

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

**LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA
ÚSTAV NÁBYTKU, DESIGNU A BYDLENÍ**

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU VNITŘNÍHO POBYTOVÉHO PROSTŘEDÍ Z HLEDISKA ZATÍŽENÍ INTERIÉRU TĚKAVÝMI ORGANICKÝMI LÁTKAMI (VOCs)

Diplomová práce

Kvalifikační práce obsahuje přílohy

Akademický rok odevzdání:
2014/2015

Autor:
Bc. Andrea Málková

Prohlašuji, že jsem práci: „Faktory ovlivňující kvalitu vnitřního pobytového prostředí z hlediska zatížení interiéru těkavými organickými látkami (VOCs)“ zpracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona c. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon c. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladu spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne:

Bc. Andrea Málková

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěla poděkovat všem, kteří mi byli oporou a nápomocí při psaní této diplomové práce a studiu na vysoké škole. Jmenovitě patří poděkování panu Ing. Petru Čechovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce a zapůjčení měřících přístrojů. Dále bych chtěla poděkovat vlastníkům domů a bytů, ve kterých mi bylo umožněno měřit data potřebná k vypracování praktické části této práce. V neposlední řadě děkuji své rodině a nejbližším přátelům za podporu po celou dobu studia na vysoké škole.

JMÉNO STUDENTA: Bc. Andrea Málková

NÁZEV PRÁCE: Faktory ovlivňující kvalitu vnitřního pobytového prostředí z hlediska zatížení organickými látkami (VOCs)

ABSTRAKT:

Tato diplomová práce je rozdělena do dvou částí, a to na teoretickou a praktickou. Teoretická část práce obsahující šest kapitol je psána formou literární rešerše. V těchto kapitolách jsou postupně charakterizovány znaky kvality vnitřního prostředí a ovzduší související s těkavými organickými látkami (VOCs) a jejich zdroji. Dále se teoretická část zabývá vlivy VOCs na lidské zdraví a možnostmi, jak se těmto vlivům v bytě vyvarovat. Mimo jiné se také literární přehled práce zabývá ovzduším venkovním, a to v lokalitě měřených obytných jednotek, jakožto jedním z faktorů, který ovlivňuje vnitřní kvalitu prostředí. Poslední kapitola je věnována legislativě, která souvisí s řešeným tématem.

Stěžejní praktická část diplomové práce se člení do pěti kapitol. Zabývá se měřením VOCs ve čtyřech různých bytech v časovém úseku tří ročních období (podzim, zima, jaro). V těchto kapitolách jsou popsány posuzované objekty a příslušná metodika měření s použitými přístroji, kterými bylo uskutečněno měření a následná analýza zatížení interiéru VOCs. Závěrem se praktická část věnuje výsledkům měření a jejich slovní interpretaci.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Interiér, kvalita vnitřního ovzduší, Syndrom nemocných budov, těkavé organické látky, zdraví, TVOC, VOCs.

STUDENT'S NAME: Bc. Andrea Málková

TITLE: Factors affecting the indoor air quality in terms of the organic compounds (VOCs) load

ABSTRACT:

This thesis is divided into two parts, a theoretical and a practical. The theoretical part contains six chapters and it is written in the form of a literature review. In these chapters, there are gradually characterized the features of indoor environmental quality and indoor air quality, which are associated with volatile organic compounds (VOCs) and their sources. Then following chapter deals with the effects of VOCs on human health and the possibilities of how to avoid these influences in the apartment interior. Among other things, the literary review deals with outdoor air quality in the area of the examined objects as one of the factors that influence the indoor air quality. The last chapter is devoted to legislation that relates to the researched topic.

Main, practical part of the thesis is divided into five chapters. It deals with the measurement of VOCs in four different apartments in a period of three seasons (fall, winter, spring). These chapters describe the assessed objects and the corresponding measurement methodology used together with the devices, by which the measuring and subsequent analysis of the interior load VOCs were carried out. The last chapter of the practical section discusses the results of measurements and their interpretation of the word.

