

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**METODIKY HODNOCENÍ VNITŘNÍHO
PROSTŘEDÍ OBYTNÝCH BUDOV**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval:

Bc. Jan Šíp

Vedoucí práce:

Ing. Zuzana Veverková, Ph.D.

2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šíp	Jméno: Jan	Osobní číslo: 438945
Zadávací katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov		
Studijní program: Budovy a prostředí		
Studijní obor: Budovy a prostředí		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:	Metodiky hodnocení vnitřního prostředí obytných budov
Název diplomové práce anglicky:	Methodologies for evaluating the indoor environment of residential buildings
Pokyny pro vypracování:	
Zpracujte rešerši metodik pro hodnocení vnitřního prostředí v budovách pro bydlení. Aplikujte metodiku ČVUT na vybrané budovy a proveďte jejich vyhodnocení, včetně hodnocení metodiky samotné a případných návrhů na její úpravy. K vybraným navrženým opatřením řešených budov (v rámci vyhodnocení Metodikou ČVUT) navrhnete technické řešení.	
Seznam doporučené literatury:	
JOKL, M. Teorie vnitřního prostředí budov. Praha: ČVUT Praha, 1993 JOKL, M. Zdravé obytné a pracovní prostředí. Academia, Praha, 2002 KABELE, K., Z. VEVERKOVÁ a M. URBAN. Metodika hodnocení kvality vnitřního prostředí v budovách s téměř nulovou spotřebou energie. [Uplatněná certifikovaná metodika (do RIV)] 2019. JUHÁSOVÁ ŠENITKOVÁ, I., M. KRAUS a P. NOVÁKOVÁ. Budovy a prostředí: Adresná identifikace, analýza výskytu a metodologie optimalizace vybraných složek vnitřního prostředí budov. České Budějovice: VŠTE v Českých Budějovicích, 2018	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Zuzana Veverková, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 22.09.2020	Termín odevzdání diplomové práce: 4. 1. 2021
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
30.9.2020	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

Praha, 3. 1. 2021

.....

Bc. Jan Šíp

Na tomto místě bych rád poděkoval především Ing. Zuzaně Veverkové, Ph.D., za vedení této práce, věcné připomínky ke zpracování tématu a za čas, který mi věnovala na konzultacích. V neposlední řadě děkuji všem respondentům mého dotazníkového průzkumu za jejich názory i čas.

Obsah

1. Úvod	8
2. Hodnocení budov	9
2.1 SBToolCZ.....	11
2.2 BREEAM.....	13
2.3 LEED	15
2.4 DGNB	17
2.5 WELL.....	19
3. Porovnání uvedených metodik	21
4. Vnitřní prostředí	26
4.1 Tepelně-vlhkostní mikroklima	28
4.2 Kvalita vzduchu	29
4.3 Světelné mikroklima	30
4.4 Akustické mikroklima	30
4.5 Psychické mikroklima.....	30
4.6 Elektro-magnetické, -iontové, -statické a ionizační mikroklima	31
5. Hodnocení vnitřního prostředí	32
5.1 Legislativa České republiky	34
5.2 SBToolCZ	40
5.3 BREEAM.....	42
5.4 LEED	45
5.5 WELL.....	50
5.6 Metodika hodnocení kvality vnitřního prostředí v budovách s téměř nulovou spotřebou energie (metodika ČVUT)	59
6. Hodnocení metodik z hlediska vnitřního prostředí	60
7. Zhodnocení metodiky ČVUT	70
8. Návrhy na zlepšení metodiky ČVUT	73
9. Závěr	75
10. Seznam použité literatury a zdrojů	77
11. Seznam obrázků a grafů	80
12. Seznam tabulek	81
13. Seznam příloh	82

Abstrakt

Tato diplomová práce se věnuje porovnání metodik pro hodnocení budov s ohledem na vnitřní prostředí. K porovnání byly vybrány metodiky, které se nejčastěji používají na území České republiky nebo jsou nejvíce spojeny s tématem této práce. Konkrétně se jedná o metodiky SBToolCZ, BREEAM, LEED, WELL, DGNB a Metodiku hodnocení kvality vnitřního prostředí v budovách s téměř nulovou spotřebou energie (metodika ČVUT). V teoretické části jsou vybrané metodiky popsány z hlediska vnitřního prostředí a pozornost je také věnována způsobům, jak funguje certifikace budov na základě jejich ohodnocení pomocí metodik.

Porovnání je také graficky zpracováno a znázorňuje, nakolik se jednotlivé metodiky věnují jednotlivým tématům souvisejícím s vnitřním prostředím. Zároveň je z něho snadno zjistitelné, co se v jednotlivých kategoriích konkrétně hodnotí a jak se vybrané metodiky liší.

V rámci praktické části bylo provedeno hodnocení dvou rodinných domů pomocí nové Metodiky ČVUT. Na základě osobní zkušenosti s použitím této metodiky byla následně Metodika ČVUT zhodnocena a byly popsány návrhy pro její možné zlepšení.

Klíčová slova

Vnitřní prostředí budov, metodiky pro hodnocení budov, porovnání metodik, SBToolCZ, BREEAM, LEED, WELL, DGNB, Metodika hodnocení kvality vnitřního prostředí v budovách s téměř nulovou spotřebou energie.

Abstract

This diploma thesis deals with the comparison of methodologies for the evaluation of buildings with respect to the indoor environment. The methodologies that are most often used in the Czech Republic or are most closely related to the topic of this work were selected for this comparison. Specifically, these are the methodologies SBToolCZ, BREEAM, LEED, WELL, DGNB and Methodology for evaluating the quality of the indoor environment in nearly zero-energy buildings (CTU methodology). In the theoretical part, selected methodologies are described in terms of the internal environment and attention is also paid to the ways in which the certification of buildings works based on their evaluation using these methodologies.

The comparison is also graphically processed and shows how much the individual methodologies deal with individual topics related to the internal environment. At the same time, it is clearly demonstrated easy to discover what is specifically evaluated in individual categories and how the selected methodologies differ.

In the practical part, the evaluation of two family houses was performed using the new CTU Methodology. Based on personal experience with the use of this methodology, the CTU Methodology was subsequently evaluated, and suggestions for its possible improvement were described.

Key words

Indoor environment, methodologies for evaluating buildings, methodology comparison, SBToolCZ, BREEAM, LEED, WELL, DGNB, Methodology for evaluating the quality of the indoor environment in nearly zero-energy buildings.

1. Úvod

Při studiu magisterského oboru Budovy a prostředí mě zaujalo vnitřní prostředí budov, a proto jsem se rozhodl zaměřit na toto téma svoji diplomovou práci. Ta se měla původně věnovat kvalitě vnitřního prostředí na školách, ale kvůli celosvětové pandemii jsem musel od tohoto záměru upustit (z důvodu nemožnosti naměření potřebných dat). Následně jsme po konzultaci s vedoucí práce došli k finálnímu tématu, jímž je porovnání vybraných metodik pro hodnocení vnitřního prostředí.

Vzhledem k velkému množství metodik jsem do diplomové práce vybral pouze ty, které v rámci České republiky považuji za nejdůležitější, a ty, které se ponejvíce věnují vnitřnímu prostředí. Konkrétně tedy SBToolCZ, BREEAM, LEED, DGNB a WELL. Rád bych v práci nejdříve jednotlivé metodiky představil, zejména s ohledem na kritéria, kterým se při hodnocení věnují, a na způsob následné certifikace. V závěru této kapitoly porovnam dané metodiky, přičemž se nejvíce zaměřím na srovnání kategorií, kterým se věnují.

V práci budu popisovat vnitřní prostředí a jeho jednotlivé složky, zejména parametry nejdůležitější pro zdraví a komfort. Dále zmíním důležité legislativní dokumenty týkající se navrhování a hodnocení vnitřního prostředí na území České republiky.

Podrobněji se v rámci popisu každé metodiky budu věnovat konkrétním hodnotícím kategoriím, které se týkají vnitřního prostředí. Do tohoto popisu bude zahrnuta i Metodika hodnocení kvality vnitřního prostředí v budovách s téměř nulovou spotřebou energie (metodika ČVUT). Dané metodiky porovnam s ohledem na vnitřní prostředí.

V rámci praktické části této práce budu hodnotit dva rodinné domy s pomocí Metodiky ČVUT. Na základě osobní zkušenosti se dále zaměřím na zhodnocení této metodiky a navržení některých možných změn a zlepšení, které vyplynou z jejího použití.

2. Hodnocení budov¹

Hodnocení budov je věnována pozornost již od osmdesátých let minulého století. Tento zájem byl spojen především s vidinou úspory na energiích, které jsou potřeba k provozu těchto budov. V téže době se začínají objevovat pojmy udržitelná výstavba a udržitelné budovy, které jsou dnes nahrazovány termínem zelené budovy. V posledních několika letech již není motivací pouze snížení investičních nákladů na provoz budov, ale také snížení environmentální zátěže pro planetu. Stavebnictví je totiž stále jedním z největších producentů znečištění na planetě.

Dnešní sofistikované metodiky umožňují hodnotit nejen budovy, ale i části budov nebo obálku budovy nebo dokonce celé nové území. V této práci se budu zabývat pouze hodnocením budov, zejména bytových a administrativních. V některých metodikách ovlivňuje přilehlé území samotné hodnocení, v některých metodikách je okolní území hodnoceno zvlášť.

Nové, ale i stávající budovy mají dopad na více subjektů než pouze na majitele a obyvatele dané budovy. Budova má vliv na obyvatele dané lokality, na stávající budovy a v neposlední řadě samozřejmě ovlivňuje planetu Zemi. Správný návrh nové budovy by měl zohledňovat všechny tyto aspekty a začlenit je do projektu.

Zároveň musíme poukázat na to, jaký rozruch vzniká kolem výstavby jakékoli nové budovy. Tato skutečnost dokládá, že hodnocení budovy je ovlivněno řadou faktorů a do jisté míry je individuální a subjektivní.

Každý ze subjektů očekává od dané budovy něco jiného:

Stavebník/developer – alfou a omegou je co největší ekonomické zhodnocení stavby. Cílem je vytvořit takový projekt, který přinese co nejvyšší finanční zhodnocení. Daný objekt je proto nutné co nejvíce atraktivit, např. nadčasovým designem, flexibilitou prostředí, moderním vybavením, udržitelným rozvojem atd.

Uživatel budovy (nájemce/zaměstnanec) – klíčové je zdravé a příjemné vnitřní prostředí objektu, dopravní dostupnost, dostupnost služeb atd.

Stávající obyvatelé – zlepšení nebo alespoň zachování současné dopravní dostupnosti, veřejné vybavenosti či parkovacích míst. Důraz na to, aby nová budova a s ní zvýšená kapacita lidí v daném území nesnížila životní standard stávajících obyvatel.

¹ Zdroji pro tuto kapitolu byly: [1] a přednášky z předmětů magisterského studijního programu na fakultě Stavební, ČVUT: 125VPVA – Vytápění a vnitřní prostředí, 125EAB – Energetický audit, 124INB1 – Integrované navrhování budov.

Je patrné, že dosáhnout jediného správného vyhodnocení budovy, které by zahrnovalo veškeré faktory, není pravděpodobně v lidských silách. Proto bylo vytvořeno několik metodik a příruček pro hodnocení budov. Metodiky mají společný jmenovatel – multikriteriální hodnocení. Jedná se o systém, kdy je každému odvětví přidělena určitá váha z celkového hodnocení. Metodiky se nejvíce liší v hodnocených kritériích a ve váze, která je danému odvětví prisouzena. Jednotlivé metodiky poskytují různé oblasti hodnocení od plánu území, přes budovu jako celek až po provoz konkrétní části budovy apod. V hodnocení se často nezapomíná ani na rekonstrukci či odstranění stavby. Přístup k hodnocení se v každé metodice liší, a proto je důležité vědět, za jakým účelem chceme budovu ohodnotit, a na základě toho vybrat vhodnou metodiku.

Ve světě existuje přes 50 různých metodik na hodnocení a certifikaci budov a stále vznikají nové. Vzhledem k velkému množství metodik jsem do diplomové práce vybral pouze ty, které v rámci České republiky považuji za nejdůležitější, protože jsou zde nejčastěji využívány, a dále ty, které jsou nejvíce spojeny s tématem této práce. Konkrétně tedy české metodiky – SBToolCZ a nová metodika pro hodnocení vnitřního prostředí od ČVUT, americké metodiky – LEED a WELL, britskou metodiku BREEAM a německou metodiku DGNB. Mezi světově významnější metodiky, které ovšem nejsou řešeny v této práci, patří HQE (Francie), CASBEE (Japonsko), Green Star (Australie) či ITACA (Itálie).

Pokud chce investor pro svou novou budovu získat nějaký certifikát, musí se co nejdříve rozhodnout, od které organizace jej bude chtít a na jaké hodnocení by rád zacíлил. Jak již bylo řečeno, každá metodika přistupuje k dané problematice trochu jinak. Je tedy důležité vybrat takovou, která bude nejlépe vyhovovat záměru investora, a v souladu s vybranou metodikou postupovat při návrhu projektu. Čím později se investor rozhodne, tím více peněz a času bude pravděpodobně potřeba k certifikaci.

Na certifikaci budov se dá samozřejmě dívat i z ekonomického hlediska. Pro získání certifikace je často projekt upravován, aby vyhověl nejrůznějším požadavkům, což vede k vyšší počáteční investici. Zároveň platí, že pokud je budova oceněna certifikátem dobré kvality, je o ni mnohem větší zájem. Mezi světově nejvíce ceněné certifikáty patří LEED platinum a BREEAM outstanding.

2.1 SBToolCZ²

SBToolCZ je národní nástroj pro certifikaci kvality budov. Za celým projektem stojí národní platforma SBToolCZ, která se skládá ze tří organizací. České vysoké učení technické v Praze zajišťuje vývoj metodiky a podpůrných nástrojů a školení autorizovaných osob. Dalšími organizacemi jsou certifikační orgány Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p., a Výzkumný ústav pozemních staveb – Certifikační společnost, s.r.o. Metodika byla uvedena do provozu v červnu 2010. Výhodou je bezpochyby lokální pohled na hodnocené objekty. Oproti mezinárodním metodikám dokáže lépe pracovat s českými klimatickými podmínkami, sociální problematikou a v neposlední řadě i s legislativou. To může vést k objektivnějšímu hodnocení než při využití metodik, které se uplatňují po celém světě. Zároveň však tato lokální metodika není ve světě dostatečně známá, což snižuje její atraktivitu z pohledu investorů. Do května 2019 bylo metodikou v České republice otestováno 21 objektů.



Obr. 1: Světová mapa s vyznačenými státy, kde byla použita SBToolCZ certifikace [4]

Metodika SBToolCZ je založena na multikriteriálním hodnocení budov. Rozsah a váha jednotlivých kritérií jsou dány především typem budovy. Momentálně jsou vytvořeny metodiky pro tyto objekty: administrativní budovy (2011), bytové domy (2013), rodinné domy (2013), školské budovy (2016). Metodika umožňuje hodnotit jak novostavbu, tak rekonstrukci. U novostavby dochází k hodnocení kvality návrhu založeném na dokumentaci pro stavební povolení. Z těchto

² Zdroji pro tuto kapitolu byly: [2], [3], [4], přednášky a cvičení z předmětu magisterského studijního programu na fakultě Stavební, ČVUT: 124INB1 – Integrované navrhování budov.

podkladů lze po certifikaci získat certifikát kvality návrhu. Dále je možné získat certifikát kvality budovy, který je přidělen certifikační autoritou až po naměření a doložení všech hodnot pro danou certifikaci. Cena certifikátu se pohybuje mezi 50–100 tisíc Kč bez DPH. Výsledná cena je závislá na rozsahu hodnocení a velikosti řešeného objektu. V této části není započítána cena za vytvoření certifikačních podkladů, které zpracovávají autorizované osoby od SBToolCZ (ta je individuální a smluvní).

Metodiky pro všechny typy budov jsou rozděleny do třech hlavních a jedné vedlejší kategorie. Mezi sebou se liší jednotlivými podkategoriemi a především váhou, která je jednotlivým kritériím přidělena. Mezi hlavní kategorie patří environmentální kritéria, sociálně kulturní kritéria a ekonomie a management. Mimo ně stojí kategorie lokalita, jejíž výsledky nemají vliv na celkové hodnocení budovy a k certifikátu se přikládá jako doplňující parametr. Každá podkategorie je ohodnocena body 0–10 a má přidělenou určitou váhu z celkového hodnocení. Výpočtem tedy získáme celkové bodové ohodnocení budovy v rozmezí bodů 0–10.

0–3,9 bodů - Certifikát

4–5,9 bodů - Bronzový certifikát

6–7,9 bodů - Stříbrný certifikát

8–10 bodů - Zlatý certifikát

Je nutno podotknout, že výsledné hodnocení 0–3,9 bodů neznamena, že by budova byla ve špatném stavu. Toto ohodnocení odpovídá naplnění požadavků platné legislativy. Budovy, které cílí na vyšší ohodnocení, musejí přidat do návrhu nadstandardní řešení jednotlivých hodnocených částí.

2.2 BREEAM³

Jako první se vytvořením metodiky pro hodnocení budov zabývali ve Velké Británii. Již v roce 1990 zde vznikla první metodika na světě, BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). Ze začátku se metodika věnovala pouze novým administrativním budovám, postupně byla rozšiřována i na další budovy: průmyslové budovy, obchody a stávající administrativní budovy. Postupem času se vyvíjel pohled na hodnotící kritéria, zejména na udržitelný rozvoj. V roce 2008 byla uvedena mezinárodní verze metodiky a zároveň byly uvedeny další významné parametry v hodnocení touto metodikou. V roce 2016 byla vydána poslední velká aktualizace metodiky, která je platná dosud. BREEAM je stále jednou z nejpoužívanějších metodik na světě a stala se předlohou pro mnoho dalších metodik. Do května 2018 bylo touto metodikou otestováno přes půl milionu objektů v 77 zemích světa.



Obr. 2: Světová mapa s vyznačenými státy, kde byla použita BREEAM certifikace [5]

Jedná se o multikriteriální hodnocení, přičemž nezáleží pouze na typu objektu (administrativní budova, budova pro bydlení,...), ale také na stádiu výstavby (nové budovy, stávající budovy, rekonstruované budovy). Metodika zohledňuje, ve které zemi je budova postavena. Pokud by stála totožná stavba v různých státech, nebude mít vždy stejné výsledné hodnocení. Certifikaci provádí oprávněná osoba, která shromáždí potřebné informace a dokumentace objektu a předá je certifikačnímu úřadu. Cena certifikace je závislá na zastavěné

³ Zdroji pro tuto kapitolu byly: [5] a přednášky z předmětu magisterského studijního programu na fakultě Stavební, ČVUT: 124INB1 – Integrované navrhování budov.

ploše, zemi a samozřejmě na použitém certifikačním schématu. Celková cena se v roce 2018 pohybovala okolo 1100–4500 € (cca 28–115 tisíc Kč).

V metodice se hodnotí těchto 10 kategorií: management, zdraví a kvalita prostředí, energie, doprava, voda, materiály, odpad, užití půdy a ekologie, znečištění a inovace. Každá kategorie má různé podkategorie a certifikovaný hodnotitel provede jejich bodové ohodnocení, které se přepočítá pomocí váhy jednotlivých kategorií na celkové hodnocení.

Celkové hodnocení:

0 % - 30 % - Neklasifikováno

30 % - 45 % - Dostatečný

45 % - 55 % - Dobrý

55 % - 70 % - Velmi dobrý

70 % - 85 % - Vynikající

85 % - 100 % - Mimořádný

2.3 LEED⁴

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) je metodika, kterou vyvinul U.S. Green Building Council. Metodika vychází z britské metodiky BREEAM. Projekt byl zahájen v roce 1993 a v roce 1998 byla spuštěna první verze. Metodika vznikla zejména proto, aby měly USA svoji vlastní národní metodiku a aby byla americké veřejnosti přiblížena problematika udržitelné výstavby. Nyní se dá LEED aplikovat na všechny fáze výstavby (od navrhování přes samotnou stavbu a užívání až po rekonstrukci). Jedná se o geograficky nejrozšířenější metodiku pro hodnocení kvality budov na světě. Do května 2018 byla použita na více než sto tisících objektech v 164 státech.



Obr. 3: Světová mapa s vyznačenými státy, kde byla použita LEED certifikace [5]

Také v případě LEED se jedná o multikriteriální hodnocení, které je zaměřeno především na environmentální část (cca 2/3 hodnocení). Touto metodikou se dají posuzovat nejen samotné budovy, ale i komplexy budov a městské čtvrtě. Metodika nebere v potaz, ve které zemi je stavba postavena. Metodika umožňuje hodnotit nejen celou budovu, ale také pouze nosný systém a obálku budovy. To je výhoda, pokud nejsou známi nájemníci a využití interiéru.

Vzhledem k mnoha možným certifikačním schémátům je dále popsána pouze jedna z možností procesu certifikace. Pro nové konstrukce administrativních budov je proces certifikace rozdělen do dvou fází, fáze návrhu a fáze výstavby. Stavebník poskytne projektovou dokumentaci ke schválení

⁴ Zdroji pro tuto kapitolu byly: [5] a přednášky z předmětu magisterského studijního programu na fakultě Stavební, ČVUT: 124INB1 – Integrované navrhování budov.

GBCI (Green Business Certification Inc.), která mu poskytne zpětnou vazbu. Díky tomu stavebník může opravit některé části projektu tak, aby získal lepší výsledky v celkové certifikaci. Na konci stavby musí stavebník poskytnout GBCI informace o všech stavebních materiálech a procesech výstavby. Cena certifikace je závislá na zastavěné ploše a samozřejmě na použitém certifikačním schématu. Celková cena se v roce 2018 pohybovala okolo 425-27200 € (cca 11-700 tisíc Kč).

V metodice se hodnotí těchto 8 kategorií: lokalita a doprava, udržitelná výstavba, hospodaření s vodou, energie a ovzduší, materiály a zdroje, kvalita vnitřního prostředí, inovace a místní priority. Každá kategorie má různé podkategorie, vyhodnocením a sečtením se získá celkové hodnocení:

0 - 39 bodů - Neklasifikováno

40 - 49 bodů - Certifikováno

50 - 59 bodů - Stříbrný certifikát

60 - 79 bodů - Zlatý certifikát

80 - 110 bodů - Platinový certifikát

2.4 DGNB⁵

DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) je metodika, kterou vyvinula Německá rada pro udržitelné budovy (German Sustainable Building Council). Metodika je používána zejména v Německu a jeho sousedních zemích. I tak se ale do května 2018 metodikou hodnotilo přes 1200 budov v 21 zemích světa. Metodika se liší v jednotlivých kritériích podle zemí, kde je aplikována, je to dáno zejména národními stavebními předpisy, energetickou náročností, či spotřebou vody.



