

Kvalitní vzduch je nezbytný!

Asi každý z nás pozná chvíle, kdy se v místnosti už nedá vydržet. Někdy kvůli vydýchanému vzduchu, až máme pocit, že usínáme, jindy kvůli pachům, suchému vzduchu nebo nevyhovující teplotě. Všechny tyto faktory ovlivňují kvalitu našeho života, vytvářejí rušivé podněty, či přímo způsobují zdravotní potíže.

O kvalitní vnitřní prostředí u pasivních domů se stará kromě jiného systém řízeného větrání s rekuperací tepla. Mnohdy se na tento systém hledí jen z úhlu energetických zisků a z toho vycházející návratnosti systému. Proč ale nevnímat kvalitu vnitřního prostředí jako faktor ovlivňující spokojenost, výkonnost, či zdraví uživatelů? Existuje více studií přímého vlivu kvality vnitřního prostředí na výkonnost, některé z nich lze přímo přenést na ekonomické zisky. Že se jedná o nezanedbatelná čísla svědčí například studie [6] prováděná v USA. Při výzkumu se zvýšila kvalita vzduchu o 40 % a zvýšená výkonnost zaměstnanců způsobila roční úspory přes 1000 \$ na osobu. Je nutno podotknout, že odhady těchto úspor nezahrnují zisky ze snížených nákladů na zdravotní péči a sníženou absenci na pracovišti kvůli zdravotním problémům. Ty mohou činit další stovky dolarů na osobu ročně. U běžných budov s více uživateli v místnosti, jako například kancelářské budovy, školy nebo nemocnice, je možno zvýšit výkonnost zlepšením kvality vzduchu až o 5 %. Návratnost investic do zlepšení vnitřního prostředí by pak činila méně než 2 roky.

Nejde však vše přepočítávat jenom na peníze. Stejně důležité je naše zdraví, kvalita života a další aspekty, které se nás dennodenně dotýkají. Mnohdy běžné bolesti hlavy, únava nebo zhoršený spánek mají původ ve zvýšené koncentraci CO_2 , způsobené nedostatečným větráním. Nevhodná relativní vlhkost vzduchu (příliš suchý nebo příliš vlhký vzduch) má zase za následek vysoušení sliznic a negativní vliv na dýchací cesty nebo zvýšenou tvorbu mikroorganismů a plísní.

O kvalitní vnitřní prostředí pasivních domů a maximální míru komfortu pečuje systém řízeného větrání s rekuperací tepla. Dodává hygienicky potřebné množství vzduchu o pokojové teplotě (díky zpětnému zisku tepla), účinně odvětrává pachy a filtruje přiváděný vzduch od pylu a prachu. Systém odvádí přebytečnou vlhkost z problematických míst (koupelna, kuchyně), čímž v těchto místnostech zabraňuje možnému vzniku plísní. Nedochází ani k nadměrnému vysoušení vzduchu přílišným větráním, protože vyměňováno je jen minimální potřebné množství vzduchu.



Obr. 1 Nejen příjemná teplota vytváří kvalitní vnitřní prostředí pasivních domů. Dostatečné množství čerstvého vzduchu, optimální vlhkost a další faktory také napomáhají vytvoření pocitu pohodlí, komfortu a zdravého vnitřního prostředí.

V čem se vyznačuje vnitřní mikroklima pasivních domů?

- neustále čerstvý a nevýdychaný vzduch
- optimální teplota vzduchu – tepelná pohoda
- optimální vlhkost vzduchu
- omezená prašnost filtrací vzduchu
- snížená hlučnost oproti větrání okny

Současný stav

Přirozené větrání infiltrací u novostaveb a rekonstruovaných objektů je vlivem zateplení a těsných oken radikálně omezeno. Rozhodný vliv zde má míra neprůvzdušnosti objektu. Vyjadřuje, jaká část objemu vzduchu z celkového objemu domu je vyměněna za hodinu při určitém tlakovém rozdílu (podtlaku, přetlaku). Pasivní domy splňují požadavek na neprůvzdušnost $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$, tedy za hodinu se při rozdílu tlaků 50 Pa (mezi interiérem a exteriérem) vymění méně než 60% objemu vzduchu celého domu.