KEY WORDS:

Indoor Air Quality, Interior, Health, Sick Building Syndrome, TVOC, Volatile Organic Compounds, VOCs.

OBSAH

ÚVOD.....	10
CÍL PRÁCE	11
1 TEORETICKÁ ČÁST	12
1. KVALITA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ A JEHO OVZDUŠÍ	12
1.1 KVALITA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ	12
1.2 ODÉROVÉ MIKROKLIMA	13
1.3 TOXICKÉ MIKROKLIMA	14
1.4 TEPELNĚ-VLHKOSTNÍ MIKROKLIMA	14
1.5 KVALITA OVZDUŠÍ V INTERIÉRU.....	15
1.6 SYNDROM NEMOCNÝCH BUDOV	17
2. TĚKAVÉ ORGANICKÉ LÁTKY (VOCS)	19
2.1 ROZDĚLENÍ VOCS	20
2.2 ZDROJE VOCS	21
2.2.1 ROZDĚLENÍ ZDROJŮ EMISÍ VOCS	21
2.2.2 REGISTR EMISÍ A ZDROJŮ ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ ČR.....	23
2.3 ZDROJE VOCS V INTERIÉRU.....	24
2.3.1 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ.....	26
2.3.2 ANTROPOGENNÍ ČINNOST.....	26
2.3.3 STAVEBNÍ MATERIÁLY A VÝROBKY	27
2.3.4 NÁBYTEK A ZAŘÍZENÍ	28
3. VOCS A JEJICH VLIV NA ZDRAVÍ	31
3.1 SKUPINY OSOB CITLIVĚJŠÍCH NA KVALITU OVZDUŠÍ.....	32
3.2 AKUTNÍ A CHRONICKÉ ÚČINKY.....	33
3.3 KONKRÉTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚČINKY NĚKTERÝCH VOCS	33
3.4 OCHRANA ZDRAVÍ SPOTŘEBITELE.....	34
4. KVALITA VNĚJŠÍHO OVZDUŠÍ V PARDUBICKÉM KRAJI.....	36
4.1 VOCS V PARDUBICKÉM KRAJI	37
4.2 PARDUBICE A ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ.....	38
4.3 NASAVRKY A ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ.....	39
5. ELIMINACE ŠKODLIVIN V POBYTOVÉM PROSTŘEDÍ.....	41

5.1 KONTROLA RELATIVNÍ VZDUŠNÉ VLHKOSTI A TEPLoty	41
5.2 VĚTRÁNÍ	41
5.2.1 DRUHY VĚTRÁNÍ	42
5.3 ČIŠTĚNÍ A IONIZACE VZDUCHU	46
5.4 ODSTRANĚNÍ ZDROJŮ ŠKODLIVIN V INTERIÉRU	47
5.5 UMÍSTĚNÍ ROSTLIN DO INTERIÉRU	48
6. LEGISLATIVA A NORMY	50
6.1 VYHLÁŠKA Č. 6/2003 SB. MINISTERSTVA ZDRAVOTNICTVÍ ČR	50
6.2 ZÁKON Č. 201/2012 SB., O OCHRANĚ OVZDUŠÍ.....	50
6.3 METODICKÝ NÁVOD K MĚŘENÍ A STANOVENÍ KVALITY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ.....	52
I. PRAKTICKÁ ČÁST.....	53
7. OBJEKTY MĚŘENÍ	53
7.1 BYT PARDUBICE - PALACKÉHO.....	54
7.1.1 OBÝVACÍ POKOJ	55
7.1.2 LOŽNICE	56
7.1.3 EXTERIÉR.....	56
7.2 RODINNÝ DŮM OCHOZ U NASAVRK	56
7.2.1 OBÝVACÍ POKOJ	57
7.2.2 LOŽNICE	58
7.2.3 EXTERIÉR.....	59
7.3 RODINNÝ DŮM PARDUBICE – PARDUBIČKY	59
7.3.1 OBÝVACÍ POKOJ	60
7.3.2 LOŽNICE	61
7.4 BYT PARDUBICE – POLABINY.....	61
7.4.1 OBÝVACÍ POKOJ	62
7.4.2 KUCHYNĚ.....	63
7.4.3 EXTERIÉR.....	63
8. METODIKA STANOVENÍ EMISÍ VOC	64
8.1 PLYNOVÁ CHROMATOGRFIE S HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIÍ.....	66
8.1.1 POUŽITÉ METODY ANALÝZ NA GC/MS A JEJICH PARAMETRY	66
9. PŘÍSTROJE PRO ODBĚR VZORKŮ VOCS A K JEJICH ANALÝZE	68
9.1 ZAŘÍZENÍ PRO PROVEDENÍ ODBĚRU VZDUCHU Z POSUZOVANÉHO INTERIÉRU	68
9.1.1 ODBĚROVÁ DESORPČNÍ TRUBIČKA.....	68
9.1.2 ODBĚROVÉ ČERPADLO VZDUCHU	68
9.2 ZAŘÍZENÍ URČENÉ PRO TVORBU CHEMICKÉ ANALÝZY	68