Obr. 4: Světová mapa s vyznačenými státy, kde byla použita DGNB certifikace [5]

Již od 70. let 20. století se začaly v Německu navrhovat budovy, které budou mít menší spotřebu energie. Důvodem byla ropná krize. Když v 90. letech nastal ve světě rozmach v metodikách pro hodnocení budov, rozhodli se v Německu, že se pokusí vytvořit protipól pro BREEAM a LEED.

Metodiku, která bude více zaměřena na střední Evropu a bude mít německé standardy. První verze DGNB byla spuštěna v roce 2007. Později začaly vznikat národní modifikace: Green Building Council Denmark, Austrian Sustainable Building Council, Swiss Sustainable Building Council, Green Building Council España. Tyto národní platformy společně s HQE (Francie) založily v roce 2019 skupinu G17 (název je odvozen z 17. cíle udržitelného rozvoje OSN).

DGNB k problematice přistupuje holisticky a oproti mnoha jiným metodikám klade téměř stejný důraz na všechna tři hlavní kritéria - sociální, environmentální a ekonomické. Konzultant

⁵ Zdroji pro tuto kapitolu byly: [5] a [6].

nebo auditor DGNB shromáždí potřebnou dokumentaci a tu pak zašle příslušné národní radě k certifikaci. Poplatek za certifikaci je závislý na třech faktorech: typologie budovy a s ní spojené hodnotící schéma, zastavěná plocha, zda jste členem nebo ne. Celková cena se v roce 2018 pohybovala okolo 2500-73500 € (cca 64-1 900 tisíc Kč).

V metodice se hodnotí těchto 5 kategorií: kvalita životního prostředí, ekonomická kvalita, sociokulturní a funkční kvalita, kvalita výstavby a technická kvalita. Každá kategorie má různé podkategorie, vyhodnocením a sečtením se získá celkové hodnocení:

0 % - 34 % - Neklasifikováno

35 % - 49 % - Bronzový certifikát (pouze pro stávající budovy)

50 % - 64 % - Stříbrný certifikát

65 % - 79 % - Zlatý certifikát

80 % - 100 % - Platinový certifikát

K tomu lze získat i diamantový certifikát, pokud projekt dosáhne vysoké architektonické kvality.

2.5 WELL⁶

Americká společnost International WELL Building Institute (IWBI) v roce 2014 publikovala svoji metodiku WELL. Tato metodika se zaměřuje primárně na hodnocení a zlepšení vnitřního prostředí budov. Za jejího použití je možné hodnotit pouze nosný systém, obálku a základní parametry, a to díky WELL Core certification. Aby bylo možné budovu takto hodnotit, musí splnit několik podmínek. K těm nejzákladnějším patří: minimálně 75 % plochy v pronájmu, minimální vybavení bytových jednotek. Zatím se nejvíce budov certifikovalo v USA, Velké Británii a v Číně. Do října 2020 bylo certifikováno nebo registrováno k certifikaci přes 5,5 tisíc budov v 68 zemích světa.



Obr. 5: Světová mapa s vyznačenými státy, kde byla použita WELL certifikace [9]

Na rozdíl od většiny metodik hodnotících budovy se tato nevěnuje udržitelnému rozvoji, tedy snižování potřebné energie a negativních dopadů na planetu Zemi, ale zaměřuje se na kvalitu vnitřního prostředí, pohodlí a zdraví uživatelů. K certifikaci jsou potřebná měření základních parametrů prostředí od třetí strany.

Metodika WELL byla již od začátku navržena tak, aby spolupracovala s metodikou LEED. Samozřejmě je několik témat, v nichž se metodiky překrývají, ale WELL má přísnější hodnotící kritéria. Nyní se WELL snaží dosáhnout souladu i s dalšími významnými světovými metodikami: BREEAM a Green Star. Původně byla certifikace možná pouze pro kancelářské budovy, ale vzhledem k velkému zájmu vlastníků jiných typů budov byla vytvořeno WELL v2. V této verzi se hodnotící kritéria přizpůsobí typu objektu.

⁶ Zdroji pro tuto kapitolu byly: [5] a [6].

Pokud chce investor získat WELL certifikát kvality, musí budovu zaregistrovat na jejich portále a do pěti let nahrát projektovou dokumentaci. Poté mu je přidělen WELL kontrolor, který projde dokumentaci a osobně navštíví budovu, aby zkontroloval kvalitu provedení jednotlivých systémů. Do 45 pracovních dnů získá investor výslednou zprávu včetně hodnocení budovy. Aby si budova uchovala svůj certifikát, musí provozovatel pravidelně (jednou za tři roky) poskytnout IWBI dokumenty o údržbě všech systémů a průběžné měření určitých parametrů vnitřního prostředí od třetí strany. Platba za certifikaci WELL je rozdělena do dvou úrovní. Nejprve se hradí registrace a až poté vyhotovení certifikátu. Výše finální ceny je závislá na typu objektu a na zastavěné ploše.

V metodice se hodnotí těchto 10 kategorií: vzduch, voda, výživa, světlo, pohyb, tepelná pohoda, zvuk, materiály, mysl, komunita. Kategorie jsou rozděleny na povinné a nepovinné body. Pokud nejsou povinné body splněny, nemůže být budova certifikována. Sečtením všech bodů získáme celkové hodnocení:

0 - 39 bodů - Neklasifikováno

40 - 49 bodů - Bronzový certifikát

50 - 59 bodů - Stříbrný certifikát (minimálně jeden bod z každé kategorie)

60 - 79 bodů - Zlatý certifikát (minimálně dva body z každé kategorie)

80 - 100 bodů - Platinový certifikát (minimálně tři body z každé kategorie)

Ve WELL Core certification nejsou stanoveny minimální počty bodů z jednotlivých kategorií.

V každé kategorii lze dosáhnout maximálně 12 bodů, v celkovém hodnocení maximálně 100 bodů.

3. Porovnání uvedených metodik

Při porovnání popsaných metodik jsem vycházel hlavně z dánského průvodce certifikací udržitelných budov [5], k němuž jsem doplnil potřebná data z metodiky SBToolCZ [10]. Jelikož je každá metodika založená na trochu jiných principech a každá se dívá odlišně na udržitelnou výstavbu, bylo v rámci analýzy nutné vytvořit jednotné kategorie, do nichž byly přerozděleny jednotlivé části metodik. To usnadnilo jejich srovnávání. Autoři analýzy [5] stanovili 3 hlavní oblasti hodnocení, které rozdělili do 13 podoblastí:

Udržitelnost životního prostředí

- *Zásah do životního prostředí* – Snížení dopadu na životní prostředí během celého životního cyklu.
- *Zdroje* – Menší využívání zdrojů a zmenšení podílu neobnovitelných zdrojů.
- *Biodiverzita* – Efektivní využití staveniště, využívání brownfieldů místo stavění na zelené louce, zvýšení biologické rozmanitosti.
- *Recyklace* – Použití recyklovaných/recyklovatelných materiálů, omezení staveništního odpadu, recyklace během stavby.
- *Toxicita* – omezení toxických látek.

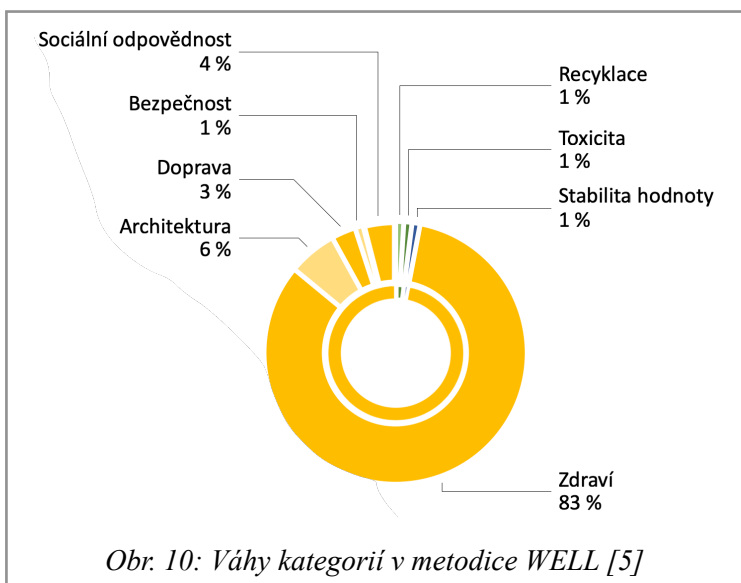
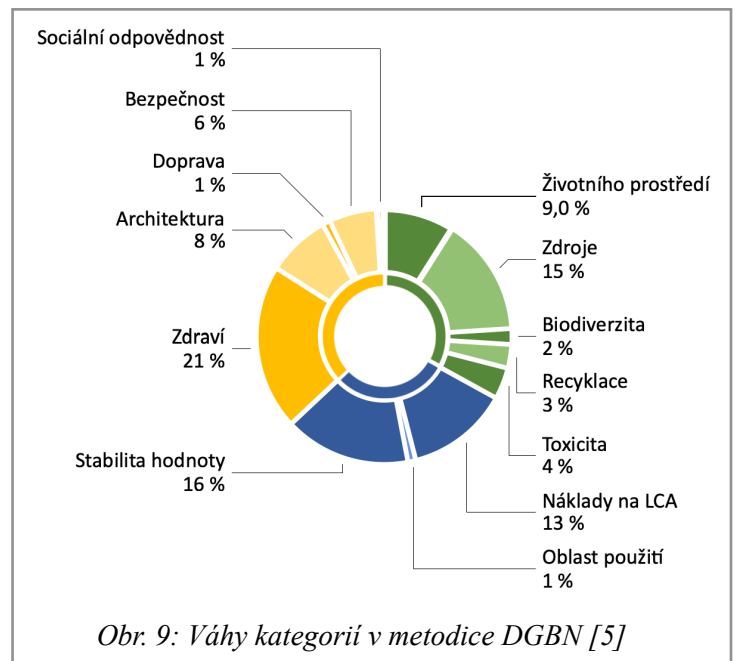
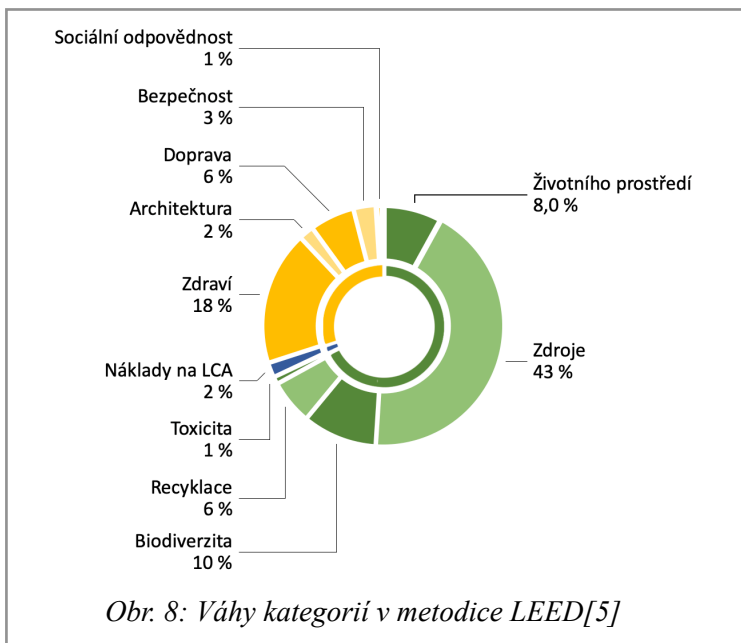
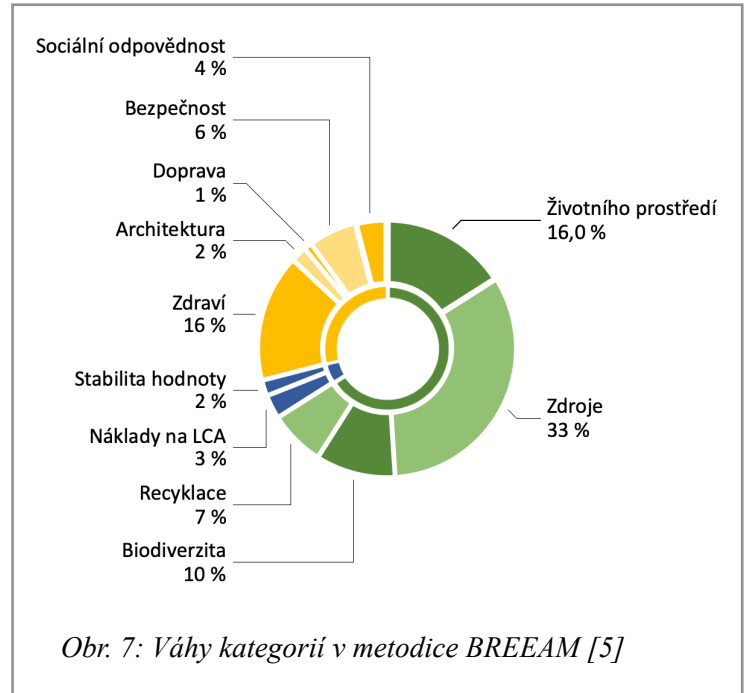
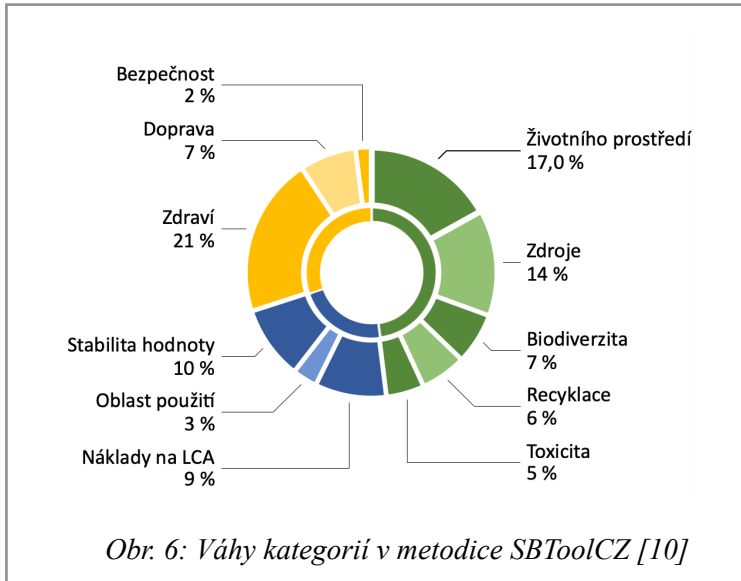
Ekonomická udržitelnost

- *Náklady na LCA* (životní cyklus) - vypočítání nákladů na životní cyklus včetně nákladů na stavbu a provoz objektu.
- *Oblast použití* – Optimalizace rozvržení pro využití dané oblasti.
- *Stabilita hodnoty* – Použití kvalitních materiálů, navržení flexibilních prostor, připravení budovy na budoucí scénáře.

Sociální udržitelnost

- *Zdraví* – Zajištění tepelného a vizuálního komfortu, vysoká kvalita akustiky, vody, vzduchu a osvětlení.
- *Architektura* – Vytváření kvality designu, přispívání do stávajícího prostředí.
- *Doprava* – Zajištění dostatečné dopravy do budovy i v budově, stojany na kola, bezbariérové řešení.
- *Bezpečnost* – Zajištění bezpečnosti pro osoby i budovu, požární bezpečnost, krizový a evakuační plán.
- *Sociální odpovědnost* – Zaměření na pracovní prostředí zejména ve fázi výstavby.

Váhy jednotlivých oblastí a podoblastí:



V grafickém znázornění porovnání těchto pěti metodik jsou na první pohled patrné tři pohledy na danou problematiku: vyvážený poměr mezi oblastmi hodnocení (DGNB, SBToolCZ), orientace na udržitelnost životního prostředí (BREEAM, LEED) a orientace na sociální udržitelnost (WEEL).

Metodika WELL, jak již bylo řečeno, se zaměřuje prakticky pouze na parametry, které přímo ovlivňují zdraví a pohodlí uvnitř budovy.

Německá metodika DGNB má holistický pohled na výstavbu. Všechny tři oblasti mají v hodnocení téměř stejnou hodnotu. Nejdůležitější oblastí je sociální udržitelnost (37 %), poté udržitelnost životního prostředí (33 %) a ekonomická udržitelnost (30 %). Jako jediná z porovnávaných metodik se také vyjadřuje ke všem třinácti kategoriím (ostatní metodiky k osmi nebo jedenácti). Nejdůležitější podoblastí je zde zdraví (21 %). Oproti anglosaským metodikám nepřikládá takovou váhu zdrojům (15 %), ale naopak se více zaměřuje na stabilitu hodnoty (16 %). Z vybraných metodik klade největší důraz na architekturu, které dává váhu 8 %. Významnější roli ještě hrají náklady na životní cyklus (13 %), životní prostředí (9 %) a bezpečnost (6 %). Zbylé podoblasti mají váhu pod 5 %.

Metodika SBToolCZ má také významné zastoupení všech tří oblastí. Nejvýznamnější je udržitelnost životního prostředí (49 %), poté sociální udržitelnost (30 %) a ekonomická udržitelnost (21 %). Dle mého názoru je patrné, že tato metodika byla vytvořena jako poslední a že se snaží vycházet jak z německé metodiky, tak z anglické. Jako jediná z hodnocených metodik se nevyjadřuje k architektuře a k sociální odpovědnosti. Stejně jako DGNB dává největší váhu podoblasti zdraví (21 %) následované zásahem do životního prostředí (17 %) a zdroji (14 %). Nad 5 % jsou dále podoblasti stabilita hodnoty (9 %), náklady na životní cyklus (9 %), biodiverzita (7 %), doprava (7 %), recyklace (6 %) a toxicita (5 %).

Z grafů rozložení váhy mezi jednotlivé oblasti je vidět velká podobnost metodiky LEED a BREEAM. Obě tyto metodiky mají většinu hodnocení zaměřenou na udržitelnost životního rozvoje, konkrétně v metodice BREEAM 66 % a v metodice LEED 68 % z veškerých kritérií. Přestože na danou oblast kladou prakticky stejnou váhu, jejich pohled je odlišný. Metodika LEED se zaměřuje převážně na práci se zdroji (43 %), dále věnuje pozornost biodiverzitě (10 %), zásahům do životního prostředí (8 %), recyklaci materiálů (6 %) a lehce se dotýká toxicity (1 %). BREEAM má také jako nejdůležitější složku nakládání se zdroji (33 %), ale dále klade větší důraz na zásah do životního prostředí (16 %). Biodiverzita a recyklace jsou na podobné úrovni jako v metodice LEED, co však nenajdeme v metodice BREEAM, je hodnocení z hlediska toxicity.

Naopak obě tyto metodiky nekladou takový důraz na ekonomickou část výstavby. Metodika BREEAM se jí věnuje v 5 % (rozloženo do nákladů na životní cyklus – 3 % a stabilitu hodnoty – 2 %). Metodika LEED pouze ve 2 %, a to v oblasti nákladů na životní cyklus stavby.

Sociální udržitelnost se v obou metodikách pohybuje kolem 30 %, přičemž nejdůležitější podoblastí je zdraví (LEED – 18 %, BREEAM –16 %). Architektuře přikládají obě metodiky stejnou váhu 2 %. Podoblasti bezpečnost a sociální odpovědnost mají větší zastoupení u BREEAM (6 % a 4 %) než u LEED (3 % a 1 %). Naopak podoblast doprava je více zastoupená u LEED (6 %) než u BREEAM (1 %).

Porovnání váhy jednotlivých podoblastí ve všech pěti metodikách je shrnuto v následující tabulce:

Podoblasti:	SBToolCZ	BREEAM	LEED	DGNB	WELL
Zásah do životního prostředí	17	16	8	9	0
Zdroje	14	33	43	15	0
Biodiverzita	7	10	10	2	0
Recyklace	6	7	6	3	1
Toxicita	5	0	1	4	1
Udržitelnost životního prostředí	49	66	68	33	2
Náklady na životní cykly	9	3	2	13	0
Oblast použití	3	0	0	1	0
Stabilita hodnoty	9	2	0	16	1
Ekonomická udržitelnost	21	5	2	30	1
Zdraví	21	16	18	21	83
Architektura	0	2	2	8	6
Doprava	7	1	6	1	3
Bezpečnost	2	6	3	6	1
Sociální odpovědnost	0	4	1	1	4
Sociální udržitelnost	30	29	30	37	97

Tab. 1: Porovnání váhy oblastí pro řešené metodiky v procentech [5,10]

Všechny zahraniční metodiky vyžadují určitý bodový nebo procentuální zisk, aby byla budova certifikována. V tom se liší česká metodika, neboť objekt získá certifikát i při dosažení minima bodů. Metodika je totiž postavena tak, že zisk 0–3,9 bodů neznamena, že by měla budova vážnější nedostatky, znamená to, že budova nemá přidanou hodnotu oproti závazným nařízením (zákony, vyhlášky, případně normy). Německá metodika navíc umožňuje získání dodatečného diamantového certifikátu za nadstandardní architektonickou práci, kterou posuzuje odborná komise.

Všechny vybrané metodiky je možné použít na různé typy objektů (administrativní budovy, rezidenční budovy, školské budovy...). Metodiky BREEAM, LEED a DGNB lze využít i k hodnocení pouze rekonstrukce či určité části fáze výstavby. Těmito metodikami a metodikou WELL je kromě hodnocení budovy jako celku možné hodnotit pouze obálku budovy a nosný systém (zejména pokud není dopředu znám nájemce a způsob využití).

Dle mého názoru v dnešní době některé certifikáty fungují jako efektivní marketingová značka. Je mnoho světových firem, které rády prezentují, že jejich budovy jsou v dané kvalitě certifikátu. Získání vysokého ohodnocení má i finanční výhody v podobě vyšších nájmů či prodejní ceny.

Z celkového pohledu lze shrnout, že mezi jednotlivými metodikami jsou rozdíly, jsou v nich hodnocena různá kritéria a liší se i váhou, jakou přiřkládají hodnoceným oblastem. Díky tomu si může každý investor najít takovou metodiku, která je mu blízká svým zaměřením (např. primární orientace na udržitelnou výstavbu nebo na kvalitní vnitřní prostředí v budově).

