

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování



Mikroklimatické podmínky v budovách

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí Bakalářské práce: Ing. Eva Klápšťová

Autor Bakalářské práce: Markéta Hanzlíčková



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro: Markétu Hanzlíčkovou  
obor: Územně technická a správní služba

Název tématu:

**Mikroklimatické podmínky v budovách**

Název tématu v anglickém jazyce:

**Microclimate inside buildings**

Zásady pro vypracování:

Popište hlavní faktory ovlivňující mikroklima. Poté se zaměřte na mikroklima v budovách a hygienické požadavky na jejich mikroklima dle platných právních předpisů. Popište vlivy mikroklimatu v budovách na lidské zdraví. Uveďte, jakým způsobem lze jednotlivé faktory mikroklimatu v budovách ovlivňovat a proveďte měření jednoho z těchto faktorů.



Rozsah průvodní zprávy: max. 40 stran

Seznam odborné literatury:

DAY CH., 2004: *Duch a místo*. Era, Brno: 265 p.

GARTLAND L., 2008: *Heat Islands. Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas*. Earthscan, London: 208 p.

MAREČEK J., 1986: *Zeleň ve venkovských sídlech a v jejich krajinném prostředí*. RŽP – SNZ, Praha: 164 p.

MAREČEK J., 2005: *Krajinářská architektura venkovských sídel*. Česká zemědělská univerzita, Praha: 362 p.

MÁRTON J. et al., 2010: *Stavby ze slaměných balíků*. Vydáno vlastním nákladem, Příbram: 216 p.

Sborníky Zdravé domy  
Věstník Ministerstva Zdravotnictví

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Eva Klápšťová

Datum zadání bakalářské práce: 22.6.2010

Termín odevzdání bakalářské práce: 30.4.2011

Vedoucí katedry



Děkan

21 02 2011

V Praze dne .....

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala všem, kteří se přímo nebo nepřímo podíleli na vzniku bakalářské práce, nejen poskytnutím cenných informací a poznatků z praxe, ale i doporučením vhodných zdrojů. Především děkuji vedoucí bakalářské práce, Ing. Klápšťové, za odborné vedení, vstřícnost a ochotu. Dále bych chtěla poděkovat celé své rodině za pochopení a trpělivost.

V Praze 29.4.2011

.....

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Klápšťové, a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze 29.4.2011

.....

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá faktory mikroklimatu uvnitř budov. Specificky rozebírá každý faktor zvlášť a vysvětluje, jak i my můžeme pomoci, aby jejich účinek byl blahodárný pro lidi a jejich zdraví. Dalším bodem této studie jsou i ostatní faktory, které působí na vnitřní klima zvenku. Mikroklima úzce souvisí s materiály, ze kterých je stavba zhotovena. Každý materiál je charakterizován jinými vlastnostmi, jako jsou prodyšnost, pevnost, odolnost, hořlavost a další. V současné době se používají přírodní materiály jako dřevo, sláma a hlína. A právě díky přírodním materiálům můžeme pomoci k vybudování zdravého prostředí. Další zmíněné a důležité téma je větrání, které eliminuje negativní účinky ve vnitřním prostředí. Součástí práce bylo provedeno měření koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu ve dvou rozdílných budovách s rozdílným větráním a zateplením. Obsahem této bakalářské práce bylo obeznámení se s problematikou vnitřního prostředí staveb, s vlivy různých faktorů na kvalitu tohoto prostředí, za současného dodržení hygienických zásad a předpisů. Smyslem tvorby kvalitního prostředí je omezení negativních vlivů mikroklima, abychom jako uživatelé byli spokojeni a abychom se více ztotožnili s možností ekologické výstavby, která zkvalitňuje parametry vnitřního prostředí.

## **Klíčová slova**

Mikroklima, větrání, životní prostředí, ekologické materiály, nízkoenergetické stavby

## **Abstract**

This bachelor essay describes factors that are part of microclimate inside buildings. This thesis goes specifically through each of the factors, and tries to describe how we can help them to be positive for people and their health. In this essay I also mentioned other factors, which affect microclimate inside buildings from the outside. Microclimate depends on the material that the building is made of, that's why I tend to explain the character of each material and its effects on the building and its climate. Next very important part of this topic is ventilation, which has to do with microclimate, because it reduces each factor itself. In the end of this thesis there is a test taken between two different buildings, with two different system of ventilation where I examined the concentration of CO<sub>2</sub> and its effects on people's health. The aim of this thesis is acquainting with issues of ecological building and to become more familiar with this topic that will definitely rise on its importance and get to know the problems that can happen and solve it for us, users, to be happy and healthy living people.

## **Key words**

Microclimate, ventilation, environment, ecological materials, low-energy buildings

## Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>10</b>
<b>2. Cíle práce .....</b>	<b>11</b>
<b>3. Metodika práce .....</b>	<b>12</b>
<b>ČÁST REŠERŠNÍ.....</b>	<b>14</b>
<b>4. Mikroklima .....</b>	<b>14</b>
4.1. Teplota.....	15
4.2. Vlhkost .....	18
4.3. Proudění vzduchu.....	22
<b>5. Znečištění vnitřního prostředí obytných budov a jeho vliv na lidský organismus .....</b>	<b>23</b>
5.1. Hlavní zdroje znečištění venkovního ovzduší .....	24
5.1.1. Průmysl .....	24
5.1.2. Doprava.....	25
5.1.3. Domácí topeniště .....	25
5.1.4. Zemský povrch a jeho výkyvy.....	25
5.2. Znečišťující látky vyskytující se ve vnitřním prostředí .....	25
5.2.1. Nikotin.....	25
5.2.2. Oxid uhelnatý - CO .....	26
5.2.3. Formaldehyd .....	26
5.2.4. Oxid uhličitý – CO <sub>2</sub> .....	26
5.3. Působení znečištěného ovzduší na zdraví člověka .....	27
<b>6. Jak lze tyto faktory ovlivnit .....</b>	<b>27</b>
6.1. Větrání .....	27
6.2. Difúzně otevřené a uzavřené konstrukce .....	29
6.3. Materiály .....	30
6.3.1. Cihla .....	30
6.3.2. Beton.....	30
6.3.3. Ocel .....	31
6.3.4. Přírodní materiály – dřevo a sláma .....	31
<b>7. Historie stavebních materiálů .....</b>	<b>32</b>
7.1.1. Dřevo.....	32
7.1.2. Sláma.....	34
7.2. Novodobá historie.....	37
7.2.1. Pasivní domy .....	37
7.2.2. Nízkoenergetické domy .....	37
7.2.3. Baubiologie – stavební biologie .....	38
<b>8. Měření CO<sub>2</sub> .....</b>	<b>40</b>



<b>9.</b>	<b>Dotazníková část.....</b>	<b>49</b>
<b>10.</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>52</b>
<b>11.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>53</b>
<b>12.</b>	<b>Přehled literatury a použitých zdrojů.....</b>	<b>54</b>
<b>13.</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>57</b>

## 1. Úvod

Tato práce se zabývá tématem vnitřního prostředí staveb, které každý z nás vnímá, ale často o něm mnoho neví, pouze pociťuje jeho negativní důsledky (znaky únavy, ospalosti, atd.). Vnitřní prostředí je a bude otázkou vlivu na lidské zdraví, a to ve smyslu ovlivňování našich pocitů a nálady a zdravotního stavu samotného.

Otázka hygienických požadavků na vnitřní prostředí je čím dál tím aktuálnější, a to právě proto, že každý z nás stráví minimálně 80% svého času v místnosti, ať už jste doma či v práci. Mikroklima v budovách se skládá z faktorů měřitelných a popsatečných. Je tedy důležité, řídit se danými normami a nedbat pouze na své pocity.

O kvalitě vnitřního prostředí, dle Lajčíkové (2001), rozhodují tyto faktory:

- lokalita terénu (nadmořská výška, atd.)
- klimatické podmínky (převládající směr větru, rizikové oblasti, atd.)
- poloha stavebního objektu (vzdálenost od zdrojů znečištění)
- technický stav budovy (značně infiltrovaná budova, netěsnost oken, atd.)
- způsob větrání (vyrovnávání teplot, tlaků a vlhkosti v budově; vnikání nečistot)
- dostatečný životní prostor (který souvisí s objemem vzduchu na osobu v místnosti)
- CO<sub>2</sub>, teplota, vlhkost, proudění vzduchu a další.

Vzhledem k celkové problematice kvality životního prostředí je vnitřní klima velmi důležitou součástí, a to vzhledem k novodobým koncepcím budov, které se v našich zeměpisných šířkách v posledních dvou dekadách rozmáhají. Jedná se zejména o stavby pasivní a stavby nízkoenergetické. Cílem těchto staveb je snížení nákladů na energii při výrobě stavebních materiálů, při vlastní stavbě a následně i při provozu stavby. V současné době dochází k většímu využití přírodních obnovitelných materiálů, důraz se klade na kvalitu a provedení staveb, to vše i za účelem zlepšení vnitřního prostředí.

## **2. Cíle práce**

Cílem mojí bakalářské práce byl rozbor velmi rozsáhlé problematiky týkající se vnitřního prostředí a materiálů, které se na jeho ovlivňování přímo podílejí. Zabývala jsem se aspekty, jak působí na člověka, jak dosáhnout optimálních hodnot základních charakteristik kvality mikroklimatu s ohledem na současně používané stavební materiály pro bydlení s přihlédnutím ke stávajícímu trendu nízkoenergetických až pasivních staveb. Jako příklad byl vybrán rozbor měření koncentrace oxidu uhličitého v budovách v návaznosti na počet osob, typ pobytu, typ konstrukce (v návaznosti na snížení energetické náročnosti stavby).

### 3. Metodika práce

Literární rešerše byla napsána za pomoci odborné a doporučené literatury k danému tématu. Dále jsem navštívila veletrh Dřevostavby 2011 konající se ve dnech 24. – 27.2.2011 v prostorách Výstaviště Praha – Holešovice. Na tomto veletrhu bylo mnoho vystavovatelů, kteří prezentovali nové výrobky z přírodních materiálů využívajících se ve stavebnictví. Společnost Centrum pasivního domu zde pořádala odborné semináře týkající se pasivních a nízkoenergetických domů, vytápění a srovnání cen.

Součástí mé práce bylo měření oxidu uhličitého a porovnání výsledků. Měření probíhalo ve dvou rozdílných budovách. Budova A, sídlo firmy Sekyra Group, a.s. v centru Prahy, hned vedle frekventované silnice, orientována na jih. Tato budova je prosklená s centrální vzduchotechnikou, kde pracují 2 – 4 zaměstnanci v jedné kanceláři. Měření zde probíhalo v 8. patře, v prostoru 4 x 5 metrů, kde pracují 4 zaměstnanci. Každý zaměstnanec této místnosti má svůj pracovní stůl s počítačem. V místnosti je možné regulovat teplotu termostatem (zejména v zimních měsících), proudění vzduchu zařizuje přednastavená vzduchotechnika.

Budova B, panelový byt v ulici Cílkova na Praze 4, který je charakteristický zasklenou lodžii a polystyrenovým zateplením celého objektu. Panelový dům má 13 pater a je orientován na západ/východ. Měření probíhalo v obývacím pokoji (západ), kde rodina tráví nejvíce času. Obývací pokoj je propojen s kuchyní a z kuchyně je možný vstup na prosklenou lodžii. Velikost obývacího pokoje je stejná jako velikost kanceláře budovy A, tedy 4 x 5 metrů.

Měření oxidu uhličitého jsem prováděla přístrojem německé firmy Voltcraft co-10 (viz. obrázek č.1). Je to nenápadná krabička připomínající běžný teploměr. Na displeji se zobrazují aktuální teploty v interiéru a množství koncentrovaného oxidu uhličitého ve vzduchu. Jednotkou je ppm, z anglického parts per million. Nejčastěji se používají tyto jednotky pro měření koncentrace obsažené ve vzduchu či půdě. 1 ppm je rovný 1 miligramu něčeho v litru vody (mg/l) nebo 1 miligramu nějaké látky v půdě (Anonymus, 2004).

Tento přístroj umožňuje zaznamenávání a ukládání naměřených hodnot až po dobu 24 hodin. Hodnoty se ukládají každých 30 minut. Naměřených hodnot z každého dne je 48. Limit byl nastaven na 800 ppm (dle tabulky Účinku oxidu uhličitého na lidský organismus, viz. níže – tabulka č.1) značí dobrou úroveň s příjemným pocitem (Doležilková & Papež 2008 in Bárta, Brotánek et al., 2010).

Hodnoty byly přepisovány ručně na papír, a to každý den vždy v 10:30 ráno. Následně byly přepsány do digitální formy v programu Microsoft Excel, verze 2007, umožňující snadnější tvorbu tabulek a grafů. Následně zde dané měření bylo vyhodnoceno a přeneseno do mé práce.

Tabulka 5 Účinek oxidu uhličitého na lidský organismus, zdroj Doležilková, Papež, 2008

Koncentrace CO <sub>2</sub>	Účinky na lidský organismus
330–370 ppm	vnější prostředí
450–1000 ppm	dobrá úroveň, příjemný pocit
1000–2000 ppm	pocit ospalosti a horšího vzduchu
2000–5000 ppm	možné bolesti hlavy, nižší schopnost koncentrace, snížená pozornost
> 5000 ppm	pocit těžkého vzduchu a nevolnosti, zvýšený tep
> 15 000 ppm	potíže s dýcháním
> 30 000 ppm	bolesti hlavy, závratě a nevolnost
> 60 000–80 000 ppm	letargie a ztráta vědomí

Tabulka č.1 Účinky oxidu uhličitého na lidský organismus (Doležilková & Papež, 2008).

Současně jsem provedla průzkum s 50 respondenty ohledně jejich názoru na stavební konstrukce podporující šetrnost vůči životnímu prostředí (dotazník - viz. příloha č. 1). Průzkum byl prováděn napříč odbornou i laickou veřejností různého věku. Záměrem tohoto dotazníku bylo zjistit, jak jsou přírodní materiály používající se ve stavebnictví populární ve společnosti a kolik lidí inklinuje ke směru návratu k přírodním materiálům - tedy materiálům šetřícím životní prostředí, kolik lidí si uvědomuje fakt, jak materiály ovlivňují následné provozní náklady stavby, atd. Dotazníky byly rozdány v blízkosti mé působnosti – ve škole, v práci a ve firmě, kde bylo provedeno měření oxidu uhličitého. Dotazovaní byli stavební inženýři a developoři spolupracující s firmou Sekyra Group a.s., dále pracovníci ekonomického sektoru společnosti GHC Praha a studenti životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze 6. Podíl laické ku odborné veřejnosti je 1:1.

Otázky byly zvoleny informativní – tázající se na věk, dosažené vzdělání a profesi; a zjišťující – vypovídající o názoru respondenta (bez ohledu na profesi, věk, vzdělání). Zjišťující otázky byly položeny tak, aby korespondovaly s použitou literaturou a novodobými trendy, které se používají ve stavebnictví (používání přírodních materiálů, úspora energií, atd.). Odpovědi respondentů byly rozděleny dle věkových skupin, dále podle vzdělání a poté dle jejich názorů na věc.

## ČÁST REŠERŠNÍ

V této části se zaměříme na pozitivní a negativní dopady vybraných složek mikroklimatu (zejména na lidské zdraví), jaké jsou jejich stanovené a doporučené limity, kde se v budovách berou, a jak tyto faktory ovlivňují materiály, ze kterých jsou budovy konstruovány.

### 4. Mikroklima

Mikroklima je slovo latinského původu, pochází ze slov micro, tedy malý a z řeckého klima tedy podnebí neboli v přeneseném slova smyslu také ovzduší.

Mikroklima je definováno, dle Encyklopedie Britannica (Anonymus, 2011), jako soubor klimatických podmínek v relativně malém prostoru. Mikroklima se tedy netýká pouze vnitřních podmínek prostředí, ale může se vztahovat i k jiným místům jako například – hodnotí se mikroklima daných měst, mikroklima biotopů, a tak dále.

Obecně vzato, mikroklima, v tomto případě týkající se prostor, ve kterých žijeme, je všude kolem nás, aniž bychom si to uvědomovali. Spousta z nás ani netuší, že existují faktory, které se dají měřit a které svými vlastnostmi ovlivňují lidský organismus. A nepodílí se na tom pouze člověk, ale také působí i běžné vybavení domácnosti.

V každé stavbě proto existuje určité mikroklima, pro které jsou tyto parametry určující, jsou to teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu (Mathauzerová, 2001 in kolektiv autorů, 2001). V ostatní literatuře se objevuje jiné rozdělení, a to zejména mluvíme - li o nízkoenergetických a pasivních domech, které se stávají atraktivními, zejména díky menší spotřebě energie a také ochraně životního prostředí. Smola (2011) rozděluje aspekty vnitřního prostředí, ovlivňující vnímání člověka, do dvou skupin, a to na činitele pohody a na faktory zdraví.

