



KVALITA VNÚTORNÉHO PROSTREDIA

S. Vilčeková | E. Krídlová Burdová

3

KVALITA VNÚTORNÉHO PROSTREDIA

Pri výstavbe ekonomicky efektívnych budov je ľahké zabudnúť, že úspech alebo neúspech projektu môže závisieť od kvality vnútorného prostredia. Zamestnanci v prostredí, ktoré zabezpečuje pohodlie, sú často spokojnejší a produktívnejší. Bohužiaľ, táto jednoduchá pravda sa často opomína, pretože je jednoduchšie sa zamerať na investičné náklady projektu, ako určiť hodnotu vysokej produktivity a zdravia používateľov. Mnohí z nás sa prispôbili vnútornému prostrediu ako svojmu „prirodzenému“ prostrediu. Kvalita vnútorného prostredia (IEQ) zahŕňa kvalitu vnútorného vzduchu (IAQ), ktorá sa zameriava na znečisťujúce látky vo vzduchu, ako aj na ďalšie otázky zdravia, bezpečnosti a pohodlia, ako je estetika, ergonómia, akustika, osvetlenie a úrovne elektromagnetického žiarenia. Postupné zvyšovanie povedomia verejnosti o dôležitosti IEQ mení spôsob, akým sa vnútorné prostredie v budovách vníma. Výhody IEQ zahŕňajú zvýšený komfort, zlepšenie zdravia a pohody obyvateľov budovy, ako aj ekonomické dôsledky odrážajúce sa v nižších výdavkoch na zdravotnú starostlivosť a vo zvýšenej produktivite. Bez ohľadu na povahu úlohy a či ide o komerčné alebo inštitucionálne prostredie, sa očakáva, že prostredie v kancelárii podporí výkon pracovníkov. Nepretržité monitorovanie kvality vnútorného prostredia a spätná väzba sú preto veľkým záujmom v priemyselných aj akademických komunitách. Za posledných niekoľko desaťročí sa objavilo značné množstvo literatúry, ktoré poukazujú na význam kvality vnútorného prostredia v budovách v reakcii na zvyšujúcu sa ľudskú túžbu zvýšiť pohodlie a zdravie. Fanger použil údaje z klimatickej komory na zostavenie modelu na predpovedanie tepelného komfortu na základe fyzikálnych parametrov (teplota vzduchu, vlhkosť, stredná sálavá teplota a rýchlosť vzduchu) a ľudských faktorov (rýchlosť metabolizmu a úroveň oblečenia). Fisk preukázal, že kvalita vnútorného prostredia budov významne ovplyvňuje zdravotné symptómy a výkonnosť pracovníkov a odhadol, že zlepšenie zdravia a produktivity možno dosiahnuť zabezpečením lepšieho vnútorného prostredia. Mendell zhodnotil výsledky 32 štúdií a poukázal na niekoľko faktorov kvality vnútorného prostredia budov spojených so zdravím užívateľov, ako je teplota, vlhkosť a rýchlosť vetrania. Kvalitatívna štúdia od Wargoceho zistila, že zvýšenie miery vetrania má výhody z hľadiska zdravia, pohodlia a produktivity. Allen skúmal asociácie kognitívnej výkonnosti s oxidom uhličitým, vetraním a prchavými organickými látkami v kontrolovanom kancelárskom prostredí. Schiavon študoval vplyv osobne kontrolovaného pohybu vzduchu na tepelný komfort, vnímanú kvalitu vzduchu a kognitívnu výkonnosť v tropickom podnebí. Koehn, Thomas, Hancher, Mohamed, Akimoto a Lan vykonali rôzne experimenty na skúmanie vzťahu medzi tepelným prostredím a produktivitou práce. Vytvorili tiež matematické modely na predpovedanie zmeny produktivity v dôsledku zmien teploty vzduchu. Napriek rôznym modelom všetky tieto štúdie odhalili, že odchýlka od tepelne neutrálnych podmienok viedla k strate produktivity. Na preskúmanie skutočného stavu kvality vnútorného prostredia budov sa ako primárny prístup používa hodnotenie obsadenosti budovy. V posledných rokoch sa hodnotenie obsadenosti budovy vyvinulo z obmedzeného subjektívneho prieskumu obyvateľov na komplexný hodnotiaci nástroj, ktorý kombinuje environmentálne merania s údajmi z prieskumu. Na základe komplexného hodnotenia obsadenosti budovy mnohí výskumníci študovali mechanizmus medzi objektívnymi parametrami kvality vnútorného prostredia a spokojnosťou, zdravím a produktivitou obyvateľov v reálnom prostredí budov. Newsham zozbieral fyzické a dotazníkové údaje z 95 pracovných staníc v kancelárskej budove v USA. Bol vytvorený a otestovaný model spájajúci fyzické prostredie (vrátane tepelného, svetelného a akustického) s pracovným uspokojením. Lee skúmal, či kvalita vnútorného prostredia môže ovplyvniť spokojnosť obyvateľov a pracovný výkon prostredníctvom štúdie v 15 budovách s certifikáciou LEED v USA. Výsledky ukázali, že kvalita vnútorného vzduchu má významný pozitívny vplyv na výkony užívateľov v celkovom pracovnom priestore. Wong a Lai skúmali objektívne parametre kvality vnútorného prostredia v budovách a spokojnosť obyvateľov v kancelárskych a obytných budovách v Hong Kongu. Empirické modely boli navrhnuté na aproximáciu

celkovej akceptácie kvality vnútorného prostredia v budovách na základe štyroch parametrov prostredia: prevádzková teplota, koncentrácia oxidu uhličitého, hladina hluku a úroveň osvetlenia. Kim a Geng použili Kanov model na štúdium vplyvov jednotlivých faktorov kvality vnútorného prostredia na celkovú spokojnosť. Obaja našli nelineárne vzťahy medzi faktormi kvality vnútorného prostredia a celkovou spokojnosťou. Nawawi a Khalil zistili, že 74 % aspektov výkonnosti verejných budov v Malajzii je vo vysokej korelácii so spokojnosťou obyvateľov. Vischer zhodnotil predchádzajúcu literatúru a diskutoval o tom, ako boli ľudia ovplyvnení pracovným prostredím, čo vytvorilo smer pre budúci výskum. Okrem toho existuje veľké množstvo literatúry, ktorá skúmala parametre kvality vnútorného prostredia, environmentálnu spokojnosť a zdravie v zelených a konvenčných budovách. Tieto štúdie zistili, že obyvatelia zelených budov uvádzali vyššiu spokojnosť so životným prostredím a pohodu ako obyvatelia konvenčných budov, čo bolo spôsobené najmä vynikajúcou úrovňou kvality vnútorného prostredia v zelených budovách. Neadekvátne úrovne kvality vnútorného prostredia sú spojené s bolesťami hlavy a ťažkosťami s koncentráciou, negatívnymi náladami, zníženou pracovnou motiváciou, zníženou kognitívnou kapacitou a zlým pracovným výkonom, vnímané nepohodlie, nespokojnosť s vnútorným prostredím, nespokojnosť s prácou atď. Typické opatrenia kvality vnútorného prostredia zahŕňajú aspekty kvality vnútorného vzduchu a vetrania, tepelného komfortu, umelého a prirodzeného osvetlenia a hluku a akustiky. Vnútorné prostredie sa považuje za príjemné, keď 80 % jeho obyvateľov je spokojných s prostredím. Účinky kvality vnútorného prostredia na produktivitu práce sú široko zdokumentované; len veľmi málo štúdií sa však zameriava na tieto komplexné faktory kvality vnútorného prostredia s fyzickými, sociálno-psychologickými a kultúrnymi perspektívami v jednej štúdií. Vedci identifikovali štyri hlavné vzájomne prepojené aspekty, ktoré ovplyvňujú produktivitu práce:

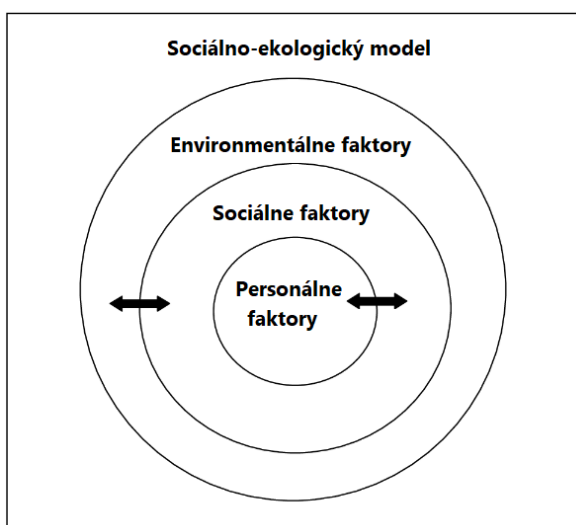
- osobné,
- sociálne,
- organizačné a
- environmentálne faktory (Obr. 3.1).

Čo sa týka faktorov ovplyvňujúcich kvalitu vnútorného prostredia výskumníci rozlíšili tri zložky vrátane fyziologických, psychologických a fyzických podmienok prostredia. Spomedzi mnohých fyzikálnych faktorov boli kľúčovými faktormi ovplyvňujúcimi produktivitu obyvateľov (Obr. 3.2):

- tepelný komfort,
- kvalita vnútorného vzduchu a vetranie,
- osvetlenie,
- hluk a akustika a
- usporiadanie kancelárie.

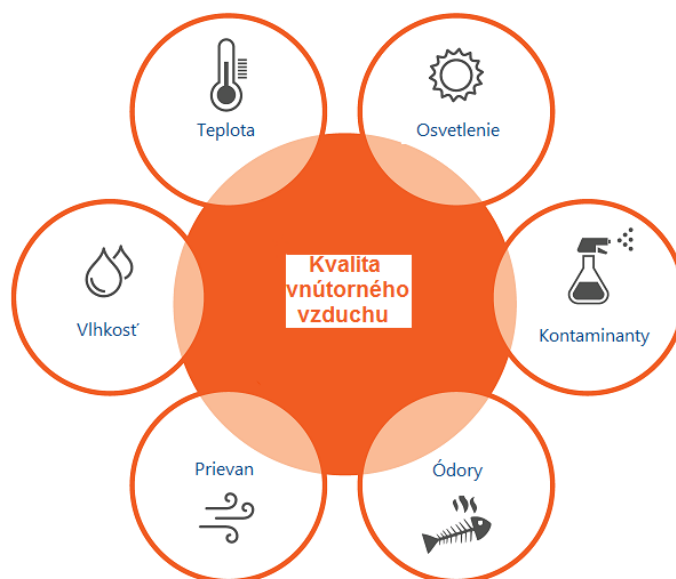
Niektorí vedci dokonca považujú tepelnú pohodu za jeden z najdôležitejších faktorov spokojnosti užívateľov spomedzi všetkých aspektov kvality vnútorného prostredia. Rastúci počet výskumníkov sa však zameriava na kvalitu osvetlenia a akustiky alebo kombinované aspekty kvality vnútorného prostredia ovplyvňujúce produktivitu. Kvalita vnútorného prostredia sa stala vzájomne prepojeným, multidisciplinárnym a komplikovaným problémom, pretože dizajn nových budov sa stáva sofistikovanejším s viacerými kancelárskymi dispozíciami, pokročilými technológiami snímania a centralizovanými aj decentralizovanými automatizačnými systémami. Tieto faktory umožňujú obyvateľom, individuálne a kolektívne so spolupracovníkmi, upraviť vnútorné prostredie; spokojnosť s týmito úpravami si však vyžaduje ďalšie skúmanie.

Obr. 3.1 Klíčové faktory ovplyvňujúce kvalitu vnútorného prostredia v budovách



Zdroj: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Influence-of-Personal%2C-Social%2C-and-Factors-on-Flack/5e9a917af0d39fd72ddc58023638281f14437518>

Obr. 3.2 Klíčové faktory ovplyvňujúce kvalitu vnútorného prostredia v budovách



Zdroj: <https://taf.ca/retrofits-improve-the-indoor-environment/>

Mnohé aspekty vnímania alebo spokojnosti s kvalitou vnútorného prostredia v budovách sú skutočne výsledkom osobného zdravia, nálady a faktorov prostredia. Jeden aspekt kvality vnútorného prostredia, ktorý môže ovplyvniť spôsob, akým užívatelia budov reagujú na iné aspekty. Spokojnosť s jedným fyzickým parametrom kvality vnútorného prostredia silne závisí od spokojnosti so všetkými ostatnými ukazovateľmi kvality vnútorného prostredia; preto je dôležité zväziť všetky faktory kvality vnútorného prostredia holisticky. Napríklad obťažovanie hlukom, zlé osvetlenie a tepelná nepohoda, jednotlivo alebo v kombinácii, výrazne znižujú spokojnosť užívateľov budov. Ešte dôležitejšie je, že vzťah príčiny a následku by mohol byť prepletený. Zatiaľ čo sa vo všeobecnosti predpokladá, že kvalita vnútorného

prostredia v budovách priamo ovplyvňuje produktivitu a motiváciu užívateľov, očakávania alebo postoje by mohli ovplyvniť spokojnosť s kvalitou vnútorného prostredia budov, čím nepriamo ovplyvňujú produktivitu užívateľov. Pojem „behaviorálne prostredie“ navrhli niektorí výskumníci, ktorí v analýzach pohodlia užívateľov a iných aspektov kvality vnútorného prostredia zdôrazňujú behaviorálne aj sociálne faktory (napr. súkromie, spolupráca, rozptýlenie). Väčšina výskumov sa však zamerala na individuálne účinky jedného alebo obmedzeného aspektu kvality vnútorného prostredia. Preto sú potrebné hlbšie analýzy na preskúmanie synergických účinkov vzájomne prepojených aspektov kvality vnútorného prostredia a produktivity práce. Dôležitejšie je, že faktory demografických rozdielov, sociálnych vplyvov alebo skupinovej dynamiky sú kritické, no často sa pri hodnotení kvality vnútorného prostredia podceňujú alebo ignorujú. Vedci zdôraznili, že existuje medzera v dôkazoch vysvetľujúcich súvislosti medzi faktormi bývania, vnímaním kvality vnútorného prostredia a dizajnom budovy.

3.1 Výhody kvalitného vnútorného prostredia v kancelárskych budovách

V posledných dvoch desaťročiach bol zaznamenaný rastúci záujem o vplyv kvality vnútorného prostredia na pracovnú výkonnosť. Vplyv kvality vnútorného vzduchu na výkonnosť užívateľov sa stal problémom v dôsledku rozsiahleho výskumu a pochopenia silných väzieb medzi faktormi ako je vetranie, klimatizácia, vnútorné znečisťujúce látky a nepriaznivé účinky na zdravie a komfort užívateľov. V reálnom prostredí je veľmi ťažké zhodnotiť vplyv jedného parametra na ľudský výkon, najmä z dôvodu, že mnohé z týchto parametrov sú prítomné súčasne, a v dôsledku toho pôsobia spoločne na každého jednotlivca. Okrem toho, motivácia pracovníka ovplyvňuje vzťah medzi výkonom a podmienkami prostredia, u vysoko motivovaných pracovníkov je menej pravdepodobné, že sa zníži výkonnosť v nepriaznivom prostredí. Vnútorné prostredie by malo chrániť a zlepšovať zdravie užívateľov, komfort a ich výkonnosť. Ľudia trávajú veľa času vo vnútornom prostredí budov a sú vystavení širokej škále znečisťujúcich látok z vnútorných zdrojov, napríklad administratívni pracovníci trávajú celý svoj pracovný čas v kanceláriách. U ľudí pracujúcich v interiéri budov sa často objavia príznaky ako bolesti hlavy, problémy s dýchaním, kašľanie, nevoľnosť atď. Avšak, málokedy je možné dokázať, že tieto príznaky súvisia so znečistením prostredia v budovách. Mnohé zahraničné štúdie hodnotenia kvality vnútorného prostredia v budovách preukázali jednoznačný význam, výskyt a vplyv podmienok prostredia v interiéri administratívnych budov na výkonnosť ich užívateľov. Z analýzy nákladov a benefitov vyplýva, že aj malé zlepšenie výkonnosti pracovníka je vysoko ziskové a náklady pre zlepšenie kvality vnútorného prostredia majú rýchlu návratnosť. Táto problematika predstavuje náročnú vedecko - výskumnú oblasť, pri riešení ktorej je nutné využívať existujúce poznanie viacerých interdisciplinárnych oblastí. Na Harvardskej univerzite T.H. Chan School of Public Health, projekt „Zdravé budovy“ skúma, ako presne vyzerá „zdravá budova“. Iniciatíva je duchovným dieťaťom profesora environmentálneho dizajnu Josepha Allena a jeho tímu, ktorí syntetizovali širokú škálu environmentálnych výskumov do zhusteného prístupu, ktorý nazývajú 9 základov zdravej budovy. Tieto základy tvoria prvky, ktoré tvoria vnútorné vybudované prostredie:

1. kvalita vzduchu,
2. tepelný stav,
3. vlhkosť,
4. prach a škodcovia,
5. bezpečnosť a ochrana,
6. kvalita vody,
7. hluk,
8. osvetlenie,
9. výhľad,
10. vetranie.

Týchto 9 základov vyžaduje správnu rovnováhu na podporu čo najlepšieho vnútorného prostredia. Tento zoznam možno najlepšie použiť ako odrazový mostík na identifikáciu problémových oblastí vo vnútornom prostredí a vytvorenie súboru kritérií, podľa ktorých možno vnútorné priestory hodnotiť a skúmať (Obr. 3.3).