Hlavním úskalím všech certifikátů bývá, že ve finále nezáleží na tom, z jaké kategorie jsou získány body do celkového součtu. Tím pádem je možné některé nedostatky „zakrýt“ jinými vymoženostmi.

4. Vnitřní prostředí⁷

Vnitřním prostředím budov je myšleno vše, co nějakým způsobem ovlivňuje obyvatele uvnitř budovy. Jedná se o neustálé interakce několika faktorů. Tyto interakce se dají nejlépe popsat fyzikálními jevy, což zároveň umožňuje jejich zkoumání. Aby mohlo vůbec docházet k interakcím, je potřeba těchto tří aspektů: agencie, pole přenosu a exponovaný subjekt. Agencie je fyzikální stav, který má schopnost ovlivnit svoje okolí (např. teplo, světlo, oděry). Pole přenosu je způsob, kterým se agencie mohou šířit, v budovách je to nejčastěji vzduch případně prostor nebo kontaktní těleso. Exponovaný subjekt je takový subjekt, na který působí agencie a nějakým způsobem ho ovlivňuje (např. člověk, zvíře, rostlina).

Na základě tohoto popisu a agencí působících na lidský organismus je možné rozdělit vnitřní prostředí do šesti hlavních kategorií, takzvaných mikroklimat:

- Tepelně-vlhkostní mikroklima
- Kvalita vzduchu
- Světelné mikroklima
- Akustické mikroklima
- Psychické mikroklima
- Elektro-magnetické, -iontové, -statické a ionizační mikroklima

Vnitřní prostředí je stav, který se neustále mění a vyvíjí, a navíc ho každý člověk vnímá jinak. Proto bývá velmi často obtížné definovat kvalitní vnitřní prostředí. Vzhledem k rostoucímu času, který trávíme v budovách, je velmi důležité, aby bylo vnitřní prostředí správně navrženo a provozováno. Čím dál častěji se totiž objevují SBS (syndrom nemocných budov) a BRI (syndrom nemocí z budov).

Syndrom nemocných budov znamená, že v budově je určitý podnět, který špatně reaguje s člověkem a vyvolává u něho negativní reakce. Výhodou je, že se negativní reakce objevují pouze uvnitř daných budov. Obtížné je většinou najít zdroj problému. U syndromu nemocí z budov je naopak zdroj problému velmi často jednoduše identifikován. Problémem ovšem je, že zdravotní problémy u člověka nevymizí při opuštění budovy.

Vnitřní prostředí samozřejmě nemá vliv pouze na naše zdraví, i když ten je nejdůležitější. Ovlivňuje také produktivitu práce a soustředěnost. Je tedy důležité věnovat mu patřičnou pozornost a snažit se ho v jednotlivých budovách co nejvíce vylepšit.

⁷ Zdroji pro tuto kapitolu byly: [11], [12], [13] a přednášky z předmětů magisterského studijního programu na fakultě Stavební, ČVUT: 125VPVA – Vytápění a vnitřní prostředí, 125EAB – Energetický audit, 125VKB – Větrání a klimatizace budov.

Myslím si, že lidský organismus je vybaven velkou schopností adaptace v rámci vnitřního prostředí. Pokud se bude v místnosti pozvolna zhoršovat například kvalita vzduchu, člověk se bude přizpůsobovat a zhoršení hůře detekuje. Zatímco když do stejného prostředí přijde člověk z venkovního prostředí, pozná hned, že kvalita vzduchu v místnosti není dobrá. Z tohoto důvodu je podstatné, aby systémy v budově dokázaly samy detekovat zhoršení aktuálního stavu prostředí.

Každý stát má proto v legislativě zakotvené některé hygienické limity, které musí být dodržovány. Tyto limity byly stanoveny s ohledem na zdraví člověka a nereflktují jeho komfort. V poslední době se při výstavbě objektů dbalo převážně na spotřebu energie a byla snaha co nejvíce snížit provozní náklady. To je někdy bohužel v rozkolu s kvalitou vnitřního prostředí. Například tepelné vlastnosti oken se stále vylepšují a co bylo před pěti lety vnímáno jako revoluce, je dnes již zastaralé. Má to pozitivum při vytápění objektu, protože oknem neuniká tolik tepla. Objekt je tedy více utěsněn, a to má za následek, že nedochází k infiltraci (proudění vzduchu přes méně těsné výplně otvorů). To celé však vede ke zhoršování kvality vzduchu v místnosti, a k jejímu zlepšení jsou proto využívány vzduchotechnické systémy.

Je tedy důležité při každém návrhu vybalancovat poměr mezi kvalitním vnitřním prostředím a úsporou energie a brát zřetel zejména na zdraví lidí v budovách.

4.1 Tepelně-vlhkostní mikroklima⁸

Tepelné mikroklima je jedno z nejsnáze detekovatelných mikroklimat. Lidský organismus na něj dokáže reagovat a podnikat kroky ke zlepšení stavu organismu. Pro lidi je také nejlépe uchopitelnou částí vnitřního prostředí a dokážou odhadnout aktuální teplotní stav. Na úplně druhé straně spektra se vyskytuje vlhkostní mikroklima. Většina lidí nedokáže identifikovat, jestli je vzduch suchý nebo vlhký, pokud se nejedná o nějaké hraniční hodnoty. Domnívám se, že většina lidí by vlhkost vzduchu ani neuvedla jako faktor ovlivňující vnitřní prostředí.

Tepelný komfort je ovlivněn mnoha faktory, a proto stejná teplota může působit na lidi rozdílně. Mezi nejvýznamnější faktory ovlivňující tepelný komfort patří: střední radiační teplota, relativní vlhkost vzduchu, proudění vzduchu, aktivita, oblečení, psychický stav a v neposlední řadě i venkovní teplota. Aby bylo vůbec možné mluvit o tepelném komfortu a hledat možnosti jeho zlepšení, byly stanoveny tyto základní oblasti zájmu:

- Operativní teplota t_o [°C]

Jedná se o výpočtovou hodnotu. Konkrétně jde o teplotu imaginárního černého prostoru, kde by člověk sdílel radiaci a konvencí stejně tepla jako ve skutečném nehomogenním prostředí.

- Teplota kulového teploměru t_g [°C]

Jedná se o měřitelnou hodnotu. Kulový teploměr při vyhodnocování teploty v místnosti bere v potaz teplotu vzduchu, teplotu povrchů a rychlost proudění vzduchu.

- Relativní vlhkost vzduchu ϕ [-]

Relativní vlhkost udává míru nasycení vzduchu vodní parou. Čím je relativní vlhkost menší, tím více dokáže vzduch absorbovat vlhkost. Při 100% relativní vlhkosti ji už vzduch nedokáže absorbovat a vzduch začne na chladných površích kondenzovat.

- Absolutní vlhkost Φ [kg/m³]

Absolutní vlhkost udává množství vodní páry v jednom metru krychlovém.

- Rychlost proudění vzduchu v [m/s]

Jedná se o změnu rychlosti jedné částice, která urazí danou vzdálenost za určitý časový úsek.

- PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied – předpokládané procento nespokojených) [%]

PPD stanovuje předpokládané procento nespokojených obyvatel v rámci vnitřního prostředí.

Tento parametr nerozlišuje, zda je lidem zima nebo teplo.

⁸ Zdroji pro tuto kapitolu byly: [11], [12], [13] a přednášky z předmětů magisterského studijního programu na fakultě Stavební, ČVUT: 125VPVA – Vytápění a vnitřní prostředí, 125EAB – Energetický audit, 125VKB – Větrání a klimatizace budov.

- PMV (Predicted Mean Vote – předpokládaná průměrná volba) [-]

Tento parametr předpovídá průměrnou míru spokojenosti s daným stavem. Vyhodnocení je prováděno na základě sedmibodové stupnice.

- Formy sdílení tepla

Teplo je možné přenášet třemi způsoby, uvnitř budovy najdeme všechny tyto způsoby.

Vedení (kondukce) – Přenos tepla vedením probíhá díky přímým srážkám molekul. Oblast s vyšší kinetickou energií přenáší část této energie na místo s nižší kinetickou energií. Jedná se tedy o přímý kontakt, například vložením lžičky do horkého čaje se lžička začne ohřívat.

Proudění (konvekce) – Přenos tepla prouděním probíhá pouze díky tekutinám (plyny nebo kapaliny). Tekutiny se ohřejí a poté se vlivem změny hustoty začnou pohybovat, čímž dále ovlivňují další subjekty.

Sálání (radiace) – Přenos tepla sáláním umožňují elektromagnetické vlny, které vyzařuje předmět. Jedná se o důsledek pohybu atomů ve hmotě.

Díky všem těmto a mnoha dalším parametrům dokážeme popsat tepelně vlhkostní mikroklima a v případě potřeby najít případný problém. Pokud známe zdroj nežádoucího stavu, je pro nás jednodušší najít řešení, které pomůže ke zlepšení.

4.2 Kvalita vzduchu⁹

Kvalita vzduchu je spolu s teplotou oblastí, na kterou si uživatelé ve vnitřním prostředí nejčastěji stěžují. Kvalita vzduchu je závislá na jeho složení, čím více nežádoucích látek je obsaženo ve vzduchu, tím je jeho kvalita horší. Přijatelná kvalita vnitřního vzduchu je tedy, „nejsou-li v něm obsaženy žádné škodlivé koncentrace znečišťujících látek určené odbornými autoritami, a pokud 80 % nebo více exponovaných uživatelů nevyjadřuje nespokojenost“ [14]

V platné legislativě jsou ukotveny hygienické limity pro jednotlivé škodlivé látky, které by se mohly objevit ve vzduchu. Zároveň s tím je předepsána intenzita větrání v závislosti na typu provozu místností. Stanovený je i přísun vzduchu na člověka (l/hod), který je vypočítán na základě produkce CO₂.

Kvalitu vzduchu negativně ovlivňují zejména tyto podněty: člověk, emitující vybavení, prach, zvířata, rostliny (pouze v noci, kdy produkují CO₂), kvalita venkovního vzduchu.

⁹ Zdroji pro tuto podkapitolu byly: [11], [12] a [14].

4.3 Světelné mikroklima¹⁰

Světelné mikroklima má zásadní vliv na lidské zdraví. V budovách je světelné mikroklima zajištěno kombinací denního a umělého osvětlení. Vhodnější je samozřejmě denní od slunce, tudíž jedním z důležitých faktorů při navrhování je činitel denní osvětlenosti. U umělého osvětlení záleží na teplotě chromatičnosti.

Nejdůležitější hodnocené kritérium je osvětlenost, která se měří v luxech. Jedná se o světelný tok, který dopadá na danou plochu. Podle využití prostoru jsou stanoveny limitní hodnoty osvětlenosti. Dalšími posuzovanými hodnotami jsou index podání barev či index oslnění.

Na celkový světelný vjem mají samozřejmě vliv i prostorové uspořádání, odrazivost povrchu či použité barvy v interiéru.

4.4 Akustické mikroklima¹¹

Akustické mikroklima si klade za cíl eliminovat nežádoucí hluky, a to jak z prostoru místnosti samotné a sousedních místností, tak z exteriéru. I zde je dán hygienický limit, který stanovuje maximální možnou hladinu akustického tlaku [dB], která není zdraví nebezpečná. Dalšími měřenými kritérii v oblasti akustického mikroklimatu jsou doba dozvuku [s] a frekvence hluku [Hz].

4.5 Psychické mikroklima¹²

Psychické mikroklima je nejobtížněji popsitelné ze všech kategorií vnitřního prostředí. Vzhledem k tomu, že jde převážně o člověka, nedají se většinou některá kritéria objektivně měřit nebo hodnotit. Hodnocení je vysoce individuální a subjektivní a ovlivňuje ho nejen všechno v dané místnosti, ale i nitro člověka a to, s jakou náladou a pocity do místnosti přichází. Na psychické mikroklima má z měřitelných (porovnatelných) kritérií vliv zejména barevnost interiéru, dispoziční řešení a kvalita provedení. Samozřejmě, že všechna zbylá mikroklimata mají také vliv na psychické mikroklima.

¹⁰ Zdroji pro tuto podkapitolu byly: [11] a [12].

¹¹ Zdroji pro tuto podkapitolu byly: [11] a [12].

¹² Zdroji pro tuto podkapitolu byly: [11] a [12].

4.6 Elektro-magnetické, -iontové, -statické a ionizační mikroklima¹³

Toto mikroklima je složeno ze čtyř menších mikroklimat.

- Elektromagnetické mikroklima

To je tvořeno elektromagnetickými vlnami o vlnové délce větší než 1 mm ($3 \cdot 10^{11}$ Hz). Tyto vlny negativně působí na lidský organismus. Hlavními zdroji těchto vln jsou především vysílače, mobilní telefony, počítače či mikrovlnné trouby. Rozlišujeme tři základní hodnotící kritéria: intenzita elektromagnetického pole [V/m], hustota zářivého toku [W/m²], magnetická indukce [T].

- Elektroiontové mikroklima

Toto mikroklima je tvořeno pozitivními a negativními ionty ve vzduchu, které následně působí na člověka. Jsou důležitá tato dvě kritéria: koncentrace negativních lehkých iontů [počet iontů/m³] a poměr pozitivních a negativních iontů v cm³ [-].

- Elektrostatické mikroklima

V tomto mikroklimatu je hodnoceno působení na člověka elektrostatickými náboji na materiálech a elektrostatickým polem v daném prostoru. Čím méně je v prostředí elektrostatických sil, tím lépe. V rámci tohoto kritéria se hodnotí tato dvě kritéria: potenciál elektrostatického náboje [V] a intenzita elektrostatického pole [V/cm].

- Ionizační záření

Ionizační záření je produkováno umělými i přírodními radioaktivními látkami. Nejběžnější látkou, s níž se při výstavbě setkáváme, je radon, který je produktem rozpadu uranu. Při hodnocení jsou důležitá tato dvě kritéria: aktivita radioaktivní látky [Bq] a objemová aktivita [Bq/m³].

¹³ Zdroji pro tuto podkapitolu byly: [11] a [12].

5. Hodnocení vnitřního prostředí

Již v roce 2013 publikovala WHO (World Health Organization) zprávu, ve které uvádí, že v Evropských městech dospělí v aktivním věku stráví průměrně 85–90 % času uvnitř budov, 7–9 % v dopravních prostředcích a pouze 2–5 % venku. [15] Ovšem skupina, která se dokáže nejméně bránit negativním vlivům a má nejhorší imunitu, tedy novorozenci, batolata, starší a nemocní lidé, stráví uvnitř budov téměř 100 % svého času. [16] Kvůli všem těmto poznatkům se začíná objevovat pojem indoor generation, tedy generace, která tráví drtivou většinu času uvnitř objektu. Jedná se o naprostý fenomén dnešní doby a je zajímavé, jak se za posledních sto let změnil poměr času stráveného v budově a venku. Tento termín a negativní důsledky na lidský organismus začala v roce 2018 propagovat dánská firma VELUX. [17]

Stále se snažíme přijít s co nejtěsnější a nejúspornější obálkou budovy, ale zdá se, že o to, jak poté bude tak těsná obálka působit na lidský organismus, se už tolik lidí nezajímá. Uspořené peníze za energie jsou vidět hned, ale zhoršení zdravotního stavu či pohody si všimneme až po nějakém čase, pokud vůbec. V roce 2020 se začínají objevovat první vážné nedostatky těchto systémů. Celosvětově čelíme pandemii vlivem šíření Covid-19. V mnoha budovách po celém světě musela být vypnuta centrální vzduchotechnická jednotka a větrání probíhalo pouze okny, pokud to vůbec budova umožňovala. V mnoha objektech se totiž poslední dobou instalovala pouze neotvíratelná okna. Možná to celé povede k tomu, že se při návrhu začne více upřednostňovat zdraví člověka před ušetřenou energií. Samozřejmě nechci tvrdit, že šetření množství potřebné energie pro chod budov je slepá ulička. Každopádně by však při návrhu budov měl být brán větší zřetel i na lidské zdraví.

Jak je patrné z předešlé kapitoly, tak počátečních dat, která vstupují do vyhodnocování vnitřního prostředí, je mnoho. Většina z nich je ovlivněna člověkem a jsou těžko měřitelná. Je tedy podstatné, aby hodnotitelé budov měli perfektně zmapovaný celý objekt a mohli díky tomu posoudit daný objekt. Kromě samotného měření je velmi důležité použít při hodnocení i počítačové simulace, které nám pomáhají lépe pochopit, jak se chová daná budova.

Stejně jako se dříve začaly hodnotit budovy jako celky, začíná se nyní hodnotit kvalita vnitřního prostředí. Zatím není mnoho metodik, které by se věnovaly pouze vnitřnímu prostředí a které by se hlavně nezabývaly pouze jeho ohodnocením, ale i jeho možným zlepšením.

V této práci bude porovnáno jen několik metodik, které se nejčastěji používají na území České republiky: SBToolCZ, BREEAM, LEED, WELL a nová metodika ČVUT. Zároveň budou zmíněny základní právní dokumenty, které se týkají vnitřního prostředí na území České republiky. Metodiky většinou mají přísnější limity, než jsou dány legislativně. Avšak v některých případech

stačí k získání bodového ohodnocení pouze splnění platné české legislativy. U metodik, které mají uplatnění po celém světě, se může stát, že některá kritéria, která jsou v nich považována za nadstandardní, jsou v České republice vyžadována legislativně. Při hodnocení vnitřního prostředí se skoro ve všech metodikách postupuje obdobně jako při hodnocení celého objektu. Jsou tedy udělovány body za jednotlivé splněné parametry v návrhu, kde každý parametr má určitou váhu důležitosti.

5.1 Legislativa České republiky

V české legislativě je několik závazných dokumentů (zákony, vládní nařízení, vyhlášky), které stanovují hygienické limity, které musí být splněny při každé výstavbě nového objektu nebo rekonstrukci stávajícího. K návrhům jednotlivých systémů (vytápění, větrání, osvětlení,...) se využívají zejména technické normy, v nichž je často popsán i postup návrhu.

Tyto dokumenty se dají využít pro hodnocení stavu vnitřního prostředí. Nutno podotknout, že stanovují hygienické limity, jejichž porušení má vliv na zdravotní stav uživatelů. V mnoha ohledech však již dnes požadujeme vyšší standard, a proto dle mého názoru není dostatečné na základě těchto dokumentů komplexně hodnotit budovu.

Metodiky hodnotící vnitřní prostředí tak mají většinou přísnější požadavky, než jaké ukládá platná česká legislativa. V některých případech se ovšem stává, že je česká legislativa naopak na stejné úrovni, nebo dokonce přísnější než metodiky. To je dáno tím, že se jedná o světové metodiky, které si stanovily celosvětově platná kritéria. Proto je možné, že to, co je v České republice vyžadováno, je v jiných zemích světa bráno jako nadstandardní záležitost.

Níže představím nejdůležitější zákony, vyhlášky, vládní nařízení a technické normy, které se týkají vnitřního prostředí v obytných budovách. V rámci některých dokumentů uvedu i konkrétní hygienické limity, jejichž znalost považuji za nezbytnou při návrhu a hodnocení vnitřního prostředí.

• Vyhláška č. 6/2003 Sb.

„Touto vyhláškou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností staveb zařízení pro výchovu a vzdělávání, vysokých škol, škol v přírodě, staveb pro zotavovací akce, staveb zdravotnických zařízení léčebně preventivní péče, ústavů sociální péče, ubytovacích zařízení, staveb pro obchod a staveb pro shromažďování většího počtu osob.“ [18]

Typ pobytové místnosti	Výsledná teplota t_g [°C]	
	teplé období roku	chladné období roku
Ubytovací zařízení	24,0±2,0	22,0±2,0
Zasedací místnost staveb pro shromažďování většího počtu osob	24,5±1,5	22,0±2,0
Haly kulturních a sportovních zařízení	24,5±1,5	22,0±2,0
Učebny	24,5±1,5	22,0±2,0
Ústavy sociální péče	24,0±2,0	22,0±2,0
Zdravotnická zařízení	24,0±2,0	22,0±2,0
Výstaviště	24,5±2,5	22,0±3,0
Stavby pro obchod	23,0±2,0	19,0±3,0

Tab. 2: Požadavky na výslednou teplotu kulového teploměru [18]

Teplé období roku	0,16-0,25 ms⁻¹
Chladné období roku	0,13-0,20 ms⁻¹

Tab. 3: Rychlost proudění vzduchu v pobytových místnostech [18]

Teplé období roku	nejvýše 65 %
Chladné období roku	nejméně 30 %

Tab. 4: Relativní vlhkost vzduchu v pobytových místnostech [18]

Typ místnosti	Teplota vzduchu t_i [°C]	Množství odváděného vzduchu za hodinu
Umývárny	22	30 m³ na 1 umyvadlo
Sprchy	25	35 - 110 m³ na 1 sprchu
WC	18	50 m³ na 1 mísu; 25 m³ na 1 pisoár

Tab. 5: Teploty a množství odváděného vzduchu pro hygienická zařízení u pobytových místností [18]

Ukazatelé	limitní hodnota
oxid dusičitý	100 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
frakce prachu PM10	150 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
frakce prachu PM2,5	80 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
oxid uhelnatý	5000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
ozón	100 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
azbestová a minerální vlákna	1000 počet vláken $\cdot\text{m}^{-3}$
amoniak	200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
benzen	7 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
toluen	300 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
suma xylenů	200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
styren	40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
etylbenzen	200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
formaldehyd	60 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
trichloretylen	150 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
tetrachloretylen	150 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Tab. 6: Limitní hodinové koncentrace chemických ukazatelů a prachu [18]

- **Vyhláška č. 268/2009 ve znění 20/2012 Sb. a 323/2017 Sb.**

Tato vyhláška řeší následující oblasti vnitřního prostředí: všeobecné požadavky pro ochranu zdraví, zdravých životních podmínek a životního prostředí (znečištění vzduchu, kondenzace vody ve stavebních materiálech, tepelně a zvukově izolační vlastnosti,...); denní a umělé osvětlení, větrání a vytápění; proslunění; ochrana proti hluku a vibracím; úspora energie a tepelná ochrana; vzduchotechnická zařízení; vytápění. [19]

- **Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. ve znění 217/2016 Sb. a 241/2018 Sb.**

Jedná se o nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Je zde řešen problém s hlukem a vibracemi. Jsou stanoveny limitní hodnoty nejen pro obytné budovy, ale i pro další provozy. V závěru nařízení je kapitola věnující se měření a hodnocení hluku a vibrací. [20]

Druh chráněného vnitřního prostoru	Doba pobytu	Korekce [dB]
Nemocniční pokoje	doba mezi 6.00 a 22.00 hodinou	0
	doba mezi 22.00 a 6.00 hodinou	-15
Lékařské vyšetřovny, ordinace	po dobu používání	-5
Obytné místnosti	doba mezi 6.00 a 22.00 hodinou	0
	doba mezi 22.00 a 6.00 hodinou	-10
Přednáškové síně, učebny a pobytové místnosti škol, jeslí a staveb pro předškolní a školní výchovu a vzdělávání	po dobu používání	5

Tab. 7: Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb [20]

Druh chráněného vnitřního prostoru	Doba dne	Povaha vibrací			
		Přerušované a nepřerušované vibrace		Opakující se otřesy	
		Korekce			
		[dB]	[-]	[dB]	[-]
1. Operační sály	Denní doba	0	1	0	1
	Noční doba	0	1	0	1
2. Obytné místnosti	Denní doba	6	2	24	16
	Noční doba	3	1,41	3	1,41
3. Nemocniční pokoje	Denní doba	6	2	24	16
	Noční doba	3	1,41	3	1,41
4. Přednáškové síně, učebny a pobytové místnosti škol, jeslí a staveb pro předškolní a školní výchovu a vzdělávání	Denní doba	6	2	24	16
	Noční doba	3	1,41	3	1,41
5. Ostatní chráněné vnitřní prostory staveb	Nepřetržitě	12	4	42	128

Tab. 8: Hodnoty hluku působeného dopravou na pozemních komunikacích a drahách pro použití další korekce + 5 dB podle § 12 odst. 6 věty třetí [20]

- **Norma ČSN EN 16798-1 - Energetická náročnost budov – Větrání budov - Část 1: Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky - Modul M1-6**

„Tento dokument specifikuje požadavky na parametry vnitřního prostředí pro tepelné prostředí, kvalitu vnitřního vzduchu, osvětlení a akustiku a určuje, jak tyto parametry stanovit pro návrh systémů budov a výpočty energetické náročnosti.