9.2.1 PLYNOVÝ CHROMATOGRAF S HMOTNOSTNÍM SPEKTROMETREM	68
9.3 OSTATNÍ POUŽITÉ ZAŘÍZENÍ.....	70
9.3.1 DIGITÁLNÍ TEPLOMĚR A VLHKOMĚR	70
10.VÝSLEDKY	71
10.1 TABULKOVÉ A GRAFICKÉ VYHODNOCENÍ MĚŘENÝCH HODNOT.....	71
10.1.1 PARDUBICE - PALACKÉHO	71
10.1.2 OCHOZ U NASAVRK	76
10.1.3 PARDUBIČKY	81
10.1.4 PARDUBICE - POLABINY.....	86
10.2 POROVNÁNÍ PARAMETRŮ TVOC V JEDNOTLIVÝCH BYTECH	91
11.DISKUSE VÝSLEDKŮ	93
11.1 PARDUBICE-PALACKÉHO.....	93
11.1.1 OBÝVACÍ POKOJ.....	93
11.1.2 LOŽNICE.....	95
11.1.3 EXTERIÉR.....	95
11.2 OCHOZ U NASAVRK.....	96
11.2.1 OBÝVACÍ POKOJ.....	96
11.2.2 LOŽNICE.....	97
11.2.3 EXTERIÉR.....	97
11.3 PARDUBIČKY	98
11.3.1 OBÝVACÍ POKOJ.....	98
11.3.2 LOŽNICE.....	99
11.3.3 EXTERIÉR.....	99
11.4 PARDUBICE-POLABINY	100
11.4.1 OBÝVACÍ POKOJ A KUCHYNĚ.....	100
11.4.2 EXTERIÉR.....	100
11.5 SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ A VYUŽITÍ PRO PRAXI.....	101
11.5.1 NÁVRH OPATŘENÍ.....	101
ZÁVĚR.....	103
SUMMARY	104
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	105
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	106
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	111
SEZNAM PŘÍLOH.....	114

ÚVOD

Prostor, jež člověk obývá, je jeho zázemím, zde se cítí bezpečně a přirozeně. Obytný prostor spoluvytváří několik aspektů, které se vzájemně ovlivňují a mezi něž se bezpochyby řadí i kvalita ovzduší v interiéru.

Zpravidla je člověkem sledován například původ potravin nebo vody, jakožto prostředků nutných k přežití, ale nad kvalitou vzduchu, který dýchá, běžně nepřemýšlí.

Pro člověka a jeho život je vzduch nezbytný. Jeho složení, zejména po chemické stránce hraje velmi důležitou roli pro náš organismus. Úroveň kvality vnějšího ovzduší se také promítá do kvality vnitřního ovzduší v budovách. (Svoboda, Muzikář; 2013)

A zatímco kvalitu vnějšího ovzduší nemůže člověk sám příliš ovlivňovat, zato kvalitu vnitřního ovzduší v bytě lze alespoň sledovat a eliminovat vznik škodlivin prostřednictvím snížení jejich zdrojů nebo jejich úplným odstraněním.