Obr. 3.3 9 Základných faktorov zdravých budov



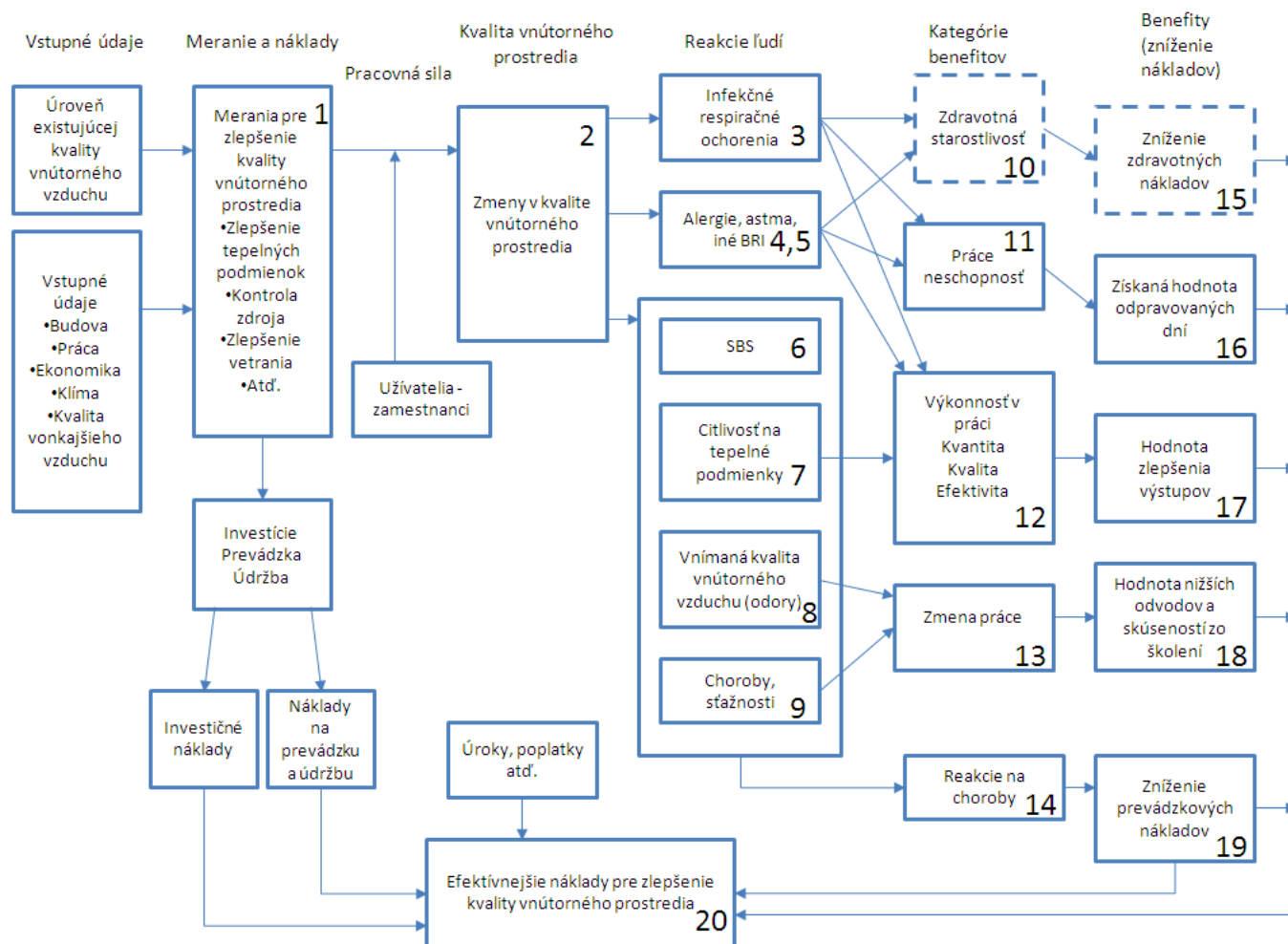
Zdroj: <https://www.terramai.com/blog/10-ways-indoor-environments-affect-people/>

3.1.1 Efektivita práce

Makroekonomické odhady ukazujú, že potenciálne výhody zo zlepšenia kvality vnútorného prostredia sú pre spoločnosť významné. Odhadované náklady sú podľa niektorých výpočtov na zhoršenie kvality vnútorného prostredia vyššie, ako náklady na energiu na vykurovanie v rovnakých budovách. Potenciálne výhody zo zlepšenia zdravia a vyššej produktivity nie sú všeobecne používané v bežných ekonomických výpočtoch vzťahujúcich sa na projektovanie a prevádzku budov. Vo výpočtoch sa bežne uvažuje len s počiatočnými nákladmi na energiu a údržbu budovy. Podľa niekoľkých vzorových výpočtov bolo dokázané, že viacero opatrení na zlepšenie kvality vzduchu v miestnosti je nákladovo efektívnejšie, ak sú benefity zo zdravia a produktivity, ktoré sú zahrnuté do výpočtu. Na základe týchto výpočtov bol vyvinutý koncepčný model – diagram (Obr. 3.4) pre odhad efektívnosti nákladov rekonštrukcie vnútorných priestorov budov.

Základnou myšlienkou diagramu (Obr. 3.4) je ukázať významnosť nákladov a benefítov a väzby, ktoré by mali byť zahrnuté v odhadoch nákladov a výnosov z konštrukčných zmien, rekonštrukcií a zmeny prevádzky budovy, ktoré majú vplyv na vnútornú klímu. Z diagramu je zrejmé prepojenie medzi zlepšením kvality vnútorného prostredia a možnými benefítmi. Diagram zahŕňa aj ročné náklady, prevádzkové náklady a úspory nákladov na zlepšenie kvality vnútorného prostredia.

Obr. 3.4 Ekonomický diagram pre kvalitu vnútorného prostredia. Diagram zobrazuje väzby medzi budovami, možnými benefitmi a zlepšením vnútorného prostredia



Zdroj: SEPPÄNEN, O., FISK, W. J.: A procedure to estimate the cost effectiveness of the indoor environment improvements in office work. *Creating the Productive Workplace*, 2nd edn, London, Taylor & Francis, 2006, s. 407-433.
Z. Budaiová, Hodnotenie prostredia v budovách vo väzbe na výkonnosť ich užívateľov, TUKE, 2013, s. 119

Vstupné dáta a návrh alebo rekonštrukčné opatrenia (bunka 1) vedú k zlepšeniu v jednom alebo vo viacerých podmienkach vnútorného prostredia (napr. zníženie koncentrácie znečisťujúcich látok), čo ovplyvňuje jednu alebo viac reakcií človeka (bunky 3-9), ako je napr. zdravotný stav, úroveň komfortu. Reakcie ľudí sú prepojené s kategóriou benefitov (bunky 10-14) ako je zdravotná starostlivosť, počet dní práceneschopnosti. Nakoniec, kategórie benefitov sú prepojené s ekonomickými benefitmi (bunky 15-19). Reakcie ľudí na realizovanie opatrení pre zlepšenie sú dôsledkom zlepšenia podmienok vnútorného prostredia (bunka 2). Vplyv opatrení pre zlepšenie kvality vnútorného prostredia závisí od už existujúcej úrovne kvality vnútorného prostredia v budovách. Napríklad zníženie úrovne koncentrácie znečisťujúcich látok získané zvýšením intenzity vetrania bude ovplyvnené počiatočnou intenzitou vetrania a prítomnosťou zdrojov znečistenia v budove.

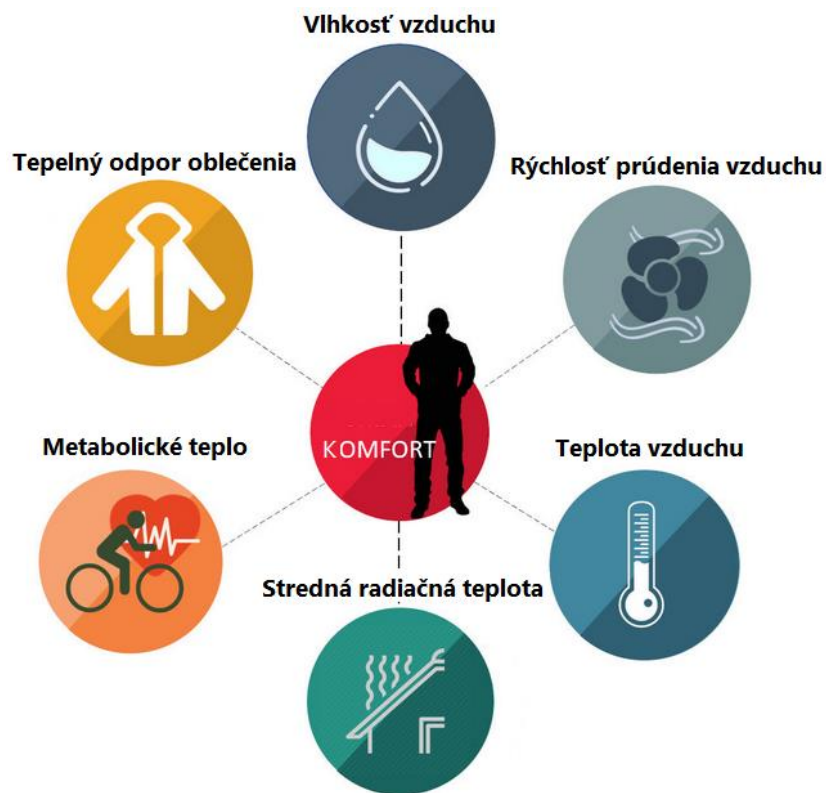
3.2 Zdravie, komfort a kvalita vnútorného prostredia v administratívnych budovách

Vzhľadom k tomu, že ľudia trávajú veľa času vo vnútri budov, je nevyhnutné, aby vnútorné prostredie bolo zdravé a bezpečné. Materiály, povrchové úpravy a zariadenie interiéru môžu negatívne pôsobiť na zdravie a prostredie, napr. vyparovanie VOC negatívne ovplyvňuje kvalitu vnútorného prostredia.

Medzi zložky kvality vnútorného prostredia, ktoré ovplyvňujú komfort užívateľov, patrí hluk, kvalita vzduchu, osvetlenie (denné a umelé osvetlenie), údržba, odoory, tepelný komfort (tepelná pohoda) a kvalita vetrania (Obr. 3.5). Ostatné zložky kvality vnútorného pracovného prostredia, ktoré ovplyvňujú pohodu sú estetika, ovládanie osvetlenia a teploty, ergonómia, nábytok, povrchy, priestorové usporiadanie a výhľad.

Tepelná pohoda (komfort) je definovaný ako pocit spokojnosti s tepelným stavom prostredia. Tepelná pohoda človeka závisí nielen od fyzikálnych podmienok daného prostredia, ale aj od fyziologických a psychických vplyvov, ktoré pôsobia na ľudský organizmus. Vyjadrenie tepelného pocitu človeka je do určitej miery individuálne a subjektívne. Tepelný komfort môže byť znižovaný lokálnym ochladzovaním, prehrievaním tela asymetriou tepelnej radiácie z chladných a teplých povrchov, priesvanom (rýchlosť prúdenia vzduchu); vertikálny rozdiel teploty vzduchu medzi hlavou a úrovňou členkov je veľký, teplota povrchu podlahy je príliš vysoká alebo nízka.

Obr. 3.5 Tepelná pohoda



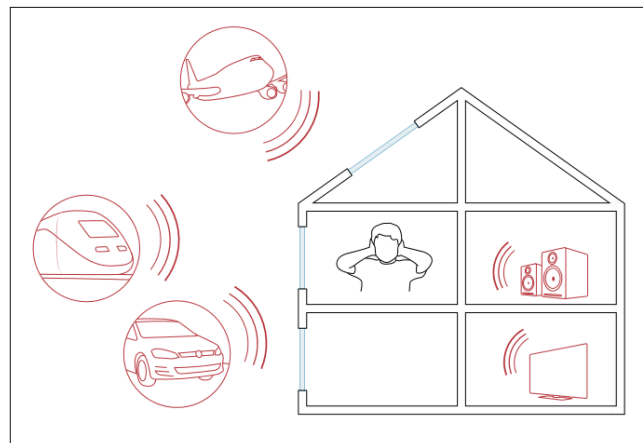
Zdroj: <https://www.simulationhub.com/blog/role-of-cfd-in-evaluating-occupant-thermal-comfort>

Niekoľko štúdií skúmalo účinky teploty vzduchu na výkonnosť. Ľudia sú schopní odolať negatívnym účinkom tepelného nepohodlia tým, že vyvíjajú väčšie úsilie. To je pravdepodobne spôsobené existenciou "kognitívnej rezervy", ktorá umožňuje ľuďom udržať svoju výkonnosť pri krátkej expozícii, aj keď sú nepriaznivé podmienky vo vnútornom prostredí. Toto je príklad ľudskej schopnosti vysporiadať sa s krátkodobými požiadavkami. Avšak, opakujúca sa, a neustála

snaha môže mať negatívne dôsledky pre zdravie. S ohľadom na tento názor, je potrebné sa v kanceláriách vyhnúť zlým podmienkam vnútorného prostredia, napr. zvýšeniu teploty a/alebo tepelnej nepohode.

Akustický komfort (Obr. 3.6) je definovaný ako „stav spokojnosti s akustickými podmienkami prostredia“. Avšak termín akustický komfort nie je bežne používaný a vytváranie dobrých akustických podmienok prostredia je spojené s prevenciou vzniku akustického diskomfortu (nepohodlia – obťažovania hlukom). Negatívne vplyvy hluku na zdravie človeka sa prejavujú predovšetkým v oblasti sluchového orgánu. Dlhodobá hluková expozícia vyššej intenzity spôsobuje postupné nevratné poškodenie zmyslových a nervových buniek Cortiho orgánu vo vnútornom uchu a vážne znižuje schopnosť počúvať.

Obr. 3.6 Akustický komfort ovplyvňujú vonkajšie aj vnútorné zdroje hluku



Zdroj: <https://medium.com/@iegandwellbeing/indoor-environmental-quality-parameter-56aab5cffd8>

Svetlo ako dôležitý faktor architektonického prostredia rozhodujúcim spôsobom ovplyvňuje videnie, zdravie a pohodu človeka. Vizuálnou pohodou sa rozumie stav spokojnosti, ktorý človek prežíva vtedy, ak sa vo svojom prostredí dobre cíti, a ak mu nijaké rušivé svetelné podnety ani nevyhovujúce vizuálne podmienky nebránia pohodlne sa venovať svojej činnosti. Zmenami svetelných podmienok v čase pomocou vyššej osvetlenosti, rozloženia jas a širšieho rozsahu teploty chromatickosti, možno denným svetlom alebo špecializovaným riešením umelého osvetlenia stimulovať ľudí a pozdvihnúť ich duševnú pohodu (Obr. 3.7).

Obr. 3.7 Vizuálny komfort



Zdroj: <https://medium.com/@iegandwellbeing/indoor-environmental-quality-parameter-56aab5cffd8>

Uzavreté kancelárie poskytujú dostatok vizuálneho a akustického súkromia, oproti open space kanceláriám, v ktorých sa znižuje vizuálne a akustické súkromie a ovládateľnosť tepelných a svetelných podmienok.

Problematika výskytu tuhých častíc je závažná tak v pracovnom prostredí (profesionálna expozícia), ako aj v životnom prostredí. Účinky tuhých častíc na človeka môžu byť špecifické alebo nešpecifické. Špecifické prejavy sú toxické a fibrogénne, nešpecifický účinok je charakterizovaný ako dráždivý.

Človek vníma ošetrovacie látky (CO₂ a TVOC) čuchovým zmyslom, pričom často dochádza k tzv. inverzii, keď príjemne voňajúce látky po dosiahnutí určitej koncentrácie alebo v kombinácii s inými látkami sa menia na nepríjemne zapáchajúce. Vysoké koncentrácie CO₂ sú dôvodom zníženej schopnosti sústrediť sa a zníženej rýchlosti reakcie, zvýšená koncentrácia CO₂ je spojená s pocitom nepohody (diskomfortu) a zvýšeným ošetrovovým vnemom. Prchavé organické zlúčeniny sú v súčasnosti považované za významnú kategóriu škodlivín negatívne pôsobiacich na zdravie a komfort užívateľov budov.

Jedným zo spôsobov názoru na možné vplyvy budov na zdravie ich užívateľov – a tým aj na výkonnosť a súvisiace náklady – je zistenie frekvencie rôznych zdravotných problémov. Tento prístup sa používa v štúdiách zaoberajúcich sa syndrómom chorých budov (Sick Building Syndrome) a kvalitou vzduchu. Z výsledkov štúdie vyplýva, že ak užívatelia uvádzajú viac príznakov, dochádza k zníženiu ich výkonnosti. V dotazníkoch užívatelia označujú príznaky fyzických chorôb a taktiež psychologické problémy, príklady sú uvedené v tabuľke (Tab. 3.1).

Obr. 3.8 Parametre vplyvajúce na kvalitu vnútorného prostredia (Indoor Environmental Quality – IEQ)



Zdroj: <https://medium.com/@ieqandwellbeing/indoor-environmental-quality-parameter-56aab5cfd8>

Svetová zdravotnícka organizácia definuje syndróm chorých budov (SBS) ako súbor zdravotných ťažkostí, ktoré súvisia so zlou kvalitou vnútorného prostredia. Termín syndróm chorých budov popisuje súbor nešpecifických symptómov, ktoré boli zoskupené do piatich kategórií:

Senzorické podráždenie očí, nosa alebo hrdla

- Sucho; pálenie, dráždivý pocit; chrapt, zmena hlasu.

Podráždenie pokožky

- Sčervenanie kože; pálenie, svrbenie; suchá koža.