Mezi činitele pohody řadíme teplotu, relativní vlhkost, proudění a ionizaci vzduchu, osvětlení, hluk a oslunění. Jsou to parametry ovlivňující lidský organismus negativně i pozitivně. Negativní vliv způsobuje pocit nepohody a může být příčinou stresu a zhoršením vnímání jiných složek prostředí. Pozitivně naopak nabuzuje lidský organismus k lepší náladě (oslunění aj.). Karcinogenní chemické látky v ovzduší (aerosoly, azbestová vlákna, bakterie, plísňe, roztoči, pyly a radon) mohou vést až k onemocnění lidského organismu. Tato kritéria nazýváme činiteli zdraví (Bárta, Brotánek at al., 2010). Dále jsou to jevy, které ovlivňují budovy jako takové a běžně

se odchylují od tabulkových hodnot naměřených Státním zdravotním ústavem sídlícím v Praze. Oddělení laboratoří pro fyzikální faktory se zaměřuje na měření a hodnocení fyzikálních faktorů pracovního prostředí a zaznamenává naměřené teploty, které pak hodnotí a jsou podkladem pro ČSN.

Určitě bychom našli ještě další rozdělení složek mikroklimatu od jiných autorů, protože tato vědní disciplína je stále ještě ve vývoji.

#### **4.1. Teplota**

Tepelně vlhkostní pomínky prostředí určují tepelnou pohodu člověka. Je to nejdůležitější složka pro zajištění zdravého vnitřního prostředí budov. Požadované parametry u obytných budov jsou dány doporučenou směrnicí STP- OS 4/č. 1/2005, určující optimální operativní teplotu  $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  pro celý rok,  $24 \text{ }^\circ\text{C}$  pro klimatizované prostory a relativní vlhkost vzduchu 30 až 70 % (Bárta, Brotánek at al., 2010).

Neexistuje žádný předpis stanovující teplotu v bytových domech. Můžeme se tedy řídit pouze doporučeními daných technických norem, např. ČSN 06 0210 a zahraničními předpisy. Pro zjištění tepelné pohody by se v prostorách obytných místností teplota měla pohybovat mezi  $22 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  v zimě a v létě by hranice tepla neměla přesáhnout  $26 \text{ }^\circ\text{C}$ . Odchylna teplot okolních ploch by se neměla lišit o více jak  $6 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ . V teplých měsících je potřeba regulovat teplotní zisky díky sluneční radiaci. Tomu předcházíme stíněním daných prostor za použití determálních skel, žaluzií, fólií, přesahem střechy či umístěním květin na parapet.

Teplota je měřitelná, měříme ji teploměrem a hodnoty jsou srovnatelné s hodnotami naměřenými a uvedenými v tabulkách SZÚ Praha. Naměřená teplota by neměla být ovlivněna složkou z okolních ploch. Známe dokonce i optimální teploty vzhledem k lidskému organismu. Jsou to teploty  $22 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  v zimě a v létě by hranice tepla neměla přesáhnout  $26 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Základní teplotní veličiny jsou: teplota vzduchu, výsledná teplota, radiační teplota, povrchová teplota (teplota rosného bodu a teplota podlahy). Opíráme se o ČSN ISO 7726 a ČSN EN ISO 7730.

Výsledná teplota se měří kulovým teploměrem a zahrnuje vliv rychlosti proudění vzduchu a zdrojů sálavého tepla na teplotu vzduchu.

Radiační teploty se měří radiometry u zdrojů sálavého tepla. Střední radiační teplota  $t_r$  je definována jako společná teplota všech okolních ploch, při které by bylo celkové

množství tepla sdílené sáláním mezi povrchem těla a okolními plochami stejné jako ve skutečnosti (Zmrhal, 2006).

Povrchové teploty je nutné porovnávat s hodnotami rosného bodu – stěny, stropy a podlahy v prostorech s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu  $\geq 80\%$  musí vykazovat povrchovou teplotu nad teplotu rosného bodu v každém místě konstrukce, stejně tak u výplně otvorů s relativní vlhkostí vzduchu  $\geq 60\%$ . Pokud teplota dosáhne rosného bodu, dochází ke kondenzaci. Čím více je vodní páry ve vzduchu, tím vyšší je hodnota rosného bodu.

Teplota v místnosti je dána dvěma hodnotami – teplotou vzduchu a teplotou povrchů.

Teplota vzduchu je základní veličinou vypovídající o tepelné zátěži nebo tepelné pohodě člověka. Tyto veličiny ovlivňují chování člověka a zajišťují vhodné prostředí pro pobyt a činnost člověka, jako je tomu i u ostatních faktorů mikroklimatu. Teplota podlahy je pro nás dalším důležitým údajem. Doporučené teploty se pohybují v rozmezí  $19 - 28$  °C. Materiál podlahy ovlivňuje pocit tepelné pohody člověka. Podlahové krytiny dělíme na studené a teplé. Studené jsou například podlahy z mramoru, keramických obkladů, skla atd. Teplé podlahy jsou nejčastěji ze dřeva, korku, izolované PVC či textilie (Mathauserová, 2001). Teplé a studené povrchy mají odlišnou vodivost tepla, proto nám připadají studené či teplé.

Optimální tepelně vlhkostní stav je důležitý nejen pro zdraví a pohodu člověka, ale také pro zdraví stavby. Hodnocení tepelného vlivu je podníceno i subjektivním pocitem spokojenosti či nespokojenosti. Každý člověk teplotu vnímá jinak. Záleží to na zdravotním stavu, náladě člověka i okamžité indispozici. Tepelné veličiny jsou tudíž nejdůležitějšími výchozími údaji při navrhování staveb.

U provozních zařízení jsou požadované parametry předepsány závazným nařízením vlády č.361/2007 Sb. Pracoviště jsou rozděleny do třech tříd (viz. tabulka č.3), pokud se pohybujeme na pracovištích třídy I. a II. Musí být dále dodrženy tyto požadavky:

- Rozdíly teplot vzduchu v úrovni hlavy a kotníků nesmí být větší než  $3$  °C.
- Teplota povrchu podlahy musí být mezi  $19$  až  $28$  °C.
- Asymetrie radiační teploty od oken nebo jiných chladných svislých povrchů nesmí být větší než  $10$  °C.



- Asymetrie radiační teploty od tepelného stropu nebo jiných vodorovných povrchů nesmí být větší než 5°C .
- Intenzita osálení hlavy nesmí být větší než 200 W.m<sup>-2</sup>.

Tabulka č.3 - Tabulka třídy práce podle celkového (brutto) průměrného energetického výdaje M [W.m<sup>-2</sup>] na efektivní dobu práce dle Bárty, Brotánka at al., 2010.

Třída práce	Činnost	M [W.m <sup>-2</sup> ]
I	Sezení s mírou aktivitou, uvolněné stání (kancelářské práce, práce na pokladně)	≤ 80
II a	Činnost vstoje nebo při chůzi spojená s přenášením lehkých břemen nebo překonáváním malých odporů (vaření, výdej a kompletace pokrmů, práce vsedě s pohybem obou paží – např. obsluha technologického zařízení)	81 až 105
II b	Činnost spojená s přenášením středně těžkých břemen (výdej při silné frekvenci strážníků, rozvozci pokrmů, mytí nádobí atd.)	106 až 130
III	Práce především vstojem občas v předklonu, chůze, zapojení obou paží (přenášením břemen do 15 kg, řezníci, pekaři, skladníci, kuchaři, běžný úklid, aj.)	131 až 160

#### Zdroje tepla v místnostech

Tepelné zdroje můžeme rozdělit podle místa tepelné energie, a to na vnější nebo vnitřní. Vnitřní zdroje zahrnují vlivy prováděné činností člověka, přítomnost lidí a provoz spotřebičů v daném prostoru a způsob vytápění (radiátor, kotel, atd.). Do vnějších řadíme zejména vliv slunečního záření prostupem konstrukcí (Hirš, Píšová, Janulíková, 2006).

#### Zdroje tepla v koupelně a v kuchyni

Koupelny, které nepřichází do styku s přirozeným osvětlením a jsou ochlazovány obvodovými stěnami. Vnitřní tepelné zisky se zde tvoří pobytem osob, osvětlením, sprchováním teplou vodou a sušením. Koupelny jsou ve většině případech vybaveny radiátory, které navozují tepelnou pohodu lidského organismu.

V novostavbách či rodinných domech jsou koupelny situovány tak, aby mohly být odvětrávány minimálně jedním oknem. Teplota v kuchyni vzniká při vaření.

Další tepelné toky jsou produkovány osvětlením, počtem výskytu osob a používáním spotřebičů. V této místnosti vznikají vyšší požadavky na větrání vyvolané oděrovou složkou ovzduší.

## **4.2. Vlhkost**

Vlhkost je základní vlastností vzduchu. Udává, jaké množství vodních par obsahuje dané množství vzduchu. Množství vodních par je proměnlivé a mění se s nadmořskou výškou (Anonymus, 2009).

Vlhkost vzduchu dělíme na relativní a absolutní.

Relativní vlhkost je poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení. Udává se v procentech (%).

Vlhkost absolutní vyjadřuje hmotnost vodních par obsažených v jednotce objemu vzduchu. Jednotkou je  $\text{kg/m}^3$ , často se vyjadřuje gramech vodní páry na metr krychlový vzduchu ( $\text{g/m}^3$ ).

Nejčastějšími důvody rozšíření vlhkosti v domě jsou srážky, zemní vlhkost a kondenzace vodních par. Tyto problémy působí negativně na stavbu, proto je potřeba se proti nim chránit. Stavbu nejvíce ohrožují srážky, a to zejména déšť a sněh. Nejlepší ochranou proti vlhkosti je správně izolovaná střecha a neporušené obvodové zdi. Pokud tedy stavba není dostatečným způsobem chráněna proti půdní vodě, chová se jako houba – nasaje vodu a vlhkost odvádí směrem nahoru. Tímto způsobem se plíseň může rozšířit, v závislosti na množství obsažené vody, na stavebním materiálu a stupni odpařování, i do výšky několika metrů. Problematickou část představují přechody mezi jednotlivými stavebními materiály a konstrukčními částmi. Jedním z dalších důvodů je pronikání vody. Jedná se o porušené vodovodní potrubí, poškozené přívody nebo o nedokonalé těsnění. Tyto příčiny jsou odhalitelné a ve většině případech i opravitelné. Náklady na sanaci se zvyšují pouze tam, pokud jsou provedeny neodborně. Mezi největší činitele patří povodně, které způsobují zatopení a poškození stavby (Pehle, 2001).

Obvyklé a hygienicky doporučené vyšší relativní vlhkosti vzduchu (50 – 70%) zabraňují vysychání sliznic. Hlavně v chladných a nevětraných rozích místností, nadpražích a ostěních se daří mikroorganismům a vzniká zde nezdravé klima, které

má negativní vliv na zdraví obyvatel. Důsledkem je tomu nemocnost obyvatel daných prostor, trpí hlavně alergiemi, častými nevolnostmi, záněty průdušek a tak dále (Machura, 2010). Se zvýšenou vlhkostí narůstá procento přežívajících mikroorganismů ve srovnání s relativní vlhkostí pohybující se kolem 30 – 40%. Vlhký povrch je ideální živnou půdou pro šíření plísní. Spory plísní ze vzduchu se na těchto plochách dobře usazují, rychle se rozmnožují a rychleji rozšiřují. Napadají jednotlivé materiály a mohou způsobit i nebezpečí pro dýchací cesty a vznik alergií (Pehle, 2001).

Další problematikou je obsah vodních par ve vzduchu. V nepříznivých podmínkách, kdy se teplota snižuje a dochází k vzestupu tlaku, se pára na povrchu sráží a mění se ve vodu. Tak vzniká kondenzát neboli kondenzační voda. Proces kondenzace je nejčastější příčinou šíření vlhkosti uvnitř místnosti. Vzniká špatným větráním a vytápěním místností, konstrukčními vadami (chybné konstrukce stěn či stropů) a nedokonalým provedením stavby.

Hodnoty upravující vlhkost v České republice vztahující se vždy k danému stavebnímu materiálu, který používáme. Zmiňme si pár z nich, jedná se o normy:

- ČSN EN 844-4 – Kulatina a řezivo – terminologie. Část 4: Termíny pro vlhkost.
- ČSN 49 1016 – Řezivo. Způsoby stanovení vlhkosti.
- ČSN 72 1174 – Stanovení vlhkosti a nasákavosti kameniva.
- ČSN 72 2448 – Stanovení vlhkosti a nasákavosti malty.
- ČSN 73 1316 – Stanovení vlhkosti, nasákavosti a vzlínivosti betonu.
- ČSN P 73 0600 – Hydroizolace staveb. Základní ustanovení.
- ČSN P 73 0610 – Hydroizolace staveb. Sanace vlhkého zdiva. Základní ustanovení.

V souvislosti s vnitřním prostředím je nutno zdůraznit, že lidé jsou těmi, kteří by se sami měli podílet na udržování správných hodnot. I člověk přispívá ke vzniku vlhkosti, a to odevzdáváním vody do vzduchu. Dochází k tomu tehdy, když se z jakéhokoli důvodu potíme, ale také při dýchání. Při dýchání teplého či studeného vzduchu se zvyšuje vlhkost v místnosti. Právě my jsme vznikem některých příčin, ze kterých poté obviňujeme zejména stavební firmu či developera. Pehle (2001) ve své knize uvádí, že čtyřčlenná rodina odevzdá během dne 1 až 1.5 litru vody v místnosti.

Mezi nejznámější lidské mýlky patří hned několik věcí. Sušení prádla v nevětrané místnosti. Většina z nás si myslí, že prádlo rychleji uschne, pokud je místnost teplá

(všechna okna jsou uzavřena) a nevětraná. Při samotném procesu vysychání se voda kondenzuje a dostává se do vzduchu ve formě páry. Ze sušení se do vzduchu dostává mnohem víc vody než ze sprchování, a to až 3 litry, podle stupně mokrosti vytaženého prádla.

Vznik páry při vaření, koupání se a sprchování. Je důležité vždy danou místnost větrat, aby se netvořil kondenzát vodní páry a aby se díky zvýšené vlhkosti neusazovaly mikroorganismy a netvořily se plísně. Logicky vzato, při koupání se velmi rychle tvoří kondenzovaná voda. Ta způsobuje zamlžení zrcadel, stéká po stěnách (kachličkách) a vytváří kluzký vlhký film na podlaze. Část vody se rovnou odpařuje. U vaření často dochází k překročení teploty bodu varu, tudíž zde je vznik par přímo znatelný a vychází z fyziky – když voda dosáhne bodu varu, vře a automaticky se mění v páru. Ta samozřejmě ovlivňuje vlhkost vzduchu. I jiné látky jsou odevzdávány do vzduchu, jedná se o oleje a tuky. Ty se společně s vodou sráží a vytvářejí ideální prostředí pro vznik a tvorbu plísní.

Činitelem vzniku vlhkosti jsou i pokojové rostliny, které jsou přítomny ve skoro každé obytné místnosti. Je to jednak z hlediska estetického, které navozuje příjemnou atmosféru při pohledu či vůni, ale také z hlediska výměny vzduchu. Rostliny přes den fotosyntetizují (světelná fáze), tudíž zjednodušeně dýchají CO<sub>2</sub> a vydechují O<sub>2</sub>. A přes noc (temnostní fáze) využívají energii, která byla ve světelné fázi získána (zabudování CO<sub>2</sub> do molekul cukrů, atd.). I přes tuto blahodárnou funkci přispívají ke vzniku vlhkosti. Pehle (2001) uvádí, v případě velkého množství rostlin, i 1 litr vody denně.

Tabulka č.4 – Z tabulky je patrné, jak činnost člověka ovlivňuje vlhkost v bytech (Mathauserová, 2001).

<b>Druh činnosti</b>	<b>Množství vodní páry</b>
<b>Člověk:</b> lehká činnost středně těžká práce těžká práce	30 – 60 g/h 120 – 200 g/h 200 – 300 g/h
<b>Koupelna:</b> s vanou se sprchou	cca 700 g/h cca 2600 g/h
<b>Kuchyně:</b> při vaření	600 – 1500 g/h

<b>Sušení prádla (pračka 4,5 kg):</b>	
odstředěného	50 – 200 g/h
mokrého kapajícího	100 – 500 g/h
<b>Žehlení prádla:</b>	cca 200 g/h
<b>Rostliny:</b>	
pokojevé rostliny (fialka)	5 – 10 g/h
rostliny v květináči (vlhkomilné)	7 – 15 g/h
fíkus střední velikosti	10 – 20 g/h
vodní rostliny (leknín)	6 -8 g/h

Vlhkost řešíme větráním (průvan, atd.). Kondenzovaná voda má tendenci se usazovat na povrchu všelijakých materiálů, především na kobercích, tapetách, závěsích a na stěnách. Vytvoření vlhkosti usazené na povrchu trvá o něco déle, proto je nutné větrat častěji a v několika minutových intervalech. Čerstvý vzduch z venku se nejprve musí ohřát, aby pak pohltit více vlhkosti.

Pehle rozlišuje dva druhy větrání. Příčné a nárazové. Jednoduše odlišuje a znázorňuje postupy větrání v místnosti.

Příčné charakterizuje proti sobě otevřenými okny či dveřmi, kdy se vytvoří průvan. Při tomto způsobu větrání proniká čerstvý vzduch do místnosti jen z jedné strany. Obecně platí, že výměna vzduchu v místnosti trvá dvakrát až třikrát déle než při větrání příčném.