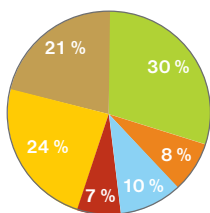
U starších objektů je ve většině případů koeficient neprůvzdušnosti n_{50} větší než 4 h^{-1} a nejsou zvláštností i hodnoty dvojnásobně vyšší. Vytápěcí systém zde vytváří, díky rozdílu teplot vnitřního a vnějšího vzduchu, vztahové síly, které přes netěsnosti účinně provětrávají celý objekt. Vnitřní mikroklima díky obvykle předimenzovaným vytápěcím systémům není, až na suchý vzduch v zimě a zvýšenou prašnost v budovách, narušeno.

U modernizovaných objektů se výměnou oken snižuje n_{50} zpravidla na $1,5 \text{ h}^{-1}$. Přirozená výměna vzduchu pak bohužel výrazně klesá až pod hodnoty $n < 0,05 \text{ h}^{-1}$, což je naprosto nevyhovující z hygienických hledisek. Při neměnné produkci vodních par do interiéru, u průměrné rodiny až 10 l/den, dochází pak k výskytu plísní s výrazně negativními důsledky pro lidské zdraví. Průvodním jevem jsou časté škody na konstrukcích (zejména na ochlazovaných místech, kde dochází ke kondenzaci vlhkosti), co nepříznivě ovlivňuje nejen jejich vzhled, ale především životnost. To ovšem nebývá případ pasivních domů, kde jsou tepelné mosty pečlivě eliminovány. Přirozené větrání okny je často zanedbáváno hlavně v zimním období, v létě zase dochází k přehřívání staveb prakticky bez možnosti přirozeného odvětrání. Proto nejen u novostaveb, ale i u komplexně rekonstruovaných objektů na standard nízkenergetického nebo pasivního domu je přímo nutností použít řízené větrání s rekuperací tepla.

Hodnocení kvality vnitřního prostředí

Pasivní domy jsou z hlediska hodnocení vnitřního prostředí specifickou skupinou. Cílem zde je vytvoření výjimečné kvality vnitřního prostředí a maximálního komfortu uživatelů. Jednotlivým složkám vnitřního prostředí je proto nutné věnovat náležitou pozornost.

Složky vnitřního prostředí



- tepelně-vlhkostní
- oděrová
- toxická
- aerosolová
- světelná
- akustická

Obr. 2 Kvalitu vnitřního prostředí ovlivňuje více faktorů. Mezi nejvýznamnější patří teplota, vlhkost vzduchu, světelná a akustická pohoda. V pasivních domech je snaha o docílení nanejvyšší kvality vnitřního prostředí a žádná z těchto složek by neměla být opomíjena.

Teplota a vlhkost

Teplota a vlhkost patří k nejdůležitějším složkám pro zajištění kvalitního vnitřního prostředí z hlediska zdraví a spokojenosti lidí, ale i vztahu k životnosti stavebních materiálů, budov, technologií, atd.

Způsob vnímání tepla je obsáhle a podrobně teoreticky popisován v odborné literatuře. Zjednodušeně se používá rovnice, která pro člověka vyjadřuje pocit tělesné pohody a vychází z průměru teploty vzduchu t_v v obývaném prostoru a střední teploty povrchů t_p , které tento prostor obklopují:

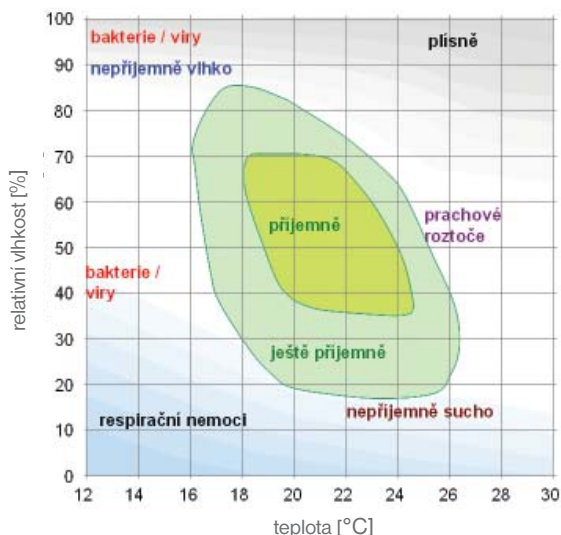
$$18 \div 20 = t_0 = 0,5 (t_v + t_p)$$

Další doporučené hodnoty pro obytné stavby:

parametry	topné období	letní období
operativní (výsledná) teplota vzduchu t_0 [°C]	18–24	20–28
rychlost proudění vzduchu w_a [m/s]	$\leq 0,1$	0,1–0,2
rozdíl teplot ve výši 1,7 a 0,1 m [°C]	≤ 3	≤ 3
relativní vlhkost vzduchu r_h [%]	40–60	40–60
teplota podlahy t_p [°C]	19–28	–

U pasivních domů jsou díky kvalitní izolaci obvodových stěn povrchové teploty stěn téměř shodné s teplotou vzduchu. Rozdíl teplot v různé výšce eliminuje také větrací systém, který pomalu provětrává místnosti. Při použití kvalitního zasklení pak není nutné ani zbytečně zvyšovat teplotu vzduchu nad 20°C.

Zajistit optimální teplotu budov nebývá složité. O mnoho větší problémy se však vyskytují při dosahování vyhovující relativní vlhkosti. Hygienicky doporučovaná vyšší relativní vlhkost vzduchu v rozsahu 40 až 60 %, zabráňující vysychání sliznic, totiž může v nevětraném prostoru vést až ke vzniku plísní s nebezpečnými zárodky patogenních spór. Důsledkem je pak zvýšená nemocnost obyvatel, časté nevolnosti, alergie, záněty průdušek, dýchací potíže, bolesti kloubů a nervové potíže.



Obr. 3 Diagram vlivu teploty a relativní vlhkosti na komfort a případné riziko zhoršení kvality vnitřního prostředí.

Výrazně suchý vzduch s relativní vlhkostí nižší než 30% zase způsobuje nepříjemné vysychání sliznic dýchacích cest, což je spojeno také se zvýšeným rizikem nemocí z nachlazení. Lidé si pak často stěžují na suchou a svědicí pokožku.

Mezi nejdůležitější faktory ovlivňující relativní vlhkost vzduchu patří vnitřní produkce vodních par a výměna vzduchu – intenzita větrání. Hlavní zdroje vlhkosti v budovách jsou uvedeny v tabulce:

zdroj vlhkosti	produkce vodní páry
metabolismus člověka	50–250 g/hod/os (dle druhu činnosti)
koupelny	700–2500 g/hod
kuchyně	600–1500 g/hod
sušení prádla	200–500 g/h/5kg
pokoje rostliny (20 ks)	500–1000 g/den

Příliš vlhký vzduch

V některých případech dosahuje celková denní produkce vodní páry až více než 10 kg na jeden byt. Nárazové zvýšení vlhkosti může být pohlaceno stavebními materiály a postupně odvětrána vzduchotechnickým systémem, případně odvedena větráním okny. Je-li větrání omezeno, tedy výměna vzduchu je menší jako $0,1 \text{ h}^{-1}$, relativní vlhkost vzduchu snadno stoupá nad 80 %. V těsných prostorech jakými je již většina novostaveb, může takový případ běžně nastat.

Příliš suchý vzduch

Opačný případ nastává, je-li výměna vzduchu vysoká, zejména při nízkých venkovních teplotách $t_e < -5^\circ\text{C}$, kdy má venkovní vzduch menší celkový obsah vody. V praxi to znamená, že když vzduch o teplotě -10°C má relativní vlhkost 90 %, po ohřátí na 20°C je jeho relativní vlhkost už jenom 13%. To vysvětluje, proč nadměrné větrání může vést k vysušování vzduchu, což je nejmarkantnější při velmi nízkých venkovních teplotách.



Obr. 4 Hliněné omítky s velkou příměsí jílu jsou schopny díky vysoké sorpční schopnosti přijímat značné množství vlhkosti a tím přirozeně regulovat vlhkost v interiéru. Zpětně ji pak uvolňují beze změny vlastností materiálu a napomáhají tak zdravému vnitřnímu prostředí.

