

# Denní světlo, energie a vnitřní prostředí

Základní příručka o využití denního  
světla, spotřebě energie a vnitřním  
prostředím v budovách



# Obsah

<b>Předmluva</b>	<b>1</b>
<b>1 Denní světlo</b>	<b>9</b>
1.1 Denní světlo	9
1.2 Využití denního světla	11
1.3 Kvalita denního osvětlení	13
1.3.1 Vizuální potřeby	13
1.3.2 Mimovizuální potřeby	15
1.3.3 Potřeba výhledu	17
1.3.4 Vliv na obyvatele budovy	18
1.4 Parametry ovlivňující kvalitu denního osvětlení	19
1.4.1 Lokalita	19
1.4.2 Charakteristiky místa	21
1.4.3 Orientace	24
1.4.4 Geometrie budovy	24
1.4.5 Vlastnosti materiálů	28
1.4.6 Okna	29
1.5 Denní osvětlení střešními okny	31
1.5.1 Vliv trojího uspořádání oken na denní osvětlení interiéru	31
1.5.2 Vliv horního osvětlení v obytných budovách	32
1.5.3 Vliv použití střešních oken v domě Green Lighthouse	33
1.6 Hodnocení kvality denního osvětlení	34
1.6.1 Intenzita osvětlení	34
1.6.2 Jas	36
1.6.3 Ukazatele kvality denního osvětlení	38
1.7 Požadavky na denní osvětlení ve stavebních předpisech	41
1.8 Úhrnem o denním osvětlení	44

<b>2 Ventilace</b>	<b>45</b>
2.1 Kvalita vnitřního vzduchu	45
2.1.1 Zdraví	46
2.1.2 Mentální výkonnost a kvalita vzduchu uvnitř budovy	50
2.1.3 Přímé spojení s venkovním prostředím	51
2.2 Ventilační systémy	52
2.2.1 Přirozená ventilace	52
2.2.2 Mechanická ventilace	53
2.2.3 Hybridní ventilace	54
2.3 Rychlost výměny vzduchu: vliv na spotřebu energie a na lidské zdraví	58
2.3.1 Stavební předpisy a normy	58
2.3.2 Ventilace řízená spotřebou	58
2.4 Přirozená ventilace se střešními okny	60
2.4.1 Hnací síly přirozené ventilace	60
2.4.2 Průběžná ventilace s ventilační klapkou VELUX	61
2.4.3 Větrání	62
2.4.4 Optimální strategie ventilace pro zimní období ve stávajících budovách	64
2.4.5 Letní ventilace	65
2.4.6 Noční chlazení	66
2.4.7 Zlepšení těsnosti budovy vyžaduje zásah uživatele	67
2.4.8 Automatické otevírání oken se střešními okny VELUX	68
2.5 Větrání budov v legislativě ČR	69
2.6 Úhrnem o ventilaci	70

<b>3 Tepelný komfort</b>	<b>71</b>
3.1 Co je tepelný komfort?	71
3.1.1 Tepelná nepohoda	72
3.2 Parametry mající vliv na tepelný komfort	74
3.3 Adaptace teplému klimatu	75
3.4 Ovlivnění tepelného komfortu pomocí okenních systémů	76
3.4.1 Žaluzie a rolety	77
3.4.2 Otevírání oken (větrání)	79
3.4.3 Dynamické okenní systémy	79
3.5 Metody hodnocení	80
3.5.1 Operativní teplota	80
3.5.2 Ukazatel PMV (Predicted Mean Vote)	80
3.5.3 Jak vyhodnotit výsledky	82
3.6 Tepelný komfort – shrnutí	85
<b>4 Akustické vlastnosti</b>	<b>87</b>
4.1 Zvuk nebo hluk?	87
4.2 Účinky hluku na zdraví a schopnost učení	87
4.3 Posuzování úrovně zvuku	88
4.4 Úroveň hlasitosti venkovního hluku	89
4.4.1 Lokalita	89
4.4.2 Parametry ovlivňující hlasitost venkovního hluku	89
4.4.3 Určení potřebného snížení hlasitosti hluku z ulice	91
4.5 Zvuková izolace	92
4.5.1 Měření zvukové izolace	92
4.6 Hluk deště	93
4.7 Úhrnem o akustických vlastnostech budovy	94

<b>5 Energie</b>	<b>95</b>
5.1 Energetická terminologie	95
5.2 Využití energie v budovách	97
5.2.1 Zdroje energie	98
5.2.2 Primární vs. čistá energie	99
5.3 Okenní systémy	101
5.3.1 Výplň	101
5.3.2 Energetická bilance	102
5.4 Energetická náročnost	106
5.4.1 Denní světlo z energetického hlediska	106
5.4.2 Ventilace z energetického hlediska	110
5.4.3 Stínění z energetického hlediska	112
5.4.4 Energetická náročnost budovy v teplých klimatických oblastech	112
5.4.5 Energetická náročnost budovy ve studených klimat. oblastech	114
5.4.6 Důsledky budoucích požadavků na lepší energetickou náročnost	116
5.4.7 Dodávka energie z obnovitelných zdrojů s použitím solárních termálních systémů	117
5.5 Úhrnem o energii	119
<b>6 Životní prostředí</b>	<b>121</b>
6.1 Posuzování životního cyklu	121
6.2 Posuzování budov z hlediska životního prostředí	122
6.2.1 LEED (USA)	123
6.2.2 BREEAM (Velká Británie)	123
6.2.3 DGNB (Německo)	123
6.2.4 Passivhaus (Německo)	123
6.2.5 Active House (aktivní dům)	124
6.2.6 Systémy ekologického hodnocení budov ve světě	124
6.3 Posuzování životního cyklu u stavebních produktů	125
6.3.1 Model procesu LCA společnosti VELUX	125
6.3.2 Certifikační systémy ochrany lesů	126
6.4 Úhrnem o životním prostředí	127

<b>7 Simulační nástroje</b>	<b>129</b>
7.1 VELUX Daylight Visualizer	129
7.2 VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer	134
7.3 Použití simulačních nástrojů pro vyhodnocení charakteristik budovy	139
7.4 Případová studie	140
7.4.1 Popis projektu	140
7.4.2 Analýza denního osvětlení ve výchozím návrhu	142
7.4.3 Analýza výchozího návrhu z hlediska spotřeby energie a vnitřních klimatických podmínek	143
7.4.4 Analýza nového návrhu z hlediska denního osvětlení	144
7.4.5 Analýza nového návrhu z hlediska energie a vnitřního klimatu	147
7.4.6 Konečný návrh	149
<b>Reference</b>	<b>151</b>
<b>Rejstřík pojmů</b>	<b>159</b>





# Předmluva a úvod



# Předmluva

Denní osvětlení, energie a vnitřní prostředí – to je základní zaměření společnosti VELUX

---

Denní osvětlení a čerstvý vzduch jsou témata, na která se naše společnost zaměřovala už od svého založení v roce 1942. Tím, že přináší do domovů lidí denní světlo a čerstvý vzduch, přispívá společnost VELUX Group po celou tu dobu k vytváření prostorů s vysoce kvalitním prostředím a ke zlepšování zdraví a pohody jejich obyvatel.

V dnešní době je přínos produktů značky VELUX významnější než kdy dříve. Zdraví a pocit pohody představují jedno z nejdůležitějších témat budoucnosti a větší důraz na úsporu energie nesmí ohrozit kvalitu života uvnitř budov.

Dobré klimatické podmínky uvnitř budov se štedrým přísunem denního světla a čerstvého vzduchu zvenku jsou klíčem ke zdravým domácnostem, kancelářím, školkám a školám. V budovách po celém světě je ale ještě hodně prostoru pro zlepšování vnitřních klimatických podmínek: v dnešní době v Evropské unii trávíme uvnitř budov 90 % našeho času [1]. Až 30 % stavebních hmot ale nevytváří ani nepřispívá ke zdravému vnitřnímu klimatu [2]. Mů-

žeme tedy stavět lépe? Dokážeme navrhovat budovy, které nebudou škodit globálnímu životnímu prostředí a zároveň budou nabízet zdravé vnitřní klima? Prostřednictvím svých produktů a různých způsobů jejich použití chce společnost VELUX Group povzbudit a přispět k lépe udržitelným metodám při výstavbě budov. Tento koncept nazýváme „udržitelné bydlení“; snažíme se o komplexní přístup, který bude brát v úvahu energetickou náročnost, zdravé vnitřní klima i využití obnovitelných zdrojů energie.

K čemu má sloužit tato kniha o denním osvětlení, spotřebě energie a prostředí uvnitř budov?

---

Prostřednictvím této knihy, která obsahuje konkrétní doporučení a dokumentaci vlivu a přínosů produktů značky VELUX v budovách, chceme sdílet svoje zkušenosti a znalosti. Při navrhování nových budov, stejně jako při rekonstrukci těch stávajících, je třeba uvažovat o jednotlivých řešeních v rámci komplexního přístupu, ve kterém hraje velmi důležitou roli způsob využití budovy, osobní potřeby, funkce, lokalita, orientace, geometrie budovy a rozmístění oken.

**Základní příručka o využití denního světla, spotřebě energie  
a vnitřním prostředí v budovách**  
**2. vydání, červen 2010**

Ediční tým:

Daylight, Energy and Indoor Climate (DEIC)

---

Per Arnold Andersen, per.a.andersen@velux.com

Karsten Duer, karsten.duer@velux.com

Peter Foldbjerg, peter.foldbjerg@velux.com

Nicolas Roy, nicolas.roy@velux.com

Karsten Andersen, karsten.andersen@velux.com

Thorbjørn Færing Asmussen, thorbjorn.asmussen@velux.com

Bruno Harald Philipson, bruno.philipson@velux.com

Odpovědný redaktor:

---

Per Arnold Andersen, per.a.andersen@velux.com

# Úvod

## Klima uvnitř budov z historického pohledu

---

Denní osvětlení a větrání prostřednictvím oken velmi úzce souvisí s vnitřními klimatickými podmínkami. Na klimatu uvnitř budovy se podílejí všechny faktory: teplota, vlhkost, osvětlení, kvalita ovzduší, ventilace a úroveň hluku v obytné budově.

Uvnitř budov trávíme většinu svého času. O vnitřním prostředí se ale přitom mluví mnohem méně než o venkovním. Předpokládá se, že uvnitř budovy jsme v bezpečí. Budovy poskytují přístřeší, teplo, stín a bezpečí; často nám ale zajišťují jen malý přísun čerstvého vzduchu a přirozeného světla a nedostatečnou ventilaci.

Pozitivní účinky světla, v tomto případě slunečního světla, na lidské zdraví si uvědomovali už staří Egypťané, Řekové a Římané, kteří všichni uctívali svého boha Slunce. O mnoho staletí později, na začátku 20. století, se začalo slunečního světla prakticky využívat jako léčebného prostředku. Stavěla se sanatoria pro světelnou terapii pro lidi trpící například kožními chorobami.

Důležitost kvalitního prostředí uvnitř budov a zejména kvality ovzduší uvnitř budov byla rozpoznána už v prvním století před naším letopočtem. Teprve v prvních desetiletích dvacátého století byly ovšem popsány první vztahy mezi

parametry definujícími teplo, osvětlení a hluk v budovách a lidskými potřebami. V posledním století bylo naopak vynalozeno mnoho úsilí na řízení vnitřních životních podmínek s cílem vytvořit zdravé a pohodlné podmínky pro lidi, kteří v budově žijí, pracují nebo tráví svůj volný čas.

Ke konci 19. století byl zaveden parametr vnitřního prostředí nazvaný „tepelná pohoda“, který byl součástí celkového konceptu komfortního vnitřního prostředí. Bylo zjištěno, že špatně větrané místnosti nejen zhoršují kvalitu ovzduší, ale mohou vést i k nežádoucím tepelným podmínkám vlivem nejen teploty, ale i vlhkosti.

Přestože trávíme většinu svého času v budovách, stále zůstáváme „venkovními zvířaty“ [3]. Síly, které vedly k přežití genů dnešního člověka, se nacházejí na pláních, v lesích a v horách, ne v centrálně vytápěných ložnicích nebo na ergonomicky rozvržených pracovištích. Adaptovali jsme se na život uvnitř budov, ale náš genetický kód stále odpovídá životu venku. Syndrom nezdravých budov, zimní deprese, astma, alergie atd., to vše jsou symptomy související s kvalitou prostředí uvnitř budov a našimi biologickými potřebami. Je nezbytně nutné, aby budovy a prostory, v nichž trávíme tolik času, byly navrženy s ohledem na tyto potřeby – to znamená vrátit se k přírodě prostřednictvím přirozené ventilace a denního osvětlení.

## Jak posuzovat kvalitu klimatu uvnitř budov?

---

Neexistuje žádný všeobecný způsob, jak vyjádřit „všechno“ v jednom vzorci nebo čísle. Máme několik ukazatelů, které naznačují, jak lze lépe vyhovět našim biologickým a fyziologickým potřebám – rychlost výměny vzduchu při přirozené ventilaci, potřebnou úroveň denního osvětlení, intenzitu dopadajícího slunečního záření, komfortní teplotu, relativní vlhkost, úroveň hluku apod. V dalších kapitolách této knihy jsou jednotlivé ukazatele vysvětleny a jsou zde uvedeny doporučené konkrétní hodnoty, které potřebujeme, abychom dosáhli kvalitního vnitřního klimatu.

Stejně důležité je ale posuzovat vnitřní klimatické podmínky pomocí našich smyslů: cítíme se v budově dobře? Lidské faktory jako fyziologie, vnímání, preference či chování dělají z každého z nás velmi přesný senzor. Vnitřní prostředí je více než jen součet jeho částí a při jeho posuzování musíme vycházet od lidských bytostí.

## Vnitřní klimatické podmínky a zdraví

---

Lidské smysly, „okna do duše“ [4], jsou základními nástroji, které nám slouží ke zjištění, zda se v prostředí uvnitř budovy cítíme dobře a jaký vliv má toto prostředí na naše zdraví. Posuzujeme toto prostředí podle jeho přijatelnosti, pokud jde o teplo, chlad, zápach, hluk, stín, kmitající se světlo a další faktory. Z hlediska lidského zdraví ovšem nejde jen o hodnocení našimi smysly, ale celým tělem a jeho soustavami orgánů. Mezi stresory ve vnitřním prostředí, které mohou vést k obtížím a zdravotním účinkům, patří faktory prostředí i faktory psychosociální, jako je práce či osobní vztahy. Největší dopady na naše zdraví má ovšem přísun a kvalita denního světla a čerstvého vzduchu.

Choroby jako alergie či astma se šíří stále rychleji. Tento trend se obvykle přisuzuje změnám v prostředí uvnitř budov, ale konkrétním příčinám rozumíme pořádkem jen do jisté míry. V současné době jsme si jist pouze jedním závěrem, totiž že jednou z příčin této tendence jsou vlhké budovy.

Sluneční světlo je přirozené antidepresivum, které nám pomáhá synchronizovat se s přirozeným rytmem života; vystavení přímému slunečnímu záření a velkému množství denního světla se ukazuje jako účinná prevence zimních depresí.

## Vnitřní klimatické podmínky a spotřeba energie

---

Důraz na úsporu energie je stále větší jak u stávajících budov, tak u budov nových a budoucích, protože soudíme, že spotřeba energie vede ke klimatickým změnám. Musíme ale mít na paměti, že veškerá energie v budovách slouží k tomu, aby uspokojovala lidské potřeby a zajišťovala nám komfort a pocit pohody. Společnost VELUX Group považuje svůj koncept „udržitelného bydlení“ za způsob, jak omezit dopady našeho bydlení na životní prostředí, aniž by to vedlo ke zhoršení kvality vnitřního prostředí.

Optimální využití denního světla, přirozená ventilace během léta a inteligentně řízené stínění slunečního záření – to vše jsou příklady technologií, které lze v kombinaci s inteligentním návrhem budovy využít ke snížení spotřeby energie v nových i stávajících budovách.

Základem všeho je slunce. Bez slunečního záření by nebylo světlo, vítr, teplo ani život.

Sluneční záření, které dopadá na zemský povrch, přitom poskytuje mnohem více energie, než potřebujeme. Na solární energii se zpravidla pohlíží jako na skupinu speciálních aplikací, které jsou sice užitečné, ale mají jen omezené možnosti. Jde přitom ale o jediný způsob zajištění dodávky energie, která je jak dostatečně velká, tak dostatečně přijatelná z hlediska dlouhodobého udržení potřeb naší planety; dostupná solární energie překračuje roční světovou spotřebu energie 1 500krát [5]. Fosilní paliva jako ropa či uhlí mohou sama o sobě uspokojovat naše energetické nároky po další tři nebo čtyři generace; bylo by to ale za značných ekologických nákladů [5].

## Životní prostředí

---

Výroba, likvidace a používání produktů značky VELUX během doby jejich životnosti má i jiné dopady na životní prostředí; nejde jen o klimatické změny. Materiály jako dřevo, sklo či hliník je třeba používat s ohledem na dopady na životní prostředí. Společnost VELUX Group používá proces LCA (Life Cycle Assessment – Posuzování životního cyklu), kterým se posuzuje dopad produktů na životní prostředí.

## Aktivity a iniciativy společnosti VELUX Group se zvláštním zaměřením na denní osvětlení, spotřebu energie a vnitřní klimatické podmínky:

### Model Home 2020

---

Díváme-li se na budoucí perspektivy výstavby a rekonstrukce budov, je nutno vzít v úvahu klimatické změny, stav přírodních zdrojů a zdraví této i nadcházejících generací. Tyto výzvy je třeba řešit souhrnně jako jeden problém.

Společnost VELUX Group vypracovala strategii, jak se aktivně zúčastnit vývoje udržitelných budov. Součástí této strategie je projekt Model Home 2020 – naše vize, jak bychom měli v budoucnu stavět budovy, u kterých bude v rovnováze energetická úspornost a možnosti pohodlného užívání budovy, čímž vzniknou optimální vnitřní klimatické podmínky podporované dynamickým pláštěm budovy, který bude klimaticky neutrální a bude splňovat předepsané normy.

Vize a principy, z nichž projekt Model Home 2020 vychází, je třeba dále vyvíjet a testovat; v letech 2009 až 2011 vybudujeme šest kompletních experimentálních budov. Do všech budou promítnuty a zohledněny tři hlavní zásady – energeticky úsporný návrh, vysoká kvalita životních podmínek uvnitř a minimální klimatický dopad – stejně jako různé klimatické, kulturní a architektonické podmínky v zemích, kde se budovy budou nacházet. V projektech jsou zohledněny zásady konceptu aktivního domu, paradigmatu pro

### stavebnictví příští generace.

Naší základní inovativní myšlenkou je postupovat kupředu pomocí skutečných experimentálních budov, na kterých budeme ověřovat svoji vizi udržitelných domů: „Věci nikdy nezměníte tím, že budete bojovat se stávající realitou. Chcete-li něco změnit, vytvořte nový model, ve srovnání s nímž bude stávající model zastaralý.“ Buckminster Fuller.

<http://www.velux.cz/>

### Aktivní dům – vize budovy, která více dává než bere

---

Společnost VELUX Group byla jedním z iniciátorů vize aktivního domu, konceptu budovy, která vytváří zdravější a komfortnější životní podmínky pro svoje obyvatele, aniž by měla negativní dopady na klima, a která nás tak přibližuje k čistšímu, zdravějšímu a bezpečnějšímu světu. Koncept aktivního domu definuje velmi ambiciózní dlouhodobé cíle pro budoucí stavebnictví. Cílem této vize je sjednotit zainteresované subjekty na základě vyváženého a komplexního přístupu k navrhování a provozu budov a podpořit spolupráci např. na stavebních projektech, vývoji produktů, výzkumných iniciativách a výkonnostních cílech, které nás mohou k naší vizi přiblížit.



Aktivní dům se posuzuje podle vztahu mezi spotřebou energie, vnitřními klimatickými podmínkami a dopadem na životní prostředí:

Energie – dům má pozitivní energetickou bilanci

---

Aktivní dům je vysoce energeticky úsporný a veškerá energie je dodávána z obnovitelných zdrojů integrovaných do budovy, z blízkého společného energetického systému a elektrické sítě.

Vnitřní prostředí – dům vytváří zdravější a pohodlnější prostředí pro život

---

Aktivní dům vytváří zdravější a pohodlnější vnitřní podmínky pro své obyvatelé; budova zajišťuje komfortní přísun denního světla a čerstvého vzduchu. Použité materiály mají pozitivní vliv na zdraví obyvatel.

Životní prostředí – dům má pozitivní vliv na životní prostředí

---

Aktivní dům přispívá pozitivně k životnímu prostředí díky optimalizovanému vztahu s místním kontextem, správně zacílenému využívání zdrojů a celkovému dopadu na životní prostředí během celého životního cyklu.

<http://www.activehouse.info/>  
<http://www.aktivni-dum.cz/>

Sympozia VELUX o denním osvětlení

---

Sympozia o denním osvětlení, pořádaná společností VELUX každý druhý rok od roku 2005, představují seriózní a mezinárodně uznávanou platformu pro výměnu znalostí, názorů a vizí týkající se denního osvětlení. Sympozia poskytují široký prostor pro diskuzi o teorii i praxi – tím, že definují „společný jazyk“ – o tom, jak definovat kvalitu denního osvětlení v budovách a jak dosáhnout kvalitního denního osvětlení při navrhování budov.

Celosvětový zájem o denní osvětlení byl ve značné míře obnoven, protože je třeba řešit budoucí výzvy týkající se energetické úspornosti; narůstající snaha o výstavbu udržitelných budov stanovila žádoucí cíl, podle kterého by budovy měly v brzké budoucnosti dosáhnout energetické soběstačnosti. Zároveň se i medicínský výzkum stále více zaměřuje na světlo a jeho vliv na lidské zdraví; vyvinulo se společné chápání světla a jeho dopadů na člověka. Obecně řečeno, budovy využívající denní světlo jsou zdravějším místem pro život.

Program symposií nabízí nejnovější zprávy o vědeckém pokroku v této oblasti i zkušenosti a názory z architektonické praxe. V rámci symposií se pořádají i samostatné semináře, na kterých se řeší konkrétní aspekty využití denního světla, i otevřené diskuze mezi mluvčími a publikem.

<http://www.thedaylightsite.com>

## Daylight & Architecture – magazín společnosti VELUX

---

Daylight & Architecture je magazín společnosti VELUX Group určený pro architektky, návrháře, odborníky ve stavebnictví a pro každého, kdo se zajímá o využití denního světla v architektuře. Magazín byl založen v roce 2005 a vychází od té doby dvakrát nebo třikrát za rok.

Prostřednictvím tohoto magazínu chceme vytvářet komunikační platformu, na které budeme představovat témata, která budou zajímavá pro architektky, a upozorňovat na důležitost využití denního světla při vytváření lepších životních podmínek pro lidi.

V magazínu vycházejí vysoce odborné články od mezinárodně uznávaných odborníků na téma denního osvětlení a architektury. Každé číslo má určité téma, které je v článcích a na obrázcích probíráno z pohledu vědeckého i uměleckého. Červenou nití, která se celým magazínem táhne, jsou současná strategická témata „VELUX agendy“. To znamená, že D&A zdůrazňuje význam vnitřního klimatu, udržitelnosti, účinnosti využití zdrojů a nízké spotřeby energie. To vše je součástí strategie společnosti VELUX, kterou chceme uvádět koncept udržitelného bydlení do praxe.

<http://da.velux.com/>

## Mezinárodní cena společnosti VELUX pro studenty architektury (International VELUX Award – IVA)

---

Mezinárodní cena společnosti VELUX se poprvé konala v roce 2004 a od té doby ji pořádáme každý druhý rok. Cena je otevřena pro studenty z celého světa; jejím cílem je povzbudit studenty architektury, aby se zabývali tématem slunečního a denního světla v nejširším smyslu a aby tak bylo možné hlubší porozumění tomuto specifickému a vždy významnému zdroji světla a energie.

Prostřednictvím této ceny chce společnost VELUX Group učinit zadosť využití denního světla a posílit roli denního osvětlení při navrhování budov v souladu s naší vizí podpory využívání denního světla a čerstvého vzduchu a podpory kvality života. V rámci obecného námětu „osvětlení zítřka“ se tato cena snaží podporovat nový způsob myšlení o tom, jak pomoci vhodného způsobu navrhování realizovat využití denního světla a čerstvého vzduchu a zvýšit tak kvalitu života, aby napomohla pochopení vývoje myšlenek a potenciálních trendů v souvislosti s využitím denního světla a architekturou.

Cena IVA je pořádána v úzké spolupráci s Mezinárodní unií architektů (UIA) a Evropskou asociací pro vzdělání v architektuře (EAAE). V dnešní době je cena uznávána jako nejprestižnější mezinárodní soutěž pro studenty architektury.

<http://iva.velux.com/>

# Denní světlo

The image shows a bright, modern interior space, likely a library or a public building. The most prominent feature is a large, white, curved staircase that spirals upwards. The ceiling is white and features a complex arrangement of skylights and recessed lighting fixtures. The walls are also white and have several windows, some of which are partially covered by a white railing. The floor is a light blue color. The overall atmosphere is clean, bright, and architectural.

## Denní světlo

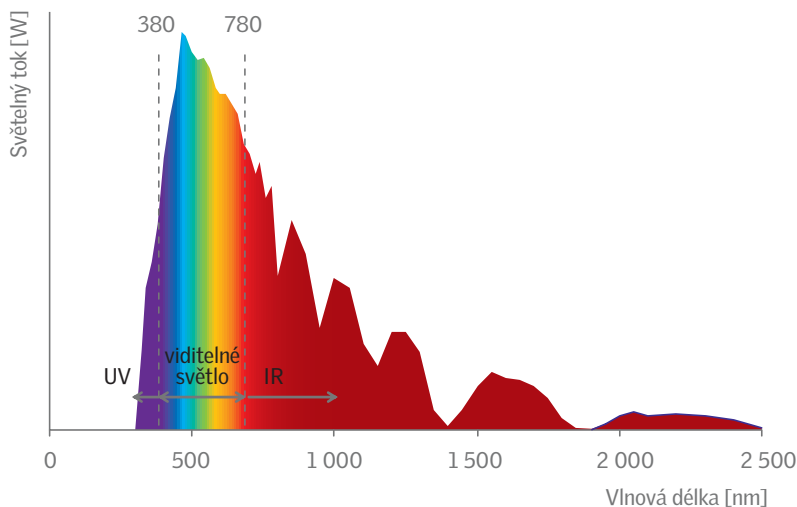
---

Denní světlo bylo po staletí využíváno jako hlavní zdroj světla v interiérech a bylo vždy implicitní součástí architektury již od té doby, co budovy existují. Nejen že nahrazuje během dne elektrické osvětlení a snižuje tak spotřebu energie; má vliv i na vytápění a chlazení, díky čemuž je významným parametrem při energeticky úsporném navrhování. Výzkumy v poslední době navíc prokázaly, že denní světlo je velkým přínosem pro zdraví a komfort, takže má pro obyvatele budovy zásadní význam.

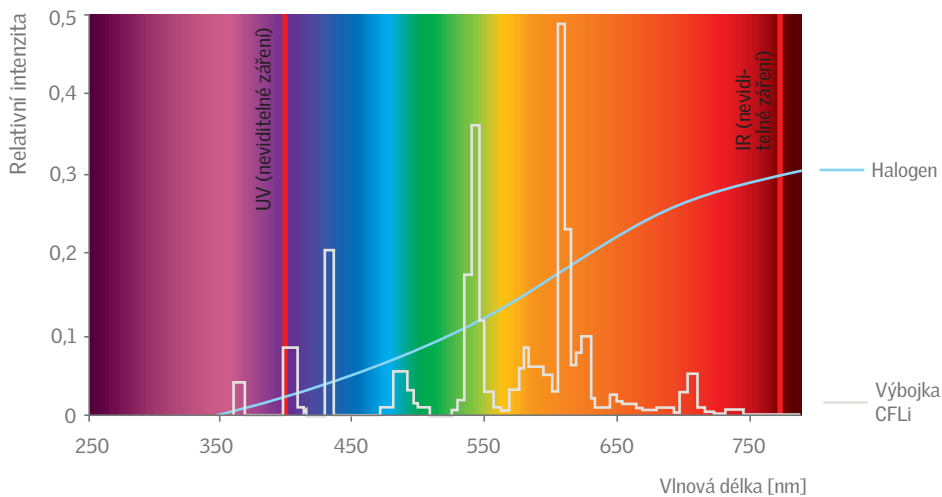
## 1.1 Denní světlo

Denní světlo lze definovat jako kombinaci veškerého přímého a nepřímého světelného záření pocházejícího ze slunce během dne. 40% veškeré solární energie dopadající na zemský povrch představuje viditelné záření, zatímco ostatní záření je záření na ultrafialových (UV) a infračervených (IR) vlnových délkách, jak ukazuje obrázek 1.1.

Některé elektrické světelné zdroje lze sice konstruovat tak, že věrně odpovídají určitému spektru denního světla; nikdy však nebyl vytvořen zdroj, který by dokázal napodobit variaci světelného spektra, ke které dochází v různých dobách, ročních obdobích a za různých povětrnostních podmínek [6]. Obrázek 1.2 ukazuje spektrum dvou typických elektrických světelných zdrojů používaných v lidských obydlích, které nedokážou napodobit kvalitu a bohatost spektra denního světla.



Obrázek 1.1: Graf elektromagnetického spektra zobrazující polohu spektra viditelného světla



Obrázek 1.2: Spektrální složení dvou typických elektrických světelných zdrojů, halogenového světla a úsporné kompaktní výbojky (CFLi) [7]

### 📌 Pamatujte si

Čtyřicet procent solární energie přijímané zemským povrchem představuje viditelné světlo; ostatní záření je záření na ultrafialových (UV) a infračervených (IR) vlnových délkách.

Neexistuje žádný elektrický světelný zdroj, který by dokázal napodobit vlastnosti denního světla.

## 1.2 Využití denního světla

Využití denního světla lze definovat jako praxi, kdy do budov umísťujeme okna a odrazivé povrchy, které během dne umožňují dostatečné denní osvětlení.

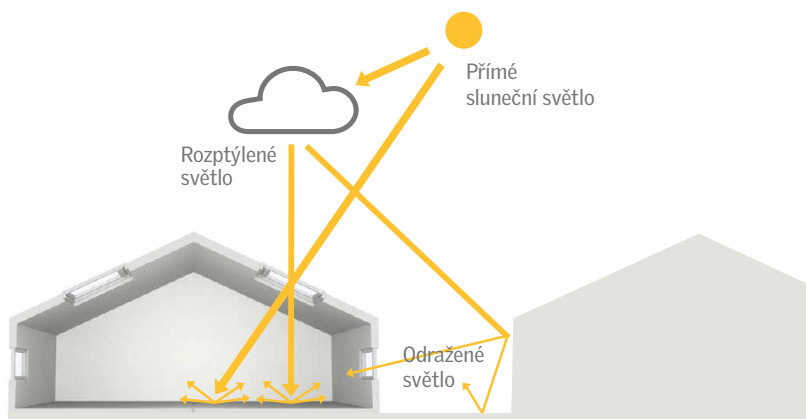
Cílem využití denního světla pro osvětlení místností je poskytnout dostatečné osvětlení, vytvořit vizuálně atraktivní prostředí, šetřit elektrickou energii a zajistit dostatek světla, který bude odpovídat našim biologickým potřebám. Dobré osvětlení prostředí je komfortní, příjemné, vhodné a dostatečné pro jeho zamýšlené využití a uživatele [8].

Denní světlo v budovách je tvořeno směsí přímého slunečního světla, rozptýleného denního světla a světla odraženého od země a okolních objektů.

Pro přímé sluneční světlo je charakteristická velmi vysoká intenzita a neustálý pohyb. Intenzita osvětlení na zemském povrchu může být vyšší než 100 000 lux.

Rozptýlené denní světlo je sluneční záření rozptýlené v atmosféře a mracích, což vede ke vzniku jemného difuzního světla. Intenzita osvětlení na zemském povrchu při zatažené obloze může dosahovat hodnoty 10 000 lux.

Odražené světlo je světlo (přímé sluneční i rozptýlené), které se odráží od země, tj. od terénu, stromů, vegetace, sousedních budov apod. Odrazivost povrchu okolních objektů tak má vliv na celkové množství odraženého světla dopadajícího na fasádu budovy.



Obrázek 1.3: Složky denního světla

V případě husté zástavby může světlo odražené od země a okolních objektů představovat převážnou část přísunu denního světla.

Systémy využívající denního světla mohou být jednoduché – od kombinace rozmístění oken s vhodným vnitřním i vnějším stíněním (např. vnější markýzy a vnitřní sklopné žaluzie) až po systémy, které směřují sluneční nebo rozptýlené světlo do míst, kde je ho třeba (např. světlovody). Pokročilejší systémy mohou být konstruovány tak, že se natáčejí podle slunce nebo pasivně kontrolují směr slunečního záření a rozptýleného světla.

Využití denního světla velmi úzce souvisí s energetickými nároky a vnitřními klimatickými podmínkami v budově. Velikost a rozmístění prosklených ploch je třeba určit v souvislosti s celkovou spotřebou energie v budově a specifickými požadavky na denní osvětlení.

### **Pamatujte si**

Denní světlo v budovách se skládá z několika složek: přímého slunečního záření, rozptýleného světla a světla odraženého od země a okolních objektů.

Sluneční záření je intenzivní a směrové.

Rozptýlené světlo je jemné a difuzní.

Světlo odražené od země může často představovat i 15 nebo více procent celkového záření dopadajícího na fasádu budovy.



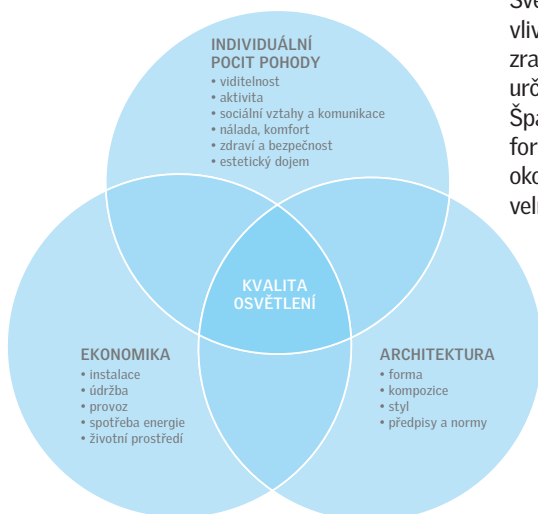
„U kvalitního osvětlení nejde jen o běžné potřeby lidí, kteří v daném prostoru žijí, ale také o jejich zdraví“

## 1.3 Kvalita denního osvětlení

Do konce 90. let 20. století vycházela doporučení pro osvětlení především z vizuálních potřeb. V posledních letech přešla komunita lidí zabývajících se osvětlením k širší definici kvality osvětlení, která zahrnuje lidské potřeby, architektonickou integraci i ekonomická omezení, jak ukazuje obrázek 1.4.

### 1.3.1 Vizuální potřeby

Dobry systém denního osvětlení zajišťuje velké množství světla, aniž by docházelo k oslnění. Na druhou stranu, špatný systém buď nezajistí dostatečný přísun denního světla, takže je třeba často používat elektrické osvětlení, nebo je světla příliš mnoho a dochází k oslnění [6].



Obrázek 1.4: Model kvality osvětlení [9]

### Dostupnost denního světla

Princip návrhu denního osvětlení musí být konstruován tak, aby poskytoval dostatečné množství světla v místnosti a na pracovní ploše, takže denní světlo je během dne hlavním nebo dokonce jediným (autonomním) zdrojem světla.

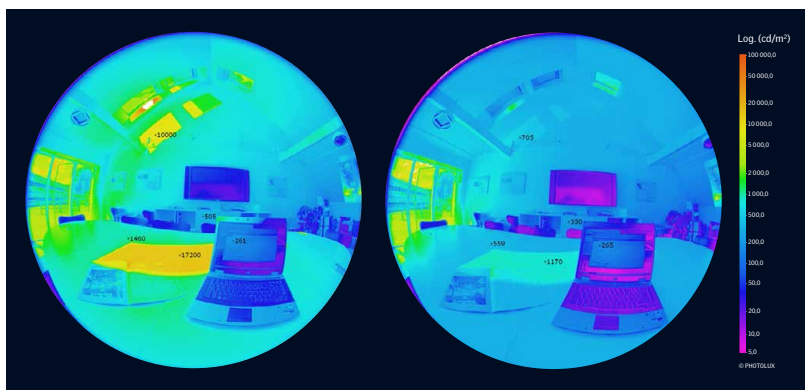
Požadavky na denní osvětlení zatím nejsou stanoveny v evropské normě (existují lokální požadavky jednotlivých členských států); v odborné literatuře ale existuje dostatek podkladů, které ukazují, že intenzita osvětlení v rozsahu 100 až 2 500 lux povede pravděpodobně k podstatně nižšímu využívání elektrického osvětlení [10].

### Vizuální komfort

Světelné změny v zorném poli mohou mít vliv na vizuální komfort a dobrou funkci zraku. Pro dobrou viditelnost je žádoucí určitá rovnoměrnost rozložení světla. Špatná viditelnost a nízký vizuální komfort, např. oslnění, nastává tehdy, je-li oko nuceno k příliš rychlé adaptaci na velmi odlišné úrovně osvětlení.

Příliš velké nebo příliš malé kontrasty mohou vést také k únavě, bolestem hlavy, pocitu nepohodlí apod. Lze zobecnit, že pro denní osvětlení je vhodná variace intenzity osvětlení okolo 10:1. Obecně řečeno, lidské oko dokáže pojmut větší variace intenzity osvětlení, je-li prostor osvětlen denním světlem, než když je osvětlen uměle.

K oslnění může dojít tehdy, překročí-li variace intenzity osvětlení hodnotu 20:1 až 40:1 [11]. V případě oslnění se oko adaptuje na vysokou úroveň záření a je pro něj tedy obtížné vnímat detaily v místech, která jsou náhle „příliš tmavá“. Obrázek 1.5 níže ukazuje situaci, kdy je oslnění kontrolováno externím slunečním stíněním (markýzou).



Obrázek 1.5: Mapa intenzity osvětlení sledovaného prostoru, která ukazuje místa ozářená sluncem, která způsobují oslnění.

Mapa intenzity osvětlení sledovaného prostoru, která ukazuje kontrolu oslnění vnějším slunečním stíněním.

## 📌 Pamatujte si

Denní osvětlení v místnosti a v úrovni pracovní plochy musí být natolik intenzivní, aby denní světlo představovalo hlavní nebo dokonce jediný zdroj světla během dne.

Pro uživatele daného prostoru jsou přijatelné větší variace intenzity osvětlení v prostorech osvětlených denním světlem než v prostorech s umělým osvětlením.

Pro denní osvětlení je vhodná variace intenzity osvětlení okolo 10:1.

Oslnění může nastat tehdy, přesáhne-li variace intenzity osvětlení hodnotu 20:1 až 40:1.

„Naše tělo využívá světlo jako živinu pro metabolické procesy, podobně jako jídlo nebo vodu“

### 1.3.2 Mimovizuální potřeby

Denní světlo působí na lidi celou řadou způsobů, v nichž nejde zdaleka jen o zrak. Když mluvíme o zdraví, rovnováze a fyziologické regulaci, máme na mysli funkci hlavních systémů, které udržují tělo ve zdraví: nervovou a endokrinní soustavu. Hlavní řídicí centra v těle jsou přímo stimulována a regulována světlem [12].

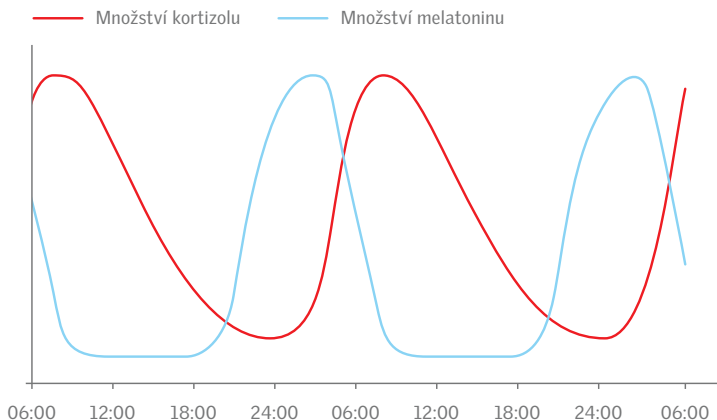
#### Cirkadiánní rytmy

Mnoho aspektů fyziologie lidského těla a lidského chování podléhá 24hodinovým rytmům, které mají zásadní vliv na naše zdraví a pohodu. Jde například o cyklus spánku a bdění, cykly bdělosti a výkonnosti, cykly bazální tělesné tep-

loty nebo tvorbu hormonů melatoninu a kortizolu [13]. Tyto denní cykly se nazývají cirkadiánní rytmy a jejich regulace velmi výrazně závisí na prostředí, v němž žijeme. Obrázek 1.6 ukazuje rytmus tvorby hormonů melatoninu a kortizolu.