Účinky větrání		
Způsob větrání	Poloha oken a dveří	Doba trvání výměny vzduchu *
Příčné větrání	Okna či dveře, umístěné naproti sobě, jsou zcela otevřené	1 – 5 minut
Příčné větrání	Okno vyklopené, protější dveře nebo další okna zcela otevřené	15 – 30 minut
Nárazové větrání	Okno zcela otevřené, všechna protější okna i dveře zavřená	5 – 10 minut
Nárazové větrání	Okno otevřené napolo, protější dveře nebo okna zavřená	10 – 15 minut
Nárazové větrání	Okno vyklopené, protější dveře nebo okna zavřená	30 – 60 minut

\* odhadované hodnoty pro menší a středně velké místnosti

Tabulka č.5 – Účinky větrání in Pehle (2001).

### 4.3. Proudění vzduchu

Rychlost proudění vzduchu vyvolávající pocit pohody je stanoven na 0.1 až 0.25 m.s<sup>-1</sup> (v závislosti na teplotě vzduchu). Proudění vzduchu v místnosti ovlivňuje i prostup tepla na vnitřní konstrukci budovy. Pokud zabráníme proudění vzduchu podél obvodových stěn (bez větracích mezer tedy laicky například když nábytek přiléhá těsně ke stěně), snižuje se součinitel prostupu tepla vzrůstem tepelného odporu a pochází k poklesu povrchové teploty až na teplotu rosného bodu (opět s následným růstem plísní).

S prouděním vzduchu souvisí i ztráty tepelné energie v budovách. Jde o úniky tepla netěsnostmi okolo oken, komínovými průduchy a dalšími spárami, škvírami a podobnými těžko definovatelnými a pro laiky těžko představitelnými cestami (Bárta, Brotánek et al., 2009). Každé byt i sebemenší proudění vzduchu je vnímáno lidským tělem a může způsobovat celkovou či lokální tepelnou nepohodu. Říkáme, že cítíme „průvan“.

S prouděním vzduchu souvisí i ztráty tepelné energie v budovách. Jde o úniky tepla netěsnostmi okolo oken, komínovými průduchy a dalšími spárami, škvírami a podobnými těžko definovatelnými a pro laiky těžko představitelnými cestami (Bárta, Brotánek et al., 2009).

Tlak v budově měříme, známe-li rozložení tlaků v jednotlivých částech budovy, tlakové parametry nuceného větrání a působení větru při obtíkání budovy (Mathauserová, 2001). Princip je jednoduchý – na návětrné straně se vytváří tlak a na straně závětrné tah, tímto vzniká tendence protažení vzduchu z návětrné strany na závětrnou, neboli dochází k infiltraci. Na základě rozdílů v tlaku dochází k vyrovnávání teplot. Čím vyšší je teplotní rozdíl, tím větší je tlaková diference (Pehle, 2001). V zimě dochází k proudění chladného vzduchu dovnitř interiéru rychleji, než v letních měsících, kdy je teplota interiéru přibližně stejná s teplotou exteriéru.

Proudění vzduchu sebou přináší i další části složek mikroklimatu. Nejznámější a v domácnostech i nejzávažnější je oděrové vnitřní prostředí. Oděrové mikroklima determinuje větrání v místnosti, což je výměna vzduchu v interiéru. Mimo běžné oděry (kouření, příprava jídel) se v místnostech objevují také styreny, opary z nátěrů, formaldehydy a jiné - zejména pokud se v blízkém okolí staví či je zvýšená prašnost, atd. (Machura, 2010). Pro běžné dýchání postačí člověku 1 m<sup>3</sup>/hod

čerstvého vzduchu, ale naopak několika násobek je potřebný pro optimalizaci oděrového mikroklimatu. Pohybuje se kolem 25 m<sup>3</sup>/hod na osobu (Pettenkoferova hodnota). Odpovídá přípustné koncentraci oxidu uhličitého v interiéru 1000 ppm a výměně vzduchu 0.5 krát za hodinu. Tyto hodnoty jsou současně dané Vyhláškou o technických požadavcích na výstavbu č. 268/2009 Sb. jako minimální pro všechny budovy. U provozních budov je tato hodnota vyšší, stanovena nařízením vlády č. 361/2007 Sb. Předepsané hodnoty v praxi nezjišťujeme měřením, nýbrž úplně postačí změření koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší. Dané hodnoty porovnááme s doporučeným standardem EN ČSN 13 779 a ČR 1752, viz. tabulka č.2.

Tabulka 3 Klasifikace kvality vnitřního vzduchu (upraveno dle ČSN EN 13 779 a CR 1752)

ČSN EN 13 779					PPD [%]	CR 1752			
kategorie	kvalita vzduchu	CO <sub>2</sub> nad vzduchem venku [ppm]	CO <sub>2</sub> v interiéru* [dCd]	Venkovní [m <sup>3</sup> /h.p]		Kategorie	CO <sub>2</sub> nad vzduchem venku [ppm]	CO <sub>2</sub> v interiéru [dCd]	Venkovní [m <sup>3</sup> /h.p]
IDA 1	vysoká (high)	≤ 400	≤ 3	> 54	10	–	–	–	–
IDA 2	střední (medium)	400–600	3–13	36–54	15	A	460	6	36
IDA 3	mírná (moderate)	600–1000	13–29	22–36	20	B	660	16	25**
IDA 4	nízká (low)	> 1000	> 29	< 22	30	C	1190	35	14

\* Pro venkovní vzduch 350 ppm \*\* Klasický normativ Pettenkoferův

Tabulka č.2 – Klasifikace kvality vnitřního prostředí in Bárta, Brotánek at al., 2009.

Toxické mikroklima je vytvářeno toxickými plyny s patologickými účinky. Vzniká především v nevhodně odvětrávaných kuchyních (a nejen tam), kdy vzniká CO a oxid dusíku s prokazatelně karcinogenními účinky.

## 5. Znečištění vnitřního prostředí obytných budov a jeho vliv na lidský organismus

Znečištění obytných prostor má více příčin. Je způsobováno jednak vnějším prostředím, které do interiéru vniká, ale také stavbou samotnou (například uvolňování škodlivin ze stavebních materiálů). I člověk a jeho činnosti zapříčiňují vznik znečištění v obytných prostorách.

Člověk je tvůrcem znečištění již od prvopočátků. Všechno to začalo ohněm, který sloužil jako zdroj tepla a k přípravě potravy. O tom, že současně vyráběl i různé spaliny, neměl ani tušení (Lajčíková, 2001).

Za posledních let se podmínky značně zhoršili, a to díky lidské činnosti (průmysl, doprava a tak dále), která se značně rozvinula. Fakt, že z 80% trávíme čas v uzavřených místnostech, je bohužel otázkou současného životního stylu. A pokud žijeme ve větším městě či v místě ovlivňovaném jakýmkoli průmyslem, nenadýcháme se čerstvého vzduchu už ani venku. Venkovní ovzduší i se všemi nachytanými nečistotami se, díky větrání, snadno dostává dovnitř a podstatně ovlivňuje kvalitu vnitřního prostředí. Člověk navíc sám znehodnocuje vnitřní prostředí, provádí zejména tyto činnosti – kouření, vaření, používáním kosmetiky (parfémy, deodoranty, laky na vlasy a jiné spreje obsahující aerosoly), při uklízení (zejména se na tom podílí používání čisticích a úklidových prostředků), údržbou a zájmovými činnostmi.

Zjednodušeně řečeno, člověk ovlivňuje vnitřní prostředí vším, co v budově dělá a dopomáhá tomu i tím, že sám žije a dýchá.

## **5.1. Hlavní zdroje znečištění venkovního ovzduší**

Nejvýznamnějšími zdroji znečištění jsou hlavně doprava, průmysl a domácí topeniště. Dále tomu napomáhá i zemský povrch a přírodní katastrofy, které jsou nepředvídatelné a mnohdy i nezastavitelné jako například výbuch sopek, povodně, tornáda a jiné.

### **5.1.1. Průmysl**

Složení škodlivin záleží na použitých materiálech, technologii a způsobu recyklace vyprodukované látky.

Uvedme si pro znázornění pár příkladů. Průmysl energetický využívá spalování ropy, zemního plynu a jiných fosilních paliv. Tato produkce má za příčinu vznik škodlivin typu popílek, saze, arzén, fluor a jiné. Tyto látky jsou velice škodlivé. Stejně je tomu i v průmyslu metalurgickém, kdy složení škodlivin přímo závisí na chemickém složení zpracovávané suroviny. Do ovzduší se téměř vždy dostává značné množství minerálních prachů, oxidů síry a řada kovů – měď, zinek, nikl a jiné. V průmyslu stavebních hmot převládá výroba vápna a cementu, který je příčinou vzniku minerálního prachu a je zdrojem prašnosti při navazující výrobě z těchto surovin (Lajčíková, 2001).



### **5.1.2. Doprava**

*„Doprava je zdrojem produktů spalování pohonných hmot“ (Lajčíková, 2001).*

Redukce vypouštěných látek ze zážehových a vznětových motorů by měla být provedena přítomností katalyzátorů, kterými se omezují plynné i pevné emise.

### **5.1.3. Domácí topeniště**

Lokální vytápění je po průmyslu jedním z nejvýznamnějších znečišťovatelů. Důvodem je tomu nedokonalé spalování fosilních paliv a dalších nevhodných médií (zejména se spalují plastové obaly, atd.) za relativně nízkých teplot. Z tohoto druhu vytápění pochází přes 50% veškerých nečistot různého původu a složení, které lze v ovzduší najít (Lajčíková, 2001).

### **5.1.4. Zemský povrch a jeho výkyvy**

Za původce minerálního prachu, organických částic z těl zvířat i rostlin a různých mikroorganismů považujeme neupravený zemský povrch. K této skupině se dále řadí například prašnost, vznikající na skládkách (odpady, hlušiny, odvaly při dolování a jiné) a těžba surovin prováděná povrchovým způsobem (lomy). Dále sem patří pyly, což jsou samčí zárodečné buňky rostlin přenášené vzduchem v době květu z neupravených porostů, zejména plevelných bylin (Lajčíková, 2001).

Ostatní výkyvy zemského povrchu a Země jsou jediné, které člověk nemůže ovlivnit. Jsou to přírodní živly, většinou nepředvídatelné a nezastavitelné. Mají význam lokální a časově omezený. Mluvíme o vichřicích, výbuchu sopky, povodních a jiných devastujících jevech (Lajčíková, 2001).

## **5.2. Znečišťující látky vyskytující se ve vnitřním prostředí**

Vnitřní prostředí může obsahovat různé, výrazně znečišťující látky. Nejběžnější jsou: oxid uhličitý, oxid uhelnatý, formaldehyd, oxid siřičitý, azbest, radon, nikotin a další.

### **5.2.1. Nikotin**

Nikotin je hlavní součástí tabákového kouře a vzniká při kouření. Je negativní na lidský organismus hned v několika směrech – kuřák ho vdechuje při kouření, sice to v něm vyvolává uklidňující a uspokojující pocit, ale škodí nejen sobě, ale i okolí.

U pasivních kuřáků, tedy nekuřáků, při společném pobytu v interiéru s kuřáky, dochází k psychosomatickým poruchám, ke zhoršení chronických onemocnění a k urychlení civilizačních chorob (nádorů, kardiovaskulárních onemocnění, opoždění vývoje dítěte).

Při vdechování do plic tabákový kouř obsahuje dehet, oxid uhelnatý, aromatické uhlovodíky, benzpyren, fenoly, kyanovodík a jiné škodlivé látky ve formě plynů či pevných částic.

Prevenčí před těmito riziky je nekouřit. Větrání je pouze částečným odlehčením znečištěného ovzduší (Lajčíková, 2001).

### **5.2.2. Oxid uhelnatý - CO**

Vzniká při nedokonalém spalování ze spotřeby kyslíku. Nejčastěji je produktem z kamen, otopných těles na plyn, karmy, krbů a tak dále. Vzniká i z kouření a ze špatně větraných prostor kuchyní.

Vyšší koncentrace oxidu uhelnatého způsobuje nedostatečné okysličování krve, působí neurologické a kardiovaskulární potíže, únavu, nevolnost, ztrátu vědomí, zhoršuje dýchání. V nejhorších případech může nastat i smrt.

### **5.2.3. Formaldehyd**

Štiplavá chemikálie v interiéru způsobena použitými materiály v konstrukci budov, nábytku, podlahových krytin, tapet, lepidel, těsnících tmelů a v obsažený v nátěrech.

Dráždí dýchací cesty, způsobuje bolesti hlavy, únavu. Jeho karcinogenní účinky byly prokázány testováním na zvířatech. Celosvětově doporučená koncentrace je 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . U nás žádný limit stanovený nemáme.

Nejčastěji se vyskytuje ve skladech přeplněných novým nábytkem a v přetápěných místnostech.

### **5.2.4. Oxid uhličitý – CO<sub>2</sub>**

Nejběžnější a nejčastější kontaminující látka. V interiérech zastoupena více než venku. Zdrojem oxidu uhličitého je člověk, který dýchá a u kterého dochází k termoregulaci.

Se zvýšenou koncentrací CO<sub>2</sub> vzniká vodní pára v ovzduší a zvyšuje se relativní vlhkost v místnosti. To nastává zejména v nevětraných, přelidněných a vydýchaných místnostech. Jedinou možnou ochranou a prevencí je dostatečné a časté větrání.

Zvýšená koncentrace CO<sub>2</sub> v ovzduší vede k poklesu kyslíku v tkáních živých organismů. U člověka vede k poruchám dýchání, bolestem hlavy a závratím (Lajčíková, 2001).

### **5.3. Působení znečištěného ovzduší na zdraví člověka**

Účinek vdechovaných škodlivin závisí na její rozpustnosti ve vodě, na jejím chemickém složení a fyzikálních vlastnostech. V lidském těle nabývá škodlivina nebezpečného či méně nebezpečného charakteru. Některé škodliviny se z těla snadno vyloučí, jiné se mohou dlouhodobě usazovat, například se ukládá olovo v kostech, arzén ve vlasech a tak dále.

Účinky škodlivin mohou být dlouhodobé nebo krátkodobé, akutní či chronické. Také může být reversibilní (navrátí se do původního stavu) či ireversibilní (tedy nenávratný, organismus není schopen návratu do původního stavu).

Důležitou roli má také individuální citlivost. Ta závisí na věku, pohlaví a dalších faktorech – výživa, životní styl a tak dále. Při hodnocení skutečného zdravotního rizika je nutno zahrnout i psychologické faktory působící na člověka.

Dle Lajčíkové (2001) je těžké stanovit ideální hodnoty, když neexistují jednotné limity míry rizika faktorů vnitřního prostředí na zdraví.

Všechny škodliviny ve vnitřním prostředí se zdárně podílejí na ztrátě pocitu pohody v obytné budově, V extrémních případech dochází k újmám na zdraví jejich obyvatel.

Lajčíková (2001) rozděluje látky působící na člověka do pěti skupin. Jsou to látky s účinkem dusivým, dráždivým, alergizujícím, zánětlivým a karcinogenním.

Dusivé účinky zasahují do oxidačních pochodů lidského těla. Dráždivé vyvolávají stahy hladkého svalstva průdušek. Alergizující jsou reakcí z precitlivělosti na látky bílkovinné povahy živočišného i rostlinného původu, ale i chemického původu (toleun a formaldehyd). Zánětlivé mohou být jak infekční, způsobené mikroorganismy, ale i neinfekční způsobené dlouhodobým drážděním jinou škodlivinou. Zánět je vždy ochrannou reakcí organismu. Karcinogenní účinky jsou účinky dlouhodobé, vzniká kouřením či vdechováním vláknitého prachu, především azbestu.

## **6. Jak lze tyto faktory ovlivnit**

### **6.1. Větrání**

Výše zmíněné faktory složek mikroklimatu se regulují nejčastěji větráním. Větrání je důležitým faktorem pro vnitřní prostředí, jelikož zajišťuje výměnu vzduchu v místnosti se vzduchem čerstvým.

Jokl (1981) rozděluje větrání na nucené a přirozené a sdružené. Charakterizuje nucené větrání jako výměnu vzduchu v interiéru tlakovou diferencí vyvozovanou záměrnou činností speciálního zařízení, kterým myslí různé typy ventilátorů, dmýchadel, kompresorů, atd.

Přirozené větrání je způsobeno buď gravitačním vztlakem teplého a studeného vzduchu anebo účinkem větru na budovu. Princip tohoto druhu větrání je podle Jokla (1981) založen na bázi stoupajícího teplého vzduchu, který je lehký, přičemž na jeho místo se tlačí těžký vzduch studený. Vzniká zde tlakový rozdíl.

Přirozené větrání je také předmětem studií Barucha Givoniho (1994), který klade důraz zejména na tvar dané budovy. To je podle autora hlavní aspekt správného fungování tohoto větrání. Zajímá se o typy větracích zařízení ve vztahu k co nejlepšímu efektu využívání přirozeného větrání, zejména umístěním stavby v závislosti na proudění vzduchu.