Neurotoxické symptómy

- Duševná únava; znížená pamäť; letargia, ospalosť; znížená schopnosť koncentrácie; bolesť hlavy; závraty, intoxikácia; nevoľnosť; únava.

Bližšie neurčené hyperactions

- Výtok z nosa a očí; príznaky podobné astme.

Zápach a chuť

- Zmenené citlivosti; nepríjemný zápach alebo chuť.

Tab. 3.1 Príklady zdravotných ťažkostí použité v rôznych štúdiách

Dotazníky zdravia a pracovnej výkonnosti	Dotazníky zdravia a práce	Rôzne dotazníky symptómov SBS
Pocit závratu	Zápal	Dráždenie očí
Pocit únavy	Netrpezlivý	Namáhanie očí
Problémy so spánkom	Ťažkosti so sústredením	Výtok z nosa
Bolesti hlavy	Vyčerpanosť	Bolesť v krku
Bolesti chrbta alebo krku		Ťažkosti s dýchaním
Bolesť kĺbov atď.		Zvieranie na hrudi
Svalová bolesť		Vyrážky
Slzenie, výtok z nosa alebo upchatý nos		Suchá pokožka
Kašeľ alebo bolesť v krku		Bolesti hlavy
		Únava
		Znížená koncentrácia

3.2.1 Syndróm chorých budov (SBS)

Ľudia, ktorí pracujú v administratívnych budovách sú negatívne ovplyvňovaní mnohými zdrojmi znečisťujúcich látok (prchavé organické zlúčeniny) vo vnútornom prostredí, ako sú uvoľňovanie - vyparovanie zo stavebných materiálov, farba, drevotriekové dosky (použité ako nábytok a stavebné konštrukcie), vinyl (použitý ako podlaha a obloženie stien). Tieto materiály môžu byť zdrojom škodlivín, ako je formaldehyd, prchavé organické zlúčeniny, biologické činitele vo vzduchu. Ľudia, ktorí sú neustále vystavení kontaminovaným oblastiam dlhšiu dobu, môžu sa u nich vyskytnúť negatívne zdravotné príznaky, často spojené so syndrómom chorých budov (SBS). Často, symptómy súvisiace s SBS po odchode z budovy vymiznú - stratia sa. Avšak v prípade dlhodobej expozície znečisťujúcich látok vo vnútornom prostredí, ktoré vedú k chronickým ochoreniam, opustením znečisteného prostredia alebo budovy sa nemusí zaručiť zmiznutie príznakov.

Užívatelia budov sa môžu sťažovať na príznaky ako (Obr. 3.9):

- Podráždenie očí, nosa alebo hrdla,
- Podráždenie kože,
- Bolesť hlavy, závrat alebo nevoľnosť,
- Neschopnosť sústrediť sa,
- Precitlivosť na pachy alebo chuť.



Zdroj: <http://www.radonss.com/north-alabama-sick-building-syndrome/>

Všetky príznaky sa môžu minimalizovať alebo zmiznúť, keď sú obyvatelia mimo budovy. Podľa EPA môžu nasledujúce diagnostické otázky poukazovať na možnosť SBS:

- Súvisia problémy dočasne s časom stráveným v konkrétnej budove alebo v časti budovy?
- Vymiznú príznaky, keď osoba nie je v budove?
- Opakujú sa príznaky sezónne (vykurovanie, chladenie)?
- Zaznamenali kolegovia, kolegovia podobné sťažnosti?

Spôsoby, ako zabrániť syndrómu chorých budov:

- Použitie ozónu na odstránenie mnohých zdrojov, ako sú VOC, plesne, baktérie, vírusy a pachy,
- Odstránenie zdroja znečisťujúcich látok alebo úprava skladovania zdrojov,
- Výmena vodou znečistených stropných obkladov a kobercov,
- V dobre vetraných priestoroch používajte farby, lepidlá, rozpúšťadlá a pesticídy a používajte tieto zdroje znečisťujúcich látok počas obdobia, keď nie ste prítomní,
- Zvýšte počet výmen vzduchu.

Nízka intenzita vetrania vo všeobecnosti vedie k zvýšeniu výskytu nepriaznivých zdravotných účinkov, vrátane SBS symptómov a infekčných chorôb šíriacich sa vzduchom. Všeobecne platí, u užívateľov v budovách s núteným vetraním je zaznamenaný vyšší výskyt príznakov SBS ako v prirodzene vetraných budovách. Existuje pomerne silný dôkaz toho, že existuje korelácia medzi teplotami nad 23 °C a výskytom symptómov. Z tohto dôvodu by malo byť obmedzené vykurovanie na 22 °C v zime. Bolo preukázané, že SBS súvisia s mikroorganizmami, ktoré sú vo väčšom množstve prítomné v starších budovách ako v novších.

Štúdie potvrdili, že tuhé častice sú významným faktorom SBS, sú súčasťou vzduchu a môžu sa dostať priamo na kožu alebo požit' s jedlom či pitím. Je zrejme, že existuje mnoho kombinácií zdrojov znečisťujúcich látok a tieto zdroje nemusia byť nezávislé.

Hluk môže spôsobovať, respektíve prispievať k SBS symptómom rôznymi spôsobmi, závisí to na mnohých faktoroch – psychologických a fyziologických, ktoré sú rôzne v prípade jednotlivých užívateľov. Hluk z vonkajšieho prostredia a dopravy v klimatizovaných budovách s tesnými oknami zvyčajne nie je problémom. V starších budovách, kde sa

otvorenie okna používa na vetranie, hluk z vonkajšieho prostredia môže byť vážnym problémom. V open space kanceláriách nízke hladiny hluku sú prijateľné, môžu byť dokonca užitočné pre tlmenie celkovej hlukovej záťaže. Osvetlenie má potenciál ovplyvňovať zdravie a komfort. Vnútorne prostredie s nevhodným osvetlením môže byť príčinou SBS, môže vytvárať nepríjemný pocit v oku, namáhať oči a spôsobovať únavu. Osvetlenie interiéru má tri hlavné ciele – bezpečný pohyb, vykonávať úlohy a zabezpečiť výhľad von. Plnenie úloh do značnej miery závisí na veku a zraku užívateľov, rovnako ako na úlohách, ktoré vykonávajú. Ľudia, ktorí majú pracovisko umiestnené pri okne majú tendenciu mať menej príznakov SBS, aj keď žiadny dôvod k tomu zatiaľ nebol potvrdený; dôvod je možno psychologického charakteru.

Obr. 3.10 Hlavné príčiny syndrómu chorých budov



Zdroj: <https://twitter.com/theairgloss/status/1281241704645799937>

3.3 Výkonnosť užívateľov

3.3.1 Hodnota výkonnosti

Zvýšenie výkonnosti má značnú hodnotu. Ako uvádza Clements-Croome väčšina nákladov spoločnosti - firmy, organizácie je použitých na zamestnancov a ich platy - zatiaľ čo náklady na výstavbu a prevádzku budovy sú relatívne malé pri zohľadnení životnosti budovy. Špecifické pomery zistené v rôznych štúdiách sa líšia: Evans a kol. zistil pomer 1:5:200 pre počítačové náklady na výstavbu, údržbu a prevádzku, obchodné prevádzkové náklady, ako sú platy zamestnancov; Wu a Clemets-Croome odhadli pomer 1:8:80; vo výskume vykonanom v USA sa zistilo, že náklady na zamestnancov sú 100 - 200 krát vyššie ako náklady na energiu a 20 - 44 krát vyššie ako prevádzkové náklady na

systémy techniky prostredia. Aj napriek tomuto rozptylu, je zrejmé, že náklady na pracovníkov sú oveľa vyššie ako náklady na budovy. Tento rozdiel v nákladoch naznačuje, že aj veľmi malé účinky na pracovnú výkonnosť, môžu mať veľkú hodnotu, a byť vysoko efektívne z hľadiska nákladov. Wyon zistil, že 0,5 % vplyv na výkonnosť by náklady na modernizáciu nezdravých administratívnych budov v USA získal späť za necelých 1,6 rokov. Z toho vyplýva, že náklady na zle navrhnuté budovy môžu byť tiež veľmi významné. Je dôležité zabezpečiť, aby budovy umožnili ich užívateľom, aby boli produktívni – výkonní. Za týmto účelom je potrebné merať výkonnosť užívateľov budov.

3.3.2 Definícia výkonnosti

Výkonnosť je zvyčajne definovaná ako pomer vstupov a výstupov, táto definícia je založená na procese výroby, v ktorom je možné merať počet produktov za hodinu. Avšak definovanie a meranie výkonnosti v rámci administratívy (administratívnej práce) je dosť problematické, tento problém bol diskutovaný vo viacerých štúdiách. Napríklad, ako by mala byť posúdená výkonnosť človeka, ktorý píše správy? Podľa počtu slov? Problémy spôsobené variabilitou kancelárskej práce sú zrejmé - všetky správy nie sú rovnaké. Nedostatok štandardizácie bráni porovnaniu a inhibuje pokusy, aby vznikla celková miera produktivity. Mnoho úloh je jedinečných, a ani nemôžu byť porovnávané s inými úlohami rovnakého typu.

3.3.3 Výkonnosť

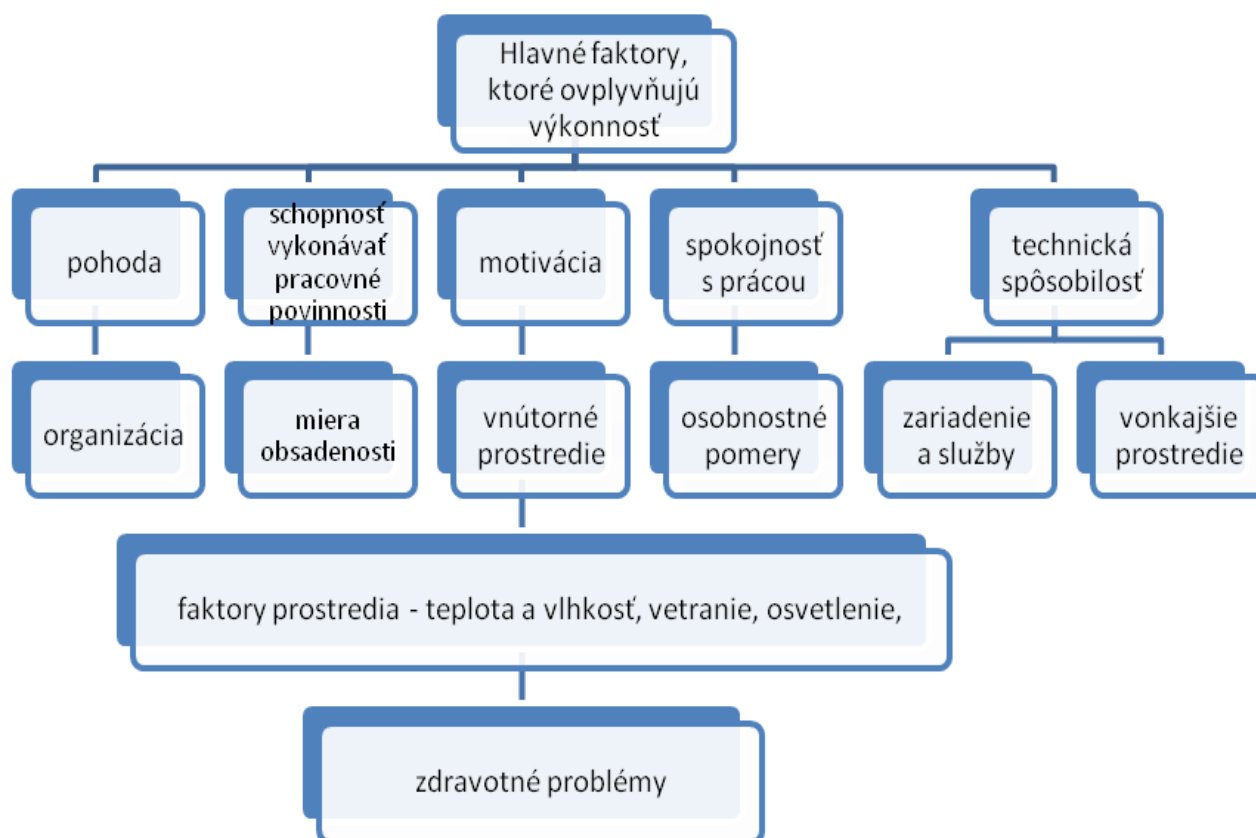
Väčšina výskumov, ktoré boli vykonané, skúmali účinky jednotlivých faktorov vnútorného prostredia, ako sú kvalita vnútorného vzduchu, vetranie, tepelná pohoda a teplota vnútorného vzduchu na výkonnosť užívateľov budov. Málo štúdií skúmalo kombinované účinky faktorov vnútorného prostredia na výkonnosť. V týchto štúdiách bola výkonnosť administratívnych prác zisťovaná v laboratórnych podmienkach s použitím testov pre simulovanie administratívnej práce alebo na reálnych pracovných miestach zisťovaním výkonnosti skutočnej administratívnej práce.

Existuje veľká skupina štúdií, v ktorých bola výkonnosť zisťovaná subjektívnym hodnotením zamestnanca, ako hodnotí svoju výkonnosť, tzv. samohodnotenie výkonnosti. Aj keď nie sú k dispozícii informácie o tom, či samohodnotenie výkonnosti je vhodným nástrojom pre hodnotenie vplyvov kvality vnútorného prostredia na výkonnosť, a ako súvisí s aktuálnou výkonnosťou meranou objektívnymi metódami, subjektívne hodnotenie je často používané hlavne preto, že môže byť vykonávané vo forme dotazníka.

Roelofsen naznačuje, že kvalita vnútorného prostredia je pre výkonnosť užívateľov administratívnych budov dôležitejšia ako uspokojenie z práce a pracovný stres. U užívateľov, ktorí majú zdravotné príznaky ako bolesti hlavy a únava z dôvodu zlej kvality vnútorného prostredia, je málo pravdepodobné, že sa budú cítiť komfortne a že budú produktívni.

Na obrázku (Obr. 3.11) je zobrazený diagram hodnôt, kde všetky z týchto atribútov sú porovnávané z hľadiska dôležitosti použitím párového hodnotiaceho procesu. Tento analytický hierarchický diagram hodnotí vplyv vnútorného prostredia na zdravie a výkonnosť užívateľov kancelárií. Tento diagram je rozdelený do 5 úrovní. Prvú úroveň tvorí jediný faktor, a to výkonnosť užívateľov kancelárií. Na druhej úrovni sú ľudské a spoločenské faktory (napr. organizačné faktory, osobnostné faktory, faktory prostredia), všetky faktory na tretej úrovni sú ovplyvnené všetkými faktormi z druhej úrovne. Štvrtá a piata úroveň súvisí so zdravím a faktormi prostredia.

Ilgén a Schneider klasifikovali metodiku merania výkonnosti do troch kategórií - fyziologická, objektívna a subjektívna. Existuje veľa možností ako objektívne hodnotiť výkonnosť, ktoré môžu byť použité. Sú však obmedzené tým, že môžu posúdiť len určité aspekty výkonnosti.



Zdroj: Z. Budaiová, Hodnotenie prostredia v budovách vo väzbe na výkonnosť ich užívateľov, TUKE, 2013, s. 119

3.3.4 Objektívna výkonnosť

Testy výkonnosti sú bežne používané v laboratórnych štúdiách, aby bolo možné objektívne hodnotiť výkonnosť ľudí a ich schopnosti. Existuje celý rad testov, ktoré hodnotia rôzne aspekty výkonnosti, vrátane:

- jednoduchá administratívna práca (písanie, počítanie);
- test krátkodobej pamäte;
- test dlhodobej pamäte;
- kreativita;
- riešenie problémov
- rýchlosť spracovania informácií.

Každý test posudzuje len jeden aspekt výkonnosti, skupiny viacerých testov sa bežne používajú k získaniu lepšieho prehľadu o výkonnosti užívateľov, a o tom ako ich môže prostredie ovplyvňovať. Tieto testy boli použité v mnohých štúdiách, kde bol skúmaný vplyv rôznych podmienok vnútorného prostredia na výkonnosť. Problém v používaní testov pre zistenie výkonnosti je ich nepraktickosť. Množstvo úloh si vyžaduje viac ako pol hodiny času, alebo aj dlhšie. Niektoré úlohy môžu trvať aj menej ako 5 minút (napr. rýchlosť spracovania informácií, jednoduché aritmetické výpočty, testy na krátkodobú pamäť), preto ich možno využiť, ak je k dispozícii len obmedzený čas. Skúsenosti ukazujú, že ľudia sú ochotní tráviť až 15 minút pre dotazníkovú formu hodnotenia, z tohto dôvodu potom nezostane priestor pre objektívne testovanie.

Ďalšou možnosťou merania výkonnosti je sledovanie aktivity počítača, meranie úderov na klávesy, kliknutia myšou, možnosti opravy (použitie backspace) a rozsah použitia počítača. Takéto objektívne meranie výkonnosti má aj negatíva, napr. nemeria sa činnosť bez použitia počítača – čo môže zahŕňať významnú časť práce.

