,52]. Egy másik tanulmányban Milton és társai [53] 40 épületben 3.270 munkavállaló betegszabadságát vizsgálták. Az irodai dolgozók esetében a rövid betegszabadság kockázata 1,53-szor magasabb volt 12 l/s személyenkénti szellőzési sebesség mellett. A 24 l/s/személyszellőzési sebességgel összehasonlítva.

A beltéri környezet C-ről B-re vagy B-ről A-ra történő javításának hatását a Roelofsen vizsgálta [38]. Az eredmények a 4. táblázatban láthatóak.

4. táblázat A költségek összehasonlítása és a teljesítmény javítása a beltéri környezet m kategóriára történő növelése révén [38]

Költségek	C->B kategória	B->A kategória
Kiegészítő beruházások	~80 €/m ²	~96 €/m ²
Jobb teljesítmény	~98 €/m ² /év	~55 €/m ² /év
Karbantartás	~2,8 €/m ² /év	~1,1 €/m ² /év
Energia	~0,35 €/m ² /év	~1,00 €/m ² /év
Megtérülési idő	~0,8 év	~1,8 év

A Wyon a megjelent szakirodalomról készített recenziójában [48] megmutatta, hogy a jelenleg (az épületállomány 40%-át kitevő) egészségtelen irodaépületek általános felújításának megtérülési ideje csak 1,6 év lenne, ha a teljes termelékenység mindössze 0,5% -kal növekedne. Ezenkívül a Djukanovic és társai [54] által készített költség-haszon szimuláció kimutatta, hogy az irodaépületek érzékelt levegőminőségének javítása során a termelékenység éves növekedése legalább tízszer annyit ért, mint az éves energia- és karbantartási költségek növekedése, és az elért termelékenységnövekedés miatt legfeljebb 4 hónapos megtérülési időt állapított meg.

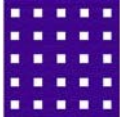
Az IAQ értékkel és az emberi munka teljesítményével kapcsolatos jelenlegi ismereteink alapján úgy tűnik, hogy érdemes alapvető erőforrásokat befektetni a beltéri levegő minőségének javítására, a valós épületek egyéb környezeti tényezői mellett, ami kétségtelenül jobb munkateljesítményt eredményez az épületben tartózkodók körében, de nem feltétlenül a begépelt karakterek vagy a hozzáadott egységek száma alapján mérnek.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az épületek előírt szellőzési arányánál figyelembe kell venni mind a kényelmet, mind pedig az egészséget.

Nem csak az emberek szennyezik a levegőt (bio-szennyvíz, dohányzás és páratartalom). Figyelembe kell venni az épületből (építőanyagok, festék, bútorok, elektronikus berendezések, például számítógépek és televíziók) és a HVAC-rendszerekből származó kibocsátásokat is.

Tanulmányok kimutatták, hogy még ha a szellőzés aránya megfelel is a meglévő szabványoknak, még mindig jelentős számú ember tarthatja elfogadhatatlannak a környezetet, és



egy esetben egészségügyi problémák is kialakulhatnak.

Egy megnövelt szellőzési arány a lakók teljesítményét is növelni fogja. A szennyezőforrások korlátozása, a levegő minőségének levegőtisztítással történő javítása vagy a magasabb szellőzési arány 5-10 %-kal növelheti a lakók teljesítményét.

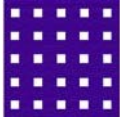
Rossz befektetés a beltéri környezet minőségének csökkentésével csökkenteni az energiafogyasztást.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezt a munkát a Dán Műszaki Kutatási Alapítvány támogatta.