Sdruženým větráním je myšleno spojení větrání přirozeného a větrání nuceného. Tímto typem větrání autor poukazuje na dimenzování investičních nákladů a konstatuje, že ve větších prostorech je větrání přirozené či větrání nucené samostatně nerealizovatelné a také nesplňující požadavky na hygienu ovzduší. Tento systém se uplatnil zejména ve velkých, prostorově značně rozlehlých výrobních celcích. Dnes (s ohlednutím na rozrůstající se síť kancelářských budov a nákupních center v ČR) se u nás využívá zejména v obchodních centrech, popřípadě velkých kancelářských komplexech a v budovách podobného charakteru (Jokl, 1981).

V budovách s netěsnými okny dochází k paradoxně dostatečné výměně čerstvého vzduchu. Pokud dům zatěsníme, doporučuje se buďto intenzivněji větrat anebo zavést umělou ventilaci. V opačném případě dochází k vyšší koncentraci látek, které sice nevnímáme, ale vedou k pocitu únavy nebo jsou příčinou syndromu nemocných budov. Typickými zástupci jsou oxid uhličitý, který vzniká jako produkt dýchání či formaldehyd obsažený v čistících prostředcích, kosmetice, kobercích, nábytku a tak dále (viz. kapitola 5.2).

Dalším problémem u nevětraných místností je zvýšený výskyt plísní. Růst plísní je způsoben dostatkem, spíše nadbytkem, vody v místnosti (viz. kapitola 4.2). Paříková s Kučerovou (2001) souhlasí s chápáním budovy jako celku, tím se podle autorek vysvětluje i výskyt plísní. Budova je podle nich jakousi obálkou – ochranou pro lidský organismus před vnějšími klimatickými podmínkami vnějšího prostředí.

Musí reagovat na změny vnějších podmínek a na činnost svých uživatelů, aby vytvořily stálé vnitřní klima. Budovy upravují vnější podmínky na vnitřní, jejichž hodnota závisí na funkci budovy, použitém materiálu, na izolaci a na systému vytápění a ventilace. Musí být schopna udržet vše v rovnováze, zejména odvod vlhkosti s jejími zdroji. Tato rovnováha by se dala přirovnat k rovnováze biorytmu těla živých organismů, mezi které patří regulace vlhkosti, dýchání a teplo. Tato myšlenka by se dala přirovnat k principům baubiologie, která chápe budovu jako celek (viz. kapitola 7.2.3).

Porušení rovnováhy dochází hned v několika případech, zejména jimi jsou stavební poruchy či radikální změny (zazdění větracích šachet, utěsnění okenních spár aj.). Proto by se vždy měla zvážit všechna rizika spojená s provedenými změnami.

## **6.2. Difúzně otevřené a uzavřené konstrukce**

Difúzně uzavřené a naopak difúzně otevřené stavby jsou dva systémy, z nichž každý se jinak vyrovnává se vzdušnou vlhkostí prostupující konstrukcí obvodového pláště a podkroví.

Během zimy, kdy se topí, interiérová vlhkost odchází zevnitř stěnou ven. Stěna zvenčí je ledová, pára se může ještě v konstrukci ochladit a zkondenzovat (= rosný bod – pára přestává být plynná, kapalná).

Historické konstrukce obytných budov lze z 99% označit za difúzně otevřené konstrukcemi (staré domy z kamene, zděné domy z cihel, porobetonu, dřevěné roubenky, sruby, hrázděné stavby). Z toho vyplývá, že difúzně otevřené konstrukce jsou zcela běžným, normálním typem konstrukce pro bydlení.

V difúzně otevřené konstrukci má vlhkost možnost projít stěnami a venku se odpařit, z hlediska fyziky je to konstrukce umožňující prostup plynu mechanismem molekulárního přenosu, označovaného jako difúze. V difúzně uzavřené konstrukci zůstává vevnitř (na vnější straně konstrukce je materiál s nízkým difúzním odporem a nepropustí vodní páru – např. polystyren).

Vývoj provedení difúzně otevřených skladeb je ovlivněn dostupností určitých materiálů na trhu stavebních hmot; je podmíněn také zvládnutím technologických postupů i překonáváním zažitých stereotypů (Bárta, Brotánek et al., 2009).

Podstata řešení difúzně otevřených konstrukcí spočívá ve stavební fyzice.

Difuzně otevřené konstrukce pomáhají ke zlepšení následujících vlastností konstrukce:

- 1) Letní tepelná stabilita interiérů.
- 2) Stabilita vlhkostního klima interiéru.
- 3) Redukce výskytu plísní v interiéru.
- 4) Odolnost a bezpečnost konstrukcí vzhledem k vlhkost.

Difuzně otevřené konstrukce přispívají ke zvýšení kvality vnitřního prostředí v budovách. Konstrukce je prodyšná a tím se zvyšuje uživatelský komfort.

Konstrukce z hlediska typu prostupu vlhkosti se dělí na otevřené konstrukce s parobrzdou nebo uzavřené s parotěsnou folií. V difuzně otevřené konstrukci s parobrzdou má možnost projít stěnami, v difuzně uzavřené s parotěsnou folií zůstává vevnitř a je jí nutno odvětrat (Bárta, Brotánek et al., 2009).

### **6.3. Materiály**

#### **6.3.1. Cihla**

Nejznámějším stavebním materiálem je cihla. Cihly jsou známy již od starověku. Kromě cihel pálených se také používají cihly sušené.

Vlastnosti cihly:

- Dobrá pevnost při relativně nízké hmotnosti
- Výborná schopnost akumulace tepla
- Ekologická nezávadnost (přírodní materiál)
- Dobré zvukově – izolační vlastnosti
- Vysoká požární odolnost
- Většinou nehořlavý materiál

Nedostatkem tohoto stavebního materiálu je nedostačující tepelně izolační vlastnosti a rychlost výstavby (Anonymus, 2008).

#### **6.3.2. Beton**

Beton je umělý slepenec. Patří mezi nejpoužívanější kompozitní materiály v našem stavebnictví. Je tvořen pojivem a plnivem. Nejčastější formou je tzv. cementový beton, kde je pojivem cement a plnivem kamenivo, dalším materiálem pro výrobu je voda. Dalším známým materiálem je asfaltový beton, ze kterého jsou nejčastěji vyráběny vozovky.

Vlastnosti betonu:

- Mechanicky odolný a pevný.
- Chemická stabilita v materiálu.
- Odolný vůči namáhání tlakem, ale snese malé tahové zatížení = proto se beton nejčastěji kombinuje s železnou výztuží (vzniká železobeton).
- Pevnost betonu závisí na vlastnostech cementu.

Beton v kombinaci s jinými vlákny, drátky, přísady tvoří např. drátkobeton, vláknobeton, sklobeton, atd. (Anonymus, 2008).

Pokud chceme pracovat s betonem, je nutno mít daný návrh detailně promyšlen, a to proto, že budoucí úpravy jsou velmi komplikované (do zaschlého betonu se například obtížně vrtá).

### **6.3.3. Ocel**

Ocel je slitina železa, uhlíku a dalších látek. Obsahuje však méně než 2.14% uhlíku. Ocel je v praxi slitinou železa, které je možné tvářet. Ocel je velmi poddajný materiál, jejichž vlastnosti se dají přizpůsobit záměrům daného použití - kombinací tepelného a tepelně mechanického zpracování (Anonymus, 2008).

### **6.3.4. Přírodní materiály – dřevo a sláma**

Dřevo je čistě přírodní materiál a nabývá popularity. Je zde značný trend v návratnosti tohoto materiálu.

Vlastnosti přírodních materiálů:

- Vynikající tepelně – izolační vlastnosti (Růžička, 2006).
- Přírodní prodyšný materiál – hygienické a zdravotní přednosti.
- Nižší cena pořizovacích materiálů.
- Rychlost a čistota výstavby.
- Propustné pro vodní páru – lepší akumulace vlhkosti ze vzduchu do vnitřního pórového systému (při zvýšené vlhkosti vzduchu a při snížené vlhkosti vzduchu ji naopak pozvolna uvolňují do okolního prostředí) → příznivé ovlivnění vlastností mikroklimatu v budovách z hlediska vlhkosti vzduchu, hlavně v zimních obdobích, kdy může dojít k dlouhodobému snížení vlhkosti vzduchu uvnitř objektu (Jones, 2001).
- Dobré zvukově – izolační vlastnosti z hlediska vzduchové neprůzvučnosti, tak i akustického útlumu (konkrétní vlastnosti závisí na struktuře a objemové hmotnosti použitého materiálu).

- Obnovitelné přírodní materiály, možnost využití druhotných produktů ze zemědělství nebo průmyslové výroby (sláma, kokosová vlákna, korková drť, dřevěné hobliny, atd.).

Nedostatkem těchto přírodních materiálů je dlouhodobá vlhkostní citlivost, která může způsobit biologickou korozi, tedy degradaci působenou bakteriemi, plísněmi, houbami či jinými mikroorganismy. Tyto materiály by měly být ve stavební konstrukci odděleny od zdrojů vlhkosti. Dalším negativem těchto materiálů je hořlavost, která se nejčastěji eliminuje nehořlavými povrchovými úpravami (omítky či obklady).

## **7. Historie stavebních materiálů**

Již od nepaměti, kdy lidé pocítovali nutnost přístřešků, se uplatnili některé materiály, které se stávají pro lidstvo opět atraktivní.

Nejstaršími stavebními materiály jsou jistojistě kámen a dřevo neboli suroviny, které jsou volně dostupné v našem okolí. Již před mnoha lety byly tyto suroviny využívány díky jejich přístupnosti a opracovatelnosti. Tyto stavební materiály se používají až dodnes. Avšak v poslední době vzniká trend ochrany vnitřního prostředí, který dosáhne zejména přírodními materiály používané na stavbu a také kvalitní prací. A to zejména pro to, že jsou prodyšné a dobře kombinovatelné s ostatními materiály a v závěru tvoří velmi hygienicky vyhovující a zdravou stavbu. Dnes jsou samozřejmě používány různé technologie a hledí se i na šetrnost vůči životnímu prostředí.

### **7.1.1. Dřevo**

Proč je právě dřevo tak atraktivní?

Dřevo z hlediska materiálního představuje přírodní materiál rostlinného původu, které při odborném hospodaření v lesích může být neustále obnovováno. A to v předpokládaném množství a přibližně předpokládané kvalitě.

Dřevo představuje pružný, pevný a přitom lehký materiál, který má dobré teplotně izolační vlastnosti, lehce se opracovává, tlumí vibrace. Je odolný proti chemikáliím, schopné při změnách praskat, relativně dobře spojitelné a lehce manipulovatelné. Tyto přirozené vlastnosti dřeva umožňují jeho využití v rozmanitých průmyslových odvětvích (při výrobě stavebních konstrukcí, nábytku, hudebních nástrojů, sportovních potřeb a hraček, v chemickém a celulózpapírenském průmyslu atd.). Výrobky získané ze dřeva mohou mít i rozmanité nedostatky, například měnící se



podmínky při jeho tvorbě, lehká zápalnost a hořlavost, značná navlhavost a nasáklivost, důsledkem čehož dochází ke změně jeho rozměrů, tvaru a vlastností, relativně nízká odolnost vůči působení dřevokazných hub a hmyzu.

Dřevo z hlediska použití pro konstrukce a stavby je výhodné hned z několika důvodů:

- 1) Dřevo je zcela obnovitelný materiál, jehož vytěžením nevzniká "díra" v zemi. Během relativně krátké doby získáme plnohodnotnou náhradu za vytěženou surovinu a pro obnovu je třeba minimálních investic. Po dobu svého růstu je strom významným krajino tvorným prvkem a má nezastupitelnou úlohu v cyklu kyslíku a kysličníku uhličitého.
- 2) Na zpracování dřeva od pokácení stromu, přes jeho zpracování na materiál, použití jako stavebního materiálu, přepravu a i konečnou likvidaci je třeba podstatně méně energie než u ostatních stavebních materiálů (ocel, cement – beton, včetně lehčených, pálená cihla apod.).
- 3) V rámci konečné likvidace je dřevo, jako zřejmě jediný stavební materiál, schopno poskytnout další energii.
- 4) Cyklus zpracování dřeva je zcela bezodpadový – stávající technologie a možnosti využívají naprosto vše pro další zpracování.
- 5) Dřevo je plně recyklovatelný materiál.
- 6) Dřevo je čistě přírodní materiál (má schopnost akumulovat a je tepelně-izolační materiál).
- 7) Dřevostavby všeobecně je celkem jednoduché dobře tepelně zaizolovat a lze tedy významně snížit cenu provozních nákladů staveb (M. Růžička, 2006).

### **Vady dřeva**

Vadou dřeva rozumíme změnu vnějšího vzhledu dřeva, tudíž i porušení jeho pravidelné struktury, což se projevuje odchylkami od normální stavby dřeva a což nepříznivě ovlivňuje účelové využití.

Vady dřeva snižují kvalitu a vznikají během růstu stromu nebo v procesu manipulace a uskladnění či v procesu těžby. Vady dřeva mohou být dědičné anebo vznikají nesprávnými pěstebními a pěstebně těžebními zásahy (nízké zatrávnění, křivost výmladkových porostů či poranění při těžbě) nebo vlivem abiotických či biotických činitelů (dřevokazné houby, hmyz, oheň, sníh, nízké teploty). Mezi dědičné vady řadíme točitost a vidličnaté větvení kmene. Některé vady mohou být využity v nábytkářství pro krásnou texturu dřeva.

Vady dřeva znehodnocují dřevní surovinu se zaměřením na jejich vznik, tvar a strukturu. Obecnou charakteristiku vad surového dříví, kulatiny a jejich měření podává ČSN 480203-5 a další evropské normy ČSN EN 1310, 1311, 844-7-11.

Nejčastější vadou je sukovitost, která je přirozenou vlastností všech dřevin a patří k vadám rostoucího stromu. Suky je přerušen normální průběh letokruhů. Vyskytují se častěji u jehličnatých druhů. Z celkového množství vad zabírají suky 70 – 80%.

Další vady dřevin jsou trhliny narušující celistvost dřeva, které podle rozsahu ovlivňují mechanické vlastnosti a upotřebitelnost dřeva. Dále pak vady tvaru kmene, kam zahrnujeme sbíhavost, křivost, zbytnění, zploštění či boulovitost (nádory) kmene. Dřevokazné a dřevozbarvující houby způsobují hnilobu, zapaření, rakovinu, plísně a další obdobné poškození dřeva.

Shrnuto, dřevo má výborné tepelně izolační vlastnosti, vykazují vyšší tepelné kapacity  $c$  (zvyšují se tepelně akumulární schopnosti, kterými můžeme ovlivnit vnitřní klima budov), je prodyšné a absorbuje vlhkost do vnitřního pórového systému při zvýšené vlhkosti vzduchu a naopak při snížené vlhkosti je schopné ji naopak pozvolna uvolňovat.

### **7.1.2. Sláma**

Ve světě i u nás se osvědčily i jiné přírodní materiály jako kvalitní stavební surovina, do popředí se dostávají také stavby slaměné. Pro slámu platí, stejně jako pro dřevo, prodyšnost a výborná akumulární schopnost tohoto materiálu, kterým se perfektně kombinuje s ostatními materiály, ale dá se využít i samostatně.

Sláma má velmi pozitivní vlastnosti, nejen materiální, ale společně se dřevem tvoří tzv. zelené stavby, které jsou šetrné k životnímu prostředí i ke zdraví lidí. Ve stavebnictví se sláma používá na stavby ze slaměných balíků, které nabírají na popularitě dnešní společnosti. Proč vybíráme slámu a v čem spočívají její přednosti?

Slámou rozumíme suché stonky vymláceného obilí (pšenice, ječmene, prosa, ovsa) nebo přadných rostlin (lnu, rýže, konopí). Přesněji část mezi kořenovým balem a klasem. Sláma je obnovitelnou surovinou, která je produktem fotosyntézy. Vyznačuje se voskovitou hmotou, která odpuzuje vodu. Nejvhodnějším materiálem pro stavbu je sláma z pšenice a z žita. Za méně stabilní je považována sláma z ječmene a ovsa.

Rozměry balíků jsou obvykle 32 až 35 x 50 x 50 až 120 cm. Lisovací hustota činí 80 x 120 kg/m<sup>2</sup> (Minke & Mahlke, 2009). Hustota balíků dle Martóna & Brotánka (2010) se pohybuje mezi 70 až 130 kg/m<sup>2</sup>. Tito autoři se shodují na optimální hustotě balíků z pšeničné slámy, okolo 90 kg/m<sup>2</sup>.

Důležitým faktorem je vlhkost. Ta je u čerstvě sklizené slámy odlišná. Aby se mohla uplatnit jako stavební materiál, musí se obsah její vlhkosti pohybovat pod 15%. Sklizeň slámy je ovlivněna i příměsí přídatných bylin. Neměla by být obsažena ve slámových balících určených ke stavění. Vlhnutí balíků ve stavbě ovlivňuje několik faktorů. Řadí se sem déšť, povětrnostní podmínky, kondenzace vodních par a difuze. Každý z těchto faktorů by měl být odstraněn již v konstrukčním návrhu budovy. Děšťovou vodu musíme odvést tak, aby nestékala po stěnách, či do stěn. Pokud tak zjistíme, je potřeba zamezit dalšímu průniku vody. To záleží i na vhodném výběru omítky či obložení. Naopak zvýšenou vlhkost můžeme očekávat v oblasti tepelných mostů, kde dochází ke kondenzaci vodních par. Tepelné mosty by ovšem neměly existovat, jelikož se podílejí na narušování konstrukce obvodového pláště. Konstrukce je namáhána promrzáním a na jejím rozhraní vznikají konstrukční uzly (dle Nagyho (2002) se především jedná o místa usazení a uložení okenních rámu a konzol; o místa, kde se stýkají podlahy s terénem nebo suterénní stěnou či s obvodovými stěnami nebo základy stavby) vedoucí ke vzniku kondenzačních zón (Bárta, Brotánek et al., 2009).