Remote Performance Measurement (RPM) je internetovo založená metóda, ktorá bola vyvinutá pre posúdenie účinkov vnútorného prostredia na výkonnosť simulovaných administratívnych úloh zamestnancov v praxi. RPM sa skladá zo sady štandardných úloh (ktoré boli úspešne použité v simulovaných kanceláriách pri laboratórnych experimentoch, napr. prepis textu, jednoduché aritmetické výpočty...) a z dvoch rôznych dotazníkov, ktoré sa používajú na charakterizáciu vnímania a príznakov u respondentov. „Background“ dotazník sa zameriava na všeobecné vnímanie vnútorného prostredia (napr. v predchádzajúcich troch mesiacoch), zatiaľ čo „Instant“ dotazník je zameraný na podmienky vnímané „práve teraz“ a slúži na posúdenie účinkov experimentálneho zásahu, ktorý upravuje podmienky vnútorného prostredia v pracovnom priestore: simultánne merania fyzikálnych parametrov sú teda nutné. Kancelárska práca zahŕňa širokú škálu rôznych úloh, ktoré zahŕňajú komplexný súbor zručností: logické myslenie, časovo neobmedzené myslenie, pozornosť, vytrvalosť, sústredenie, efektívnosť, snaha, prispôsobivosť/flexibilita, komunikácia, krátkodobá pamäť, presnosť, ostražitosť, motivácia, pochopenie/porozumenie, analytické schopnosti, plánovanie a organizácia... Hoci uvedené zručnosti nemusia byť rovnako citlivé alebo podobne ovplyvňované vnútorným prostredím, môžeme predpokladať, že ak sú tieto zručnosti ovplyvnené zmenami vnútorného prostredia, kancelárska práca bude ovplyvnená taktiež.

Výhody objektívne hodnotenej výkonnosti (pre testy s úlohami):

- zistenie vplyvov výkonnosti;
- môže sa vykonávať na počítačoch;
- kognitívne (známe - poznávacie) účinky môžu poskytnúť mnoho výhod pre mnoho úloh.

Nevýhody objektívne hodnotenej výkonnosti (pre testy s úlohami):

- meranie iba časti výkonnosti;
- výsledky účinkov na výkonnosť sú nejasné;
- len pre poskytnutie údajov;
- testy môžu vyžadovať dlhú dobu merania, čo je nepraktické a nákladné – drahé.

3.3.5 Subjektívna výkonnosť a komfort

Subjektívne hodnotenie výkonnosti použité v mnohých štúdiách je označované aj ako vnímaná výkonnosť užívateľov alebo samohodnotenie výkonnosti. Jedným z hlavných dôvodov pre použitie subjektívneho hodnotenia sú jeho výhody, napr. je to relatívne lacné, rýchle a jednoducho realizovateľné; použitie v rôznych budovách a pracovných miestach, bez toho, aby museli byť prispôsobené konkrétnej situácii; veľké množstvo užívateľov môže byť analyzované v mnohých budovách a výsledky z viacerých budov môžu byť porovnávané.

Existuje celý rad variantov na základnú otázku, výkonnosť môže byť posudzovaná po rôznych časových úsekoch, použitím rôznych škál a hodnotenie získané z rôznych zdrojov. Táto široká škála a rôznorodosť obsahuje:

- otázky o výkonnosti ľudí môžu byť položené rôznymi spôsobmi,
- môže byť hodnotená za určité časové obdobie,
- škály môžu byť numerické alebo ordinálne,
- hodnotenie môže vykonať samostatne, s kolegami prípadne nadriadený zhodnotí výkonnosť podriadených.

Vplyv prostredia na subjektívnu výkonnosť sa zdá byť vhodným prostriedkom pre zistenie subjektívnej výkonnosti. Keď sú ľudia nespokojní s podmienkami vnútorného prostredia, majú tendenciu vykazovať negatívny vplyv na ich výkonnosť. Táto závislosť je dokladovaná mnohými štúdiami, v ktorých boli zistené väzby medzi podmienkami vnútorného prostredia a objektívnym meraním výkonnosti.

Existujú dôkazy, že vnímaná výkonnosť môže odrážať skutočnú produktivitu. Všeobecné vzťahy medzi vnímanou výkonnosťou a environmentálnymi faktormi boli potvrdené laboratórnymi testami na základe objektívnych meraní výkonnosti. Presnosť úsudku ľudí o ich výkonnosti je však veľmi diskutabilná. Vzájomný vzťah medzi subjektívnym a objektívnym hodnotením výkonnosti je veľmi slabý. Túto metódu hodnotenia výkonnosti nemôžeme považovať za presnú, ale môžeme ju považovať za informačnú metódu.

V niekoľkých štúdiách bolo zistené, že existuje vzťah medzi kvalitou vnútorného prostredia a spokojnosťou užívateľov s ich pracovným prostredím. Nicol a Humphreys zistili, že spokojnosť a komfort užívateľov s vnútorným prostredím má priamu súvislosť s úrovňou samohodnotenia výkonnosti. Zistili, že fyzikálne prostredie ovplyvňuje spokojnosť zamestnancov, čo ovplyvňuje efektivitu zamestnancov, čím môže byť ovplyvnená prevádzka, pracovný postup (priebeh) a financie spoločnosti (firmy - podniky). Vnútorné prostredie je definované ako dôležitá súčasť spokojnosti a výkonnosti zamestnancov. Ďalej uviedli, že nízka kvalita prostredia môže predĺžiť čas stratený v dôsledku choroby a stres môže viesť k nehodám a môže spomaliť tempo práce alebo znížiť kvalitu výstupov.

V ďalšej štúdií zisťovali ako tepelná pohoda ovplyvňuje spokojnosť a výkonnosť užívateľov. Štúdia bola vykonaná v 6 administratívnych budovách, kde porovnávali odpovede užívateľov z dotazníkov so špecifickými kritériami stanovenými ASHRAE. Iba 57 % užívateľov bolo spokojných s teplotou, čo bolo pod akceptovaným štandardom podľa ASHRAE (80 % a viac užívateľov spokojných s teplotou). Približne 80 % respondentov uviedlo, že tepelná pohoda by mohla zvýšiť ich pracovnú výkonnosť.

V ďalšej štúdií sa skúmalo ako teplota v kanceláriách ovplyvňuje zdravie a výkonnosť. Autori uvádzajú, že teplota v interiéri ovplyvňuje niekoľko ľudských reakcií, vrátane tepelného komfortu, vnímanej kvality vzduchu, príznakov SBS a pracovnej výkonnosti. Vedci zhromaždili merania výkonnosti s jednoduchým modelom vyvinutým na základe predchádzajúcich štúdií. Výsledky ukázali zníženie pracovnej výkonnosti o 2 % pri teplote v °C, keď je teplota asi 25 °C. Taktiež uviedli, že je málo štúdií zameraných na výskum výkonnosti pri nízkych teplotách. Avšak, podľa dostupnej literatúry bol preukázaný negatívny vplyv teploty pod neutrálnou oblasťou na plnenie úloh. Melikov a kol. skúmali 10 mechanicky vetraných administratívnych budov a zistili, že približne polovica (49 %) užívateľov uviedla, že sa denne trápi s teplotnými podmienkami na ich pracovisku a (48 %) bolo nespokojných s kvalitou vnútorného vzduchu. Podobné výsledky boli zaznamenané v inej štúdií, kde iba 57 % užívateľov bolo spokojných s teplotou v interiéri.

Stav spokojnosti s akustickými podmienkami je sledovaná vo viacerých štúdiách. V open space kanceláriách je hluk často spojený s nespokojnosťou užívateľov. Hluk je definovaný ako zvuk, ktorý je hlasný, nežiaduci alebo spôsobuje poruchu. Zdroje hluku v open space kanceláriách sú reč/konverzácia spolupracovníkov, prístroje (napr. tlačiarne, telefóny, systémy techniky prostredia) a doprava. Hluk z týchto zdrojov sa šíri po kancelárii v dôsledku otvorenej dispozície.

Pre zistenie vzťahu medzi akustickými podmienkami v open space kanceláriách a spokojnosťou užívateľov bola vykonaná laboratórna štúdia. Z výsledkov štúdie vplyvu hluku na spokojnosť užívateľov vyplýva, že štandard pre hladinu akustického tlaku 40 – 49,5 dB(A) považovali respondenti za príliš nízku a 55-60 dB(A) za príliš vysokú pre administratívne priestory.

Wright a kol. vykonali experimentálny výskum s cieľom zistiť, aký typ osvetlenia je najvhodnejší pre užívateľov v kanceláriách. Užívatelia (16 z toho 9 mužov) vykonávali v simulovanom kancelárskom prostredí štandardnú administratívnu prácu na PC, ktorá pozostávala z 2 typov úloh – prepis textu a sťahovanie údajov. V experimentálnej miestnosti 6,2x6,3x2,4 m, ktorá pozostávala z pracovného stola, kartotéky, skrinky a poličiek, boli simulované rôzne systémy osvetlenia. Počas simulovania všetkých svetelných podmienok respondenti vykonávali úlohy a vyplnili dotazník týkajúci sa svetelných podmienok. Priemerná hodnota osvetlenosti bola 500 lx, zníženie na 456 – 486 lx podľa dotazníkového hodnotenia respondenti nevnímali ako významné zlepšenie svetelných podmienok; nárast od 500 do 579 lx bol vnímaný ako zlepšenie svetelných podmienok na pracovnom stole pri vykonávaní kancelárskych

úloh. Osvetlenie pracovného stola neovplyvnilo počet chýb pri písaní textu a respondenti hodnotili osvetlenie ako adekvátne (94-100%) pri všetkých simulovaných svetelných podmienkach. Rôzne úrovne osvetlenosti ovplyvňujú vnímanie osvetlenia respondentmi, ale neovplyvnilo to ich pracovnú výkonnosť.

Výhody subjektívne hodnotenej výkonnosti:

- zistenie vplyvov výkonnosti;
- vyplnenie dotazníka väčším množstvom ľudí, pomerne lacno;
- hodnotenie prebieha rýchlo a ľahko;
- všeobecná otázka môže byť všestranne použiteľná;
- je bežnou praxou;
- vzťahy medzi prostredím a subjektívnym meraním sú podporené objektívnym výskumom, čo naznačuje, že je to významný ukazovateľ;
- vysoká korelácia (vzájomný vzťah) medzi vnímanými účinkami a komfortom naznačuje, že vplyvy môžu byť spoľahlivo identifikovateľné.

Nevýhody subjektívne hodnotenej výkonnosti:

- nie je overená presnosť znalosti práce;
- štúdie naznačujú, že ľudia veľmi nízko hodnotia svoju výkonnosť;
- vnímanie výkonnosti je skreslené
- štúdie o vzájomnom vzťahu medzi subjektívnym a objektívnym hodnotením sú málo dostupné (je ich málo);
- numerické stanovenie sa zdá presnejšie ako subjektívne.

3.3.6 Ako zlepšiť pracovné prostredie:

Obmedzte množstvo hluku

Kým niektorí ľudia sa lepšie sústredia v tichu, iní radi pracujú s hlukom v pozadí vrátane hudby. Môžete znížiť hladinu hluku, aby ste vytvorili pokojnejšie a pozitívnejšie pracovné prostredie pre tých, ktorí nemajú radi hluk.

Maximalizujte prirodzené osvetlenie

Pri výbere kancelárskych priestorov dbajte najmä na počet a veľkosť okien. Je lepšie pracovať v kanceláriách s čo najväčším množstvom prirodzeného svetla.

Investujte do ergonomického nábytku

Pohodlný nábytok môže zvýšiť produktivitu, znížiť bolesť a únavu svalov a pozitívne ovplyvniť pohybový aparát.

Udržujte príjemnú teplotu

Hoci sa odborníci nevedia dohodnúť na ideálnej teplote v kancelárii, na základe našich pozorovaní sa najpohodnejšia teplota pohybuje od 20 do 24 stupňov.

Kontrolujte kvalitu vzduchu

Hoci mnohí ignorujú kvalitu vzduchu v kancelárii, znečistený vzduch môže viesť k rôznym chorobám a zníženej produktivite.

Udržujte priestor organizovaný a prehľadný

Ak rozšírite pracovný priestor, všimnete si zvýšenú efektivitu, motiváciu a kreativitu. Správne by ste si mali rozmiestniť aj nábytok, aby kancelária nepôsobila neusporiadane.

Zahrňte svetlé farby

Farby s vysokou vlnovou dĺžkou majú významný vplyv na úroveň energie, čo prispieva k efektívnejšej práci.

Zabezpečte bezpečnú pitnú vodu

Výskumy ukazujú, že pitie dostatočného množstva vody ovplyvňuje našu pohodu, zlepšuje spánok, zvyšuje energiu a koncentráciu. Vysokokvalitná voda môže zlepšiť duševnú jasnosť a bdelosť, čo vedie k produktívnej práci.

Pridajte viac zelene

Aj keď mnohí ignorujú dôležitosť rastlín v pracovných priestoroch, čím viac zelene máte, tým vyššia bude produktivita vašich zamestnancov.

Poskytnite zdravé jedlo

Na zvýšenie produktivity musia ľudia dodržiavať výživnú a vyváženú stravu. Môžete si objednať čerstvú zeleninu a ovocie, aby boli dostupné pre každého zamestnanca.

Obr. 3.12 Zlé pracovné prostredie znižuje produktivitu



Zdroj: <https://www.alert-software.com/blog/how-to-increase-productivity-in-the-workplace>

3.4 Legislatíva

Podľa zákona č. 355/2007 Z.z. pracovné podmienky sú fyzikálne, chemické, biologické, fyziologické, psychologické faktory a spôsob výkonu práce pôsobiace na zdravie a pracovnú výkonnosť človeka v pracovnom procese; sú ovplyvňované režimom práce, odpočinkom a technickým stavom pracovného prostredia. Zdravé životné podmienky a zdravé pracovné podmienky sú podmienky, ktoré nepôsobia nepriaznivo na zdravie ľudí, ale ho chránia a kladne ovplyvňujú.

Na Slovensku platí Vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR č. 259/2008 Z.z., ktorou sa ustanovujú najvyššie prípustné hodnoty zdraviu škodlivých faktorov vo vnútornom prostredí budov. Tepelno-vlhkostnou mikroklimou je komplexné pôsobenie tepla, vlhkosti a prúdenia vzduchu, ktoré je súčasťou celkovej mikroklimy vnútorného prostredia budovy. Základné veličiny na hodnotenie tepelno-vlhkostnej mikroklimy vo vnútornom prostredí sú teplota vzduchu (t_a), operatívna teplota (t_o), výsledná teplota guľového teplomeru (t_g), relatívna vlhkosť vzduchu (φ alebo rh) a rýchlosť prúdenia vzduchu (v_a). Teplým obdobím roka je obdobie s priemernou dennou vonkajšou teplotou vzduchu $13\text{ }^\circ\text{C}$ a vyššou; ak klesne priemerná denná teplota počas dvoch po sebe nasledujúcich dní pod $13\text{ }^\circ\text{C}$, hodnotí sa prostredie podľa hodnôt pre chladné obdobie roka. Optimálne a prípustné podmienky tepelno – vlhkostnej mikroklimy pre teplé a chladné obdobie roka pre triedu činnosti „1a“ podľa vyhlášky MZ SR č. 259/2008 Z.z. sú uvedené v Tab. 1. Trieda činnosti „1a“ – činnosť posediačky s minimálnou pohybovou aktivitou (administratívne práce), činnosť posediačky spojená s ľahkou manuálnou prácou rúk a ramien (písanie na stroji, práca s PC, zostavovanie alebo triedenie drobných ľahkých predmetov). Podľa Nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 555/2006 Z.z., ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 115/2006 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou hluku je prípustná hodnota hluku na pracovisku pre skupinu prác II 50 dB.

Tab. 3.2 Optimálne a prípustné podmienky tepelno – vlhkostnej mikroklimy

	Operatívna teplota t_o [$^\circ\text{C}$]		Prípustná rýchlosť prúdenia vzduchu v_a [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	Prípustná relatívna vlhkosť vzduchu φ [%]
	optimálna	prípustná		
Teplé obdobie roka	23 - 27	20 - 28	$\leq 0,25$	30 až 70
Chladné obdobie roka	20 - 24	18 - 26	$\leq 0,2$	

Podľa Vyhlášky Ministerstva zdravotníctva SR č. 206/2011 Z.z., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR č. 541/2007 Z.z. o podrobnostiach a požiadavkách na osvetlenie pri práci. Najnižšie prípustné hodnoty celkovej udržiavanej osvetlenosti vnútorného priestoru pracoviska alebo jeho funkčne vymedzenej časti z celkového osvetlenia sú pre dlhodobý pobyt zamestnanca v priestoroch s dostatočným denným osvetlením 200 lx, so združeným osvetlením 500 lx. Dlhodobý pobyt zamestnanca na pracovisku je pobyt zamestnanca vo vnútornom priestore alebo v jeho funkčne vymedzenej časti, ktorý trvá v priebehu jedného dňa alebo pracovnej zmeny dlhšie ako štyri hodiny. Združené osvetlenie je trvalé dopĺňanie nedostačujúceho denného svetla svetlom zo zdrojov umelého osvetlenia.