Mnohdy je snížení relativní vlhkosti považováno za „problém větrací jednotky“. Tato skutečnost je však ve většině případů způsobena přílišnou výměnou vzduchu, a to zejména chybným nastavením větracího systému. V minulosti byla spíše doporučována větší výměna vzduchu $0,5$ až $0,8 \text{ h}^{-1}$, aby se zabránilo kondenzaci vlhkosti na chladnějších místech a následnému vzniku plísní. Tato rizika u pasivních domů nehrozí. Díky vysokým povrchovým teplotám konstrukcí nedochází ke kondenzaci ani při relativní vlhkosti 65 %. Při obvyklých zdrojích vlhkosti v bytech je třeba dimenzovat objemový proud venkovního vzduchu na 20 až 30 m^3 na osobu a hodinu. Tím se i v zimě udržuje relativní vlhkost vnitřního vzduchu v domě v příjemném rozsahu.

Pouze v extrémních případech, se zvláště nízkou obsazeností obytné plochy (velký dům nebo byt s malým počtem obyvatel) a tím i nižším přirozeným zvlhčováním vnitřního vzduchu, se vlhkost vzduchu v místnostech příliš snižuje už při pouhé hygienicky nezbytné výměně vzduchu $0,25$ – $0,3 \text{ h}^{-1}$. V těchto případech mohou pomoci přidavné zdroje vlhkosti v obytných místnostech (květiny, fontánka a pod.), nebo zvlhčovače vzduchu. Jinak obecně platí rada udržovat byty pokud možno bez prachu, častěji luxovat vysavačem s filtrem na jemný prach, abychom vzduch nepocítovali jako „příliš suchý“.

Další možností, jak udržet správnou hladinu vlhkosti vzduchu, jsou speciální rekuperační nebo regenerační výměníky, které z odpadního vzduchu zpětně získávají vedle tepla také část vlhkosti. Membránou výměníku prochází vlhkost podobně jako sportovními oděvy propustnými pro vodní páry, které transportují tělesnou vlhkost zevnitř ven. Přirozeně se zde udržuje optimální vlhkost, ale pachy a mikroorganizmy kvůli většímu rozměru molekul membránou neprocházejí. Taktéž vysoký obsah soli v membráně zabraňuje množení mikroorganismů.



Obr. 5 Větrací jednotka se zpětným získáním vlhkosti. Díky speciální membráně zajišťuje optimální vlhkost vzduchu bez porušení hygienické kvality vzduchu.

Mikroby

Vážným problémem se dnes stávají alergické syndromy způsobené sporami různých druhů, plísněmi a pylovými částicemi. Hlavními nositeli mikroorganismů jsou kapalné aerosoly a pevné aerosoly (prachy).

Ve filtrech vzduchotechniky se zachycují především prachové částice, ale i všechny druhy mikroorganismů, které se při silném zašpinění, případně i vlnutí filtrů mohou rozmnožovat a pronikat zpětně do větracího vzduchu. Je proto velmi důležitá pravidelná kontrola a výměna filtrů v závislosti na druhu prostředí. Výměna filtrů by měla být proto pravidelná (alespoň 2x ročně), nejen v případě silného mechanického znečištění. Rozvody vzduchu by také měli být navrhovány s ohledem na snadnou čistitelnost. Ohebné hadice s harmonikovým vnitřkem jsou z tohoto pohledu nevhodné.

Dosud nejúčinnějším způsobem, jak snížit mikrobiální koncentrace v budovách je dokonalé větrání s přívodem kvalitního venkovního vzduchu. Dále lze výhodně použít deodorisaci vzduchu proti hmyzu jako přenašeči mikrobů rozprašováním slabého roztoku oleje z himalájského cedru, antibakteriálně působí také další éterické oleje (např. myrha, eukalyptus, citrus, santalové dřevo).



Obr. 6 Problémy způsobené nedostatečným větráním mohou mít neblahé účinky nejen na konstrukce domu, ale i na jeho uživatele. Roztoče, plísně a další mikroby způsobují alergie a zvýšenou nemocnost obyvatel.