Pojem slámy či slaměných stavení u mnoha lidí hned vyvolává otázku hmyzu a škůdců, kteří podle nich slámu zákonitě obývají a hojně se rozmnožují. Jedná se pouze o vytvořený mýtus. Hlodavci nejsou schopni strávit celulózu, ze které je sláma tvořena. Pokud sláma obsahuje minimum sena či jiných rostlinných zbytků je pro hlodavce přitažlivá spíše jako možnost ubikace. I přes to si hlodavci vybírají spíše minerální vaty či polysteren, a to z toho důvodu, že prohloubené cestičky drží tvar. U slaměných balíků je to naopak, a to ztěžuje drobným zvířatům pohyb. Po omítnutí nebo opláštění daný problém zaniká (B. Jones in Martón & Brotánek et al., 2010). Balíky určené ke stavbě jsou naopak pro hlodavce velmi příznivé, zejména ve stádiu vysoušení. Při tomto napadení dochází i k poškozování povrchu.

Hlavní problémy s výskytem hmyzu má zadostiučinění vlhkost balíků. Zejména u neomýtnutých stěn je možný výskyt malého hmyzu, divokých včel či malých ptáků. Včely a ptáci zde sídlí.

Mylná domněnka o tom, že ze sláma je alergenní je opravdu nepravdivá. Z výzkumů se prokázalo, že astmatici reagují pouze na slámu plesnivou, čistá světlá sláma má velmi nízký alergický potenciál.

Hořlavost je kladná vlastnost těchto staveb, stejně jako u dřevostaveb. Slisováním balíků snižujeme množství kyslíku, které podporuje hoření. Balíky samy o sobě pouze doutnají a jsou využívány například při hasičských cvičeních, kdy slouží jako zdroj dýmu. Laboratorní zkoušky dokazují, že neomítnuté zdi odolávají ohni po dobu 34 minut, než plameny proniknou spárami mezi zdi. Tento pokus byl proveden v roce 1993 ve městě Sandie, Nové Mexiko, USA. Zkouška s podobnými výsledky proběhla na Kalifornské Univerzitě v roce 1996, na Richmond Field.

Oboustranně omítnuté balíky představují kombinaci nehořlavého povrchu a dobře tepelně izolovaného vnitřku. Takto upravený slaměný balík je velmi odolný vůči ohni, což bylo několikrát dokázáno univerzitními studii v Kalifornii, v Dánsku i ve Vídni. Byla provedena zkouška hořlavosti balíků s průměrnou hustotou  $90 \text{ kg/m}^2$ , vložených v dřevěných konstrukcích a omítnutých zevnitř hliněnou a zvenku vápennou omítkou, vždy ve vrstvě 2 cm. Tento pokus potvrdil ohnivzdornost F90, tzn. po dobu 90 minut.

Zvukově izolační vlastnosti jsou velmi příznivé, zejména při nižších frekvencích. Zvukově izolační vlastnosti v případě homogenních materiálů závisí na jeho hmotnosti. Čím těžší je stěna, tím lepšími vlastnostmi disponuje. Stěna složená z vrstev odlišně těžkých materiálů je schopná lépe absorbovat zvuky různých vlnových délek. Slaměná stěna oboustranně omítnutá hliněnou omítkou zvukově izoluje lépe než stěna z jednoho materiálu téže hmotnosti.

Mezi slaměnými stěnami uvnitř místnosti je znatelné snížení venkovního hluku (King, 1996).

Dalším negativním účinkem je deformace. Deformace jsou elastické, balík po odstranění zatížení opět získává svůj původní tvar. Modul elasticity podle Kinga (1996) se pohybuje okolo 150 MPa. To zaručuje slaměným balíkům excelentní vlastnosti v oblastech zemětřesení, jelikož je jejich pružnost schopna absorbovat kinetickou energii otřesů.

Sláma se používá zejména v kombinaci s ostatními materiály, jako jsou hliněné omítky a nepálené cihly. Slámu lze použít také v kombinaci s nosnou stěnou anebo může sloužit přímo jako nosná konstrukce. Izolace s hliněnou omítkou má schopnost odolávat ohni až 90 minut, proto vyhovuje všem typům konstrukcí. Velmi

důležité je oddělit zdroje vlhka omítkou nebo obkladem (Bárta, Brotánek et al., 2010).

## **7.2. Novodobá historie**

Vzhledem ke stoupajícímu významu ekologie jsou navrhovány domy, které jsou šetrné k životnímu prostředí a také energeticky úspornější. Jedná se o takzvané nízkoenergetické a pasivní domy. O tyto stavby je zájem zejména kvůli lepším vnitřním podmínkám, které jsou dány použitými materiály.

### **7.2.1. Pasivní domy**

Pasivní domy se staví ve všech klimatických podmínkách ze všech běžných materiálů. Další vývoj těchto materiálů stavbu značně zjednodušuje. Návrh pasivního domu vyžaduje základní znalosti o využívání energie ve stavbě (Bárta, Brotánek et al., 2010).

Pasivní dům lze chápat jako stavbu určenou k osídlení, kde dochází k minimálním ztrátám tepla a kde se po většinu roku stavba vytápí svými pasivními zisky, mezi které patří metabolické teplo vyzařující z lidí, provozem spotřebičů, ale také solárními paprsky prostupujícími okny.

Pasivní dům by měl splňovat několik podmínek:

1. Stěny by měly být silně zaizolované s vyřešenými tepelnými mosty.
2. Kvalitně zasklená okna a s dobře vyřešenými rámy. Rám samotný by měl být zvenku zateplený. Pro delší trvanlivost se doporučuje krytí hliníkovými lištami.
3. Zamezit nekontrolovatelným únikům tepla provětráváním utěsněním stavby.
4. Instalovat řízené větrání s rekuperací je nutným předpokladem, zejména v našich klimatických podmínkách (Martón & Brotánek a další, 2010).

### **7.2.2. Nízkoenergetické domy**

Konkrétními požadavky na splnění nízkoenergetických domů je několik. Zejména by měl splňovat normové hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540 – 2, a to tak, že roční plošná měrná teplota by neměla překročit 50 kWh/(m<sup>2</sup>.a).

Další velmi důležitou podmínkou je umístění stavby na pozemku. Tento požadavek má i pasivní dům. Tyto domy jsou totiž závislé na sluneční energii a solárních ziscích, proto sebemenší zastínění působí velmi negativně na celý systém.

Stavba by měla být velmi jednoduchá a kompaktní. Doplňkové prostory, garáž, zimní zahrada či suterén jsou od domu oddělovány tepelně. Obalová obálka musí

být vybavena dostatečnou vrstvou tepelné izolace s eliminací tepelných mostů. Důležitý je také podíl oken dané stavby. U obytné místnosti se doporučuje 1/6.

Dále je podstatná vzduchotěsnost, většinou upravována řízeným systémem větrání s rekuperací, s možností chlazení. Klíčovým nástrojem pro kontrolu kvality nízkoenergetických domů je takzvaný blower-test, který prověřuje vzduchotěsnost.

### **7.2.3. Baubiologie – stavební biologie**

Baubiologie bývá charakterizována jako věda o celostních vztazích mezi člověkem, okolím a jeho obydáním. Jedná se o složeninu tří významů. Bau – německy stavba, dům, bios – řecky tvořivá a životní síla a logos – řecky slovo, myšlenka, pojem, zákon. Proplétá se hned do několika vědních disciplín, kterými jsou architektura, sociologie, ekologie, psychologie a další. Obecně lze říci, že se jedná o poznávání jakéhosi „organismu“ stavby, respektive jeho přirozených zákonitostí a jeho zdraví. Tyto zásady se odborníci zabývající touto vědou, která k nám přišla z Německa, snaží využít v plné míře a začlenit harmonii mezi člověka a stavbu (Eyer, 2004).

Cesta ke zdravému prostředí vede i přes celostní pohled na architekturu. Zástupcem této teorie je akademický architekt Oldřich Hozman. Základním vnímáním obytné místnosti je podle něj kruh/ ovál, který má ochrannou vlastnost. Dále je pro tuto vědní disciplínu charakteristický volný střed, tedy pocitově nezaplňný. Vjem duchovnosti vytváří i uspořádání domu, kde je potřeba cítit daný volný střed. Prostředí je zkoumáno z hlediska:

- duševně – duchovních vlastností prostředí
- citové úrovně prostředí
- úroveň životních sil
- strukturotvorné úrovně (Oldřich Hozman, IV.2011, in verb).

Duchovní úroveň místa je zkoumána formou esencí vjemů, které působí na duševno člověka. Snaží se duchovně a duševně spojit s místem, ať už rituály, položením základního kamene či jinými způsoby. Při stavbě se vytváří nálada, navazuje se kontakt s duchem místa a duší člověka.

Hozman prostor posuzuje i z hlediska emocionální úrovně. Zkoumá nálady v krajině jako projev elementárního vědomí přírody. Tyto nálady se odráží zejména v názvech pohoří a řek (pocházejí z lidové slovesnosti). Nálada totiž může být inspirací pro tvar a barvu stavby, ale také pro její umístění.

Proudění a rozprostření životních sil v krajině je zkoumáno v souvislosti s tvarem terénu. Rozmístění staveb a urbanismus by měl respektovat tvar terénu (terénní modelaci). Životní síly pomáhá dynamizovat změna vyjádřená strukturou a rytmem stavby. Na základě těchto principů dochází k harmonizaci místa z hlediska proudění životních sil. Inspirace vychází z čínských tradic, zejména z čínského umění Feng shui, kdy dochází k celkovému duševnímu a fyzickému zdraví. Úroveň životních sil se podle této teorie mění v rytmu dne, což se odráží v dispozici domu a funkcí místností.

Strukturotvorná nebo také fyzická úroveň je vnímána jako fyzikální rovina, a to vlastnostmi ovlivňujícími bydlení, kterými jsou hluk z dopravy, splodiny z průmyslu, vítr a voda. Další problematikou spadající do této úrovně je výskyt radonu zejména v geologických zlomech. Zde je také častý výskyt podzemní vody, která může mít geopatogenní zóny, které způsobují značné ovlivnění rovnováhy lidského organismu.

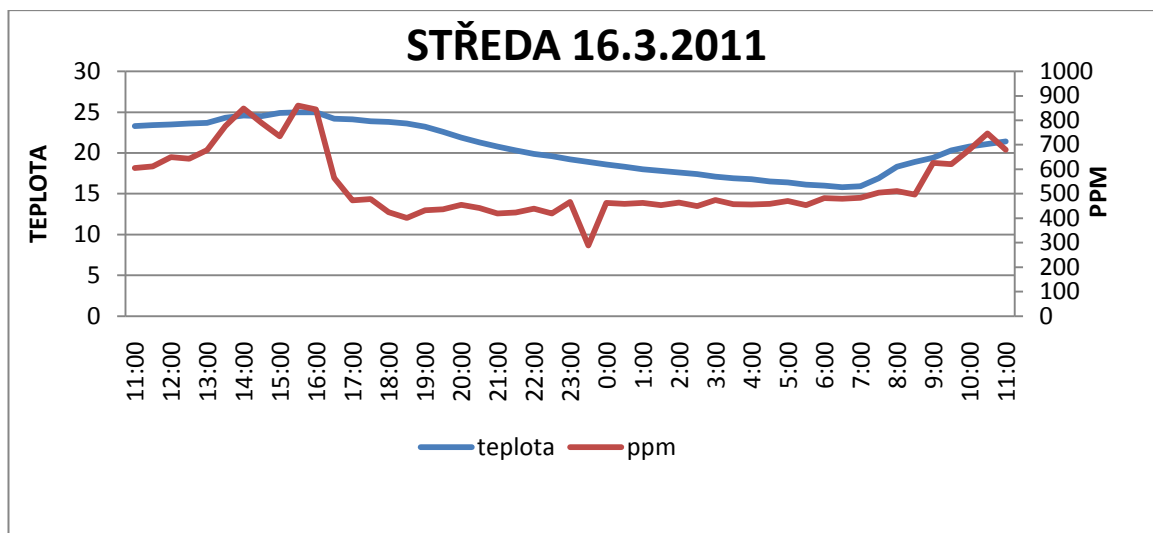
## 8. Měření CO<sub>2</sub>

Součástí mé bakalářské práce bylo měření jednoho z faktorů mikroklimatu. Vybrala jsem si faktor, který nejintenzivněji působí na lidské zdraví, zejména po stránce psychické i fyzické, je jím oxid uhličitý, který je produktem dýchání i termoregulace. Tudíž je všude kolem nás, ačkoli bychom ho vnímali a se zvýšenou koncentrací vznikají účinky negativně působící na lidské zdraví.

### BUDOVA A

Nejprůkaznější je měření je v místnostech s větším počtem lidí, čímž vzniká vyšší produkce CO<sub>2</sub>. Pro měření jsem využila kancelářský prostor ve středu hlavního města Prahy při frekventované komunikaci. Zázemím mi byla firma Sekyra Group a.s., sídlící v Ke Štvanici 656/3 ulici na Praze 1. Jedná se o objekt s neotvíratelnými okny, kdy proces výměny vzduchu je řízený vzduchotechnikou a jednotlivé kanceláře si mohou teplotu regulovat nastavením dle svých požadavků. Z mého měření vyplynulo, že v době přítomnosti 4 lidí v kanceláři o rozměrech 5 x 4 metrů se zavřenými dveřmi vzrostla koncentrace oxidu uhličitého během 30 minut na alarmující hodnotu 800 ppm, takže pracovníci, o mém výzkumu informovaní, přistoupili k náhlému odvětrání místnosti přes chodbu objektu, kde jsou umístěny další vývody vzduchotechniky. Z nočních hodnot vyplývá, že teplota v tomto kancelářském prostoru bez lidí je nízká a tudíž nízký je i výskyt CO<sub>2</sub>. U těchto prostor je prokazatelné, že řízená vzduchotechnika nezajišťuje požadovanou výměnu vzduchu dimenzovanou na místnost vhodnou pro standardní využití k tomu určené. Naměřené hodnoty jsou velice nízké a je zde vytvořené příjemné pracovní prostředí, pokud jsou dveře do chodby otevřené, tudíž z toho vyplývá, že uvedená budova nesplňuje hygienické požadavky pracovního prostředí. Pokud se pracovníci kanceláře rozhodnou dveře zavřít a dopřát si soukromí, koncentrace oxidu uhličitého stoupá a místnost nesplňuje dané hygienické požadavky. Závěrem lze říci, že daná vzduchotechnika v této budově **není** dobře nastavená, jelikož při omezení proudění vzduchu, které vzniká „průvanem“ mezi kanceláři, koncentrace oxidu uhličitého značně stoupá, což si můžeme všimnout na grafu č. 1, 2, 4 a 5.

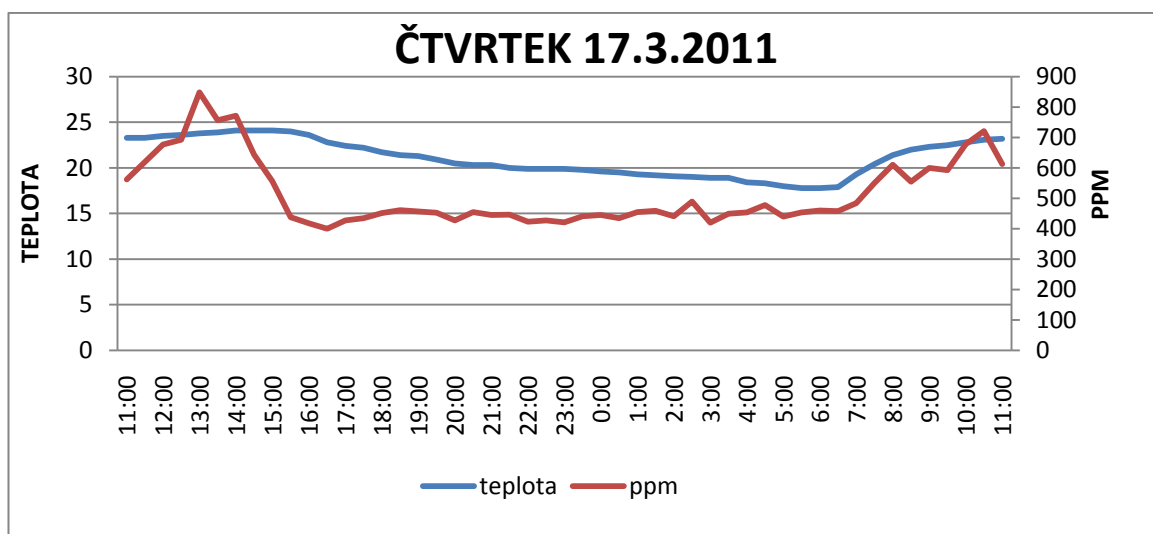




Graf č.1 – měření koncentrace CO<sub>2</sub> dne 16.3.2011

Ve středu 16.3.2011 byli v kanceláři přítomni 3 pracovníci. V ranních hodinách byly dveře zavřeny, a to nejen z důvodu soukromí, ale také z důvodu rychlejšího zahřátí místnosti, jelikož přes noc se teploty pohybují vždy kolem 16 až 20°C.