#### Denní dávka světla a její načasování

Mimovizuální vlivy světla závisí na intenzitě, spektrálním složení a načasování působení světla. Tyto charakteristiky slouží jako první krok ke stanovení parametrů zdravého osvětlení v budovách [14].



Obrázek 1.6: Tvorba hormonů melatoninu a kortizolu [15]

## „Potřebujeme více světla správného typu ve správnou dobu“

V úvahu je třeba vzít i specifické potřeby různých věkových skupin. Mladiství a mladí dospělí mají biologické hodiny poněkud zpožděné a potřebují tedy více světla ráno (ložnice, snídaňová místnost, třída...), zatímco u starších osob jsou biologické hodiny posunuté dopředu (což často vede k usínání večer a probuzení brzy ráno) [16].

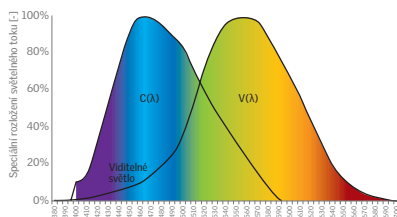
Využití denního světla pro osvětlení může poskytnout vyšší úroveň osvětlení a může významně napomoci zvýšit dávku světla, kterou dostanou lidé trávící většinu svého času uvnitř budov.

### Spektrum

O denním světle je známo, že obsahuje vysoké dávky světla potřebného pro biologické funkce [17] ve srovnání s obvyklými elektrickými světelnými zdroji.

Cirkadiánní systém ( $C(\lambda)$ ) je nejvíce ovlivňován v pásmu vlnových délek mezi 446 a 488 nm, zatímco na zrakový systém ( $V(\lambda)$ ) mají největší vliv vlnové délky okolo 555 nm, jak ukazuje obrázek 1.7. Vyšše uvedené obrázky 1.1 a 1.2 uka-

zují, že spektrální složení denního světla je v těchto pásmech elektromagnetického spektra mnohem bohatší než obvyklé elektrické světelné zdroje.



Obrázek 1.7: Reakce cirkadiánního ( $C(\lambda)$ ) a zrakového ( $V(\lambda)$ ) systému na světlo [13]

### Světlo a tma

Cirkadiánní systém je propojen s cykly světla a tmy v přírodě (den a noc). Předpokládá se, že zdravé světlo velmi úzce souvisí se zdravou tmou, což v zásadě znamená, že potřebujeme vysokou intenzitu světla přes den a tmavou, zatemněnou místnost při spánku.

#### **Pamatujte si:**

Lidé v moderní společnosti nedostávají dostatečné denní množství světla a potřebují tedy být vystaveni vyšší úrovni osvětlení po delší dobu.

Potřebujeme být denně vystaveni působení denního světla, protože denní světlo je bohaté v pásmu spektra, na které je náš mimovizuální systém nejcitlivější.

Prostory osvětlené denním světlem jsou tedy vhodnější než prostředí osvětlená elektrickým světlem, protože umožňují lepší výkonnost, produktivitu a učení.

Zdravé světlo úzce souvisí i se zdravou tmou.

## „Hledá se: denní světlo a výhled“

### 1.3.3 Potřeba výhledu

Naplnění potřeby kontaktu s vnějším životním prostředím je důležitým psychologickým aspektem ve vztahu k dennímu světlu [19]; samotný přísun denního světla nestačí k tomu, aby uspokojil potřebu lidí mít výhled do okolí včetně oblohy, obzoru a země [6]. Nově

budované interiéry je třeba navrhovat tak, aby mohly uspokojovat lidské potřeby a aby byly propojeny s přírodním prostředím tak, že minimalizujeme překážky ve výhledu a umožníme výhled do dálky [16]. Velikost a polohu okenních systémů je třeba pečlivě zvážit s ohledem na úroveň očí obyvatel budovy.



Obrázek 1.8: Výhled z obývacího pokoje domu Atika, konceptového domu společnosti VELUX.

#### 📌 Pamatujte si:

Je třeba pečlivě zvažovat velikost a polohu okenních systémů s ohledem na úroveň očí obyvatel budovy. Na tento fakt často při návrhu podkroví zapomínáme.

### 1.3.4 Vliv na obyvatele budovy

#### Výkonnost a produktivita

Denní osvětlení bylo vždy spojováno s lepší náladou, vyšší pracovní morálkou, menší únavou a menší námahou očí [19]. Řada studií dokládá, že výkonnost a produktivita pracovníků v kancelářském, průmyslovém a obchodním prostředí se zvyšuje s kvalitou osvětlení. Firmy zaznamenaly nárůst produktivity u svých zaměstnanců asi o 15% poté, co se společnost přestěhovala do nové budovy s lepším denním osvětlením, což vedlo k významným finančním ziskům [12].

Výzkumy dále ukazují, že učení v prostorech osvětlených denním světlem je efektivnější. Bylo zjištěno, že studenti ve třídách s největší plochou oken nebo s denním osvětlením mají o 7 až 18% lepší výsledky ve standardizovaných testech než studenti ve třídách s menší plochou oken nebo denním osvětlením [20].

#### Spokojenost uživatele

Pracovníci v kancelářích vysoce oceňují okna v kancelářích [12]. Průzkumy uká-

zaly, že více než 60% kancelářských pracovníků chce mít svoji kancelář osvětlenou přímým slunečním světlem alespoň v jednom ročním období [21] a věří, že práce s přirozeným osvětlením je pro zdraví a pohodu lepší než pod elektrickým světlem [22]. Zaměstnanci pracující v kancelářích si velmi cení přístupu k oknu, dokonce více než soukromí ve svojí kanceláři [23].

#### Sezónní afektivní porucha (Seasonal Affective Disorder – SAD)

Sezónní afektivní porucha je choroba depresivního typu, která souvisí s přísunem a změnou venkovního světla v zimním období. Výzkumné zprávy dokládají, že poruchou SAD trpí 0,4 až 9,7% světové populace a až trojnásobek tohoto množství má příznaky této poruchy, aniž by byla klasifikována jako deprese (zejména v Severní Americe a severoevropských zemích) [24]. Jako účinná léčba poruchy SAD se ukazuje fototerapie s expozicí oka světlu o intenzitě 2 500 lux (po dobu 2 hodin) až 10 000 lux (po dobu 30 minut) [25]. Fototerapii lze použít i pro léčbu dalších depresivních symptomů (deprese nezávislá na období, premenstruační syndrom, bulimie atd.).

#### Pamatujte si

Prostředí s denním osvětlením umožňují lepší výkonnost a produktivitu a efektivnější učení.

Jako účinná léčba poruchy SAD a dalších depresivních symptomů se používá fototerapie s expozicí oka světlu o intenzitě 2 500 lux (po dobu 2 hodin) až 10 000 lux (po dobu 30 minut) [25].

## 1.4 Parametry ovlivňující kvalitu denního osvětlení

### 1.4.1 Lokalita

---

#### Převažující klimatické podmínky

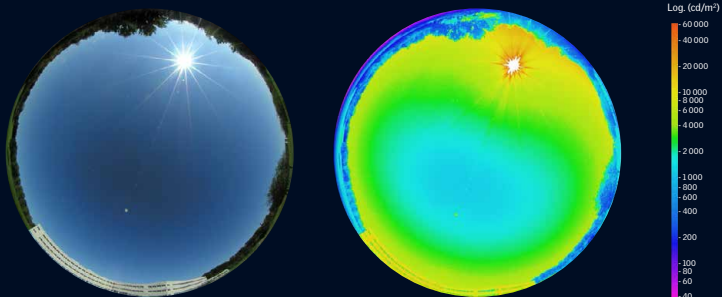
---

Převažující klimatické podmínky místa, kde budova stojí, tvoří celkové výchozí podmínky pro návrh denního osvětlení, pokud jde o vizuální komfort, tepelnou pohodu a energetickou náročnost. Obrázky 1.9 až 1.11 ukazují vliv klimatických podmínek na rozložení a intenzitu rozptýleného světla.

#### Výška slunce na obloze

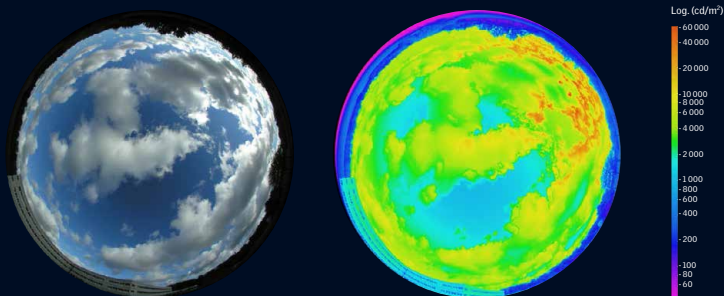
---

Geografická poloha na povrchu Země určuje výšku slunce na obloze v určité denní a roční době. Parametry letní a zimní výšky slunce na obloze pro určitou lokalitu jsou důležitými vstupními hodnotami pro navrhování budov, zejména pokud jde o řízené využití přímého slunečního záření.



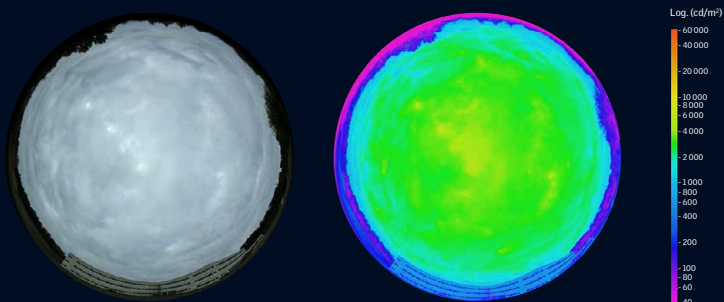
1) Obrázek 1.9: Mapa svítivosti jasné slunečné oblohy. Obrázek nahoře ukazuje rozložení svítivosti na jasné slunečné obloze. Při jasné obloze je svítivost oblohy asi 10× vyšší na obzoru než

v zenitu. Kromě svítivosti oblohy se uplatňuje také svítivosti slunce. Slunce působí jako dynamický zdroj světla o velmi vysoké intenzitě.



2) Obrázek 1.10: Mapa svítivosti oblohy při střední oblačnosti. Obrázek nahoře ukazuje rozložení svítivosti při střední oblačnosti. V tomto konkrétním případě je solární energie rozptýlována mraky, což vede k jemnějšímu přechodu

mezi velmi vysokou svítivostí slunce a svítivostí okolní oblohy. Lze pozorovat, že mraky (ozařované sluncem) mají vyšší svítivost než okolní obloha.



3) Obrázek 1.11: Mapa svítivosti zatažené oblohy. Obrázek nahoře ukazuje rozložení svítivosti na zatažené obloze. Při dokonale zatažené

obloze je svítivost oblohy stejná ve všech směrech a zenit je asi 3× svítivější než horizont.

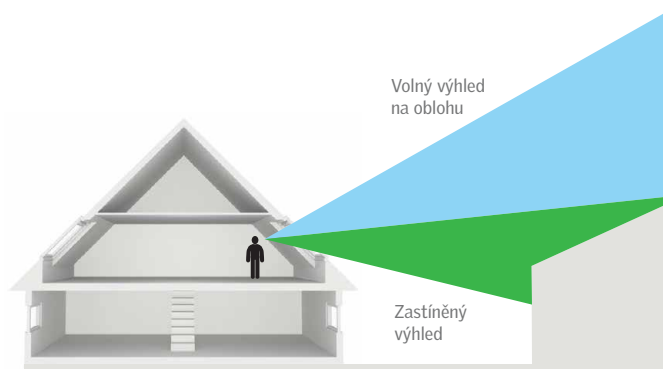


## 1.4.2 Charakteristiky místa

### Odrazy a překážky mimo budovu

Vnější odrazy a stínění sousedními budovami, vegetací, tvarem terénu apod. má vliv na množství denního světla dopadajícího do interiéru. Kvalitu denního

osvětlení dále ovlivňují odrazy a stínění v rámci budovy samotné (vlastní hmota, převis střechy, permanentní stínění apod.). Střešní okna jsou obecně méně stíněna překážkami než fasádní okna, jak ukazují obrázky 1.12 a 1.13.



Obrázek 1.12: Složky výhledu. Situace v případě střešního okna.



Obrázek 1.13: Složky výhledu. Situace v případě fasádního okna.

### Příklad: Vliv vnější překážky na úroveň denního osvětlení uvnitř budovy

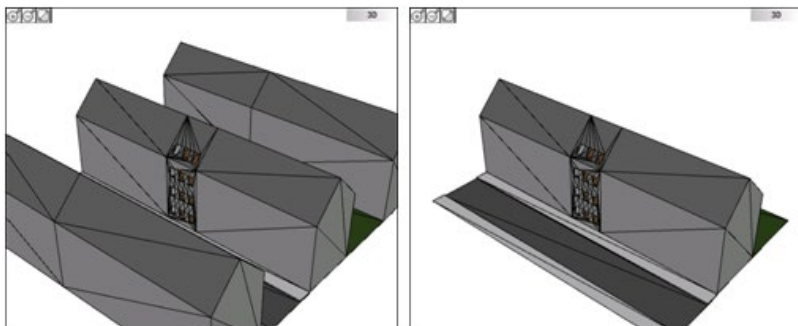
Následující příklad ukazuje vliv vnější překážky na úroveň denního osvětlení uvnitř obytné budovy umístěné v městském prostředí. Níže uvedené obrázky představují 3D modely použité pro simulaci v aplikaci VELUX Daylight Visualizer, ve které byl vypočten koeficient denního osvětlení (Daylight Factor – DF) pro každé podlaží.

#### Parametry modelu

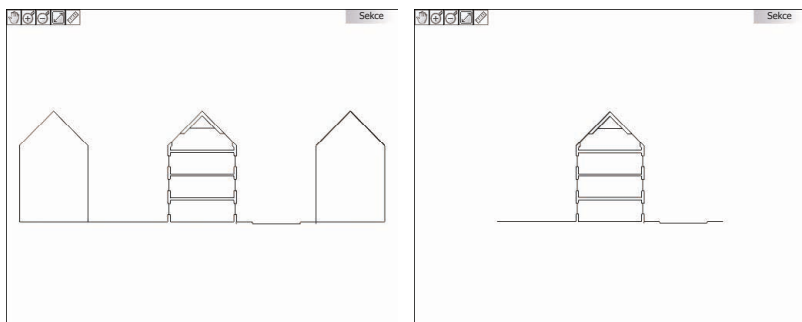
Poměr prosklených ploch k podlahové ploše: 20 %

Propustnost viditelného světla u okenních výplní  $\tau_v$ : 0,78

Odráživost povrchů: vnitřní stěny 0,65, vnější zdi 0,50, podlaha 0,30, strop 0,90, střecha 0,30, dlažba 0,25, trávnik 0,20



Obrázek 1.14: Zobrazení 3D modelu použitého pro simulace s překážkou (vlevo) a bez překážky (vpravo).



Obrázek 1.15: Řez 3D modelem použitým pro simulace s překážkou (vlevo) a bez překážky (vpravo).

## Výsledky

Výsledky simulace, které ukazuje obrázek 1.16, vedou k závěru, že vnější překážka sníží průměrnou hodnotu DF ve všech podlažích budovy, přičemž ale její vliv je mnohem větší v dolním podlaží budovy, kde je přísun denního světla snížen o polovinu. Proto je velmi důležité při analýze denního osvětlení brát v úvahu vnější překážky. Výsledky simulace dále ukazují, že vnější překážky mají malý vliv na přísun denního světla v podkrovní osvětleném střešními okny. Střešní okna mohou i v městské zástavbě poskytovat štedrý přísun denního světla, protože jsou méně ohrožena vnějšími překážkami.



Obrázek 1.16: Porovnání průměrného koeficientu denního osvětlení zjištěného pro každé podlaží budovy s vnější překážkou a bez ní.

### 1.4.3 Orientace

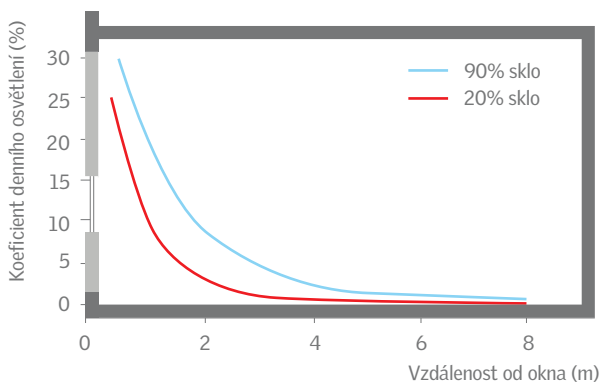
Orientace budovy ovlivňuje přísun a charakteristiku denního světla v interiéru. Na severní polokouli platí, že světlo dopadající ze severu bude v mnoha případech difuzní a vytvoří v interiéru funkční a komfortní osvětlení, které bude během celého dne stabilní. Světlo přicházející z jižní, východní a západní strany bude v mnoha případech v interiéru vytvářet osvětlení přímým slunečním zářením o intenzitě, která se bude v průběhu dne podstatně měnit podle toho, jak bude slunce měnit svoji polohu.

Je třeba mít na paměti, že na střešní okna a světlíky instalované ve střeších s malým sklonem bude pravděpodobně dopadat přímé sluneční záření i v případě orientace na sever.

### 1.4.4 Geometrie budovy

Geometrie budovy má vliv na její schopnost přivádět do interiéru dostatek denního světla. Je-li budova hluboká, má osvětlení pomocí pouhých fasádních oken svá omezení. Nezáleží na tom, kolik prosklených ploch je ve fasádě; dostatečného přísunu denního světla ( $DF > 2\%$ ) lze dosáhnout pouze v oblasti do několika metrů od fasády, jak ukazuje obrázek 1.17.

Prvky jako světelné police nebo odrazné stropy mohou přísun světla z fasády poněkud zlepšit, ale tato řešení jsou zpravidla vizuálně nevyhovující. Nejúčinnější způsob, jak přivést denní světlo hlouběji do budovy, je využít světlo dopadající na střechu pomocí produktů, jako jsou střešní okna či světlovody VELUX.



Obrázek 1.17: Koeficient denního osvětlení pro dva způsoby rozmístění fasádních oken.

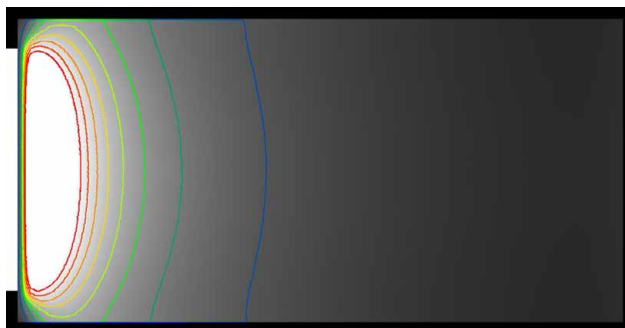
### Příklad: Denní osvětlení v hlubokých budovách

Níže uvedené simulace ukazují úroveň denního osvětlení v hluboké místnosti s okny uspořádanými třemi různými způsoby.

Rozměry místnosti: 8 m (D) × 4 m (Š) × 3 m (V)

Propustnost viditelného světla u okenní výplně ( $\tau_v$ ): 0,78

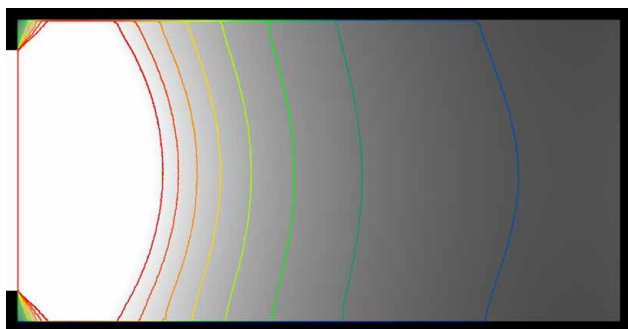
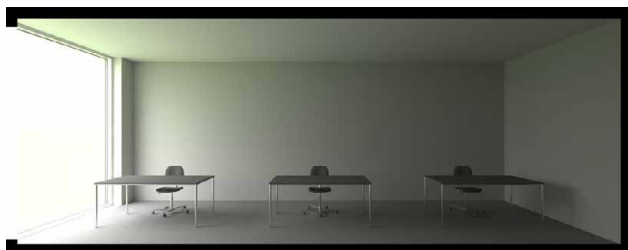
Odráživost povrchů: 0,35 (podlaha), 0,66 (stěna), 0,90 (strop)



Obrázek 1.18: Simulace jasu a koeficientu denního osvětlení ve scénáři č. 1.

1) Situace s poměrem prosklené plochy ku podlahové ploše 10% (pouze fasádní okno).

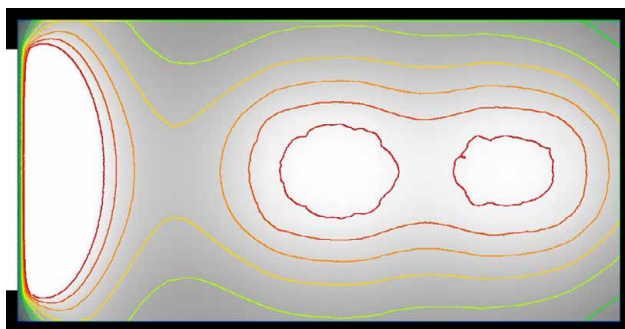
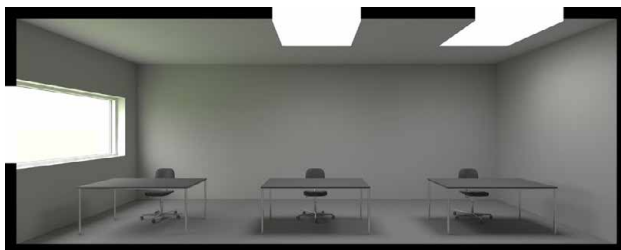
Výsledky scénáře č. 1 ukazují, že při 10% poměru prosklené plochy ku podlahové ploše dosáhneme hodnoty DF pouze 2% ve vzdálenosti několika metrů od fasády, zatímco zadní části místnosti budou osvětleny velice slabě. Přestože průměrná hodnota DF je 1,9%, jen malá oblast v úrovni pracovní plochy dosahuje hodnot přes 2% a pouze jedno ze tří pracovišť v místnosti lze považovat za osvětlené denním světlem.



Obrázek 1.19: Simulace jasu a koeficientu denního osvětlení ve scénáři č. 2.

2) Situace s poměrem prosklené plochy ku podlahové ploše 30 % (pouze fasádní okno).

Výsledky scénáře č. 2 ukazují, že při 30 % poměru prosklené plochy ku podlahové ploše dosáhneme hodnoty DF 2 % ve vzdálenosti asi 4,5 metrů od fasády. Průměrná hodnota DF je rovna 5,1 %, ale světlo je velmi nerovnoměrné a není vhodně rozloženo po celé úrovni pracovní plochy; hodnoty DF jsou velmi vysoké v blízkosti okna a nízké v zadní části. Vzniká tak světelné prostředí, které bude pravděpodobně vizuálně nekomfortní a bude způsobovat oslnění. V tomto scénáři lze dvě ze tří pracovišť v místnosti považovat za osvětlené denním světlem.



Obrázek 1.20: Simulace jasu a koeficientu denního osvětlení ve scénáři č. 3.

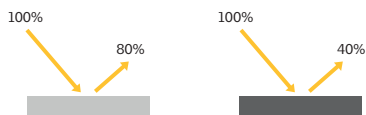
3) Situace s poměrem prosklené plochy ku podlahové ploše 20% (11% fasádní okno + 9% střešní okno).

Výsledky scénáře č. 3 ukazují, že kombinace fasádního a střešního okna s 20% poměrem prosklené plochy ku podlahové ploše umožňuje dosáhnout dostatečné a použitelné hodnoty DF po celé úrovni pracovní plochy; průměrná hodnota DF je 6,4%. Výsledky ukazují, že použití střešních oken zajistí lepší úroveň osvětlení denním světlem a tedy i jasnější prostředí, ve kterém bude menší pravděpodobnost oslnění a vizuálního nepohodlí. V tomto scénáři lze všechna tři pracoviště v místnosti považovat za osvětlená denním světlem.

Simulace byly provedeny v aplikaci VELUX Daylight Visualizer. Ve scénáři č. 3 byly použity světlíky VELUX CVP.

## 1.4.5 Vlastnosti materiálů

Barva a odrazivost povrchů v místnosti tvoří součást systému osvětlení. Tmavé povrchy odrážejí méně světla než světlé povrchy a výsledkem pravděpodobně bude nedostatečně osvětlené prostředí s malým množstvím nepřímého či odraženého světla. Proto se obvykle dává přednost světlým svislým plochám namísto tmavých ploch, pokud nedochází k oslnění.



Obrázek 1.21: Schéma ukazující vliv odrazivosti povrchu na šíření světla.

### Příklad: Vliv odrazivosti povrchu na úroveň svítivosti

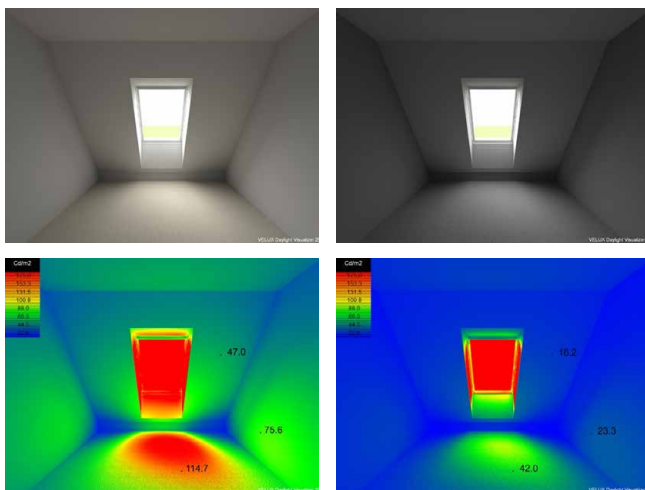
Níže uvedené simulace ukazují vliv použití světlých nebo tmavých barev na vzhled místnosti a úroveň jasu. Simulace ukazují, že místnost provedená ve světlých barvách poskytuje vyšší úroveň jasu na všech plochách a umožňuje lepší využití světla přicházejícího okny.

### Charakteristiky modelu

Propustnost viditelného světla u okenní výplně ( $\tau_v$ ): 0,78

Odráživost povrchů – světlá místnost: stěna 0,80, podlaha 0,75, strop 0,90

Odráživost povrchů – tmavá místnost: stěna 0,40, podlaha 0,35, strop 0,80



Obrázek 1.22: Simulace znázorňující vliv odrazivosti povrchů na úroveň jasu. Simulace byly provedeny v aplikaci VELUX Daylight Visualizer.



## 1.4.6 Okna

---

### Prosklená plocha

---

Množství světla vnikajícího do místnosti souvisí s celkovou prosklenou plochou oken v této místnosti.

### Okenní výplň

---

Množství denního světla propouštěného okenní výplní je sníženo tím, že světlo musí proniknout přes několik skleněných vrstev. Platí odhad, že dvojsklo (bez povrchové úpravy) propouští zhruba 80 % a trojsklo (bez povrchové úpravy) asi 70 % světla (ve srovnání s otevřeným oknem). Barevné sklo nebo sklo s povrchovou úpravou může snížit propustnost viditelného světla u okenní výplně až na hodnoty kolem 20 % a podstatně tak změnit spektrální charakteristiku nejen propouštěného světla, ale i vnímání barev povrchů v interiéru.

### Poloha

---

Poloha oken má vliv na rozložení denního světla po místnosti a určuje tak množství „užitečného“ světla. Při návrhu polohy oken je dále třeba vzít v úvahu vztah mezi výhledem ven a úrovní očí obyvatel domu.

### Rámy

---

Tvar okenních ráků má vliv na množství denního světla propouštěného do místnosti a lze jich využít ke zjemnění přechodu mezi vysokou úrovní jasu okna a povrchy v místnosti.

### **!** Pamatujte si

Platí odhad, že dvojsklo propouští zhruba 80 % a trojsklo asi 70 % světla. Barevné sklo nebo sklo s povrchovou úpravou může snížit propustnost viditelného světla u okenní výplně až na 20 %.

„Není možné «optimalizovat» budovy z pohledu dobrého využití denního světla pouze pomocí statických prosklených ploch, protože intenzita denního světla se dramaticky mění“

## Stínění

Stínění a využití slunečních clon je pro dobré využití denního světla stejně důležité jako okno samotné. K nastavení množství světla propouštěného do vnitřních prostor a snížení jasu okna, aby nedošlo k oslnění, lze použít skládané a sklopné žaluzie. Sklopné žaluzie lze využít i pro směrování světla proudícího do místnosti.

Nejúčinnějším řešením stínění, které zabrání průniku přímého slunečního záření do interiéru, je využití vnějšího stínění. Příkladem vnějšího stínění jsou rolety a markýzy. Tmavě šedá výplň (markýza VELUX 5060) podstatně sníží intenzitu osvětlení a úroveň jasu na úroveň, při které nebude hrozit oslnění.



Vnitřní stínění – sklopná žaluzie



Vnější stínění – roleta



Vnitřní stínění – skládaná žaluzie



Vnější stínění – markýza

Obrázek 1.23: Různé typy stínění.

## 1.5 Denní osvětlení střešními okny

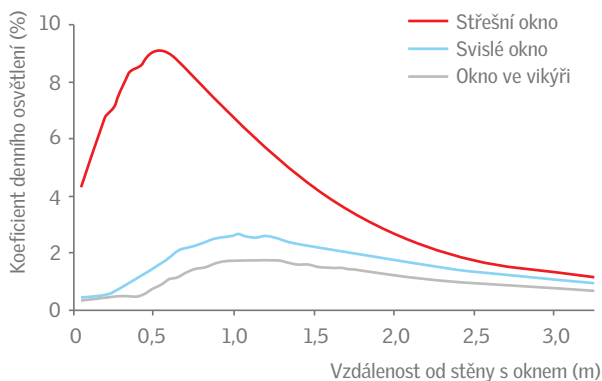
### 1.5.1 Vliv trojího uspořádání oken na denní osvětlení interiéru

#### Více světla

Ukazuje se, že střešní okna poskytují za stejných podmínek nejméně dvakrát více světla než svislá okna stejných rozměrů a třikrát více světla než vikýře stejných rozměrů; viz obrázek 1.24. Střešní okno dále umožňuje větší variaci intenzity osvětlení, což zvyšuje vizuální zajímavost místnosti [26].

#### Lepší rozložení světla

Dále je zřejmé, že střešní okna zajišťují vyšší jas stěn než okna ve vikýři a fasádní okna, což vede k jemnějšímu přechodu mezi vysokým jasnem okenní výplně a sousední zdí a snižuje tak riziko oslnění.



Obrázek 1.24: Porovnání koeficientu denního osvětlení v různých hloubkách místnosti.

## „Střešní okna vždy zlepšují kvalitu denního osvětlení a jsou příležitostí k úsporám“

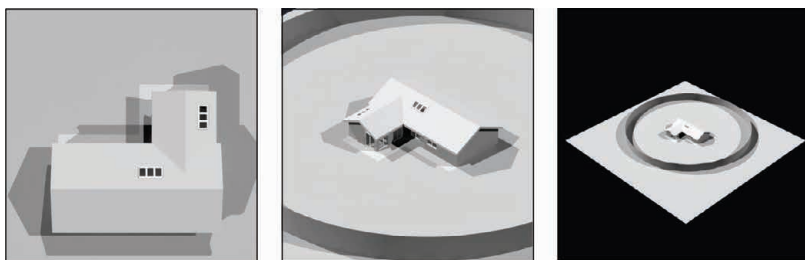
### 1.5.2 Vliv horního osvětlení v obytných budovách

Vliv instalace střešních oken a světlíků v obytných budovách byl zkoumán v rámci analýzy denního osvětlení zaměřené na klimatické podmínky, kterou provedla organizace Energy and Sustainable Development na univerzitě de Montfort ve Velké Británii.

Hlavním cílem studie bylo posoudit a kvantifikovat vliv střešních oken a světlíků VELUX instalovaných ve velké výšce na charakteristiku denního osvětlení v různých scénářích. Celkem bylo hodnoceno deset návrhů budov se všemi kombinacemi osmi orientací a šesti klimatických zón. Vzniklo tedy 480 souborů unikátních klimatických simulací denního osvětlení. Obrázek 1.25 níže ukazuje jeden z modelových domů použitých v analýze.

Mezi hlavní závěry studie patří následující [13]:

- Přidáním střešních oken se vždy zlepšila kvalita denního osvětlení vnitřního prostoru. U některých návrhů vedlo přidání střešních oken k nárůstu přísunu denního světla o 12 až 45 % v rámci roku.
- Přidání střešních oken vede k podstatnému zkrácení období s příliš slabým osvětlením místností (méně než 100 lux), ve kterých je pravděpodobné využití elektrického osvětlení.
- Přidání střešních oken vede k prodloužení období s úrovní osvětlení vyšší než 2 500 lux. Nedávný výzkum ukazuje, že mírné působení intenzivního světla má podstatné přínosy pro zdraví.



Obrázek 1.25: Výkresy ukazující jeden z modelových domů použitých v analýze.

### 1.5.3 Vliv použití střešních oken v domě Green Lighthouse

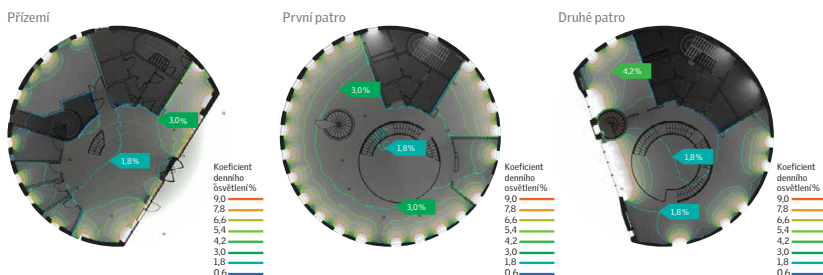
Kvalita denního osvětlení v domě Green Lighthouse, z projektu Model Home VELUX 2020, byla posuzována pomocí simulací koeficientu denního osvětlení. Bylo provedeno srovnání kvality denního osvětlení s použitím střešních oken a bez nich s cílem ukázat vliv střešních oken VELUX.

Výsledky, které jsou znázorněny na obrázku 1.26, ukazují, že střešní okna po-

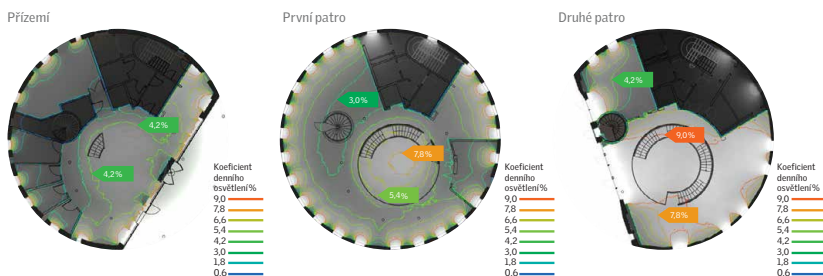
skytují denní osvětlení o vysoké intenzitě ve společných prostorách druhého patra, čímž vytvářejí pro jeho obyvatele zdravé vnitřní prostředí s velkým množstvím denního světla a umožňují kontakt s oblohou.

Výsledky dále ukazují, že použití střešních oken podstatně přispívá k úrovni denního osvětlení v nižších patrech díky prosvětlenému prostoru atria a vede tak k lepšímu rozložení denního světla ve všech patrech, protože vyvažuje světlo přicházející fasádními okny.

#### Kvalita denního osvětlení bez střešních oken



#### Kvalita denního osvětlení se střešními okny



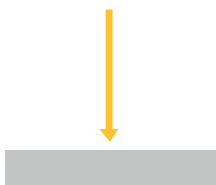
Obrázek 1.26: Koeficient denního osvětlení v domě Green Lighthouse porovnávající situaci s použitím střešních oken a bez nich.

## 1.6 Hodnocení kvality denního osvětlení

### 1.6.1 Intenzita osvětlení

---

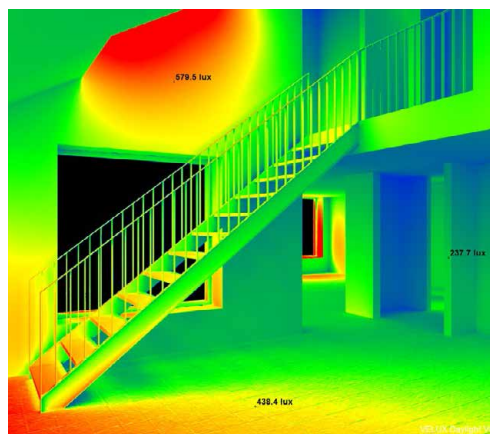
Intenzita osvětlení vyjadřuje množství světla dopadajícího na určitou plochu. Zpravidla se udává v luxech ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ). Intenzitu osvětlení lze měřit luxmetrem (viz obrázek 1.28) nebo předpovídat pomocí počítačových simulací prováděných ve spolehlivém a osvědčeném softwaru (např. VELUX Daylight Visualizer). Obrázek 1.29 ukazuje příklad vykreslení intenzity osvětlení. Intenzita osvětlení je fotometrická veličina, kterou využívá většina ukazatelů určujících dostupnost denního světla v interiéru.



Obrázek 1.27: Schéma intenzity osvětlení.



Obrázek 1.28: Luxmetr.



Obrázek 1.29: Simulace intenzity osvětlení v projektu MH2020 Home for Life společnosti VELUX.

#### Typické hodnoty intenzity osvětlení:

Přímé sluneční záření	100 000 lux
Rozptýlené světlo	3 000–18 000 lux

#### Minimální hodnoty pro práci a jiné aktivity:

Obytné místnosti	200–500 lux
Třídy (obecně)	300–500 lux
Osvětlení pracoviště	200–500 lux

#### ⚠ Pamatujte si

Intenzita osvětlení (udávaná v luxech) vyjadřuje množství světla dopadajícího na určitou plochu.

Intenzita osvětlení je veličinou, kterou v současné době využívá většina ukazatelů určujících kvalitu denního osvětlení v interiéru.

## 1.6.2 Jas

Jas udává množství světla odraženého nebo vyzařovaného z určité plochy. Zpravidla se udává v  $\text{cd}/\text{m}^2$ .



Obrázek 1.30: Schéma jasu.

Jas lze měřit jasoměrem (viz obrázek 1.32) nebo pomocí zobrazovacích metod HDR (High Dynamic Range) s použitím digitálního fotoaparátu a softwaru pro mapování svítivosti (např. Photolux); příklad je na obrázku 1.33. Hodnoty jasu lze předpovídat pomocí počítačových simulací prováděných ve spolehlivém a osvědčeném softwaru (např. VELUX Daylight Visualizer). Obrázek 1.34 ukazuje příklad vykreslení hodnot jasu. Jas je fotometrická veličina, která slouží k posuzování vizuálního komfortu a oslnění v interiéru.



Obrázek 1.31: Fotoaparát Nikon CoolPix a širokoúhlý objektiv („rybí oko“) používaný pro vytváření map jasu.

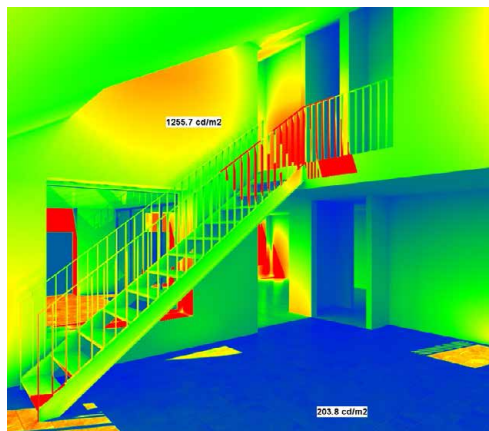


Obrázek 1.32: Jasoměr



Obrázek 1.33: Mapa svítivosti ukazující rozložení hodnot jasu v konceptu domu Atika společnosti VELUX při zatažené obloze.





Obrázek 1.34: Rozložení hodnot jasů projektu MH2020 Home for Life společnosti VELUX.

#### Typické hodnoty svítivosti:

Sluneční kotouč v poledne	1 600 000 000 cd/m <sup>2</sup>
Sluneční kotouč nad obzorem	600 000 cd/m <sup>2</sup>
Matná žárovka (60 W)	120 000 cd/m <sup>2</sup>
Studená bílá výbojka T8	11 000 cd/m <sup>2</sup>
Jasná obloha – průměrná hodnota	8 000 cd/m <sup>2</sup>
Zatažená obloha – průměrná hodnota	2 000 cd/m <sup>2</sup>

#### 📌 Pamatujte si

Jas (udávaná v cd/m<sup>2</sup>) vyjadřuje množství světla odraženého nebo vyzařovaného z určité plochy.