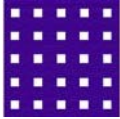
HIVATKOZÁSOK

1. WHO (1946) "Constitution of the World Health Organization (1946)" (Az Egészségügyi Világszervezet alapokmánya). New York, New York, Egyesült Nemzetek (www.who.int/rarebooks/official_records/constitution.pdf).
2. Fanger, P.O. (2003) "Providing indoor air of high quality: challenge and opportunities" (Magas minőségű beltéri levegő biztosítása: kihívás és lehetőségek), Megjelent: Proceedings of Healthy buildings (Az egészséges épületek eljárásmodja) 2003, Szingapúr, 1. kötet, 1-10.
3. WHO (2000) "The right to healthy indoor air" (Az egészséges beltéri levegőhöz való jog), Koppenhága, WHO Európai regionális iroda, 2000 (WHO találkozójának jelentése, Bilthoven, Hollandia, 2000. május 15-17.).
4. Mølhave, L. and Krzyzanowski, M. (2003) "The right to healthy indoor air: status by 2002" (Az egészséges beltéri levegőhöz való jog: 2002-es állapot), *Beltéri levegő*, 50-53. oldal
5. Smith K. R. (2003), "The global burden of disease from unhealthy buildings: preliminary results from comparative risk assessments" (Az egészségtelen épületek globális betegségterhe: összehasonlító kockázatelemzések előzetes eredményei), Megjelent: *(Az egészséges épületek eljárásmodja) 2003*, Szingapúr, A 7., 1. kötet, 118-126. oldal.
6. Sundell, J. (1999) "Indoor Environment and health" (Beltéri környezet és egészség), Közegészségügyi Nemzeti Intézet, Stockholm, Svédország
7. Brightman, H. S., and Moss, N. (2000) "Sick Building Syndrome studies and the compilation of normative and comparative studies" (Beteg épület szindróma tanulmányok és a normatív és összehasonlító tanulmányok gyűjteménye), Megjelent: *Spengler és társai "Indoor air quality handbook" (Beltéri levegőminőségi kézikönyv)*, McGraw-Hill, 3.1-3.32.
8. Bråbäck, L., Hjern, A. and Rasmussen, F. (2004) "Trends in asthma, allergic rhinitis and eczema among Swedish conscripts from farming and non-farming environments. A national wide study over three decades (Asztma, allergiás rhinitis és ekcéma tendenciák a mezőgazdasági, illetve a nem mezőgazdasági környezetből származó svéd besorozott személyek között. Egy három évtizedig tartó, országos vizsgálat)", *Clinical & Experimental Allergy (Klinikai és kísérleti allergia)*, 34(1), 38-43.
9. Løddenkemper R, Gibson GJ, Sibille Y (2003) "The European Lung White Book" (Az európai tüdő fehér könyv) (Európai Tüdőgyógyász Társaság / Európai Tüdőalapítvány), Sheffield, UK, ERSJ, 2003; 1-182. o.
10. Bornehag, C.-G. és társai (2001) "Dampness in Buildings and Health" (Nedvesség az épületekben és az egészség), *Indoor Air* 11 (2), 72-86.
11. Bornehag, C., Sundell, J., Sigsgaard, T. (2004) "Dampness in buildings and health (DBH): Report from an ongoing epidemiological investigation on the association between indoor environmental factors and health effects among children in



Sweden", Indoor Air (Nedvesség az épületekben és az egészség: Jelentés egy folyamatban lévő, a beltéri környezeti tényezők és a gyermekek egészségre gyakorolt hatásai közötti összefüggésről szóló svédországi, járványügyi vizsgálatból ",Beltéri levegő, 14. kötet, 7. kiegészítés, 59-66.