Tato evropská norma zahrnuje návrhová kritéria pro podmínky místního tepelného diskomfortu, tj. průvan, asymetrii radiační teploty, vertikální rozdíl teploty vzduchu a teplotu povrchu podlahy.“ [21]

V této normě jsou popsány návrhové vstupní parametry pro návrh budov a dimenzování systémů vytápění, chlazení a větrání. Kritéria tepelného prostředí jsou založena na ukazatelích PMV/PPD. Při návrhu se zohledňuje možnost lokálního diskomfortu, jakým může být průvan, asymetrie radiační teploty, vertikální rozdíl teploty vzduchu a teplota povrchu podlahy. Při návrhu se také vyhodnocuje, zda zvýšená rychlost proudění vzduchu může zlepšit tepelnou pohodu v objektu.

Pro dimenzování větracího systému musí být specifikovány návrhové průtoky vzduchu. Kvalita vnitřního vzduchu se řídí těmito prostředky: řízení vývinu znečišťujících látek; větrání; filtrace a/nebo čištění vzduchu. Norma udává, že v projektové dokumentaci musí být uvedeno, která metoda návrhu (založená na vnímané kvalitě vzduchu / používající limitní hodnoty koncentrace znečišťujících látek / založená na předdefinovaných průtocích větracího vzduchu) byla použita. Zároveň je nutné uvést, které zdroje znečišťujících látek byly identifikovány, společně s procesy, které byly použity pro jejich odstranění nebo snížení. Mimo jiné je v normě zmíněn i povinný přístup uživatelů budovy k otevíratelným oknům nebo větracím klapkám, aby jim byl umožněn kontakt s venkovním prostředím.

Návrhové úrovně osvětlení jsou odvozeny z denního a umělého osvětlení nebo jejich kombinací. Zároveň jsou v normě popsány i akustické limity, které nesmí jednotlivé technické systémy porušovat. Dále jsou v normě stanoveny parametry vnitřního prostředí pro energetické výpočty.

- **Norma ČSN 73 0580-2 - Denní osvětlení budov - Část 2: Denní osvětlení obytných budov**

„Tato norma stanovuje požadavky na osvětlení vnitřních prostorů obytných budov denním světlem. Cílem je vytvořit pro uživatele obytných budov zdravé prostředí z hlediska denního osvětlení, ušetřit provozní náklady za umělé osvětlení a co nejvíce využívat přirozeného denního světla, které je obnovitelným zdrojem. Norma stanoví základní kritéria a limity pro hodnocení denního světla v obytných budovách a stanoví ostatní podmínky pro užívání denního světla při návrhu a užívání obytných budov z hlediska denního osvětlení.“ [22]

- **Norma ČSN EN 15665 (ZMĚNA Z1) - Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov**

„Tato norma stanovuje kritéria pro hodnocení účinnosti větracích systémů v nových, stávajících a rekonstruovaných rodinných a bytových domech. Jsou v ní také definovány způsoby pro stanovení výkonových kritérií pro návrh parametrů v předpisech a/nebo normách.“ [23]

Mimo jiné je v této normě definována intenzita větrání a dávka venkovního vzduchu na člověka na hodinu. Zároveň s tím jsou uvedeny hodnoty nárazového větrání z hygienického zázemí a kuchyně.

Požadavek	Intenzita větrání [h ⁻¹]	Dávka venkovního vzduchu na osobu (slouží jako pomocná hodnota) [m ³ /(h.os)]
Minimální hodnota	0,3	15
Doporučená hodnota	0,5	25

Tab. 9: Průtok venkovního vzduchu pro trvalé větrání obytných místností [23]

Požadavek	Kuchyně [m ³ /h]	Koupelny [m ³ /h]	WC [m ³ /h]
Minimální hodnota	100	50	25
Doporučená hodnota	150	90	50

Tab. 10: Nárazové větrání hygienického zázemí a kuchyně – odváděný vzduch [23]

5.2 SBToolCZ¹⁴

Metodika SBToolCZ z roku 2013 věnovaná bytovým domům je zaměřena více než z pětiny (21,9 %) na vnitřní prostředí a zabývá se jím v následujících sedmi kapitolách:

- **S.01 Vizuální komfort** - 3,5 %

V této kapitole se hodnotí činitele denní osvětlenosti a viditelnosti oblohy. Z obou je možné získat maximálně 10 kreditů, výsledným hodnocením je aritmetický průměr dosažených kreditů.

Denní osvětlenost je hodnocena v kritických místnostech. Výsledné hodnocení vychází z poměru osvětlení plochy na minimální požadovanou hodnotu ku celkové ploše kritické místnosti (bez zadní části - 0,5 m). Výsledný poměr se znásobí 10. Viditelnost oblohy se řeší ve stejných kritických místnostech. Do hodnocení vstupuje zejména výška a vzdálenost stínících překážek. Pro viditelnost oblohy nad horizontem se ve výpočtu stanovují úhly a, b. Pro boční pohled směrem k horizontu úhly c, d.

- **S.02 Akustický komfort** - 3,6 %

Obzvláště v budovách určených pro bydlení má akustika výraznou roli. Při správném návrhu a realizaci nesmí stavba ohrožovat zdraví uživatelů. Zároveň by měl být uživatelům umožněn nerušený spánek a odpočinek.

Všechny obytné místnosti se posoudí z hlediska vzduchové a kročejové neprůzvučnosti, ekvivalentní hladiny akustického tlaku A za daný časový úsek $L_{Aeq,T}$ [dB] a doby dozvuku. Podle výsledků se každá místnost zařídí do kategorie A-D. Na základě celkových hodnocení místností (A-D) se získá finální kreditované hodnocení akustického komfortu.

- **S.03 Tepelná pohoda v letním období** - 3,1 %

Zde je řešena ochrana před letním přehříváním obytných místností, a to hlavně za pomoci pasivních opatření, jako jsou například vnější stínění, orientace vůči světovým stranám, stavební řešení (orientace provětrávacích otvorů), atd.

Hodnocení se skládá ze dvou dílčích kritérií, jejichž vynásobením získáme celkové kreditované ohodnocení. Konkrétně se jedná o maximální výpočtovou vnitřní teplotu a o nutné řešení pro dosažení požadovaného stavu.

- **S.04 Tepelná pohoda v zimním období** - 1,5 %

Zajištění tepelné pohody v zimním období je sledováno z hlediska poklesu dotykové teploty podlahy a tepelné stability místností. Pokles dotykové teploty podlahy je hodnocen na úrovni splnil

¹⁴ Zdrojem pro tuto podkapitulu byl: [24].

nebo nesplnil a v celkovém hodnocení má váhu 30 %. Kreditové ohodnocení za tepelnou stabilitu místnosti je závislé na počtu hodnocených místností a na velikosti rezervy.

- **S.05 Kvalita vnitřního vzduchu - 4,2 %**

Tato kapitola si klade za cíl snížení zdravotních rizik a zvýšení komfortu osob z hlediska vnitřního vzduchu. Hodnocení je založeno nejen na výpočtu, ale i měření. Hodnocení se skládá z šesti dílčích hodnocení, kdy první čtyři mají váhu 20 % a poslední dvě 10 %.

Intenzita trvalého větrání, množství venkovního vzduchu na osobu a větrání hygienického zázemí jsou kreditově ohodnoceny v závislosti na jejich hodnotách. Komfort a regulace systému větrání je další dílčí hodnocení, jehož hodnocení je závislé na míře regulace. Poslední dvě dílčí hodnocení jsou věnována filtrům, kde se hodnotí třída použitých filtrů a uzavření servisní smlouvy (zda je či není smlouva se servisní firmou uzavřena).

- **S.06 Ochrana proti radonu - 1,9 %**

I v této kapitole jde primárně o snížení zdravotních rizik nyní z hlediska výskytu radonu na pozemku na základě radonového průzkumu, umístění nejnižšího obytného patra a protiradonových opatření. Součtem těchto tří hodnot získáme výsledné kreditové hodnocení.

- **S.07 Zdravotní nezávadnost materiálů - 4,1 %**

Zde se hodnotí použité stavební materiály a nábytek s ohledem na obsah látek, které mohou způsobovat zdravotní problémy (zejména formaldehyd a těkavé látky).

Výsledné hodnocení se skládá ze 70 % z hodnocení stavebních materiálů a výrobků používaných v interiérech (zda splňují normové hodnoty či ne) a z 30 % z toho, zda byl vytvořen informativní průvodce o problematice zdravotní nezávadnosti materiálů.

5.3 BREEAM¹⁵

Kategorie zdraví a kvalita prostředí je pro bytové domy v metodice BREEAM z roku 2018 pro nové budovy zastoupena vahou 14 % na celkovém hodnocení budovy. V této kategorii se ale mimo podkategorií týkajících se vnitřního prostředí nacházejí i další podkategorie (zaměřené výhradně na bezpečnost). Po přepočítání má vnitřní prostředí na celkovém hodnocení budovy váhu 11,8 %. Ve čtyřech podkategoriích je možné získat 16 kreditů.

- **Vizuální komfort** - 5 kreditů

Cílem je, aby bylo již od návrhu vypracováno takové řešení, které bude co nejlepší v daném prostoru a bude poskytovat dostatek pohodlí uživatelům.

- *Kontrola oslnění - 1 kredit*

Navržení systému kontroly oslnění tak, aby se co v největší míře využívalo venkovní světlo. Umístění a použití stínění nesmí být v rozporu s řízením systému osvětlení.

- *Denní osvětlení - 2 kredity*

Dva kredity je možné získat za splnění požadované osvětlenosti v místnosti na 80 % podlahové plochy, anebo za splnění průměrné a minimální (v nejhorším bodě místnosti) denní osvětlenosti.

- *Výhled - 1 kredit*

Toto kritérium se považuje za splněné, pokud je splněno procento prosklení venkovní stěny. To se určuje v závislosti na vzdálenosti pracovního prostoru od okna. Je vyžadováno, aby to bylo splněno u 95 % podlahové plochy objektu.

- *Vnitřní a vnější osvětlení, zónování a ovládání - 1 kredit*

Vnitřní osvětlení je ve všech prostorách budovy takové, aby splňovalo úroveň osvětlení v závislosti na využití místnosti. To je dáno národními zákony a normami. Osvětlení instalované zvenku v konstrukční zóně nesmí oslňovat ani nikterak omezovat obyvatele budovy. Z hlediska zónování a ovládání osvětlení záleží na jednotlivých typech provozu.

- **Kvalita vnitřního vzduchu** - 4 kredity

Cílem této kapitoly je, aby byl do objektu instalován vhodný systém větrání, který zaručí požadovanou kvalitu vnitřního vzduchu.

¹⁵ Zdrojem pro tuto podkapitulu byl: [25].

- *Plán kvality vnitřního ovzduší – předpokládané kritérium*

Musí být zhotoven a dodržován plán kvality vnitřního prostředí, který by měl zkvalitnit návrh budovy a musí v něm být obsaženo: odstranění zdrojů kontaminujících látek, ředění a kontrola zdroje kontaminantů, postup provedení flush out (přívod velkého množství vzduchu daných parametrů) před uvedením do provozu, testování od třetích stran, zachování kvality vnitřního prostředí i v provozu.

- *Větrání - 1 kredit*

Toto kritérium si dává za cíl minimalizovat koncentraci a recirkulaci škodlivých látek. Konkrétně musí být splněno: zajištění požadovaného čerstvého vzduchu (dáno národní legislativou); umístění přívodů do vzduchotechnických zařízení musí být v místě, kde nehrozí čerpání znečištěného vzduchu; pokud je instalován HVAC systém (vytápění, větrání a klimatizace), musí být osazen potřebnými filtry; prostory s nepředvídatelnou obsazeností musí mít čidla CO₂, z výsledků měření se musí buď zapnout ventilace, anebo dát podnět provozovateli, aby ji zvětšil; v zemích, kde je povolené kouření, musí být buď zavedeny kuřácké prostory, nebo musí být zakázáno kouřit ve veřejných prostorách.

- *Emise ze stavebních výrobků - 2 kredity*

Jeden kredit je získán, pokud tři z pěti uvedených výrobků (malby a nátěry; výrobky na bázi dřeva; podlaha; stropy, stěny, tepelné a akustické izolace; lepidla a tmely) splňují limitní hodnoty. K získání dvou kreditů je nutné splnit limitní hodnoty pro všechny uvedené výrobky. V tabulce jsou nejen požadované emisní limity, ale i odkazy na způsoby testování.

- *Měření kvality vnitřního vzduchu po stavbě - 1 kredit*

Před užíváním budovy jsou naměřeny hodnoty formaldehydu a VOC. Pokud nejsou dodrženy hygienické limity, je nutné postupovat podle plánu kvality vnitřního ovzduší, aby se hodnoty snížily.

- **Tepelný komfort - 3 kredity**

Pro zajištění dostatečného tepelného komfortu v budovách jsou v metodice tato tři kritéria.

- *Tepelné modelování - 1 kredit*

Tepelné modelování bylo provedeno pomocí indexů PMV (předpokládané průměrné hodnocení vnitřního prostředí) a PPD (předpokládané procento nespokojených). K určení úrovně tepelné pohody jsou využita místní kritéria (zejména rozsahy zimních a letních teplot).

- *Přizpůsobivost systému změnám klimatu - 1 kredit*

Musí být splněno tepelné modelování. Poté je provedeno ověření, zda systém zvládne i v následujících letech stále splňovat místní kritéria (zejména rozsahy zimních a letních teplot). Pokud se prokáže, že ne, je nutné systém přepracovat, aby i v budoucnu vyhověl.

- *Zónování a ovládání - 1 kredit*

Pro budovu musí být vyhotoveno tepelné modelování. Systém topení a chlazení se zaměřuje na: efektivní rozdělení zón dle provozu a umístění; zohlednění zapojení uživatele budovy (otevírání oken, obsluha termostatických hlavice, atd.; schopnost systému interagovat s ostatními systémy; potřeba manuálního ovládání pro automatické systémy).

- **Akustický výkon - 4 kredity**

Pro zajištění dostatečné kvality budovy z hlediska akustického výkonu jsou v metodice BREEAM hodnocena tato tři odvětví:

- *Zvuková izolace - 2 kredity*

Jeden kredit je získán, pokud akustické izolace mají minimálně o 3 dB vyšší vzduchovou neprůzvučnost a minimálně o 3 dB nižší kročejovou neprůzvučnost než limity dané místní legislativou. Dva kredity jsou získány, pokud akustické izolace mají minimálně o 5 dB vyšší vzduchovou neprůzvučnost a minimálně o 5 dB nižší kročejovou neprůzvučnost než limity dané místní legislativou.

- *Úroveň okolního hluku - 1 kredit*

Za dodržení povolených limitů hluku ve vnitřním prostředí dle BS 8233:2014 (oddělení 7) je připsán jeden kredit.

- *Akustika místnosti - 1 kredit*

Toto kritérium se považuje za splněné, pokud je splněna platná legislativa z hlediska absorpce zvuku v obytných místnostech.

5.4 LEED¹⁶

Následující poznatky z posuzování kvality vnitřního prostředí v metodice LEED byly čerpány na základě aktualizované verze 4.1 publikované v roce 2020. Kvalitě vnitřního prostředí se věnuje z 14,5 % (konkrétně 16 bodů ze 110). Je zde jedenáct hodnocených kritérií, z nichž dvě jsou povinná.

- **Minimální požadavky na systémy větrání** – povinné

V metodice je požadováno, aby byly splněny určité parametry pro nucené, ale i přirozené větrání. Potřebné hodnoty všech parametrů jsou dány ASHRAE Standard 62.1–2016 (včetně několika pozdějších dodatků) a ASHRAE Standard 170-2017.

- **Kontrola kouře z tabákového prostředí** – povinné

Účelem této kapitoly je, aby se zabránilo nebo bylo minimalizováno vystavení obyvatel, vnitřního vybavení, a hlavně zařízení na distribuci ventilačního vzduchu tabákovému kouři. Konkrétně jde o úplný zákaz kouření (tabák, elektronické cigarety i marihuana) uvnitř budovy. Vně budovy je možné kouřit pouze na vyhrazených místech, která se nachází minimálně 7,5 metru od vstupů do objektu, otvíraných oken a míst, kde se nasává venkovní vzduch do vzduchotechnických zařízení. Tato pravidla musí být sdělena všem, kdo se vyskytují v budově, a jejich dodržování musí být vymáháno.

Budovy pro bydlení mohou buď splňovat výše uvedená opatření, nebo rozdělení na kuřácké a nekuřácké prostory. V takovém případě budou všechny společné prostory nekuřácké a bytové jednotky mohou být vedeny jako kuřácké za splnění několika požadavků, zaměřených zejména na propustnost kouře stavebními konstrukcemi, výplněmi otvorů, instalačními či výtahovými šachtami.

- **Vylepšené strategie kvality vnitřního ovzduší** - 2 body

V této kapitole je cílem podpořit komfort a produktivitu obyvatel budovy díky kvalitě vnitřního vzduchu. Je zde uvedeno deset strategií. Jeden bod je získán, jsou-li splněny tři strategie. Při splnění šesti strategií jsou získány dva body.

- *Strategie 1 - Vstupní systémy*

K zajištění co největšího zachycení škodlivých částic zvenku instalovat na hlavních vchodech do budovy trvalé vstupní systémy, které budou minimálně 3 m dlouhé a budou opatřeny rohožemi (čištěné každý týden).

¹⁶ Zdrojem pro tuto podkapitolu byl: [26].

- *Strategie 2 - Prevence kontaminace interiéru*

Je nutné dostatečně nuceně větrat ty prostory, kde vznikají škodlivé látky (garáže, prádelny, tiskové centrum, atd.), tak, aby v místnosti vznikl podtlak. Prostory musí být uzavřené samouzavíracími dveřmi.

- *Strategie 3 - Filtrace venkovního vzduchu*

Každé ventilační zařízení, které dodává venkovní vzduch do obytných prostor, musí být opatřeno filtry. Ty musejí splňovat buď kritéria stanovená v ASHRAE Standard 52.2–2017, nebo v ISO 16890-2016. Všechny filtry musí být po dokončení stavby kompletně vyměněny.

- *Strategie 4 - Filtrace cirkulačního vzduchu*

Každé ventilační zařízení, které dodává cirkulační vzduch do obytných prostor, musí být opatřeno filtry. Ty musejí splňovat buď kritéria stanovená v ASHRAE Standard 52.2–2017, nebo v ISO 16890-2016. Všechny filtry musí být po dokončení stavby kompletně vyměněny.

- *Strategie 5 - Zvýšení ventilace o 15 %*

V 95 % obývaných prostor zvýšit množství venkovního ventilačního vzduchu o 15 %, než jaké je minimum stanovené minimálními požadavky na systém větrání.

- *Strategie 6 - Zvýšení ventilace o 30 %*

V 95 % obývaných prostor zvýšit množství venkovního ventilačního vzduchu o 30 %, než jaké je minimum stanovené minimálními požadavky na systém větrání.

- *Strategie 7 - Otvíratelná okna*

Minimálně 75 % pravidelně obývaných prostor má otvíratelná okna, která umožňují přirozené větrání a musí splňovat podmínky uvedené v ASHRAE 62.1-2016 with addendum 1, section 6.4.1.2.

- *Strategie 8 - Přirozené větrání*

Dosáhnout druhé možnosti v ASHRAE Engineered natural ventilation system (ASHRAE 62.1-2016).

- *Strategie 9 - Monitorování CO₂*

Vypočítání požadovaných hodnot CO₂ dle ASHRAE 62.1–2016, Appendix D. Ve všech hustě obsazených prostorách musí být monitory koncentrací CO₂, ty musejí být osazeny v požadované výšce a musí dát vědět, buď pomocí zvuku nebo vizualizace, že se zvýšila koncentrace CO₂ o více než 10 % oproti požadavku.

- *Strategie 10 - Přídavný monitoring a kontrola zdrojů*

V prostorách, kde by mohlo docházet k šíření nějaké další znečišťující látky, by měl být vypracován plán, jak pracovat, aby nehrozilo nebezpečí znečištění prostoru. Zároveň se osadí monitorovací zařízení, které v případě nehody spustí poplach.