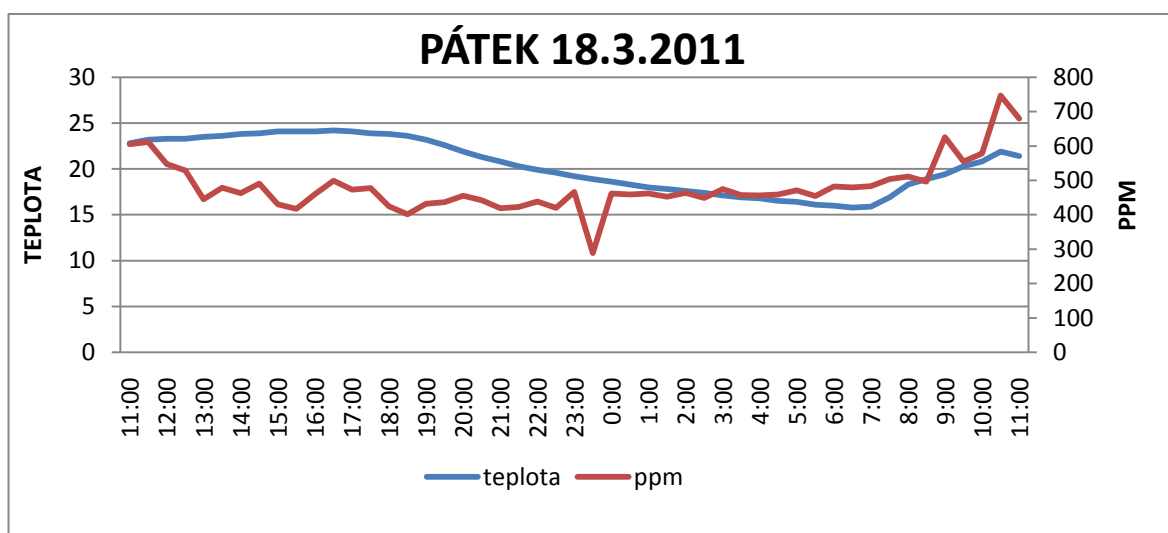
Z grafu je patrné, že mezi 22:00 až 10:00 teploty nedostanou přes 20°C. S tím souvisí i koncentrace oxidu uhličitého, která je nízká. Od 7:00 z grafu vypovídá, že místnost již není prázdná, jelikož se teplota i koncentrace CO<sub>2</sub> zvyšuje. Mezi 13:00 až 17:00 nastal rychlý nárůst CO<sub>2</sub>, protože zaměstnanci dané kanceláře si zavřeli dveře do chodby, a tím zamezili proudění vzduchu. Alarm, nastavený na hodnotu 800 ppm, upozornil překročení nastaveného limitu tento den dvakrát – po 14:00 a 16:00. Zaměstnanci otevřeli okno i dveře a během hodiny (mezi 16:00 a 17:00) došlo k poklesu koncentrace oxidu uhličitého z 845 ppm na 473 ppm. Po 17:00 je kancelář prázdná a dochází k náhlému snížení teploty a poklesu CO<sub>2</sub>.



Graf č.2 – měření koncentrace CO<sub>2</sub> dne 17.3.2011

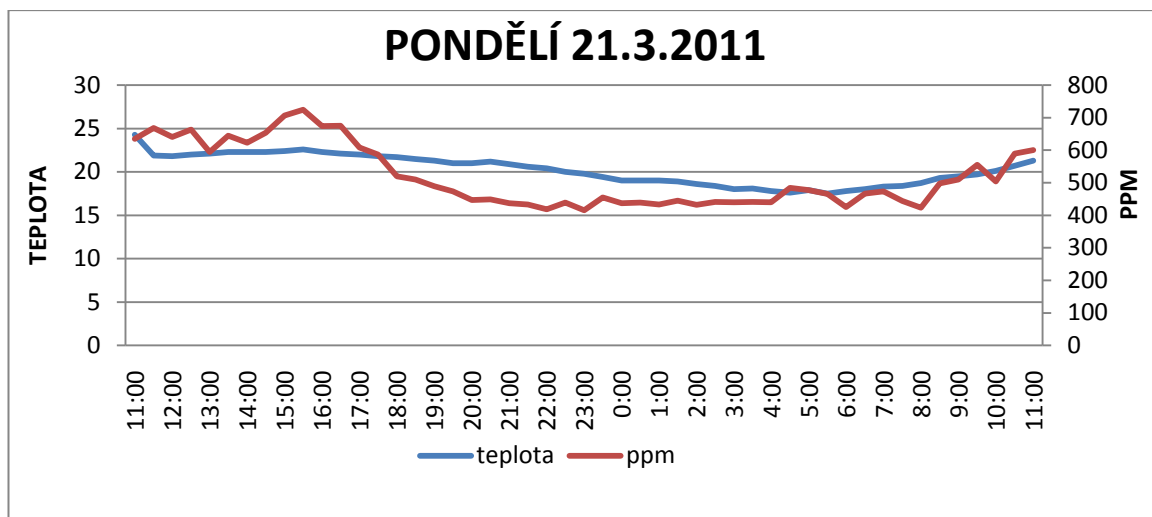
Ve čtvrtek 17.3.2011 byli přítomni všichni členové kanceláře a průběh byl velmi podobný předchozímu dni (viz. graf č.1).

Z tohoto grafu je patrné, že nárůst koncentrace CO<sub>2</sub> nastal mezi 12:00 a 14:00, kdy se hodnota vyšplhala opět k hranici 800 ppm. V tento den se konal pracovní meeting (14:00), kterého se účastnili 2 zaměstnanci této kanceláře. Teplotní křivka je skoro neměnná, odchyluje se pouze o desetiny stupně Celsia. Naopak hodnota ppm rapidně klesá, a to z důvodu snížení počtu zaměstnanců pracujících v kanceláři a vypnutí jejich počítačů. Po 16:00 opustil 3. pracovník svoji kancelář a v 16:30 odešel i poslední přítomný. Teplota pozvolně klesá a ustáluje se hodnota ppm. Opět dochází k ochlazení místností přes noc.



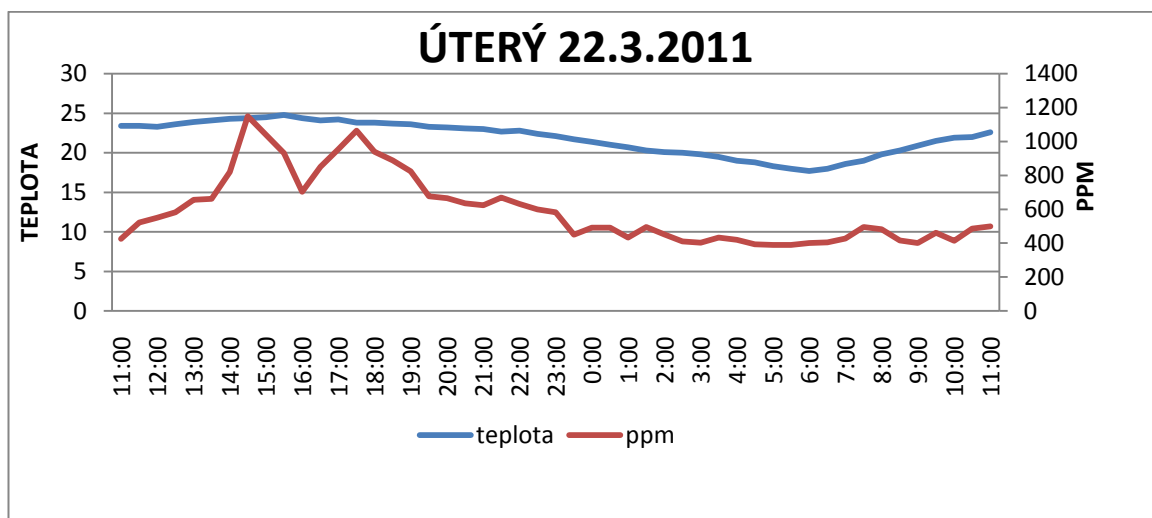
Graf č.3 – měření koncentrace CO<sub>2</sub> dne 18.3.2011

V pátek 18.3.2011 byl přítomen pouze 1 zaměstnanec kanceláře, který si přes celý den nechal otevřené dveře do chodby. Teplota od 7:00 pozvolna roste, dostává se na 23°C, což je denní průměrná teplota v této kanceláři. Hodnota ppm je nízká, jelikož dochází k pravidelné výměně vzduchu, což je zajištěno prouděním vzduchu z chodby do kanceláře.



Graf č.4 – měření koncentrace CO<sub>2</sub> dne 21.3.2011

V pondělí 21.3.2011 se teplota pohybovala mezi 21° až 23°C. Hodnota ppm kolísala mezi 500 až 700 ppm. Kancelář opět měla otevřené dveře do chodby a i tento den byla zajištěna výměna vzduchu způsobena průvanem z chodby do kanceláře. Teplota po 18:00 opět značně klesá.



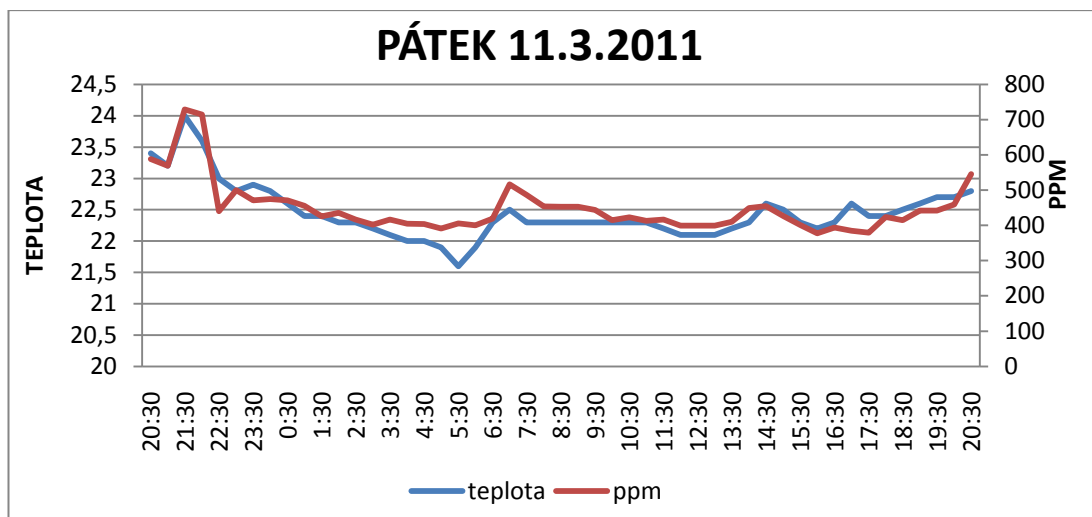
Graf č.5 – měření koncentrace CO<sub>2</sub> dne 22.3.2011

Úterý 22.3.2011 bylo, z hlediska měření, velmi zajímavé. Hodnoty ppm rostly s teplotou a časem a po 14:00 došlo k náhlému zvratu, protože hodnota ppm vyšplhala k hodnotě přes 1000 ppm, což se v předchozích dnech nepovedlo naměřit. K této situaci došlo díky zavřeným dveřím a puštěným termostatem, který teplotu, nastavenou na 24.5°C, udržel od 13:30 až do 17:30. Naopak hodnoty ppm jsou nestálé, regulované náhlým větráním a otevřením dveří do chodby. Pokles teplot i hodnot ppm je značný do 18:00, kdy je budova více méně prázdná.

## BUDOVA B

V běžném bytě panelákového typu, konkrétně byt 2+1 v sedmém podlaží v ulici Cílkova, na Praze 4. Tento byt je orientován na světové strany východ a západ, se zasklenou lodžii a s kontaktním polystyrenovým zateplením. Měření zde prokázalo, že oxid uhličitý narůstá s počtem osob a při běžném způsobu větrání (který je charakteristický vždy danému uživateli) nepřesahuje hodnotu 600 ppm, pouze v některých případech (nadměrné vaření, sušení prádla, aj.). Měřicí přístroj byl nainstalován v obývacím pokoji o rozměrech 4 x 5 metrů s jedním otopným tělesem navazující bez dveřního otvoru na kuchyň, z které lze vstoupit na zasklednou lodžii. Dveře na lodžii jsou trvale otevřené, a to z důvodu požadavku obyvatelů bytu na trvalé odvětrání kuchyně přes lodžii, která vykazuje značné netěsnosti. Dále rodina přivětrává ventilačním křídlem okna v obývacím pokoji. V nočních hodinách rodina v obou ložnicích větrá minimálně ventilací (i v zimních měsících a to zejména kvůli pocitu čistého vzduchu a lepšímu dýchání), respektive pootevřeným oknem. V ložnicích se nevyužívá vytápění. V návaznosti na tento standard větrání, a to i přes že v obytných místnostech je 24 pokojových rostlin jsou naměřené hodnoty velice příznivé a je vytvořeno prostředí vhodného mikroklimatu. Prohlídkou jsem zjistila, že v bytě se nevyskytují žádné plísně ani nežádoucí pachy a vlhkost se pohybuje v průměru 35%. Rodina je tvořena dvěma členy domácnosti. Matka, která má zálibu ve vaření, u kterého se značně potí a proto stále větrá. Tento přístup se však nelíbí jejímu synovi, který má naopak rád teplo. Na grafech je možné pozorovat pohyb členů domácnosti jednotlivě – teplota klesá, matka je doma sama. Teplota stoupá, syn nevětrá, udržuje si příjemné teploty ve vztahu k jeho organismu, když je doma sám.

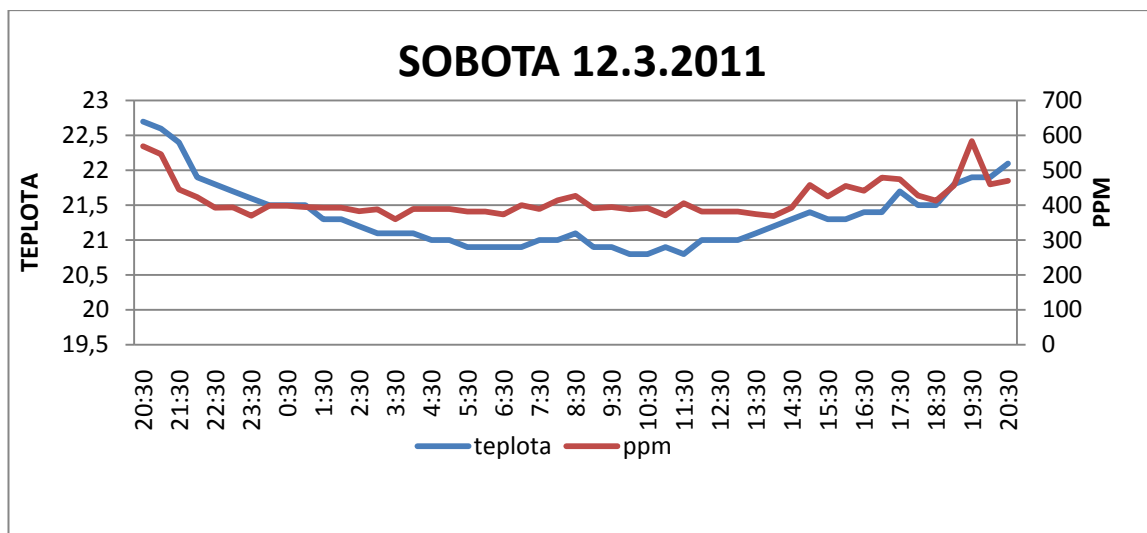
Vzhledem k nutnosti větrání v tomto zatepleném bytě se dostáváme značně do extrémních podmínek, jelikož jiné rodiny určitě takto vehementně nevětrají. Tento příklad není ukázkový, ale aspoň si na výsledných grafech můžeme povšimnout pohybu osob v bytě v týdnu a o víkendu.