Prašnost

Domovní prach, zvláště biologické částice s velikostí pod 1 mikrometr jsou hlavní příčinou postižení astmatem. Zahřívání vzduchu nad 55 °C způsobuje rozpad prachových částic a u teplovzdušného vytápění nesmí být tato hodnota překračována.

Značný vliv na prašnost může mít i použitý stupeň filtrace. Za vyhovující se považuje stupeň F7. Prachové částice o velikosti 1 mikrometru jsou zachycovány u filtrů G4 s účinností 6 %, u filtrů F7 až s 87% účinností. Důležitá je i pravidelná kontrola kanálů a výměna prachových filtrů alespoň dvakrát ročně.

Vůně a zápachy

Vůně a zápachy, nebo i další plyny nacházející se v ovzduší jsou nazývány odéry. Mimo běžné odéry spojené s lidskou činností jako kouření, příprava jídel a pod. se dnes vyskytují v interiérech i další jako styreny, formaldehydy, odpady z nátěrů a jiné. Jejich účinné odvětrávání je pro kvalitu vnitřního prostředí zásadní.

Nejběžnější a nejvýznamnější plyny a odéry jsou CO₂ a antropotoxiny – tělesné pachy, vznikající v interiéru při pobytu lidí, které jsou obecně indikátorem kvality vnitřního vzduchu. Zejména u objektů s vyšší obsazeností – školy, kanceláře je časté překračování koncentrace CO₂ i několikanásobně oproti doporučeným hodnotám. Výsledkem je slabé okysličování mozku a s tím spojená únava, snížená koncentrace, produktivita a v některých případech i ohrožení zdraví jedinců. Jako kritérium se udává hodnota koncentrace 0,10% CO₂ (tzv. Pettenkoferovo kritérium 1000 ppm), pro odstranění pocitu vydýchaného vzduchu z produkce tělesných oděrů pak 0,07% CO₂. Zásadním způsobem lze kvalitu odérového mikroklimatu v budovách ovlivnit jejich dostatečným větráním.

Se zkušeností ověřená a ve světě uznávaná je hodnota 25 m³/hod čerstvého venkovního vzduchu na jednu osobu pro odvedení běžných tělesných pachů. Kvalitní regulace pomocí CO₂ čidel může pomoci snížit objem větraného vzduchu a současně zabezpečit požadovanou kvalitu vzduchu.

Kvalitu vnímaného vzduchu však mohou negativně ovlivnit i další škodliviny, produkované vybavením interiéru budov, které jsou označovány jako těkavé organické látky. Jedná se například o karcinogenní formaldehyd, organická rozpouštědla, ftaláty a další. Vybavení velice často obsahuje karcinogenní retardéry hoření, které jsou ve všech běžných kobercích, pohovkách ale i běžné elektronice. Některé okrasné, trvale rostoucí pokojové rostliny mohou významně snížit hladinu oděrů

v interiérech od acetonu, benzenu, CO, formaldehydu. Jedná se především o filodendron, azalku, lilii, dieffenbachii, dračinec atd.

Toxické plyny

Mezi toxické plyny, které ohrožují naše zdraví, patří zejména oxidy síry SO_x, oxidy dusíku NO_x, oxid uhelnatý CO, ozón O₃, smog, formaldehyd atd. V interiéru budov je zdravotně nejzávažnějším plynem oxid uhelnatý CO vznikající při nedokonalém spalování fosilních paliv, které je způsobeno nevyhovujícím přívodem vzduchu, špatným odtahem, únikem svítiplynu a kouřením. Při dlouhodobém vystavení tomuto plynu může dojít až k chronické otravě s poruchami paměti a psychiky.

Obdobně vzniká ve špatně nebo cirkulačně větraných kuchyních s plynovými sporáky zvýšená až dvojnásobná koncentrace oxidu dusíku NO₂. Oxid dusičitý má přitom prokazatelně karcinogenní účinky. Z tohoto důvodu nelze pro pasivní domy doporučit instalaci plynových spotřebičů s otevřeným spalováním.