- **Nízkoemisní materiály** - 3 body

Smyslem této kapitoly je snižovat koncentraci chemických látek vyzařovaných z materiálu. Tyto látky mohou negativně ovlivnit nejen kvalitu vnitřního vzduchu, ale i produktivitu a v neposlední řadě především zdraví osob. Objekt je rozdělen na těchto 8 kategorií, v nichž se nejčastěji vyskytují materiály, které mohou uvolňovat nežádoucí látky do vzduchu: malby a nátěry, lepidla a tmely, podlaha, stěnové panely, strop, izolace, nábytek a kompozitní dřevo. V jednotlivých kategoriích se posuzuje množství materiálů, které splňují nízko emisní požadavky. Kromě podlahy a stropu je to vždy minimálně 75 % , u podlah a stropu 90 %.

Nízko emisní kritéria jsou vypsána v metodice a vycházejí z několika amerických publikací zabývajících se působením VOC (těkavé organické látky) a formaldehydu na lidský organismus.

- **Plán řízení kvality vnitřního ovzduší při stavbě** - 1 bod

Tato kapitola se věnuje zejména zajištění kvalitního vnitřního ovzduší pro pracovníky během stavby. Jeden bod je přidělen, pokud je sestaven a dodržován návrh řízení kvality vnitřního ovzduší. Nutné náležitosti tohoto návrhu jsou následující:

- Během výstavby dodržení všech příslušných doporučení pro kvalitu vnitřního vzduchu IAQ Guidelines for Occupied Buildings under Construction, 2nd edition, 2007 vydanou Sheet Metal and Air Conditioning National Contractors Association (SMACNA).
- Chránění adsorpčních materiálů před vlhkostí.
- Během výstavby trvale neprovozovat vzduchotechnické zařízení.
- Během stavby je zakázáno kouření uvnitř budovy a do vzdálenosti 7,5 m od otvorů budovy.

- **Hodnocení kvality vnitřního ovzduší** - 2 body

Zde se hodnotí, jak je dosaženo kvality vnitřního vzduchu po stavbě a během užívání. Na výběr jsou dvě možnosti, buď důsledný flush out (přívod velkého množství vzduchu daných parametrů) nebo testování vzduchu.

Flush out je ohodnocen jedním bodem. Množství přiváděného vzduchu na metr čtvereční (v USA na stopu čtvereční) se odvíjí od obsazenosti budovy.

Testování vzduchu se skládá ze dvou částí, přičemž za každou část lze získat jeden bod. Jsou stanoveny limitní koncentrace, které musí být dodrženy pro kladné ohodnocení. Zvlášť se hodnotí

částice a anorganické plyny a těkavé organické látky. V metodice jsou stanoveny i dovolené metody testování, respektive je zde uveden odkaz na jejich popis.

- **Tepelná pohoda** - 1 bod

Tepelná pohoda je v metodice LEED představována dvěma kritérii, a to návrhem a kontrolou tepelné pohody. Při splnění obou parametrů je udělen jeden bod. Vytápění, větrání, chlazení a obálka budovy musí splňovat ASHRAE Standard 55–2017. Ovládním tepelné pohody je myšleno, že minimálně 50 % obývané plochy musí mít individuální ovládací prvky. Ovládací prvky dokážou ovlivnit teplotu vzduchu, rychlost vzduchu, teplotu radiace či vlhkost vzduchu.

- **Osvětlení interiéru** - 2 body

Cílem této kapitoly je díky vysoce kvalitnímu vnitřnímu osvětlení zajistit produktivitu, pohodlí a komfort obyvatel budovy. Za splnění minimálně jedné strategie je jeden bod, za splnění minimálně tří strategií jsou dva body.

- *Strategie 1 – Kontrola oslunění*

Pro všechny obyvatelné prostory použít buď svítidla se svítivostí menší než 7000 cd/m², nebo díky software Unified Glare Rating (UGR) dosáhnout menšího hodnocení než 19.

- *Strategie 2 – Barevné podání*

Pro všechny obyvatelné prostory splnit jeden z následujících bodů: použít světelné zdroje, které mají index barevného vykreslení alespoň 90 nebo index věrnosti barev větší 78 a mamut index mezi 98-110.

- *Strategie 3 – Ovládním osvětlení*

Pro 90 % obydlých prostor poskytuje stmívatelné nebo víceúrovňové osvětlení.

- *Strategie 4 – Povrchová odrazivost*

Minimálně v 90 % obydlých prostor je odrazivost menší nebo rovna limitním hodnotám: strop - 80 %, stěny - 55 %, příčky - 50 %, pracovní plochy - 45 %.

- **Denní osvětlení** - 3 body

V budově by mělo být dostatečné denní osvětlení, jehož posouzením se zabývá tato kapitola. Ve všech obytných prostorech je nutné zajistit manuální nebo automatický (s ručním ovládním) stínící systém.

K získání bodů je důležité prokázat míru denního osvětlení. Body jsou přiděleny v závislosti na ploše prostor, v nichž jsou splněna kritéria. Prokázání je možné udělat jedním ze tří způsobů: buď simulací, nebo výpočtem, anebo měřením na místě. Pro jednotlivé způsoby jsou vypsány postupy a konkrétní bodové ohodnocení.

- **Kvalitní pohledy - 1 bod**

Zde je kontrolováno spojení lidí uvnitř budovy s přírodou venku a poskytnutí kvalitního výhledu. Minimálně pro 75 % obytné podlahové plochy musí být zajištěn výhled na přírodu, městské památky nebo umění. A to oknem se zasklením, které má minimální propustnost viditelného světla 40 %.

- **Akustika - 1 bod**

Díky efektivnímu akustickému designu se zajistí větší komfort a produktivita a zároveň sníží negativní dopady na lidský organismus. Metodika posuzuje hluk ze vzduchotechniky, přenos zvuku a dobu dozvuku. Maximální možná hodnota hluku od vzduchotechniky vychází z příručky ASHRAE Handbook 2015 - HVAC applications. Přenos zvuku se vypočítá pomocí ASTM E336-17a nebo Annex A.3 of ANSI S12.60-2010 a porovná s mezními hodnotami. Doba dozvuku se mění v závislosti na typu objektu.

5.5 WELL¹⁷

Hodnocení vnitřního prostředí pomocí verze WELL v2 pilot, Q2020. Z metodiky byla vybrána ta kritéria, která se přímo týkají vnitřního prostředí v bytových domech. Celkem se jedná o tyto hlavní kategorie: vzduch, osvětlení, tepelný komfort, akustika, materiály a mysl. Nedá se úplně přesně říct, jak velké procentuální zastoupení tato oblast v metodice má, protože systém hodnocení je jiný než u předchozích metodik. Z každé kategorie je možné získat maximálně 12 bodů (minimum je v závislosti na typu výsledného certifikátu) s tím, že celkový maximální bodový zisk je 100 bodů. Pokud budeme uvažovat celkové možné bodové zisky, potom zabírá vnitřní prostředí v hodnocení 33,9 % bodů. Na metodice je patrné, že je konstruována primárně pro administrativní budovy, je zde mnoho kritérií, která v bytových domech nedávají takový smysl. Nejvíce viditelné je to v oblasti psychického komfortu, kde pro bytové domy mohla zůstat pouze dvě kritéria.

- **Vzduch** - 17 bodů

- *Základní kvalita vzduchu – povinné*

Budova musí splňovat dané hygienické limity prachových částic, organických i anorganických plynů, radonu. Minimálně jednou ročně musí být vše kromě radonu přeměřeno a výsledky zaznamenány.

- *Nekuřácké prostředí – povinné*

Uvnitř budovy musí být zákaz kouření kromě přesně vymezených prostor, které musí splňovat dané parametry. Kouření mimo objekt by mělo být co nejvíce omezeno a zakázáno v prostoru 7,5 metrů od vstupů do budovy, otvíratelných oken a nasávacích otvorů vzduchotechnických zařízení. Toto se vztahuje i na elektronické cigarety.

- *Účinnost ventilace – povinné*

Je nutné přivádět do objektu potřebné množství čerstvého vzduchu, aby se ředil vnitřní znečištěný vzduch, a to buď pomocí nuceného nebo přirozeného větrání. Vzduchotechnické jednotky musí být každých 5 let testovány a seřizeny, aby vyhovovaly všem kritériím.

- *Management znečištění stavby – povinné*

Toto kritérium se zabývá dodržením kvality vnitřního prostředí při stavbě a rekonstrukci, a to zejména díky vhodnému vybavení, výměně filtrů ve vzduchotechnických zařízeních či flush outu.

¹⁷ Zdrojem pro tuto podkapitulu byl: [27].

- *Vylepšení kvality vzduchu - 4 body*

Je vyžadováno, aby navrhované systémy překračovaly vyžadovaná hygienická minima a zvýšily úroveň kvality vnitřního vzduchu.

- *Prachové částice - 2 body*

Snížením obsahu prachových částic ve vzduchu je možné získat jeden nebo dva body (podle naměřeného obsahu prachových částic ve vzduchu).

- *Organické plyny - 1 bod*

Bod je udělen za snížení obsahu benzenu a formaldehydu ve vzduchu (měřeno během provozu) pod uvedená minima.

- *Anorganické plyny - 1 bod*

Bod je udělen za snížení obsahu oxidu uhelnatého, ozonu a oxidu dusičitého ve vzduchu (měřeno během provozu) pod uvedená minima.

- *Zlepšení větrání - maximálně 3 body*

Zde je vyžadována implementace pokročilých větracích strategií, které mohou zvýšit kvalitu vzduchu v místnosti. Každá ze čtyř strategií má své limity, podle nichž jsou přidělovány body. Jedná se o tyto strategie: zvýšení přívodu venkovního vzduchu, větrání řízené dle potřeby, zdvihová ventilace, pokročilá distribuce vzduchu.

- *Otvíratelná okna - maximálně 2 body*

Účelem tohoto kritéria je zvýšit propojení obyvatel budovy s venkovním prostředím a docílit toho, aby otevírali okna, pokud jsou k tomu vhodné okolnosti.

- *Otvíratelnost oken - 1 bod*

Minimálně 75 % obyvatelných prostor má otvíratelná okna nebo otvíratelná plocha okna odpovídá minimálně 4 % podlahové plochy místnosti.

- *Používání oken - 1 bod*

Obyvatelé budovy mají k dispozici data o vnějším vzduchu (prachové částice, ozon a teplota), na jejichž základě rozpoznají, zda je bezpečné otevřít okno. Data musí být naměřena z meteorologické stanice, která je vzdálená maximálně čtyři kilometry od objektu.

- *Návrh oken - 1 bod*

Všechna otvíratelná okna musí splňovat tato kritéria: k oknům musí být volný přístup, musí být otvíratelná jednou rukou a je potřeba menší síla než 22 N.

- *Monitorování kvality vzduchu - 2 body*

Je vyžadováno neustálé měření škodlivých látek uvnitř budovy, a aby byl uživatelům umožněn přístup k těmto datům.

- *Zobrazení koncentrace látek - 1 bod*

Na monitoru je vidět množství těchto škodlivých látek: oxid uhličitý, oxid uhelnatý, oxid dusičitý, ozon, formaldehyd, prachové částice a těkavé organické látky.

- *Povědomí o kvalitě vnitřního vzduchu - 1 bod*

V budově musí být dostatečné množství monitorů se znečištěnými látkami umístěných ve viditelné poloze nebo uživatelům musí být umožněn přístup do aplikací, kde tyto hodnoty mohou sledovat. Mimo jiné je vyžadováno i vzdělávání o kvalitě vnitřního prostředí v budově.

- *Znečištění - 1 bod*

Aby bylo toto kritérium splněno, musí být u vstupu do objektu instalována čistící rohož či mříž, která je pravidelně čistěna.

- *Oddělení zdrojů - 1 bod*

Všechny koupelny, kuchyně, sklady chemikálií a kopírovací místnosti musí být oddělené od obytných prostor samozavíratelnými dveřmi nebo musí být instalováno podtlakové větrání.

- *Výměna filtrů - 1 bod*

U budov se vzduchotechnickým zařízením je vyžadováno důsledné měnění filtrů a vedení záznamů o jejich správě. Pro přirozeně větrané objekty je vyžadováno splnění kvality venkovního vzduchu.

- *Těkavé organické látky - 1 bod*

Bodové ohodnocení je získáno za použití uhlíkových filtrů ke snížení koncentrace těkavých organických látek. Je vyžadována pravidelná výměna a správa filtrů.

- *Mikroby a plísně - 2 body*

Kritérium si dává za cíl snížit růst plísní a výskyt mikrobů v budově.

- *Ultrafialové čištění vzduchu - 1 bod*

U chlazených objektů je vyžadováno ozáření chladících cívek a odtokového potrubí. U nechlazených budov je vyžadováno použít ve všech prostorách, kde se vyskytuje více než deset osob, germicidní lampu.

- *Správa kondenzací a plísní - 1 bod*

V projektu je brán ohled na rizikové místa vzniku kondenzace a každoročně probíhá kontrola výskytu plísní v objektu.

- **Osvětlení - 13 bodů**

- *Osvětlení a vzdělávání – povinné*

Je vyžadováno, aby bylo zajištěno dostatečné osvětlení v místnosti, a to buď za použití denního nebo umělého osvětlení. Zároveň by měli být uživatelé budovy informováni o důležitosti světla a jeho dopadu na lidský organismus, respektive zdraví.

- *Dostatečné osvětlení – povinné*

V závislosti na provozu místnosti a věku uživatelů je stanovena minimální hodnota osvětlení, která musí být dodržena.

- *Cirkadiánní rytmus - 3 body*

Jde o podporu cirkadiánního rytmu pomocí elektrického osvětlení. Podle splnění daných parametrů je možné získat jeden nebo tři body.

- *Kontrola oslunění - maximálně 3 body*

Cílem je minimalizovat nepohodlí uživatelů vlivem oslunění pomocí stínění či vhodných svítidel.

- *Vnější oslunění - 2 body*

Buď je výpočtem potvrzeno, že nebude docházet k velkému oslunění, nebo je instalováno stínění oken.

- *Oslunění od vnitřního osvětlení - 2 body*

Všechna instalovaná svítidla musí splňovat dané parametry: svítivost, úhly stínění, UGR (Unified Glare Rating) a vyzářování nad horizontální osou.

- *Denní osvětlení - maximálně 3 body*

Toto kritérium podporuje osvětlení vnitřních prostor díky venkovnímu světlu. To mimo jiné napomáhá k cirkadiánnímu rytmu a psychické pohodě.

- *Návrh denního osvětlení - 1 bod*

V bytové jednotce musí být plocha oken minimálně 10 % podlahové plochy a propustnost zasklení vyšší než 40 %.

- *Simulace denního osvětlení - 2 body*

Je provedena počítačová simulace denního osvětlení. Z výsledků se zjistí, kolik procent podlahové plochy je osvětleno pomocí denního světla, a podle toho se přidělí určitý počet bodů.

- *Výhled - 1 bod*

Minimálně pro polovinu obyvatel je zajištěn kvalitní výhled z oken, tzn. vzdálenost od pozemní komunikace a další zástavby.

- *Vizuální rovnováha - 1 bod*

Díky zohlednění všech světelných zdrojů je docíleno příjemného prostředí. Je důležité dodržet minimálně čtyři z těchto strategií: nejvíce osvětlená místnost není 10x osvětlenější než nejméně osvětlená místnost; sousední povrchy nevyzařují 3x větší nebo menší jas; povrchy v jedné místnosti nevyzařují 10x větší nebo menší jas; změna úrovně světla je buď plynulá, anebo v dlouhodobých časových krocích; na pracovní ploše je rovnoměrnost osvětlení minimálně 0,4; část stropu nesmí vyzařovat 10x vyšší jas než jiná část stropu.

- *Kvalita elektrického osvětlení - 2 body*

Toto kritérium si dává za cíl zvýšení vizuálního komfortu díky elektrickému osvětlení.

- *Kvalita podání barev - 1 bod*

Elektrické osvětlení musí splňovat dané parametry pro správné podání barev.

- *Blikání - 1 bod*

Všechna svítidla vyjma dekorativních a nouzových musí splňovat požadavky na blikání (závislé na frekvenci).

- *Ovládání světelného prostředí - 1 bod*

Budova by měla poskytnout uživatelům přístup k nastavení daného osvětlení (teploty barvy či hladiny světla).

- **Tepelný komfort - 8 bodů**

- *Tepelné předpoklady – povinné*

V oblastech, kde je to nutné, je instalována chladicí jednotka nebo je provedena příprava pro budoucí instalaci systému. Zároveň je nutné dodržet minimální teploty pro zimní období dle ASHRAE 55:2013, ISO 7730:2005 či EN 15251:2007. Minimálně 2x ročně (v letním a zimním období) proběhne měření (teplota suchého teploměru, relativní vlhkost vzduchu a střední teplota záření) a výsledky jsou odeslány do rozhraní WELL Online.

- *Vylepšené tepelné předpoklady - 1 bod*

Cílem tohoto kritéria je, aby byl proveden návrh budovy s vysokou úrovní tepelného komfortu, se kterým bude převážná většina uživatelů spokojena.

Pro nuceně větrané prostory s trvalým pobytem lidí musí být splněno PMV (předpokládané průměrné hodnocení vnitřního prostředí) +/- 0,5 a PPD (předpokládané procento nespokojených) ≤ 10 % dle ASHRAE 55-2013, ISO 7730:2005 nebo EN 15251:2007. Pro přirozeně větrané prostory je nutné splnit pro prostory s trvalým pobytem osob buď 90% limit přijatelnosti (dle ASHRAE 55-2013), nebo třídu I z hlediska limitu přijatelnosti (dle EN 15251:2007).

- *Zónování - 2 body*

Díky zónování objektu se zvýší tepelný komfort lidí v budově. Všichni uživatelé budovy musejí mít kontrolu nad teplotou, a to buď díky dostupnému termostatu, nebo přístupu k digitálnímu rozhraní, kde je možné teplotu ovládat. V závislosti na ploše tepelných zón nebo obsazenosti je udělen jeden (60 m²/10 osob) nebo dva body (30 m²/5 osob). Důležitá je také poloha teplotních čidel, ta je v metodice přesně definována.

- *Sálavý tepelný komfort - 2 body*

Z hlediska metodiky WELL jsou podporovány ty návrhy, kde jsou sálavé systémy nezávislé na ventilačních systémech.

- *Sálavé systémy - 1 bod*

Minimálně na 50 % obývané podlahové plochy musí být instalováno elektrické nebo hydronické (použití kapalně nebo plynně vody) sálavé topení.

- *Vyhrazené systémy venkovního vzduchu - 1 bod*

V prostorách, kde se pro vytápění nebo chlazení používá systém nezávislý na ventilačním systému, je nutné splnit buď ASHRAE Design Guide For Dedicated Outdoor Air Systems (2017), nebo musí být systém zkontrolován nezávislým odborníkem.

- *Monitorování tepelného komfortu - 1 bod*

Cílem tohoto kritéria je, aby byl monitorován stav tepelně vlhkostního mikroklimatu. Díky naměřeným hodnotám mohou uživatelé nebo správce budovy lépe provádět opatření ke zlepšení tepelně vlhkostních podmínek v interiéru. Vyhodnocují se zejména tyto parametry: teplota suchého teploměru, relativní vlhkost vzduchu, rychlost vzduchu a střední radiační teplota. Data se jednou ročně posílají do rozhraní WELL Online.

- *Regulace vlhkosti - 1 bod*

Všechny pravidelně obsazené prostory (s výjimkou oblastí s vysokou vlhkostí) musí splnit, buď že je systém větrání schopný držet relativní vlhkost vzduchu mezi 30–60 %, nebo musí být ověřeno výpočtovým modelem, že v 98 % nepřesáhne vnitřní relativní

vlhkost 60 % a neklesne pod 30 %. Dodržení těchto hodnot relativní vlhkosti vzduchu je důležité zejména pro lidské zdraví a psychickou pohodu.

- *Vylepšené vlastnosti oken - 1 bod*

Poskytnutí výhody přívodu čerstvého vzduchu do interiéru při minimalizování tepelných ztrát, čehož je docíleno především díky oknům, která se dají otevírat v různých výškách, což podporuje proudění vzduchu. Zároveň je v rámci projektu sepsán i manuál na větrání okny tak, aby bylo co nejefektivnější.

- **Akustika - 9 bodů**

- *Mapování zvuku – povinné*

V tomto oddíle je vyžadováno strategické plánování vnitřních místností s ohledem na možné vnitřní i vnější zdroje hluku. Za tímto účelem je vytvořen akustický plán. Musí být vyznačena hodnota úrovně hluku na pozadí, a to buď na půdorysech obytných místností, nebo profesionálním popisem, jak je uvedeno v kategorii: maximální hladina akustického tlaku. Dále je požadováno vyznačit zvukovou neprůzvučnost stavebních dělicích konstrukcí. V projektu musí být identifikovány tyto tři zóny: hlučná zóna, smíšená zóna a tichá zóna.

- *Maximální hladina akustického tlaku - 3 body*

V metodice je tabulka s limitními hodnotami hladiny akustického tlaku, které jsou přípustné v jednotlivých typech místností. Body jsou přiděleny v závislosti na tom, které limitní hodnoty jsou splněny.

- *Zvukové bariéry - 3 body*

Cílem tohoto kritéria je zvýšit soukromí v jednotlivých místnostech díky kvalitním dělicím konstrukcím.

- *Konstrukce stěny - 2 body*

Mezibytové stěny musí splňovat minimálně STC-50 a bytové příčky STC-45. STC (Sound Transmission Class) je hodnocení, které zahrnuje pouze přenos zvuku vzduchem.

- *Mezibytové dveře - 1 bod*

Mezibytové dveře musí splnit minimálně dvě z těchto čtyř kritérií: minimálně STC-30, těsnění u rámu dveří, těsnící guma u spodní části dveřního křídla, dveře bez dutého jádra.

- *Kročejový hluk - 3 body*

Důležité je minimalizovat hluk, který se přenáší konstrukcemi, zejména podlahami, díky dobrému návrhu kročejové izolace.

- *Podlahy - 1 bod*

Podlahy musí splňovat ICC (Impact Insulation Class) 55, jedná se o hodnocení třídy kročejové izolace.

- *Hodnocení kročejového hluku - 2 body*

Po realizaci je prostor hodnocen podle NISR (Normalized Impact Sound Ratings). Při dosažení minimální hodnoty 52 je přidělen jeden bod a při dosažení minimální hodnoty 57 dva body.

- **Materiály - 11 bodů**

- *Základní materiály – povinné*

Je požadováno snížení nebo eliminace materiálů, u nichž je prokázána škodlivost zdraví, např. azbest ve stavebních materiálech nebo olovo a rtuť ve vodovodním potrubí a v barvách.