Tab. 3.3 Smerné hodnoty pre koncentráciu TVOC

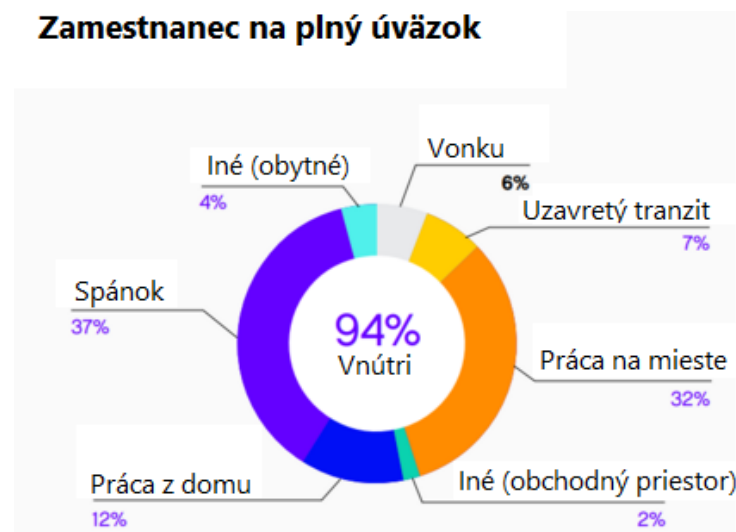
Odporúčanie	Koncentrácia TVOC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
Molhave (1991) [20]	<200	Komfort
	200 – 3000	Expozícia viacerých faktorov
	30000 – 25000	nepohoda
	>25000	Toxické účinky
Seifert (1992) [21]	300	
USA [22]	200	
Nemecko [23]	300	
Austrália [24]	500	
Fínsko [25]	200	Najlepšia kvalita vnútorného vzduchu; 90% užívateľov je spokojných
	300	Stredná kvalita vnútorného vzduchu; v miestnosti je slabý odor
	600	Minimálna požiadavka

Podľa Molhaveho „Smernica je súborom kritérií, špeciálne zostavených pre označenie prahových hodnôt škodlivých alebo bez škodlivých účinkov v súlade s dobrým zdravím“. Len málo krajín má smernice pre koncentráciu sumy prchavých organických látok (TVOC) vo vnútornom prostredí (Tab. 3.3). Napriek všadeprítomným charakteristikám a závažnosti VOCs vo vnútornom prostredí je prekvapujúce, že sa neobjavila/nevyšla žiadna smernica pre koncentráciu VOCs vo vnútornom prostredí. Suma prchavých organických látok je ukazovateľom prítomnosti VOC v interiéri.

Kvalita vnútorného prostredia zahŕňa kvalitu tepelnej pohody, kvalitu vnútorného vzduchu (IAQ), zdravie a pohodu, ktoré môže vnútorné prostredie budovy ponúknuť obyvateľom a užívateľom. Úroveň IEQ závisí od mnohých komplexných vzájomne prepojených parametrov a odráža výkonnosť budovy vo vzťahu k zdraviu a pohode jej obyvateľov. Je dobre známe, že IEQ môže byť ovplyvnené obyvateľmi a ich aktivitami vo vnútornom prostredí. Bolo veľmi dôležité vyvinúť lepšie riadiace techniky pre systémy vykurovania, vetrania a klimatizácie (HVAC), aby sa zabezpečilo riadenie spotreby energie a pohodlia obyvateľmi, vzhľadom na dôležitosť úspor energie v budovách. Vzťah medzi úrovňou spokojnosti obyvateľstva s podmienkami vnútorného prostredia a ich produktivitou na pracovisku je dobre známy. Vzťah medzi rozhodnutiami o obnove budov a úrovňou spokojnosti obyvateľstva s kvalitou vnútorného prostredia (IEQ) však nie je dostatočne preskúmaný. Užívateľský komfort a spotreba energie sa stávajú dvoma protichodnými entitami, čo vedie k pareto-optimálnym riadiacim líniam pri navrhovaní HVAC systémov. Rozdiel v energetickej náročnosti budov je známym fenoménom. Udržateľný návrh budov by mal byť v súlade s ešte naliehavšími požiadavkami na úsporu energie – ako v NZEB – a vysokou úrovňou kvality interiéru. Riešenie dvoch spoločných výziev pre výkonnosť budov – znižovanie uhlíkovej stopy spojenej s poskytovaním komfortného vnútorného prostredia a zlepšovaním zdravia a pohody obyvateľov – si vyžaduje komplexnejšie pochopenie toho, ako funguje vnútorné prostredie budov. Aby sme pochopili budúcnosť udržateľných budov, je dôležité si uvedomiť, že služby ako HVAC a osvetlenie sú poskytované tak, aby vytvorili vhodné pohodlné podmienky pre produktivitu zamestnancov. V priebehu rokov bola IEQ široko študovaná z rôznych perspektív: od prvých experimentov na hodnotenie fyziologickej odpovede jednotlivcov sa stala koncepciou zameranou na človeka. Pandémia COVID-19 výrazne ovplyvnila náš každodenný život. Rýchle šírenie COVID-19 (SARS-CoV-2) a následné úmrtia na celom svete viedli na konci decembra 2019 k vyhláseniu pandemickej situácie vo svete. Podľa štúdií ľudia vo všeobecnosti trávajú viac ako 60 % svojho času doma a zvyšok času v práci, škole alebo dochádzaním, čo vedie k tomu, že približne 90 % alebo viac času trávajú v budovách (Obr. 3.9). To isté sa podarilo na 100 % dosiahnuť v dôsledku pandémie COVID-19. Obavy zo šírenia vírusu v stiesnených priestoroch v dôsledku nedostatočného vetrania postupne vyvolali potrebu zlepšiť IAQ. IEQ budovy výrazne závisí od výkonu budovy, osvetlenia a systémov HVAC. Keďže ľudia trávajú viac času vo vnútri, je dôležité identifikovať vzťah medzi kvalitou vnútorného prostredia (IEQ) a zdravím obyvateľov budovy. Vzhľadom na drastické zmeny klimatických podmienok a vplyv globálneho otepľovania by sa pozornosť mala viac zamerať na kontrolu ľudského pohodlia a mala by sa analyzovať pomocou IEQ. Stratégie verejného zdravia na zníženie prenosu v interiéri, ako je vetranie a centralizovaná izolácia, budú prospešné pri prevencii a kontrole COVID-19. Návrh moderného pracovného prostredia musí zohľadňovať vysokú úroveň priestorových a technologických zmien poskytovaním citlivých systémov vykurovania a kvality vzduchu. Obyvatelia budovy budú vyžadovať vnútorné podmienky na podporu činností náročných na počítač, ako aj papierovanie. Obsadenie je kľúčovou vstupnou premennou pre dimenzovanie HVAC v budovách. Projektanti HVAC však zvyčajne odhadujú údaje o obsadenosti na základe predpokladov, ktoré len zriedka odrážajú skutočnú situáciu. V dôsledku toho môžu tieto predpoklady viesť k poddimenzovaným alebo predimenzovaným systémom HVAC, ktoré buď poskytujú príliš nízke alebo príliš vysoké špičkové zaťaženie alebo prietoky vetracieho vzduchu, než je skutočne potrebné na splnenie požiadaviek na kvalitu vnútorného prostredia v budovách počas prevádzky budovy. Podľa štúdie budovy pravidelne nefungujú na optimálnej úrovni a často nespĺňajú prognózy projektu. Tieto poruchy ovplyvňujú energetickú účinnosť, zabezpečujú primeranú kvalitu vnútorného prostredia a spokojnosť používateľov. Spokojnosť užívateľov so zeleňou je z hľadiska IEQ a výkonnosti budov výrazne vyššia ako z hľadiska tepelnej pohody, kvality vnútorného vzduchu (IAQ), vybavenia, prevádzky a údržby. Okrem toho sa analyzujú faktory ovplyvňujúce spotrebu energie budov s cieľom poskytnúť návod na ďalšie zlepšovanie výkonnosti zelených budov počas fázy návrhu a prevádzky. Výsledky inej štúdie naznačujú, že správcovia budov by mohli venovať

menšiu pozornosť ľuďom žijúcim v energeticky úsporných opatreniach a zároveň venovať väčšiu pozornosť komunikácii s bežnými ľuďmi, aby zvýšili ich povedomie o úsporách energie. Výsledky tejto štúdie tiež odhaľujú, že plytvajúci obyvatelia majú najväčší potenciál zmenšiť medzery, čo možno realizovať kombináciou komunikácií a zariadení HVAC systémov so zónovým ovládaním. Podľa štúdie možno robustnosť kancelárskej budovy alebo systému HVAC definovať ako mieru, do akej budova alebo systém spĺňa svoj účel návrhu v reálnej situácii. Nedostatočná robustnosť môže byť spôsobená precitlivosťou na odchýlky od projektových predpokladov, nereálnymi požiadavkami na údržbu, integráciou vykurovania a vetrania, reguláciou množstva privádzaného vzduchu a netransparentnosťou pre obyvateľov a správu budov. Ako uvádza štúdia, hodnotiace nástroje pre administratívne budovy sú veľmi dôležité. Práca vykonaná v štúdiu by mohla viesť k vývoju modelu IEQ, ktorý by odrážal názor používateľa. Použitie premenných používaných pri výpočte energetickej hospodárnosti budovy na výpočet IEQ je dôležitým krokom vo vývoji metodík hodnotenia kvality vnútorného prostredia, ak sa majú porovnávať medzi spotrebou energie a komfortom obyvateľov. Význam kancelárskeho prostredia pre pohodlie, produktivitu a zdravie pracovníkov nemožno preceňovať.

Obr. 3.13 Percentuálne prerozdelenie času tráveného zamestnancami vnútri



Zdroj: <https://www.bizjournals.com/washington/news/2021/04/06/steps-businesses-will-need-to-enhance-its-building.html>

Vnútorne prvky sú často prekvapivo toxické

Nedávno boli materiály s vysokým obsahom prchavých organických zlúčenín (VOC) zdôraznené ako obzvlášť škodlivé pre kvalitu vzduchu. EPA poukazuje na to, že koncentrácie VOC sú výrazne vyššie v interiéri, až desaťkrát vyššie ako vo vonkajšom prostredí. Keďže VOC sa bežne vyskytujú vo farbách, lakoch, prípravkoch na ochranu dreva a iných stavebných materiáloch, ľudia, ktorí trávia veľa času vo vnútri, sú pravdepodobne vystavení mimoriadne vysokým hladinám týchto škodlivých zlúčenín.

Vnútorne prvky ovplyvňujú to, ako pracujete, komunikujete a dokonca aj spíte

Vnútorne prostredie nemusí byť toxické, aby výrazne ovplyvnilo jeho obyvateľov. To je to, čo Well Living Lab, spolupráca medzi Delos a Mayo Clinic, zistilo vo svojej prvej štúdiu. Výskumníci pripevnili biometrické nositeľné zariadenia na kancelárskych pracovníkov a monitorovali ich biologickú reakciu na rôzne meniace sa prvky v prostredí, vrátane zmien v akustických, svetelných a tepelných podmienkach. Laboratórium dospelo k záveru, že takéto zmeny ovplyvnili výkon, interakciu a spánok pracovníkov. Sme citlivejší, než by sme si mysleli, na ešte jemnejšie zmeny

prostredia a výsledkom je, že ak interiérové prvky nie sú dôkladne optimalizované, ľudia sa nebudú cítiť ani podávať najlepšie výkony.

Kvalita vzduchu je jedným z najdôležitejších prvkov v interiéri

Zatiaľ čo všetkých 9 základov zdravej budovy je nevyhnutných pre optimalizované vnútorné prostredie, mnohí dizajnéri a podniky sa výrazne zameriavajú na kvalitu vzduchu. To dáva zmysel, pretože EPA uvádza, že zlá kvalita vnútorného ovzdušia môže mať dlhodobé účinky na zdravie, vrátane chorôb dýchacích ciest, rakoviny a srdcových chorôb. Menej závažné, ale napriek tomu škodlivé účinky zahŕňajú podráždenie, bolesti hlavy, závraty a únavu. Je dobre zdokumentované, že nedostatočné vetranie (a teda nižšia kvalita vnútorného vzduchu) môže viesť k strate produktivity a spokojnosti. EPA navrhuje niekoľko metód na zlepšenie IAQ, ako je odstránenie alebo zníženie znečistenia ovzdušia, zlepšenie vetrania a používanie čističov vzduchu. Keďže kvalita ovzdušia ovplyvňuje všetkých obyvateľov a môže mať trvalé následky, musí byť najvyššou prioritou pre každého.

Klimatické zmeny môžu ovplyvniť IEQ

Vzťah medzi vonkajším a vnútorným prostredím je prepojenejší, ako by sa na prvý pohľad mohlo zdať. To naznačuje správa Inštitútu medicíny z roku 2011, v ktorej sa uvádza, že zmena klímy môže zhoršiť už aj tak zlé vnútorné prostredie. Abstrakt uvádza: „Ako sa svetová klíma mení, budovy, ktoré boli navrhnuté tak, aby fungovali v „starých“ klimatických podmienkach, nemusia dobre fungovať v „nových“ – čo ovplyvňuje zdravie tých, ktorí v nich žijú, pracujú, študujú alebo sa hrajú.“ Faktory, ako je kvalita vzduchu, vlhkosť budov, tepelné namáhanie a vetranie, to všetko môže byť nepriaznivo ovplyvnené zmenou klímy. Ak tieto prvky nie sú začiarované, môžu vytvárať škodlivé vnútorné priestory, takže je dôležité ich monitorovať v starých aj nových budovách.

Integrácia biofilného dizajnu je lepšia pre všetkých zúčastnených

Typické vnútorné prostredie dnes nie je presne to, čo by sa dalo opísať ako „spojené s prírodou“. Vnútorné priestory majú tendenciu byť skôr uzavreté od prírodného sveta a mnohé z nich nemajú ani okná. Spojenie s prírodou je presne to, čo sa biofilný dizajn snaží vytvoriť, aby podporil zdravšie prostredie pre ľudí. Biofilný dizajn môže pomôcť zlepšiť behaviorálne zdravie, ako aj sociálnu interakciu a pracovný výkon. Mnohé ďalšie aspekty biofilného dizajnu sú prirodzene zdravé – napríklad prítomnosť rastlín môže zvýšiť IAQ – a je to tiež vysoko udržateľná filozofia dizajnu, vďaka čomu je atraktívnou voľbou pre ľudí aj pre vnútorné prostredie.

Štúdie dokazujú, že na pohodlí záleží

Väčšina vnútorných priestorov je postavená tak, aby bola pohodlná, ale len málo staviteľov a projektantov kvalifikuje pohodlie počas plánovania a procesov výstavby. Komfort možno korelovať s vnútornými prvkami, ktoré ovplyvňujú obyvateľov. Štúdia v International Journal of Sustainable Built Environment skúmala tepelný komfort, akustický komfort a vizuálny komfort. Každý prvok je nevyhnutný pre celkové IEQ a je potrebné ho regulovať, aby sa maximalizoval komfort užívateľov. Okrem toho je možné s týmito prvkami manipulovať a vytvárať rôzne vnútorné prostredia. Napríklad prirodzené vetranie spôsobuje, že ľudia sa cítia bližšie k prírode ako mechanické vetranie. Jednotlivé úrovne pohodlia tak môžu byť prispôbené potrebám obyvateľov a miestnemu prostrediu.

Dajte si pozor na syndróm chorých budov a choroby súvisiace s budovami

Rozsah negatívnych zdravotných účinkov, ktoré môže mať vnútorný priestor na obyvateľov, sa často kategorizuje pod pojmom syndróm chorých budov. Ako definuje EPA, syndróm chorých budov (SBS) sa „používa na opis situácií, v ktorých užívatelia budovy pociťujú akútne účinky na zdravie a pohodlie, ktoré sa zdajú byť spojené s časom stráveným v budove, ale nemožno identifikovať žiadne konkrétne ochorenie alebo príčinu.“ Zatiaľ čo vinníkov možno často ľahko identifikovať (napr. materiály s vysokým obsahom VOC, nedostatočné vetranie atď.), ak sa SBS nelieči, môže výrazne ovplyvniť zdravie ľudí. SBS môže ovplyvniť viac ako len fyzické zdravie; pracovníci môžu zaznamenať stratu energie a produktivity, zatiaľ čo návštevníci a hostia môžu pociťovať nespokojnosť s priestorom. Najlepšou prevenciou proti

SBS je nepretržitý dohľad nad prvkami interiéru a neustála údržba, aby sa zabezpečilo, že IEQ je čo najlepšie. Podobne ako SBS, choroba súvisiaca s budovami (BRI) sa týka zdravotných problémov, ktoré „možno priamo pripísať kontaminantom budov vo vzduchu“. Štúdia z roku 1994 v *Journal of Allergy and Clinical Immunology* kategorizovala mechanizmy, ktoré látky spôsobujú BRI, do štyroch kategórií: imunologické, infekčné, toxické a dráždivé. Je tiež možné, že BRI spôsobí viac ako jeden z týchto mechanizmov. Problémom SBS a BRI sa však dá predchádzať a dajú sa zvládnuť pomocou bdelosti a proaktívnych opatrení.

Cirkadiánne vystavenie svetlu môže zlepšiť produktivitu a náladu

Ľudské cirkadiánne rytmy sú zodpovedné za reguláciu našich energetických cyklov, ale mnohé umelo osvetlené komerčné prostredia tieto prirodzené rytmy narúšajú. V kancelárskom prostredí to často spôsobuje, že pracovníci počas dňa nepodávajú výkon a cítia sa ospalí, a vo všeobecnom komerčnom prostredí to môže spôsobiť pokles nálady u ľudí. Zohľadnenie cirkadiánnych rytmov v zastavanom prostredí v konečnom dôsledku pomáha pri zvyšovaní výkonu a vytvára pozitívnejšie emócie. Najmä cirkadiánne založené osvetlenie je veľmi prospešné. Bohužiaľ, veľa vnútorných prostredí nemá dostatok svetla na biologickú stimuláciu obyvateľov a uspokojenie cirkadiánnych cyklov. Keď je svetlo dostatočne schopné stimulovať biologickú odpoveď, IEQ sa zvyšuje. V jednej štúdií sa obyvatelia, ktorí dostávali viac cirkadiánnych stimulov, stali menej depresívnymi a viac spali. Úprava osvetlenia podľa cirkadiánneho cyklu človeka je jednoduchá, ale dramaticky efektívna zmena, ktorú môže ľahko urobiť každý vnútorný priestor.