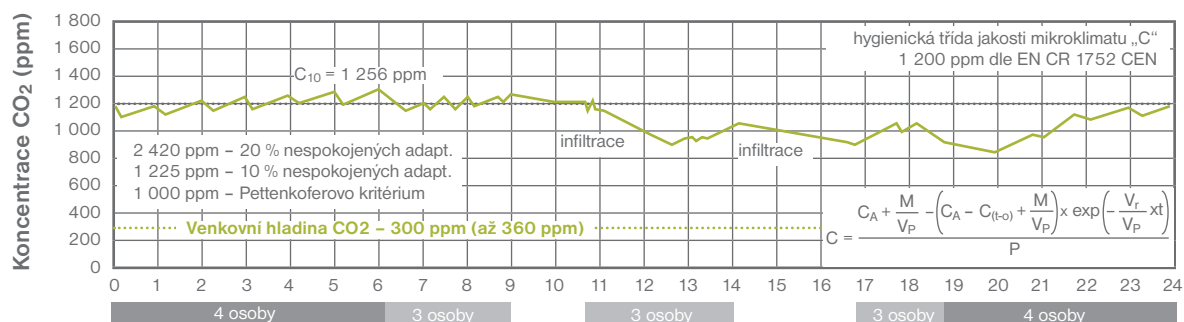
Formaldehyd způsobuje, jak je známo, ve větších koncentracích dráždění očí a sliznic, současně je i alergenem a potenciálním karcinogenem. Alarmující je, že i po 15 letech převyšují koncentrace formaldehydu v objektech typu OKÁL stavěných z dřevotřískových obkladů přípustné dlouhodobé limitní hodnoty.

Ekonomicky i technicky nejpříjemnějším řešením pro odstranění toxických plynů zůstává stále větrání, případně náročnější filtrace aktivním uhlím či ionizace vzduchu.

Řešení radonové zátěže – řízené větrání

Radon je plyn, který má při krátkodobém působení léčivé účinky. Bohužel při dlouhodobém působení je plynem nebezpečným a zdraví škodlivým. Je to radioaktivní nuklid a produkt jeho přeměny, radioaktivní polonium, je původcem rakovinných onemocnění, zejména rakoviny plic. Radon přirozeně uniká z prostředí s vyšší hustotou (podloží) do prostředí vzduchu. Pokud je unikajícímu radonu postavena překážka, např. základová deska, začne se radon v těchto místech hromadit. K průniku do objektu mu stačí několik prasklin v podlaze nebo základové desce, proto je bezpochyby nutná kvalitně provedená hydroizolace s utěsněním všech prostupů.

Účinné řešení radonové zátěže poskytuje řízené větrání, která by měla běžet v přetlakovém režimu, aby jsme se vyhnuli nasávání radonu. Při použití vzduchového zemního výměníku tepla je zásadní těsnost potrubí, kde by v případě poruchy mohl být radon nasáván přímo do domu.



Obr. 7 Ukázka průběhu koncentrace CO₂ v rodinném domě s běžným obsazením prostoru. Optimální kvalitu vzduchu nabízí regulace na základě CO₂ čidel, která mimo jiné také redukuje tepelné ztráty větráním.

Akustická složka vnitřního prostředí

Jedním z klíčových parametrů vnitřní pohody bytových, občanských i průmyslových staveb je akustické mikroklima. Zvýšená hladina hluku v obytných místnostech i na pracovišti je prokazatelně příčinou řady současných civilizačních nemocí a našeho věčného stresu, únavy a podráždění. Problematice akustické pohody je proto nutné věnovat stejnou péči jako dalším složkám vnitřního mikroklimatu.

Materiály s větší objemovou hmotností mají zpravidla větší akustický odpor, proto je často dřevostavbám vytýkán problém s přenosem hluku. Vnitřní omítky, zděné příčky, těžké podlahy (anhydrid, beton apod.), desky na útlum kročejového hluku nebo dřevovláknité izolační desky napomáhají kvalitním zvukově izolačním vlastnostem nejen u pasivních dřevostaveb.

Vnější hluk je u pasivních domů z velké části eliminován nuceným větráním, které v otopném období zásobuje interiér čerstvým vzduchem bez potřeby otevírání oken. Výběr jednotky by měla ovlivnit i jejich hlučnost, přičemž hraniční hodnoty akustického tlaku v obytných místnostech jsou < 25 dB a v technické místnosti < 35 dB. Velice důležité je také umístění větrací jednotky, lépe co nejdále od ložnic a návrh rozvodů s ohledem na přenos hluku.