- *Odstranění nebezpečných materiálů – povinné*

V metodice je popsáno, jak by se mělo postupovat při rekonstrukcích nebo demolicích nebezpečných materiálů. Zejména se jedná o azbest, olovo a polychlorované bifenyly.

- *Správa původních nebezpečných materiálů - 2 body*

U budov postavených dříve, než vstoupila v platnost legislativa omezující používání materiálů s azbestem a olovem, je nutné každé tři roky zkontrolovat aktuální stav konstrukcí. Zároveň je nezbytné provést měření, zda nedochází k nadměrné nežádoucí emisi škodlivých látek.

- *Redukce nebezpečných materiálů - 1 bod*

Cílem tohoto kritéria je snížení a eliminace výskytu těžkých kovů (např. olova) ve stavebních materiálech a výrobcích (včetně nábytku).

- *Redukce těkavých látek - maximálně 3 body*

- *VOC (těkavé organické látky) - 2 body*

Pro dané stavební výrobky (př. izolace, nábytek, potrubí) jsou dány hygienické limity, které nesmějí být přesaženy.

- *SVOC (částečně těkavé organické látky) - 1 bod*

Pro dané stavební výrobky (př. podlaha, tapety, žaluzie) jsou dány hygienické limity, které nesmějí být přesaženy.

- *Nákup nových výrobků - 1 bod*

Nákup nových stavebních materiálů a výrobků za účelem náhrady současných musí splňovat limity VOC a SVOC.

- *Kontrola dlouhodobých emisí - 3 body*

V projektu musí být minimalizován nežádoucí efekt pomalu emitujících škodlivých látek do interiéru.

- *Nábytek - 2 body*

Veškerý nábytek musí splňovat požadované limitní hodnoty na emisi VOC.

- *Podlaha a izolace - 1 bod*

Minimálně 90 % podlahové plochy splňuje limity VOC pro podlahy a izolace.

- *Kontrola krátkodobých emisí - maximálně 3 body*

V projektu musí být minimalizován nežádoucí efekt rychle emitujících škodlivých látek do interiéru. Zejména se jedná o barvy, tmely, lepidla a nátěry.

- *Emise - 3 body*

Barvy, tmely, lepidla a nátěry musí splňovat limitní hodnotu pro VOC, a na základě její hodnoty jsou přiděleny body.

- **Mysl - 1 bod**

- *Přístup k přírodě – povinné*

Metodika WELL požaduje začlenění přírody do interiéru budovy, zejména díky rostlinám, vodě, výhledům na přírodu či dennímu světlu.

- *Lepší přístup k přírodě - 1 bod*

Toto kritérium se považuje za splněné, když jsou splněny minimálně dva z následujících čtyř bodů: přístup do přírody (maximálně 300 metrů od budovy prostor s minimálně 0,5 hektaru přírodní plochy), pohledy na přírodu (minimálně v 75 % pohledů z budovy), vnitřní příroda (umístění rostlin případně vodních prvků do interiéru), vnější příroda (minimálně 25 % povrchu pozemku je nezastavěno a pokryto minimálně ze 70 % rostlinami).

5.6 Metodika hodnocení kvality vnitřního prostředí v budovách s téměř nulovou spotřebou energie (metodika ČVUT)¹⁸

Tato nová metodika, která ještě nebyla použita u tak velkého počtu objektů, přistupuje k dané problematice jinak. Během hodnocení nejsou přidělovány body za splnění určitých požadavků a díky následnému součtu bodů není udělen finální certifikát kvality. Metodika také nepřikládá odlišnou důležitost jednotlivým kategoriím. Zároveň je možné ji použít na všechny fáze procesu výstavby.

Hodnotitel při vyhodnocování získává data nejen z projektové dokumentace, ale i z osobní prohlídky, naměřených dat, počítačových simulací či dotazníkového průzkumu. Celý objekt hodnotitel rozdělí do několika zón. Počet ani pravidla rozdělení nejsou pevně stanoveny. Hodnocení probíhá v jednotlivých zónách po kategoriích a hodnotí se způsobem: 0-není hodnoceno; 1-bez připomínek; 2-připomínky; 3-vážné nedostatky. Na konci každé kapitoly se udělá průměr nenulových hodnot a počet hodnocení „3“. Zároveň je důležité slovní odůvodnění jednotlivého hodnocení. Ve výsledné tabulce každé zóny je tedy vidět, která oblast má nejvážnější nedostatky.

V každé zóně jsou hodnoceny tyto hlavní kategorie: lokalita a umístění objektu z hlediska vnějšího prostředí a sociálních vazeb; stavebně-technické řešení a interiér hodnocené zóny; tepelný komfort v zimním období; tepelný komfort v letním období; kvalita vzduchu; světelné prostředí; akustické prostředí; elektro-magnetická, -iontová, -statická pole, ionizační záření.

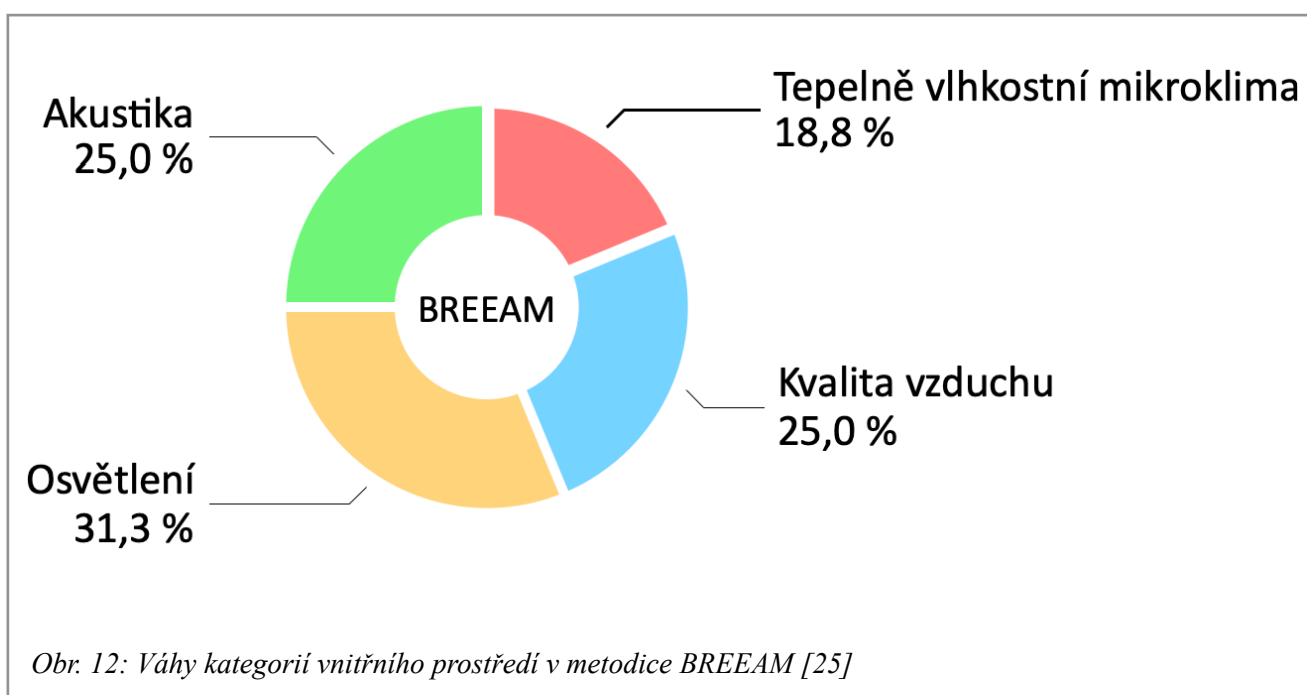
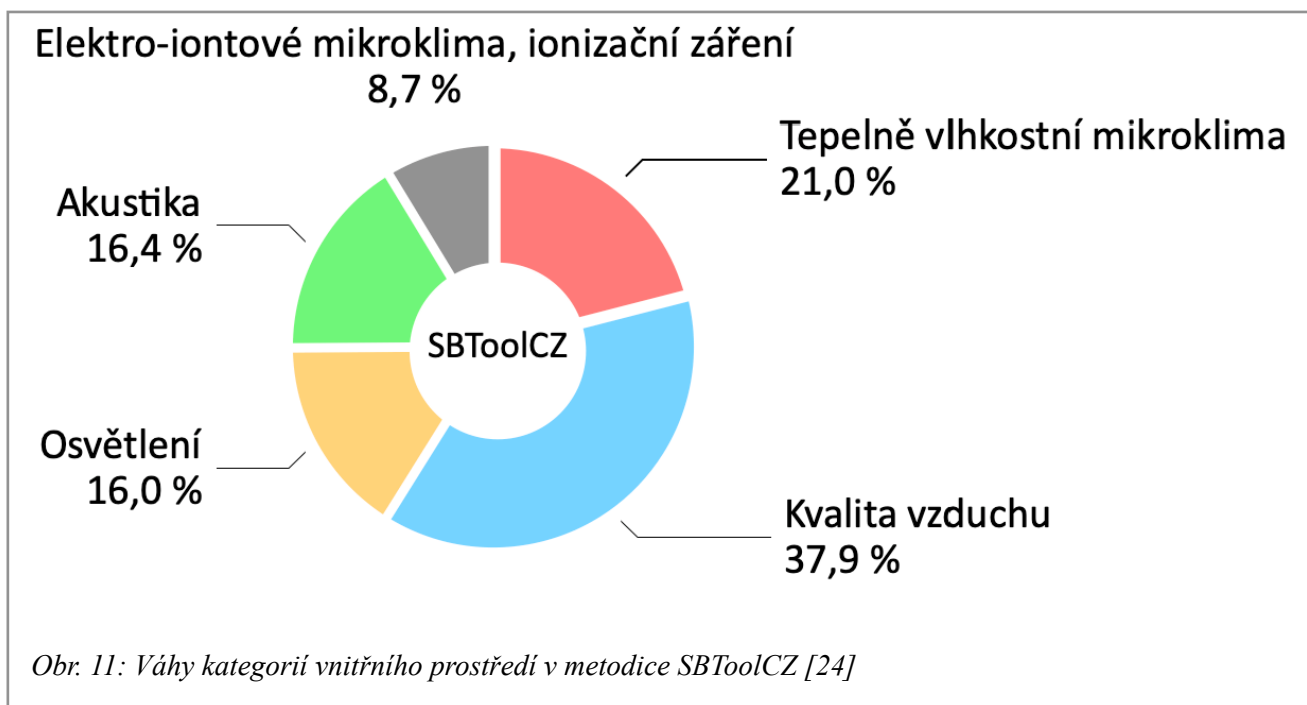
Ve výsledném protokolu, který je předán zadavateli, je nejen závěrečná zpráva (osnova je součástí metodiky), ale i vyhodnocení (včetně grafického znázornění), a hlavně doporučení pro investora, jak daný objekt vylepšit.

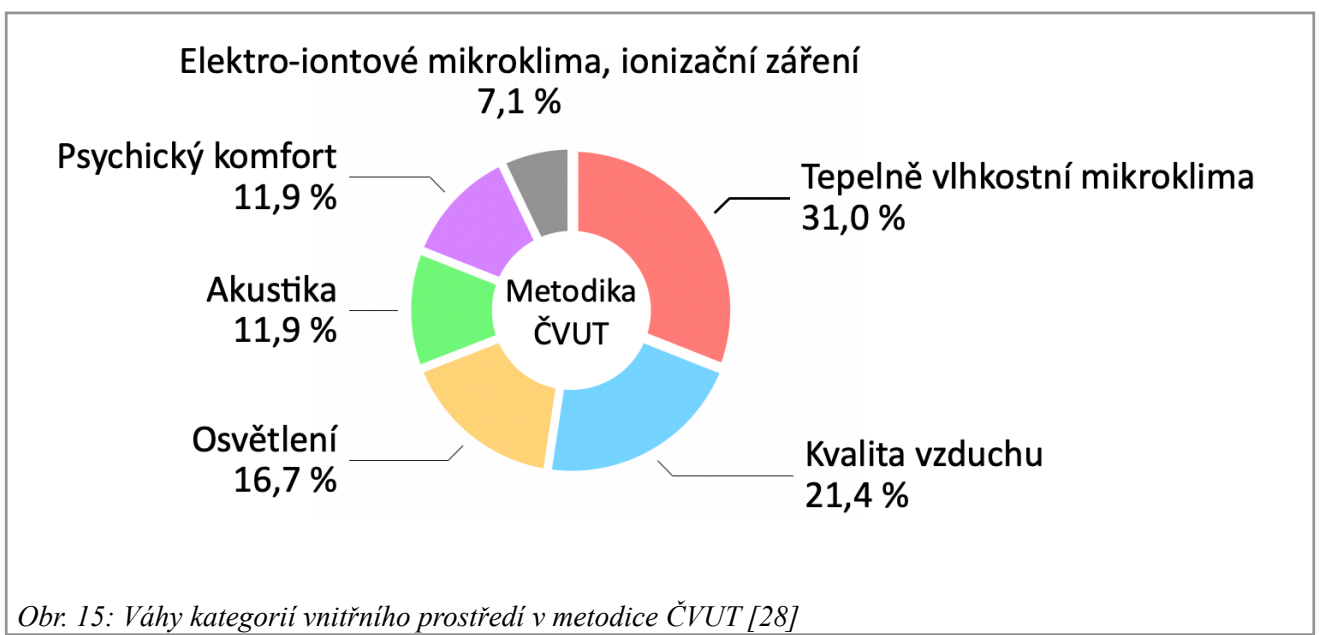
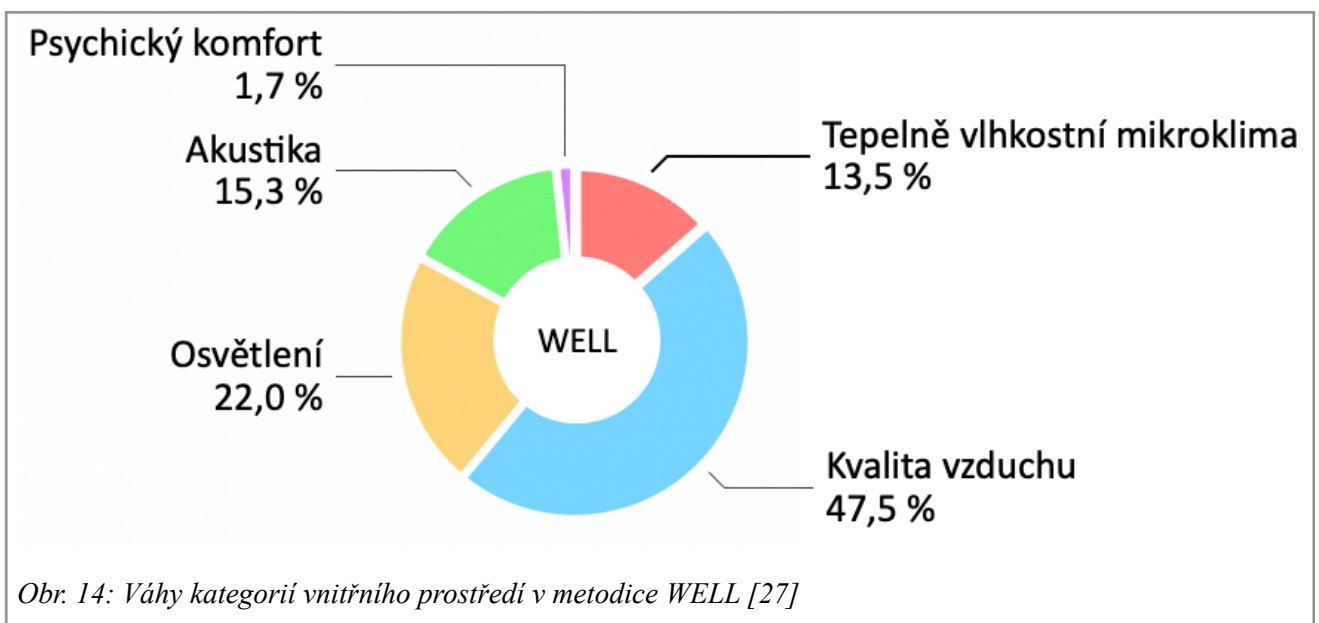
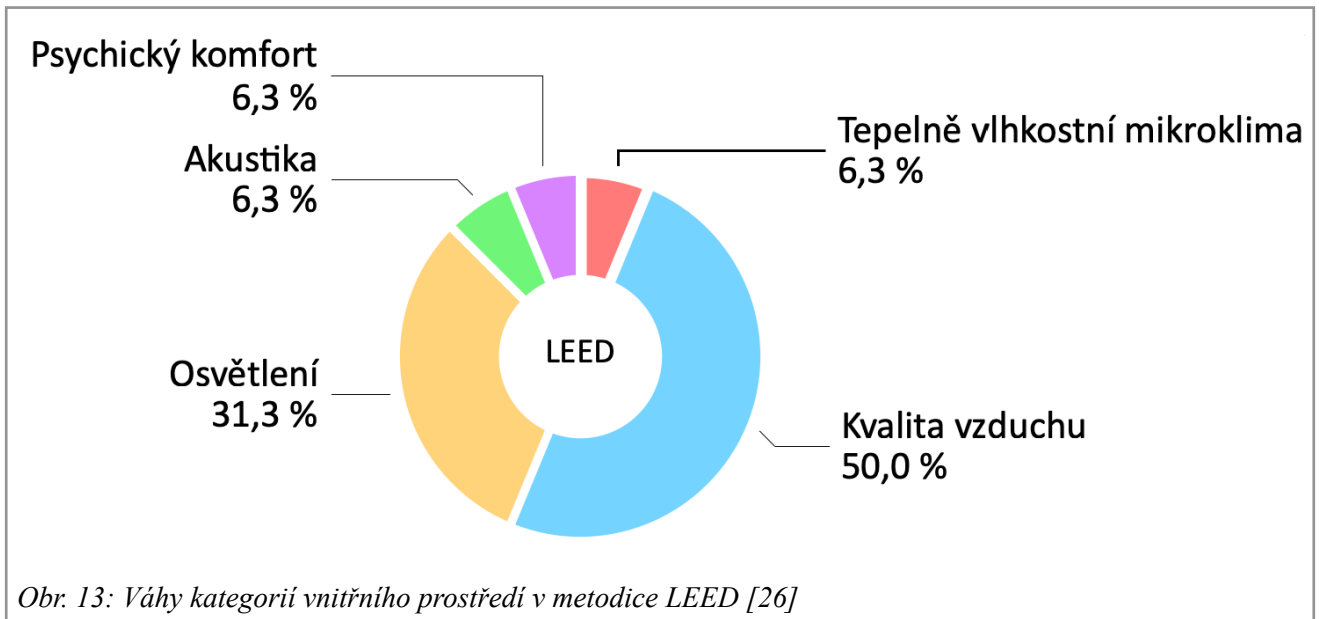
¹⁸ Zdrojem pro tuto podkapitolu byl: [27].

6. Hodnocení metodik z hlediska vnitřního prostředí

Při porovnání jednotlivých metodik postupují obdobně jako při předešlém porovnání. Převodu jednotlivé oblasti hodnocení na tyto stejné kategorie: tepelně-vlhkostní mikroklima; kvalita vzduchu; osvětlení; akustika; psychický komfort; elektro-iontové mikroklima, ionizační záření.

V grafech je znázorněno procentuální zastoupení jednotlivých složek vnitřního prostředí v metodikách.





Tepečně-vlhkostnímu mikroklimatu se nejvíce věnuje metodika ČVUT (31 %), poté metodika SBToolCZ (21 %), BREEAM (18,75 %), WELL (13,5 %) a LEED (6,25 %). U metodiky ČVUT je to dáno tím, že se hodnotí zvlášť letní a zimní stav. Na zimní a letní období je rozděleno hodnocení i u SBToolCZ, kde letní návrhový stav má dvojnásobnou váhu oproti zimnímu. Ostatní metodiky období nikterak zvlášť nerozlišují. Kromě metodiky ČVUT dávají všechny metodiky větší váhu letnímu návrhovému stavu a opatřením, která zajišťují, aby se budova nepřehřívala. To může pravděpodobně vycházet z globálního oteplování.

U tří metodik (SBToolCZ, LEED a WELL) je kvalita vzduchu nejdůležitější složkou vnitřního prostředí. V metodice LEED je ohodnocena polovinou možných bodů z vnitřního prostředí. V dalších metodikách je váha důležitosti této kategorie následující: WELL 47,5 %; SBToolCZ 37,9 %; BREEAM 25 % a Metodika ČVUT 21,4 %. Jde tedy říct, že kvalita vnitřního vzduchu je dnes považována za nejdůležitější složku vnitřního prostředí z pohledu hodnotících metodik. Velký důraz je často kladen na použití vzduchotechnických zařízení a jejich správného nastavení a kontroly kvality vzduchu. Některé metodiky se zaměřují také na využití přirozeného větrání, které je také velmi důležité, jak se jasně ukazuje v posledních měsících (vzhledem k vypínání vzduchotechnických jednotek kvůli možnému šíření Covid-19 v objektu).

Velkým překvapením pro mě bylo zjištění, že v britské metodice BREEAM je považováno za nejdůležitější složku vnitřního prostředí osvětlení, konkrétně 31,25 %. Stejnou váhu důležitosti přikládá osvětlení i metodika LEED. Další metodiky mají váhu důležitosti následující: WELL 22,0 %; Metodika ČVUT 16,7 %; SBToolCZ 16 %. Metodiky se v této kategorii zabývají především mírou oslunění, velikostí výplňových otvorů a možnostmi ovládnutí umělého osvětlení.

Akustice se nejvíce věnuje BREEAM (25 %), poté metodiky SBToolCZ (16,4 %), WELL (15,3 %), metodika ČVUT (11,9 %) a LEED (6,25 %). Z hlediska akustiky je často požadováno, aby byla použita buď akustická izolace daných parametrů, anebo aby byly splněny hygienické standardy z hlediska hladiny akustického tlaku. Důležité je i omezení vlivů vnitřních a vnějších hluků v exponovaných místnostech.

V daných metodikách často není sledován psychický komfort. Největší důležitost mu dává Metodika ČVUT (11,9 %). V metodice LEED je to 6,25 % a v metodice WELL 1,7 %. Z tohoto pohledu se zdá, že v metodice WELL je psychický komfort jen okrajovou záležitostí. Skutečnost je ovšem taková, že tato metodika má mnoho kategorií zabývajících se kvalitou psychického komfortu. Vždy se ale jedná o administrativní budovy a zlepšení psychického komfortu pro zaměstnance (například odpočinková místnost či zaměření na mentální zdraví). Ve zbylých metodikách není psychický komfort vůbec hodnocen.