12. Bornehag, C.-G., Sundell, J., Hägerhed, L. és a DBH-tanulmányozócsoport. (2003) "Ventilation rate in 400 homes and its impact on asthma and allergy among children in Sweden. A case control study." (Szellőzési arány 400 otthonban és annak hatása az asztmára és az allergiára gyerekek körében Svédországban. Egy eset-kontroll vizsgálat.), A Cold Climate HVAC 2003 konferencia, Norvégia, Trondheim.
112-es számú dolgozat.
13. Bornehag, C.-G., Sundell, J., Weschler, C.J., Sigsgaard, T., Lundgren, B., Hasselgren, M., and Hagerhed-Engman, L. (2004) "The Association between Asthma and Allergic Symptoms in Children and Phthalates in House Dust: A Nested Case-Control Study" (Az asztma és az allergiás tünetek gyermekeknél, valamint a háziporban lévő ftalátok közötti kapcsolat: Egy beágyazott eset-kontroll vizsgálat), *Környezetegészségügyi szempontok*, 112(14), 1393-7.
14. SBI-információk 130, 2002: "Evaluation of ventilation requirements". (A szellőzési követelmények értékelése) SBI, Hoersholm (dán nyelven).
15. SBI iránymutatás 236, 1994: "Ventilation in new residential buildings with natural ventilation".(Szellőztetés új lakóépületekben természetes szellőzéssel) SBI, Hoersholm (dán nyelven).
16. SBI iránymutatás 178, 1993: "Humidity in Buildings". (Páratartalom az épületekben) SBI, Hoersholm (dán nyelven).
17. SBI iránymutatás 161-1984: "Ventilation of residential buildings. Theory and Experience" (Lakóépületek szellőztetése. Elmélet és tapasztalat) SBI, Hoersholm (dán nyelven).
18. Bornehag, C.-G. és társai (2004) "Dampness in Buildings as a Risk Factor for Health Effects, EUROEXPO. A multidisciplinary review of the literature (1998-2000) on dampness and mite exposure in buildings and health effects." (Nedvesség az épületekben mint az egészségügyi hatások kockázati tényezője, EUROEXPO. Az épületek nedvességéről és atka-expozíciójáról, valamint az egészségre gyakorolt hatásokról szóló szakirodalom multidiszciplináris áttekintése (1998-2000)), *Beltéri levegő*, 14, 243-257.
19. Sundell, J. (1999) "Indoor Environment and health" (Beltéri környezet és egészség), *Közegészségügyi Nemzeti Intézet, Svédország, Stockholm..*
20. Sundell, J. (1994) "On the association between building ventilation characteristics, some indoor environmental expositions, some allergic manifestations and subjective symptom reports" Az épület szellőzési karakterisztikája, néhány beltéri környezeti expozíció, egyes allergiás reakciók és a szubjektív tünetbeszámolók közötti kapcsolat, *Beltéri levegő*, 2. kiegészítés, 1- 49
21. Sundell, J. (2004) "On the history of indoor air quality and health" (A beltéri levegő minősége és az egészség kapcsolatának kutatási előzményei), *Beltéri levegő*, 14. kötet, 7. kiegészítés, 51-58.
22. Sundell, J., Wickman, M, Pershagen, G. and Nordvall, S.L. (1995) "Ventilation in homes infested by house-dust atkes" (Szellőzés a háziporatkával fertőzött otthonokban), *Allergia*, 50(2), 106-112.
23. Sundell, J. and Lindvall, T. (1993) "Indoor Air Humidity And Sensation Of Dryness As Risk Indicators Of SBS" (Beltéri levegő páratartalma és a szárazságérzés, mint az SBS kockázati mutatói), *Beltéri levegő*, 3(4), 382-390.
24. Wyon, D.P., Fang, L., Meyer, H.W., Sundell, J., Weirsøe, C.G. és Sederberg-Olsen, N. (2002) "Limiting criteria for human exposure to low humidity indoors" (Az alacsony beltéri páratartalomnak való kitettség határérték kritériumai), *Megjelent: Proceedings of Indoor Air 2002,(Beltéri levegő eljárásmódok) Monterey, A , 4. kötet, 400-405. o.*
25. Fang, L., Wyon, D. P., Clausen, G. és Fanger, P. O. (2004) "Impact of indoor air temperature and humidity in an office on perceived air quality, SBS symptoms