Zhoršování kvality vnitřního prostředí vede ke vzrůstajícím stížnostem, diskomfortu, nebo dokonce i poškození zdraví lidí. Některé škodliviny v ovzduší interiérů, jako jsou těkavé organické látky, mohou mít i chronický účinek. (Provazník, Karmanová; 2000).

Zvýšená koncentrace škodlivin v obytném prostředí je způsobena zejména větším počtem předmětů ze syntetických materiálů, úklidovými prostředky a mnoha dalšími aspekty, které mohou vznikat samovolně v interiéru či exteriéru lidskou činností nebo je může produkovat stavba sama. K uvolňování škodlivin velice přispívá také dnešní doba, jež je spojena s úsporou energie promítající se ve snahu o co největší utěsnění budov. Škodliviny se tak uvnitř budov hromadí a zejména v zimních měsících dosahují vyšších hodnot.

Z hlediska toho, že člověk tráví většinu svého času právě v uzavřených prostorech budov, je potřeba se tímto tématem zabývat.

CÍL PRÁCE

Diplomová práce se zabývá problematikou kvality vnitřního pobytového prostředí zvolených interiérů bytových staveb. Hlavním cílem této diplomové práce je analyzovat faktory, které ovlivňují kvalitu vnitřního pobytového prostředí z hlediska zatížení těkavými organickými látkami (VOCs). Nedílnou součástí této práce je stanovit kvantitativní a kvalitativní složení emisí těkavých organických látek a parametr TVOC, které ovlivňují kvalitu ovzduší v interiéru a nalézt případné faktory, které jsou zdrojem emisí těchto látek.

Díličními cíli práce jsou:

- definovat a charakterizovat kvalitu vnitřního prostředí a zejména ovzduší;
- charakterizovat těkavé organické látky (VOCs);
- popsat vlivy těkavých organických látek na lidský organismus;
- charakterizovat kvalitu venkovního ovzduší v okolí měřených bytů;
- analyzovat možnosti eliminace škodlivin v interiéru;
- uvést patřičnou legislativu související s VOCs v pobytové vnitřním prostředí;
- vybrat a popsat bytové jednotky, ve kterých se uskuteční měření emisí VOCs;
- zvolit metodiku kvantitativního a kvalitativního měření VOCs;
- definovat měřicí přístroje a zařízení pro kvantitativní a kvalitativní měření VOCs;
- tabulkově, graficky a slovně vyhodnotit naměřené výsledky.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1. KVALITA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ A JEHO OVZDUŠÍ

Problematika kvality vnitřního prostředí a ovzduší interiéru se v současné době stává stále více diskutovaným tématem. Důvodem je fakt, že budovy se při honbě za úsporou tepla, respektive úsporou provozních nákladů na vytápění, navrhuji více utěsněné, z hlediska samovolné výměny vzduchu, na což reagovali také výrobci stále méně pro vzduch propustnými produkty. Uživatelům domů a bytů se tak sice snížily výdaje na vytápění domů, avšak rapidně se jim zhoršilo vnitřní prostředí, k čemuž mimo již zmíněných důvodů přispívá oproti minulosti i nárůst používání chemických, čisticích a desinfekčních prostředků nebo různých osvěžovačů vzduchu. (Časopis stavebnictví, 2007)

1.1 Kvalita vnitřního prostředí

Kvalita prostředí v interiéru je obecně tvořena komplexem mnoha jevů, které utvářejí výsledné prostředí působící na člověka.

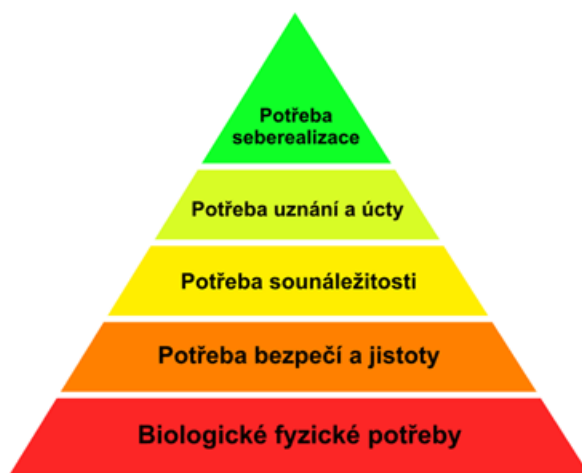
Tyto jevy je možno klasifikovat do několika složek interního mikroklima, a to složky: (TZB-info, 2010)

- tepelně-vlhkostní,
- odérové,
- aerosolové,
- světelné,
- akustické,
- toxické,
- ionizační,
- mikrobiální.