3.5 COVID-19

REHVA zareagovala v roku 2020 na situáciu šírenia koronavírusu (SARS-CoV-2) spôsobujúceho ochorením (COVID-19) promptne, už 17. marca 2020 vydala usmerňovací dokument k zvládaniu situácie v režime pandémie covidu-19, ktorý aktualizovala 3. apríla 2020 a neskôr 3. augusta 2020, pričom tento dokument bol založený na najlepších aktuálnych dostupných dôkazoch a znalostiach. Na základe vývoja situácie, veľkého ohlasu a dopytu bol tento dokument 3. apríla 2021 aktualizovaný a takisto doplnený o najčastejšie kladené otázky a zhrnutie praktických opatrení týkajúcich sa prevádzky zariadení v budovách.

3.5.1 Ako prevádzkovať a využívať technické zariadenia budov s cieľom zabrániť šíreniu koronavírusu (SARS-CoV-2) spôsobujúceho ochorenie (COVID-19) v budovách

Dokument uvádza praktické odporúčania pre prevádzku budov:

Zvýšte prívod a odvod vzduchu

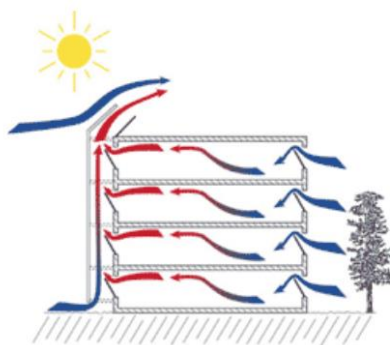
V budovách s núteným vetracím systémom sa odporúča predĺžiť čas prevádzky vetrania. Je potrebné zmeniť prevádzkové hodiny vetracieho systému tak, aby sa vetranie začalo pri menovitom prietoku najmenej 2 hodiny pred začiatkom používania budovy a prepnite na nižšiu rýchlosť 2 hodiny po čase používania budovy. V prípade vetracích systémov riadených podľa potreby, (DCV- Demand controlled ventilation, menia prietok vzduchu podľa žiadanej hodnoty CO₂), je potrebné zmeniť žiadanú hodnotu CO₂ na nižšiu hodnotu ako 400 ppm, aby sa zabezpečil trvalý chod pri menovitom prietoku vzduchu. Aj keď ľudia v budove nie sú prítomní, je potrebné udržiavať vetrací systém 24 hodín denne 7 dní v týždni v prevádzke pri zníženom prietoku vzduchu (ale nie vypnutom režime vetrania). V administratívnych budovách, ktoré boli uzavreté pre pandémiu sa neodporúča vypnúť vetranie, ale nechať systém nepretržite pracovať v utlmenom režime, pri zníženom prietoku vzduchu. Dané odporúčania v jarnom období s malými potrebami energie na vykurovanie a chladenie spôsobuje iba malé energetické straty, zatiaľ čo pomáha odstraňovať častice vírusov z budovy a z povrchov. Všeobecné odporúčanie je privádzať čo najviac vonkajšieho vzduchu. Kľúčovým aspektom je množstvo čerstvého vzduchu dodávaného na osobu. Ak sa z dôvodu zefektívnenia zníži počet zamestnancov, je potrebné obmedzenie koncentrácie zvyšných zamestnancov v menších priestoroch, ale je potrebné udržiavať medzi nimi rozstup (minimálna fyzická vzdialenosť je 2 – 3 m), aby sa podporilo prevetrávanie. Odsávacie

ventilačné systémy toaliet musia byť vždy zapnuté 24 hodín denne 7 dní v týždni a musia zabezpečiť podtlak, aby sa tým zabránilo prenosu častíc aerosólu z fekálií.

Využite prirodzené vetranie otváraním okien vo väčšej miere

Všeobecne sa odporúča vyhýbať sa preplneným a zle vetraným priestorom. V budovách bez núteného vetrania sa odporúča aktívne používať otváratelné okná (oveľa viac ako obvykle, aj keď to spôsobí určitý tepelný diskomfort). Vetranie oknami je dobrý spôsob, ako zvýšiť intenzitu výmeny vzduchu. Pri vstupe do miestnosti otvorte okná na približne 15 minút (najmä ak miestnosť predtým bola obsadená inými osobami). V budovách s núteným vetraním sa vetranie oknami môže použiť aj ako ďalší prostriedok na zvýšenie intenzity vetrania. Otvorené okná na toaletách s pasívnym vztlakovým vetraním alebo núteným odsávacím systémom môžu spôsobiť šírenie kontaminovaného prúdu vzduchu z toalety do iných miestností, čo znamená, že vetranie začne pracovať v nesprávnom (opačnom) smere. Potom by sme sa mali vyhnúť otvoreniu okien na toalete. Ak nie je zabezpečené dostatočné odsávanie z toaliet a nedá sa zabrániť vetraniu oknami na toaletách, potom je dôležité nechať okná otvorené aj v iných priestoroch, aby sa zabránilo šíreniu kontaminovaného aerosólu v celej budove.

Obr. 3.14 Prirodzené vetranie



Zdroj: https://www.appropedia.org/Natural_Ventilation

Použitie zvlhčovania a klimatizácie nemá žiadny praktický účinok

Relatívna vlhkosť (RH) a teplota prispievajú k prenosu vírusu vo vnútri budovy, čo má vplyv na životaschopnosť vírusu, na tvorbu aerosólových (kvapôčkových) jadier a na citlivosť slizníc hostiteľa. Prenos niektorých vírusov v budovách môže byť obmedzený zmenou teploty vzduchu a úrovne vlhkosti. V prípade COVID-19 to, bohužiaľ, nie je možné, pretože koronavírusy sú celkom odolné proti zmenám prostredia a sú citlivé iba na veľmi vysokú relatívnu vlhkosť vzduchu, vyššiu ako 80 %, a teplotu vyššiu ako 30 °C, ktoré zase nie sú prijateľné v budovách z iných dôvodov (napr. tepelný komfort a mikrobiálny rast). Zistilo sa, že SARS-CoV-2 je vysokostabilný počas 14 dní pri 4 °C. Na inaktiváciu vírusu by bolo potrebných 37 °C počas jedného dňa a 56 °C počas 30 minút. Stabilita SARS-CoV-2 (životaschopnosť) bola potvrdená pri typickej vnútornej teplote 21 – 23 °C a relatívnej vlhkosti 65 % ako veľmi vysoká stabilita vírusu. Spolu s predchádzajúcimi dôkazmi o MERS-CoV je dobre zdokumentované, že zvlhčovanie až do 65 % môže mať veľmi obmedzený alebo žiadny vplyv na stabilitu vírusu SARS-CoV-2. Dôkazy preto nepodporujú, že mierna vlhkosť (RH 40 – 60 %) bude prospešná pri znižovaní životaschopnosti SARS-CoV-2, takže zvlhčovanie NIE je metódou na zníženie životaschopnosti SARS-CoV-2. Malé kvapôčky, ktoré sú predmetom záujmu (0,5 – 10 mikróv), rýchlo sa odparia pri akejkoľvek úrovni relatívnej vlhkosti (RH). Dýchacie cesty v nose a sliznice sú náchylnejšie na infekcie pri veľmi nízkej RH 10, 20 %, a to je dôvod, prečo sa niekedy v zime navrhuje zvlhčovanie (na úroveň 20 – 30 %). Táto nepriama potreba zvlhčovania v zime v prípade COVID-19 nie je relevantná vzhľadom na prichádzajúce klimatické podmienky (od marca očakávame vnútornú vlhkosť vzduchu vyššiu ako 30 % vo všetkých európskych klimatických podmienkach bez zvlhčovania). Preto v budovách vybavených centrálnym zvlhčovaním nie je potrebné meniť žiadané

hodnoty zvlhčovacích systémov (zvyčajne 25 alebo 30 %). Vykurovacie a chladiace systémy sa dajú prevádzkovať normálne, pretože na šírenie COVID-19 nemajú žiadne priame dôsledky. Zvyčajne nie je potrebné nastavovať žiadané hodnoty pre vykurovacie alebo chladiace systémy.

Bezpečné používanie systému spätného získavania tepla

Za určitých podmienok môžu vírusové častice z odvádzaného vzduchu opäť vstúpiť do budovy. Zariadenia na spätné získavanie tepla môžu prenášať vírus spojený s časticami aerosólu zo strany odpadového vzduchu na stranu privádzaného vzduchu cez netesnosti. Rotačný regeneračný výmenník tepla typu „vzduch/vzduch“ (nazývaný tiež entalpický) môže mať značnú infiltráciu vzduchu netesnosťami v prípade zlej konštrukcie a údržby. V prípade správne fungujúcich rotačných regeneračných výmenníkov tepla, ktoré sú vybavené čistiacimi sekciami a správne nastavené, je stupeň tesnosti približne rovnaký ako pri doskových výmenníkoch tepla – v rozsahu 1 – 2 %.

Pri súčasných systémoch by netesnosť mala byť pod 5 % a mala by byť kompenzovaná zvýšením prívodu vonkajšieho vzduchu podľa normy EN 16798-3:2017. Mnohé rotačné regeneračné výmenníky však nemusia byť správne nainštalované. Najčastejšou chybou je to, že ventilátory sú namontované tak, že vytvárajú vyšší tlak na strane odpadového vzduchu. To spôsobí prienik odpadového vzduchu do privádzaného vzduchu. Úroveň nekontrolovaného prenosu znečisteného odpadového vzduchu môže byť v týchto prípadoch cca 20 %, čo nie je prijateľné.

Rotačné regeneračné výmenníky tepla, ktoré sú správne navrhnuté, nainštalované a udržiavané, majú takmer nulový prenos tuhých znečisťujúcich látok (vrátane vzdušných baktérií, vírusov a húb), ale tento prenos je limitovaný na plynné znečisťujúce látky, ako je tabakový dym a iné pachy. Neexistuje dôkaz, že častice nesúce vírus s rozmermi od 0,1 mikrónu by mohli preniknúť v nadmernom množstve netesnosťami do prívodu vzduchu.

Keďže miera netesnosti nezávisí od rýchlosti otáčania rotora, nie je potrebné vypínať rotory. Normálna prevádzka rotačných regeneračných výmenníkov umožňuje dosiahnutie vyššieho prietoku vzduchu. Je známe, že prienik infiltráciou je najvyšší pri nízkom prietoku vzduchu, preto sa odporúčajú vyššie prietoky vzduchu.

Ak existuje podozrenie na netesnosti v systéme rekuperácie tepla, môže byť riešením nastavenie tlaku alebo obtok (bypass) na zníženie tlaku (niektoré systémy môžu byť vybavené obtokom), aby sa zabránilo situácii, keď vyšší tlak na strane odvodu vzduchu spôsobí prienik netesnosťou na stranu prívodu vzduchu. Nastavenie tlaku môže byť korigované klapkami alebo inými primeranými radiaciami prvkami.

Na záver je možné odporučiť kontrolu celého systému na spätné získavanie tepla vrátane merania rozdielu tlaku. Pre dodržanie vysokej miery ochrany by mal personál údržby plniť štandardné bezpečnostné postupy týkajúce sa práce v znečistenom prostredí vrátane používania rukavíc a ochrany dýchacích ciest. Prenos vírusových častíc pomocou zariadení na rekuperáciu tepla nie je problémom, ak je systém vetrania vybavený nepriamym systémom rekuperácie alebo iným zariadením na rekuperáciu tepla, ktoré zaručuje 100 % oddelenie vzduchu medzi výstupom a prívodom vzduchu.

Nepoužívajte recirkuláciu vzduchu

Častice vírusu z výfukového potrubia sa môžu znova dostať do budovy, keď sú zariadenia na úpravu vzduchu vybavené recirkuláciou vzduchu. Odporúča sa nepoužívať recirkuláciu vzduchu v centrálnych vetracích systémoch počas epidémie SARS-CoV-2: odporúča sa uzavrieť recirkulačné klapky (prostredníctvom automatického systému riadenia budovy alebo ručne). Vzduchotechnické jednotky so systémom recirkulácie sú niekedy vybavené filtermi vzduchu. Toto by nemal byť dôvod na to, aby boli recirkulačné klapky otvorené, pretože tieto filtre normálne nefiltrujú častice s vírusmi, pretože majú štandardnú účinnosť nízku (trieda filtrov hrubá G4/M5 alebo ISO/ePM10) a nie účinnosť HEPA.

Niektoré systémy (fan coils alebo indukčné jednotky) pracujú s miestnou cirkuláciou vzduchu (na úrovni miestnosti). Ak je to možné (a nevyžadujú sa žiadne významné požiadavky na chladenie), odporúča sa vypnúť tieto systémy, aby sa zabránilo recirkulácii vírusových častíc na úrovni miestnosti (napríklad, ak miestnosti bežne používa viac ako jeden užívateľ). Tieto systémy (fan coils alebo indukčné jednotky) majú hrubé filtre, ktoré prakticky nefiltrujú malé častice s vírusmi, ale stále môžu koncentrovať a rozptyľovať najmenšie častice. Na povrchu výmenníka tepla fan coilu sa vírus

môže zničiť zvýšením teploty na 60 °C na jednu hodinu alebo 40 °C na jeden deň. Ak nie je možné vypnúť výmenníky fan coilov (z dôvodu potreby chladiť alebo ohrievať), odporúča sa, aby ventilátory boli v prevádzke nepretržite, aby tým zabránili vírusu usadiť sa vo filtroch a reaktivovať sa, keď sa ventilátory opäť zapnú. Pri nepretržitej prevádzke fan coilov bude vírus odstránený odvetraním prostredníctvom centrálného vetracieho systému.

Čistenie ventilačného potrubia nemá žiadny praktický účinok

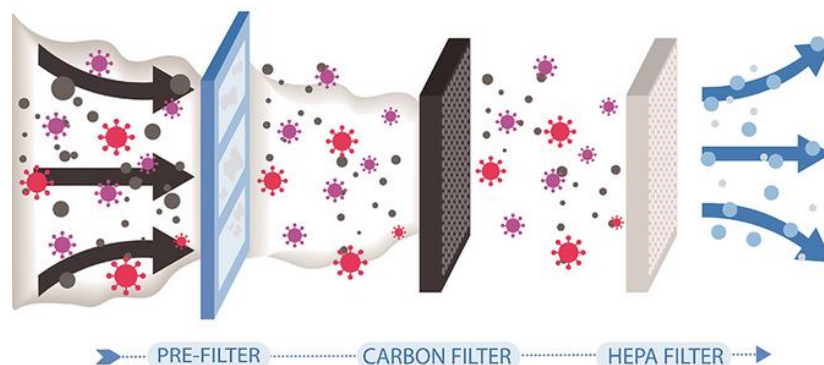
Boli urobené prehnané vyhlásenia odporúčajúce čistenie ventilačných potrubí, aby sa predišlo prenosu SARS-CoV-2 cez vetracie systémy. Čistenie ventilačného potrubia nie je účinné proti infekcii medzi miestnosťami, pretože ventilačný systém nie je zdrojom kontaminácie, ak vyššie uvedené odporúčania týkajúce sa spätného získavania tepla a recirkulácie sú dodržané. Vírusy s aerosólom ako nosičom nebudú ľahko sedimentovať vo vetracích potrubíach a normálne budú odvádzané prúdom vzduchu. Z tohto dôvodu nie sú potrebné žiadne zmeny bežných postupov čistenia a údržby potrubí. Oveľa dôležitejšie je zvýšiť prívod čerstvého vzduchu a vyhnúť sa recirkulácii vzduchu.

Výmena vzduchových filtrov na prívode vonkajšieho vzduchu nie je potrebná

V súvislosti s COVID-19 sa objavil problém, aby sa vymenili filtre, a otázka aký je ochranný účinok pred vonkajšou kontamináciou vírusmi, ak vo veľmi zriedkavých prípadoch sú výfukové otvory vetracieho systému v blízkosti vstupu vzduchu. Moderné vetracie systémy (VZT – vzduchotechnické jednotky) sú vybavené jemnými vonkajšími vzduchovými filtermi hneď po vstupe vonkajšieho vzduchu (trieda filtrov F7 alebo F8 alebo ISO ePM2.5 alebo ePM1), ktoré dobre filtrujú častice z vonkajšieho vzduchu. Veľkosť samotných častíc koronavírusu je 80 – 160 nm (PM0.1), je menšia ako rozsah zachytávania filtrov triedy F8 (účinnosť zachytenia 65 – 90 % pre PM1), ale veľa z týchto malých častíc sa zachytí na vláknach filtra difúznym mechanizmom. Častice SARS-CoV-2 sa tiež agregujú s väčšími časticami, ktoré sa už nachádzajú v oblasti zachytávania filtra. To znamená, že v zriedkavých prípadoch vírusom kontaminovaného vonkajšieho vzduchu poskytujú štandardné filtre vonkajšieho vzduchu primeranú ochranu pre nízku koncentráciu a príležitostne rozšírené vírusy vo vonkajšom vzduchu. Zariadenia na rekuperáciu tepla a recirkuláciu sú vybavené menej účinnými filtermi na strane odsávania vzduchu (G4/M5 alebo ISO coarse/hrubý/ePM10), ktorých úlohou je chrániť zariadenie pred prachom. Tieto filtre nemusia odfiltrovať malé častice, pretože vírusové častice sa budú odvádzat' von vetracím systémom na odvod vzduchu. Z hľadiska výmeny filtra je možné použiť bežné postupy údržby. Zanesené filtre nie sú zdrojom znečistenia, ale znižujú prietok privádzaného vzduchu, čo má negatívny vplyv na samotné znečistenie vzduchu v interiéri. Preto musia byť filtre vymenené, keď sú prekročené limity tlakovej straty alebo času alebo podľa plánovanej údržby. Taktiež je možné odporučiť, aby sa nevymieňali existujúce filtre vonkajšieho vzduchu a nevymieňali sa za iný typ filtrov, ani sa neodporúča meniť skôr, ako je obvyklé. Personál údržby HVAC môže byť ohrozený, ak sa filtre (najmä filtre odpadového vzduchu) nevymieňajú v súlade so štandardnými bezpečnostnými postupmi. Z bezpečnostných dôvodov pri manipulácii je treba vždy predpokladať, že na filtroch je aktívny mikrobiologický materiál vrátane životaschopných vírusov. Toto je obzvlášť dôležité v každej budove, kde sa v danom období vyskytla infekcia. Filtre by sa mali vymieňať pri vypnutom systéme, pri používaní rukavíc, s ochranou dýchacích ciest a likvidovať v uzavretom vrecku.