Jas je světelná veličina používaná pro posuzování vizuálního komfortu a oslňení v interiéru.

### 1.6.3 Ukazatele kvality denního osvětlení

#### Koeficient denního osvětlení (Daylight Factor – DF)

Koeficient denního osvětlení (DF) je běžná a snadno použitelná veličina, která umožňuje posoudit přísun denního světla do místnosti.

Hodnota DF vyjadřuje v podobě procentuálního podílu množství denního světla, které je k dispozici v interiéru (v úrovni pracovní plochy) ve srovnání s množstvím denního světla nezastíněného překážkami venku za standardních podmínek oblačnosti podle CIE [27].



Obrázek 1.35: Výkres ukazující naměřené hodnoty koeficientu denního osvětlení (současné měření úrovně vnitřní a venkovní intenzity osvětlení [bez zastínění překážkami] na vodorovné rovině).

Čím vyšší je hodnota DF, tím větší je přísun denního světla do dané místnosti. Místnosti s průměrnou hodnotou DF 2% a více lze považovat za plně osvětlené denním světlem, ale pro plnou funkci zraku může být i tak zapotřebí elektrického světla. Místnost je dobře osvětlená denním světlem, jestliže je průměrná hodnota DF vyšší než 5%; v takových případech nebude s nejvyšší pravděpodobností během dne třeba použít elektrické světlo [28].

S ohledem na standardní hodnoty denního osvětlení doporučuje společnost VELUX Group dosáhnout průměrné hodnoty DF ve výši 5% v hlavních obytných a pracovních prostorách budovy.



Obrázek 1.36: Rozložení hodnot koeficientu denního osvětlení v projektu MH2020 Home for Life společnosti VELUX.

### 📌 Pamatujte si

Koeficient DF vychází z hodnot intenzity osvětlení (udávané v luxech).

Koeficient DF se počítá za standardních podmínek oblačnosti stanovených CIE a nezahrnuje vliv přímého slunečního záření na intenzitu denního osvětlení.

Koeficient DF nezahrnuje hodnocení vlivu orientace.

Je-li průměrná hodnota DF v místnosti nižší než 2 %, je místnost zpravidla temná a bude pravděpodobně zapotřebí často použít elektrické osvětlení; je-li průměrná hodnota DF vyšší než 5 %, jeví se interiér jako velmi dobře osvětlený denním světlem.

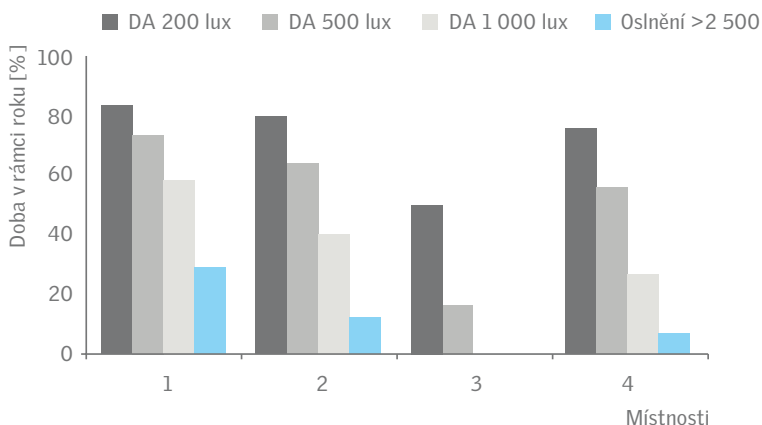
## Autonomie denního světla (Daylight Autonomy – DA)

Autonomie denního světla (DA) je nový ukazatel kvality denního osvětlení, který se počítá na základě zaznamenaných klimatických údajů.

Parametr DA je definován jako procentuální podíl času (v rámci roku), po který je v interiéru (v úrovni pracovní plochy) k dispozici denní světlo o určité minimální intenzitě osvětlení (např. 500 lux).

Parametr DA umožňuje zahrnout do výpočtu vliv přímého slunečního záření na úroveň denního osvětlení v interiéru a je citlivý i na orientaci a klimatické podmínky místa, kde budova stojí.

Níže uvedený příklad ukazuje získané hodnoty autonomie denního světla pro 4 různé místnosti v mateřské školce. V tomto případě byla kvalita denního osvětlení v místnostech vypočtena pro 4 úrovně intenzity osvětlení, tj. 200 lux, 500 lux, 1 000 lux a > 2 500 lux, aby bylo možno předpovědět riziko oslnění a přehřívání.



Obrázek 1.37: Hodnoty autonomie denního světla (DA) a riziko oslnění a přehřívání ve 4 různých místnostech.

## 1.7 Požadavky na denní osvětlení ve stavebních předpisech

Na využití denního osvětlení se ve stávajících právně vymahatelných normách a stavebních předpisech ve všech zemích kladou velmi malé (pokud vůbec nějaké) požadavky či doporučení.

Legislativní předpisy týkající se denního osvětlení lze rozdělit na tři typy [29]:

- Přístup slunečního záření do budov. Legislativa tohoto typu (zpravidla nazývaná „předpisy pro sluneční zóny“) se snaží garantovat obyvatelům budovy přísun slunečního záření v předem stanoveném časovém období. „Sluneční zóny“ (např. v Japonsku nebo Číně) souvisí se zdravím, bezpečností a pohodlím obyvatel.
- Požadavky na okna a jejich prosklenou plochu vzhledem k výměře místnosti nebo fasády. Je třeba zdůraznit, že legislativu nařizující minimální poměr prosklené plochy nelze považovat za legislativu týkající se využití den-

ního světla, protože v ní není řeč o skutečném přísunu denního světla do místnosti nebo budovy; nejsou zde zohledněny vnější mezní podmínky, převisy budovy, trvalé stínění, rozmístění či průsvitnost prosklených ploch atd.

- Úroveň vnitřního osvětlení v místnosti. Hodnoty intenzity denního osvětlení jsou obvykle uvedeny jako žádoucí nebo doporučené, ať už ve formě konkrétních hodnot intenzity osvětlení (v luxech) v úrovni pracovní plochy nebo metodou koeficientu denního osvětlení.

Společnost VELUX Group usiluje o to, aby okna byla vnímána jako hlavní zdroj denního světla a přísunu slunečního záření v budovách; snažíme se propagovat zdravé vnitřní prostředí a přispět ke snížení spotřeby elektřiny na osvětlení. Naším cílem je, aby využití denního světla bylo zahrnuto a konkrétně řešeno v evropských stavebních normách a předpisech spolu s konkrétními kritérii kvality denního osvětlení pro všechny hlavní obytné a pracovní prostory v budově.

## Denní osvětlení budov v legislativě ČR

Ve vyhlášce o technických požadavcích na stavby 20/2012 Sb., je mimo jiné uvedeno, že u nově navrhovaných budov musí návrh osvětlení v souladu s normovými hodnotami řešit denní, umělé i případně sdružené osvětlení, a posuzovat je společně s vytápěním, chlazením, větráním, ochranou proti hluku, prosluněním, včetně vlivu okolních budov a naopak vlivu navrhované stavby na stávající zástavbu.

Dále vyhláška stanovuje, že obytné místnosti musí mít zajištěno denní osvětlení v souladu s normovými hodnotami a že rovněž v bytových místnostech musí být navrženo denní, umělé a případně sdružené osvětlení v závislosti na jejich funkčním využití a na délce pobytu osob v souladu s normovými hodnotami.

Normové hodnoty pro denní osvětlení obytných budov definuje ČSN 73 0580-2, kde je stanovena požadovaná úroveň denního osvětlení v obytných místnostech jako kvantitativní kritérium. Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti, pokud je požadována dle 4.3.2 ČSN 73 0580-1, je nejméně 2%. Poža-

dována dle 4.3.2 ČSN 73 0580-1 je pro prostory s horním denním osvětlením a s kombinovaným denním osvětlením, u kterých je podíl horního osvětlení na průměrné hodnotě činitele denní osvětlenosti roven nejméně jedné polovině. V obytných místnostech, ve kterých se nepožaduje podle 4.3.2 ČSN 73 0580-1 splnění průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti, musí být ve dvou kontrolních bodech v polovině hloubky místnosti, ale nejdále 3 m od okna, vzdálených 1 m od vnitřních povrchů bočních stěn, hodnota činitele denní osvětlenosti nejméně 0,7% a průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti z obou těchto bodů nejméně 0,9%.

Norma ČSN 73 0580-1 rovněž požaduje, jde-li o trvalý pobyt lidí ve vnitřním prostoru nebo jeho funkčně vymezené části, musí být minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}$  rovna nejméně 1,5% a průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_m$ , pokud se požaduje, rovna nejméně 3% i když pro danou zrakovou činnost stačí nižší hodnoty. V základních požadavcích na denní osvětlení této normy je rovněž definice, že denní osvětlení vnitřních prostorů budov a jejich funkčně vymezených částí

se navrhuje podle zrakových činností, pro které jsou určeny a kterým denní osvětlení slouží. Je-li denní osvětlení vnitřního prostoru nebo jeho funkčně vymezené části určeno pro různé zrakové činnosti, musí vyhovovat i pro ty, které mají největší požadavky na osvětlení. V tabulce třídění zrakových činností je například pro třídu zrakové činnosti IV kam patří například i čtení a psaní požadováno minimální  $D_{\min}$  1,5% a průměrné  $D_m$  5%. Tato norma definuje také kvalitativní kritérium na denní osvětlení v podobě rovnoměrnosti denního osvětlení. Hodnota rovnoměrnosti denního osvětlení ve vnitřních prostorech, ve kterých se dle 4.3.2 požaduje splnění jen minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti, nemá být při třídách zrakových činností I až IV menší než 0,2. Rovnoměrnost denního osvětlení se přitom určuje jako podíl nejmenší a největší hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech.

## 1.8 Úhrnem o denním osvětlení

Denní světlo má zásadní vliv na budovu a jejich obyvatele. Ovlivňuje potřebu elektrického osvětlení, chlazení a vytápění budov a současně zlepšuje pohodlí a zdraví, které jsou pro obyvatele budovy zásadní.

Dobře navržená budova z hlediska využití denního světla poskytuje velké množství denního světla, aniž by docházelo k oslňování nebo tepelné nepohodě. Špatný systém denního osvětlení naproti tomu nezajistí dostatek světla, takže je třeba často používat elektrické osvětlení, nebo je přísun světla naopak příliš velký, takže narušuje pocit pohody a způsobuje oslnění.

Interiéry s průměrnou hodnotou koeficientu denního osvětlení (DF) ve výši 2% a více lze považovat za osvětlené denním světlem, ale i tak může být zapotřebí použít pro dobrou funkci zraku elektrické osvětlení. Místnost je silně osvětlena denním světlem, jestliže průměrná hodnota parametru DF je vyšší než 5%; elektrické osvětlení v takovém případě nebude během dne zapotřebí.

Není možné „optimalizovat“ budovu tak, aby poskytovala dobrou kvalitu denního osvětlení, pouze pomocí oken, protože intenzita denního světla se dramaticky mění. Vždy je třeba zvážit a využít vhodné vnější i vnitřní sluneční stínění a optimalizovat tak vizuální komfort.

Velikost a rozmístění oken je vždy třeba posuzovat společně s celkovou spotřebou energie v budově a specifickými požadavky na denní osvětlení.

Pro návrh kvality denního osvětlení navrhované budovy a pro vizualizaci charakteristik denního světla v interiéru lze použít aplikaci VELUX Daylight Visualizer.



A photograph of a modern bathroom featuring a white skylight window. The skylight is partially open, revealing a view of green trees outside. The room has white tiled walls and a white shower tray. In the bottom right corner, there are two bottles of toiletries: a white one and a clear one with a silver pump. The word "Ventilace" is written in red text on the left side of the image.

Ventilace

## Ventilace

---

Účelem ventilace je výměna vzduchu uvnitř budovy tak, aby bylo možné zajistit a udržet dobrou kvalitu ovzduší a tepelnou pohodu.

Ventilace má i důležité psychologické aspekty, které lze shrnout pod pojem „spojení s přírodou“ (s venkovním prostředím).

## 2.1 Kvalita vnitřního vzduchu

Kvalita vzduchu uvnitř budovy nás ovlivňuje několika způsoby [30]:

- **Komfort:** dobrou kvalitu vzduchu pocítí člověk ihned, jakmile vstoupí do budovy.
- **Zdraví:** dýchání vnitřního vzduchu může mít negativní dopad na zdraví, je-li kvalita vzduchu špatná.
- **Výkonnost:** vnitřní ovzduší může zvyšovat mentální výkonnost a celkový pocit uspokojení, je-li jeho kvalita vysoká.
- **Ostatní:** čerstvý vzduch vytváří spojení s venkovním prostředím; čerstvý vzduch dodávaný okny je velmi cenným přínosem ventilace.

Vzduch uvnitř budovy obsahuje různé složky včetně složek nežádoucích. Patří sem:

- **Plyny** – např. formaldehyd, organické látky (VOC – těkavé organické látky) a anorganické látky ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  atd.).
- **Pevné částice** – např. prach, produkty spalování, zbytky pokožky či textilní částice.
- **Radioaktivní plyny** – radon.
- **Biologické látky** – plísně, houby, pyl či roztoči.
- **Vodní pára** (vlhkost).

Většina znečišťujících látek pochází ze zdrojů uvnitř budovy. Patří sem [31]:

- **Lidé a jejich činnosti** – např. tabákový kouř, produkty úklidu, čištění a osobní péče, spotřební elektronika a elektrická kancelářská zařízení jako např. laserové tiskárny.
- **Stavební materiály** – např. tepelná izolace, překližka, barva, nábytek či podlahové / nástěnné krytiny.
- **Venkovní zdroje** – radon, pyl, doprava či průmysl

Lidské faktory	Dosažení tepelné pohody	
	Odstranění chemických látek, částic, pachů, alergenů, plísní	
	Vytvoření spojení s venkovním prostředím	
	Prevence alergií, astmatu a dalších chorob	Méně chorob díky dobré kvalitě ovzduší
	Podpora produktivity a pocitu pohody	Vyšší produktivita díky dobré kvalitě ovzduší

Obrázek 2.1: Hlavní důvody ventilace.

## „Děti jsou obzvláště citlivé na špatnou kvalitu ovzduší“

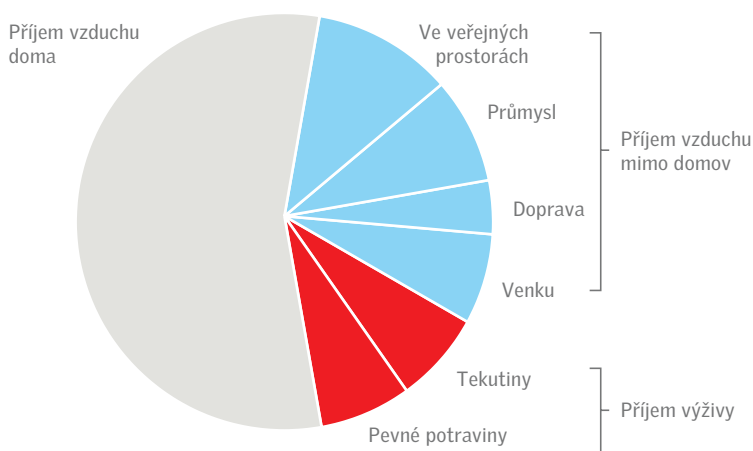
### 2.1.1 Zdraví

Pro lepší pochopení vlivu vnitřního ovzduší na naše zdraví musíme vzít v úvahu množství vzduchu, které vdechujeme za den. Člověk průměrně spotřebuje za den 2 kg potravin a vody, zatímco spotřeba vzduchu je 15 kg za den (12 000 litrů). Je tedy zřejmě, že zdravotní dopady kvality ovzduší jsou významné [32].

Uvnitř budov trávíme 90 % svého času, takže většina vzduchu, který vdechujeme, pochází z vnitřního prostředí. Množství času trávíme doma; 55 % příjmu potravy, vody a vzduchu během našeho života se odehrává v naší domácnosti, jak ukazuje obrázek 2.2 [33].

Jednotlivým ani kombinovaným vlivům mnoha složek obsažených ve vnitřním ovzduší na lidské zdraví zatím plně nerozumíme; rozsáhlé výzkumné studie nicméně ukázaly, že kvalita vnitřního ovzduší má významný vliv na zdraví osob, které se v dané budově pohybují.

Profesor Jan Sundell z Mezinárodního centra pro vnitřní prostředí a energii na DTU říká, že „nevíme mnoho o přesných příčinách zdravotních obtíží způsobených vnitřním ovzduším, ale existuje stále více důkazů o tom, že vnitřní prostředí, zejména pak vlhkost a nedostatečná ventilace, hraje podstatnou roli z hlediska veřejného zdraví, a že ekonomické zisky společnosti, která zlepší prostředí uvnitř budov, zdaleka přesáhnou náklady.“



Obrázek 2.2: 55 % našeho celkového příjmu vzduchu, vody a potravy se odehrává uvnitř našich domovů.

## „Vyhnout se velké vlhkosti a zajistit tak zdravé vnitřní prostředí“

Astma a alergie u dětí je zejména v severní Evropě čím dál běžnější; tomuto jevu se věnují lékaři a specialisté na vnitřní prostředí. Jeden z výzkumů se týkal značného výskytu těchto chorob mezi švédskými branci.

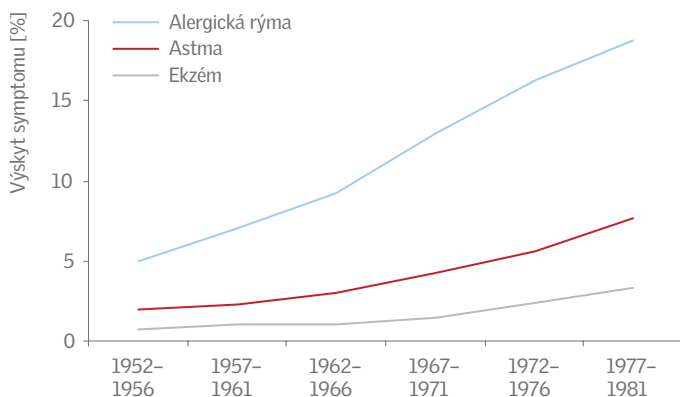
Od 50. do 80. let 20. století byl zaznamenán velký nárůst počtu osob trpících chorobami jako astma a alergie. Tento trend je příliš rychlý na to, aby mohl být vysvětlen změnami v životním prostředí. Nebyla nalezena žádná přímá závislost na kvalitě ovzduší uvnitř budov, ale většina výzkumníků uznává, že nějaká taková závislost existuje [34].

Abyste zdůraznila význam zdravého vnitřního ovzduší, přijala Světová zdravotnická organizace (WHO) soubor prohlášení o „právu na zdravé ovzduší uvnitř budov“ [35].

### Syndrom nezdravých budov (Sick Building Syndrome – SBS)

Pojem „syndrom nezdravých budov“ (SBS) označuje situace, kdy obyvatelé budovy trpí akutními zdravotními obtížemi nebo nepohodou, u níž se ukáže, že souvisí s dobou strávenou v budově, kdy ale nelze identifikovat žádnou konkrétní nemoc nebo příčinu. Obtíže mohou být soustředěny v určité místnosti nebo oblasti, nebo se mohou týkat budovy jako celku [36].

Mezi příznaky těchto problémů patří bolesti hlavy, podráždění očí, nosu nebo krku, suchý kašel, svědění kůže, únava nebo potíže s koncentrací. Tyto příznaky jsou definovány jako symptomy SBS. Světová zdravotnická organizace došla k závěru, že k těmto problémům dochází v 15–50 % budov [37]. Předpokládá se, že příčinou těchto symptomů je špatné prostředí uvnitř budov a že je lze zmírnit zlepšením kvality vzduchu.



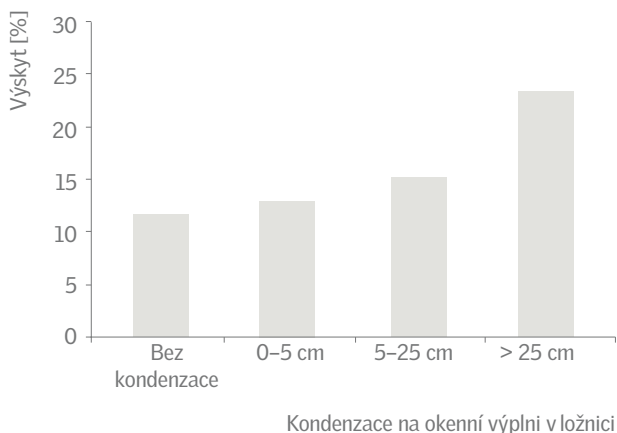
Obrazek 2.3: Výskyt alergie, astmatu a ekzému mezi švédskými branci (mladými muži vstupujícími do ozbrojených složek).

## Vlhkost v budovách může způsobovat nemoci

Bydlení nebo práce ve „vlhkých“ budovách je jedním z faktorů souvisejících s kvalitou vnitřního ovzduší, které jsou nejpravděpodobnější příčinou nemocí. Průzkum statisíců domů ukázal, že vlhké budovy mohou způsobovat nemoci jako kašel, obtíže s dechem, alergie či astma. „Vlhká“ budova je budova se zvýšenou úrovní vlhkosti (přesná „rizikovost“ vlhkosti není známa). Na obrázku 2.4 je uveden příklad vlivu vlhké budovy; obrázek ukazuje, jak vlhkost zvyšuje riziko alergie [38, 39].

Lidské činnosti jako úklid, vaření, mytí apod. zvyšují vlhkost vzduchu uvnitř budovy. Vzduch v budově potom obsahuje více vlhkosti než venkovní vzduch. Činnosti příslušníků typické čtyřčlenné rodiny dodají do vnitřního ovzduší 10 litrů vody denně [40].

Jednoznačné vědecké vysvětlení toho, jak přesně působí vlhkost na lidské zdraví, neexistuje. Je nicméně dobře známo, že domácím roztočům se velmi dobře daří ve vlhkém vnitřním prostředí. Roztoči jsou prokázanou příčinou alergie. Pro snížení rizika vzniku alergie způsobené roztoči je třeba udržovat vlhkost pod hodnotou 45% po dobu několika měsíců v rámci roku [41].



Obrázek 2.4: Množství kondenzace pozorované na vnitřní straně oken v ložnici a vliv této kondenzace na výskyt alergické rýmy mezi dětmi bydlícími v těchto domech [42].

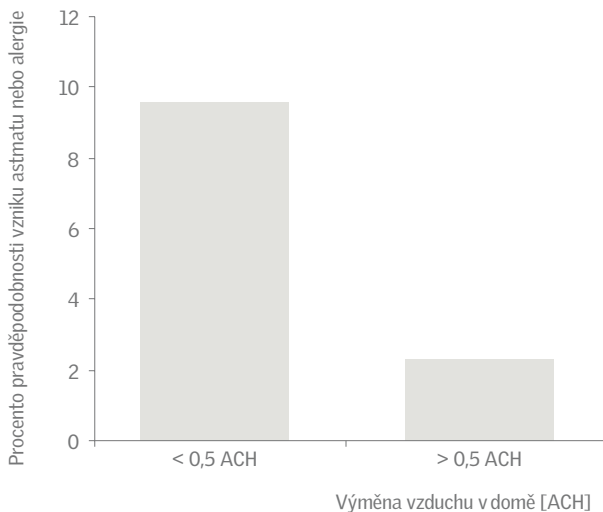
### **Pamatujte si**

Typická rodina produkuje 10 litrů vlhkosti za den – to odpovídá velkému kbelíku vody vylitému denně na podlahu. Vlhkost je třeba dostatečně odvětrávat a snižovat tak riziko nemocí.

Nedostatečné větrání  
může způsobovat nemoci

Rychlost výměny vzduchu udává, jak často se vymění všechny vzduch v domě. Je-li rychlost výměny vzduchu pod hodnotou 0,5 ACH (z anglického Air Change Rate; udává, jak velká část vzduchu se vymění za hodinu), kterou obvykle vyžadují stavební předpisy

v severní Evropě [43], existuje zvýšené riziko vzniku nemocí souvisejících s vlhkostí, jako je astma či alergie; ukazuje to obrázek 2.5.



Obrázek 2.5: Procento pravděpodobnosti vyjadřuje možnost vzniku astmatu nebo alergie. Obrázek ukazuje, že riziko vzniku astmatu a alergie je vyšší v domě s rychlostí výměny vzduchu nižší než 0,5 ACH [44].

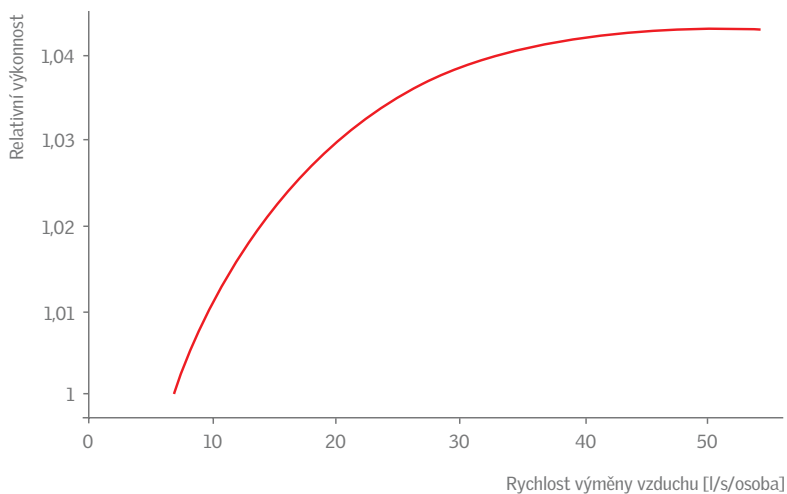
### 📌 Pamatujte si

Dobrá kvalita vzduchu uvnitř budovy je základním předpokladem prevence významných chorob, jako je astma či alergie, a to zejména u dětí.

### 2.1.2 Mentální výkonnost a kvalita vzduchu uvnitř budovy

Výzkumy mentální výkonnosti uživatelů kancelářských budov a škol ukazují, že špatná kvalita vzduchu snižuje mentální výkonnost, zatímco dobrá kvalita vzduchu ji zvyšuje; viz obrázek 2.6 [45, 46].

Lze předpokládat, že pokud vnitřní prostředí podporuje produktivitu práce, bude napomáhat i naší schopnosti se koncentrovat a věnovat se práci i doma. Doma provozujeme činnosti, které vyžadují koncentraci – čtení, hraní her, poslech hudby atd. – a u kterých lze předpokládat, že prostředí podporující produktivitu bude přínosem.



Obrázek 2.6: Výkonnost studentů ve školách se zlepšuje, jestliže zlepšíme kvalitu vzduchu pomocí zvýšení rychlosti výměny vzduchu [46].



„Otevřít okna neznamena jen vyvětrat – otevřené okno vás spojuje s venkovním prostředím a symbolizuje vztah k rodině“

### 2.1.3 Přímé spojení s venkovním prostředím

---

Okna neslouží jen ke vpouštění čerstvého vzduchu pro naplnění našich fyzických potřeb a pro podporu našeho zdraví. Otevřené okno má pro nás i velký psychologický význam. Antropologická studie provedená v několika obytných budovách v Dánsku [47] došla k závěru, že lidé potřebují mít možnost otevřít okno z několika důvodů:

- vytvoří tím propojení s přírodou okolo domu,
- vyvětrají z domu nepříjemné pachy a vpustí dovnitř vůni čerstvého vzduchu,
- zdůrazní tím přechod z jedné situace do druhé – přechod ze spánku do bdělosti, návrat z práce domů apod.

Jestliže jeden z rodičů každodenně vyvětrá, jde o podvědomý symbol lásky a náklonnosti k rodině.

Otevřít okna a vpustit dovnitř čerstvý vzduch je jako vychutnat si sklenici vína, řekl jeden majitel domu.

Průzkum jasně ukázal, že pro obyvatele domu je velmi důležité, aby si mohli otevřít ve svém domě okna.

## 2.2 Ventilační systémy

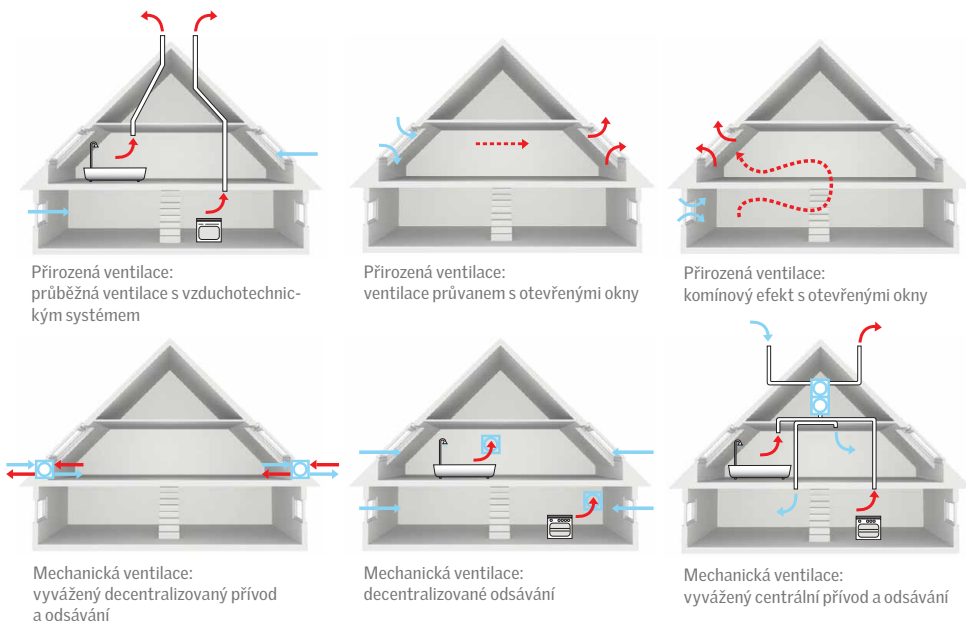
Existuje několik způsobů, jak vpouštět do našeho domova čerstvý vzduch. Ventilační systémy mohou být přirozené, mechanické nebo hybridní – hybridní systém je kombinací předchozích dvou.

V obytných budovách je vzduch často vpouštěn skrze fasádu a odvětráván z vybraných místností (zpravidla jde o kuchyň a koupelnu) vzduchotechnickým systémem, jak ukazuje obrázek 2.7.

### 2.2.1 Přirozená ventilace

Přirozená ventilace využívá k výměně vzduchu v budově přírodních sil. Hnací silou je vítr a teplotní rozdíly, jak je podrobněji popsáno v kapitole 2.4.1.

Čerstvý vzduch může být přiváděn pomocí ventilačních otvorů ve fasádě nebo pomocí ventilačních klapek střešních oken VELUX. Může pronikat i přes netěsnosti ve fasádě.



Obrázek 2.7. Běžné systémy přirozené a mechanické ventilace

## 2.2.2 Mechanická ventilace

---

Mechanické ventilační systémy využívají ventilátorů poháněných elektřinou, které určují směr proudění vzduchu v budově. Pomocí mechanické ventilace lze zajistit konstantní rychlost výměny vzduchu nezávisle na venkovních povětrnostních podmínkách; systém ale spotřebovává elektřinu a rychlost výměny vzduchu bývá obtížné upravovat podle měnících se potřeb během dne a roku.

Existuje několik variant, jak ukazuje obrázek 2.7. Systémy s přívodem i odsávaním mohou být kombinovány s jednotkou pro rekuperaci tepla, která rekuperuje (tj. opětovně využívá) teplo z odsávaného vzduchu, které jinak zůstane nevyužito. Až 90 % energie lze „použít znovu“.

V mnoha zemích severní Evropy se stává standardem, že nově stavěné domy jsou vybaveny mechanickým ventilačním systémem s rekuperací tepla, aby splňovaly současné požadavky na spotřebu energie. Jde o energeticky velmi úsporné řešení pro topnou (zimní) sezónu. V letním období lze ale elektřinu potřebnou pro pohon ventilátorů ušetřit tak, že využijeme přirozenou ventilaci. Systémy, které přepínají mezi přirozenou a mechanickou ventilací, se nazývají hybridní ventilační systémy.

Mechanická ventilace vyžaduje pravidelnou výměnu filtrů. Znečištěné filtry jsou zdrojem znečištění vnitřního ovzduší a snižují tak kvalitu vzduchu uvnitř domu, což vede k nižší výkonnosti jeho obyvatel a vyššímu výskytu symptomů SBS [48, 49].

Bylo zjištěno, že symptomy SBS se vyskytují častěji v budovách s klimatizací než v budovách s přirozenou ventilací [48].

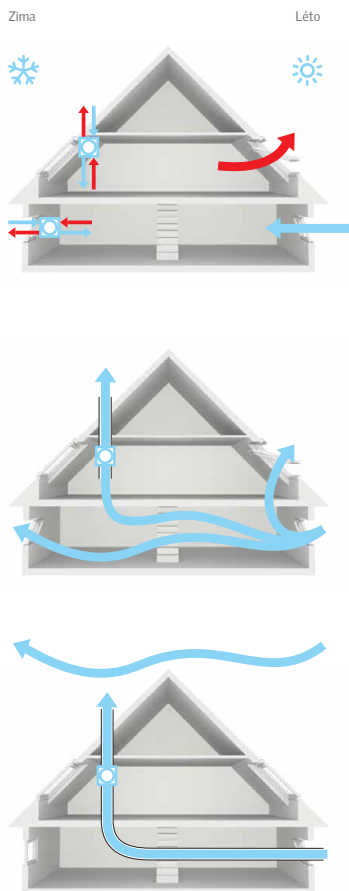
Aby byl mechanický ventilační systém s rekuperací tepla energeticky úsporný, musí být budova velmi těsná. V opačném případě bude podstatná část přísunu čerstvého vzduchu infiltrovaná, tj. „vyhne“ se výměníku tepla. Z tohoto důvodu často lze mechanickou ventilaci použít ke snížení spotřeby energie ve stávajících budovách jen velmi obtížně.

„Hybridní ventilační systémy v nově postavených domech kombinují to nejlepší z přirozené ventilace a mechanických systémů“

### 2.2.3 Hybridní ventilace

Hybridní ventilace znamená systém, který využívá kombinaci přirozené a mechanické ventilace. Existuje několik variant hybridních ventilačních sys-

témů; hybridní ventilace představuje vhodné řešení v nových obytných budovách, zejména tehdy, jsou-li k dispozici střešní okna, pomocí kterých lze vytvořit komínový efekt.



Obrázek 2.8. Tři principy hybridního ventilačního systému [50].

#### Kombinace přirozené a mechanické ventilace

Mechanická ventilace se využívá během topné sezóny a přirozená ventilace po zbytek roku. Tento princip zajišťuje nízkou energetickou náročnost u novostaveb a funguje dobře s použitím střešních oken VELUX.

#### Přirozená ventilace s podporou ventilátorů

Tento princip je využíván především v rozlehlejších komerčních budovách, kde nepůsobí v některých obdobích dostatečné přírodní síly; pro podporu ventilace je tedy použit ventilátor.

#### Mechanická ventilace podporovaná komínovým efektem a větrem

Tento princip je využíván především v rozlehlejších komerčních budovách, kde je v rámci ventilačního systému použito pro přenos vzduchu vzduchotechnický systém a hnací síla proudění vzduchu je zajištěna převážně přírodními silami. Ventilátory jsou zde použity jako podpůrný prvek.

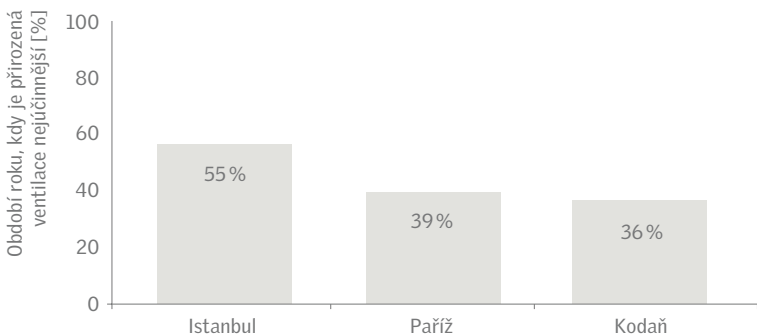
Hybridní ventilace slouží k vytvoření optimálního prostředí uvnitř budovy při nižších nákladech na energii. Jak už bylo uvedeno, mechanická ventilace s rekuperací tepla se používá v nových budovách ke snížení spotřeby energie na vytápění a ke splnění požadavků na spotřebu energie pro vytápění. V teplém období roku je ale energeticky úspornější využít přirozené ventilace a snížit tak spotřebu energie na pohon elektrických ventilátorů. V teplém období roku kromě toho většina uživatelů budov ráda využije možnosti otevřít okna.

Hybridní ventilace kombinuje to nejlepší z obou řešení: nízkou energetickou náročnost mechanické ventilace s rekuperací tepla v zimě a dobrou funkci přirozené ventilace v létě.

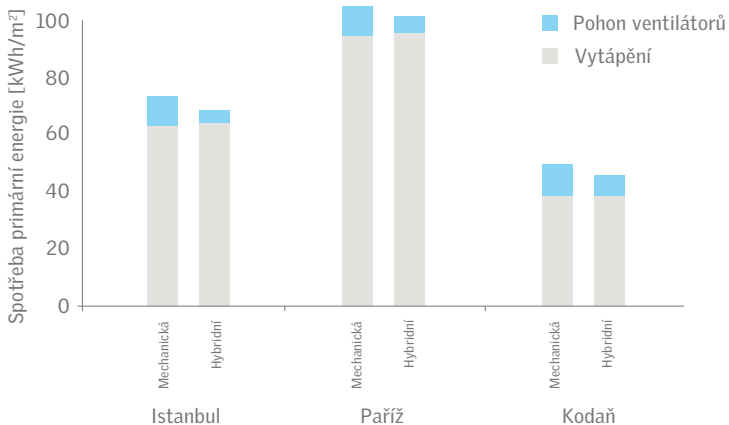
### Příklad: Využití hybridní ventilace pro úsporu energie

Ukázka, kolik energie lze ušetřit s použitím hybridního ventilačního systému ve srovnání s mechanickou ventilací s rekuperací tepla.

Byly zkoumány typické domy v Istanbulu, Paříži a Kodani. Přirozená ventilace je použita vždy, když je dostatečné teplo, aby nebyla nutná ventilace s rekuperací tepla [51].



Obrázek 2.9. V Paříži a Kodani je přirozená ventilace energeticky úspornější než ventilace s rekuperací tepla po dobu 36–39% roku, v Istanbulu po dobu 55% roku.



Obrázek 2.10: Hybridní ventilace je energeticky úspornější než mechanická ventilace s rekuperací tepla v Istanbulu, Paříži i Kodani.

Roční úspora primární energie dosahuje hodnot od 3 kWh/m<sup>2</sup> v Paříži do 5 kWh/m<sup>2</sup> v Istanbulu. V tabulce níže je tato úspora porovnána s maximální spotřebou primární energie. Předmětem zkoumání jsou tři období výstavby; je zřejmé, že relativní snížení spotřeby vzrostlo z 5 % pro stávající budovu na 9 % pro budoucí budovu.

	Celková maximální spotřeba primární energie v domě o rozloze 150 m <sup>2</sup>	Relativní snížení spotřeby při úspoře 4 kWh/m <sup>2</sup> s hybridní ventilací
2005	85 kWh/m <sup>2</sup>	5%
2010	61 kWh/m <sup>2</sup>	7%
2015	42 kWh/m <sup>2</sup>	9%

Obrázek 2.11: Potenciální úspora primární energie díky využití hybridního ventilačního systému namísto mechanické ventilace s rekuperací tepla. Údaje vychází z požadavků dánských stavebních předpisů [52].

U novostaveb může hybridní ventilace představovat velmi úsporné řešení snižující spotřebu energie a umožňuje, aby budova splňovala požadavky na spotřebu energie. Snížení spotřeby primární energie o 3–5 kWh/m<sup>2</sup> může v budoucnosti vést k úspoře ve výši 5–9%.

Chceme-li dosáhnout nízké spotřeby energie, lze jako alternativu k hybridní ventilaci použít další zateplení, fotovoltaickou energii apod.; tato řešení jsou ovšem nákladnější.

### 📌 Pamatujte si

Hybridní ventilace je energeticky úspornější než mechanická ventilace s rekuperací tepla, díky elektrině, kterou systém ušetří během letního období.