Subjektivně lidé nejvíce vnímají složku tepelně-vlhkostní, s ohledem na lidské zdraví je ale důležitá kvalita vzduchu zejména z části mikrobiální, aerosolové, odérové a toxické. Vzhledem k tématu diplomové práce se následující kapitoly budou zabývat toxickým a odérovým mikroklima, na které mají prchavé organické látky větší, či menší vliv. Důležité je také tepelně vlhkostní mikroklima, jež může mít vliv na uvolňování VOCs.

Kvalita vnitřního prostředí má tedy mnoho hledisek, podle kterých lze posuzovat buď pozitivní, nebo negativní působení na fyziologické, emoční a psychické zdraví člověka.

Z psychologického hlediska zasahuje v jisté míře kvalita prostředí, ve kterém žijeme, i do tzv. Maslowovy pyramidy potřeb vycházející z hierarchie postupného uspokojování lidských potřeb od základních nedostatkových, mezi něž se řadí fyziologické potřeby, potřeba bezpečí a jistoty, potřeba sounáležitosti a potřeba uznání až po vrcholek pyramidy, kam se řadí potřeba seberealizace. Kvalita vnitřního prostředí zasahuje do každé kategorie v diametrálně jiné, ale důležité míře. V celé pyramidě platí pravidlo, že pokud nejsou uspokojeny potřeby nižšího řádu, nemohou být uspokojeny vyšší potřeby. (Nakonečný, 1998)



Obr. 1: Maslowova pyramida potřeb (filosofie-uspechu.cz, 2015)

1.2 Odérové mikroklima

Odéry jsou plynné složky v ovzduší, které jsou člověkem vnímány jako vůně potažmo zápachy. Většinou jsou produkovány samotným člověkem nebo jeho činností, příp. uvolňované ze stavebních konstrukcí budov nebo ze zařizovacích předmětů. Do interiéru budov mohou tedy pachy vstupovat jednak z venku, jednak zevnitř. (TZB-info, 2010)

Tyto plynné složky ovzduší mohou být zdravotně nezávadné, ale i toxické. Samotná vůně nebo zápach však nejsou z hlediska zdraví podstatné. Mimo běžně se vyskytující odéry z kouření nebo přípravy jídel se v interiéru v současné době vyskytují i styreny, formaldehydy a odpary z nátěrů, tedy látky, které byly dříve neznámé

Jako kritérium odérového mikroklimatu, kde hlavním zdrojem škodlivin je člověk, slouží zejména koncentrace oxidu uhličitého, přestože on sám je bez zápachu. V interiéru tedy vzniká při pobytu lidí oxid uhličitý a tělesné pachy - antropotoxiny, které jsou obecně vzato indikátorem kvality vnitřního vzduchu. (TZB-info, 2010)

Odérová složka je hlavním faktorem ovlivňující výměnu vzduchu v interiéru obytného prostředí. Není to ani potřeba kyslíku pro dýchání, která je ve srovnání s požadavky na odstraňování oděrů minimální, protože potřebné množství vzduchu je pouze cca $1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na osobu, ani potřeba odstraňování toxických plynů, které se běžně v těchto interiérech nevyskytují. (TZB-info, 2010)

1.3 Toxické mikroklima

Toxické mikroklima v budovách je tvořeno toxickými plyny s patologickými účinky, mezi které patří především oxidy síry, oxidy dusíku, oxid uhelnatý, ozon, smog, formaldehyd, VOCs atd. Jejich zdrojem je stejně jako v případě oděrů opět sám člověk a jeho činnost, stavební materiály, zejména pak přípravky stavební chemie, barvy a lepidla. (Počinková, Čuprová a kol.; 2008)