Čističe vzduchu v miestnosti môžu byť užitočné v konkrétnych situáciách

Čistiare vzduchu v miestnostiach účinne odstraňujú častice zo vzduchu, čo zaisťuje účinok podobný vetraniu. Aby boli čističe vzduchu účinné, musia mať účinnosť aspoň HEPA filtra (Obr. 3.15). Zariadenia, ktoré používajú princípy elektrostatickej filtrácie (nie sú tie isté ako ionizátory v miestnosti), často tiež fungujú celkom dobre.



Zdroj: https://www.mediclinics.com/en/blog/23_are-hepa-filters-a-safe-solution-for-covid-19.html

Pretože prúdenie vzduchu čističmi vzduchu je obmedzené, podlahová plocha, pre ktorú môžu účinne slúžiť, je zvyčajne pomerne malá, obvykle menšia ako 10 m². Ak sa použije čistič vzduchu (zvýšenie prívodu čerstvého vzduchu pravidelným vetraním je často účinnejšie), odporúča sa umiestniť spotrebič do blízkosti zóny dýchania. Špeciálne UV čistiace zariadenie na čistenie vzduchu v miestnosti je tiež účinné na ničenie baktérií a vírusov, ale štandardne je toto zariadenie vhodné pre vybavenie nemocníc a zdravotníckych zariadení.

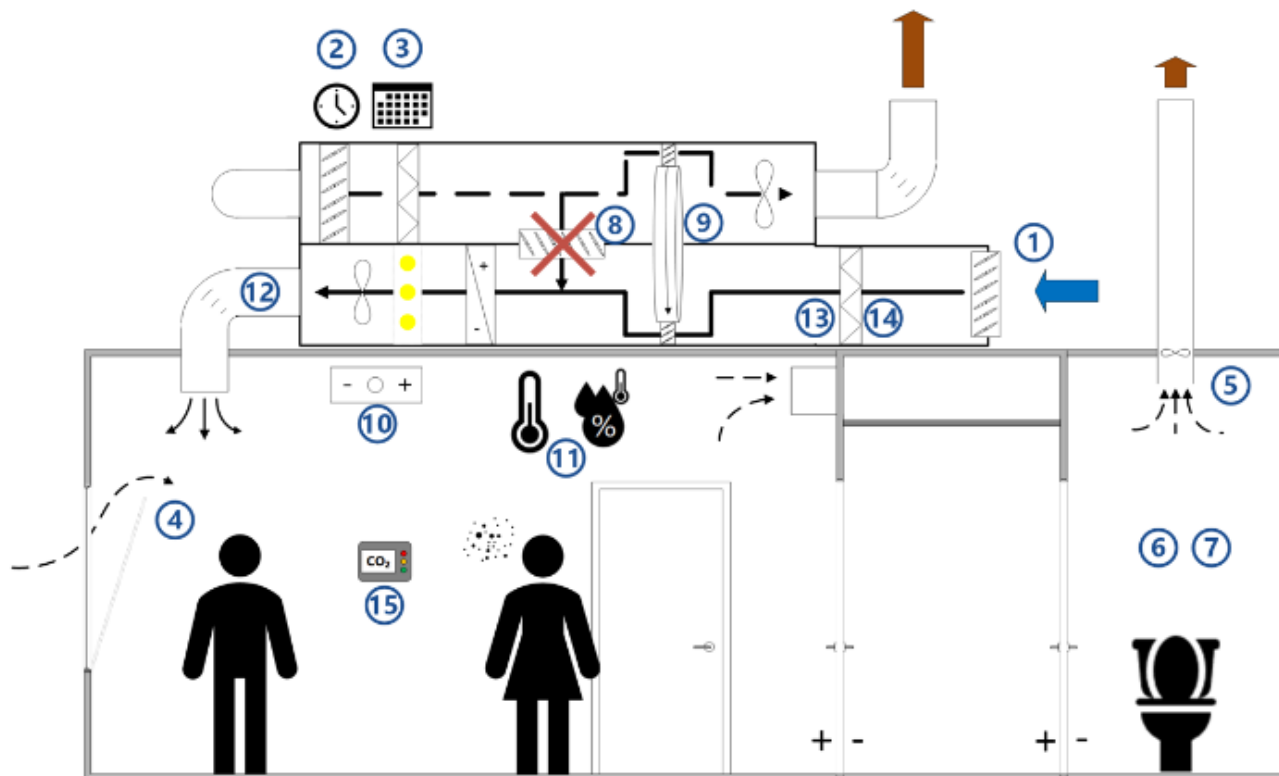
Návod na použitie veka toalety

Ak sú toaletné misy vybavené vekami, odporúča sa toalety vypláchnuť uzavretými vekami, aby sa minimalizovalo uvoľňovanie kvapôčok a aerosólu do vzduchu obklopujúceho toaletnú misu. Je dôležité, aby fungovalo oddelenie ovzdušia vnútorného prostredia od kanála pomocou sifónu v mise toalety (bolo zaliate vodou).

Usmernenie podľa REHVA

Toto usmernenie REHVA o prevádzke technických zariadení budov zahŕňa 15 hlavných položiek, ako je znázornené na obrázku (Obr. 3.16).

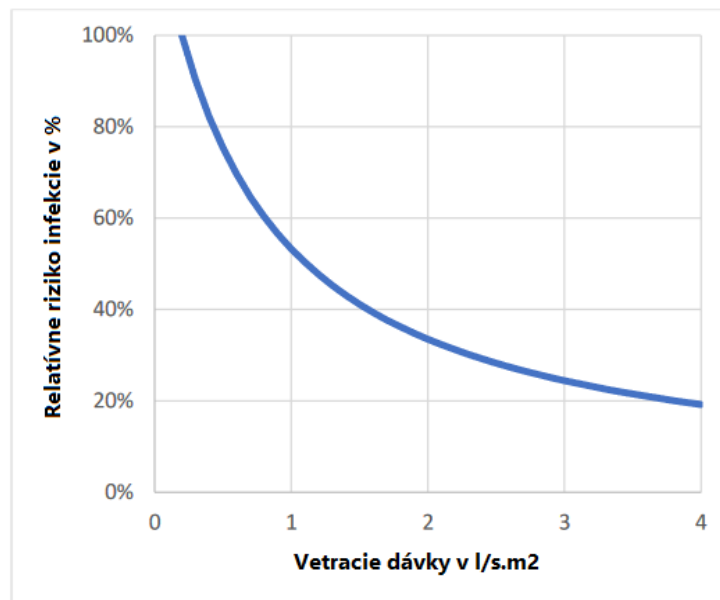
1. Miery vetrania,
2. Prevádzkové časy vetrania,
3. Prepísanie nastavení riadenia dopytu,
4. Otváranie okna,
5. Vetranie WC,
6. Okná na toaletách,
7. Splachovanie záchodov,
8. Recirkulácia,
9. Zariadenie na rekuperáciu tepla,
10. Fan coils a delené jednotky,
11. Vykurovanie, chladenie a možné menovité hodnoty zvlhčovania,
12. Čistenie potrubia,
13. Filtre vonkajšieho a odsávaného vzduchu,
14. Údržbárske práce,
15. Monitorovanie kvality vnútorného ovzdušia (IAQ).



Zdroj: https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V4.1_15042021.pdf

Podľa súčasného stavu poznania sa korónové vírusy prenášajú kvapôčkovou infekciou a pomocou aerosólov, preto sa odporúča dobré vetranie miestností s čo najvyšším podielom vonkajšieho vzduchu.

Obrázok (Obr. 3.17) umožňuje odhadnúť, aký je rozdiel medzi rýchlosťami vetrania kategórie II a I. Pri 10 m² na osobu sa prietok vzduchu stáva 1,4 a 2,0 l/s na m² v kategórii II a I, keď sa berú do úvahy nízko znečisťujúce materiály. Výsledkom je vetranie kategórie II v 43 % relatívnom riziku a kategórii I v 34 %, čo ukazuje výrazné zlepšenie, keďže krivka má celkom hlboký svah v tomto rozsahu.



Zdroj: https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V4.1_15042021.pdf

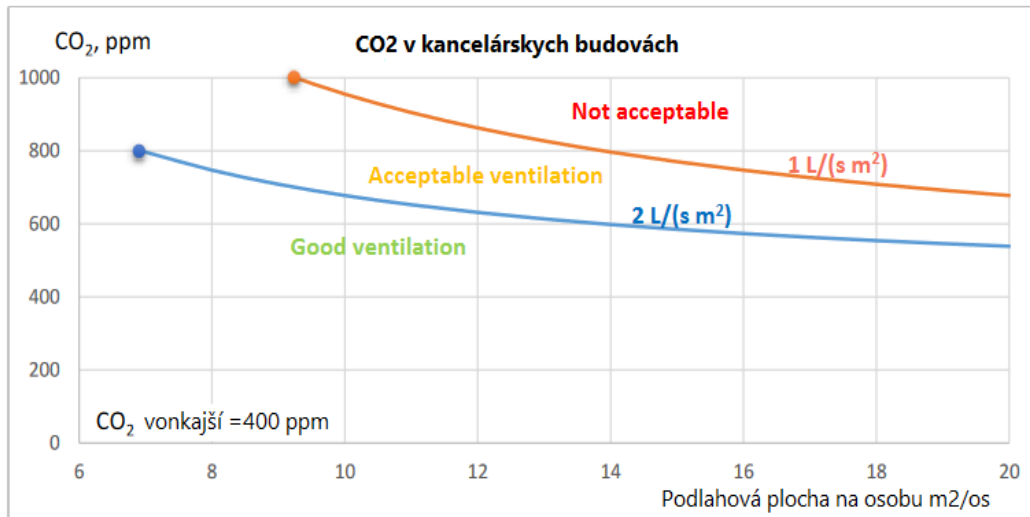
Monitorovanie kvality vnútorného prostredia

Jednoduchým spôsobom monitorovania výkonu vetrania je použitie snímačov CO₂. Hodnoty CO₂ adekvátne opisujú mieru vonkajšej ventilácie pri normálnej hustote obyvateľov. Keď osoby vstúpia do miestnosti, nejaký čas trvá, kým sa koncentrácia dosiahne hodnotu ustáleného stavu. V dobre vetraných miestnostiach sa koncentrácia CO₂ rýchlo zvyšuje, v zasadacích miestnostiach a učebni do 30 minút a v kanceláriách menej ako za hodinu. Teda rýchlosť nárastu koncentrácie závisí od časovej konštanty miestnosti, ktorá je recipročná so zmenou rýchlosti vzduchu (63 % zmeny koncentrácie sa deje v rámci 1 časovej konštanty a 95 % počas 3 časových konštánt). Hodnoty CO₂ teda poskytujú spoľahlivú indikáciu o dostatočnosti vetrania. Pri rovnakej rýchlosti vetrania je koncentrácia CO₂ nižšia, ak sa napríklad zníži obsadenosť, z dôvodu fyzického odstupu alebo administratívnych opatrení. Závislosť koncentrácie CO₂ na hustote užívateľov je znázornená na obrázku (3.13) pre kanceláriu s dvoma stupňami vetrania. 2 l/s na m² vetrania zodpovedá dobrej praxi vnútornej klímy kategórie I, ktorá je schopná udržať CO₂ koncentráciu pod 800 ppm, ak pripadá na jedného obyvateľa aspoň 7 m² podlahovej plochy. V prípade menších rýchlostí vetrania 1 l/s na m², na udržanie koncentrácie CO₂ je potrebných aspoň 10 m² na osobu 1000 ppm. Pokiaľ ide o CO₂, podstatou je, že vysoká hodnota CO₂ bez pochybností naznačuje slabé vetranie. Nízky obsah CO₂ je dobrý, ale nie je to samo osebe potvrdením nízkeho rizika prenosu aerosólu. Do úvahy treba vziať aj dĺžku obsadenosti a veľkosť miestnosti.

Prívodom filtrovaného upraveného vonkajšieho a odvodom znečisteného vzduchu z miestnosti sa v nej znižuje vírusová záťaž. Pri plánovaní a prevádzke systémov sa preto odporúčajú tieto základné usmernenia:

- Systémy vzduchotechniky by sa nemali vypínať mimo prevádzkových hodín, ale mali by zotrvať v prevádzke čo najdlhšie,
- Objemové prietoky vonkajšieho vzduchu by sa nemali znižovať, ale naopak, zvyšovať, ak je to možné,
- Je potrebné kontrolovať projekčné parametre obsadenosti priestorov osobami, prípadne tieto parametre znižovať,
- Pri projektovaní nových vetracích systémov je potrebné brať do úvahy zvýšené parametre intenzity výmeny vzduchu, zvýšené prietoky vonkajšieho vzduchu a zabezpečiť výkonové rezervy na ohrev a chladenie.

Obr. 3.18 Koncentrácia CO₂ (absolútne hodnoty, ktoré zahŕňajú vonkajšiu koncentráciu) závislosť od rýchlosti vetrania a obsadenosť kancelárií



Zdroj: https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V4.1_15042021.pdf

Pri zdôvodnení týchto odporúčaní uviedla REHVA názorný obrazový príklad porovnania šírenia kvapôčkového aerosólu vo vetranom a nevetranom prostredí (podľa Leitfaden REHVA covid-19, 3. august 2020, obr. 3.19 a, b). Veľmi zjednodušená ilustrácia ukazuje situáciu, keď infikovaná osoba (vpravo) hovorí a teda okolo seba šíri infikovaný aerosól (malé červené bodky) smerujúci až k dýchacej zóne inej osoby (vľavo).

Výdych veľkých kvapôčok (ktoré majú menší dosah) je označený fialovými bodkami. Ak je miestnosť vetraná vetracím systémom (obr. 3.19a), je množstvo zachytených častíc s vírusom v dýchacej zóne oveľa nižšie ako pri vypnutom ventilačnom systéme, čo znázorňuje hustota červených bodiek. Zapnutý ventilačný systém vidieť na Obr. 3.19a, vypnutý na Obr. 3.19b.

Kým nebudú dostupné účinné farmakologické liečby alebo vakcíny na zníženie efektívneho reprodukčného čísla na menej ako 1,0 a zastavenie prebiehajúcej pandémie COVID-19, kľúčovým prvkom pri obmedzovaní šírenia vírusu SARS-CoV-2 môže byť zvýšená ventilácia. Kľúčové odporúčania súvisiace s ventiláciou (Obr. 3.20):

(1) Pripomínať a zdôrazniť manažérom budov, správcom nemocníc a tímom na kontrolu infekcií, že technické kontroly sú účinné na kontrolu a znižovanie rizík infekcie prenášanej vzduchom – a SARS-CoV-2 má potenciál a pravdepodobne spôsobí niektoré infekcie touto cestou.

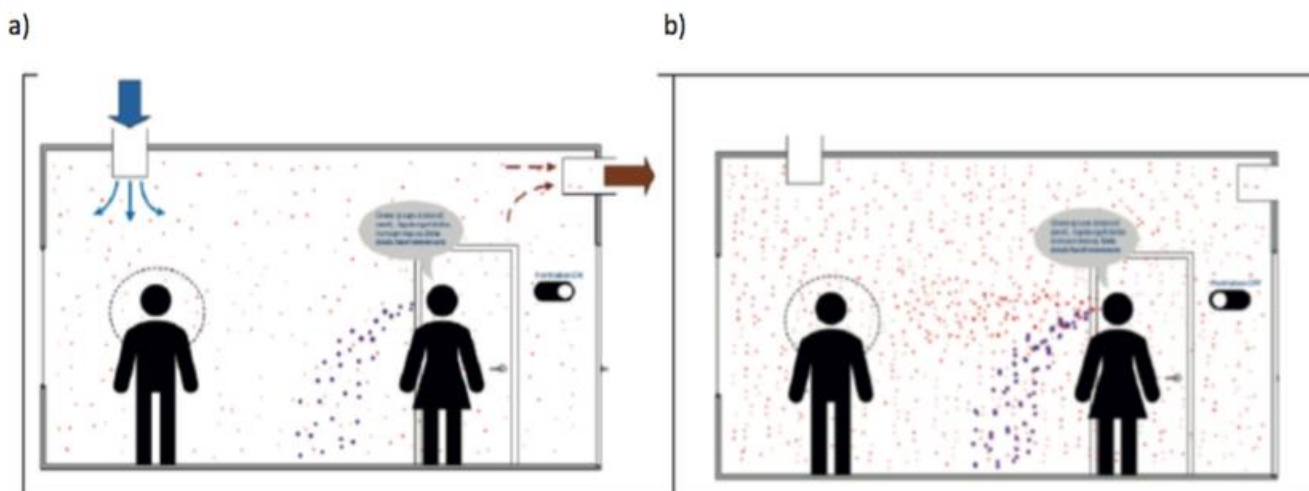
(2) Zvýšiť existujúce rýchlosti vetrania (výmena vonkajšieho vzduchu) a zvýšiť účinnosť vetrania – pomocou existujúcich systémov.