Poslední složkou je elektro-iontové mikroklima a ionizační zařízení. Tato kategorie je také zohledněna pouze ve dvou metodikách, a to v SBToolCZ s 8,7 % a v metodice ČVUT s 7,1 %.

Z vyhodnocení je na první pohled patrná podobnost rozdělení důležitosti u metodik LEED a WELL. Je velmi pravděpodobné, že důvodem je to, že metodika WELL při svém vzniku kooperovala s metodikou LEED. Pro obě tyto metodiky je naprosto klíčová kvalita vzduchu, která je často spojena s umístěním nízko emitujících materiálů, důkladným flush outem po stavbě či omezením kouření nejen v budově, ale i v okolí otevíratelných oken a dveří.

Metodika ČVUT je jediná metodika, která se vyjadřuje ke všem složkám vnitřního prostředí, a jako jediná z popsaných metodik nemá bodovací systém. K daným problematikám je možné se vyjádřit slovně, díky čemuž mnohdy vyjde hodnocení lépe než při pouhém odškrtnutí splněno/nesplněno. Jako jediná také poskytuje řešení zjištěných nedostatků a problémů. Co jí naopak oproti ostatním metodikám chybí, je ohodnocení budovy certifikátem.

Metodika BREEAM je nejvyváženější metodikou. Mezi váhou, kterou přikládá jednotlivým oblastem vnitřního prostředí, je nejmenší rozdíl, konkrétně 12,5 %. Jako jediná z popsaných metodik přikládá nejvyšší váhu osvětlení.

Metodika SBToolCZ věnuje největší pozornost kvalitě vzduchu a poté tepelně-vlhkostnímu mikroklimatu. Osvětlení a akustika jsou prakticky na stejné úrovni, v metodice je zmíněna i podoblast elektro-iontové mikroklima a ionizační zařízení, konkrétně jde o opatření týkající se přítomnosti radonu.

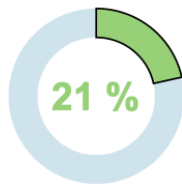
Porovnání váhy jednotlivých podoblastí ve všech pěti metodikách je názorně shrnuto v následující tabulce:

kategorie:	SBToolCZ	BREEAM	LEED	WELL	Metodika ČVUT
Tepelně-vlhkostní mikroklima	21,0	18,75	6,25	13,5	31,0
Kvalita vzduchu	37,9	25,0	50,0	47,5	21,4
Osvětlení	16,0	31,25	31,25	22	16,7
Akustika	16,4	25,0	6,25	15,3	11,9
Psychický komfort	0	0	6,25	1,7	11,9
Elektro-iontové mikroklima, ionizační záření	8,7	0	0	0	7,1

Tab. 11: Porovnání váhy mikroklimat pro řešené metodiky v procentech [24,25,26,27,28]

Na závěr příkládám názorné porovnání daných kategorií ukazující oblasti hodnocení jednotlivých metodik. Díky tomu je možné hned zjistit, jaké jsou největší rozdíly metodik v kategoriích. Ke každé kategorii doplním vlastní názor na daná hodnotící kritéria, přičemž budu vycházet z vlastní zkušenosti při hodnocení dvou rodinných domů (viz Přílohy).

Tepelně-vlhkostní mikroklima



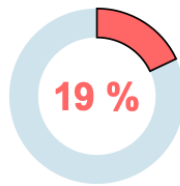
SBToolCZ

Zimní návrhový stav

- Tepelná stabilita
- Pokles dotykové teploty podlahy

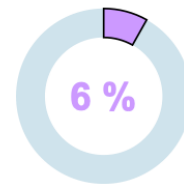
Letní návrhový stav

- Ochrana před přehřátím
- Maximální návrhová teplota



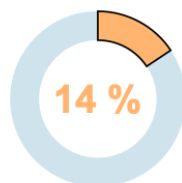
BREEAM

- Tepelné modelování (PMV, PPD)
- Přizpůsobení změně klimatu
- Zónování/ovládání



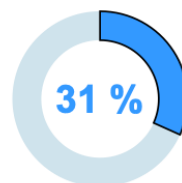
LEED

- Návrh tepelné pohody
- Ovládání
- Obálka budovy



WELL

- Tepelné modelování (PMV, PPD)
- Regulace vlhkosti
- Zónování/ovládání
- Sálavé vytápění
- Průběžné měření
- Vylepšené vlastnosti oken



Metodika ČVUT

Zimní návrhový stav

- Volba otopného systému
- Ovládání/přizpůsobení
- Spotřeba/aktuální stav prostředí
- Data z měření/dotazníky

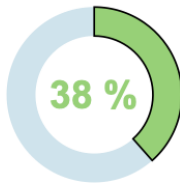
Letní návrhový stav

- Volba systému chlazení
- Ovládání/přizpůsobení
- Spotřeba/aktuální stav prostředí
- Data z měření/dotazníky

Obr. 16: Tepelně-vlhkostní mikroklima - hodnocené parametry [24,25,26,27,28]

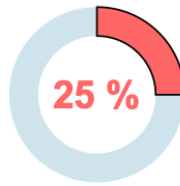
Osobně jsem ocenil možnost hodnotit objekt v letním a zimním období, protože v každém z těchto období je potřeba řešit jiné problémy z hlediska tepelně vlhkostního mikroklimatu. Dále se domnívám, že by v hodnocení mělo vždy být hodnoceno ovládání teploty uvnitř místnosti/zóny. Záleží, v jaké fázi je hodnocený projekt, pokud se jedná o projektovaný objekt, je dobré v návrhu vycházet ze simulace a modelování. Pokud se hodnotí stávající objekt, mělo by hodnocení být založeno hlavně na naměřených datech a dotazníkovém průzkumu.

Kvalita vzduchu



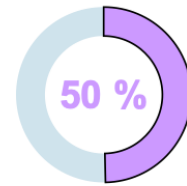
SBToolCZ

- Intenzita větrání
- Množství čerstvého vzduchu na osobu
- Větrání hygienického zázemí
- Komfort a regulace systému
- Zdravotní nezávadnost materiálů
- Filtry
- Servisní firma



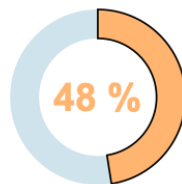
BREEAM

- Plán kvality vnitřního vzduchu
- Větrání
- Nízko emisní materiály
- Měření po výstavbě



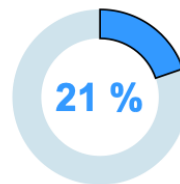
LEED

- Vylepšení standardního návrhu
- Nízko emisní materiály
- Kvalita vzduchu při výstavbě
- Měření po výstavbě



WELL

- Přívod venkovního vzduchu
- Účinnost ventilace
- Regulace systému
- Monitorování kvality vzduchu
- Okna (otevratelnost, návrh)
- Nízko emisní materiály
- Koncentrace škodlivých látek
- Filtry
- Nekuřácké oblasti
- Kvalita vzduchu při výstavbě



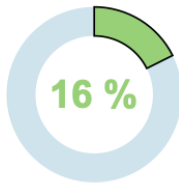
Metodika ČVUT

- Způsob větrání
- Přizpůsobení uživateli
- Rizikové materiály
- Spotřeba/aktuální stav prostředí
- Data z měření/dotazníky

Obr. 17: Kvalita vzduchu - hodnocené parametry [24,25,26,27,28]

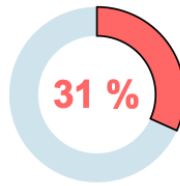
V tomto kritériu by měla být hodnocena především účinnost větracího systému a jeho vhodnost pro daný provoz. Konkrétně jde o schopnost odvádět znehodnocený vzduch z místnosti. Pokud je využíváno vzduchotechnické zařízení, měla by být dodržována jeho pravidelná údržba. Důležité je i hodnocení emitujících materiálů, které se nacházejí v daném prostoru. Zaujalo mě, že v metodice WELL se hodnotí kouření nejen uvnitř budovy, ale i v jejím okolí.

Osvětlení



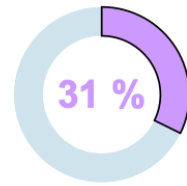
SBToolCZ

- Denní osvětlenost
- Viditelnost oblohy



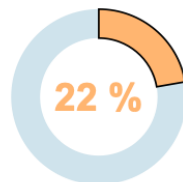
BREEAM

- Denní osvětlenost
- Kontrola oslunění
- Procento prosklení
- Vnitřní/vnější osvětlení
- Zónování
- Ovládání



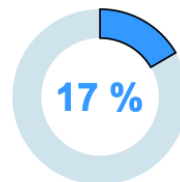
LEED

- Denní osvětlenost
- Kontrola oslunění
- Barevnost svítidel
- Povrchová odrazivost
- Ovládání



WELL

- Denní osvětlení
- Kontrola oslunění
- Kvalita umělého osvětlení
- Vizuelní rovnováha
- Cirkadiánní rytmus
- Ovládání



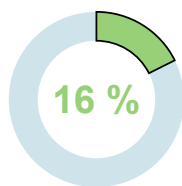
Metodika ČVUT

- Denní osvětlení
- Aktivní stínění
- Způsob osvětlení
- Přizpůsobení uživateli
- Spotřeba/aktuální stav prostředí
- Data z měření/dotazníky

Obr. 18: Osvětlení - hodnocené parametry [24,25,26,27,28]

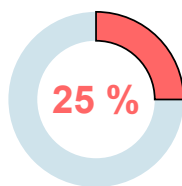
Z hlediska osvětlení považuji za nejdůležitější využívání denního světla a kontrolu oslunění. Znovu se ukázalo, jak jde metodika WELL do větší podrobnosti při hodnocení, zaměřuje se i na cirkadiánní rytmus.

Akustika



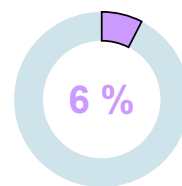
SBTToolCZ

- Ekvivalentní hladina akustického tlaku
- Vzduchová neprůzvučnost
- Kročejová neprůzvučnost
- Doba dozvuku



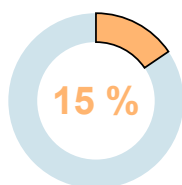
BREEAM

- Zvuková izolace
- Okolní hluk
- Absorpce zvuku



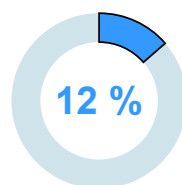
LEED

- Přenos zvuku
- Hluk ze vzduchotechniky
- Doba dozvuku



WELL

- Maximální hladina akustického tlaku
- Mapování zvuku
- Zvukové bariéry
- Kročejová neprůzvučnost



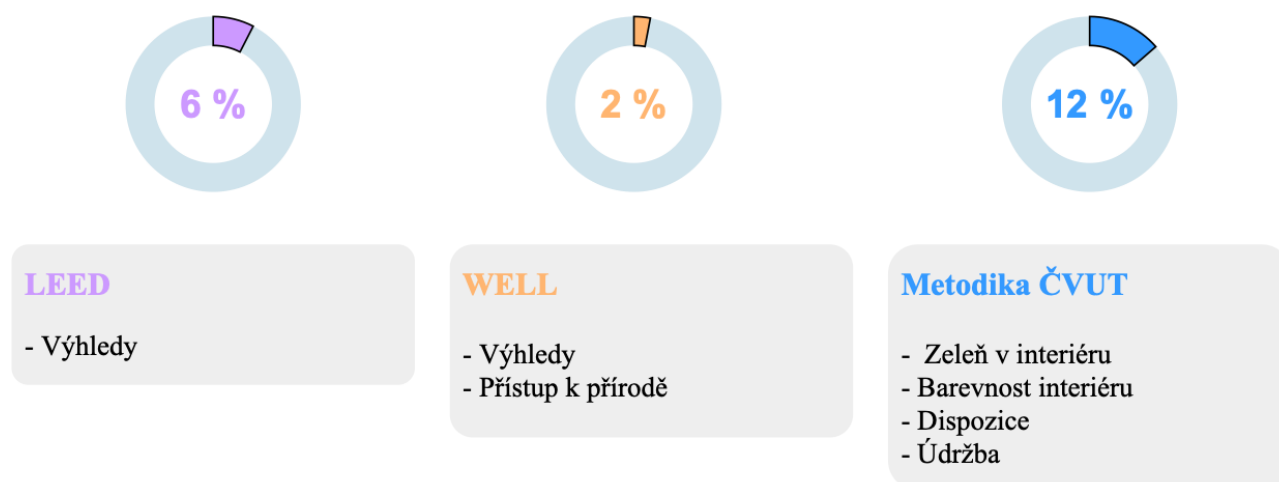
Metodika ČVUT

- Zdroje hluku (interiér/exteriér)
- Eliminace zdrojů hluku
- Aktuální stav prostředí
- Data z měření/dotazníky

Obr. 19: Akustika - hodnocené parametry [24,25,26,27,28]

Z hlediska akustického mikroklimatu jsou si metodiky velmi podobné při hodnocení objektu. U metodiky ČVUT mi chybělo hodnocení vzduchové a kročejové neprůzvučnosti. Překvapilo mě, že pouze u metodik BREEAM a ČVUT se v hodnocení uvažují hluky z exteriéru, které podle mého názoru mohou být někdy nepříjemnější než hluky z interiéru objektu.

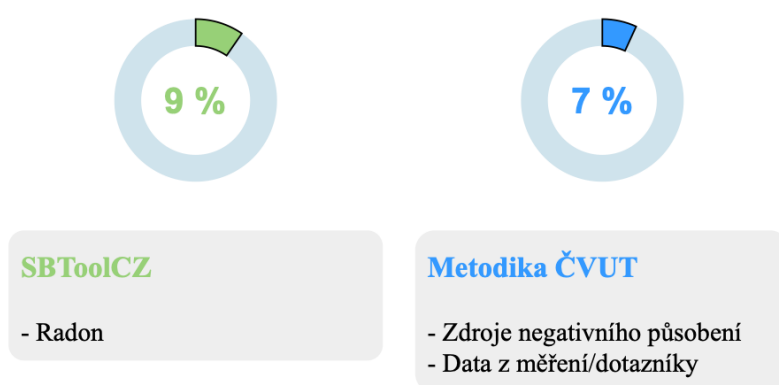
Psychický komfort



Obr. 20: Psychický komfort - hodnocené parametry [26,27,28]

Hodnocení objektu z hlediska psychického komfortu je velmi obtížně hodnotitelná oblast, protože do ní spadá prakticky všechno, co se týká dané zóny. Žádná z metodik nevyčleňuje psychickému komfortu zvláštní kapitolu, je vždy součástí jiné hodnocené oblasti. V rodinném domě považují za důležité zejména hodnocení dispozice, údržby a barevnosti interiéru.

Elektro-iontové mikroklíma, ionizační záření



Obr. 21: Elektro-iontové mikroklíma, ionizační záření - hodnocené parametry [24,28]

Myslím si, že u nových staveb není potřeba speciálně hodnotit ionizující záření vzhledem k nutnosti provedení radonového průzkumu u novostaveb. U stávajících objektů je vhodné, aby byl průzkum vyhotoven, protože radon má negativní vliv na lidský organismus. Hodnocení elektromagnetického, -iontového a -statického záření je obtížné. Stále nejsou jasné názory na to, zda a jak moc záření ovlivňuje lidský organismus.

7. Zhodnocení metodiky ČVUT

Metodika vznikla v rámci programu centra kompetence na ČVUT v Praze, fakultě stavební, katedře TZB v červnu 2019. Za metodikou stojí tento řešitelský tým: prof. Ing. Karel Kabele, CSc.; Ing. Zuzana Veverková, Ph.D., a Ing. Miroslav Urban, Ph.D.

„Cílem této metodiky (...) je tvorba komplexního holistického pohledu na hodnocení objektu z hlediska jednotlivých složek vnitřního prostředí a jeho zhodnocení.“ [28] Řešitelé si byli vědomi absence nástroje, který by hodnotil vnitřní prostředí, a proto se rozhodli pro vytvoření této metodiky. Metodika byla publikována v červnu 2019, a tak byla použita zatím jen u několika objektů.

Při tvorbě hodnocení se řešitelé snažili vyjít z nedostatků ostatních metodik. Největším nedostatkem shledali abstraktnost daných certifikátů, jejichž zisk sice působí dobře, ale o reálném stavu budovy mnoho nevypovídá. I proto je Metodika ČVUT více než na bodovém hodnocení postavena na slovním ohodnocení. A v závěru hodnocení nechybí doporučení pro zlepšení daného objektu.

Největší rozdíl u této metodiky oproti jiným je samozřejmě v udílení certifikátu. Zde se nejde stejnou cestou, jakou volí ostatní metodiky, tedy certifikovat co nejvíce budov, respektive na certifikaci budov vydělat co nejvíce peněz. V případě hodnocení Metodikou ČVUT dostane investor, který si objedná zhodnocení objektu, popis největších problémů a zároveň doporučení, jak je řešit. Osobně tento přístup považuji za mnohem funkčnější a lépe vypovídající, než je získání například zlatého certifikátu, který však o stavu objektu nedokáže tolik říct. Tento přístup totiž umožňuje dohnat chybějící body v jiných kategoriích, díky čemuž se některé nedostatky na finálním hodnocení nemusí vůbec projevit. Uživatel se poté již nedozví, kde jsou největší slabiny jeho objektu a jak je napravit.

Velmi mě zaujalo, že v této nové metodice nejsou použity žádné výpočty ani dané limity, které by musely být splněny. Po pravdě řečeno mě do této doby ani nenapadlo, že je takový postup možný, protože jsem měl hodnocení budov vždy spojené se složitými výpočty. Domnívám se, že tato metodika napomáhá hodnotiteli více přemýšlet o objektu jako celku. U jiných metodik totiž „pouze“ provádí dané výpočty a podle výsledků přidělí počet bodů. Tato metodika ho však nutí, aby se zamyslel nad danou problematikou a popsal její fungování i případné nedostatky.

Dalším velkým rozdílem oproti jiným metodikám je, že jednotlivá certifikace nepodléhá speciálnímu úřadu, který vydává certifikáty a který pověřuje osoby k provádění certifikace. Je možné, že se jedná pouze o dočasný stav a že v budoucnu takový úřad vznikne. Osobně si myslím,

že by se metodika ČVUT touto komerční cestou dát nemusela a že by nadále mohla sloužit čistě pro zlepšení vnitřního prostředí v budovách. Na druhou stranu se obávám, že by v takovém případě mohl přijít komerční subjekt, který by metodiku okopíroval a sám na ní začal vydělávat peníze.

Přestože je možné Metodiku ČVUT použít v jakémkoliv stádiu výstavby, myslím si, že největší uplatnění má u již postavených objektů. Důvodem je zejména možnost měření sledovaných parametrů vnitřního prostředí, která pomohou hodnotiteli snáze odhalit problém. Co se týká typů objektů, dle mého názoru najde tato metodika nejlepší uplatnění v administrativních, školních a výrobních objektech. Tedy v takových objektech, kde se vyskytuje více uživatelů. V nich uživatelé často nemají možnost sami měnit nastavení jednotlivých systémů (teplota, přívod/odvod vzduchu, ...) a proto je důležité, aby systémy byly správně nastavené. Špatné vnitřní prostředí budov může mít vliv na zdravotní stav lidí (fyzický i psychický), soustředění či produktivitu.

Při použití Metodiky ČVUT vychází hodnotitel při vyhodnocování objektu především z projektové dokumentace a z vlastních poznámek z průzkumu objektu. V metodice je návodný seznam bodů, ke kterým by se měl vyjádřit, aby měl k hodnocení dostatek podkladů a aby se mu jednotlivé zóny následně lépe hodnotily. K jednotlivým bodům jsou uvedeny i poznámky, případně komentáře s dovysvětlením. Mezi další důležité podklady patří: počítačová simulace, vlastní měření, údaje z MaR a dotazníkový průzkum.

Jedním z nejpodstatnějších rozhodnutí hodnotitele je rozdělení objektu do zón. Vyhodnocení totiž poté probíhá po těchto zónách a je tedy důležité, aby zóny nebyly zbytečně podrobné nebo naopak. Počet zón není nikde pevně stanoven a metodika tedy umožňuje hodnotit celý objekt jako jednu velkou zónu. Každá zóna je hodnocena z hlediska těchto osmi kategorií:

- Lokalita a umístění objektu z hlediska vnějšího prostředí a sociálních vazeb
- Stavebně-technické řešení a interiér hodnocené zóny
- Tepelný komfort v zimním období
- Tepelný komfort v letním období
- Kvalita vzduchu
- Světelné prostředí
- Akustické prostředí
- Elektro-magnetická, -iontová, -statická a ionizační záření

U všech kategorií jsou další podkategorie, které jsou zaměřeny zejména na stav jednotlivých systémů a jejich schopnost reagovat na požadavky uživatelů. Podstatná je také schopnost uvádění aktuální spotřeby či aktuálního stavu vnitřního prostředí. V neposlední řadě jsou důležité závěry ze simulací, měření a dotazníků.

Na základě vstupních údajů hodnotitel ohodnotí jednotlivé kategorie číslem 0–3 (dále vysvětleno, co které číslo znamená). Své ohodnocení doplní komentářem, aby bylo zřejmé, proč zvolil dané hodnocení. To je také jeden z rozdílů oproti ostatním popsaným metodikám. Hodnotitel během hodnocení přihlíží mimo jiné i k názorům investora, což je velmi důležité z hlediska moderních systémů (např. chytrá elektroinstalace). Pokud investor tyto nové trendy odmítá, neměl by hodnotitel negativně hodnotit jejich absenci.

- 0 = nehodnoceno
- 1 = bez připomínek
- 2 = připomínky
- 3 = vážné nedostatky

Na závěr hodnocení každé kategorie se udělá průměr nenulových hodnot a počet hodnocení „3“. Ty se pak dají do souhrnné tabulky pro jednotlivé zóny, aby bylo přehledně vidět, ve kterých oblastech je v dané zóně největší problém. Zároveň opět nechybí komentář k celé kategorii v dané zóně. Překvapilo mě, že hodnocení jednotlivých podkategorií je hodně subjektivní. Myslím si, že kdyby dva lidé hodnotili jeden objekt, nedojdou ke stejnému závěru. Metodika dává hodnotiteli poměrně volnou ruku ve formě vyhodnocení a jeho grafickém provedení.