Světelná složka vnitřního prostředí

Světlo nejen zásadně ovlivňuje podmínky zrakového vnímání, ale významnou měrou přispívá i k vytváření celkové duševní pohody lidí. Kvalitní osvětlení zvyšuje produktivitu práce, u obytných prostor zase přispívá k podstatně rychlejší a dokonalejší psychické a fyzické regeneraci organismu. Nesprávně osvětlené prostory při práci naopak způsobují zrakovou i celkovou únavu, kterou organismus signalizuje jako přetížení. Po určité době se pak obvykle dostavuje pálení očí, bolest hlavy a další obtíže. Optimální návrh osvětlení se snaží spojit co nejlepší prosvětlení prostor přirozeným osvětlením a současně zabránit přehřívání interiéru. Spojení těchto protichůdných požadavků je mnohdy problematické a je nutno se tím zejména u větších nebytových objektů detailně zabývat. Většinou se k tomuto účelu využívá speciální software pro optimalizaci osvětlení, který simuluje i tepelné chování objektu.

Velké prosklené plochy jsou uživatelsky velice příjemné a umožňují perfektní prosvětlení prostor. Na straně druhé bez kvalitního a mnohdy i automatizovaného stínění často dochází k nežádoucímu přehřívání interiéru v letním období. Architektonický směr v navrhování pasivních domů „Solar“ využívající masivní prosklení pomalu přechází ve směr „Polar“, který redukuje prosklení jen na velikosti nutné pro kvalitní prosvětlení interiéru. Doporučená velikost prosklení bez stínění by neměla přesahovat 1/6 maximálně však 1/4 obytné plochy místnosti. Tepelné chování objektu je pak vyrovnanější jak v zimě, tak i v létě.

Závěr

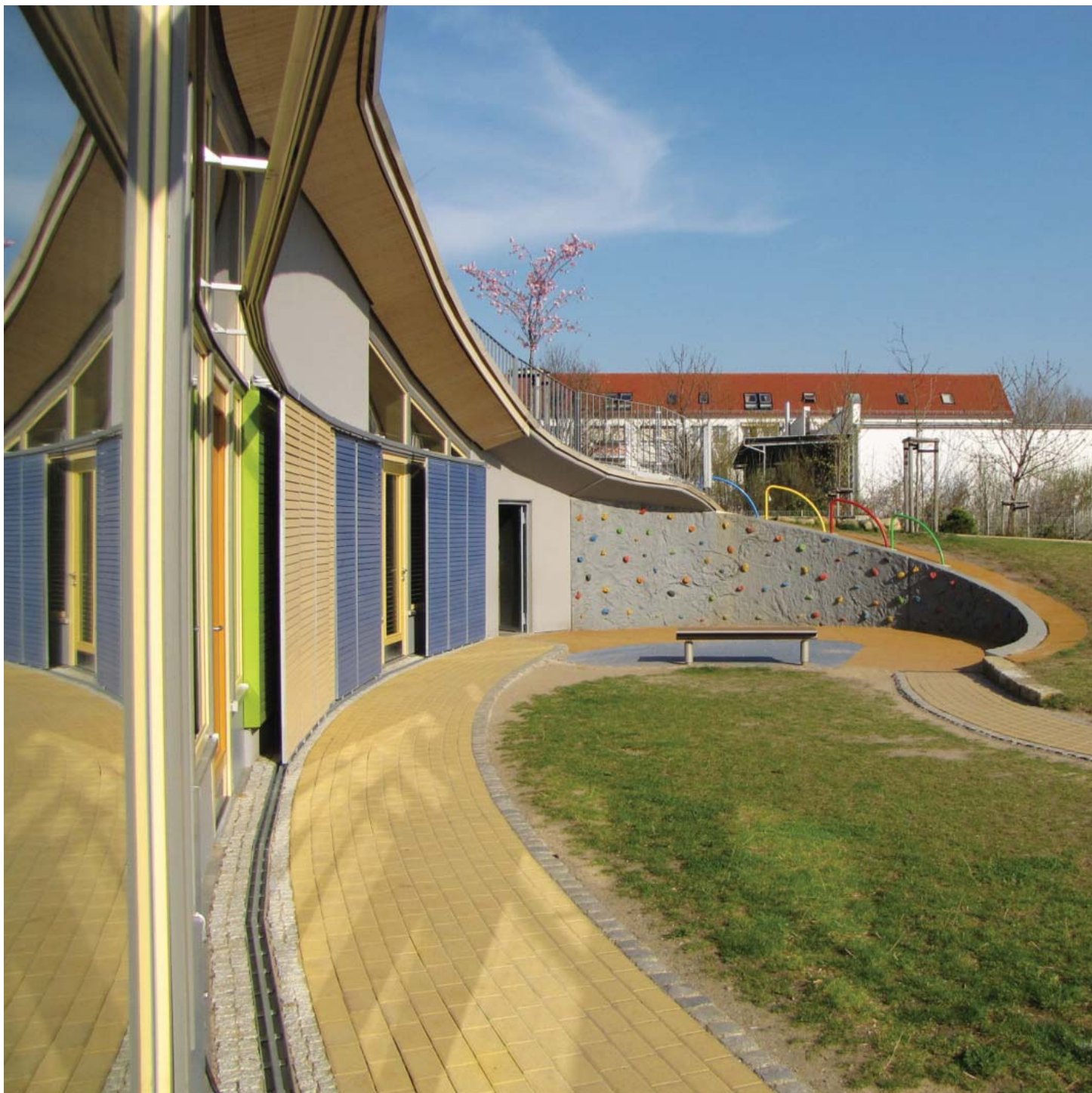
Vytvoření kvalitního vnitřního mikroklimatu je rozhodně oblast, kterou je nutné se podrobně zabývat. Pasivní domy obecně sice mají výhodu díky vynikajícím tepelně-izolačním vlastnostem a účinnému nucenému větrání, ale optimální skloubení všech požadavků v jeden fungující celek je velice složité. Optimalizovaný návrh a precizní provedení však uživatelům zabezpečí vynikající kvalitu vnitřního prostředí a nebyvalý komfort, což mimořádně potvrzuje většina spokojených uživatelů pasivních budov.