(3) Aby sa eliminovala akákoľvek recirkulácia vzduchu vo ventilačnom systéme, aby sa len privádzal čerstvý (vonkajší) vzduch.

(4) Doplniť existujúcu ventiláciu o prenosné čističe vzduchu (s mechanickými filtračnými systémami na zachytávanie vzduchom prenášaných mikrovapôčok), kde sú oblasti známej stagnácie vzduchu (ktoré nie sú dobre vetrané existujúcim systémom), alebo izolovať vysokú pacientovu vydechovanú vírusovú záťaž (napr. na oddeleniach alebo oddeleniach kohorty pacientov s COVID-19). Adekvátna výmena filtrov v čističkách vzduchu a ich údržba je kľúčová.

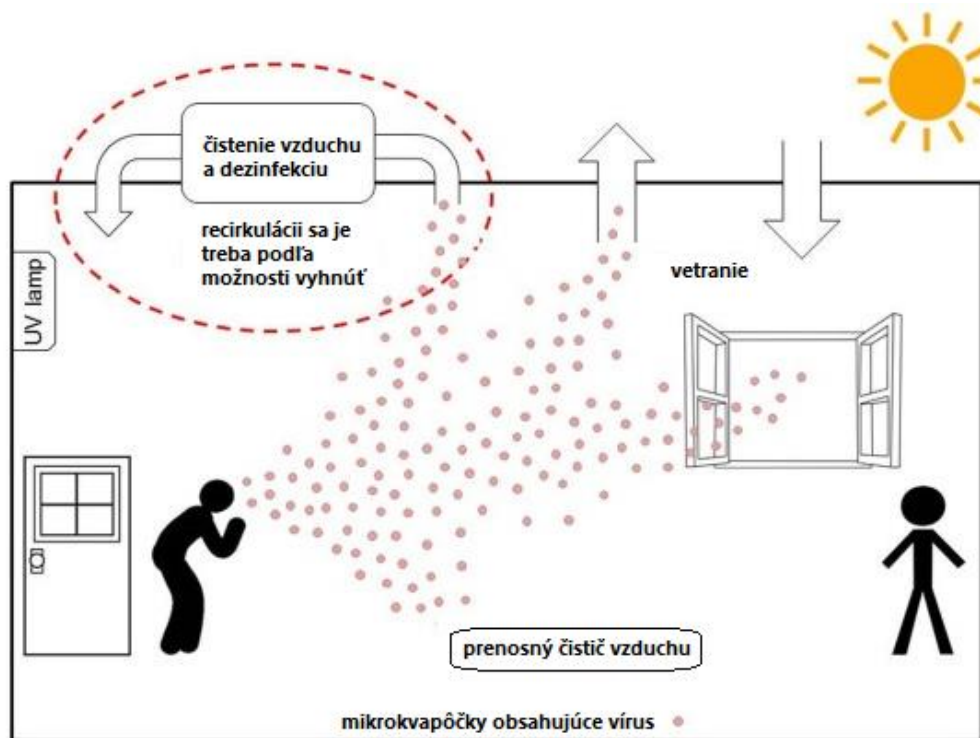
(5) Aby nedošlo k preplneniu napr. žiaci sediaci pri každej druhej lavici v školských triedach, alebo zákazníci pri každom druhom stole v reštauráciách, alebo na každom druhom mieste v MHD, kinách a pod.

Obr. 3.19 Príklad porovnania šírenia kvapôčkového aerosólu vo vetranom (a) a nevetranom (b) prostredí



Zdroj: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/klimatizacia-a-ventranie/ventracie-a-klimatizacne-systemy-neumoznuju-sirenie-koronavirusu-tvrdi-institut-roberta-kocha>

Obr. 3.20 Kontrola na technickej úrovni na zníženie environmentálnych rizík pre prenos vzduchom



Zdroj: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020317876>

Zoznam tabuliek

- Tab. 3.1 Príklady zdravotných ťažkostí použité v rôznych štúdiách
Tab. 3.2 Optimálne a prípustné podmienky tepelno – vlhkostnej mikroklimy
Tab. 3.3 Smerné hodnoty pre koncentráciu TVOC

Zoznam obrázkov

- Obr. 3.1 Kľúčové faktory ovplyvňujúce kvalitu vnútorného prostredia v budovách
Obr. 3.2 Kľúčové faktory ovplyvňujúce kvalitu vnútorného prostredia v budovách
Obr. 3.3 9 Základných faktorov zdravých budov
Obr. 3.4 Ekonomický diagram pre kvalitu vnútorného prostredia. Diagram zobrazuje väzby medzi budovami, možnými benefitmi a zlepšením vnútorného prostredia
Obr. 3.5 Tepelná pohoda
Obr. 3.6 Akustický komfort ovplyvňujú vonkajšie aj vnútorné zdroje hluku
Obr. 3.7 Vizualný komfort
Obr. 3.8 Parametre vplyvajúce na kvalitu vnútorného prostredia (Indoor Environmental Quality – IEQ)
Obr. 3.9 Príznaky SBS
Obr. 3.10 Hlavné príčiny syndrómu chorých budov
Obr. 3.11 Hierarchický diagram faktorov ovplyvňujúcich výkonnosť užívateľov budov
Obr. 3.12 Zlé pracovné prostredie znižuje produktivitu
Obr. 3.13 Percentuálne prerozdelenie času tráveného zamestnancami vnútri
Obr. 3.14 Prírodné vetranie
Obr. 3.15 HEPA filter
Obr. 3.16 Hlavné položky usmernenia REHVA pre prevádzku technických zariadení budov
Obr. 3.17 Relatívne riziko infekcie
Obr. 3.18 Koncentrácia CO₂ (absolútne hodnoty, ktoré zahŕňajú vonkajšiu koncentráciu) závislosť od rýchlosti vetrania a obsadenosť kancelárií
Obr. 3.19 Príklad porovnania šírenia kvapôčkového aerosólu vo vetranom (a) a nevetranom (b) prostredí
Obr. 3.20 Kontrola na technickej úrovni na zníženie environmentálnych rizík pre prenos vzduchom

Zoznam literatúry

- The Council of the European Union Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings
- [T. S. Larsen, L. Rohde, K. T. Jonsson, B. Ransmussen, R. L. Jensen, H. N. Knudsen, T. Witterseh, G. Beko, IEQ-Compass – A tool for holistic evaluation of potential indoor environmental quality, *Building and Environment*, 172 (2020), 106707
- Y. Geng, Z. Zhang, J. Yu, H. Chen, H. Zhou, B. Lin, Q. Zhuang, An intelligent IEQ monitoring and feedback system: Development and applications, *Engineering*, 23 (2021)
- R.M.S.F. Almeida, V.P.D. Freitas, J.M.P.Q. Delgado, *Indoor Environmental Quality* (2015)
- Y. Al Horr, M. Arif, A. Kaushik, A. Mazroei, M. Katafygiotou, E. Elsarrag, Occupant productivity and office indoor environment quality: a review of the literature, *Build. Environ.*, 105 (2016), pp. 369-389
- William J. Fisk, How IEQ affects health, productivity, *ASHRAE J.*, 44 (5) (2002), p. 56
- S. Abbaszadeh, L. Zagreus, D. Lehrer, C. Huizenga, Occupant satisfaction with indoor environmental quality in green buildings, *Proceedings of Healthy Buildings*, vol. 3 (2006), pp. 365-370, Lisbon
- A. Wagner, E. Gossauer, C. Moosmann, Th Gropp, R. Leonhart, Thermal comfort and workplace occupant satisfaction - results of field studies in German low energy office buildings, *Energy Build.*, 39 (7) (2007), pp. 758-769
- D.P. Wyon, P. Wargocki, How indoor environment affects performance, *Ashrae J.*, 55 (2013), pp. 46-52
- P.O. Fanger, *Thermal Comfort*, (1970)

- P.O. Fanger, Moderate Thermal Environments Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort, (1984), ISO 7730
- W.J. Fisk, A.H. Rosenfeld, Estimates of improved productivity and health from better indoor environments, *Indoor Air*, 7 (1997), pp. 158-172
- W.J. Fisk, Health and productivity gains from better indoor environments and their relationship with building energy efficiency, *Annu. Rev. Energy & Environ.*, 25 (2000), pp. 537-566
- M.J. Mendell, Non-specific symptoms in office workers: a review and summary of the epidemiologic literature, *Indoor Air*, 3 (1993), pp. 227-236
- P. Wargocki, D.P. Wyon, J. Sundell, G. Clausen, P.O. Fanger, The effects of outdoor air supply rate in an office on perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity, *Indoor Air*, 10 (2000), pp. 222-236
- J.G. Allen, P. Macnaughton, U. Satish, S. Santanam, J. Vallarino, J.D. Spengler, Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: a controlled exposure study of green and conventional office environments, *Environ. Health Perspect.*, 124 (2015), pp. 121-154
- S. Schiavon, B. Yang, Y. Donner, V.W.C. Chang, W.W. Nazaroff, Thermal comfort, perceived air quality, and cognitive performance when personally controlled air movement is used by tropically acclimatized persons, *Indoor Air*, 27 (2017), pp. 690-702
- E. Koehn, G. Brown, Climatic effects on construction, *J. Constr. Eng. Manag.*, 111 (1985), pp. 129-137
- H.R. Thomas, I. Yiakoumis, Factor model of construction productivity, *J. Constr. Eng. Manag.*, 113 (1987), pp. 623-639
- D.E. Hancher, H.A. Abd-Elkhalek, The effect of hot weather on construction labor productivity and costs, *Cost. Eng.*, 40 (1998), pp. 32-36
- S. Mohamed, K. Srinavin, Forecasting labor productivity changes in construction using the PMV index, *Int. J. Industrial Ergonomics*, 35 (2005), pp. 345-351
- T. Akimoto, S. Tanabe, T. Yanai, M. Sasaki, Thermal comfort and productivity - evaluation of workplace environment in a task conditioned office, *Build. Environ.*, 45 (2010), pp. 45-50
- L. Lan, Z. Lian, Use of neurobehavioral tests to evaluate the effects of indoor environment quality on productivity
Build. Environ., 44 (2009), pp. 2208-2217
- L. Lan, Z. Lian, L. Pan, The effects of air temperature on office workers' well-being, workload and productivity-evaluated with subjective ratings, *Appl. Ergon.*, 42 (2010), p. 29
- L. Lan, Z. Lian, Application of statistical power analysis – how to determine the right sample size in human health, comfort and productivity research, *Build. Environ.*, 45 (2010), pp. 1202-1213
- L. Li, P. Wargocki, Z. Lian, Quantitative measurement of productivity loss due to thermal discomfort, *Energy & Build.*, 43 (2011), pp. 1057-1062
- Chris Watson, Review of building quality using post occupancy evaluation, *PEB Exch.*, 2003 (48) (2003), p. 15
- Isaac A. Meir, Yaakov Garb, Dixin Jiao, Alex Cicelsky, Post-occupancy evaluation: an inevitable step toward sustainability, *Adv. Build. Energy Res.*, 3 (1) (2009), pp. 189-219
- J.H. Choi, J. Moon, Impacts of human and spatial factors on user satisfaction in office environments, *Build. Environ.*, 114 (2016), pp. 23-35
- G. Newsham, J. Brand, C. Donnelly, J. Veitch, M. Aries, K. Charles, Linking indoor environment conditions to job satisfaction: a field study, *Build. Res. Inf.*, 37 (2009), pp. 129-147
- Y.S. Lee, D.A. Guerin, Indoor environmental quality related to occupant satisfaction and performance in LEED-certified buildings, *Indoor Built Environ.*, 18 (2009), pp. 293-300
- L.T. Wong, K.W. Mui, P.S. Hui, A multivariate-logistic model for acceptance of indoor environmental quality (IEQ) in offices, *Build. Environ.*, 43 (2008), pp. 1-6
- A.C.K. Lai, K.W. Mui, L.T. Wong, L.Y. Law, An evaluation model for indoor environmental quality (IEQ) acceptance in residential buildings, *Energy Build.*, 41 (2009), pp. 930-936
- J. Kim, R. de Dear, Nonlinear relationships between individual IEQ factors and overall workspace satisfaction, *Build. Environ.*, 49 (2012), pp. 33-40
- J. Kim, R.D. Dear, Impact of different building ventilation modes on occupant expectations of the main IEQ factors
Build. Environ., 57 (2012), pp. 184-193
- Y. Geng, J. Yu, B. Lin, Z. Wang, Y. Huang, Impact of individual IEQ factors on passengers' overall satisfaction in Chinese airport terminals, *Build. Environ.*, 112 (2017), pp. 241-249
- A.H. Nawawi, N. Khalil, Post-occupancy evaluation correlated with building occupants' satisfaction: an approach to performance evaluation of government and public buildings, *J. Build. Apprais.*, 4 (2008), pp. 59-69

- N. Khalil, H.N. Husin, H. Adnan, A.H. Nawawi, Correlation analysis of building performance and Occupant's satisfaction via post occupancy evaluation for Malaysia's public buildings, *Mpra Pap.* (2009), pp. 1035-1042
- J.C. Vischer, Towards an environmental psychology of workspace: how people are affected by environments for work, *Archit. Sci. Rev.*, 51 (2008), pp. 97-108
- S. Leder, G.R. Newsham, J.A. Veitch, S. Mancini, K.E. Charles, Effects of office environment on employee satisfaction: a new analysis, *Build. Res. Inf.*, 44 (2016), pp. 34-50
- Z.F. Pei, B.R. Lin, Y.C. Liu, Y.X. Zhu, Comparative study on the indoor environment quality of green office buildings in China with a long-term field measurement and investigation, *Build. Environ.*, 84 (2015), pp. 80-88
- G.R. Newsham, B.J. Birt, C. Arsenault, A.J.L. Thompson, J.A. Veitch, S. Mancini, A.D. Galasiu, B.N. Gover, I.A. Macdonald, G.J. Burns, Do 'green' buildings have better indoor environments? New evidence, *Build. Res. Inf.*, 41 (2013), pp. 415-434
- W.L. Paul, P.A. Taylor, A comparison of occupant comfort and satisfaction between a green building and a conventional building, *Build. Environ.*, 43 (2008), pp. 1858-1870
- Y. Geng, W. Ji, B. Lin, Y. Zhu, The impact of thermal environment on occupant IEQ perception and productivity, *Building and Environment*, 121 (2017), pp. 158-167.
- Refrigerating and Air-Conditioning Engineers ASHRAE-55 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (2013)
- Y. Al Horr, M. Arif, A. Kaushik, A. Mazroei, M. Kafatygiotou, E. Elsarrag, Occupant productivity and office indoor environment quality: a review of the literature, *Build. Environ.*, 105 (2016), pp. 369-389,
- C. Chen, S. Yilmaz, A. L. Pisello, M. De Simone, A. Kim, T. Hong, K. Bandurski, M. V. Bavaresco, P. Liu, Y. Zhu, The impacts of building characteristics, social psychological and cultural factors on indoor environment quality productivity belief, *Build. Environ.*, 185 (2020) 107189.
- W. J. Fisk, Estimates of potential nationwide productivity and health benefits from better indoor environments: an update. In SPENGLER, J., SAMET, J. a MacCARTHY, J. (eds), *Indoor Air Quality Handbook*, New York: McGraw Hill. 2001.
- M. Mendell, M., W. J. Fisk, K. Kreiss, H. Levin, D. Alexander, Improving the health of workers' indoor environments: Priority research needs for a national of occupational research agenda. *American Journal of Public Health*, Roč. 92, č. 9 (2002), s. 1430-1440.
- O. Seppänen, M. Vuolle, Cost effectiveness of some remedial measures to control summer time temperatures in an office building. In: *Proceedings of Healthy Buildings 2000*. 2000, s. 665-660.
- R. Djukanovic, P. Wargocki, P. O. Fanger, Cost-benefit analysis of improved air quality in an office building. *Proceedings of Indoor Air, 2002*. s. 808-813.
- S. O. Hansen, Economical consequences of poor indoor air quality and its relation to the total building operation costs. In: *EuroFM/IFMA Conference*. 1997.
- M. Tuomainen, J. Smolander, J. Kurnitski, J. Palonen, O. Seppanen, Modelling the cost effects of the indoor environment. *Proceedings of Indoor Air, 2002*, s. 814-819.
- O. Seppänen, W. J. Fisk, A procedure to estimate the cost effectiveness of the indoor environment improvements in office work. *Creating the Productive Workplace*, 2nd edn, London, Taylor & Francis, 2006, s. 407-433.
- Z. Budaiová, Hodnotenie prostredia v budovách vo väzbe na výkonnosť ich užívateľov, TUKE, 2013, s. 119
- <https://www.terramai.com/blog/10-ways-indoor-environments-affect-people/>
- <https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/practicke-odporucania-pre-prevadzku-budov-a-faq-v-suvlosti-s-covid-19>
- [https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/klimatizacia-a-vetranie/vetracie-a-klimatizacne-\[v\]_systemy-neumoznuju-sirenje-koronavirusu-tvrdi-institut-roberta-kocha](https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/klimatizacia-a-vetranie/vetracie-a-klimatizacne-[v]_systemy-neumoznuju-sirenje-koronavirusu-tvrdi-institut-roberta-kocha)
- <https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/practicke-odporucania-pre-prevadzku-budov-a-faq-v-suvlosti-s-covid-19>
- A. Covaci, How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environment International* 142 (2020) 105832