## 2.3 Rychlost výměny vzduchu: vliv na spotřebu energie a na lidské zdraví

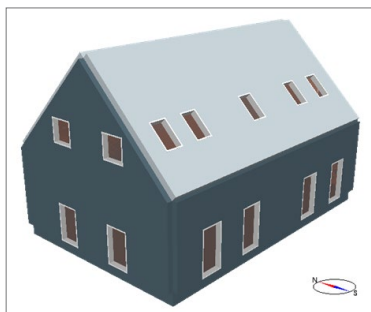
Rychlost výměny vzduchu představuje kompromis mezi spotřebou energie a zdravým prostředím uvnitř budovy. V kapitole 2.1.1 jsme viděli, že vyšší rychlost výměny vzduchu může mít pozitivní vliv na lidské zdraví. Zároveň ale také zvyšuje potřebu vytápění v klimatických oblastech se studeným zimním obdobím, jak ukazuje níže uvedený příklad.

### Příklad: Vliv rychlosti výměny vzduchu na spotřebu energie na vytápění.

S využitím aplikace VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer byl zkoumán dům ve Stockholmu ve Švédsku.

Spotřeba energie na vytápění byla určena pro rychlost výměny vzduchu 0,5 a 0,7 ACH.

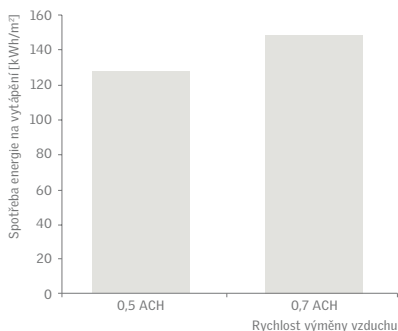
Spotřeba energie na vytápění se při zvýšení rychlosti výměny vzduchu z 0,5 na 0,7 ACH zvýší o 21%.



### 2.3.1 Stavební předpisy a normy

Ve většině zemí jsou ve stavebních předpisech uvedeny požadavky na minimální nutnou míru ventilace v budově; mezinárodní normy, např. EN 15251, uvádějí doporučené hodnoty.

Ve většině zemí severní Evropy je ve stavebních předpisech stanoven požadavek na intenzitu ventilace okolo 0,5 ACH.



### 2.3.2 Ventilace řízená spotřebou

Potřeba ventilace se v praxi neustále mění; rychlost výměny vzduchu je třeba zvýšit v případě, že se v domě vaří nebo

uklízí nebo je-li v něm přítomno mnoho lidí. Je-li dům během dne opuštěn, je potřeba ventilace nižší.



## Koncentrace CO<sub>2</sub> jako ukazatel kvality ovzduší

Koncentrace CO<sub>2</sub> je dobrým ukazatelem kvality vnitřního ovzduší v domech, ve kterých jsou hlavním důvodem, proč je nutno větrat, obyvatelé domu a jejich aktivity. Obsah CO<sub>2</sub> ve venkovním vzduchu je přibližně 400 ppm. Při dýchání vzniká CO<sub>2</sub>, takže jeho koncentrace uvnitř domu bude vždy alespoň 400 ppm a zpravidla vyšší. Koncentrace CO<sub>2</sub> ve výši 750 ppm znamená velmi dobrou kvalitu vzduchu, 900 ppm odpovídá dobré kvalitě ve většině situací a koncentrace vyšší než 1 200 ppm znamená špatnou kvalitu vzduchu [53].

### **Příklad: Vliv rychlosti výměny vzduchu na kvalitu ovzduší**

S použitím aplikace VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer byl zkoumán dům v Londýně v Anglii. Dům je obýván pěti lidmi a má vnitřní obytnou plochu 175 m<sup>2</sup>. Koncentrace CO<sub>2</sub> byla určena pro dvě konstantní hodnoty rychlosti výměny vzduchu: 0,3 ACH a 0,5 ACH.

	Průměrná koncentrace CO <sub>2</sub>	Průměrná relativní vlhkost v prosinci, lednu a únoru
0,5 ACH	728 ppm (velmi dobrá)	42% (dobrá)
0,3 ACH	943 ppm (přijatelná)	59% (příliš vysoká)

Výsledky ukazují, že při rychlosti 0,5 ACH bude koncentrace CO<sub>2</sub> nižší než 750 ppm, což znamená, že kvalita vzduchu bude velmi dobrá. Při rychlosti 0,3 ACH bude koncentrace CO<sub>2</sub> vyšší než 900 ppm, což znamená, že kvalita vzduchu je pro stávající budovy pouze přijatelná a lze ji zlepšit. Při rychlosti 0,5 ACH dosahuje relativní vlhkost v zimních měsících průměrně 42%, zatímco při rychlosti 0,3 ACH je to 59%. Doporučená relativní vlhkost je v této roční době nižší než 45%; této hodnoty je dosaženo při 0,5 ACH, ale při rychlosti 0,3 ACH je relativní vlhkost příliš vysoká, což znamená, že existuje riziko vzniku plísní a zvýšené riziko nemocí způsobených vlhkostí. Ve zkoumaném domě bude kvalita vzduchu velmi dobrá při rychlosti výměny vzduchu 0,5 ACH, zatímco při rychlosti 0,3 ACH bude špatná.

## **📌 Pamatujte si**

U obytných budov lze řídit rychlost výměny vzduchu na základě vlhkosti a koncentrace CO<sub>2</sub>. Skutečná potřeba ventilace se neustále mění; ventilace řízená spotřebou tedy představuje nejlepší kompromis mezi kvalitou vzduchu a spotřebou energie.

## 2.4 Přirozená ventilace se střešními okny

### 2.4.1 Hnací síly přirozené ventilace

Hnací silou přirozené ventilace jsou teplotní rozdíly a tlak větru.

#### Komínový efekt (teplotní rozdíl)

Teplý vzduch je lehčí než studený; to je příčinou komínového efektu, který spočívá v tom, že teplý vzduch uvnitř budovy stoupá vzhůru.

Teplý vzduch opouští budovu v horní části skrze netěsnosti, vzduchotechnický systém nebo otevřená okna a je nahrazován studeným vzduchem, který do budovy proudí na úrovni přízemí. Čím vyšší je budova, tím silnější je komínový efekt. Aby byl komínový efekt účinný, musí být v budově v různých výškových úrovních. Může jít o schodiště v kombinaci s okny, kdy okna v přízemí a na úrovni střechy lze snadno otevřít zároveň. Díky pozici střechy mohou střešní okna VELUX maximalizovat účinnost komínového efektu pro účely ventilace.

Příklad komínového efektu najdete v kapitole 2.4.3.

#### Vítr (tlak větru)

Je-li budova vystavena větru, proudí do ní vzduch na návětrné straně a opouští ji otvory na závětrné straně. Tlak větru je na návětrné straně vyšší než na závětrné straně. Tento rozdíl pohání vzduch skrze budovu z návětrné strany na závětrnou.

Na proudění vzduchu má vliv tvar budovy a okolní terén nebo budovy.

Velikost rozdílů tlaků vytvořeného tlakem větru se určuje automaticky v rámci simulace s použitím nástrojů jako VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer; typické hodnoty lze také nalézt v normách (např. BS5925:1991, DIN1946-6:2009).

Příklad ventilace poháněné větrem najdete v kapitole 2.4.3.

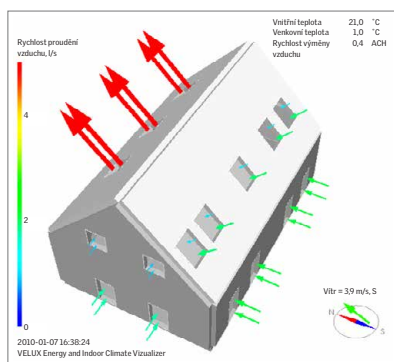
### **Pamatujte si**

Čím výše jsou umístěna okna a čím větší je teplotní rozdíl, tím účinnější je komínový efekt. Proto je v budově, kde jsou pro přirozenou ventilaci použita střešní okna VELUX, komínový efekt větší než v budově, která má okna pouze ve fasádách.

„Přirozená ventilace se střešními okny využívá komínového efektu, aby zabránila přehřívání v létě“

## 2.4.2 Průběžná ventilace s ventilační klapkou VELUX

Ventilační klapku střešního okna VELUX lze použít k zajištění neustálého proudění čerstvého vzduchu do budovy.

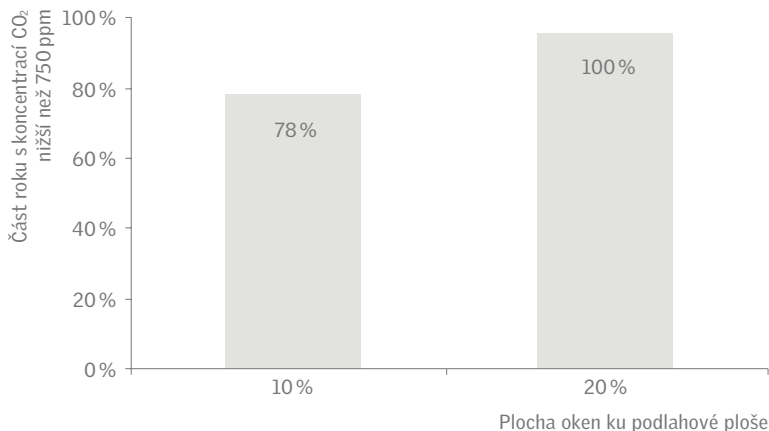


### Příklad: Průběžná ventilace s ventilační klapkou

V tomto příkladu je cílem zjistit, jaké rychlosti výměny vzduchu lze dosáhnout s různým počtem střešních oken v poměru k podlahové ploše. Byly zde použity dva poměry oken k podlahové ploše: 10 % a 20 %. Dům se nachází v Berlíně v Německu.

Obrázek 2.12 ukazuje ventilační proudění vzduchu dne 7. ledna; hodnoty průtoku se pohybují v rozmezí 2 až 6 l/s na jedno okno.

Obrázek 2.12: Animace proudění vzduchu provedená v aplikaci VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer.



Obrázek 2.13: Část roku s koncentrací CO<sub>2</sub> nižší než 750 ppm je použita jako ukazatel dobré kvality vzduchu. Těto kvality je dosaženo po dobu 78 % roku s poměrem plochy oken a podlahové plochy 10 %; při poměru 20 % se tato část roku prodlouží na téměř 100 %.

## 2.4.3 Větrání

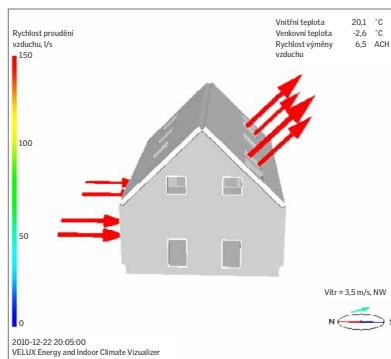
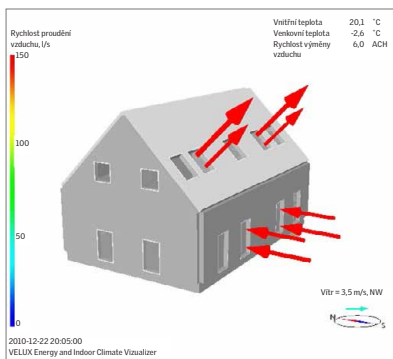
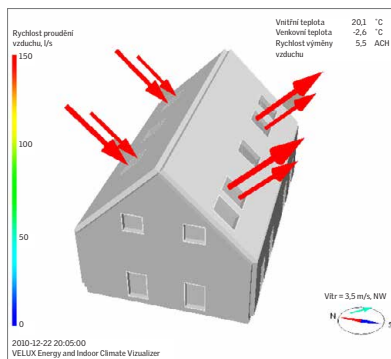
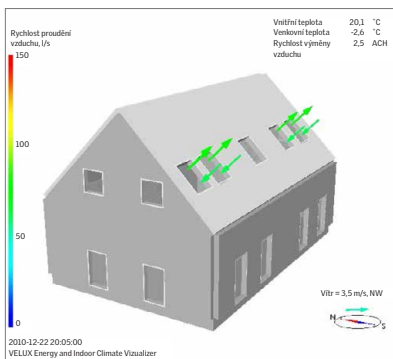
Větrání je krátký časový interval s vysokou rychlostí výměny vzduchu způsobenou otevřením jednoho nebo více oken.

Větráním lze z interiéru účinně odstranit pachy a vlhkost ve chvíli, kdy vzniká,

a přímo na místě, kde vzniká. Účinek větrání závisí na tom, kolik oken otevřeme a jak jsou vzájemně rozmístěna. Nejúčinnější je větrání tehdy, využijeme-li komínového efektu a tlaku větru tak, že otevřeme okna v protějších fasádách a v různé výšce.

### Příklad: Větrání

Rychlost výměny vzduchu dosahovaná při větrání byla vypočtena v aplikaci VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer. Byla zjištěna rychlost výměny vzduchu v letním a zimním období s použitím čtyř oken pro případ větrání na jedné straně domu, větrání průvanem a větrání s využitím komínového efektu. Dům se nachází v Berlíně v Německu.



Výsledná schémata animací ventilace ze dne 22. prosince během dopoledne ukazují větrání na jedné straně domu, větrání příčným provětráním, větrání s komínovým efektem a kombinované větrání s komínovým efektem a příčným provětráním. Rychlost výměny vzduchu dosažená při větrání je uvedena v následující tabulce.

	Typický letní den: 3. srpen	Typický zimní den: 22. prosinec
Po jedné straně	1,5	2,5
Příčné provětrání	2,5	5,5
Komínový efekt	4,5	6,0
Kombinace komínového efektu a příčného provětrání	5,0	6,5

Rychlost výměny vzduchu dosažená větráním se pohybuje v rozmezí od 1,5 ACH do 5,0 ACH, což je až 10krát více než rychlost výměny vzduchu při průběžné ventilaci (0,5 ACH). Nejvyšší rychlosti bylo v tomto příkladu dosaženo při kombinaci komínového efektu a příčného provětrání (5,0–6,5 ACH), poté s využitím komínového efektu (4,5–6,0 ACH), dále při větrání příčným provětráním (2,5–5,5 ACH) a nakonec při větrání na jedné straně domu (1,5–2,5 ACH).

Dále byl zkoumán vliv na kvalitu vzduchu v případě kombinace komínového efektu a větrání příčným provětráním. Byla určena část roku s koncentrací CO<sub>2</sub> nižší než 990 ppm a dodatečná spotřeba energie (a související náklady). Pro výpočet byla použita cena plynu ve výši 0,085 €/kWh [55].

	Část roku s koncentrací CO <sub>2</sub> nižší než 990 ppm [%]	Spotřeba energie na vytápění [kWh/m <sup>2</sup> ]	Náklady na energii [€/m <sup>2</sup> za rok]
Bez větrání	62	45,9	3,9
S větráním	77	50,3	4,3

Výsledky ukazují, že větráním se prodlouží doba roku s koncentrací CO<sub>2</sub> nižší než 990 ppm z 62% na 77%, což představuje podstatné prodloužení o 24%. Náklady na energii vzrostou z 3,9 na 4,3 €/m<sup>2</sup> za rok, což je 10% nárůst.

### 📌 Pamatujte si

Větrání pomocí otevřených oken je účinné a vhodné v mnoha různých situacích:

- Ráno, když vstanete z postele
- Při vaření
- Během sprchování a po něm
- Během úklidu a po něm
- Při sušení prádla uvnitř domu
- Odpoledne po návratu domů

#### 2.4.4 Optimální strategie ventilace pro zimní období ve stávajících budovách

---

Pro průběžnou ventilaci lze použít ventilační klapku, která zajistí dobrou kvalitu vzduchu v období, kdy dům není plně využíván.

Během činností jako je vaření, úklid nebo sprchování (jak bylo uvedeno v kapitole 2.4.3) je vhodné použít větrání okny. Střešní okna VELUX v kombinaci s fasádními okny umožňuje účinné větrání s použitím komínového efektu a příčného provětrání.

Kombinace průběžné ventilace a větrání okny představuje optimální strategii pro dosažení dobré kvality vzduchu při rozumných nákladech na energii, protože krátké větrání okny je účinnější než průběžná ventilace [26, 27].

Větrání okny může způsobit nepříjemný průvan, ale je-li větrání krátké a účinné, lze tento problém minimalizovat. Viz též kapitolu 3.1.1.

#### **!** Pamatujte si

Dobré kvality vzduchu uvnitř domu dosáhnete tak, že použijete kombinaci průběžné ventilace pomocí ventilační klapky a 2–4 větrání okny během dne.

## 2.4.5 Letní ventilace

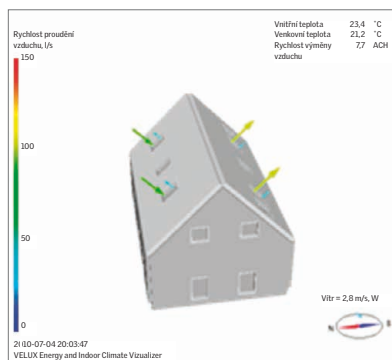
V horkém létě lze přirozenou ventilaci využít k udržování příjemné teploty uvnitř domu. V tomto případě není nutno uvažovat o tepelných ztrátách; naopak, je zde možnost šetřit energii pro chlazení, je-li v domě nainstalována klimatizace.

Vyšší rychlost výměny vzduchu v létě zabraňuje přehřívání a větší pohyb vzduchu je v horkém počasí příjemný. V části 3.5.3 v kapitole o tepelné pohodě najdete příklad využití slunečního stínění a přirozené ventilace k udržení tepelné pohody.

Využití přirozené ventilace ke zvýšení tepelné pohody je podrobněji popsáno v kapitole o tepelné pohodě.

### Příklad: Letní ventilace v severní Evropě.

K určení účinku letní ventilace v domě ve Stockholmu byla použita aplikace VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer. Průtok vzduchu dosažený při ventilaci na jedno okno se pohybuje v rozmezí 40 až 70 l/s, jsou-li okna použita k udržování příjemné teploty; rychlost výměny vzduchu v celém domě se pohybuje v rozmezí 5 až 8 ACH při 15 otevřených oknech.



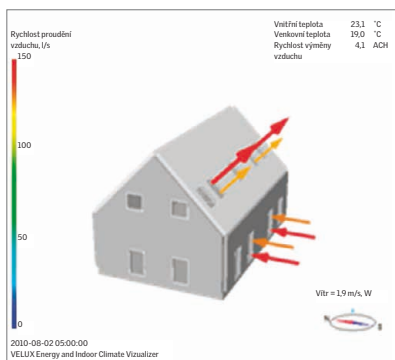
	Doba obývání domu (v rámci roku) s teplotou mimo komfortní rozsah
Bez letní ventilace	3 % (304 hodin)
S letní ventilací	0 % (0 hodin)

Výsledky uvedené v tabulce ukazují, že bez letní ventilace bude teplota v domě po 3% doby obývání v rámci roku příliš vysoká. S použitím letní ventilace je tento problém odstraněn. Použití letní ventilace tak zlepšuje teplotní prostředí v letním období.

## 2.4.6 Noční chlazení

Při nočním chlazení se využívá přirozené ventilace ke zlepšení teplotního prostředí v letním období; noční chlazení je vhodné pro stejné situace jako letní ventilace (viz předchozí kapitolu).

Noční chlazení využívá faktu, že venkovní teplota je v noci nižší než ve dne. Otevřeme-li v noci okna, sníží se ranní teplota v domě např. na 21 °C. Během dne vnitřní teplota vzroste, ale odpolední teplota bude nižší než v případě, že nebylo použito noční chlazení.



### Příklad: Noční chlazení v jižní Evropě.

Pro určení účinku noční ventilace v domě v Římě byla použita aplikace VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer. Průtok vzduchu při ventilaci na jedno okno se pohybuje v rozmezí 50 až 100 l/s při použití 8 střešních oken pro noční chlazení; rychlost výměny vzduchu v celém domě je mezi 4 a 6 ACH.

	Doba obývání domu (v rámci roku) s teplotou mimo komfortní rozsah
Bez nočního chlazení	12% (1 043 hodin)
S nočním chlazením	9% (757 hodin)

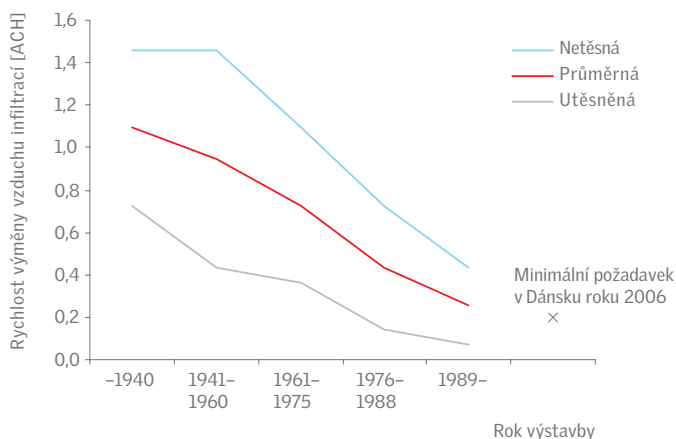
Výsledky uvedené v tabulce ukazují, že bez nočního chlazení bude teplota po 12% doby obývání v rámci roku příliš vysoká. S využitím nočního chlazení se tato doba zkrátí na 9%; dalšího zkrácení by bylo možno dosáhnout s použitím slunečního stínění. Použití přirozené ventilace pro noční chlazení tedy zlepšuje teplotní prostředí v domě.



## 2.4.7 Zlepšení těsnosti budovy vyžaduje zásah uživatele

Před 50–100 lety byly domy stavěné ve většině zemí Evropy netěsné, což znamená, že rychlost výměny vzduchu bez otevřených oken dosahovala v těchto

budovách hodnoty až 1 ACH. To vedlo k vysokým nákladům na vytápění; od 60. let 20. století se stavební předpisy zaměřovaly na zlepšení těsnosti budov. Měření ukazují, že infiltrace vzduchu zvenku se snížila, jak ukazuje obrázek 2.14.



Obrázek 2.14: Rychlost výměny vzduchu infiltrací naměřená ve švédských domech; převzato z normy EN 13465.

Infiltrace odpovídá netěsnosti budovy; infiltrace je nekontrolovaná ventilace vlivem netěsnosti budovy.

Lepší těsnost budovy vede k nižší energetické náročnosti; dnešní budovy v severní Evropě jsou ale natolik utěsněné, že samotná infiltrace zdaleka nestačí k tomu, aby zajistila dostatečnou ventilaci a dobrou kvalitu vzduchu.

V důsledku toho potřebují obyvatelé domů svoje domovy aktivně větrat, aby dosáhli dobré kvality vzduchu a zdravého vnitřního prostředí. Důležité je použít ventilační klapku VELUX, která zajistí dostatečnou rychlost výměny vzduchu průběžnou ventilací; obzvláště důležité je potom několikrát denně větrat otevřenými okny. Děti jsou na špatnou kvalitu ovzduší zvláště citlivé, jak bylo uvedeno v kapitole 2.1.1.

„Použitím střešních oken VELUX Integra zajistíte automatickou ventilaci a zdravé vnitřní prostředí“

#### 2.4.8 Automatické otevírání oken se střešními okny VELUX

---

Okna VELUX Integra lze naprogramovat, aby se otvírala automaticky. To může být velmi užitečné při náročném denním programu, ve kterém si nemusíte vždy najít čas pro potřebné větrání.

Okna ve vybraných místnostech v domě lze naprogramovat tak, aby se otevřela např. na 10 minut ráno a odpoledne a o víkendech i v poledne.

Ventilační klapku lze naprogramovat tak, aby se otevřela, když jsou obyvatelé doma, nebo aby byla otevřená po celý den nebo celou noc.

#### **Pamatujte si**

Důsledkem lepší těsnosti budovy je zvýšená potřeba dodatečné ventilace, abychom zajistili kvalitní a zdravé vnitřní prostředí.

## 2.5 Větrání budov v legislativě ČR

Ve vyhlášce o technických požadavcích na stavby 268/2009 Sb. – novela 20/2012 Sb., která je závaznou prováděcí vyhláškou stavebního zákona 350/2012 Sb., je uvedeno, že pobytové místnosti musí mít zajištěno dostatečné přirozené nebo nucené větrání. Pro větrání pobytových místností musí být zajištěno v době pobytu osob minimální množství vyměňovaného venkovního vzduchu 25 m<sup>3</sup>/h na osobu, nebo minimální intenzita větrání 0,5 l/h. Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží oxid uhličitý CO<sub>2</sub>, jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1 500 ppm. Pobytová místnost je zde definována jako místnost nebo prostor, které svou polohou, velikostí a stavebním uspořádáním splňují požadavky k tomu, aby se v nich zdržovaly osoby. V této vyhlášce se dále uvádí, že obytné místnosti musí mít zajištěno dostatečné větrání venkovním vzduchem v souladu s normovými hodnotami. Požadavky na normové hodnoty, na které se vyhláška odvolává, jsou stanoveny v normě ČSN EN 15665 Z1. Národní příloha této vyhlášky uvádí minimální požadavek na hodnotu intenzity větrání 0,3 l/h (doporučená hodnota 0,5 l/h) nebo minimální požadavek na hodnotu dávky venkovního vzduchu na osobu 15 m<sup>3</sup>/h na osobu (doporučená hodnota 25 m<sup>3</sup>/h) na osobu.

Požadavky na větrání najdeme rovněž v tepelně technické normě ČSN 73 0540-2. V kapitole 7 je uvedeno, že v době, kdy je místnost užívána, musí intenzita větrání místnosti  $n$  [h<sup>-1</sup>], splňovat požadavek:  $n \leq 1,5 n_N$ , kdy  $n_N$  je požadovaná intenzita větrání užívané místnosti [h<sup>-1</sup>], stanovená z potřebných minimálních průtoků čerstvého vzduchu stanovených ve zvláštních předpisech. Požadované hodnoty  $n_N$  se stanovují bilančním výpočtem, kam se zahrnou všechny požadavky na průtok nebo dávku čerstvého vzduchu. Dále se v poznámkách uvádí, že hygienické a provozní požadavky jsou nadřazené hlediskům úspor energie a pro obytné a obdobné budovy je požadovaná intenzita větrání, přepočítaná z minimálních dávek potřebného čerstvého vzduchu obvykle mezi hodnotami  $n_N = 0,3-0,6$  h<sup>-1</sup>.

## 2.6 Úhrnem o ventilaci

Kvalita vzduchu uvnitř budovy má významný vliv na naše zdraví, pocit pohody a produktivitu. Čerstvý a zdravý vzduch uvnitř domu podporuje lidské potřeby, zatímco špatná kvalita vzduchu může mít vážné negativní dopady.

Zvláštní význam má vlhkost a rychlost výměny vzduchu. Tyto faktory souvisí s nemocemi jako astma či alergie; v zimních měsících je důležité udržovat relativní vlhkost na nízké hodnotě – do 45% – a zajistit dostatečnou ventilaci.

Hnací silou přirozené ventilace je vítr, teplota a komínový efekt. Střešní okna VELUX jsou pro přirozenou ventilaci vhodná, protože jsou umístěna ve střeše, což zvyšuje potenciál ventilace díky komínovému efektu v kombinaci s fasádními okny.

Nejúčinnější přirozené ventilace dosáhne kombinací průběžné ventilace (pomocí ventiláčnických klapek střešních oken VELUX) a častého krátkého vyvětrání otevřenými okny, které odpovídá rytmu užívání budovy.

Hybridní ventilace je kombinace přirozené ventilace v letním období a mechanické ventilace s rekuperací tepla v zimní sezóně. Tato kombinace je energeticky velmi úsporná a je vhodná pro nové, dobře utěsněné budovy.

V horkém letním období zajistí přirozená ventilace větráním otevřenými okny během dne vysokou rychlost výměny vzduchu, což vede k větší tepelné pohodě díky nižší teplotě a rychlejšímu pohybu vzduchu. Lze využít i přirozenou ventilaci během noci (noční chlazení), která dále zvýší chladicí účinek přirozené ventilace.

Pro posuzování účinnosti přirozené ventilace v obytných budovách a pro vizualizaci proudění vzduchu okny při ventilaci lze použít aplikaci VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer.

# Tepelný komfort



## Tepelný komfort

---

Tepelného komfortu se podvědomě snažíme dosahovat každý den. Jedním z hlavních účelů budov je ochrana před extrémními povětrnostními podmínkami venku. Naprostá většina lidí považuje tepelný komfort za samozřejmost, nicméně k jeho dosažení je nutno vynaložit energii, např. prostřednictvím vytápění nebo chlazení. Při projektování budov je důležité vzít v úvahu takové návrhy tepelného komfortu, které zajistí dobré tepelné podmínky za použití energeticky úsporných technologií, jakými jsou přirozené větrání, stínící technika a inteligentní konstrukce budov.

### 3.1 Co je tepelný komfort?

Tepelný komfort lze definovat jako „stav mysli, který vyjadřuje spokojenost s tepelným prostředím“ [58].

Tepelný komfort (někdy též tepelná pohoda) je více než pouze příjemné podmínky – je to součást nezbytného chování zajišťujícího přežití. Kdykoli lidé pociťují příliš velké teplo nebo příliš velkou zimu, spustí základní instinkty ovládané naším tělem výstražný systém. Lidské tělo je velmi účinný „stroj“, který je schopen udržovat základní teplotu ve velmi úzkém rozsahu kolem 37 °C. Některé děje jsou podvědomé, jako například odliv krve z okrajových částí těla, například rukou a nohou, aby byly životně důležité orgány v teple i v chladném prostředí, nebo naopak pocení v teplém prostředí. Mezi vědomější kroky patří svlékání a oblékání oblečení a přízpůsobování naší aktivity. Jinými

slovy, správné tepelné podmínky jsou nutné k přežití [3]. A pokud tepelné prostředí nespĺňuje očekávání, budou se snažit obyvatelé budovy ovlivnit tepelné prostředí tak, aby splňovalo jejich očekávání, tj. pomocí instalace lokálního elektrického vytápění nebo chlazení. Zařízení využívající dodatečnou energii, která by nebyla nutná, kdyby byla budova již od samého začátku navržena s ohledem na tepelný komfort.

Mnoho lidí si tepelný komfort spojuje přímo s teplotou vzduchu, ale není to celá pravda, neboť naše subjektivní vnímání teploty v místnosti je kombinací několika parametrů. Nejvýznamnějším parametrem jsou pravděpodobně různá očekávání lidí, co se týče tepelného komfortu. Z toho důvodu je možné tepelný komfort vypočítat pouze pro průměrného člověka a je nutná individuální zkušenost.

#### **!** Pamatujte si

Tepelný komfort závisí kromě teploty i na dalších parametrech, jako jsou například aktivita, oblečení a individuální preference obyvatel.

### 3.1.1 Tepelná nepohoda

Tepelná nepohoda nastává v okamžiku, kdy tepelné prostředí nespĺňuje očekávání lidské mysli nebo těla. V chladných prostředích máme pocit zimy a v našich rukou a nohou poklesne teplota, dostaneme husí kůže anebo se dokonce začneme třást, přičemž v krajních případech může dojít až k hypotermii.

Naopak pobyt v teplém prostředí vyvolá pocení a v krajních případech to může vést až k hypertermii. Všechny tyto jevy jsou reakcí na prostředí, které nezajišťuje pohodu. Níže uvádíme několik konkrétních případů nepohody.

### Průvan

Vnímání průvanu závisí na teplotě vzduchu, pohybu vzduchu a také na tom, jak turbulentní tyto pohyby jsou. Lidské tělo není schopno vnímat skutečné pohyby vzduchu, ale dokáže vnímat zvyšující se ochlazování kůže, které je způsobováno pohyby vzduchu.

Střešní okna VELUX mohou být zdrojem průvanu. Starší střešní okna s poškozeným těsněním mohou v zimním období propouštět do místnosti chladný vzduch. Proto je nutná častá údržba, aby okno bylo stále v dobrém stavu. Staré a velké zasklené plochy mohou způsobovat průvan směrem dolů od oken, kdy nízká teplota na vnitřní straně skla ochlazuje vzduch a způsobuje pohyb vzduchu směrem dolů. Nová úsporná skla minimalizují riziko průvanu.



Obrázek 3.1: Člověk vystavený nepříjemnému pohybu vzduchu.



## Asymetrie radiační teploty

Tento jev lze popsat pomocí situace člověka, který v chladném večeru sedí u krbu. Na jedné straně pociťuje teplo, zatímco na druhé straně je mu zima. Teplota vzduchu je stejná – rozdíl ve vnímání tepla je způsoben rozdílem v radiační teplotě mezi krbem a chladnou plochou.

Tento jev lze pozorovat na dvou situacích, kde figurují produkty VELUX.

V zimním období, kdy je teplota skla na vnitřní straně velmi nízká v důsledku vyšší tepelné ztráty v porovnání se zdmi. Nicméně co se týče průvanu, způsobují nová okna jen zřídka problémy. Vnitřní žaluzie nebo venkovní roleta mohou toto riziko omezit nebo zcela eliminovat. V letním období, kdy jsou obyvatelé vystaveni přímému slunci, lze použít stínící techniku na eliminaci tepelné nepohody zabráněním vstupu přímého slunečního záření.



Obrázek 3.2: Člověk vystavený jedné chladné ploše a jedné teplé ploše.

### ! Pamatujte si

Tepelnou nepohodu lze v naprosté většině případů zlepšit chováním uživatele jako například zavřením okna, přesunutím se na jiné místo v místnosti nebo obléknutím vhodného oblečení.

## 3.2 Parametry mající vliv na tepelný komfort

Bylo provedeno mnoho experimentů na zjištění, co má vliv na naše vnímání tepelného prostředí [59]. Výsledky těchto experimentů jsou podkladem pro normu ISO 7730. Ergonomie tepelného prostředí [58].

Na vnímání tepelného komfortu má nejvýznamnější vliv šest parametrů:

- Aktivita příslušné osoby, která bývá běžně označována jako rychlost metabolismu [met].
- Kolik oblečení má příslušná osoba na sobě, což bývá běžně nazýváno index oblečení [clo].
- Pohyb vzduchu (rychlost proudění vzduchu) [m/s].
- Střední radiační teplota [°C], což je vážený průměr teploty různých ploch (zdí, stropu, podlahy a oken) v místnosti z pozice dotyčné osoby pobývající v místnosti.
- Teplota vzduchu [°C] v místnosti.
- Relativní vlhkost vzduchu v místnosti.

Z těchto šesti parametrů jsou čtyři ovlivňovány okny a jejich příslušenstvím – a tedy produkty VELUX. Rychlost proudění vzduchu a relativní vlhkost vzduchu jsou ovlivňovány používáním oken k větrání, přičemž vliv má jak ventilační klapka, tak normální otevírání. Teplota vzduchu a radiační teplota jsou ovlivňovány přenosem tepla a slunečního světla oknem a používáním příslušenství, jakým jsou žaluzie a rolety.

Sedmý parametr, kterým je lidská mysl, je rovněž důležitý. Bylo prokázáno, že individuální očekávání mají vliv na míru akceptace tepelného komfortu. Zejména v teplejších podnebí bylo zjištěno, že očekávání obyvatel má vliv na rozsah komfortu.

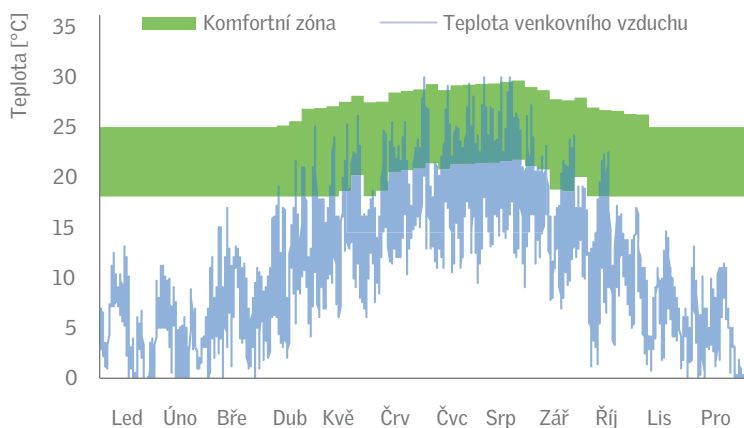
### Pamatujte si

Lidé jsou různí a chtějí různé tepelné prostředí.

### 3.3 Adaptace teploty klimatu

Norma EN ISO 7730 vychází ze studií prováděných za použití klimatické komory, které prokazují, že lidé mají v zásadě stejné tepelné preference bez ohledu na to, ve které části světa žijí [60]. Zároveň ze studií prováděných v terénu vyplývá, že lidé pracující v přirozeně větraných kancelářských budovách v teplých podnebních akceptují

vyšší teploty [61]. Norma EN 15251 stanoví limity pro akceptovatelné vnitřní teploty v přirozeně větraných budovách. Tyto hodnoty teploty předpokládají, že lidé mohou volně přizpůsobovat své oblečení a ovládat okna. Na základě „klouzavého průměru“ venkovní teploty v posledním týdnu jsou uvedeny akceptovatelné vnitřní teploty na Obrázek 3.3. Klouzavý průměr je vážený průměr časových období, kdy nejpozdější období mají největší váhu.



Obrázek 3.3: Na obrázku je uvedena komfortní zóna pro Dánsko. Výpočet je založen na principu adaptace [53].

V obytných budovách lze předpokládat, že jejich obyvatelé přizpůsobí své oblečení za účelem dosažení komfortu a v budovách se střešními okny VELUX budou ovládat okna, což jsou předpoklady pro použití adaptační metody.

Důsledkem adaptace je, že tepelného komfortu lze dosáhnout v teplých podnebí bez klimatizace pouhým používáním přirozeného větrání, stínící techniky a inteligentních konstrukcí budov. To umožňuje obrovské úspory energie – viz část 5.4.4.

### 3.4 Ovlivnění tepelného komfortu pomocí okenních systémů

Používání oken v kombinaci se zdrojem tepla (např. krbem) je jednou z nejstarších metod dosahování tepelného komfortu v budovách. V současné době je nejjednodušším způsobem dosažení tepelného komfortu instalace systému, který dokáže příslušné parametry přizpůsobit. Většina domů má nainstalovaný systém vytápění a v teplých podnebí případně i systém chlazení. Nicméně okna mohou ochladit budovu i v teplý letní den.

Jak bylo uvedeno výše, okna mohou být zdrojem průvanu a teplotní asymetrie. Může být obtížné určit, zda je pocit chladu způsoben průvanem od oken nebo vyzařováním chladu. U netěsnícího okna je možné vyměnit těsnění a/nebo sklo. Alternativní možností je případná výměna celého okna. Vyzařování chladu lze do jisté míry zabránit použitím vnitřní žaluzie, která snižuje teplotu na vnitřním povrchu.

#### **!** Pamatujte si

Očekávání ohledně tepelného prostředí v přirozeně větraných budovách závisí na venkovní teplotě.

### 3.4.1 Žaluzie a rolety

Žaluzie a rolety blokují sluneční záření, a tak omezují množství tepla, které se dostává do místnosti. Přehřívání v letním období lze efektivně omezit nebo dokonce eliminovat pomocí vhodné stínicí techniky. Stínicí technika může rovněž zlepšit tepelné charakteristiky (tepelnou izolaci) oken v zimě tím, že se zvýší teplota okna na vnitřní ploše.

To může zmírnit tepelnou nepohodu plynoucí z vyzařování chladu a teplotní asymetrie. Další výhodou navíc spočívá v tom, že při použití v noci může tato doplňková izolace snížit potřebu vytápění. Z hlediska energie by se stínění v zimním období ovšem mělo používat pouze v noci, protože solární zisk je často důležitější než tepelné ztráty, viz část 5.4.3.

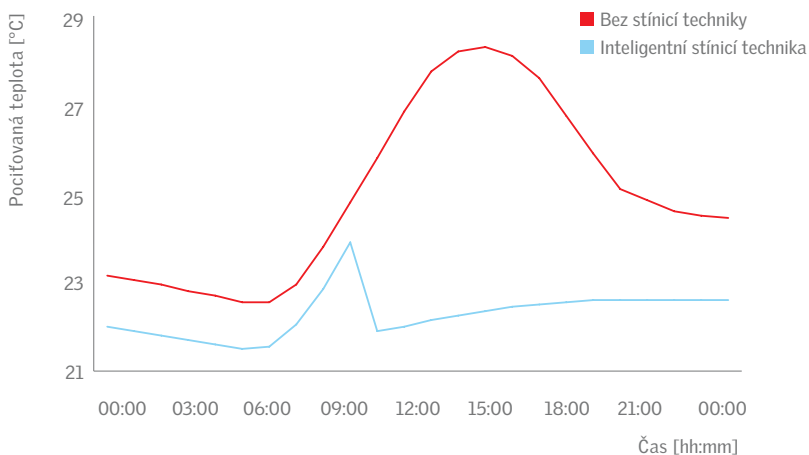
#### **Příklad: Operativní teplota pro různé zasklení a příslušenství.**

Naměřené hodnoty představují výsledky malého experimentu. Operativní teplota byla měřena za sklem s různým stínicím příslušenstvím, aby byl ilustrován účinek různých druhů stínění.