Graf č.6 – měření koncentrace CO<sub>2</sub> dne 11.3.2011, byt Cílkova

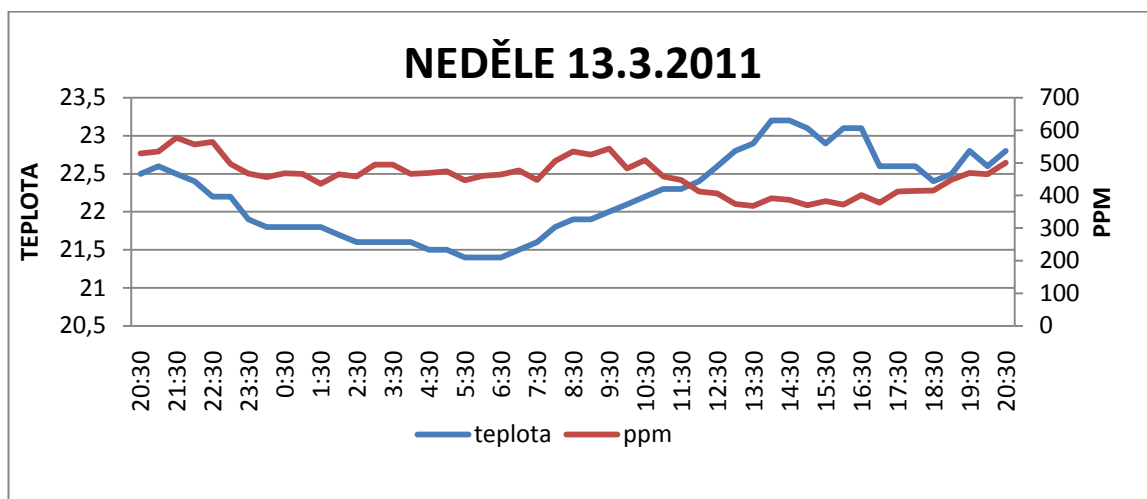
Ve čtvrtek 10.3.2011 vidíme značný růst teploty i koncentrace oxidu uhličitého v bytě v Cílkově ulici kolem 21:00. V tuto dobu je zde zvykem připravovat teplé jídlo na druhý den, hodnota ppm roste a byt se díky vaření zahřívá rychleji. Po 22:30 se rodina z obývacího pokoje přemístila do ložnic a v obýváku otevřeli okno, aby se místnost, ve které se předtím vařilo, vyvětrala rychleji. Po 23:00 se teplota i koncentrace CO<sub>2</sub> snižuje.

V pátek v 5:30 ráno se teplota začíná měnit, protože okna v celém bytě byla zavřena. V 7:00 je teplota kolem 23°C a je téměř konstatní až do 14:30, kdy se domů vrací syn ze školy. Po 15:00 je teplota kolísavá, stejně jako koncentrace oxidu uhličitého. V 17:30 přichází domů také matka a můžeme pozorovat nárůst koncentrace CO<sub>2</sub> a nárůst teploty, protože dané místnosti (kuchyň s obývacím pokojem) jsou okupovány dvěma nájemníky.



Graf č.7 – měření koncentrace CO<sub>2</sub> dne 12.3.2011, byt Cílkova

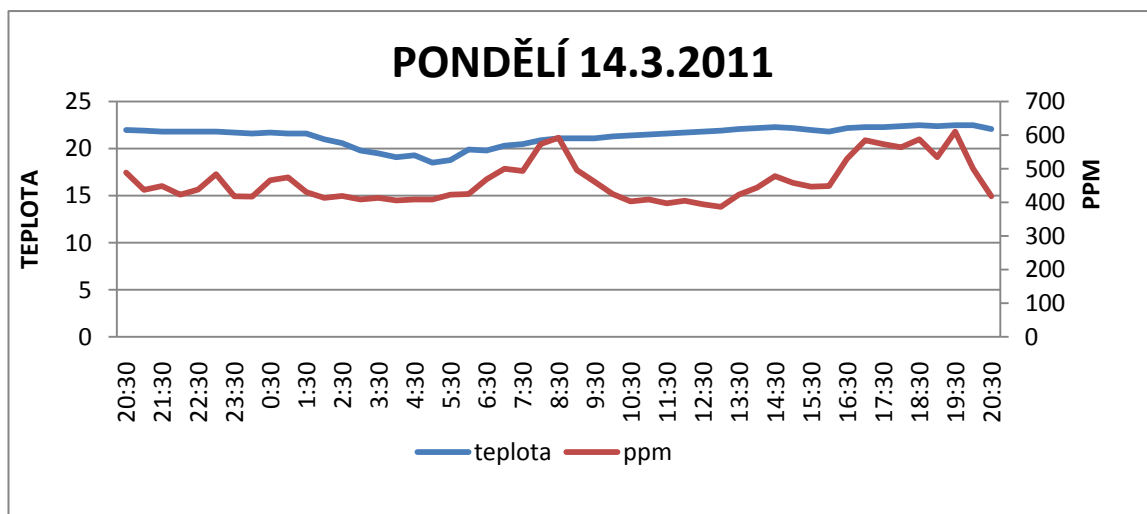
Sobota 12.3.2011 dokazuje, že byl byt téměř celý den prázdný. Hodnoty ppm i teploty jsou konstantní. Teplota se pohybuje kolem 21°C a ppm nepřesáhlo hranici 450 ppm. Rodina se vrátila až po 17:00, kdy dané naměřené hodnoty byly ovlivněny vařením, praním a sprchováním se v přilehlé koupelně sousedící s obývacím pokojem. Teplota i koncentrace CO<sub>2</sub> vzrostla rychle, a to zejména díky výše vyjmenovaným činnostem.



Graf č.8– měření koncentrace CO<sub>2</sub> dne 13.3.2011, byt Cílkova

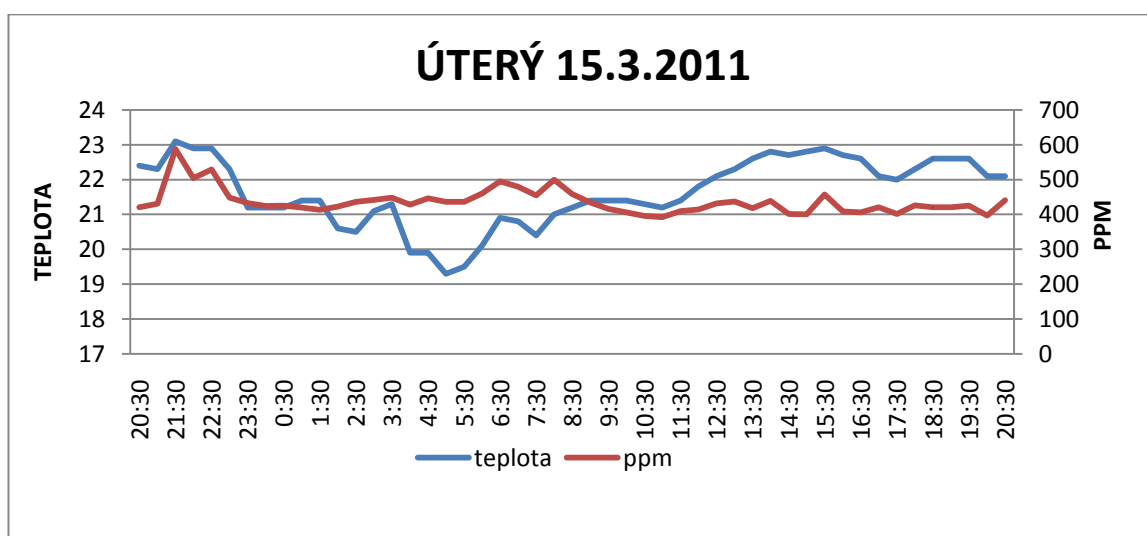
Neděli 13.3.2011 strávila rodina doma. V 7:00 byla okna zavřena, jelikož paní domu v tento čas chodí venčit psa. Hodnota ppm se v tuto dobu (7:00 až 11:30) pohybovala kolem hodnoty 500 ppm. V době oběda (12:00) teplota prudce stoupla, jelikož se v kuchyni připravovalo jídlo dne a dveře na lodžii byly otevřeny, stejně tak

jako okno v obývacím pokoji. Teplotu se povedlo snížit až po 16:00, hodnota ppm byla značně nízká s ohledem na intenzivitu používání kuchyně.



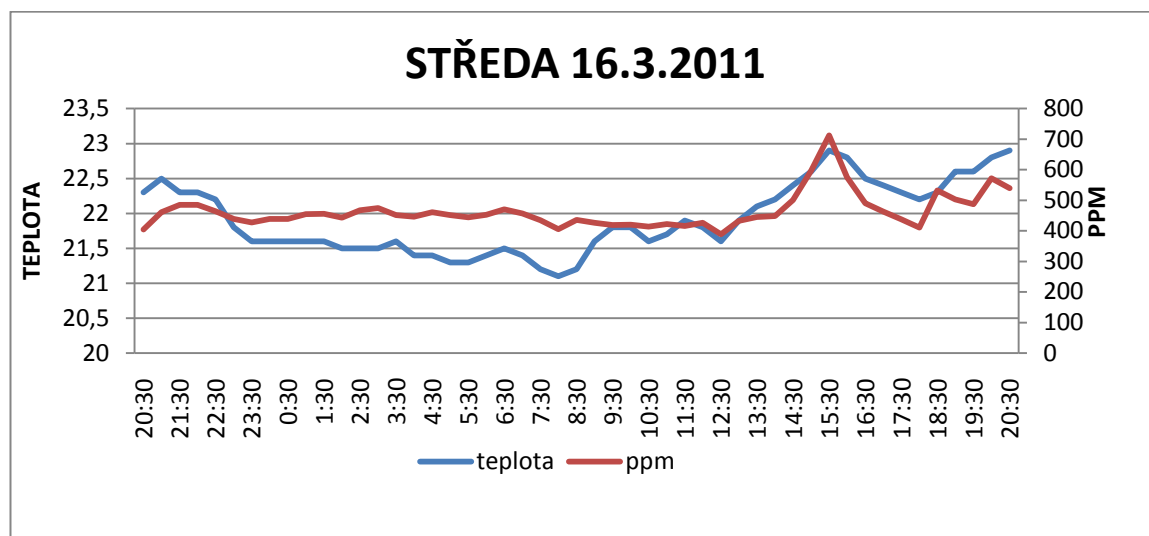
Graf č.9 – měření koncentrace CO<sub>2</sub> dne 14.3.2011, byt Cílkova

V pondělí 14.3.2011 vidíme nárůst koncentrace oxidu uhličitého zejména mezi 6:00 a 8:30, to naznačuje ranní aktivitě co se připrav do školy a práce týče. V 6:00 bylo okno uzavřeno a teplota se vyšplhala během 2 hodin na 22°C. Hodnota ppm kolísá mezi hodnotami 500 až 600 ppm. Teplota zůstala celý den konstatní, jen hodnoty ppm se měnily, a to zejména s příchodem obyvatel bytu. Po 16:00 dorazil ze školy syn, což je z grafu patrné nárůstem křivky cca o 100 ppm. Po 17:00 byla doma celá rodina a pokles koncentrace oxidu uhličitého nastal až po 20:00.



Graf č.10 – měření koncentrace CO<sub>2</sub> dne 15.3.2011, byt Cílkova

V úterý 15.3.2011 mezi 2:00 a 5:00 ráno je značný pokles teplot, a to v rozmezí 3°C. Hodnota ppm je téměř konstatní přes celý den. Vychyluje se pouze o 50 ppm. Teplota se celé odpoledne pohybovala mezi 22 a 23°C.



Graf č.11 – měření koncentrace CO<sub>2</sub> dne 16.3.2011, byt Cílkova

Ve středu 16.3.2011 má teplota kolem 6:00 stejný průběh jako dny předchozí, hodnota ppm je opět skoro konstatní. Ke zlomu dochází s příchodem obyvatel bytu, což je z grafu znatelné zejména po 15:00. Teplota se roste a klesá o 1°C v časovém rozmezí cca 4 hodin.



## 9. Dotazníková část

Dotazovaných bylo celkem 50. 70% mužů a 30% žen. Z nich dosáhlo vysokoškolského vzdělání 60% a středoškolského 40%. Pracuje 75% z nich, 20% studuje a zbylých 5% je již v důchodu (viz. grafy č. 13 – 15).

Napříč věkovým spektrem lidé v současné době vnímají požadavek na snížení nákladů na bydlení z hlediska dlouhodobého růstu cen energií, což se v dotazníku vyjádřila většina dotazovaných (74%) ve prospěch bydlení v nízkoenergetické stavbě bez ohledu na materiál. Konstatují, že toto je názor obecně vyjádřený odbornou veřejností. Lidé s orientací, případně se vzděláním v oboru životního prostředí se přiklání k pasivní dřevostavbě (20%) a výjimečně k pasivní stavbě z nosné dřevěné konstrukce se slaměnou výplní (6%). Viz. graf č.12.

Shodně všechny věkové kategorie umisťují stavbu z přírodních materiálů, jako dřevo a sláma, spíše na venkov, a to buď z důvodů vlivů působících na stavby, neboť chápou venkov jako prostředí pro přírodní materiály vhodnější. 99% dotazovaných pokládá výstavbu pasivních a nízkoenergetických domů za stavbu pro budoucnost.

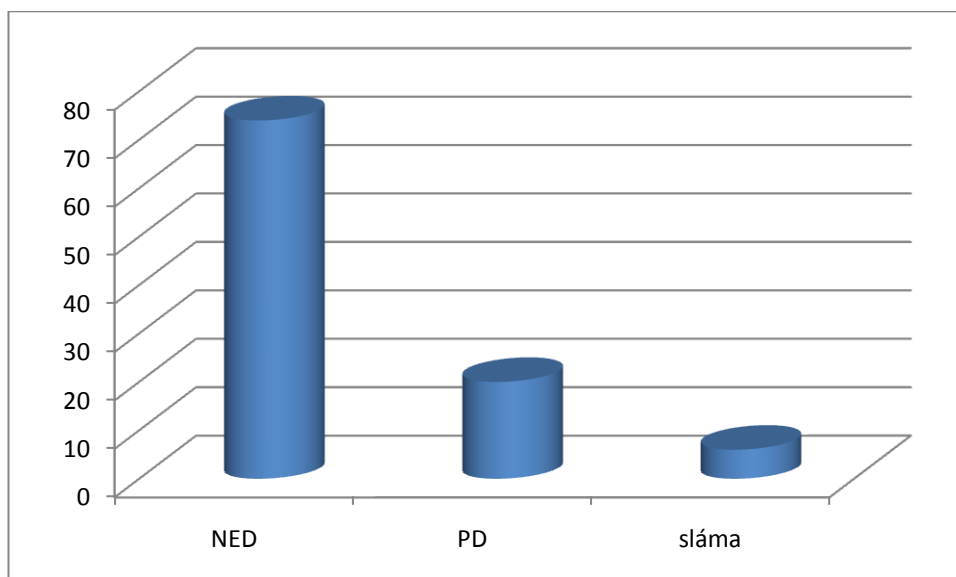
U věkové kategorie 17 – 35 let z průzkumu vyplývá, že mladí lidé obecně kladně vnímají problematiku nízkoenergetických domů a zejména formou pasivních domů a pouze z nich se vyčleňují jediní zájemci o bydlení v budovách ze slámy, a to zejména absolventi vysokých škol v daném oboru. U mladých lidí lze konstatovat, že odhad nákladů nemůže vycházet ze zkušenosti, tudíž jejich odhad nákladů je velice různorodý a nelze z něj dělat žádné závěry.

U střední generace, 36 – 54 let, lze konstatovat, že je pro ně standardně přijatelný nízkoenergetický dům bez ohledu na materiál. Stavby ze dřeva a ostatních přírodních materiálů podle respondentů patří na venkov, a to z důvodu negativního vlivu exhalací a začlenění materiálů do místa vzniku. Obecně střední generace, patrně vlivem svých životních zkušeností, předpokládá zvýšení nákladů nad 30% oproti stavebním nákladům staveb z klasických zdících materiálů. Část odborné veřejnosti respektuje stavbu z přírodních materiálů i v městských aglomeracích.

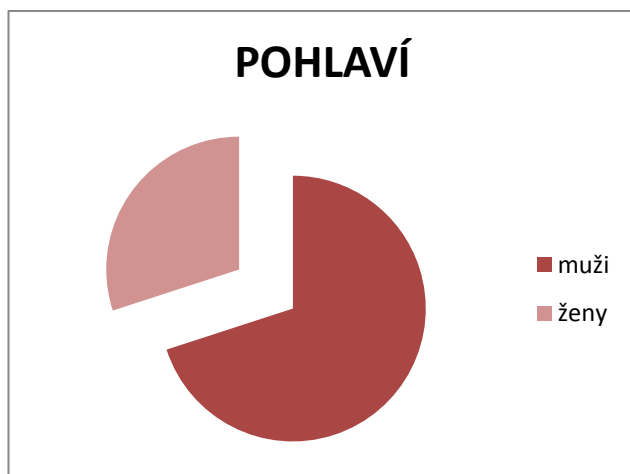
Generace lidí nad 55 let preferuje nízkoenergetické stavby bez ohledu na použitý materiál. K pasivním stavbám se nepřiklání, a to z důvodu vlivu podnebí a počasí (počet slunečních dnů). Z toho odborná veřejnost argumentuje tím, že pasivní dům má vysoké nároky na vlastní stavební pozemek a vysoké pořizovací náklady. Názor

této generace bych interpretovala slovy, že klasické zdící materiály jsou v těchto zeměpisných podmínkách ověřené a lze je velice snadno přizpůsobit pro nízkoenergetické stavby oproti pasivním stavbám jejichž funkčnost není dosud jednoznačně ověřená a není ani zaručeno, že vysoké pořizovací náklady budou návratné v přiměřené době. Pouze 50% dotazovaných v této věkové kategorii se domnívá, že pasivní domy mají v našich podmínkách budoucnost, a to i přesto, že někteří z nich se na projektových nebo dodavatelských pracích podíleli.