Literatura:

- [1] MORÁVEK, P.: Mikroklima pasivních domů, Sborník z konference Pasivní domy 2006, Centrum pasivního domu, Brno, 2006
- [2] PAUL, E.: Větrací jednotka s přenosem vlhkosti – bez rotujících dílů!, Sborník z konference Pasivní domy 2006, Centrum pasivního domu, Brno, 2006
- [3] GÜNTHER, G., RUBINOVÁ, O., HORKÁ, H.: Vzduchotechnika, ERA, Brno, 2005
- [4] FEIST, W.: Protokollband Nr.23 – Einfluss der Lüftungsstrategie auf die Schadstoffkonzentration und – ausbreitung im Raum, Passivhaus Institut, Darmstadt, 2003
- [5] JOKL, M.: Zdravé obytné a pracovní prostředí, Academia, Praha, 2002
- [6] WARGOCKI, P.: Jsou investice do vysoké kvality vzduchu ve vnitřním prostředí ekonomicky výhodné?, 17. mezinárodní konferenci Klimatizace a větrání 2006, překlad z www.tzb-info.cz
- [7] www.atrea.cz
- [8] www.paul-rekuperace.cz



Obr. 8 Velké prosklené plochy mohou kromě kvalitního prosvětlení interiéru s sebou nést i nepříjemné přehřívání v letním horku. Jejich velikost je potřeba důsledně zvážit, stejně jako jejich účinné stínění. V našich klimatických podmínkách se osvědčilo spíše skromnější prosklení, které optimalizuje tepelné ztráty v zimě a zisky v létě.



Vydalo:

Centrum pasivního domu
Údolní 33, 602 00 Brno

Autor textů: Juraj Hazucha

Fotografie: Jan Bárta, Atrea, Passivhaus Institut,
Michal Navrátil, Paul Wärmerückgewinnung

© 2010 Centrum pasivního domu

www.pasivnidomy.cz



Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována z dotací Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2010 – část A – Program EFEKT