Sklo	Příslušenství	Operativní teplota [°C]
59 úsporné		34,0
76G úsporné, s ochranou proti slunci		29,3
59 úsporné	Zastiňovací roleta RFL	29,0
59 úsporné	Markýza MHL	28,7
59 úsporné	Markýza MHL + RFL + zastiňovací roleta	26,6
	Venkovní roleta SCL	26,2

### Příklad: Stínící technika jako chlazení

Studie provedená ústavem CSTB ve Francii v podkrovní místnosti měla za cíl zjistit, jak lze používat stínící techniku jako pomoc nebo náhradu mechanického systému chlazení. Byly provedeny simulace pro města Hamburg, Mnichov a Stuttgart v Německu a Paříž, Lyon a Marseille ve Francii [62,63]. Závěr byl, že pocíťovanou teplotu lze snížit až o 7°C, když se použije stínící technika pro zkoumaná místa v Německu i ve Francii. Co se týče energie na chlazení, byla zcela eliminována ve všech místech s výjimkou Marseille, kde byla snížena o 90%. Graf znázorňuje pocíťovanou teplotu v typickém horkém a slunečném dni v Paříži se stínící technikou a bez ní.



Obrázek 3.4: Pocíťovaná teplota v horkém a slunečném letním dni v Paříži ve Francii [63].

**!** **Pamatujte si**  
Otevření oken účinně omezuje přehřívání.

### 3.4.2 Otevírání oken (větrání)

---

Větrání představuje velice přímý a rychlý způsob, jakým můžeme ovlivnit tepelné prostředí. Otevřené okno bude mít za následek zvýšený pohyb vzduchu, a pokud je venkovní teplota nižší než teplota v interiéru, dojde uvnitř k poklesu teploty. Viz příklad v části 2.4.5.

### Strategie větrání

---

Většina lidí prostě otevře okna, když je příliš horko, ale je možné použít i jiné strategie. Jeden z příkladů je tzv. noční chlazení, kdy je použita teplotní hmota budovy k udržování nízké teploty v letních měsících, viz část 2.4.5 a 2.4.6.

### 3.4.3 Dynamické okenní systémy

---

Dynamický okenní systém není jen okno, ale obsahuje celou řadu příslušenství jako například elektrický systém otevírání oken, vnější stínění a/nebo vnitřní žaluzie, a co je nejdůležitější, ovládací systém. Ovládání může provádět uživatel, ale nejlepší řešení je ovládání pomocí čidla. Dobrých výsledků lze dosáhnout i pomocí alternativního řešení – časového ovládání.

Výhoda dynamického systému je schopnost přizpůsobit okno a jeho příslušenství tak, aby vyhovovalo aktuálním potřebám obyvatel. Pokud solární zisk způsobuje přehřívání, je použita vnější stínicí technika, která se opět otevře, jakmile to je smysluplné s ohledem na energii a komfort.

Dobrymi příklady dynamických okenních systémů jsou systémy VELUX ACTIVE Climate Control a Energy Balance. Systém Energy Balance je časově ovládaný prvek, který je k dispozici u všech produktů VELUX Integra a Solar, které jsou ovládány pomocí systému io-homecontrol. Systém VELUX ACTIVE Climate Control je ovládání na bázi čidla, které lze použít rovněž u všech elektrických produktů VELUX kompatibilních se systémem io-homecontrol.

Algoritmus systému VELUX ACTIVE Climate Control byl ověřen francouzským výzkumným ústavem staveb, CSTB, pro lokality v Německu i ve Francii [62,63]. Podle jeho zjištění může dynamické ovládání stínicí techniky snížit pocíťovanou teplotu v létě až o 7 °C a ve většině případů eliminovat přehřívání (nebo snížit potřebu ochlazování až o 90%).

#### **Pamatujte si**

Dynamické okenní systémy mohou zmírnit přehřívání a potřebu mechanického chlazení.

## 3.5 Metody hodnocení

Existují různé metody, které se snaží vyjádřit tepelné vnímání v místnosti jedním srozumitelným číslem.

### 3.5.1 Operativní teplota

---

Operativní teplota je pokusem o určení čísla odpovídajícího teplotě, jakou tělo skutečně pociťuje. Operativní teplota zahrnuje teplotu vzduchu, asymetrii radiační teploty a rychlost proudění vzduchu v jednom jediném čísle, které odpovídá teplotě, kterou by člověk pociťoval v prostoru se stejnou teplotou vzduchu a teplotou ploch a bez jakéhokoli pohybu vzduchu [58].

Operativní teplota je intuitivním vyjádřením teploty pociťované v určité místnosti. Tato hodnota však nedává informaci o tom, jak je tepelné prostředí vnímáno, protože v ní nejsou vzaty v úvahu aktivity, oblečení a očekávání.

### 3.5.2 Ukazatel PMV (Predicted Mean Vote)

---

Ukazatel PMV se běžně používá v odborné literatuře a je popsán v [58]. Ukazatel PMV bere v úvahu šest parametrů uvedených v části 3.2 (rychlost metabolismu, index oblečení, rychlost proudění vzduchu, radiační teplota, teplota vzduchu a relativní vlhkost vzduchu). Ukazatel PMV je vyjádřen sedmibodovou stupnicí od zimy (-3) až po horko (+3), přičemž 0 je neutrální. Hodnota PMV může být lepším ukazatelem toho, jak je tepelné prostředí vnímáno, než samotná operativní teplota, ale pro mnoho lidí je to abstraktnější pojem.

Z indexu PMV je možné vypočítat procento lidí, kteří by nebyli spokojeni s konkrétním tepelným prostředím. Různí lidé mají různou hodnotu pohody (komfortu), a proto je s tepelným prostředím nespokojeno vždy alespoň 5%.

### Pociťovaná teplota

---

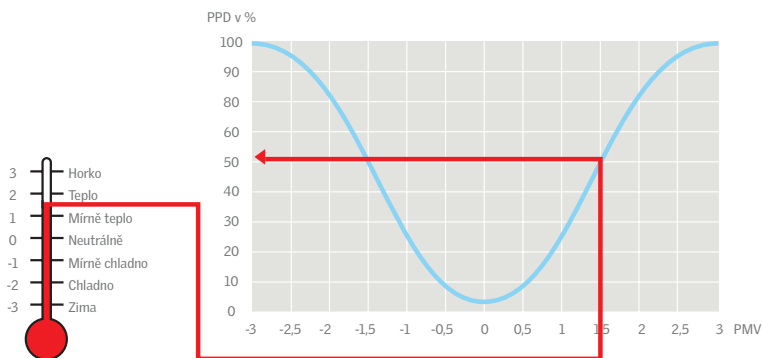
Ukazatel PMV je vysoce odborný termín, který může být obtížné komunikovat. Místo toho lze z hodnoty PMV vypočítat fiktivní teplotu, pociťovanou teplotu. Toto je možné provést za účelem vysvětlení účinků změn PMV, například vyšší nebo nižší rychlosti proudění vzduchu, vlhkosti nebo radiační teploty. Pociťovaná teplota může rovněž zahrnovat účinek přímého slunečního záření a je často relevantní, když se hodnotí účinek oken v kombinaci se stínící technikou.



Index PMV vychází ze sedmibodové stupnice tepelného vnímání:

- +3 Horko
- +2 Teplo
- +1 Mírně teplo
- 0 Neutrálně
- 1 Mírně chladno
- 2 Chladno
- 3 Zima

Když známe uvedené šest parametrů, je možné předpovědět, jak bude většina lidí pocíťovat dané tepelné prostředí.



Obrázek 3.5: Na obrázku je znázorněn způsob určení procenta nespokojených osob (PPD) na základě tepelného vnímání. Na příkladu je ukázáno, že v situaci, kdy je tepelné vnímání vyjádřeno jako mírně teplo, je nespokojeno něco přes 50 % osob [58].

### 3.5.3 Jak vyhodnotit výsledky

---

#### Naměřené výsledky

---

Tepelné prostředí lze vyhodnocovat pomocí měření čtyř z uvedených šesti parametrů: teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu, radiační teploty a rychlosti proudění vzduchu. Poslední dva parametry musí být odhadnuty z tabulek, například v [58].

Naměřená data lze použít pro ilustraci účinků změn těchto parametrů. Nelze je použít k vyhodnocení tepelného prostředí vždy, protože platí pouze pro danou situaci, kdy jsou naměřena. Tepelné vnímání obyvatel také ovlivňují další faktory. Například nálada může mít pozitivní nebo negativní účinek na očekávání.

#### Průzkumy mezi obyvateli

---

Možné problémy s tepelným prostředím mohou být zjištěny pomocí průzkumů mezi obyvateli. Otázky typu: „Je vám horko/chladno?“ nebo „Byl(a) byste raději, kdyby tu bylo tepleji nebo chladněji?“ mohou společně s měřením pomoci zjistit preference uživatelů.

Nevýhodou je, že tepelné vnímání je subjektivní a vychází z očekávání. Znovu je třeba podotknout, že velkou roli bude hrát i psychický stav obyvatel. Pokud je průzkum prováděn v domě obývaném jednou rodinou a upraven podle jejich preferencí na základě průzkumů, jiné rodiny by se na tom nemusely shodnout.

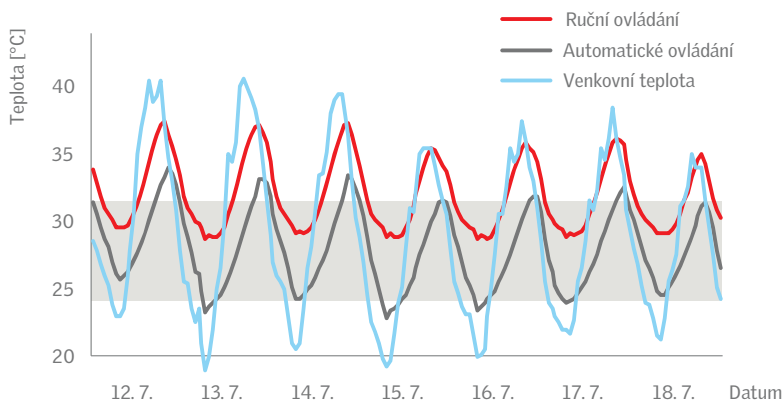
#### Dynamické simulace

---

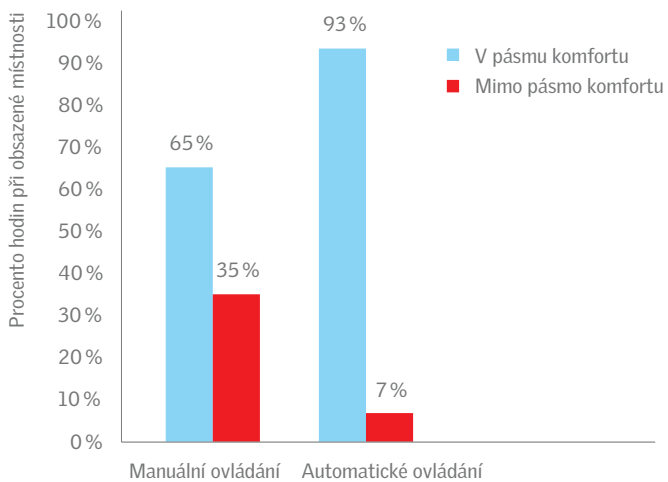
Dynamickou simulaci lze použít na předvídání rizika přehřívání v budově. Pomocí této simulace se vypočítá tepelná bilance budovy postupně po časových krocích. Výsledky vyjadřují energetickou spotřebu budovy ale rovněž teplotu. Při hodnocení dynamických výsledků je obvyklou metodou počet hodin strávených mimo komfortní zónu. Počítané hodiny jsou hodiny, kdy je daný prostor obsazen a je dovoleno, aby zmíněných 5% bylo mimo tuto zónu [53]. Při provádění dynamických simulací jsou kritéria převzata z různých norem nebo právních předpisů a platí pro průměr populace. Pro toto hodnocení je možné použít program VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer.

### Příklad: Pasivní chlazení v teplých podnebí

Studie zabývající se pasivními metodami chlazení v teplých podnebí je příkladem využití programu VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer pro hodnocení tepelného komfortu. Simulace prováděné pro španělské město Malaga ukazují, že pasivní opatření, jako je větrání a použití stínící techniky, dokáže téměř zcela eliminovat nutnost použití klimatizace [64]. Na obrázku je znázorněno, jak je operativní teplota udržována v komfortní zóně (znázorněné šedou barvou) pomocí pasivních metod chlazení, přičemž neprovedení žádných opatření má za následek výrazné přehřívání. Výsledky jsou rovněž kvantifikovány jako část roku s dobrým a špatným tepelným komfortem, kdy se opět projevují výrazná zlepšení tepelného komfortu.



Obrázek 3.6: Vnitřní a venkovní teplota dosahovaná různými způsoby ovládání v červnu ve španělském městě Malaga [64].



Obrázek 3.7: Část roku v komfortní zóně a část roku mimo komfortní zónu při použití různých způsobů ovládání ve španělském městě Malaga [64].

## 3.6 Tepelný komfort – shrnutí

Tepelný komfort lze definovat jako „stav mysli, který vyjadřuje spokojenost s tepelným prostředím,“ přičemž vliv na něj má šest parametrů:

- teplota vzduchu
- radiální teplota
- relativní vlhkost vzduchu
- rychlost proudění vzduchu
- míra oblečení
- míra aktivity

Osobní preference a očekávání mají rovněž vliv na tepelný komfort. Tepelného komfortu je dosaženo, když je uvedených šest parametrů v rovnováze. Známe-li tyto parametry, můžeme odhadnout počet spokojených obyvatel. Minimálně 5% bude vždy nespokojeno. Adaptace má značný vliv na to, jak pociťujeme tepelné prostředí, a umožňuje akceptaci širšího rozsahu teploty v přirozeně větraných budovách.

Střešní okna VELUX mají vliv na první čtyři parametry. Teplota vzduchu je ovlivňována stínicí technikou a větráním, radiální teplota je ovlivňována stínicí technikou a vlhkostí a vlhkost a rychlost proudění vzduchu jsou ovlivňovány větráním.

Hodnocení tepelného komfortu v obytných budovách je možné provádět pomocí programu VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer. Zejména hodnocení případů s různým nastavením chlazení je snadné díky zabudované funkci porovnávacího výpisu.



# Akustické vlastnosti



## Akustické vlastnosti

---

Jednou z důležitých funkcí pláště budovy je chránit její interiér před nežádoucím hlu-  
kem z venku. Schopnost izolovat zvuk je důle-  
žitým parametrem stavebních prvků, protože  
venkovní hluk může mít negativní dopady na  
zdraví, náladu a schopnost učení.



## 4.1 Zvuk nebo hluk?

Lidské vnímání hraje významnou roli v určení, zda to, co slyšíme, je pouhý zvuk nebo nepříjemný hluk. Podvědomě neustále posuzujeme, zda daný zvuk známe nebo ne a zda je příjemný či rušivý. Hluk lze definovat jako nežádoucí zvuk, a to i při normální intenzitě.

## 4.2 Účinky hluku na zdraví a schopnost učení

Hluk může mít významný dopad na zdraví a výkonnost obyvatel budovy. Stres, bolesti hlavy, potíže s učením – to vše může být způsobeno hlukem. Hluk může mít na svědomí i problémy se spánkem a nedostatek odpočinku. Zejména v noci je hluk vnímán jako rušivý; zvukové izolaci ložnic je tedy třeba věnovat zvláštní péči [65].

Hluk z ulice zvyšuje úroveň stresu a riziko kardiovaskulárních chorob. Konzervativní odhad zní, že v Dánsku každý rok předčasně zemře 200 až 500 lidí na kardiovaskulární choroby a v důsledku hypertenze způsobené hlukem z ulice [65].

### ⚠ Pamatujte si

Hluk může způsobovat stres, bolesti hlavy a problémy s učením.

## 4.3 Posuzování úrovně zvuku

Fyzikálně lze zvuk popsat jako vibrace (podélné vlnění) vzduchu na frekvenci (udávané v Hz), která je slyšitelná pro člověka.

Jednotka decibel (dB) slouží k měření intenzity zvuku; jde o logaritmickou jednotku vyjadřující poměr. Někdy se můžete setkat s jednotkou dB(A) místo dB. (A) znamená, že jde o celkovou úroveň hlasitosti zvuku (který se skládá z mnoha jednotlivých frekvencí), která je „A-weighted“ (vážená podle charakteristik lidského ucha) a odpovídá tedy subjektivnímu lidskému vnímání zvuku. V tabulce níže jsou uvedeny obvyklé úrovně hlasitosti.

Bolestivý hluk	120–140 dB(A) =	sběječka, vzletající tryskové letadlo, hlasitá hudba ve vzdálenosti 0,8–1,2 m od reproduktoru
Extrémně hlasitý hluk	90–110 dB(A) =	rocková hudba, sněžný skútr, motorová pila, pneumatická sběječka, sekačka na trávu, kamionová doprava, metro
Velmi hlasitý hluk	60–80 dB(A) =	budík, rušná ulice, rušná doprava, vysavač
Mírný hluk	30–50 dB(A) =	rozhovor, mírný déšť, tichá místnost

Obrázek 4.1: Typické úrovně hlasitosti hluku [66]

### **!** Pamatujte si

Změna úrovně hlasitosti o 3 dB je lidským uchem stěží postřehnutelná, změna o 5 dB znamená malý rozdíl, změna o 10 dB zní jako dvakrát hlasitější nebo tišší zvuk [67].

## 4.4 Úroveň hlasitosti venkovního hluku

### 4.4.1 Lokalita

---

Okolí budovy má velký vliv na předpokládanou hlasitost venkovního hluku. Například v Rakousku je hlasitost venkovního hluku 60 dB(A) v centru města a 50 dB(A) v rezidenčních čtvrtích na předměstí [68].

### 4.4.2 Parametry ovlivňující hlasitost venkovního hluku

---

Na hlasitost venkovního hluku v dané lokalitě má vliv celá řada parametrů; některé z nich jsou uvedeny níže [68].

Velký vliv na vnímanou úroveň hlasitosti zvuku má vzdálenost od jeho zdroje. Zdvojnásobíme-li vzdálenost od zdroje zvuku, klesne úroveň jeho hlasitosti přibližně o 6 dB.

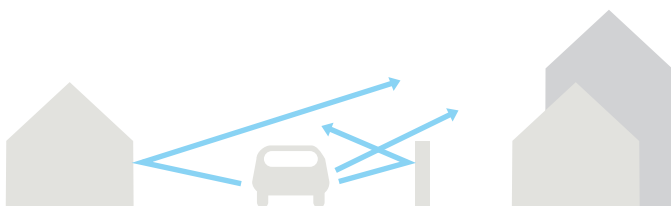
Na šíření hluku má vliv směr větru. Hluk šířící se proti větru míří směrem vzhůru, takže je vnímán jako tišší, zatímco šíření zvuku po větru vede k vyšší úrovni hlasitosti.

Úroveň hlasitosti na určitém místě je dále dána přítomností zvukolamů nebo tlumičů a odrazy od ploch nebo pohlcováním na těchto plochách. Na obrázku 4.2 je uveden příklad, jak protějším budova, stromy (v létě a v zimě), geometrie zvukolamu a pohlktivost povrchu ovlivňuje hlasitost zvuku a jak se mění jeho směr [3].

Podívejte se na následující čtyři příklady odrazu, absorpce a tlumení zvuku:

#### **!** Pamatujte si

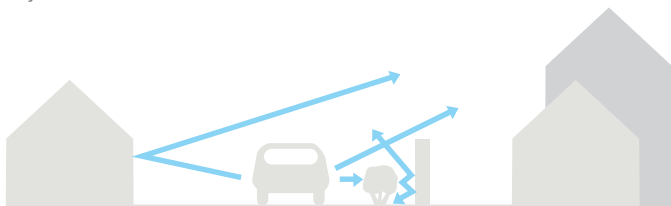
Střešní okna na domě ve venkovské krajině obvykle vyžadují menší zvukovou izolaci ve srovnání se střešními okny na domě ve městě.



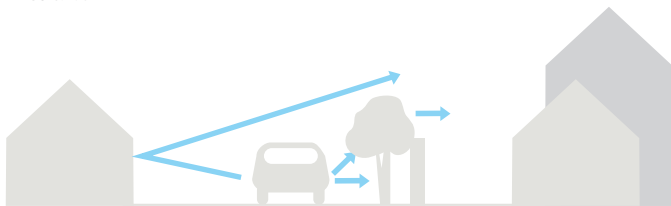
1) Zvukolam pohlí určitou část zvuku a část odrazí na druhou stranu. Zvuk se pak odráží od jednoho domu k druhému.



2) Zvukolam změni směr šíření zvuku vzhůru, takže odraz od protějšího domu je menší.



3) Malý keřík změni směr šíření zvuku, takže se menší část zvuku odrazí na protější stranu.



4) Keř vyrostl ve strom a zvuk se nyní šíří směrem k domu.

Obrázek 4.2: Příklady absorpce, odrazu a změny směru šíření zvuku.

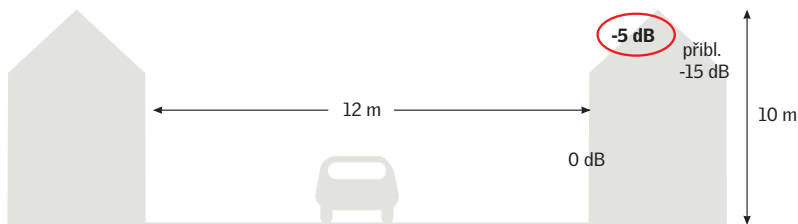
#### 4.4.3 Určení potřebného snížení hlasitosti hluku z ulice

V prvním příkladě uvedeném níže bude hlasitost hluku u střešního okna o 8 dB nižší než u fasádního okna v téže budově. U střešního okna na zadní straně

domu to bude dokonce o 15 dB méně. Druhý příklad ukazuje, že určitá část zvuku se bude odrazet od protější budovy, čímž se útlum hlasitosti u střešního okna sníží na 5 dB.



1) Obrázek ukazuje snížení hlasitosti venkovního hluku na plášti budovy v situaci, kdy naproti nestojí žádné domy.



2) Obrázek ukazuje snížení hlasitosti venkovního hluku na plášti budovy v situaci, kdy naproti stojí domy.

Obrázek 4.3: Příklad vlivu protějších budov na úroveň hlasitosti hluku na střeše.

#### **!** Pamatujte si

U střešního okna bude úroveň hlasitosti venkovního hluku obvykle o 5 dB nižší než u fasádního okna.

## 4.5 Zvuková izolace

Jednotlivé stavební prvky a spoje mezi těmito prvky přispívají k celkové zvukové izolační schopnosti pláště budovy. Plášť budovy, který má splňovat určitou úroveň zvukové izolace, tedy může sestávat z různých stavebních prvků s nižší nebo vyšší schopností izolovat zvuk; požadované úrovně izolace ale musí dosáhnout plášť jako celek.

### 4.5.1 Měření zvukové izolace

---

Pro testování a klasifikaci zvukové izolace oken jsou používány normy EN ISO 140-3 a EN ISO 717-1 [69, 70]. Naměřená zvukově izolační schopnost je vyjádřena jako  $R_w$  (C, Ctr) a udává se v decibelech (dB).  $R_w$  udává schopnost snižovat hlasitost hluku při přechodu z vnějšku budovy dovnitř. Při měření se dále zjišťují dvě korekce (C a Ctr). Korekci C je třeba použít tehdy, jde-li o rytmickou hudbu nebo hluk dopravy.

Typické střešní okno se standardním dvojsklem s tloušťkou skel 4 mm a odstupem skel 16 mm dosahuje hodnoty  $R_w = 32$  dB.

Je-li zapotřebí další zvukové izolace, je vhodnější použít okna s trojsklem a/nebo různou tloušťkou skla v různých vrstvách. Společnost VELUX Group vyrábí několik produktů s vylepšenou zvukovou izolací. Trojsklo 66 i dvojsklo 60G s různou tloušťkou skel představují vylepšenou zvukovou izolaci. Ještě větší izolační schopnosti lze dosáhnout s výplní GGL 62.

## 4.6 Hluk deště

Zvuk/hluk deště na střeše vnímáme různě. Pro někoho jde o příjemný zvuk, jiní jej považují za hluk. V noci jej bude většina z nás vnímat jako hluk, pokud nás vzbudí.

Pro účely porovnávání různých produktů byla vytvořena mezinárodní testovací norma ISO 140-18 pro měření úrovně hlasitosti deště.

Francouzské úřady provedly průzkum, na základě kterého omezily úroveň hlasitosti deště uvnitř domu na hodnotu  $SPL_{max} < 50$  dB, aby zvuk deště nebudil děti [71].

Společnost VELUX Group vytvořila první střešní okno, při jehož vývoji byl přímo vzata v úvahu schopnost snižovat hlasitost zvuku deště; díky svojí hladině akustického tlaku 48 dB toto okno splňuje doporučení francouzských úřadů ohledně maximální úrovně hlasitosti zvuku deště uvnitř domu ve výši 50 dB.

Produkty značky VELUX se zasklením 60G a RNR (Rain Noise Reduction – redukce hluku deště) tlumí hluk deště o 7 dB více ve srovnání s klasickým střešním oknem a dosahují hodnoty  $SPL_{max} = 48$  dB. Tato hodnota splňuje doporučení francouzských úřadů ohledně maximální úrovně hlasitosti zvuku deště uvnitř domu ve výši 50 dB.

### ! Pamatujte si

Společnost VELUX Group vytvořila první střešní okno, při jehož vývoji byl přímo vzata v úvahu schopnost snižovat hlasitost zvuku deště, aby déšť v noci nebudil děti.

## 4.7 Úhrnem o akustických vlastnostech budovy

Hluk z ulice může způsobovat stres, bolesti hlavy a problémy s učením.

Přijatelná úroveň hlasitosti venkovního hluku závisí na lokalitě; v centru města bude hluk větší než ve venkovských oblastech. Střešní okno na domě ve venkovské oblasti bude tedy vyžadovat menší zvukovou izolaci než střešní okno na městském domě, aby bylo dosaženo přijatelné úrovně hlasitosti hluku uvnitř domu.

U střešního okna umístěného na straně střechy orientované do ulice je úroveň hlasitosti hluku z ulice obvykle o 5 dB nižší než u fasádního okna v téže budově orientovaného taktéž do ulice.

Zvukově izolační schopnost střešního okna lze definovat jako schopnost snižovat úroveň hlasitosti venkovního hluku. Zvuková izolace střešního okna se označuje  $R_w$  (C, Ctr) a udává se v decibelech (dB).

Je-li u střešního okna zapotřebí větší zvukové izolace, může být vhodným řešením izolační výplň se třemi vrstvami nebo výplň složená z vrstev o různé tloušťce.

Společnost VELUX Group vytvořila první střešní okno, při jehož vývoji byla přímo vzata v úvahu schopnost snižovat hlasitost zvuku deště; díky svojí hladině akustického tlaku 48 dB toto okno splňuje doporučení francouzských úřadů ohledně maximální úrovně hlasitosti zvuku deště uvnitř domu ve výši 50 dB.



Energie



## Energie

---

V posledních desetiletích stále roste důraz kladený na spotřebu energie a v neposlední řadě na spotřebu v budovách, kde je efektivní využití energie významnou částí řešení. Dalším důležitým aspektem je menší závislost na fosilních palivech a větší podíl energie z obnovitelných zdrojů.

Celosvětová spotřeba energie se za posledních 40 let zdvojnásobila [72] a rostoucí množství fosilních paliv používaných k pokrytí této poptávky v té době mělo – a stále má – vážné dopady na klima [73]. Kromě toho odhady naznačují, že při naší současné závislosti na fosilních palivech máme zásoby pouze na příštích 200 let [55]. Po celém světě přibývá zájmu o tyto problémy a většina zemí přijímá opatření týkající se množství spotřebované energie a závislosti na fosilních palivech.

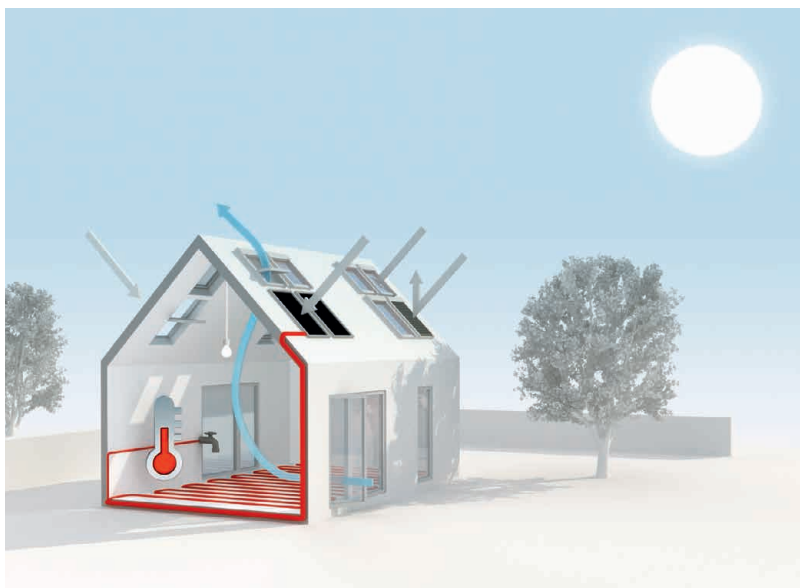
V Evropě se v budovách spotřebuje 40 % veškeré spotřebované energie [74]. V Evropské unii existuje potenciál pro úsporu 20–50 % energie prostřednictvím modernizace stávajících budov a přísnějších předpisů pro novostavby [75]. Produkty jako solární termální systémy nebo nákladnější varianty jako malé větrné elektrárny či fotovoltaické panely dále umožňují majitelům nemovitostí vyrábět si vlastní energii z obnovitelných zdrojů a změnit tak svůj zdroj energie.

## 5.1 Energetická terminologie

V současné terminologii společnosti VELUX Group v oblasti využití energie a oken najdeme dva základní pojmy: „energetická náročnost“ a „energetická bilance“ [76].

Pod pojmem energetické náročnosti rozumíme roční spotřebu energie v dané budově, kam patří vytápění, chlazení, ohřev vody a elektrické osvětlení (domácí spotřebiče a ostatní elektrická zařízení zde zahrnuta nejsou). Energetická náročnost se často udává v kWh za rok na 1 m<sup>2</sup> vytápěné podlahové plochy (kWh/m<sup>2</sup>). Čím nižší je tato hodnota, tím lépe. Energetickou náročnost lze použít k určení rozdílu mezi dvěma scénáři, např. vliv většího nebo menšího počtu střešních oken VELUX na energetickou náročnost budovy. Lze ji vypočítat pomocí dynamických simulačních nástrojů jako např. VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer. Více informací najdete v kapitole 7.2.

Pojem energetická bilance se vztahuje k jednomu oknu a udává se v kWh/m<sup>2</sup> za rok pro dané okno. Hodnota vyjadřuje energetickou efektivitu samotného okna a lze ji použít pro porovnání různých oken, pokud jde o jejich typ, velikost, typ výplně a další parametry. Více informací k tomuto tématu najdete v kapitole 5.3.2.



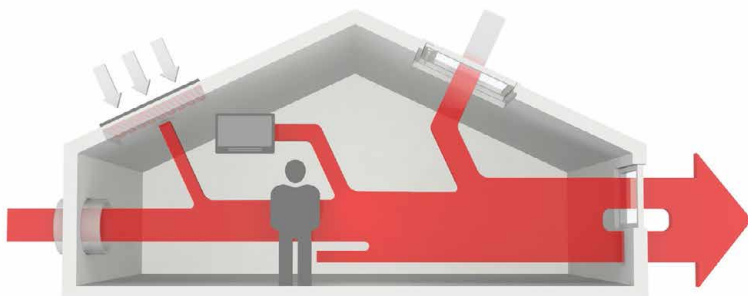
### **!** Pamatujte si

Spotřeba energie v budovách představuje 40% celkové spotřeby energie v EU. Okna mají významný vliv na spotřebu energie v budovách a na vnitřní prostředí. Tento vliv ovšem může být jak pozitivní, tak negativní; je třeba věnovat pozornost tomu, abychom využili předností oken a vyhnuli se jejich nevýhodám.

## 5.2 Využití energie v budovách

Většina energie spotřebovávané v budovách je použita na udržování komfortního vnitřního prostředí z hlediska

tepelné pohody (vytápění nebo chlazení) a kvality ovzduší (ventilace). Dále se energie využívá na elektrické osvětlení, ohřev domácí teplé vody a napájení domácích spotřebičů a dalších elektrických zařízení (ledničky, počítače, televize apod.).



Obrázek 5.1: Ilustrace ročního průchodu energie skrze budovu. Množství energie dodané z externího zdroje je menší než celkové tepelné ztráty budovy, protože obyvatelé, elektrická zařízení a zejména okna přidávají „bezplatnou energii“.

Zatímco spotřeba energie na vytápění v Dánsku se díky legislativním úpravám za posledních čtyřicet let snížila, spotřeba elektriny vzrostla [77]. Podobný trend ve spotřebě elektriny se očekává i v ostatních zemích západního světa. Důvodem je větší množství spotřební elektroniky, jako jsou televizory, počítače, stereo systémy, přenosné hudební přehrávače apod., které nejsou zahrnuty do legislativních požadavků na energetickou úspornost.

Při navrhování budovy či plánování rekonstrukce je důležité použít energeticky úsporná řešení, a ještě důležitější je použít tato řešení tak, aby nijak neutrpěla kvalita prostředí uvnitř domu. Budovy přece stavíme proto, aby nás chránily před venkovním povětrím a zajistily nám komfort. Rozumný návrh nicméně může spotřebu energie podstatně snížit.

„Slunce dodává tisícinásobek množství energie, které se ročně spotřebuje na celé planetě Zemi“

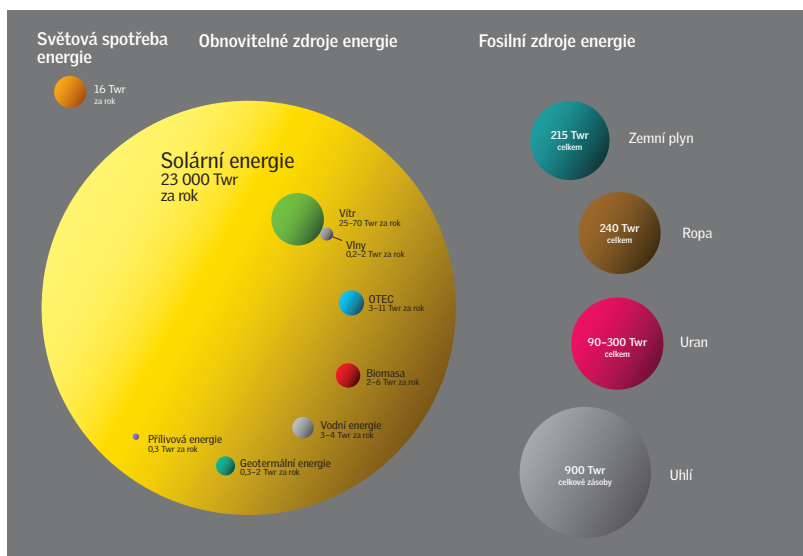
### 5.2.1 Zdroje energie

Energii pro využití v budovách lze vyrábět lokálně přímo v budově nebo na vzdáleném místě. Lokální výroba zpravidla spočívá v kotli na topný olej, zemní plyn, dřevo apod., nebo může jít o geotermální zdroj, jako např. u tepelného čerpadla. Kotle zpravidla slouží k vytápění a ohřevu teplé vody. Mezi další lokální zdroje patří obnovitelné zdroje jako solární kolektory nebo fotovoltaické moduly (PV).

Vzdálená výroba elektřiny je založena převážně na spalování fosilních paliv, biomasy nebo odpadů nebo na jaderné energii. I teplo lze vyrábět na vzdáleném místě ve formě veřejného topného systému.

Teplo pro veřejný systém lze vyrábět v kombinaci s elektrárnou (CHP – Combined Heat and Power), což je energeticky velmi úsporný způsob. V posledních letech byly budovány centrální sluneční teplárny v kombinaci s topnými systémy. Obecně řečeno existuje velký zájem o obnovitelné zdroje energie, nicméně většina světové spotřeby energie je stále pokryta fosilními palivy.

Při přeměně fosilních paliv na teplo nebo elektřinu vzniká  $\text{CO}_2$ .  $\text{CO}_2$  způsobuje klimatické změny [73] a zásoby paliv se postupně ztenčují. Obnovitelné zdroje (větrná energie, vodní elektrárny, solární energie apod.) jsou všechny napájeny ze slunce, tj. z prakticky nevyčerpatelného zdroje energie.

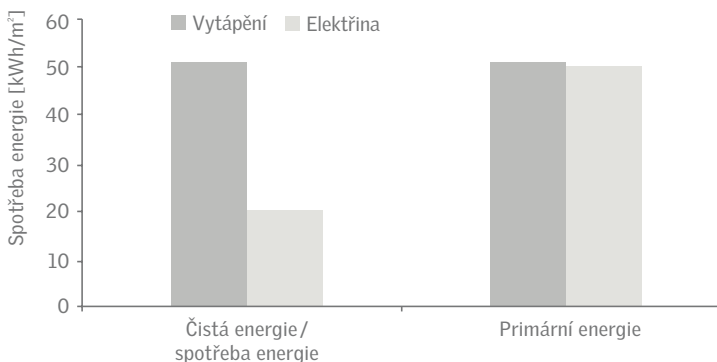


Obrázek 5.2: Dostupné zdroje energie v porovnání s celkovou světovou spotřebou energie [5].

Obrázek 5.2 ukazuje porovnání celkových zásob energie s celkovou spotřebou energie. Odhady naznačují, že během 21. století dojde ropa a plyn a v 22. století potom i uran [55], zatímco slunce bude svítit ještě miliardy let.

## 5.2.2 Primární vs. čistá energie

Čistá energie (nebo také výsledná energie) je zpravidla výsledkem výpočtu energetické náročnosti. Různé zdroje energie mají různý koeficient využitelnosti a různý dopad na životní prostředí a je tedy nutno je posuzovat různě. Myšlenka „primární energie“ spočívá v tom, že je pro každý zdroj energie použit koeficient, který určí váhu tohoto zdroje z hlediska jeho dopadů na životní prostředí. Tento koeficient je poté vynásoben spotřebou energie; pro různé typy energie se může lišit.



Obrázek 5.3: Spotřeba energie ve stávajícím domě v Dánsku na vytápění a elektrické systémy (chlazení, ventilátory a osvětlení) v porovnání s primární energií (koeficient = 2,5).

V Norsku a Švédsku je většina výroby elektřiny poháněna vodou a nemá tedy příliš velké dopady na životní prostředí; koeficient primární energie pro elektřinu je ve Švédsku roven 2,35 [78]. V Německu je hlavním zdrojem energie pro výrobu elektřiny stále uhlí, které má mnohem větší ekologické dopady; koeficient primární energie pro elektřinu je v Německu roven 2,7 [79].

Ve Velké Británii je koeficient primární energie pro zemní plyn roven 1,02 a pro elektřinu 2,92 [80]. Obrázek 5.3 ukazuje rozdíl mezi čistou a primární energií; spotřeba čisté energie na vytápění je podstatně vyšší než spotřeba čisté elektřiny, zatímco spotřeba primární energie na vytápění a pohon elektrických systémů je zhruba stejná.

#### **📌 Pamatujte si**

Primární energie se liší od čisté energie. Do primární energie je započítán vliv „přeměny“ např. uhlí na elektřinu. Výroba elektřiny vyžaduje více paliva (např. uhlí nebo plynu) než výroba tepla; z této skutečnosti je odvozen koeficient přeměny primární energie, který se ve většině evropských zemí pohybuje mezi 2,5 a 3,0.



## 5.3 Okenní systémy

### 5.3.1 Výplň

#### Hodnota U

---

Hodnota U u stavebního prvku vyjadřuje množství energie, která je přenášena z teplé strany na studenou stranu. Čím nižší je hodnota U, tím méně energie se přenáší. Obvykle je cílem snížit hodnotu U stavebního prvku, aby docházelo k nižším tepelným ztrátám a tím i nižší spotřebě energie v dané budově.

Hodnota U se udává ve  $W/m^2K$ . U okenních výplňí je teplo přenášeno z vnitřní strany přes izolační sklo ven z budovy prostřednictvím vyzařování, konvekce (teplý vzduch stoupá, studený klesá) a vedení tepla. Hodnota U u oken se označuje  $U_w$  a jde o kombinaci vlivu rámu ( $U_r$ ) a výplně ( $U_g$ ).

Aby se snížila tepelná ztráta vlivem konvekce uvnitř dutiny okenní výplně, může být tato dutina vyplněna plynem, např. argonem nebo kryptonem. Tepelnou ztrátu způsobenou vyzařováním lze snížit použitím povrchových úprav s nízkou emisivitou na vnitřní straně jednoho ze skel. Doplníme-li okno vnitřním nebo venkovním stíněním, lze hodnotu U dále snížit díky menšímu vyzařování do oblohy a zvýšení tepelného odporu. Viz též kapitola 5.4.3.