Na závěr metodiky jsou přiloženy 4 přílohy. V první příloze je popsáno, co je vlastně myšleno pojmem „vnitřní prostředí budov“ a jaké parametry je důležité sledovat v jednotlivých oblastech. Druhá příloha se věnuje vyhláškám, předpisům, hygienickým limitům a technickým normám České republiky. Jedná se o vhodné doplnění souvislostí, text je psán srozumitelně i pro lidi, kteří nejsou odborníky v této oblasti. Třetí přílohou je směrnice EU o energetické náročnosti. Poslední, čtvrtá příloha přináší příklad vyhodnocení naměřených dat.

Pokud bych měl Metodiku ČVUT zhodnotit jako celek, myslím si, že je to dobrý nástroj pro zjištění stavu vnitřního prostředí a pro popsání aktuálních vad a poruch. Metodika je sestavena tak, že před jejím použitím není potřeba absolvovat kurz nebo výcvik. To je velmi pozitivní, protože světové metodiky často působí velmi chaoticky. Metodika ČVUT využívá holistický pohled na danou problematiku a hodnotiteli dává možnost vidět dané problémy i v širších souvislostech. Velmi oceňuji, že stejně jako například v průkazu energetické náročnosti dostane investor i doporučení, jak daný objekt vylepšit a odstranit závady. V následující kapitole přináším návrhy, jak by dle mého názoru bylo možné Metodiku ČVUT ještě vylepšit, přičemž vycházím z vlastní zkušenosti s hodnocením dvou rodinných domů pomocí této metodiky. Metodiku ČVUT považuji za velmi kvalitní a dovedu si představit její používání.

8. Návrhy na zlepšení metodiky ČVUT

V této kapitole popíšu několik možností, jak lze dle mého názoru Metodiku ČVUT zlepšit. K těmto návrhům jsem dospěl při vyhodnocování dvou rodinných domů pomocí této metodiky. Nicméně si myslím, že i bez těchto připomínek se jedná o kvalitní metodiku, která jistě najde uplatnění, zejména v administrativních, školských a výrobních budovách.

Ze začátku mi činilo potíže rozdělit si objekty do jednotlivých zón. Nebyl jsem si úplně jistý, zda jdu na zónování objektu správně. V tu chvíli mi pomohla konzultace s vedoucí práce, která mě navedla správným směrem. Vodítkem bylo zamyslet se nad tím, jestli je důležité dané místnosti hodnotit a zda nemají s jinými místnostmi podobný provoz nebo obsazení. Zároveň mi pomohlo doporučení, že se nemusí hodnotit jen prostory, kde se trvale vyskytují lidé, ale že i zhodnocení méně frekventovaných prostor může být zajímavé, zejména s ohledem na jejich vliv na objekt jako celek.

Podle Metodiky ČVUT se výstupem hodnocení stává jedna zpráva, která zahrnuje přehled potřebných informací pro provedení hodnocení objektu, jejich zpracování a hodnocení. Takováto zpráva je poměrně obsáhlá a podle mého názoru nepřehledná. Jako výstup bych proto raději zvolil tři dokumenty:

- Podklady pro hodnocení
- Vyhodnocení naměřených dat, dotazníků, simulací a záznamů z MaR
- Výsledné hodnocení

Tento postup jsem zvolil i při vypracování praktické části této diplomové práce, tedy při hodnocení dvou rodinných domů. Finální dokumenty se nacházejí v přílohách této diplomové práce.

Myslím si, že by tento postup mohl zlepšit orientaci ve vypracované zprávě i zjednodušit práci s ní a investor by se mohl zároveň podívat na aktuální popis problému, naměřená data i výsledné hodnocení.

Dle mého názoru by bylo dobré, aby v oddíle základní údaje byla i možnost popsat jednotlivé TZB systémy, které jsou v objektu použity (vytápění, chlazení, vzduchotechnika,...), a aby v popisu jednotlivých zón byly poté už popisovány jen koncové prvky včetně jejich regulace a ovládání. Při práci s metodikou v současném stavu mi připadalo, že jsem dost často psal podobné údaje.

V metodice je hodnocen tepelný komfort v letním a zimním období. Domnívám se, že i v přechodném období (tedy na jaře a na podzim) by mohly být zjištěny zajímavé výsledky, zejména vzhledem k začátku/konci otopné sezony. Zároveň by se mohly projevit s tím spojené

problémy. Například by bylo možné hodnotit, zda systém dokáže sám poznat, kdy je potřeba zapnout/vypnout vytápění objektu. Velmi přínosný by v této kategorii byl dotazníkový průzkum.

U závěrečného hodnocení je tabulka, ve které má hodnotitel popsat, zda bude v dané zóně hodnotit všechny kategorie nebo jen některé. V celé metodice jsem však nenašel informace o tom, v jakých situacích je možné některá z hodnocení vynechat.

Domnívám se, že tak, jak jsou doplňovány komentáře k popisu objektu a zón, mohly by být napsány komentáře i u vyhodnocení. Podle mého názoru by se tím dalo předejít nejistotě hodnotitele v tom, co vše zahrnout do daného hodnocení, a poté by mohl jednotlivé oblasti přesněji ohodnotit.

Připadalo mi, že několik oblastí jsem měl na rozhraní mezi jednotlivými hodnoceními. Například u schopnosti systému podávat zprávy o kvalitě prostředí a o aktuální spotřebě energie. Jelikož to systém neumí, měl by dostat hodnocení 3, ale z dotazníkového průzkumu vychází, že si nic takového uživatelé nepřejí a jsou spokojeni s momentálním stavem, čemuž odpovídá hodnocení 1. Chápu, že není možné obsáhnout všechny možné scénáře, ale ocenil bych alespoň drobné doporučení, jak podobné sporné situace řešit. Například zda z pohledu uživatele nebo moderních trendů (inteligentní a udržitelné objekty). Tento problém vzniká pravděpodobně jen u rodinných domů, kde je investor také uživatelem.

Velké problémy mi dělalo hodnocení kategorie elektro-magnetická, -iontová a -statická pole a ionizační zařízení. Vzhledem k tomu, že jsem dotčené objekty neměřil, jsem neměl dostatečné povědomí o tom, které spotřebiče vyzařují velké množství negativních vln a které jsou v pořádku. Také z dotazníkového průzkumu vyplynulo, že si nikdo z respondentů neuvědomuje problematiku tohoto mikroklimatu. Ani v publikacích jsem nedohledal názory, které by se shodovaly v posouzení dopadu na lidské zdraví. Chápu, že tato kategorie by při hodnocení vnitřního prostředí v budově měla být zohledněna, ale domnívám se, že bez naměřených dat nemá hodnocení náležitou vypovídající hodnotu.

Jelikož není zadán přesný způsob, jakým vyhodnocovat data, zkoušel jsem vymyslet vlastní systém. Původní idea byla taková, že bych na základě naměřených veličin získal jedno číslo, které by udávalo momentální stav vnitřního prostředí v zóně. To se mi sice podařilo, nicméně musím uznat, že v mém předpokladu byly dvě zásadní chyby, které vyvstaly při konzultaci s vedoucí práce, a to stanovení váhy jednotlivých měřených hodnot a nemožnost zjistit, v jaké složce vnitřního prostředí jsou problémy. Proto jsem od tohoto způsobu hodnocení upustil a data jsem vyhodnotil pomocí excelového souboru, který mi poskytla vedoucí práce k tomuto účelu.

9. Závěr

Diplomová práce se věnuje metodikám pro hodnocení budov a jejich porovnání, a to s důrazem na vnitřní prostředí. Toto téma jsem zvolil, protože mě při studiu oslovilo vnitřní prostředí budov a chtěl jsem se o něm a o způsobu jeho zkoumání a hodnocení dozvědět víc. Vzhledem k neustálému rozvoji technologií a možnostem efektivnějšího návrhu budov považuji za důležité, aby byl objekt vnímán co nejvíce komplexně. Zároveň je nutné si uvědomit, že trávíme čím dál více času uvnitř budov. Je tedy důležité, aby v budovách bylo zdravé vnitřní prostředí a neplynuly nám z pobývání v nich zdravotní komplikace. Právě metodiky pro hodnocení budov mají v tomto ohledu velký potenciál, protože mohou odhalit nedostatky vnitřního prostředí stávajících budov, které mohou negativně působit na lidský organismus. Dalším využitím metodik je, že mohou pozitivně ovlivnit návrh budovy.

V teoretické části práce jsou představeny metodiky, které jsem shledal nejdůležitějšími vzhledem k využití v České republice a které se nejvíce zaměřují na hodnocení vnitřního prostředí. Vybrány byly metodiky SBToolCZ, BREEAM, LEED, DGNB a WELL. Ty jsem v rámci kapitoly 2 popsal, jak z hlediska procesu samotné certifikace, tak i z hlavních kategorií, které hodnotí. Následně jsem v kapitole 3 dané metodiky porovnal vzhledem k důležitosti, kterou přiřkládají jednotlivým kategoriím. Zde je názorně vidět, jak moc se vybrané metodiky mezi sebou liší. V praxi to znamená, že jeden objekt může dosáhnout různých kvalit certifikátu při použití různých metodik.

V práci je dále popsáno vnitřní prostředí budov, jednotlivá mikroklimata a parametry, které jsou sledovány a hodnoceny v daných mikroklimatech. Pozornost je také věnována platné legislativě České republiky týkající se návrhu a hodnocení vnitřního prostředí.

Podrobněji se zabývám v kapitole 5 tím, jak je vnitřní prostředí budov zohledněno v metodikách. Kromě již zmíněných metodik je zde představena i nová metodika ČVUT: Metodika hodnocení kvality vnitřního prostředí v budovách s téměř nulovou spotřebou energie. Popsal jsem kritéria, kterým se dané metodiky věnují, čehož jsem následně využil při celkovém srovnání těchto metodik. Nejprve jsem se v kapitole 6 zaměřil na porovnání metodik z hlediska důležitosti, jakou přiřkládají jednotlivým mikroklimatům. I zde se ukázala rozdílnost v jednotlivých metodikách. Avšak nebylo patrné, jakým tématům se metodiky věnují v daných mikroklimatech. Proto jsem vypracoval druhé porovnání právě s ohledem na tuto problematiku. Díky tomuto shrnutí se dá velmi rychle zorientovat v tom, jaké oblasti je možné v jednotlivých mikroklimatech sledovat a které z nich jsou hodnoceny danými metodikami.

V rámci praktické části diplomové práce jsem se původně plánoval věnovat hodnocení vnitřního prostředí na několika pražských základních školách pomocí nové metodiky ČVUT. Bohužel jsem byl z důvodu celosvětové pandemie nucen od tohoto záměru upustit, protože jsem neměl možnost získat potřebná data. Nakonec jsem po konzultaci s vedoucí práce zvolil jinou variantu a zaměřil se na hodnocení vnitřního prostředí dvou vybraných rodinných domů. Koronavirová situace bohužel ovlivnila i časový harmonogram diplomové práce, což vedlo k tomu, že jsem neměl možnost naměřit potřebná data v letním období. Tato data mi následně chyběla při vyhodnocení vybraných objektů, protože v metodice ČVUT je tepelně-vlhkostní mikroklima v letním a zimním období sledováno zvlášť.

V přílohách této práce jsou uvedeny všechny podklady (popis objektů, naměřená data, dotazníkové průzkumy) pro vyhodnocení rodinných domů a zároveň i vyhodnocení samotné. Vyhodnocení je doplněné o grafické porovnání celkového hodnocení mikroklimat v jednotlivých zónách a o doporučení, které povedou ke zlepšení stávajícího stavu vnitřního prostředí v rodinných domech.

Při aplikaci metodiky ČVUT na rodinné domy jsem dospěl k závěru, že tato metodika je velmi komplexní a dokáže popsat daný objekt nejen s ohledem na vnitřní prostředí. Pro investory je dle mého názoru podstatné, že výstupem této metodiky není jen bodové ohodnocení rodinného domu, ale i vyznačení nejkritičtějších míst, a hlavně doporučení pro zlepšení aktuálního stavu. Hodnocení rodinných domů je specifické z toho důvodu, že obyvatelé jsou zároveň vlastníky. To vede k tomu, že pokud detekují nějaký problém nebo poruchu, mohou je snáze napravit. Vzhledem k těmto okolnostem se domnívám, že větší potenciál uplatnění má metodika v budovách, kde uživatelé nejsou zároveň vlastníky a kde se vyskytuje více lidí v jednom prostředí, tedy administrativních, školních a výrobních budovách.

Na základě zkušeností s vyhodnocováním parametrů vnitřního prostředí rodinných domů metodikou ČVUT byla tato metodika v kapitole 7 podrobněji popsána a zhodnocena. V kapitole 8 jsem vypsals několik možných úprav a vylepšení, ke kterým jsem dospěl na základě vyhodnocení dvou rodinných domů.

10. Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] CIHLÁŘ, Jiří, Petra HAJNÁ, Martin VOLF a Jiří STRÁNSKÝ. Kompletní přehled certifikací. In: Česká rada pro šetrné budovy [online]. 20. 10. 2020 [cit. 2020-10-20]. Dostupné z: <https://www.czgbc.org/files/2020/10/d455f306654365dd20ef24c6144cbb8f.pdf>
- [2] O metodice SBToolCZ. In: SBToolCZ [online]. [cit. 2020-11-04]. Dostupné z: <https://www.sbtool.cz/ometodice/>
- [3] O SBToolCZ. In: SBToolCZ [online]. [cit. 2020-11-04]. Dostupné z: <https://www.sbtool.cz/o-sbtoolcz/>
- [4] Certifikované budovy. In: SBToolCZ [online]. [cit. 2020-11-04]. Dostupné z: <https://www.sbtool.cz/certifikovane-budovy/>
- [5] JENSEN, Kasper Guldager. Guide to Sustainable Building Certifications [online]. Denmark: SBI and GXN, August 2018 [cit. 2020-11-12]. ISBN 978-87-563-1881-5. Dostupné z: <https://sbi.dk/Pages/Guide-to-sustainable-building-certifications.aspx>
- [6] DGNB International [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://www.dgnb-system.de/en/system/international/>
- [7] MATĚJÍČKOVÁ, Lenka. WELL BUILDING STANDARD™. In: Arcadis [online]. [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: <https://www.arcadis.com/cs/czech/co-delame/sluzby/poradenstvi/zelene-sluzby/well-building-standard-/>
- [8] WELL v2™. WELL certified [online]. 2020 [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: <https://v2.wellcertified.com/wellv2/en/overview>
- [9] WELL Projects. WELL certified [online]. [cit. 2020-11-20]. Dostupné z: <https://account.wellcertified.com/directories/projects>
- [10] VONKA, Martin a kolektiv. Metodika SBToolCZ: Manuál hodnocení administrativních budov ve fázi návrhu [online]. Praha: CIDEAS centrum integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí a Centrum udržitelné výstavby budov SUBSTANCE Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2011 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <http://www.sbtool.cz/wp-content/uploads/2020/06/SBTCZ-administrativn%C3%AD-budovy-2011.pdf>
- [11] KABELE, Karel, Zuzana VEVERKOVÁ a Miroslav URBAN. Hodnocení kvality vnitřního prostředí budov s nízkou spotřebou energie. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2018. ISBN 978-80-02-02811-6.

- [12] KABELE, Karel, Zuzana VEVERKOVÁ a Pavla DVOŘÁKOVÁ. Vnitřní prostředí budov. ASB-portal [online]. 26.6.2015 [cit. 2020-12-17]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/vnitri-prostredi-budov>
- [13] KABELE, Karel, Pavla DVOŘÁKOVÁ a Zuzana VEVERKOVÁ. Úspory energie a vnitřního prostředí budov. Časopis Stavebnictví. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2020, 20(06-07), 18-29. ISSN 1802-2030.
- [14] Rohles, F. H., Woods, J. E., Morey, P. R.: Indoor environment acceptability: The development of rating scale. ASHRAE Transactions 95, 1989, 1: 3197. In: KABELE, Karel, Zuzana VEVERKOVÁ a Miroslav URBAN. Hodnocení kvality vnitřního prostředí budov s nízkou spotřebou energie. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2018. ISBN 978-80-02-02811-6.
- [15] *Hänninen et al., 2005; Schweizer et al., 2007.* In: WORLD HEALTH ORGANIZATION. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. 2013, s. 176. [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf
- [16] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. 2013, s. 176. [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf
- [17] Velux - The indoor generation [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://www.velux.cz/indoorgeneration>
- [18] Vyhláška 6/2003 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb. Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění[online]. Copyright © [cit. 2020-12-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-6>
- [19] Vyhláška č. 268/2009 Sb. Vyhláška o technických požadavcích na stavby. Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění[online]. Copyright © [cit. 2020-12-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268>
- [20] Vyhláška č. 272/2011 Sb. Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Copyright © [cit. 2020-12-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-272>
- [21] Norma ČSN EN 16798-1 - Energetická náročnost budov – Větrání budov - Část 1: Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na

- kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky - Modul M1-6. TZB-info [online]. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-16798-1-2020-08>
- [22] Norma ČSN 73 0580-2 - Denní osvětlení budov - Část 2: Denní osvětlení obytných budov. ČSN online [online]. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: <https://csnonline.agentura-cas.cz/Detailnormy.aspx?k=78633>
- [23] Norma ČSN EN 15665 (ZMĚNA Z1) - Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov. TZB-info [online]. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-15665-2009-11>, citováno 21.12.2020
- [24] VONKA, Martin a kolektiv. SBToolCZ pro bytové domy: Manuál hodnocení administrativních budov ve fázi návrhu [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební jako součást Národní platformy SBToolCZ, 2013 [cit. 2021-11-18]. Dostupné z: <http://www.sbtool.cz/wp-content/uploads/2020/06/SBTCZ-bytové-domy-2013.pdf>
- [25] BREEAM UK new construction 2018 3.0. [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z: https://www.breeam.com/NC2018/#_frontmatter/cover_temp.htm
- [26] LEED v4.1 BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION. U.S. Green Building Council [online]. [cit. 2020-11-20]. Dostupné z: https://www.usgbc.org/leed/v41?creative=340482492215&keyword=leed%20point%20system&matchtype=b&network=g&device=c&gclid=Cj0KCQiAqdP9BRDVARIsAGSZ8A1PzdCpIj-S6-pTnoN1RJ8NIrasspKEHxTwec2OsArXvm4Ebb0DbZYaAstaEALw_wcB
- [27] WELL v2 Q4 2020. WELL certified [online]. 2020 [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: <https://v2.wellcertified.com/wellv2/en/concepts>
- [28] KABELE, Karel, Zuzana VEVERKOVÁ a Miroslav URBAN. Metodika hodnocení kvality vnitřního prostředí v budovách s téměř nulovou spotřebou energie. 2019

11. Seznam obrázků a grafů

Obr. 1: Světová mapa s vyznačenými státy, kde byla použita SBToolCZ certifikace [4]	11
Obr. 2: Světová mapa s vyznačenými státy, kde byla použita BREEAM certifikace [5].....	13
Obr. 3: Světová mapa s vyznačenými státy, kde byla použita LEED certifikace [5]	15
Obr. 4: Světová mapa s vyznačenými státy, kde byla použita DGNB certifikace [5]	17
Obr. 5: Světová mapa s vyznačenými státy, kde byla použita WELL certifikace [9]	19
Obr. 6: Váhy kategorií v metodice SBToolCZ [10].....	22
Obr. 7: Váhy kategorií v metodice BREEAM [5]	22
Obr. 8: Váhy kategorií v metodice LEED[5].....	22
Obr. 9: Váhy kategorií v metodice DGBN [5].....	22
Obr. 10: Váhy kategorií v metodice WELL [5].....	22
Obr. 11: Váhy kategorií vnitřního prostředí v metodice SBToolCZ [24]	60
Obr. 12: Váhy kategorií vnitřního prostředí v metodice BREEAM [25]	60
Obr. 13: Váhy kategorií vnitřního prostředí v metodice LEED [26].....	61
Obr. 14: Váhy kategorií vnitřního prostředí v metodice WELL [27]	61
Obr. 15: Váhy kategorií vnitřního prostředí v metodice ČVUT [28]	61
Obr. 16: Tepelně-vlhkostní mikroklima - hodnocené parametry [24,25,26,27,28]	65
Obr. 17: Kvalita vzduchu - hodnocené parametry [24,25,26,27,28]	66
Obr. 18: Osvětlení - hodnocené parametry [24,25,26,27,28]	67
Obr. 19: Akustika - hodnocené parametry [24,25,26,27,28]	68
Obr. 20: Psychický komfort - hodnocené parametry [26,27,28]	69
Obr. 21: Elektro-iontové mikroklima, ionizační záření - hodnocené parametry [24,28]	69

12. Seznam tabulek

Tab. 1: Porovnání váhy oblastí pro řešené metodiky v procentech [5,10]	24
Tab. 2: Požadavky na výslednou teplotu kulového teploměru [18]	35
Tab. 3: Rychlost proudění vzduchu v obytných místnostech [18].....	35
Tab. 4: Relativní vlhkost vzduchu v obytných místnostech [18]	35
Tab. 5: Teploty a množství odváděného vzduchu pro hygienická zařízení u obytných místností [18]	35
Tab. 6: Limitní hodinové koncentrace chemických ukazatelů a prachu [18].....	36
Tab. 7: Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb [20]	37
Tab. 8: Hodnoty hluku působeného dopravou na pozemních komunikacích a drahách pro použití další korekce + 5 dB podle § 12 odst. 6 věty třetí [20]	37
Tab. 9: Průtok venkovního vzduchu pro trvalé větrání obytných místností [23]	39
Tab. 10: Nárazové větrání hygienického zázemí a kuchyně – odváděný vzduch [23].....	39
Tab. 11: Porovnání váhy mikroklimat pro řešené metodiky v procentech [24,25,26,27,28]	64

13. Seznam příloh

- Podklady pro vyhodnocení kvality vnitřního prostředí v rodinném domě 1
- Naměřená data a dotazníkový průzkum pro vyhodnocení kvality vnitřního prostředí v rodinném domě 1
- Vyhodnocení kvality vnitřního prostředí v rodinném domě 1
- Podklady pro vyhodnocení kvality vnitřního prostředí v rodinném domě 2
- Naměřená data a dotazníkový průzkum pro vyhodnocení kvality vnitřního prostředí v rodinném domě 2
- Vyhodnocení kvality vnitřního prostředí v rodinném domě 2