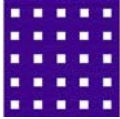


- and performance" (Az irodai beltéri levegő hőmérsékletének és a páratartalmának hatása az érzékelt levegőminőségre, az SBS tünetekre és a teljesítményre), *Beltéri levegő*, 14(7. kieg.), 74-81.
26. Wargocki, P., Sundell, J., Bischof, W., Brundrett, G., Fanger, P. O., Gyntelberg, F., Hanssen, S. O., Harrison, P., Pickering, A., Seppänen O. és Wouters, P. (2002a) "Ventilation and health in non-industrial indoor environments: report from a European Multidisciplinary Scientific Consensus Meeting (EUROVEN)" (Szellőzés és egészség nem ipari, beltéri környezetekben: jelentés egy európai multidiszciplináris tudományos konszenzus megbeszéléséről (EUROVEN)), *Beltéri levegő*, 12(2), 113-128.
 27. Olesen, B. W. (2004), "International standards for the indoor environment, Festschrift Professor P. Ole Fanger" (A beltéri környezetre vonatkozó nemzetközi szabványok), *Beltéri levegő*, 14. kötet, 7. kiegészítés, 18-26.
 28. EN 15251 (2007): "Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings- addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics". (Beltéri környezeti bemeneti paraméterek az épületek energiateljesítményének tervezéséhez és értékeléséhez - a beltéri levegőminőség, a termikus környezet, a világítás és az akusztika kezelése) CEN, Brüsszel, (sajtóban)
 29. CEN CR 1752, 1996: „Ventilation for Buildings: Design Criteria for the Indoor Environment” (Épületek szellőzése: a beltéri környezet tervezési kritériumai).
 30. DIN 1946, 2. rész, 1994: „Gesundheitstechnische Anforderungen”. *Raumlufttechnik*. .
 31. Fanger, PO, 1988: "Introduction of the Olf and the Decipol units to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors". (Az Olf és a Decipol mértékegységek bevezetése az emberek által bel- és kültéren észlelt levegőszennyezés számszerűsítésére) *Energia és épületek 12: 1-6*.
 32. Bluysen P, de Oliviera Fernandes E, Groes L, Clausen G, Fanger PO, Valbjørn O, Bernhard C, Roulet C., 1996. European indoor air quality audit project in 56 office buildings. (Európai beltéri levegőminőség-ellenőrzési projekt 56 irodaházban) *International Journal of Indoor Air Quality and Climate (Beltéri levegőminőség és klíma nemzetközi folyóirata)*. 6, 4. szám
 33. Fanger, P.O., Lauridsen, J., Bluysen, P. és Clausen, G., 1998a: „Air pollution sources in offices and assembly halls quantified by the olf unit". (A légszennyezés forrásai az irodákban és a kongresszusi termekben olf mértékegységben meghatározva) *Energia és épületek*, 129, 7-19.
 34. Wargocki, P., Krupicz, P., Szczecinski, A., Fanger, P.O., Clausen, G, 2002b: "Perceived air quality and sensory pollution loads in six Danish office buildings". (Hat dán irodaházban észlelt levegőminőségi és érzékszervi szennyező terhelések) *Beltéri levegő 2002*
 35. Wargocki, P. (2004) "Sensory pollution sources in buildings" (Érzékszervi szennyezőforrások az épületekben), *Beltéri* , 14. kötet (7. kiegészítés), 82-91.
 36. Bakó-Biró, Zs, Wargocki, P., Weschler, C., Fanger, P.O., 2002: „Personal computers pollute indoor air: Effects on perceived air quality, SBS symptoms and productivity in offices". (A személyi számítógépek szennyezik a beltéri levegőt: Az észlelt levegőminőségre, az SBS tüneteire és az irodák termelékenységére gyakorolt hatások) *Beltéri levegő 2003*.
 37. ASHRAE (2004) *Ventilation for acceptable indoor air quality*, Atlanta, GA, Amerikai Fűtő-, Hűtő- és Légkondicionáló Mérnökök Társasága (ASHRAE 62-2001 szabvány).
 38. Roelofsen, P. (2002) "The impact of office environments on employee performance: The design of the workplace as a strategy for productivity enhancement".(Az irodai környezet hatása az alkalmazottak teljesítményére: A munkahely megtervezése mint a termelékenység növelésének stratégiája) *Journal of facilities Management (Létesítménykezelés folyóirat)* 1. kötet, 3. szám



3, 247-264.