Optimální šířka dutiny je 15 mm v případě argonu a asi 10 mm v případě kryptonu. Střešní okna VELUX jsou zpravidla plněna argonem.

Běžnou praxí je uvádět hodnotu  $U_w$  u šikmo instalovaných oken pro úhel  $90^\circ$ , tj. jako u fasádních oken.

#### Hodnota U u šikmo instalovaných oken (střešních oken)

---

Střešní okna jsou instalována do šikmých ploch střechy a jejich hodnota  $U_w$  je tedy vyšší než u oken instalovaných ve svislé poloze.

To má vliv na energetickou náročnost budovy, protože tepelné ztráty jsou u střešních oken díky vyšší hodnotě  $U_w$  také vyšší. Na druhou stranu je ale vyšší i přísun energie ze slunce a denního světla. Důvodem vyšší hodnoty  $U_w$  u střešních oken je fakt, že jsou zde vyšší tepelné ztráty vlivem konvekce v dutině výplně.

Střešní okna jsou také více orientována směrem k obloze než fasádní okna a obvykle nejsou stíněna jinými částmi budovy; tím zvyšují přísun denního světla a tepla ze slunce, jak bylo uvedeno v kapitole 1.4.2.

#### Hodnota g

---

Hodnota g (celková prostupnost dopadajícího tepla) je dána množstvím tepla ze slunce, které proniká skrze okno do budovy. Hodnota g výplně vyjadřuje množství tepla ze slunce pronikajícího skrze výplň. Hodnota g je definována jako poměr mezi teplem ze slunce přenášeným skrze výplň okna a teplem ze slunce dopadajícím na výplň. Hodnota g se pohybuje v rozmezí 0–1 (nebo 0–100 %).

## „Dynamické okenní systémy s ovládáním klimatických podmínek VELUX ACTIVE Climate Control zlepšují zimní i letní energetickou bilanci okenních systémů“

### Dynamické okenní systémy

---

Hodnota  $g$  pro kombinaci okna a jeho příslušenství, např. sluneční stínění, je dynamická veličina, která se může měnit podle vnitřních a venkovních podmínek. Stínění může ovládat uživatel nebo může být regulováno automaticky např. pomocí systému VELUX ACTIVE Climate Control.

### Povrchové úpravy

---

Použitím skla s povrchovou úpravou lze snížit hodnotu  $g$  a odblokovat tak část dopadajícího tepla ze slunce. V závislosti na typu povrchové úpravy lze blokovat různé oblasti spektra. U povrchových úprav chránících před slunečním zářením je obvykle cílem co nejvíce blokovat záření blízké infračerveným vlnovým délkám a propouštět co nejvíce viditelného světla. U čirých povrchových úprav je obvykle cílem propouštět co nejvíce celkového slunečního záření. I číré sklo bez povrchové úpravy bude ale tlumit určité vlnové délky oproti jiným. Sklo s povrchovou úpravou vždy ovlivňuje vnímání barev v interiéru.

### 5.3.2 Energetická bilance

---

Pojmem energetická bilance se rozumí energetická charakteristika okna. Cílem je vyjádřit poměr mezi teplem ze slunce a tepelnými ztrátami. Energetická bilance se počítá jako množství využitelného tepla ze slunce pronikajícího skrze okno v topné sezóně mínus veškeré tepelné ztráty. Energetická bilance je přesnější způsob, jak popsat energetickou charakteristiku okna, než prostá hodnota  $U_{w'}$ , protože energetická bilance zahrnuje jak hodnotu  $U_{w'}$ , tak hodnotu  $g$ , díky čemuž poskytuje úplnější představu.

### Metody

---

Obecně řečeno se energetická bilance okna určuje tak, že zjistíme množství využitelného tepla ze slunce v rámci roku a od této hodnoty odečteme celkové tepelné ztráty přes dané okno. Protože ale teplo ze slunce přispívá v topné sezóně pozitivně k vytápění, může mít během případné sezóny chlazení negativní efekt.

Čím vyšší je energetická bilance, tím lépe. Energetická bilance se udává v kWh na m<sup>2</sup> plochy okna.

Množství tepla ze slunce je třeba určit pro topnou sezónu a sezónu chlazení zvlášť. V topné sezóně je užitečné teplo ze slunce dáno koeficientem využitelnosti vynásobeným množstvím slunečního záření dopadajícího na dané okno. Velmi tedy závisí na typu a lokalitě budovy. Jestliže je budova dobře zatep-



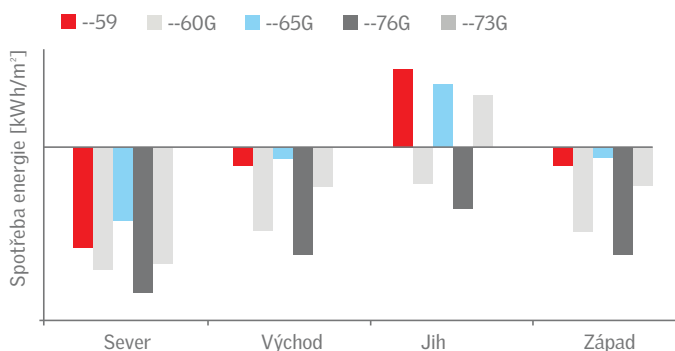
lená, je koeficient využitelnosti nízký (např. okolo 70 %), zatímco u špatně izolovaných budov je vysoký (např. okolo 90%).

Množství tepla ze slunce dopadajícího na okno závisí na sklonu a orientaci okna. Celkové tepelné ztráty přes dané okno závisí na jeho hodnotě  $U_w$  a průvzdušnost.

Tepelné ztráty přes okno se zjišťují pro topnou sezónu i pro sezónu chlazení a určují se na základě počtu hodin v rámci roku, kdy je nutno topit a během kterých dochází k tepelným ztrátám, a to v topné sezóně i v sezóně chlazení. Ztráty závisí na typu budovy (úrovni zateplení) a klimatických podmínkách.

Energetickou bilanci okna v topné sezóně lze vyjádřit následovně:

$$\text{Energetická bilance} = I_{\text{slunce}} \times g_w - D \times (U_{w,\text{sklon}} + \text{průvzdušnost}) \quad [\text{kWh/m}^2]$$

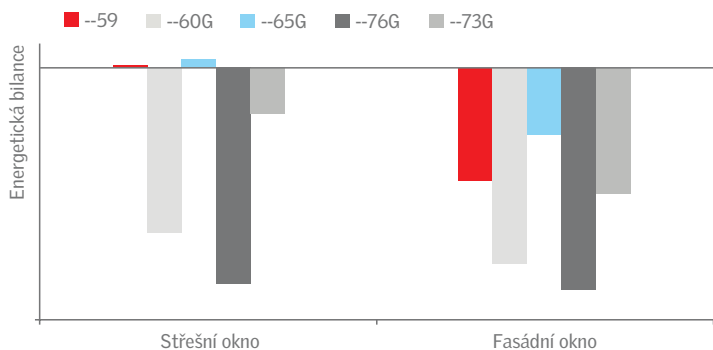


Obrazek 5.4: Energetická bilance střešních oken ve všech orientacích během topné sezóny vypočtená metodou navrhovanou pro dánské stavební předpisy v roce 2010 [81].

## „Střešní okna mají v topné sezóně všeobecně lepší energetickou bilanci než fasádní okna“

V některých evropských zemích (Dánsko, Velká Británie) existovala po určitou dobu zjednodušená definice energetické bilance fasádních oken. Je třeba mít na paměti, že energetická bilance střešních oken během topné sezóny je obecně lepší než energetická bilance fasádních oken, a proto je důležité je rozlišovat.

Zjednodušená metoda výpočtu energetické bilance se týká pouze stávajících budov s určitým rozmístěním oken podle orientace. Tato metoda je uvedena v [82]. V dánských stavebních předpisech z roku 2010 [81] bude energetická bilance oken uplatněna jako legislativní požadavek na výměnu oken.



Obrázek 5.5: Energetická bilance střešních a fasádních oken s výplněmi různých typů v topné sezóně na základě aktuální pracovní verze dánských stavebních předpisů pro rok 2010 [81].

### ⚠ Pamatujte si

Energetická bilance se udává v kWh/m<sup>2</sup> na jedno okno. Kladná hodnota znamená, že okno dodává do budovy energii.

### ⚠ Pamatujte si

Energetická bilance oken orientovaných na jih je lepší než u ostatních orientací.

„Použití energetické bilance zajišťuje možnost výběru nejlepšího okna dostupného na trhu. Čímž vyšší je energetická bilance, tím úspornější okno je.“

Společnost VELUX Group je přesvědčena, že energetická bilance je správnější a komplexnější metrikou funkce okna než hodnota  $U_w$  a usiluje o standardizovanou metodu určování energetické bilance [83].

„U stávajících budov začíná převládat názor, že hodnota g je pro energetickou bilanci přinejmenším stejně důležitá jako hodnota U“

**!** Pamatujte si

Energetická bilance okna závisí na typu budovy, ve které je okno instalováno, dále na jeho orientaci a sklonu a na geografické lokalitě.

## 5.4 Energetická náročnost

### 5.4.1 Denní světlo z energetického hlediska

---

Využijeme-li plně možnosti denního světla, lze tím podstatně snížit nebo dokonce eliminovat potřebu elektrického osvětlení během dne.

Instituce Architectural Energy Corporation uvedla [84], že „denní světlo může dramaticky zlepšit energetickou úspornost prostoru, použijeme-li vhodné řízení elektrického osvětlení a přísunu tepla ze slunce.

V kancelářích platí, že spotřeba energie na osvětlení může představovat až 40–50% celkové spotřeby energie [85], což může vést k podstatným úsporám, nahradíme-li elektrické osvětlení denním světlem. Chceme-li vyčíslit úsporu energie na elektrické osvětlení, musíme znát počet hodin, během kterých je denní světlo jediným zdrojem světla v interiéru. Příslušné úrovně osvětlení v obytných budovách byly uvedeny v kapitole 1.6.1.

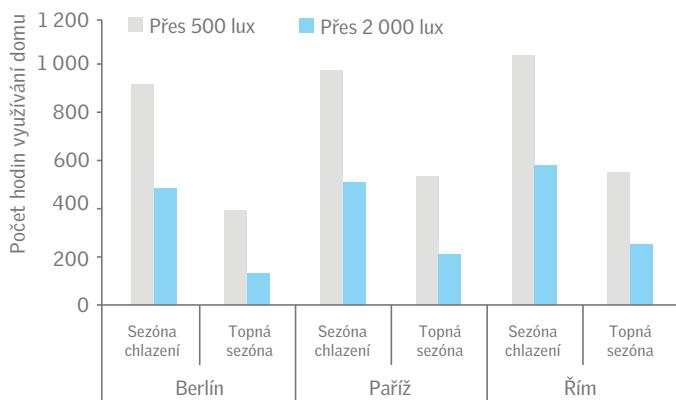
Abychom mohli optimálně využít oken k zajištění dobrého přísunu denního světla s dobrou energetickou účinností, musíme pečlivě volit charakteristiky oken  $\tau_v$ ,  $g$  (a  $U_w$ ). Podle fyzikálních zákonů bude hodnota  $g$  vždy rovna nejméně 50 %  $\tau_v$ .

Nejlepším řešením je často kombinace okna a slunečního stínění. Okno s vysokou hodnotou  $g$  a  $\tau_v$  obvykle zajistí dobrý výsledek. Vysoké hodnoty  $g$  a  $\tau_v$  budou přinášet dobré výsledky v období roku s nejmenším množstvím světla; v obdobích s nadměrným množstvím světla lze využít slunečního stínění. Důležité je, aby konstrukce budovy a umístění oken bylo plánováno jako součást celkového procesu, ve kterém jsou průběžně vyhodnocovány požadavky na denní osvětlení a energetickou náročnost, jež jsou použity jako parametry návrhu [86].

Následující příklad ukazuje, že využitím denního osvětlení lze dosáhnout velkého přísunu světla a že okna jsou z energetického hlediska velmi úsporným zdrojem světla.

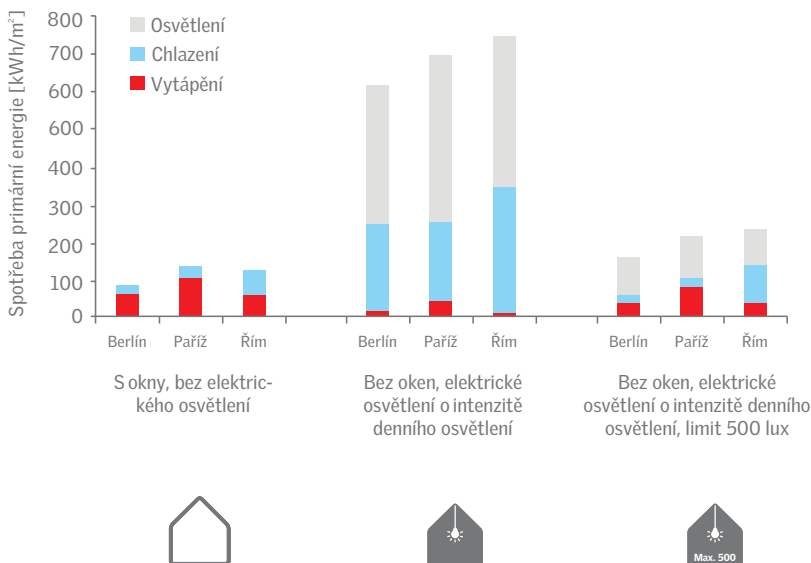
### Příklad: Energetická náročnost domu bez oken

Byla určena úroveň denního osvětlení pro každou hodinu v roce v typickém domě. Šetření bylo provedeno pro čtyři lokality: Berlín, Paříž, Řím a Istanbul. Jak ukazuje obrázek níže, během celého roku je v domě vysoká intenzita denního osvětlení (přes 2 000 lux).



Jaký vliv má denní osvětlení na spotřebu energie v budově? Abychom získali odpověď, zkoumali jsme, co by se stalo, kdy dům neměl žádná okna a používalo by se pouze elektrické osvětlení. Protože množství elektrického světla má vliv na potřebu topení a chlazení, je nutno výslednou spotřebu energie na osvětlení, chlazení a vytápění budovy vyhodnocovat dohromady. Výsledky z aplikace VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer ukazují následující obrázek.

## „Okna jsou úsporný zdroj světla“



V každé z lokalit bylo dosaženo nejnižší celkové spotřeby primární energie v budově s využitím přisunu světla okny. Spotřeba energie v budově bez oken je asi 5krát vyšší než u budovy s okny, jestliže použijeme elektrické světlo pro dosažení stejné intenzity osvětlení. To potvrzuje skutečnost, že okna jsou úsporným zdrojem světla [87].

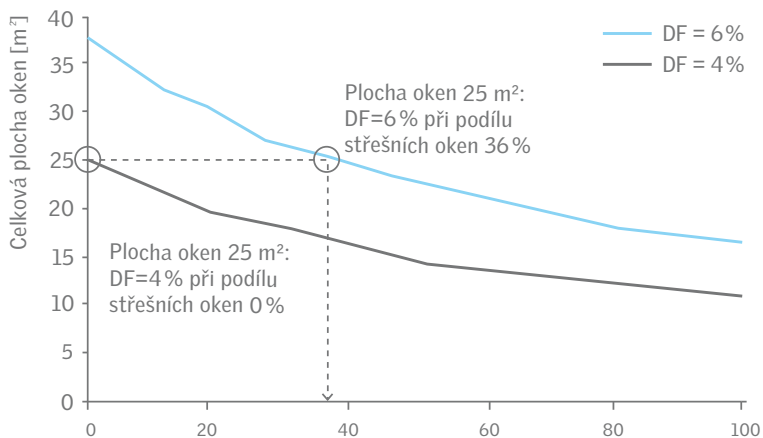
### **Příklad:** Vliv plochy střešních oken na denní osvětlení a energetickou náročnost

V kapitole o denním osvětlení jsme ukázali, že střešní okna zajišťují větší přísun denního světla než fasádní okna. U skutečné budovy to znamená, že lze dosáhnout stejného koeficientu denního osvětlení při menší ploše oken, jestliže použijeme střešní okna.

Byl zkoumán nízkoenergetický jednopatrový dům o půdorysu 8 × 18 m v Berlíně. Pomocí aplikace VELUX Daylight Visualizer jsme našli kombinace plochy střešních a fasádních oken tak, abychom dosáhli koeficientu denního osvětlení ve výši 4% resp. 6%.

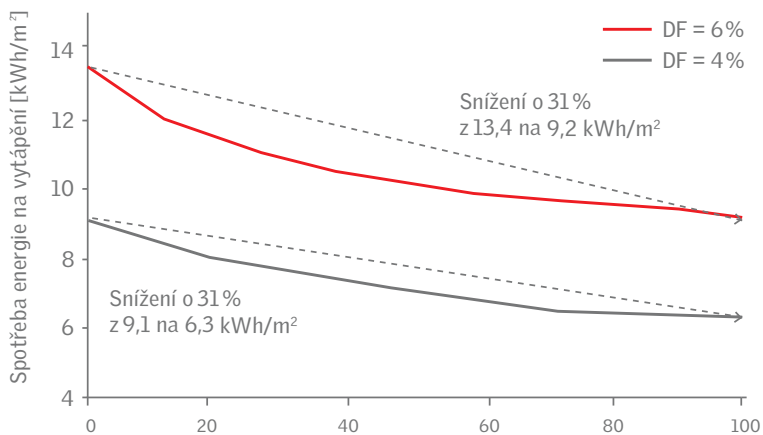


## „Použití střešních oken vede k vyššímu koeficientu denního osvětlení“



Zvětšením procentuálního podílu plochy oken lze dosáhnout vyššího koeficientu denního osvětlení. Pouze fasádní okna o celkové ploše 25 m<sup>2</sup> zajistí hodnotu DF = 4%, zatímco kombinace 64% fasádních a 36% střešních oken o celkové ploše 25 m<sup>2</sup> zajistí hodnotu DF = 6%, jak ukazují tečkované čáry na obrázku.

Poté jsme pomocí aplikace VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer určili spotřebu energie na vytápění pro každou z kombinací střešních a fasádních oken. Výsledky ukazuje obrázek níže:



Energetická náročnost se zlepšila díky větší ploše oken. Pro hodnotu DF = 4% se spotřeba energie na vytápění snížila z 9,1 na 6,3 kWh/m<sup>2</sup> a pro DF = 6% z 13,4 na 9,2 kWh/m<sup>2</sup>. Obě snížení odpovídají 31%.

„Přirozená ventilace v kombinaci s mechanickou ventilací je energeticky úspornější než samotná mechanická ventilace“

#### 5.4.2 Ventilace z energetického hlediska

Ventilace – a zejména pak přirozená ventilace – má vliv na spotřebu energie na vytápění, chlazení a pohon ventilátorů.

##### Ventilace a vytápění

Je-li venková teplota nižší než vnitřní teplota, je zapotřebí energie na ohřev čerstvého vzduchu na požadovanou vnitřní teplotu. Velikost spotřeby energie závisí na rychlosti výměny vzduchu a na rozdílu teplot.

Lze využít rekuperační jednotku pro rekuperaci (opětovné využití) většiny tepla z odvětrávaného vzduchu pro ohřev čerstvého venkovního vzduchu dříve, než vnikne dovnitř do budovy. Systémy pro rekuperaci tepla jsou obvykle k dispozici pouze s mechanickou ventilací, protože vyžadují fyzickou jednotku, skrze kterou cirkuluje jak čerstvý, tak odvětrávaný vzduch. Je možné rekuperovat až 90 % tepla.

Pro pohon systému mechanické ventilace je použita elektřina, ale její množství je malé ve srovnání s množstvím energie, které lze rekuperovat při nízké venkové teplotě. Proto je mechanická ventilace s rekuperací tepla energeticky úsporným řešením pro dobře utěsněné novostavby v zimě. Špatně utěsněné budovy naopak nebudou schopny využít předností rekuperace tepla, jak bylo uvedeno v kapitole 2.2.2. Mechanická ventilace kromě toho vyžaduje údržbu (výměna a čištění filtrů apod.), což je třeba vzít v úvahu.

Je-li venková teplota v rozmezí 14 až 18 °C (podle konstrukce budovy), není nutný vzduch vstupující do budovy ohříván. V této situaci je přirozená ventilace energeticky úspornější než mechanická, protože se nespoteblovává žádná elektřina na pohon ventilátorů. Kombinace přirozené a mechanické ventilace se nazývá hybridní ventilace.

V kapitole 2.2.3 najdete příklad, jaké úspory energie lze dosáhnout s hybridní ventilací, a v části 2.3.1 je uveden příklad vlivu rychlosti výměny vzduchu na spotřebu energie.

#### **Pamatujte si**

Hybridní ventilace nespoteblovává v letním období žádnou elektřinu na pohon ventilátorů.

## Přirozená ventilace a chlazení

---

Jestliže venkovní teplota spolu s teplem přijímaným ze slunce způsobuje, že teplota uvnitř domu vzrůstá, existuje riziko přehřívání. V některých budovách je tento problém řešen klimatizací, ale přirozená ventilace nabízí úspornou alternativu, která může klimatizaci nahradit a šetřit přitom energii. Přirozenou ventilaci lze využít během dne (letní ventilace) k přizpůsobení teploty, jak je uvedeno v kapitole 2.4.5.

Přirozenou ventilaci lze též využít během noci (noční chlazení) k ochlazení budovy a eliminovat tak potřebu klimatizace během následujícího dne, jak ukazuje kapitola 2.4.6.

Noční chlazení spočívá v ochlazování konstrukce domu. Efekt je větší, jestliže je budova „těžká“. Beton nebo cihly jsou „těžké“ materiály, takže budova se zdmi, stropy nebo podlahami z betonu nebo cihel je „těžká“.

### 5.4.3 Stínění z energetického hlediska

---

Stínění má významný vliv na energetickou náročnost budovy. Využití slunečního stínění má vliv jak na hodnotu  $g$ , tak na hodnotu  $U$ , a lze jej tedy použít v klimaticky studených i teplých oblastech ke zlepšení energetické náročnosti budovy. Kromě toho je stínění dynamické (tj. lze jej použít, když je třeba), a představuje tak důležitou součást okenního systému.

Vnější stínění zabraňuje ohřívání teplem ze slunce účinněji než vnitřní stínění. Vnější stínění je tedy nejlepší volbou, pokud je jeho účelem zabránit přehřívání a snížit spotřebu energie na chlazení.

Vnitřní stínění do jisté míry snižuje přehřívání. Vnitřní stínění je obecně řečeno účinnější z hlediska zateplení okenního systému, což znamená, že při jeho správném používání lze snížit spotřebu energie na vytápění budovy. Vnitřní stínění dále slouží k ovládní přísunu denního světla.

Příkladem dynamického okenního systému je systém VELUX ACTIVE Climate Control, u kterého je použití slunečního stínění optimalizováno automaticky bez zásahu uživatele; systém tak snižuje potřebu vytápění a chlazení a současně podstatně zvyšuje komfort uvnitř domu [88].

### 5.4.4 Energetická náročnost budovy v teplých klimatických oblastech

---

V teplých klimatických oblastech je hlavním cílem při navrhování budov dosáhnout tepelné pohody v teplé části roku spíše než minimalizovat spotřebu energie během studeného období. Jak jsme viděli v předchozích kapitolách, spotřebu energie na chlazení lze minimalizovat a často úplně eliminovat použitím přirozené ventilace, nočního chlazení a automatického slunečního stínění v kombinaci s inteligentní konstrukcí budovy, kdy tvar a orientace budovy zajišťuje stínění a snižuje tak ohřívání teplem ze slunce ve špičkových obdobích.

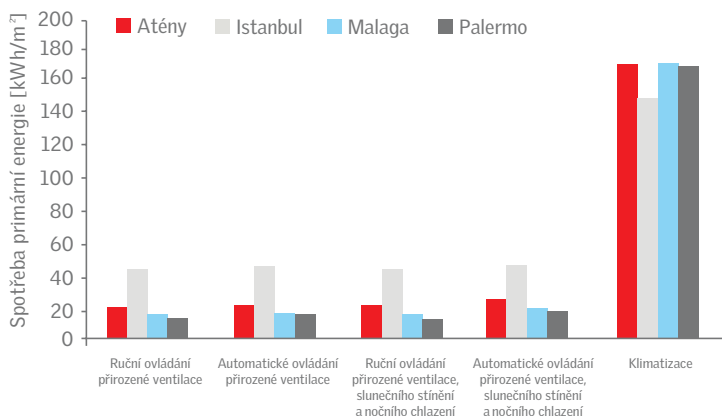
Kapitola 3.3 ukázala, že v budovách s přirozenou ventilací lze dosáhnout tepelné pohody i s vnitřní teplotou přes 26 °C díky adaptaci.

Hlavním cílem by tedy mělo být navrhnout budovu bez klimatizace, kterou by mělo nahradit sluneční stínění a přirozená ventilace; tento systém předejde zbytečné spotřebě energie.

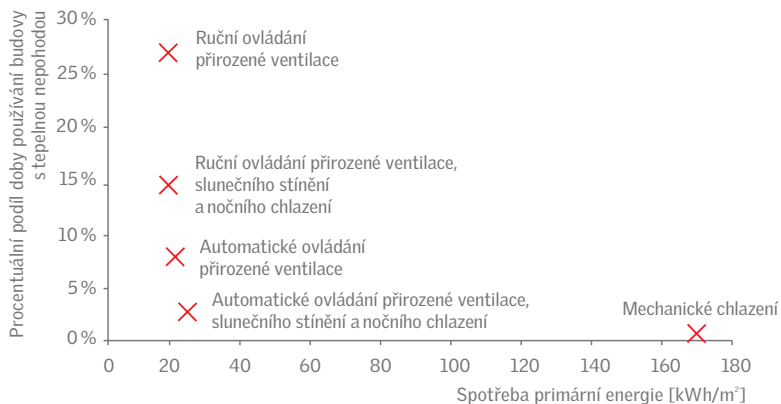
**Příklad: Stínění a přirozená ventilace zajišťuje dobrou energetickou náročnost a tepelnou pohodu v teplých klimatických oblastech.**

Pomocí aplikace VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer jsme zkoumali energetickou náročnost typické budovy ve 4 městech v teplých klimatických oblastech. Zkoumali jsme různé kombinace slunečního stínění a přirozené ventilace a porovnali jsme je s klimatizovanou budovou. Zkoumanými městy byly Atény, Istanbul, Malaga a Palermo [64].

Energetická náročnost budovy s klimatizací byla v rozmezí 150–160 kWh/m<sup>2</sup>, což je 3krát až 10krát horší hodnota než u budov bez klimatizace.



V domech bez klimatizace se podařilo dosáhnout i přijatelné tepelné pohody. Následující graf ukazuje výsledky z Atén a dokládá, že lze dosáhnout přijatelné tepelné pohody po dobu 98–99% roku, použijeme-li automatické ovládání přirozené ventilace, slunečního stínění a nočního chlazení.



Graf ukazuje energetickou náročnost a tepelnou pohodu pro případ Atén a dokládá, že tepelná pohoda dosažená automatickým ovládáním systému je stejná jako s mechanickým chlazením.

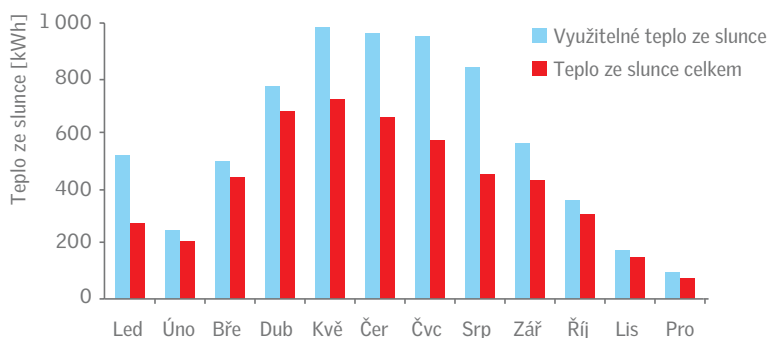
### 5.4.5 Energetická náročnost budovy ve studených klimatických oblastech

Ve studených klimatických oblastech je hlavním cílem při navrhování budov minimalizovat spotřebu energie na vytápění a spotřebu elektřiny na osvětlení. V druhém sledu je třeba minimalizovat spotřebu energie na pohon ventilátorů a budova by měla být navržena tak, aby nepotřebovala klimatizaci.

Okna zajišťují využitelné teplo ze slunce v každém měsíci roku, i v letních měsících. Hodnocení energetické náročnosti

tedy musí vycházet z celoročních výpočtů, pro které lze použít například aplikaci VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer. Příklad na obrázku 5.6 ukazuje, že množství využitelného tepla ze slunce od května do srpna v Dánsku je významné, což znamená, že přestože jsou i v letním období studené dny a noci, není v teplých měsících roku zpravidla zapotřebí vytápění.

Význam ohřívání teplem ze slunce v letním období ukazuje následující obrázek.



Obrázek 5.6: Příklad využitelného tepla ze slunce ve stávající budově v Dánsku.

#### **Pamatujte si**

Okna zajišťují teplo ze slunce během celého roku, nejen v zimě. Ohřev teplem ze slunce prostřednictvím oken je hlavním důvodem, proč můžeme v mnoha případech v letním období vypnout topení i ve studených klimatických oblastech.

## „Energetická náročnost stávající budovy by se mohla zhoršit, kdybychom odstranili okna“

### Příklad: Energetická náročnost domu bez oken

Porovnali jsme energetickou náročnost budovy z hlediska vytápění s budovou bez oken. Budova se nachází v Berlíně. Následující tabulka ukazuje výsledky pro čtyři různé stavební epochy. Výpočty byly provedeny v softwaru BSim.

	GGL 59	GGL 65G	Bez oken
Nízkoenergetická budova (2020)	25 kWh/m <sup>2</sup>	20 kWh/m <sup>2</sup>	20 kWh/m <sup>2</sup>
Novostavba (2005)	61 kWh/m <sup>2</sup>	56 kWh/m <sup>2</sup>	61 kWh/m <sup>2</sup>
Stávající budova (1980)	87 kWh/m <sup>2</sup>	82 kWh/m <sup>2</sup>	93 kWh/m <sup>2</sup>
Stávající budova (1940)	146 kWh/m <sup>2</sup>	143 kWh/m <sup>2</sup>	162 kWh/m <sup>2</sup>

U budoucí novostavby je energetická náročnost domu bez oken stejná jako u domu s okny, což znamená, že množství tepla ze slunce je stejně velké jako tepelné ztráty okny způsobené.

U stávajících budov platí, že dům s okny má menší energetickou náročnost než dům bez oken.

#### 5.4.6 Důsledky budoucích požadavků na lepší energetickou náročnost

Současné trendy v evropské i národní legislativě ukazují pokračující důraz na energii ve stavebních předpisech, což znamená, že minimální požadavky na energetickou náročnost novostaveb i rekonstruovaných budov budou stále přísnější.

#### Studené klimatické oblasti

Jak jsme viděli v kapitole 5.3.2, závisí energetická bilance oken na budově, ve které jsou okna instalována. V kapitole 5.4.5 jsme uvedli příklad, kolik tepla lze ročně získat ze slunce ve stávající bu-

dově v severní Evropě. U budovy s nízkou energetickou náročností jsou nízké tepelné ztráty a lze tedy využít menší část tepla ze slunce.

V budovách s nízkou energetickou náročností budeme u oken klást důraz spíše na nízkou hodnotu  $U_w$  než na vysokou hodnotu  $g$ .

Příklad ukazuje, že relativní úspora při použití trojskel je největší u nízkoo energetických budov, zatímco u stávajících budov jsou úspory jen malé.

#### Příklad: Význam trojskel v budovách s nízkou energetickou náročností

Předchozí příklad ukázal vliv použití dvoj- resp. trojskel v Berlíně v domě typickém pro čtyři různá období výstavby. V následující tabulce je uvedeno relativní snížení spotřeby v důsledku použití trojskel ve srovnání s dvojskly.

	Nízkoenergetická budova (2020)	Novostavba (2005)	Stávající budova (1980)	Stávající budova (1940)
Relativní snížení spotřeby energie na vytápění	17%	7%	6%	2%

#### **Pamatujte si**

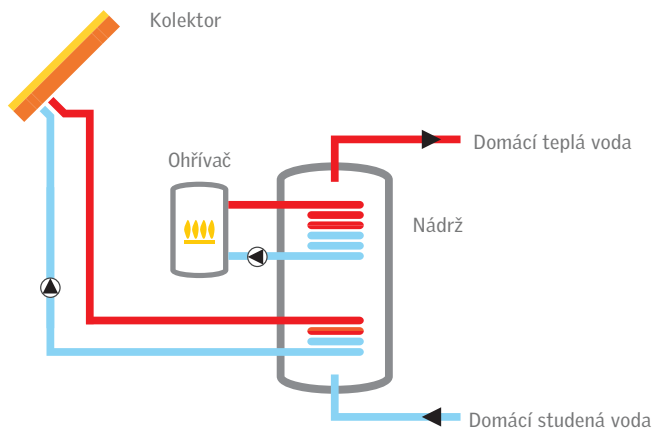
U budov s nízkou energetickou náročností vzrůstá význam hodnoty  $U$  oproti významu hodnoty  $g$ , protože v nízkoo energetických budovách lze využít menší množství tepla ze slunce.



### 5.4.7 Dodávka energie z obnovitelných zdrojů s použitím solárních termálních systémů

V předchozích kapitolách o energii jsme probírali způsoby, jak lze snížit spotřebu energie na vytápění a chlazení prostor díky využití optimální kombinace oken a příslušenství. Tato kapitola se zaměřuje na možnosti využití bezplatné, obnovitelné energie ze slunce k pokrytí části zbývající spotřeby energie v dané budově.

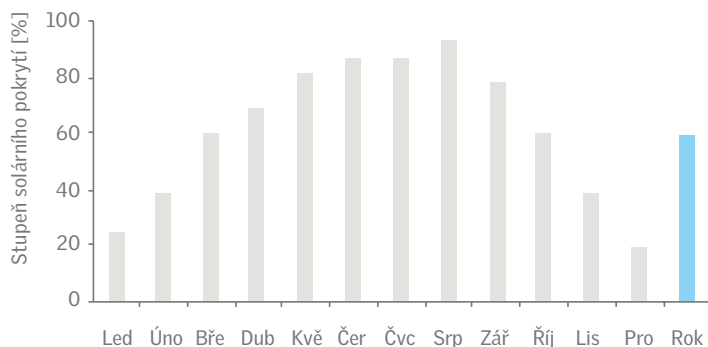
Solární termální systémy lze využít k dodávce solární energie pro vytápění místností a ohřev domácí teplé vody. Využití solární energie snižuje spotřebu energie z konvenčních zdrojů, což znamená, že solární termální systém přispívá ke snížení emisí skleníkových plynů. Jediné režijní náklady spojené se solárními termálními systémy představuje elektřina na pohon čerpadel a řídicího systému, což ročně odpovídá asi 80 kWh.



Obrázek 5.7: Schéma solárního termálního systému pro ohřev domácí teplé vody.

Solární termální systém vyrábí energii, jestliže svítí slunce. Energie se ukládá v nádrži na vodu, jejíž objem postačí na zásobu domácí teplé vody na 1–2 dny. U typické rodiny je objem nádrže 200 až 300 litrů. Solární kolektory o optimální ploše pokryjí spotřebu domácí teplé vody v budově v letních měsících. V méně slunečných obdobích roku bude solární termální systém také vyrábět energii. Když energii vyrobenou během

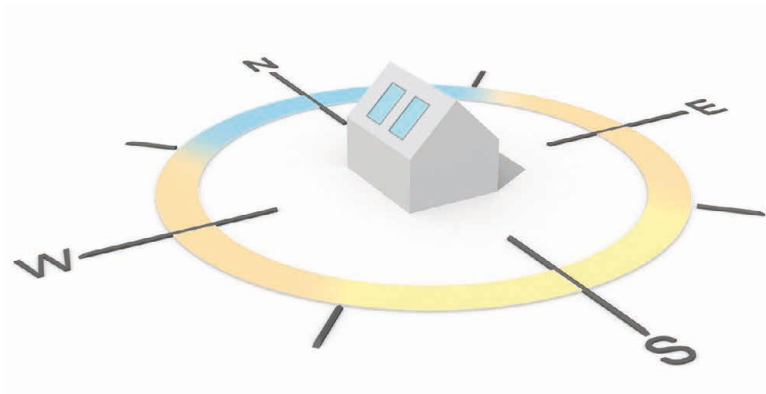
celého roku podělíme spotřebou teplé vody v budově, získáme číslo, které se nazývá stupeň solárního pokrytí (solar fraction) a vyjadřuje, jak velká část spotřeby domácí teplé vody je pokryta solárním termálním systémem. Systémy jsou konstruovány tak, aby zajistily stupeň solárního pokrytí mezi 60 a 75%.



Obrázek 5.8: Příklad stupně solárního pokrytí podle měsíců v Londýně ve Velké Británii. Stupeň solárního pokrytí je v létě téměř 90% a celoroční hodnota je 60%.

### ! Pamatujte si

Solární kolektory mohou pokrýt až 75% spotřeby energie na ohřev domácí teplé vody.



Plocha solárních kolektorů vhodná pro daný dům závisí na intenzitě slunečního záření v dané lokalitě. Roční přísun energie ze slunce v jižní Evropě je asi o 50% vyšší než v severní Evropě. Solární kolektory dosahují nejvyšší energetické výkonnosti, jestliže jsou instalovány na střeše orientované na jih se

sklonem 45°. Výkonnost kolektorů instalovaných při jiném sklonu nebo orientaci ale může být i tak blízká optimu. Energetická výkonnost kolektorů orientovaných k jihu, jsou-li instalovány v téměř horizontální poloze, je 91%, jak ukazuje následující tabulka.

	Jih	Jihovýchod nebo jihozápad	Východ nebo západ
Sklon 15°	91%	89%	82%
Sklon 30°	96%	92%	82%
Sklon 45°	100%	95%	81%
Sklon 60°	101%	96%	79%
Sklon 75°	98%	98%	75%
Sklon 90°	91%	91%	69%

Tabulka ukazuje relativní energetickou výkonnost solárního kolektoru v závislosti na sklonu a orientaci. Kolektory orientované na jih se sklonem 45° mají relativní výkonnost 100%. Kolektory orientované na jihovýchod při sklonu 60° mají relativní výkonnost 96%.

## 5.5 Úhrnem o energii

Dnešní energetické systémy jsou závislé na fosilních palivech. K dispozici jsou alternativní obnovitelné zdroje; pouze slunce samo o sobě poskytuje planetě Zemi 1 500krát více energie, než kolik se jí za rok spotřebuje.

Budovy představují 40 % spotřeby energie v Evropské unii. Cílem národní i evropské legislativy je tento podíl snižovat a zároveň zvyšovat podíl obnovitelných zdrojů v energetických systémech.

Okna mají významný vliv na celkovou spotřebu energie v budově, protože zajišťují po celý rok přísun denního světla a využitelného tepla ze slunce; u oken ale zároveň dochází i k tepelným ztrátám.

Energetická bilance okna charakterizuje okno z hlediska spotřeby energie a umožňuje volbu správného okna a lepší porovnání různých typů oken než samotné hodnoty U a g. Sluneční stínění zlepšuje u okenních systémů hodnotu U i g; se systémem VELUX ACTIVE Climate Control jej lze dynamicky ovládat a optimalizovat tak jeho funkci.

Okna jsou energeticky úsporným zdrojem denního světla a při posuzování oken z hlediska energie je třeba do výpočtu zahrnout právě i denní světlo.

Energeticky úsporné ventilace lze u novostaveb dosáhnout s využitím kombinace přirozené a mechanické ventilace, protože přirozená ventilace je nejúspornější řešení pro podstatnou část roku. V letním období přirozená ventilace účinně zabraňuje přehřívání

# Životní prostředí

The background of the page is a light, textured surface, possibly a wall or paper, with soft shadows of leaves and branches cast across it from the left side. The shadows are dark and create a sense of depth and natural environment.

## Nástroje pro ochranu životního prostředí

---

Pojem životní prostředí v kontextu této knihy označuje zastavěné území, v němž se odehrávají lidské činnosti a které může mít řadu podob od husté zástavby až po individuální obydlí. Pod životní prostředí spadá velké množství subjektů, z nichž každý má svůj specifický účel, a je co do obsahu a využití obvykle velmi složitý. V této kapitole se budeme snažit nabídnout přehled nejobvyklejších aspektů životního prostředí spolu se stručným úvodem do této problematiky.

## 6.1 Posuzování životního cyklu

Podstatou posuzování z hlediska životního prostředí je snaha identifikovat dopady dané věci na životní prostředí během celé její životnosti, tj. od prvních surovin až po likvidaci. Tento proces se nazývá posuzování životního cyklu (Life Cycle Assessment – LCA).