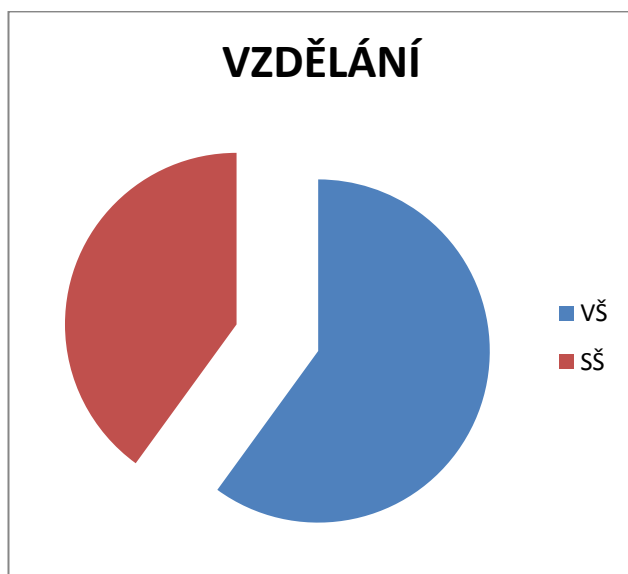
V závěru z mého průzkumu vyplývá, že pouze 16% lidí pokládá pasivní domy za nefunkční v našich podmínkách. Mohu však konstatovat, že se jedná o občany z kategorie 55+, kteří již nejsou tak přístupni novým trendům, které sebou přináší nový životní styl zohledňující více ekologii staveb a jejich provozu.



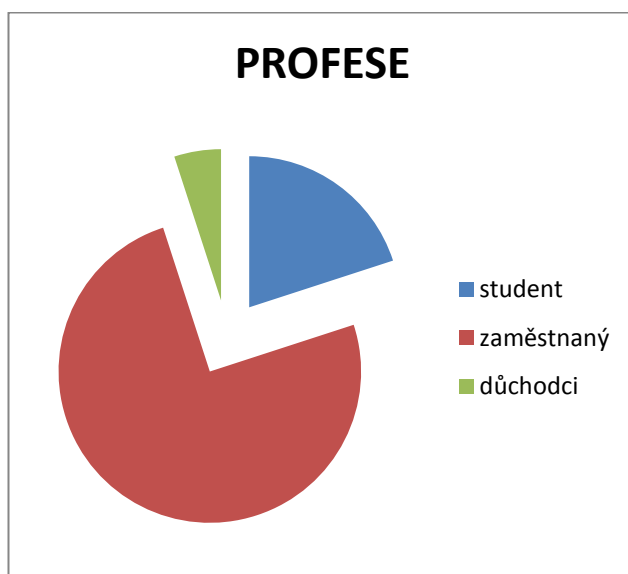
Graf č.12 – celkové hodnocení názorů dotazovaných týkajících se staveb, ve kterých by chtěli sami žít.



Graf č.13 – Pohlaví respondentů, děleno procentuálně.



Graf č.14 – Dosažené vzdělání respondentů, děleno procentuálně.



Graf č.15 – Profese respondentů, děleno procentuálně.

## 10. Diskuze

Téma ochrany vnitřního prostředí je díky zlepšování a péči o životní styl stále žádanější mezi lidmi. Spousta z nás se o toto téma zajímá, jak vyplynulo z diskuze, která byla vedena Oldřichem Hozmanem na semináři „Cesta ke zdravému bydlení“. Každý zúčastněný se podělil o svůj názor týkající se této problematiky. Někteří konstatovali, že se o kvalitu vnitřního prostředí zajímají zejména ze stránky psychologické (jak člověk přilne k místu, jak je s ním jeho duše spojována, atd.). Další účastníci by se chtěli obohatit o nové znalosti a dovednosti v tomto oboru, jednalo se zejména o domácí kutily, kteří si své místo vylepšují sami; popřípadě se jednalo o zájemce o stavby z přírodních materiálů, kteří na tento seminář zavítali, aby se o daném tématu dozvěděli více. Z diskuze jasně vyplynul zájem o zdravé bydlení.

Jednoznačně byl za vhodný materiál zvolen materiál přírodní, mezi které patří dřevo, sláma a hlína. Kombinace těchto materiálů vytváří příjemné prostředí s vhodnými hygienickými podmínkami pro život. Což vyplynulo zejména z veletrhu Dřevostavby 2011, kde byly prezentovány nové výrobky z přírodních materiálů, které zlepšují mikroklima a zároveň jsou šetrné k životnímu prostředí. Každý výrobce propagoval svůj výrobek jinak a je tedy na nás, k čemu se přikloníme. Osobně by mne zajímala stavba v kombinaci dřeva, slámy a hlíny.

Doporučované hodnoty pro vnitřní prostředí korespondují s hodnotami uvedenými v odborné literatuře. Optimální teplota uvnitř interiéru by se měla pohybovat kolem 22°C (odchylka +/- 2°C), což se mi potvrdilo i při měření v budovách A i B. Zde se teploty vyšplhaly maximálně na 25°C, což bylo způsobeno větším počtem lidí v daném prostoru či omezení proudění vzduchu v interiéru. Hodnoty koncentrace oxidu uhličitého se doporučují, dle Doležíkové s Papežem (2008), do 1000 ppm, což značí velmi dobrou úroveň s příjemným pocitem. Hranice 1000 ppm byla překročena jen jediný den, a to ve společnosti Sekyra Group, a.s. kdy byla omezena výměna vzduchu v místnosti a místnost byla plně obsazena. Dle výše uvedených autorů hodnota nad 1000 ppm způsobuje pocit ospalosti a uživatelé mají pocit horšího vzduchu. Tato hodnota byla eliminována větráním.

## 11. Závěr

Nejen příjemná teplota, ale i dostatečné množství čerstvého vzduchu, optimální vlhkost a další faktory napomáhají k vytvoření pocitu pohodlí, komfortu a zdravého vnitřního prostředí. Toto prostředí je ovlivňována stavebními materiály a vlastním provedením stavby, záleží tedy na práci architekta, projektanta i zhotovitele. V posledních několika letech se začaly prosazovat konstrukce staveb tvořené vrstvami z přírodních materiálů, které tvoří nejen ekologickou stavbu, ale splňují mnohdy charakter nízkoenergetických či pasivních domů. V těchto stavbách se, díky přírodním materiálům, dostáváme k velmi příznivým podmínkám pro život.

Tato práce mi pomohla objasnit určité skutečnosti a problematiku, kterou toto – zdánlivě lehké a málo složitě – téma přineslo, i když opak je pravdou. Toto téma je velmi rozsáhlé, poznání příčin a důsledků je stále ve vývoji. Je proto důležité, abychom začali i my – uživatelé prostor – vnímat mikroklima z hlediska možných kladů a záporů, abychom věděli, že například bolesti hlavy nepřichází s únavou, ale jsou to příznaky vydýchaného vzduchu v místnosti, popřípadě zvýšené koncentrace oxidu uhličitého z důvodu nesprávného větrání. Veřejnost by například měla při koupi bytu být poučena o jeho „zdravém“ užívání. Toto souvisí i se vznikem plísní, který často způsobuje rozhořčení nájemníků či vlastníků bytů, kteří málo větrají.

Díky této studii bych se do budoucna přiklonila ke stavbám řízeným principy baubiologie, která ve svých požadavcích na zdravé stavění specifikuje všechny oblasti vlivů prostředí na vnitřní prostředí staveb. Ráda konstatuji, že mne absolutně nadchla přednáška pana O. Hozmana a jeho celostní pohled na architekturu. Jím navrhovaný dům, který je postavený uživateli na míru, je nejen perfektní co se vnitřního prostředí týče, ale dále je také velmi ekologicky šetrný, provozně nízkonákladový a k tomu přispívá využívání přírodních materiálů, a to slámy, dřeva a hlíny. Vnitřní prostředí v takových stavbách nemá záporný vliv na zdraví člověka, je kvalitní z hlediska hygienických požadavků a působí příznivě na psychiku člověka.

## 12. Přehled literatury a použitých zdrojů

### KNIŽNÍ ZDROJE:

**Bárta J., Brotánek A. et al, 2010:** Manuál energeticky úsporné architektury. *SFŽP ve spolupráci s Českou komorou architektů, Praha, 228 s.*

**Čermáková B. & Mužíková R., 2009:** Ozeleněné střechy. *Grada Publishing, a.s., Praha, 246 s.*

**Day Ch., 2004:** Duch a místo. *Era, Brno: 265 p.*

**Gartland L., 2008:** Heat Islands. Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas. *Earthscan, London: 208 p.*

**Givoni B., 1994:** Passive and low energy cooling of buildings, *Van Nostrand Reinhold, USA, 263 s.*

**Hájek V., 1995:** Obklady stěn a stropů. *Grada Publishing, a.s., Praha, 67 s.*

**Hájek V., 1997:** Stavíme dům ze dřeva. *Prolog, s.r.o., Praha, 153 s.*

**Hans – Peter Bauer Böckler, 2000:** Ekologická výstavba domů. *IKAR a Knižní klub, Bratislava, 126 s.*

**Havířová Z., 2005:** Stavíme dům ze dřeva. *ERA, Brno, 99 s.*

**Houdek D. & Koudelka O., 2004:** Srubové domy z kulatiny. *ERA, Brno, 161 s.*

**Jokl M. & Kočí J., 1986:** Výstavba jako faktor tvorby životního prostředí. *Nakladatelství technické literatury SNTL, Praha, 188 s.*

**Jokl M., 1981:** TZB – interní mikroklima, větrací a klimatizační technika pro stavební inženýry. *ČVUT Praha, 183 s.*

**Jokl M., 2004:** Přirozená klimatizace. *ERA, Brno, 81 s.*

**Jones B., 2001:** Information Guide to Straw Building. For self-builders and the construction industry. *Amazon Nails, Todmorden, Hollinroyd Farm, 61 s.*

**King B. et al., 2006:** Design of Straw Bale Buildings. *Green Building Press, San Rafael,*

**Kolektiv autorů, 2001:** Stavební kniha 2001. *EXPO DATA spol. s.r.o., Brno, 114 s.*

**Kolektiv autorů, 2006:** mezinárodní konference Zdravé domy 2006. *VUT Brno, 135 s.*

**Mareček J., 1986:** Zeleň ve venkovských sídlech a v jejich krajinném prostředí. *RŽP – SNZ, Praha: 164 p.*

**Mareček J., 2005:** Krajinářská architektura venkovských sídel. *Česká zemědělská univerzita, Praha: 362 p.*

**Márton J., Brotánek A. et al., 2010:** Stavby ze slaměných balíků. Vydáno vlastním nákladem, Liberec, 204 s.

**Minke G. & Mahlke F., 2009:** Stavby ze slámy. *HEL, Ostrava*, 143 s.

**Nagy E., 1999:** Manual ekologickej vystavby. *Permakultúra, TiNa Olomouc*, 225 s.

**Paříková J. & Kučerová I., 2001:** Jak likvidovat plísně. *Grada Publishing, a.s., Praha*, 86 s.

**Pehle T., 2001:** Vlhkost v domě. *REBO, Dobřejšovice*, 80 s.

**Růžička M., 2006:** Stavíme dům ze dřeva. *Grada Publishing, a.s., Praha*, 117 s.

**Smola J., 2011:** Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů. *Grada Publishing, a.s., 2011*, 352 s.

**Suske P., 2008:** Ekologická architektura ve stínu moderny. *ERA, Brno*, 136 s.

**Thomas R. & Garnham T., 2007:** The Environments of Architecture. *Taylor & Francais: USA*, 233 s.

#### INTERNETOVÉ ZDROJE:

**Anonymus, 2004:** Parts per million. [online], datum aktualizace neuvedeno. [citováno 5.4.2011] dostupné z [www: http://groups.molbiosci.northwestern.edu/holmgren/Glossary/Definitions/Def-P/parts\\_per\\_million.html](http://groups.molbiosci.northwestern.edu/holmgren/Glossary/Definitions/Def-P/parts_per_million.html)

**Anonymus, 2008:** Stavební materiál. [online], datum aktualizace neuvedeno. [citováno 22.4.2011] dostupné z [www: http://www.stavebni-material.info/](http://www.stavebni-material.info/)

**Anonymus, 2009:** O vzduchu. [online], datum aktualizace neuvedeno. [citováno 29.3.2011] dostupné z [www: http://www.widetrade.cz/inpage/zdravy-domov/](http://www.widetrade.cz/inpage/zdravy-domov/)

**Anonymus, 2011:** Encyclopedia Britannica. [online], datum aktualizace neuvedeno. [citováno 15. 4. 2011]. Dostupné z: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/380278/microclimate>

**Machura, 2010:** Význam větrání budov. [online], datum aktualizace neuvedeno. [citováno 23. 3. 2011]. Dostupné z: <http://www.intoza.cz/teplovzdušne-vytapeni/vyznam-vetrani-budov.html>

**Zmrhal, 2006:** Stanovení střední radiační teploty [online], datum aktualizace neuvedeno. [citováno 18.3.2011] dostupné z [www: http://www.tzb-info.cz/3072-stanoveni-stredni-radiacni-teploty-i](http://www.tzb-info.cz/3072-stanoveni-stredni-radiacni-teploty-i)

#### ČLÁNKY V ČASOPISE:

**Eyer D., 2004:** Dbejte na kvalitu vnitřního prostředí. *Můj dům* 5/2004

**Hozman O. & Grmela D., 2008:** Dům ze živých materiálů. *Můj dům* 9/2008

**Lamache G., 1921:** Fraiches en été, chaudes en hiver. Les Maisons de paille sont avant tout économiques. [online] *La Vie et La Science*. Číslo 56, 5/1921; dostupné z: [http://www.habitat-ecologique.org/doc/La\\_Science\\_et\\_la\\_Vie\\_56.pdf](http://www.habitat-ecologique.org/doc/La_Science_et_la_Vie_56.pdf)



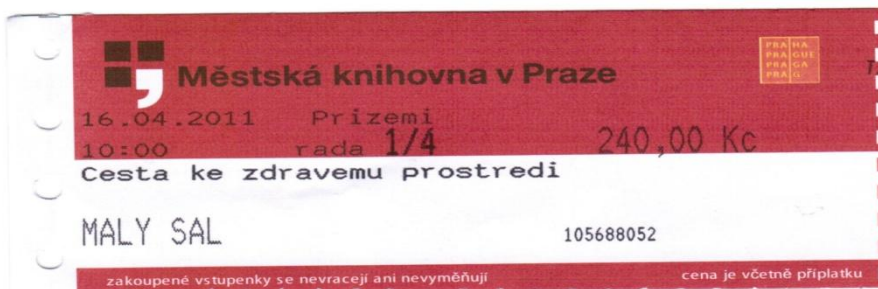
## 13. Přílohy

PRŮZKUM NÁZORŮ TÝKAJÍCÍ SE PASIVNÍCH DOMU (PD) A NÍZKOENERGETICKÝCH DOMŮ (NED).

1. Kolik vám je let?
  - 18 let
  - 19 – 25 let
  - 26 – 35 let
  - 36 – 54 let
  - + 55 let
  
2. Jsem
  - Student/ka – uveďte obor: \_\_\_\_\_
  - Zaměstnaný/á – uveďte profesi: \_\_\_\_\_
  - Živnostník – uveďte profesi: \_\_\_\_\_
  - Nezaměstnaný/á
  - V důchodu
  
3. Uveďte Vámi nejvyšší dosažené vzdělání
  - ZŠ
  - SŠ
  - VŠ
  
4. V případě možnosti výstavby nového RD, měli byste zájem o bydlení v:
  - V dřevostavbě
  - V pasivní dřevostavbě
  - V nízkoenergetickém domě bez ohledu na materiál
  - V pasivním domě z nosné dřevěné kostrukce se slaměnou výplní
  
5. Myslíte si, že jsou pasivní domy v našich podmínkách funkční?
  - Ano
  - Ne a proč? Uveďte důvod: \_\_\_\_\_
  
6. Kde si myslíte, že by byla stavba z přírodních materiálů (dřevo, sláma, ..) života schopnější? Uveďte proč tak smýšlíte.
  - město
  - venkov
  - proč: \_\_\_\_\_
  
7. Pokud jste projektant/dodavatel, podílel jste se někdy na stavbě PD/NED domů?
  - Ano
  - Ne
  
8. Váš odhad [%] zvýšení stavebních nákladů na výstavbu PD/NED oproti RD z klasických zdících materiálů?
  - Do 5
  - 5-10
  - 10 – 20%
  - 30%
  - > 40%
  
9. Myslíte si, že mají PD/NED budoucnost v našich podmínkách?
  - ano
  - ne
  
10. Souhlasíte s tím, že v rámci své bakalářské práce se odvolám na Vaše jméno a pracovní zkušenosti a úspěchy?
  - ano
  - ne



Příloha č.2 – fotografie měřicího přístroje Voltcraft co-10



Příloha č.3 – vstupenky na Veletrh Dřevostavby 2011 a na seminář „Cesta ke zdravému prostředí“