39. Raw, G.J., Roys, M.S. and Leaman, A. (1990) "Further findings from the office environment survey: Productivity" (További megállapítások az irodai környezeti felmérésből: Termelékenység", Megjelent: *Proceedings of Indoor Air '90, The 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate* (,Kanada, Ottawa, Jelzálog- és lakásszolgáltató Társaság, 1. kötet, 231-236.
40. Fisk W és Rosenfeld A., 1997: "Estimates of improved productivity and health from better indoor environments".(Becslések a termelékenység és az egészség javulására a jobb beltéri környezet miatt) *International Journal of Indoor Air Quality and Climate (Beltéri levegő minőség és klíma nemzetközi folyóirat)*. 7, 3. szám
41. Hall, H.I., Leaderer, B.P., Cain, W.S. és Fidler, A.T. (1991) "Influence of building related symptoms on self-reported productivity" (Az épülettel kapcsolatos tünetek hatása az önbevallásban szereplő termelékenységre, Megjelent: *Proceedings of Healthy Buildings (Egészséges épületek eljárásmod) IAQ'91*, Amerikai Egyesült Államok, Washington, DC, ASHRAE, 33- 35.
42. Nunes, F., Menzies, R., Tamblyn R. M., Boehm, E. és Letz, R. (1993) "The effect of varying level of outdoor air supply on neurobehavioural performance function during a study of sick building syndrome (SBS) (A kültérilevegő-ellátás változó szintjének hatása a neurobehaviorális teljesítményre az SBS tanulmányozása közben), Megjelent: *Proceedings of Indoor Air '93, The 6th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Finnország, helsinki, Helsinki Műszaki Egyetem, 1. kötet, 53-58.
43. Wargocki, P., Wyon, D.P., Baik, Y.K., Clausen, G. és Fanger, P.O. (1999) "Perceived air quality, Sick Building Syndrome (SBS) symptoms and productivity in an office with two different pollution loads" (Érzékelt levegőminőség, SBS tünetek és termelékenység két különböző szennyezési terheléssel rendelkező irodában), , 9(3), 165-179.
44. Wargocki P, Wyon, D, Sundell J, Clausen, G Fanger O. 2000a.: "The effects of outdoor air supply rate in an office on perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity" (A kültérilevegő ellátás arányának hatásai egy irodában az érzékelt levegőminőségre, az SBS tünetekre és a termelékenységre), *International Journal of Indoor Air Quality and Climate*. 10 :222-236.
45. Bakó-Biró, Z., Wargocki, P., Weschler, C.J. és Fanger, P.O. (2004) "Effects of pollution from personal computers on perceived air quality, SBS symptoms and productivity in offices" (A személyi számítógépekből származó szennyeződés hatásai az érzékelt levegőminőségre, SBS tünetekre és termelékenységre az irodákban), *Beltéri levegő*, 14(3), 178-187.
46. Lagercrantz, L., Wistrand, M., Willén, U., Wargocki, P., Witterseh, T és Sundell, J (2000) "Negative impact of air pollution on productivity: previous Danish findings repeated in new Swedish test room" (A légszennyezés negatív hatása a termelékenységre: korábbi dán megállapítások megismétlése egy új svéd vizsgálati helyiségben) : *Proceedings of Healthy Buildings 2000*, Espoo, 1. kötet, 653-658.
47. Wargocki, P., Wyon, D. P. és Fanger, P. O. (2000b): "Pollution source control and ventilation improve health, comfort and productivity" (A szennyezési források szabályozása és a szellőztetés pozitívan hat az egészségre, a kényelemre és a termelékenységre, Megjelent: *Proceedings of Cold Climate HVAC 2000*, Japán, Sapporo, 445-450.
48. Wyon, D. P. (1996) "Indoor environmental effects on productivity" (A beltéri környezet hatásai a termelékenységre), Megjelent: *Proceedings of IAQ'96 Paths to Better Building Environments (IAQ '96 eljárások – A jobb építési környezetek kialakításának lehetőségei*, Amerikai Egyesült Államok, ASHRAE, 5- 15.
49. Seppanen, O. Fisk WJ. 2005. Some quantitative relations between indoor environmental quality and work performance or health (A beltéri környezet



minősége és a munkateljesítmény vagy az egészség közötti mennyiségi összefüggések). , Peking, szeptember