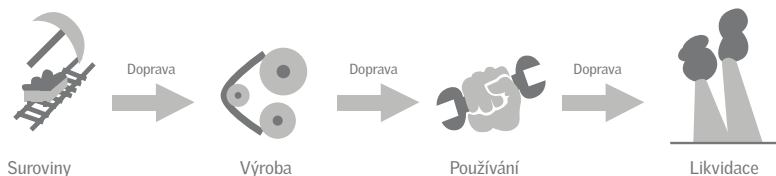
Prvním krokem cyklu je výroba surovin; po ní následuje vlastní výroba. Další fází je používání produktu a nakonec jeho likvidace. Likvidace může znamenat i recyklaci nebo opětovné použití celého produktu nebo jeho částí. Mezi všemi fázemi cyklu hraje roli faktor dopravy, který je nutno do posuzování životního cyklu také zahrnout.

Výsledkem procesu LCA je souhrn informací o globálních, regionálních a lokálních dopadech produktu na životní prostředí, spotřebě energie z obnovitelných i neobnovitelných zdrojů a spotřeba přírodních zdrojů.

Posuzují se následující aspekty [89]:

### Globální

- **Potenciál globálního oteplování (ekvivalent kg CO<sub>2</sub>)**  
vyjadřuje, nakolik dané množství skleníkových plynů (oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), oxid dusný (N<sub>2</sub>O) a celá řada plyných sloučenin fluoru (HFC, PFC, SF<sub>6</sub>) přispívá ke globálnímu oteplování. Jednotkou potenciálu globálního oteplování je ekvivalent kg CO<sub>2</sub>, což znamená, že potenciál všech skleníkových plynů je převáděn na ekvivalent CO<sub>2</sub>.
- **Potenciál poškození ozónové vrstvy (ekvivalent kg R11)**  
vyjadřuje poškození ozónové vrstvy způsobené antropogenními emisemi halokarbonů, např. CFC.



Obrázek 6.1: Jednotlivé fáze v LCA.

## Regionální

---

- **Potenciál zakyselení (ekvivalent kg SO<sub>4</sub>)**  
je proces probíhající v půdě a vodě způsobený spalováním látek s obsahem síry.
- **Potenciál eutrofikace (ekvivalent kg NO<sub>3</sub>)**  
dusík vypouštěný ze zemědělských provozů a procesů spalování může vést mimo jiné k velkému rozšíření vodních řas.
- **Potenciál tvorby přízemního ozónu (ekvivalent kg ethenu)**  
vyjadřuje emise „těkavých organických látek“ (VOC), které reagují s NO<sub>x</sub> pocházejícími převážně ze zplodin automobilů. Pro tuto reakci se používá i známější pojem smog.

## Lokální

---

- **Ekotoxicita půdy a vody (m<sup>3</sup> půdy a vody)**  
vyjadřuje toxické účinky vypouštěné chemické látky, která způsobuje poškozování nebo i úplnou biologickou likvidaci životního prostředí.
- **Toxicita vzduchu, půdy a vody pro člověka (m<sup>3</sup> vzduchu, půdy a vody)**  
vyjadřuje toxické účinky akumulované v ekosystémech, např. ryby vystavené působení těžkých kovů. V následujícím textu jsou stručně popsány metody posuzování prostřednictvím uhlíkové stopy a C2C.

## Uhlíková stopa

---

„Uhlíková stopa“ je podmnožina procesu LCA, ve které jsou posuzovány emise skleníkových plynů (např. CO<sub>2</sub>). Tato hodnota vyjadřuje množství skleníkového plynu vypouštěného v důsledku naší činnosti, např. dopravy. „Uhlíková stopa“ se udává v tunách nebo kilogramech ekvivalentních CO<sub>2</sub> a dělí se na stopu primární a sekundární. Primární stopa pochází z výroby energie a dopravy, sekundární stopa z používání produktu [90].

## C2C (Cradle to Cradle)

---

Proces LCA popisuje typický produkt od okamžiku výroby až do likvidace; v posledních letech se ale rozšířil jiný způsob uvažování o problematice životního prostředí, který se nazývá C2C (Cradle to Cradle – od kolébky do kolébky). Jeho hlavní myšlenka spočívá v tom, že nemůžeme nadále žít na planetě Zemi, jestliže nesnížíme množství odpadů a nepřestaneme používat fosilní paliva a vypouštět problematické chemické látky. Základní filozofie vychází ze tří principů udržitelnosti:

1. Odpad je nutno považovat za potravu/surovinu pro další produkt.
2. Je nutno využívat energie z obnovitelných zdrojů.
3. Je nutno chránit diverzitu. Produkty navrhované s přístupem C2C budou mít neutrální nebo pozitivní dopad na životní prostředí. Přestože byl přístup C2C formulován už před několika lety, je jeho využití pro vývoj a výrobu produktů stále v začátcích [91].



## 6.2 Posuzování budov z hlediska životního prostředí

Všechny metody posuzování popsané v této kapitole pracují s několika úrovněmi udržitelnosti a v důsledku toho i s několika úrovněmi certifikace.

### 6.2.1 LEED (USA)

---

LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) je americký systém, který potvrzuje, že daná budova je navržena na základě snahy dosáhnout minimální spotřeby energie a vody, volby materiálů s malým dopadem na okolní prostředí, snížení emisí CO<sub>2</sub> a dobrých vnitřních klimatických podmínek stejně jako ochrany přírodních zdrojů a citlivosti vůči dopadům na tyto zdroje. Systémem LEED lze posuzovat jak komerční, tak obytné budovy, a to během celého jejich životního cyklu od návrhu přes výstavbu a provoz až k údržbě. Systém LEED se používá i mimo USA [92].

### 6.2.2 BREEAM (Velká Británie)

---

BREEAM (Building Resource Establishment Environmental Assessment Method) je britský systém velmi podobný systému LEED. V systému BREEAM se využívá školených hodnotitelů, kteří projekt posuzují, a výchozím bodem hodnocení je „nejlepší praxe“. Systém BREEAM je zaveden ve Velké Británii, kde musí být všechny nové veřejné budovy podle tohoto systému certifikovány; používá se ale i mimo Velkou Británii [93].

### 6.2.3 DGNB (Německo)

---

DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) je relativně nový německý systém, který zachází ještě dále, protože se v jeho rámci posuzuje několik dalších aspektů a je ve svém přístupu důkladnější než systémy LEED a BREEAM. Technická komise TC350 v CEN, normalizačním orgánu EU, vytváří nové normy pro posuzování budov a DGNB využívá jejich nejnovějších výsledků jako výchozího bodu. Systém DGNB například bere v úvahu i energii vynaloženou na výrobu surovin pro daný stavební prvek [94].

### 6.2.4 Passivhaus (Německo)

---

Koncept Passivhaus existuje v Německu již od 90. let 20. století; byly z něj odvozeny cílové hodnoty pro požadavky na vytápění, těsnost a celkovou spotřebu energie v budovách. Budova kromě toho nevyužívá konvenční systém vytápění. Koncept Passivhaus je systém certifikace; výpočty roční spotřeby energie na vytápění, ohřev teplé vody a elektřinu pro domácnost jsou posuzovány vůči požadovaným hodnotám [95].

## 6.2.5 Active House (aktivní dům)

---

Koncept aktivního domu je nová vize, kterou lze uplatnit jak pro nové, tak rekonstruované budovy, ať už obytné, kancelářské nebo veřejné. Koncept aktivního domu stanovuje cílový rámec navrhování a rekonstrukce budov, které pozitivně přispívají k lidskému zdraví a pohodě tím, že kladou důraz na vnitřní i venkovní prostředí a spotřebu energie z obnovitelných zdrojů.

Aktivní dům se posuzuje na základě interakce mezi spotřebou energie, vnitřními klimatickými podmínkami a dopadem na životní prostředí.

Společnost VELUX Group je jedním z tvůrců vize aktivního domu [96].

## 6.2.6 Systémy ekologického hodnocení budov ve světě

---

Existuje celá řada systémů posuzování budov; zde uvádíme některé z nich, o kterých jsme se dosud nezmínili:



Japonsko: CASBEE



Austrálie: Nabers / Green Star



Čína: GB Evaluation standard for green building



Finsko: PromisE



Francie: Care & Bio, Chantier Carbone, HQE



Itálie: Protocollo Itaca



Nizozemsko: BREEAM Netherlands



Nový Zéland: Green Star NZ



Portugalsko: LiderA



Španělsko: VERDE



Švýcarsko: Minergie



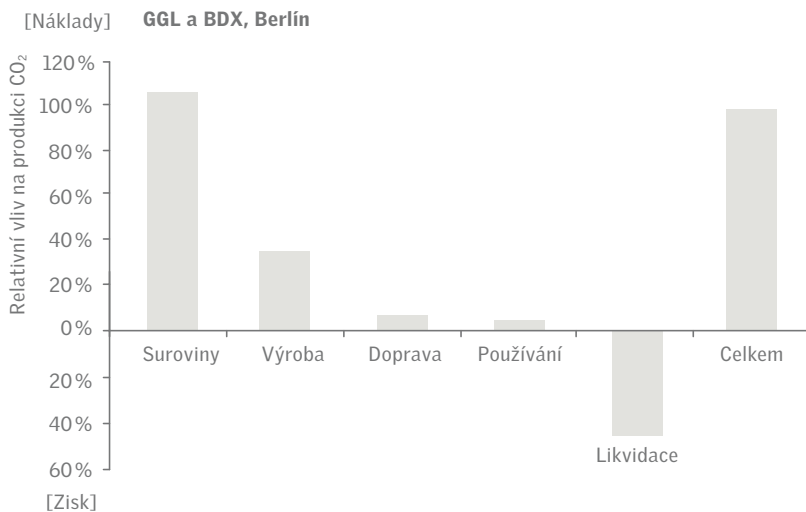
USA: Green Globes

## 6.3 Posuzování životního cyklu u stavebních produktů

### 6.3.1 Model procesu LCA společnosti VELUX

Společnost VELUX Group vytvořila model procesu LCA pro produkty značky VELUX, který lze použít pro spolehlivé hodnocení LCA. Vstupními parametry modelu jsou materiály použité pro výrobu produktu a jejich množství použité pro daný produkt. Součástí hodnocení je i scénář pro fázi používání produktu včetně lokality, kde je okenní systém instalován, a režimu využívání budovy.

Příkladem otázky, na kterou posouzení LCA může odpovědět, je například volba použití interní nebo externí žaluzie jejich dopadu na životní prostředí. Nebo jaký je dopad daného výrobku VELUX v určité instalaci a způsobu použití. Obrázek 6.2 ukazuje, příklad vlivu GGL s zateplovací sadou BDX v budově v Berlíně na produkci CO<sub>2</sub>.



Obrázek 6.2: Vliv systému GGL a BDX instalovaného v Berlíně na produkci CO<sub>2</sub>.

### 6.3.2 Certifikační systémy ochrany lesů

Dva nejdůležitější certifikační systémy ochrany lesů jsou PEFC a FSC. Cílem programu PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification) je podporovat udržitelné lesní hospodářství prostřednictvím nezávislých certifikátů využívání lesních zdrojů vydávaných třetí stranou. FSC (Forest Stewardship Council) je mezinárodní síť, jejímž účelem je propagovat odpovědné lesní hospodářství po celém světě.

Výrobní závody společnosti VELUX byly jedny z prvních, které začaly uplatňovat nové normy přijaté v rámci programů FSC a PEFC na podzim roku 2004, a některé z našich továren uspěly při získávání certifikátů FSC a/nebo PEFC už v samém roce 2004.

To znamená, že nyní jsme schopni doložit, že většina našich oken pochází z certifikovaných továren. Všechny továrny, v nichž se vyrábí okna značky VELUX, jsou ve vlastnictví společnosti VELUX Group; máme tedy pod kontrolou celý proces od okamžiku, kdy dřevo opustí pilu dodavatele, až po vlastní výrobu okna v továrně.

Naše továrny certifikované v rámci programů FSC nebo PEFC jsou kontrolovány nezávislou třetí stranou, která průběžně ověřuje, že dodržujeme požadavky norem FSC a PEFC [97, 98].



## 6.4 Úhrnem o životním prostředí

Analýza životního cyklu (LCA) slouží k posuzování dopadů daného produktu na životní prostředí ve fázi suroviny, výroby, používání, likvidace a dopravy. Výsledkem úplného procesu LCA je soubor informací o globálních, regionálních a environmentálních dopadech produktu, např. o emisích skleníkových plynů včetně CO<sub>2</sub>. Dopad produkce CO<sub>2</sub> se někdy nazývá uhlíková stopa a je obvykle udáván v tunách nebo kilogramech ekvivalentních CO<sub>2</sub>.

Zatímco proces LCA se týká životního cyklu daného produktu „od kolébky do hrobu“, jiný model posuzování nazývaný C2C (Cradle to Cradle – od kolébky do kolébky) jde ještě dál. Základní myšlenka systému C2C se liší od principu LCA; hlavní rozdíl spočívá v tom, že odpady se považují za zdrojové materiály pro další produkt.

Systémy hodnocení budov byly vyvíjeny na úrovni jednotlivých států a již začala práce na evropské normě. V dnešní době existuje několik systémů, např. LEED (USA), BREEAM (Velká Británie), Passivhaus (Německo) a další. Nejdůležitějším systémem je systém DGNB (Německo), který byl zahrnut do pracovní verze budoucí evropské normy.

Existují i komplexnější koncepty a vize, jako je např. „aktivní dům“, které berou v úvahu spotřebu energie, vnitřní klimatické podmínky i dopady na okolní prostředí.

Společnost VELUX Group vytvořila model procesu LCA pro produkty značky VELUX; tento model lze v konkrétním případě použít i k určení dopadů produktů na životní prostředí včetně dopadů z hlediska produkce CO<sub>2</sub>.

Od roku 2004 uplatňuje společnost VELUX Group certifikační systémy ochrany lesů FSC a PEFC, čímž se zavazuje k propagaci udržitelného lesního hospodářství.



# Simulační nástroje



## Simulační nástroje

---

Společnost VELUX Group vytvořila simulační nástroje pro posuzování energetické náročnosti budov, které umožňují demonstrovat vliv produktů značky VELUX na denní osvětlení, spotřebu energie a vnitřní energetické podmínky v budovách.



Tyto nástroje byly použity k vytvoření většiny příkladů v této knize. Vybrané příklady použité v této knize jsou k dispozici i na našich webových stránkách.

## 7.1 VELUX Daylight Visualizer

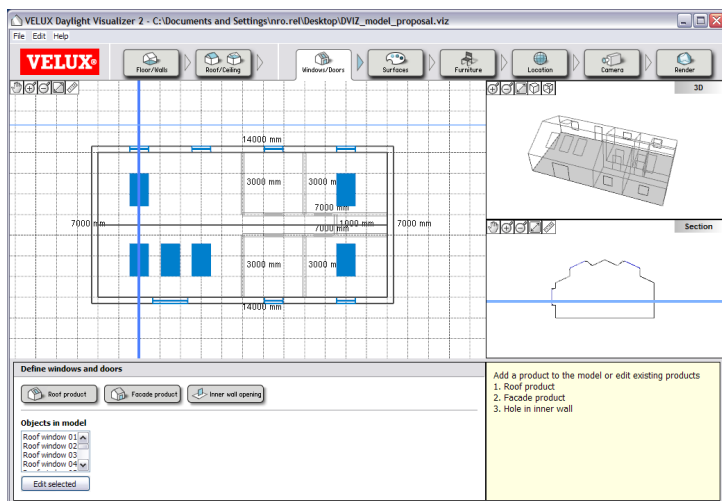
VELUX Daylight Visualizer je jednoduchá aplikace pro navrhování a analýzu denního osvětlení. Slouží k zobrazení vlivu produktů značky VELUX na denní osvětlení a k propagaci využívání denního světla v budovách tím, že umožňují předpovídat intenzitu denního osvětlení a vzhled interiéru ještě před návrhem budovy.

Aplikace VELUX Daylight Visualizer je vybudována na ověřené softwarové osvětlovací technologii DALI od společnosti LUXION Aps [99, 100].

## Intuitivní uživatelské rozhraní

Díky intuitivnímu uspořádání uživatelského rozhraní je aplikace snadno ovladatelná a přístupná. Proces simulace byl rozdělen do jednotlivých kroků, které jsou pro lepší orientaci uživatele zobrazeny na liště v horní části obrazovky. V každém kroku používá uživatel jednoduché operace s myší, výběr z nabídek a zadávání číselných hodnot.

Uživatelské rozhraní aplikace VELUX Daylight Visualizer je jednoduché a snadno ovladatelné, ať už v ní vytváříte svůj vlastní 3D model pro analýzu denního osvětlení nebo model importujete z jiné aplikace, např. AutoCAD.



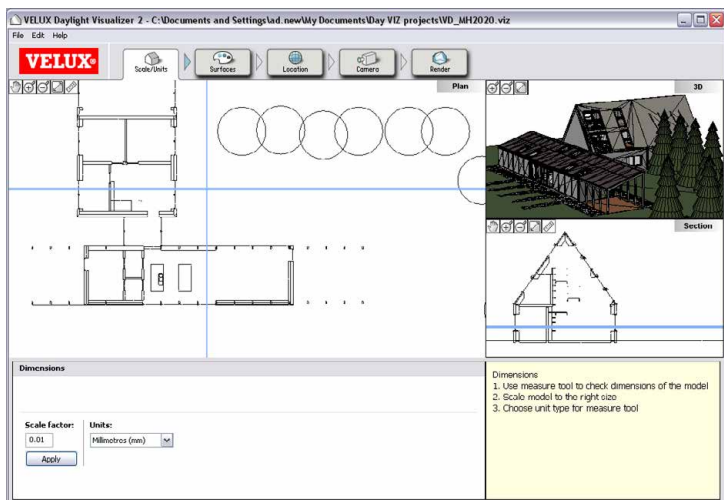
Obrazek 7.1: Snímek obrazovky z uživatelského rozhraní softwaru pro 3D modelování.

## 3D modeler

3D modeler umožňuje rychlou tvorbu 3D modelů s volným vkládáním střešních a fasádních oken. Operace používané při modelování, jako např. vkládání oken, jsou automatizovány a zjednodušeny tak, aby umožňovaly snadnou tvorbu 3D modelů širokému spektru uživatelů.

## 3D importér

3D importér umožňuje import 3D modelů vytvořených v jiných CAD programech, čímž zjednodušuje pracovní postupy a zajišťuje flexibilitu, pokud jde o geometrii modelů. Modely lze importovat z formátů OBJ, DWG, DSF a SKP.

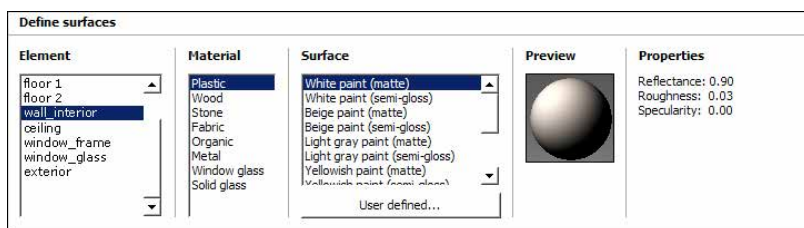


Obrázek 7.2: Snímek obrazovky z uživatelského rozhraní 3D importéru se zobrazeným projektem VELUX MH2020.

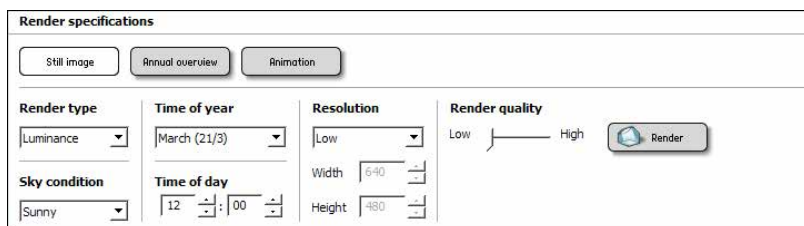
## Předdefinovaná nastavení

Aplikace VELUX Daylight Visualizer využívá předdefinovaných nastavení, která zjednodušují přiřazení vlastností modelu a simulace a zajišťují použití

platných vstupních parametrů. Níže uvedené údaje ukazují přiřazení předdefinovaných vlastností povrchu a parametrů vykreslování.



Obrázek 7.3: Snímek obrazovky ukazující přiřazení předdefinovaných povrchů.



Obrázek 7.4: Snímek obrazovky ukazující parametry vykreslování.

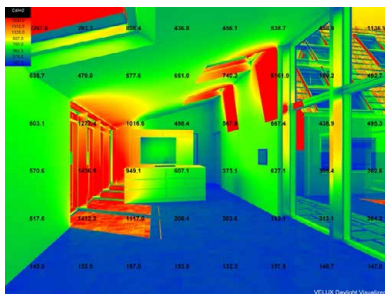
## Výsledky

Aplikace Daylight Visualizer 2 využívá všeobecně používané metriky a ukazatele výkonnosti pro vyhodnocení dostupnosti a kvality denního osvětlení v budovách včetně intenzity osvětlení (lux), svítivosti ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) a koeficientu denního osvětlení (%); tyto veličiny jsou vysvětleny v kapitole 1.6. Simulaci lze provádět

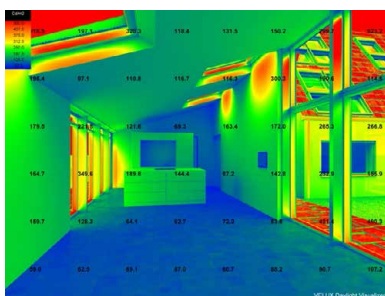
ve formě statických obrázků nebo průběžných animací.

Výsledky simulace lze vizualizovat, analyzovat a ukládat pomocí prohlížeče výstupů, v němž můžete přiřazovat vykresleným obrázkům falešné barvy nebo kontury ISO a odečítat hodnoty jednotlivých pixelů.

## Svítilnost

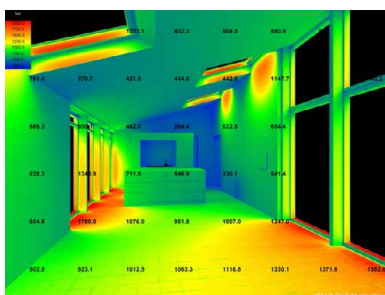


Obrázek 7.5: Vyhodnocení svítivosti v domě VELUX MH2020 při slunečné obloze.



Obrázek 7.6: Vyhodnocení svítivosti v domě VELUX MH2020 při zatažené obloze.

## Intenzita osvětlení



Obrázek 7.7: Vyhodnocení intenzity osvětlení v domě VELUX MH2020 při zatažené obloze.

## Koeficient denního osvětlení



Obrázek 7.8: Snímek obrazovky z vyhodnocení koeficientu denního osvětlení v prohlížeči výsledků v aplikaci VELUX Daylight Visualizer.

## 7.2 VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer

Aplikace VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer slouží k navrhování a posuzování obytných budov prostřednictvím komplexního přístupu k dennímu osvětlení, vnitřním klimatickým podmínkám a spotřebě energie [101]. Důraz je zde kladen na vliv produktů značky VELUX a v potaz jsou brány všechny informace nutné k podrobné simulaci energetické náročnosti budovy.

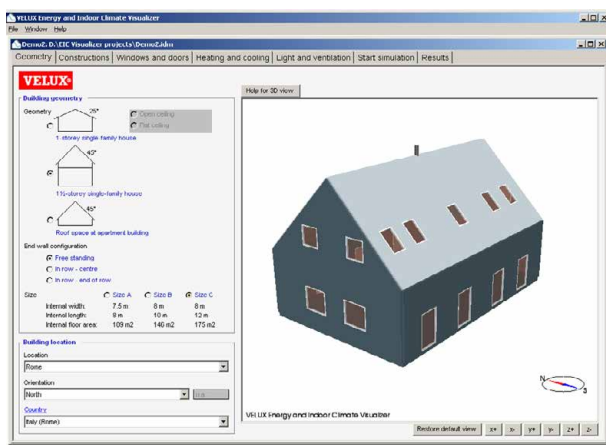
Aplikace EIC Visualizer je vybudována na ověřené technologii IDA ICE od společnosti EQUA Simulation AB [102, 103, 104, 105].

### Intuitivní uživatelské rozhraní

Aplikace má intuitivní uživatelské rozhraní, v němž se lze pohybovat pomocí sedmi záložek, které poskytují přehled kroků, které je třeba v rámci simulace provést. Model budovy je zobrazen jako 3D zobrazení, kterým lze otáčet.

U všech vstupních hodnot je k dispozici výchozí hodnota, která odpovídá obytné budově. To znamená, že je nutné upravit pouze vstupní hodnoty specifické pro daný projekt, ne všechny vstupní hodnoty.

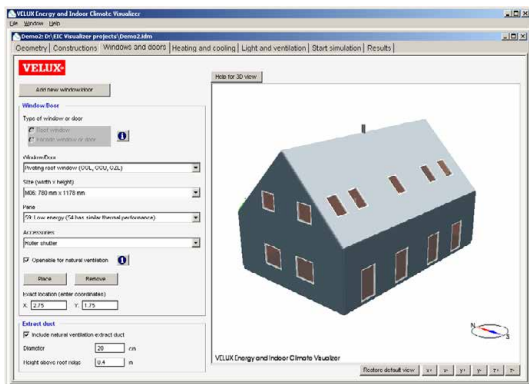
Uživatelské rozhraní podporuje integrovaný pracovní postup. Obrázek 7.9 ilustruje začátek procesu, kdy je nutno definovat geometrii domu. Pro snadné a rychlé vytvoření modelu jsou k dispozici předdefinované tvary budov; ve verzi 2.0, která bude uvedena nejspíše



Obrázek 7.9: Geometrii budovy lze snadno vybrat ze 3 předdefinovaných tvarů.

na podzim roku 2010, bude dále možné importovat jakýkoli 3D model domu. Po vytvoření základního tvaru a kon-

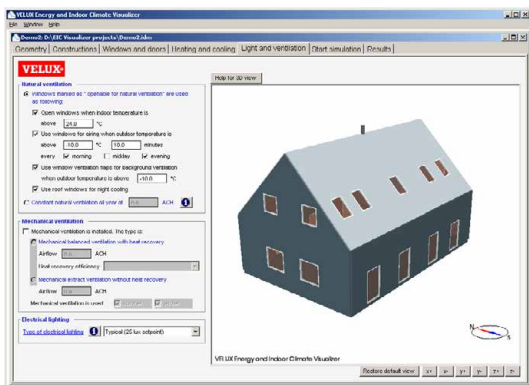
strukce lze přidat okna a dveře a širokou škálu výrobků VELUX, tj. střešní okna a příslušenství, jak ukazuje obrázek 7.10.



Obrázek 7.10: Okna lze vkládat kamkoli a s jakoukoli kombinací výplně, typu, rozměrů a příslušenství.

Po zadání geometrie domu a umístění oken je třeba zadat ovládací prvky vytápění, osvětlení, klimatizace a ventilace. Obrázek 7.11 ukazuje ovládací prvky

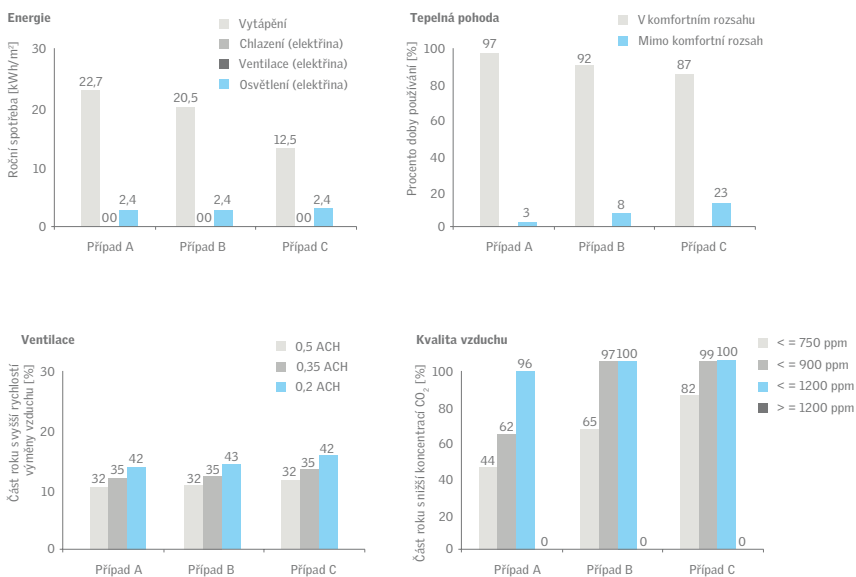
ventilace, kde můžete volit z široké nabídky typických ovládacích prvků přirozené ventilace.



Obrázek 7.11: Možnosti ovládaní přirozené ventilace představují typické využití oken pro ventilaci. Důraz se klade na udržení dobré kvality vnitřního ovzduší a prevenci přehřívání.

## Výsledky

Výsledná zpráva ukazuje přehled hlavních výsledků. Ve zprávě lze porovnat výsledky z několika modelů, které jsou relevantní pro optimalizaci návrhu. Do zprávy lze doplnit další doporučení a pokyny, které mohou pomoci při interpretaci výsledků. Výsledná zpráva je rozdělena na části týkající se spotřeby energie, tepelné pohody, ventilace a kvality ovzduší.

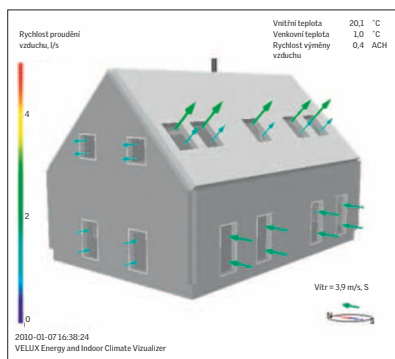


Obrázek 7.12: Příklad výsledků pro 3 případy, které byly porovnány ve zprávě z aplikace VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer



## Animace proudění vzduchu při ventilaci

Vzduch proudící okny při přirozené ventilaci lze vizualizovat pomocí celoroční animace. Průtok vzduchu je znázorněn barevnými šipkami, jejichž velikost a barva představuje velikost a směr proudění.

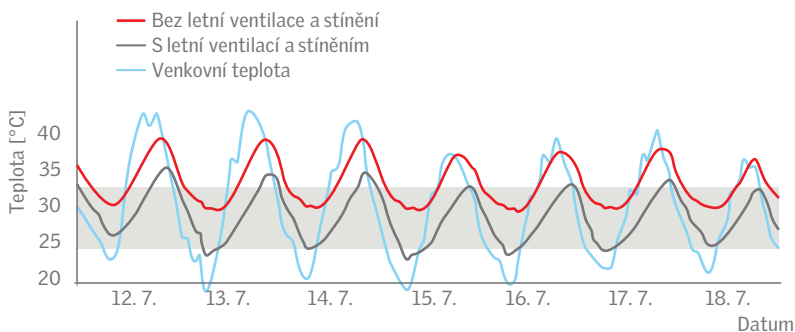


Obrázek 7.13: Příklad animace proudění vzduchu při přirozené ventilaci.

## Vizualizace tepelné pohody

Při vyhodnocování tepelné pohody se bere v úvahu skutečnost, že lidé se dokáží adaptovat na vysoké venkovní teploty, jak jsme ukázali v kapitole 3.3. Teplotu uvnitř domu určenou z několika modelů lze zobrazit v grafu, kde je tep-

lotní rozsah tepelné pohody znázorněn jako plný pás v pozadí. Teplotní rozsah tepelné pohody se bude během roku měnit v závislosti na venkovní teplotě a z grafu lze snadno vyčíst, kdy dojde k přehřívání. Graf lze použít k návrhu opatření, která přehřívání omezí.



Obrázek 7.14: Vyhodnocení teploty uvnitř domu podle normy EN 15251.

## 7.3 Použití simulačních nástrojů pro vyhodnocení charakteristik budovy

Simulační nástroje VELUX Visualizer společně slouží k vyhodnocování a optimalizaci charakteristiky budov z hlediska denního osvětlení, spotřeby energie a vnitřních klimatických podmínek; nejde o optimalizaci jednotlivých prvků, ale o komplexní přístup.

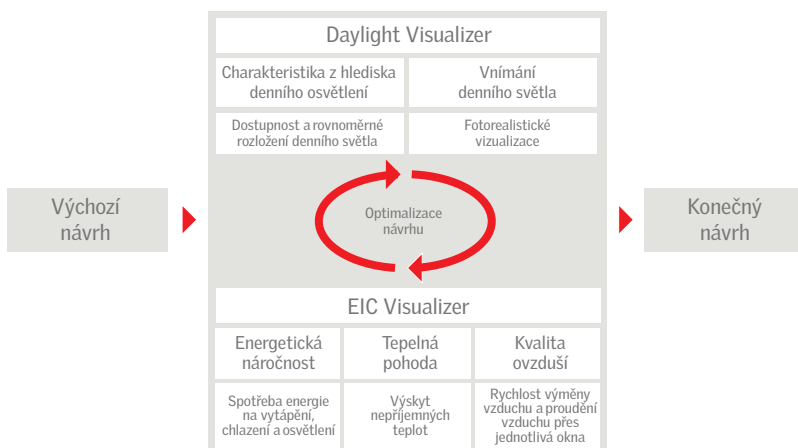
Velmi důležité je provést první vyhodnocení návrhu již ve velmi rané fázi procesu navrhování; architekti a projektanti musí při navrhování spolupracovat a průběh celého procesu je třeba neustále přizpůsobovat pomocí výstupů ze softwaru Visualizer. Takový proces bude neustále zaměřen na klíčové ukazatele výkonnosti a pomůže zajistit, aby návrh budovy byl kvalitní a vyvážený z hlediska denního

osvětlení, spotřeby energie, tepelné pohody a kvality vnitřního ovzduší.

Prvním krokem v tomto procesu je úvodní vyhodnocení charakteristik z hlediska denního osvětlení, spotřeby energie a vnitřních klimatických podmínek. Podaří-li se v návrhu identifikovat slabá místa, je možné navrhnout zlepšení, jejichž vliv lze opět vyhodnotit v softwaru VELUX Visualizer.

Proces simulace v softwaru VELUX Visualizer tedy zpravidla probíhá tak, že vyhodnotíme výchozí návrh budovy spolu s několika dalšími možnými variantami; výsledkem je pak konečný návrh budovy.

V rámci procesu tedy je tedy software VELUX Visualizer použit několikrát, což vede ke konečnému návrhu s dobrými charakteristikami; viz obrázek 7.15.



Obrázek 7.15: Integrovaný proces navrhování, ve kterém byl použit software VELUX Visualizer k vyhodnocení a optimalizaci návrhu budovy.

## 7.4 Případová studie

Následující příklad ukazuje, jak lze použít aplikace Daylight Visualizer a Energy and Indoor Climate Visualizer k vyhodnocení a optimalizaci charakteristik obytné budovy z hlediska denního osvětlení, přirozené ventilace, tepelné pohody a spotřeby energie.

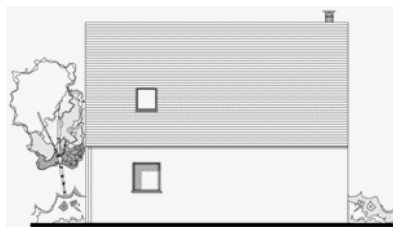
### 7.4.1 Popis projektu

Šetření bylo provedeno pro jednopatrový dům pro jednu rodinu v Paříži ve Francii. K vytvoření simulačních modelů byly použity technické výkresy domu poskytnuté zákazníkem. Byly použity okenní výplně s následujícími parametry:

Okenní sklo  
( $\tau_v$ : 0,77,  $g$ : 0,60,  $U$ : 1,4 W/m<sup>2</sup>K)



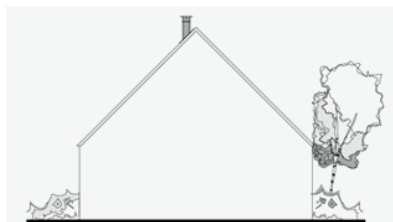
Jižní bokorys



Severní bokorys

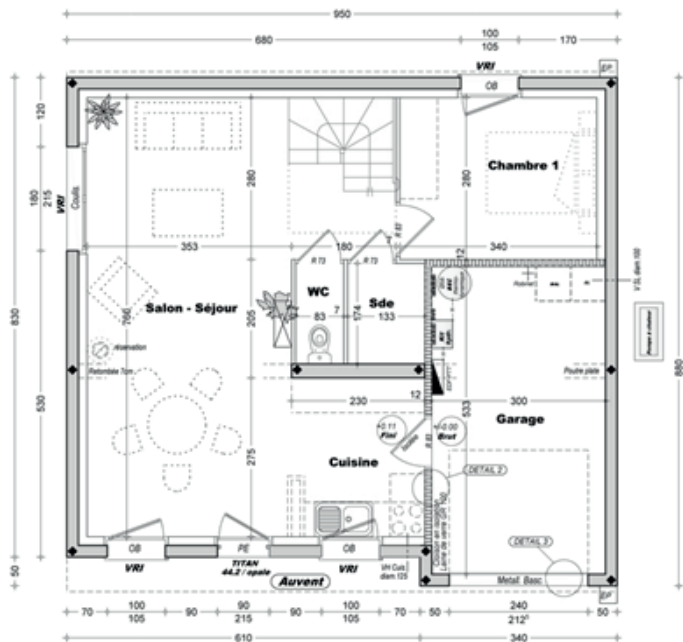


Západní bokorys

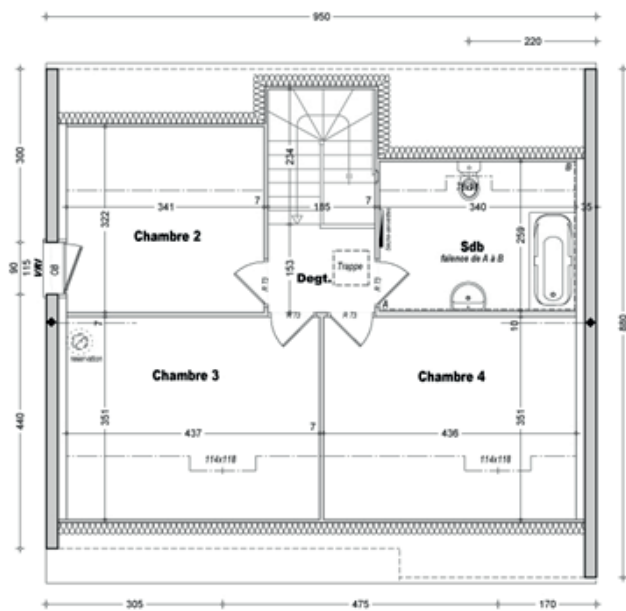


Východní bokorys

Obrázek 7.16: Technické výkresy výchozího návrhu.



Prizemie



První patro

Obrázek 7.17: Technické výkresy výchozího návrhu.

## 7.4.2 Analýza denního osvětlení ve výchozím návrhu

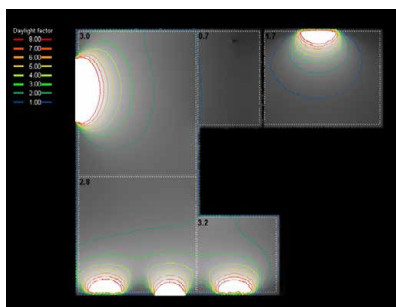
### Výchozí návrh z hlediska koeficientu denního osvětlení

Na obrázcích 7.18 a 7.19 vidíte hodnoty koeficientu denního osvětlení (DF) v domě s výchozím rozmístěním oken.

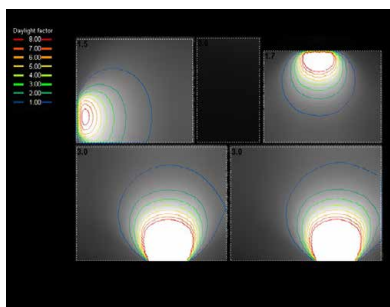
Výsledky ukazují, že v přízemí se průměrná hodnota DF pohybuje v rozmezí od 0,7% u paty schodiště do 3,2% v prostoru kuchyně. Hodnoty DF vypočtené pro horní podlaží byly poměrně nízké, od 0% na vrcholu schodiště do 3,0% v ložnicích orientovaných na jih.

## Hlavní závěry

- Denní osvětlení v přízemí: málo světla, v některých prostorách nepřijatelné.
- Denní osvětlení v patře: málo světla, v některých prostorách nepřijatelné.
- Doporučujeme přidat střešní okna v prvním podlaží.



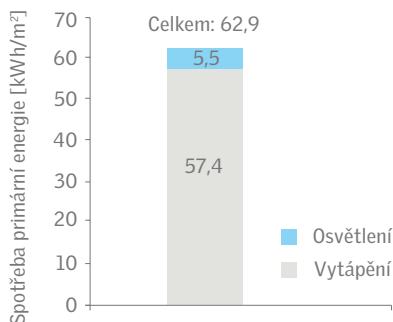
Obrázek 7.18: Simulace koeficientu denního osvětlení v přízemí (výchozí návrh).



Obrázek 7.19: Simulace koeficientu denního osvětlení v patře (výchozí návrh).

### 7.4.3 Analýza výchozího návrhu z hlediska spotřeby energie a vnitřních klimatických podmínek

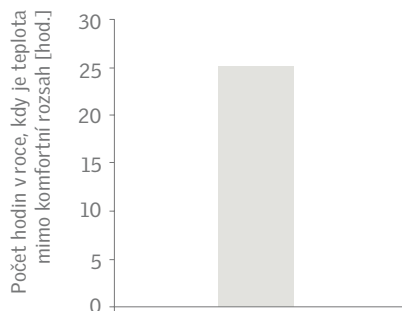
Energetická náročnost se posuzuje z hlediska spotřeby energie na vytápění a osvětlení.



Obrázek 7.20: Energetická náročnost výchozího návrhu.

Výsledky uvedené na obrázku 7.20 ukazují, že celková spotřeba energie v domě je 62,9 kWh/m². Tato hodnota splňuje očekávání zákazníků.

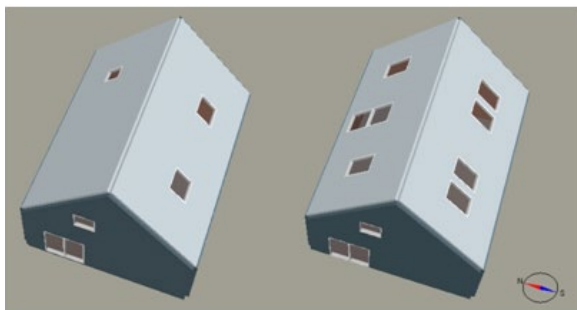
Výsledky uvedené na obrázku 7.21 ukazují, že 25 hodin v roce bude teplota mimo komfortní rozsah. Tato situace je přijatelná a splňuje očekávání zákazníků.



Obrázek 7.21: Charakteristiky výchozího návrhu z hlediska tepelné pohody.

## 7.4.4 Analýza nového návrhu z hlediska denního osvětlení

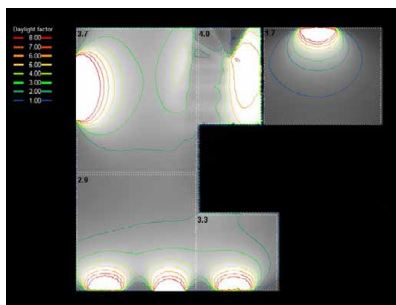
Nový návrh s použitím více střešních oken v prvním patře byl vypracován na základě závěrů analýzy výchozího návrhu z hlediska denního osvětlení.



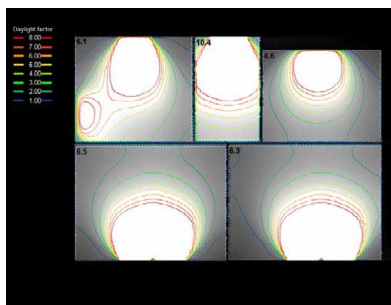
Obrázek 7.22: Model výchozího návrhu (vlevo) a nový návrh (vpravo).

## Koeficient denního osvětlení u nového návrhu

Obrázky 7.23 a 7.24 ukazují hodnoty DF vypočtené pro dům s novým rozmístěním oken.



Obrázek 7.23: Simulace koeficientu denního osvětlení v přízemí (nový návrh).



Obrázek 7.24: Simulace koeficientu denního osvětlení v patře (nový návrh).



Výsledky ukazují, že hodnota DF v přízemí u paty schodiště se podstatně zlepšila, zatímco průměrná hodnota DF se zvýšila z 0,7 % na 4,0 %; v prostoru obývacího pokoje se průměrná hodnota DF zvýšila ze 3,0 % na 3,7 %. Přidání střešních oken v prvním patře dále zajistilo velké zvýšení přísunu denního světla do všech místností na tomto patře a umožnilo dosáhnout průměrné hodnoty DF ve výši 5 % a více; viz tabulku 7.25.

## Hlavní závěry

- Denní osvětlení v přízemí: dobré, přidání střešních oken vedlo k podstatnému zlepšení přísunu denního světla do nejtemnějšího rohu přízemí a pomohlo zvýšit koeficient denního osvětlení v obývacím pokoji. Nárůst denního osvětlení u paty schodiště vyvažuje světlo přicházející od dvoukřídlových dveří ve fasádě.
- Denní osvětlení v prvním patře: velmi dobré, přidání střešních oken umožnilo dosáhnout průměrné hodnoty DF více než 5 % ve všech místnostech s výjimkou koupelny, kde je DF = 4,6 %. Původně zcela temný prostor schodiště je nyní velmi dobře osvětlen denním světlem.

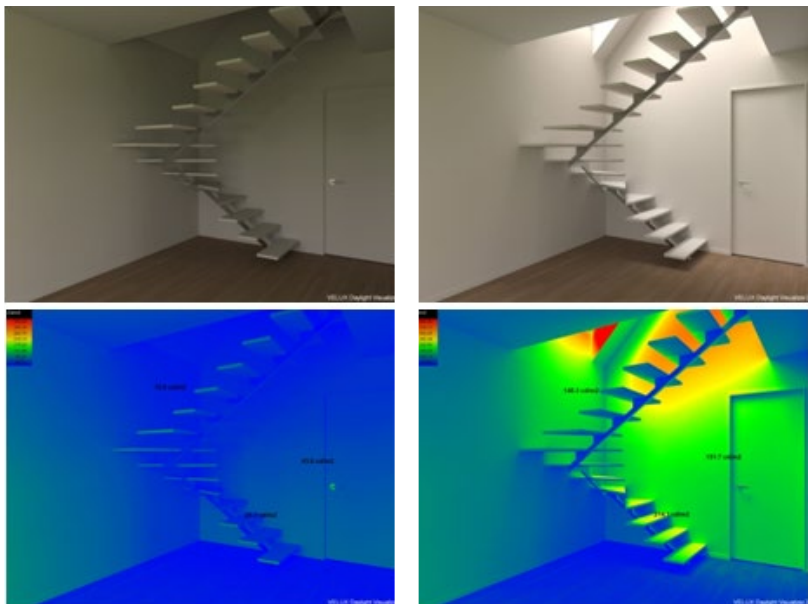
	Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 5
Výchozí návrh	1,5%	0,0%	1,7%	3,0%	3,0%
Nový návrh	6,1%	10,4%	4,6%	6,5%	6,3%

Tabulka 7.25: Koeficient denního osvětlení v prvním patře, srovnání výchozího a nového návrhu.

## Porovnání svítivosti

Obrázek 7.26 ukazuje srovnání úrovní svítivosti vypočtených pro prostor schodiště se střešními okny a bez nich; ukazuje se, že přidání střešních oken umožňuje dramatické zlepšení přísunu denního světla v tomto prostoru domu.

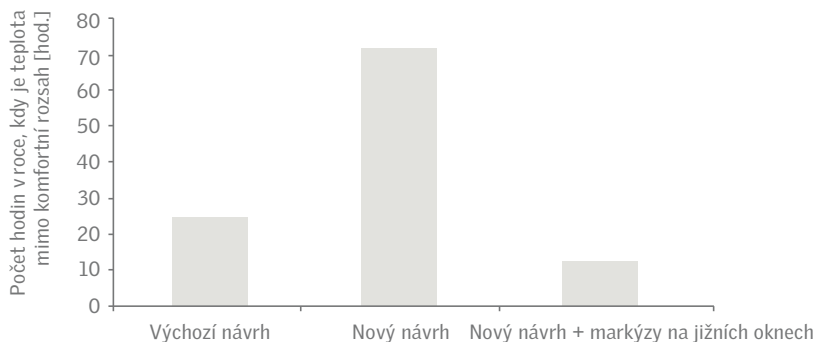
Pro zobrazení vzhledu denního osvětlení v místnosti lze použít fotorealistické vykreslení, zatímco pro objektivní porovnání úrovně svítivosti lze využít obrázky ve falešných barvách.



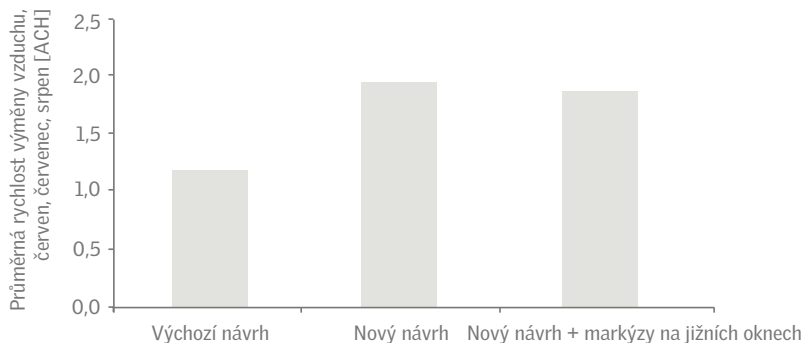
Obrázek 7.26: Porovnání svítivosti se střešními okny (vpravo) a bez střešních oken (vlevo).

### 7.4.5 Analýza nového návrhu z hlediska energie a vnitřního klimatu

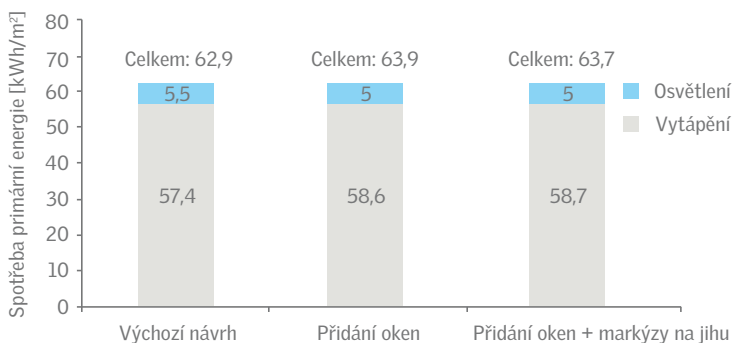
Výsledky analýzy nového návrhu jsme porovnali s výchozím návrhem. Uvažovali jsme dvě varianty nového návrhu: s použitím markýz na střešních oknech orientovaných na jih a bez nich.



Obrázek 7.27: Charakteristika z hlediska tepelné pohody u výchozího návrhu v porovnání s novým návrhem s použitím markýz na jižní straně a bez nich.



Obrázek 7.28: Charakteristika přirozené ventilace u výchozího návrhu v porovnání s novým návrhem s použitím markýz na jižní straně a bez nich.



Obrázek 7.29: Energetická náročnost výchozího návrhu v porovnání s novým návrhem s použitím markýz na jižní straně a bez nich.

Obrázek 7.27 ukazuje nárůst počtu hodin mimo komfortní rozsah u nového návrhu bez markýz. S použitím markýz je ale tepelná pohoda u nového návrhu lepší než u návrhu výchozího.

Obrázek 7.28 ukazuje výkonnost přirozené ventilace v letním období jako prostředku pro prevenci přehřívání. V novém návrhu je více oken, což výkonnost ventilace zvyšuje; to umožňuje i větší tepelnou pohodu.

Obrázek 7.29 ukazuje energetickou náročnost. Spotřeba energie na vytápění se lehce zvýší, ale sníží se spotřeba energie na osvětlení. Celková spotřeba primární energie se u nového návrhu ve srovnání s výchozím návrhem prakticky nezmění; nový návrh ale zajistí podstatně lepší vnitřní klimatické podmínky, lepší kvalitu vzduchu a větší tepelnou pohodu.

U nového návrhu s větším počtem střešních oken je použito sluneční stínění, které zlepšuje vnitřní klima, aniž by zvyšovalo spotřebu energie.

#### 7.4.6 Konečný návrh

---

Výsledky získané ze softwaru VELUX Visualizer ukazují, že nový návrh s větším počtem střešních oken umožňuje splnit požadavky na charakteristiku budovy z hlediska denního osvětlení, spotřeby energie a vnitřních klimatických podmínek. Přidání střešních oken a použití vhodného slunečního stínění zajistí velký nárůst v přísunu denního světla, rychlejší výměnu vzduchu prostřednictvím přirozené ventilace a menší počet hodin, kdy teplota dosáhne nepříjemných hodnot, při zachování téměř stejné celkové spotřeby energie. Ukázalo se, že střešní okna mohou podstatně zlepšit charakteristiky budovy z hlediska denního osvětlení a vnitřních klimatických podmínek, aniž by zvyšovala její spotřebu energie.



# Reference





# Reference

- [1] Technická univerzita v Berlíně, projekt NEST: *Innovative Sensor System for Measuring Perceived Air Quality and Brand Specific Odours*, Evropská komise, 2007.
- [2] United States Environmental Protection Agency: *Indoor Air Facts No. 4 (upravené vydání) Sick Building Syndrome*, 1991.
- [3] N. Baker: *Daylight inside and the world outside*, Daylight & Architecture, č. 11/2009.
- [4] P. M. Bluysen: *Understanding the indoor environment – putting people first*, Daylight & Architecture, č. 13/2010.
- [5] R. Perez: *Making the case for solar energy*, Daylight & Architecture, č. 9/2009.
- [6] P. Boyce, C. Hunter a O. Howlett: *The Benefits of Daylight through Windows*, Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, 2003.
- [7] Osram: *The new class of light*, <http://www.osram.com/>, poslední návštěva: 7. 6. 2010.
- [8] W. Lam: *Perception and Lighting as Formgivers for Architecture*, McGraw-Hill, 1977.
- [9] J. A. Veitch a A. I. Slater: *A framework for understanding and promoting lighting quality*, sborník z prvního symposia CIE ke kvalitě denního osvětlení, str. 237–241, 1998.
- [10] J. Mardaljević: *Climate-Based Daylight Analysis for Residential Buildings – Impact of various window configurations, external obstructions, orientations and location on useful daylight illuminance*, Institute of Energy and Sustainable Development, De Montfort University, 2008.
- [11] M. S. Rea: *The IESNA Lighting Handbook: Reference and application*, New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2000.
- [12] L. Edwards a P. Torcellini: *A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants*, National Renewable Energy Laboratory, U.S. Department of Energy, 2002.
- [13] C. S. Pechacek, M. Andersen a S. W. Lockley: *Preliminary Method for Prospective Analysis of the Circadian Efficacy of (Day)Light with Applications to Healthcare Architecture*, LEUKOS – The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America, sv. 5, č. 1, str. 1–26, 2008.

- [14] J. A. Veitch: *Principles of Healthy Lighting: Highlights of CIE TC 6-II's*, National Research Council Canada, 2002.
- [15] G. C. Brainard: *Photoreception for Regulation of Melatonin & Circadian System*, 5th International LRO Lighting Research Symposium, 2002.
- [16] A. Wirz-Justice a C. Fornier: *Light, Health and Wellbeing: Implications from chronobiology for architectural design*, World Health Design, sv. 3, 2010.
- [17] W. E. Hathaway, J. A. Hargreaves, G. W. Thomson a kol., *A study into the effects of light on children of elementary school age – a case of daylight robbery*, Alberta Department of Education, 1992.
- [18] A. Webb: *Considerations for lighting in the built environment: Non-visual effects of light*, Energy and Buildings, sv. 38, č. 7, str. 721–727, 2006.
- [19] C. L. Robbins: *Daylighting Design and Analysis*, New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1986.
- [20] L. Heschong, *Daylighting and Human Performance*, ASHRAE Journal, sv. 44, č. 6, str. 65–67, 2002.
- [21] J. Christoffersen, E. Petersen, K. Johnsen a kol., *SBI-Rapport: Vinduer og dagslys - en feltundersøgelse i kontorbygninger*, Danish Building Research Institute, 1999.
- [22] *Daylighting Resources – Productivity*, [http://www.lrc.rpi.edu/programs/daylighting/dr\\_productivity.asp](http://www.lrc.rpi.edu/programs/daylighting/dr_productivity.asp), poslední návštěva: 2. 6. 2010.
- [23] E. Wotton a B. Barkow: *An Investigation of the Effects of Windows and Lighting in Offices*, International Daylighting Conference: General Proceedings, str. 405–411, 1983.
- [24] L. N. Rosen, S. D. Targum, M. Terman a kol., *Prevalence of seasonal affective disorder at four latitudes*, Psychiatry Research, sv. 31, č. 2, str. 131–144, 1990.
- [25] P. D. Sloane, M. Figueiro a L. Cohen: *Light as Therapy for Sleep Disorders and Depression in Older Adults*, Clinical Geriatrics, sv. 16, č. 3, str. 25–31, 2008.
- [26] K. Johnsen, M. Dubois a K. Grau: *Assessment of daylight quality in simple rooms*, Danish Building Research Institute, 2006.

- [27] R. G. Hopkins: *Architectural Physics: Lighting*, London: Her Majesty's Stationary Office, 1963.
- [28] CIBSE, *Code for Lighting*, Oxford: Chartered Institution of Building Services Engineers, 2002.
- [29] M. Boubekri: *An Overview of The Current State of Daylight Legislation*, Journal of the Human Environmental System, sv. 7, č. 2, str. 57–63, 2004.
- [30] J. Sundell: *On the history of indoor air quality and health*, Indoor Air, sv. 14, č. 7, str. 51–58, 2004.
- [31] P. M. Bluysen: *The Indoor Environment Handbook*, RIBA Publishing, 2009.
- [32] C. Nilsson: *Air*, Swegon Air Academy, 2008.
- [33] J. Sundell: *Varför behöver vi bra ventilation?*, Nordbygg, 2004.
- [34] L. Bråbäck, A. Hjerna a F. Rasmussen: *Trends in asthma, allergic rhinitis and eczema among Swedish conscripts from farming and non-farming environments. A nationwide study over three decades*, Clinical and experimental allergy, sv. 34, č. 1, str. 38–43, 2004.
- [35] WHO, *The right to healthy indoor air*, 2000.
- [36] M. Franchi, P. Carrer, D. Kotzias a kol.: *Towards healthy air in Dwellings in Europe*, European Federation of Allergy and Airways Diseases Patients Associations, 2004.
- [37] M. Krzyanowski: *Strategic approaches to indoor air policy making*, WHO European Centre for Environment and Health, 1999.
- [38] J. Sundell: *Indoor Environment and health*, Swedish National Institute of Public Health, 1999.
- [39] P. Wargocki, J. Sundell, W. Bischof a kol.: *Dampness in Buildings and Health (NORDDAMP)*, Indoor Air, sv. 11, č. 2, str. 72–86, 2001.
- [40] Norma BS 5250: *Code of practice for control of condensation in buildings*, 2002.
- [41] J. Sundell, M. Wickman, G. Pershagen a kol.: *Ventilation in homes infested by house-dust mites*, Allergy, sv. 50, č. 2, str. 106–112, 1995.

- [42] Z. Bakó-Biró a B. W. Olesen: *Effects of Indoor Air Quality on Health, Comfort and Productivity, Overview report*, International Centre for Indoor Environment and Energy, Dánská technická univerzita, 2005.
- [43] H. M. Mathisen, M. Berner, J. Halvarsson a kol.: *Behovsstyrt ventilasjon av passivhus – Forskriftskrav og brukerbehov*, sborník z konference Passivhus Norden, 2008.
- [44] L. Öie, P. Nafstad, G. Botten a kol., *Ventilation in Homes and Bronchial Obstruction in Young Children*, *Epidemiology*, sv. 10, č. 3, str. 294–299, 1999.
- [45] O. Seppanen a W. Fisk: *Some quantitative relations between indoor environmental quality and work performance or health*, *International Journal of HVAC&R Research*, sv. 12, č. 4, str. 957 až 973, 2006.
- [46] O. Seppanen, W. Fisk a Q. H. Lei: *Ventilation and performance in office work*, *Indoor Air*, sv. 18, str. 28–36, 2006.
- [47] B. Hauge: *Antropologisk undersøgelse og analyse af betydningen af Frisk luft Udefra ind i privatboligen*, Kodaňská univerzita, 2009.
- [48] P. Wargocki, J. Sundell, W. Bischof a kol.: *Ventilation and health in non-industrial indoor environments: report from a European multidisciplinary scientific consensus meeting (EUROVEN)*, *Indoor Air*, sv. 12, č. 2, str. 113–28, 2002.
- [49] G. Bekö: *Used Filters and Indoor Air Quality*, *ASHRAE Journal*, sv. 7, vyd. březen 2009.
- [50] P. Heiselberg, *Principles of hybrid ventilation, IEA Annex 35*, Aalborg University, 2002.
- [51] P. Foldbjerg, T. F. Asmussen a K. Duer: *Hybrid ventilation as a cost-effective ventilation solution for low energy residential buildings*, sborník konference Clima 2010, 2010.
- [52] Danish Enterprise and Construction Authority – The Danish Ministry of Economic and Business Affairs: *Stavební předpisy*, 2008.
- [53] CEN, EN 15251: *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings*, 2007.
- [54] G. Richardson, S. Eick a R. Jones: *How is the indoor environment related to asthma: literature review*, *Journal of Advanced Nursing*, sv. 52, č. 3, str. 328–339, 2005.

- [55] *Europe's Energy Portal*, [www.energy.eu](http://www.energy.eu), poslední návštěva: 8. 6. 2010. *pro německý výzkumný projekt*, Centre Scientifique et Technique du Batiment, 2010.
- [56] P. Heiselberg a M. Perino: *Short-term airing by natural ventilation – implication on IAQ and thermal comfort*, *Indoor Air*, str. 126–140, 2010. [63] N. Couillard: *Impact of VELUX Active Sun screening on Indoor Thermal Climate & Energy Consumption for heating, cooling and lighting. Případová studie pro francouzský výzkumný projekt*, Centre Scientifique et Technique du Batiment, 2010.
- [57] M. Perino a P. Heiselberg: *Short-term airing by natural ventilation – modeling and control strategies*, *Indoor Air*, č. 19, str. 357–380, 2009. [64] T. F. Asmussen a P. Foldbjerg: *Efficient passive cooling of residential buildings in warm climates*, submitted for PALENC 2010.
- [58] CEN, EN ISO 7730: *Ergonomics of the thermal environment*, 2005. [65] *Miljøstyrelsen: Tips om støj*, <http://www.mst.dk/Borger/Temaer/Fritiden/Stoej/>, poslední návštěva: 31. 5. 2010.
- [59] P. O. Fanger: *Thermal comfort*, Danish Technical Press, 1970. [66] *American Speech-Language-Hearing Association: Noise and Hearing Loss*, <http://www.asha.org/public/hearing/disorders/noise.htm>, poslední návštěva: 31. 5. 2010.
- [60] R. de Dear, G. S. Brager a D. Cooper: *Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference – RP 884*, ASHRAE, 1997. [67] *National Research Council Canada: Acoustics Principles*, <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/projects/irc/cope/principles-acoustics.html>, poslední návštěva: 31. 5. 2010.
- [61] R. de Dear a G. S. Brager: *Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference*, ASHRAE Transactions, sv. 104, č. 1, 1998.
- [62] N. Couillard: *Impact of VELUX Active Sun screening on Indoor Thermal Climate & Energy Consumption for heating, cooling and lighting. Případová studie*

- [68] ÖNORM, B 8115-2: *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz*, 2006.
- [69] CEN, EN ISO 140-3: *Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements*, CEN, 1995.
- [70] CEN, EN ISO 717-1: *Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation*, 1997.
- [71] Ministère de la Santé, *Etudes scientifiques sur la perturbation du sommeil. Bruit et santé*, 2005.
- [72] International Energy Agency, *Key World Energy Statistics*, IEA, 2009.
- [73] IPCC, *Climate Change 2007: Synthesis Report*, Change, Mezivládní panel o klimatických změnách, OSN, 2007.
- [74] Evropská komise, *Směrnice 2002/91/ES Evropského parlamentu a Rady ze 16. prosince 2002, o energetické náročnosti budov*, Evropská unie, 2002.
- [75] W. Eichhammer: *Study on the Energy Savings Potentials in EU Member States, Candidate Countries and EEA Countries*, Fraunhofer-Institute for System and Innovation Research, 2009.
- [76] VELUX Group: *VELUX Energy Terminology Guide*, 2009.
- [77] R. Marsh, V. G. Larsen, M. Lauring a kol.: *Arkitektur og energi*, Danish Building Research Institute, 2006.
- [78] J. Smeds a M. Wall: *Enhanced energy conservation in houses through high performance design*, Energy and Buildings, sv. 39, č. 3, str. 273–278, 2007.
- [79] C. Reiser, R. David, M. Faigl a kol.: *DIN 18599 – Accounting for primary energy - new code requires dynamic simulation*, Third National Conference of IBPSA USA, 2008.
- [80] British Research Establishment: *The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings*, Department of Energy and Climate Change, United Kingdom, 2009.
- [81] Danish Enterprise and Construction Authority – The Danish Ministry of Economic and Business Affairs: *Návrh dánských stavebních předpisů*, 2010.

- [82] J. Kragh, J. B. Lautsen a S. Svendsen: *Proposal for Energy Rating System of windows in EU*, Katedra stavebnictví, Dánská technická univerzita, 2008.
- [83] ISO/DIS 18292: *Energy performance of fenestration systems – Calculation procedure*, 2009.
- [84] Architectural Energy Corporation: *Daylighting Metric Development Using Daylight Autonomy Calculations In the Sensor Placement Optimization Tool – Development Report and Case Studies*, CHPS Daylighting Committee, 2006.
- [85] P. Walitsky: *Sustainable lighting products*, Philips, 2002.
- [86] Moeck, Yoon, Bahnfleth a kol.: *How Much Energy Do Different Toplighting Strategies Save?*, Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, 2006.
- [87] P. Foldbjerg, N. Roy, K. Duer a kol.: *Windows as a low energy light source in residential buildings: Analysis of impact on electricity, cooling and heating demand*, Proceedings of Clima 2010, 2010.
- [88] B. H. Philipson a P. Foldbjerg: *Energy Savings by Intelligent Solar Shading*, zasláno pro PALENC 2010, 2010.
- [89] K. Pommer a P. Bech: *Handbook on Environtal Assessment of Products*, Danish Technological Institute, 2003.
- [90] *Carbon Footprint*, <http://www.carbonfootprint.com/>, poslední návštěva: 9. 6. 2010.
- [91] *Environmental Protection and Encouragement Agency (EPEA), Internationale Umweltforschung GmbH*, <http://epea-hamburg.org/en/home.html>, poslední návštěva: 9. 6. 2010.
- [92] *U.S. Green Building Council*, <http://www.usgbc.org/>, poslední návštěva: 4. 6. 2010.
- [93] *BREEAM: the Environmental Assessment Method for Buildings Around the World*, <http://www.breeam.org/>, poslední návštěva: 4. 6. 2010.
- [94] *German Sustainable Building Council*, <http://www.dgnb.de/>, poslední návštěva: 4. 6. 2010.
- [95] *Passivhaus Institut*, <http://www.passiv.de/>, poslední návštěva: 4. 6. 2010.

- [96] *activehouse.info - network and-knowledge sharing*, <http://www.activehouse.info/>, poslední návštěva: 4. 6. 2010.
- [97] *Forest Stewardship Council*, <http://www.fsc.org/>, poslední návštěva: 4. 6. 2010.
- [98] *Caring for our forests globally*, <http://www.pefc.org/>, poslední návštěva: 4. 6. 2010.
- [99] R. Labayrade a M. Fontoynt: *Assessment of VELUX Daylight Visualizer 2 Against CIE 171:2006, Test Cases*, ENTPE, Université de Lyon, 2009.
- [100] *CIE, CIE 171:2006: Test Cases to Assess the Accuracy of Computer Lighting Programs*, CIE, 2006.
- [101] P. Foldbjerg, T. F. Asmussen, P. Sahlin a kol.: *EIC Visualizer, an intuitive tool for coupled thermal, airflow and daylight simulations of residential buildings including energy balance of windows*, sborník konference Clima 2010, 2010.
- [102] S. Kropf a G. Zweifel: *Validation of the Building Simulation Program IDA-ICE According to CEN 13791*, Hochschule für Technik + Architektur Luzern, 2002.
- [103] P. Loutzenhiser, H. Manz a G. Maxwell: *Empirical Validations of Shading/Daylighting/Load Interactions in Building Energy Simulation Tools*, International Energy Agency, 2007.
- [104] A. Matthias: *Validation of IDA ICE with IEA task 12 – Envelope BESTEST*, Hochschule Technik + Architektur Luzern, 2000.
- [105] S. Moosberger: *IDA ICE CIBSE-Validation*, Hochschule Technik + Architektur Luzern, 2007.



# Rejstřík pojmů



# Rejstřík pojmů

<b>Autonomie denního osvětlení (Daylight autonomy – DA)</b>	<b>40</b>
Parametr DA je definován jako procentuální podíl času (v rámci roku), po který je v interiéru zajištěn určitý minimální přísun denního světla (např. 500 lux).	
<b>C2C (Cradle to cradle)</b>	<b>122</b>
Model hodnocení produktů, který vychází z jiné základní myšlenky než proces LCA a staví na třech hlavních principech; jeden z nich říká, že nemůžeme dále žít na planetě Zemi, pokud nesnížíme objem odpadů.	
<b>Cirkadiánní rytmy</b>	<b>15</b>
Biologický cyklus s periodou přibližně 24 hodin (z latinských slov circa = přibližně, dies = den). Cirkadiánní rytmy nacházíme také u všech živých forem, zvířat i rostlin. Svůj vlastní geneticky definovaný cirkadiánní rytmus mají nejen základní funkce celého organismu, ale téměř každý jednotlivý orgán a dokonce každá jednotlivá buňka.	
<b>CLO</b>	<b>74</b>
Kvalita oděvu (clothing level). Izolační schopnost oděvu. [1 CLO = 0,155 m <sup>2</sup> K/W].	
<b>D</b>	<b>103</b>
Počet hodin v roce, během nichž je nutno topit. Součet teplotních rozdílů mezi vzduchem uvnitř a vně budovy za celý rok.	
<b>dB(A)</b>	<b>88</b>
Někdy se můžeme místo jednotky dB setkat s jednotkou dB(A). Výraz (A) znamená, že údaj vyjadřuje celkovou hladinu akustického tlaku (která se skládá z tlaku na mnoha jednotlivých frekvencích), která je „A-weighted“ (vážená podle vnímání hlasitosti na různých frekvencích) a odpovídá tedy lidskému vnímání zvuku.	
<b>Decibel (dB)</b>	<b>88</b>
Decibel je jednotka, která slouží k měření hladiny hlasitosti zvuku; jde o logaritmickou jednotku, která vyjadřuje poměr.	
<b>Dynamická simulace</b>	<b>82</b>
Počítačová simulace, ve které se provádí výpočty pro určitý časový interval v časových krocích, obvykle po 1 hodině. Příkladem je aplikace VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer.	
<b>Elektromagnetické spektrum</b>	<b>9</b>
Kontinuum elektrického a magnetického záření, které zahrnuje všechny vlnové délky.	
<b>Energetická bilance</b>	<b>102</b>
Poměr mezi tepelnými ztrátami a teplem získaným ze slunce pro dané okno.	

<b>Energetická náročnost</b>	<b>106</b>
Celkové energetické nároky budovy, které zahrnují vytápění, chlazení, ohřev teplé vody, elektrické osvětlení a ostatní elektrická zařízení.	
<b>Energetické nároky</b>	<b>95</b>
Potřebná energie.	
<b>Energie z obnovitelných zdrojů</b>	<b>98</b>
Energie vyrobená z obnovitelných zdrojů, jako je slunce, vítr nebo biomasa.	
<b>Hladina akustického tlaku (Sound Pressure Level – SPL)</b>	<b>93</b>
Hladina akustického tlaku je logaritmická veličina, která vyjadřuje skutečný akustický tlak. Hladina akustického tlaku se udává v dB.	
<b>Chronobiologie</b>	<b>16</b>
Chronobiologie je nauka o biologických rytmech, přesněji řečeno o vlivu 24hodinového cyklu světla a tmy a sezónních změn délky dne na biochemické a fyziologické procesy a chování živých organismů.	
<b>I</b>	<b>103</b>
Využitelné teplo ze slunce dopadající na okno; udává se v kWh/m <sup>2</sup> .	
<b>Infiltrace</b>	<b>67</b>
Nekontrolovaná ventilace vlivem netěsností pláště budovy.	
<b>Infračervené záření (IR)</b>	<b>9</b>
Elektromagnetické záření o vlnové délce větší než vlnová délka viditelného světla.	
<b>Intenzita osvětlení</b>	<b>34</b>
Intenzita osvětlení vyjadřuje množství světla dopadajícího na určitou plochu. Zpravidla se udává v luxech.	
<b>Kandela (cd)</b>	<b>36</b>
Jednotka svítivosti; 1 cd = 1 lumen na steradián (lm/sr).	
<b>Koeficient denního osvětlení (Daylight Factor – DF)</b>	<b>38</b>
Koeficient DF vyjadřuje (v podobě procentuálního podílu) množství denního světla, které je k dispozici v interiéru, ve srovnání s množstvím denního světla nezastíněného překážkami v exteriéru za standardních podmínek oblačnosti podle CIE.	
<b>Komfortní rozsah</b>	<b>74</b>
Minimální a maximální hodnota, mezi kterými se předpokládá stav tepelné pohody.	
<b>Komínový efekt</b>	<b>60</b>
Princip ventilace, který využívá stoupání teplého vzduchu.	

<b>Kvalita vnitřního ovzduší (Indoor Air Quality – IAQ)</b>	<b>45</b>
Charakteristika klimatických podmínek uvnitř budovy, která zahrnuje obsah plyných složek, teplotu, relativní vlhkost a koncentraci znečišťujících látek.	
<b>kWh</b>	<b>95</b>
Jednotka energie. Běžně se používá pro kvantifikaci spotřebované energie, např. pro účely vyúčtování energie.	
<b>kWh/m<sup>2</sup> plochy oken</b>	<b>96</b>
Jednotka energetické bilance okna.	
<b>kWh/m<sup>2</sup> podlahové plochy</b>	<b>95</b>
Celkové energetické nároky budovy na jeden m <sup>2</sup> vytápěné podlahové plochy.	
<b>Lux (lx)</b>	<b>34</b>
Jednotka intenzity osvětlení. Jeden lux je roven jednomu lumeny na čtvereční metr (lm/m <sup>2</sup> ).	
<b>Melatonin</b>	<b>15</b>
Melatonin je nejdůležitější hormon vylučovaný šišinkou; lze jej popsat jako signál vyslaný tělu, že nastává temná část dne (noc). U lidí podporuje spánek, u nočních zvířat naopak aktivitu.	
<b>MET</b>	<b>74</b>
Úroveň aktivity obyvatel budovy. Udává se v MET (zkratka pro metabolismus). [1 MET = 58,2 W/m <sup>2</sup> ]	
<b>Odrazivost povrchu</b>	<b>28</b>
Hodnota vyjadřující množství světla odráženého od daného povrchu.	
<b>Okenní systém</b>	<b>101</b>
Mluvíme-li o okenním systému, pohlížíme na okno a jeho příslušenství jako na kombinovanou jednotku. Může jít o stínící nebo jiné zařízení, které mění parametry daného okna jako celku.	
<b>Operativní teplota</b>	<b>80</b>
Teplota, která charakterizuje tepelné prostředí jako celek a lze ji porovnávat u různých případech.	
<b>Oslnění</b>	<b>13</b>
Oslnění je vjem způsobený příliš jasným světelným zdrojem nebo odrazem v zorném poli, který může působit nepříjemně a narušovat komfort nebo způsobovat zhoršení funkce zraku a viditelnosti.	

<b>Pevné částice (Particulate Matter – PM)</b>	<b>45</b>
Malé částice poletující ve vzduchu (x = aerodynamický průměr).	
<b>Počet částic/dílů na jeden milion (ppm)</b>	<b>59</b>
Výraz používaný např. k vyjádření koncentrace určitého plynu (např. CO <sub>2</sub> ) v ovzduší. 1 ppm = 1 ml v 1 m <sup>3</sup> (1 000 l)	
<b>Posuzování životního cyklu (Life Cycle Assessment – LCA)</b>	<b>121</b>
Model pro posuzování dopadů určitého procesu nebo produktu na životní prostředí.	
<b>Propustnost viditelného světla (τ<sub>v</sub>)</b>	<b>29</b>
Množství denního světla propouštěného oknem se nazývá propustnost viditelného světla (τ <sub>v</sub> ) a závisí na konstrukci okenní výplně.	
<b>Průběžný průměr</b>	<b>75</b>
Vážený průměr za určité časové období. Nejnovější období má největší váhu.	
<b>Průvan</b>	<b>72</b>
Nežádoucí místní chlazení způsobené pohybem vzduchu. Obvykle k němu dochází při rychlosti proudění vzduchu vyšší než 0,15–0,30 m/s.	
<b>Předpokládaná průměrná volba (Predicted Mean Vote – PMV)</b>	<b>80</b>
Index, který předpovídá průměrnou volbu velké skupiny, pokud jde o tepelnou pohodu. 0 je neutrální teplota, +3 znamená příliš vysokou teplotu a –3 znamená příliš chladno.	
<b>Předpokládané procento nespokojených (Predicted Percentage Dissatisfied – PPD)</b>	<b>80</b>
Kvantitativní předpověď procentuálního podílu lidí nespokojených s tepelným prostředím.	
<b>R<sub>w</sub></b>	<b>92</b>
Veličina charakterizující kvalitu zvukové izolace, která vyjadřuje schopnost snižovat úroveň hluku pronikajícího z venku do interiéru budovy. Zvukově izolační schopnost se udává v dB.	
<b>Rychlost výměny vzduchu</b>	<b>58</b>
Vyjadřuje, kolikrát za hodinu se v daném prostoru vymění vzduch. Neříká nic o účinnosti ventilace.	
<b>Sezónní afektivní porucha (Seasonal Affective Disorder – SAD)</b>	<b>18</b>
Nazývá se též zimní deprese. Porucha nálady způsobená nedostatkem denního světla v zimním období.	

<b>Spotřeba energie</b>	<b>95</b>
Energie spotřebovaná na pokrytí energetických nároků.	
<b>Střední radiální teplota</b>	<b>74</b>
Vážený průměr teploty všech okolních povrchů; váhami jsou plochy těchto povrchů.	
<b>Svitivost</b>	<b>36</b>
Svitivost je veličina vyjadřující množství světla odráženého nebo vyzařovaného z určité plochy. Zpravidla se udává $\text{cd/m}^2$ .	
<b>Syndrom nezdravých budov (Sick Building Syndrome – SBD)</b>	<b>47</b>
Pojem, který se někdy používá pro označení situací, kdy obyvatelé budovy trpí akutními zdravotními problémy a/nebo nízkým komfortem, který zřejmě souvisí s dobou strávenou v určité budově, přičemž nelze identifikovat žádnou konkrétní chorobu nebo příčinu.	
<b>Systémy hodnocení budov</b>	<b>123</b>
Systémy hodnocení, v rámci kterých jsou posuzovány různé parametry z hlediska dopadů na životní prostředí. Různé systémy hodnocení budov berou v úvahu různé parametry.	
<b>Systémy hodnocení ochrany lesů</b>	<b>126</b>
Systémy certifikace, které podporují udržitelné lesní hospodářství. Nejvýznamnějšími systémy jsou FSC a PEFC; certifikáty uděluje nezávislý certifikační orgán.	
<b>Těkavé organické látky (VOC)</b>	<b>45</b>
Látky, které se odpařují z mnoha produktů používaných pro domácí práce, údržbu a výstavbu, které obsahují organické látky.	
<b>Uhlíková stopa</b>	<b>122</b>
Emise ekvivalentního množství $\text{CO}_2$ v tunách nebo kilogramech pro určitý proces nebo produkt.	
<b>Ultrafialové záření (UV)</b>	<b>9</b>
Elektromagnetické záření o vlnové délce kratší než vlnová délka viditelného světla.	
<b>VELUX ACTIVE Climate Control</b>	<b>102</b>
Řídicí systém na principu senzorů, který slouží k řízení vnitřního a/nebo vnějšího stínícího zařízení. Součást dynamického okenního systému.	
<b>VELUX Energy Balance control</b>	<b>102</b>
Časový plán řízení vnitřních a/nebo vnějších stínících zařízení. Součást dynamického okenního systému.	

<b>Větrání</b>	<b>62</b>
Krátký časový úsek s vysokou rychlostí výměny vzduchu způsobenou otevřením oken.	
<b>Vnímaná teplota</b>	<b>80</b>
Teplota vypočtená z hodnoty PMV, která udává, jaké teplotě tato hodnota odpovídá.	
<b>Watt (W)</b>	
Jednotka energie. Často se používá k vyjádření množství energie spotřebované určitým zařízením. Příkladem je 60W žárovka nebo 200W tepelné čerpadlo.	