50. Woods, J. E. (1989) "Cost avoidance and productivity in owning and operating buildings" (Költségkerülés és termelékenység az épületek bitroklása és üzemeltetése során), Megjelent: *Occupational Medicine, (Foglalkozás-egészségügy)* , 4(4) 753-770.
51. Skåret, J. E. (1992) "Indoor environment and economics", Project no. N 6405, (Beltéri környezet és gazdaságtudomány) "The Norwegian Institute of Building Research (NBI-Byggforsk)" (A Norvég Épületkutató Intézet), Oslo, (norvég nyelven).
52. Fisk, W. J. (2000) "Estimates of potential national wide productivity and health benefits from better indoor environment" (A jobb beltéri környezet miatti lehetséges országos termelékenység és az egészségügyi előnyök becslései, Megjelent: *Spengler és társai ed. "Indoor air quality handbook" (Beltéri levegőminőségi kézikönyv)*, McGraw-Hill, 4.1-4.32.
53. Milton K, Glenross P, Walters, M., 2000: "Risk of sick-leave associated with outdoor air supply rate, humidification, and occupant complaint". (A kültéri levegőellátás arányával, a párasítással és a lakópanaszával kapcsolatos betegszabadság kockázata) *International Journal of Indoor Air Quality and Climate*. 10 :211-221
54. Djukanovic, R., Wargocki P. és Fanger, P.O. (2002) "Cost-benefit analysis of improved air quality in an office building" (A jobb levegőminőség költség-haszon elemzése egy irodaházban), Megjelent: *Proceedings of Indoor Air 2002*, Monterey, The 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, 1. kötet, 808-813.
55. Wargocki, P., Wyon, D. P. és Fanger, P. O. (2003) "Call-center operator performance with new and used filters at two outdoor air supply rates" (Call-center munkatárs teljesítménye két kültéri levegőbetáplálásnál új és használt szűrők esetén, Megjelent: *Proceedings of Healthy Buildings 2003*, Szingapúr, The 7th International Conference Energy-Efficient Healthy Buildings, 3. kötet, 213-218.
56. Wargocki, Pawel, Wyon, David P. és Fanger, P. Ole (2004) "The performance and subjective responses of call-center operators with new and used supply air filters at two outdoor air supply rates" (Call-center munkatársak teljesítménye és szubjektív reakciói két kültéri levegőbetáplálásnál új és használt szűrők esetén, , 14(8. kiegészítés), 7-16.
- E, 2006.12.15., 57. o. Tham, K. W. (2004) "Effects of temperature and outdoor air supply rate on the performance of call center operators in the tropics" (A hőmérséklet és a kültérilevegő-ellátási arányok hatásai a call-center munkatársak teljesítményére a trópusokon), *Indoor Air*, 14(7. kieg.), 119- 125.
58. Wargocki, P. és D. P. Wyon. 2006a. "The effects of outdoor air supply rate and supply air filter condition in classrooms on the performance of schoolwork by children (1257-RP)." (Az osztálytermi kültérilevegő-ellátás aránya és a táplevegő-szűrő állapotának hatása a gyermekek iskolai teljesítményére (1257-RP)) *HVAC&R Kutatás* (sajtóban)
59. Wargocki, P. és D. P. Wyon. 2006b. "The effects of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children (1257-RP)." (A mérsékelt emelt osztálytermi hőmérséklet és osztálytermi szellőztetési arány hatásai a gyermekek iskolai munkájának teljesítményére (1257-RP)) *HVAC&R Kutatás* (sajtóban).