Neopomenutelnými zdroji toxických plynů v interiéru jsou také různá vybavení, typu spotřebičů a zařízení budov, např. plynové sporáky, nábytek, či podlahové krytiny. (TZB-info, 2010)

Koncentrace toxických plynů s patologickými účinky ve venkovním prostředí bývá velmi nízká. S ohledem na tuto skutečnost jsou dnes stavby klasifikovány jako budovy s velmi nízkým, nízkým nebo významným znečištěním vnitřního prostředí, což se projevuje hlavně ve výběru materiálů podle emisí škodlivin a omezením jiných zdrojů znečištění vnitřního ovzduší, jako je např. tabákový kouř, apod. (TZB-info, 2010)

1.4 Tepelně-vlhkostní mikroklima

Jak již bylo zmíněno, odérové a toxické mikroklima v budově může být výrazně ovlivněno tepelně-vlhkostním mikroklimatem a to zejména v topné sezóně.

Základní tepelně-vlhkostní klima uvnitř budovy je tedy ovlivněno vnějším klimatem, jehož působení upravují vlastnosti stavebních konstrukcí a zdroje tepla, či vodní páry v objektu. Účelem je vytvoření takového mikroklima, ve kterém se člověk cítí při vykonávané práci komfortně, tedy ve stavu tzv. tepelné pohody. Ta je definována

dosažením tepelné rovnováhy člověka při tzv. suchém ochlazování těla (nejvyšší podíl odvádění tepla z těla je konvekcí a sáláním, přičemž nedochází ke zvýšenému vylučování potu). Člověk sám o sobě, s lehkou pracovní činností vsedě, odevzdává při klidném vzduchu cca $58 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ metabolického tepla, přičemž dospělý člověk má plochu asi $1,8 \text{ m}^2$. (Počinková, Čuprová a kol.; 2008)

Z hlediska úniku VOCs mezi topnou a netopnou sezónou jsou rozdíly naměřených hodnot ani ne tak v rozdílné teplotě a vlhkosti v bytech, jako spíše v jiné intenzitě větrání, která s tím souvisí. V reálných podmínkách má vlhkost a teplota na únik těkavých organických látek (VOCs) jen malý vliv, většinou jsou ale koncentrace při nižší vlhkosti a vyšší teplotě mírně vyšší než při jiných podmínkách. (Čech, 2014)

Teplotu lze v topné sezóně regulovat, horší je to však s vlhkostí. Ta může při stoupající teplotě klesat v panelových domech až pod 30%. Takové prostředí je pak nevhodné pro ty, kteří trpí chorobami dýchacích cest, rýmou, záněty průdušek nebo astmatem. (Špičák, 2003)

Tab.1: Požadované mikroklimatické podmínky v obytných místnostech (Špičák, 2003)

MIKROKLIMATICKÉ PODMÍNKY V POBYTOVÝCH MÍSTNOSTECH - DOPORUČENÉ		
ukazatel	rozmezí hodnot	doporučené optimální hodnoty
teplota v zimě [°C]	20-24	21,7
teplota v létě [°C]	22-26	24,2
teplota povrchu podlahy [°C]	19-29	26,0
rychlost proudění vzduchu v zimě [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,1-0,2	0,15
rychlost proudění vzduchu v létě [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,2-0,3	0,25
relativní vlhkost vzduchu [%]	30-70	35-50

1.5 Kvalita ovzduší v interiéru

Pojem „kvalita ovzduší“ se poprvé objevil v roce 1974 a týkal se právě ovzduší vnitřního. V té době totiž byla kvalita vnitřního ovzduší tématem mnoha studií vedených Američany, a to hlavně mladým studentem environmentálních studií Billem Wolvertonem. Tohoto studenta si najala NASA (Národní úřad pro letectví a kosmonautiku), aby se zabýval výzkumem kvality vzduchu v obytných vesmírných lodích. Bill Wolverton později rozšířil své studie na vzduch v obytných prostorách a v kancelářích. (Chaudet, Boixière; 2010)

Po dlouhou dobu byli lidé sami o sobě jediným zdrojem různých pachů a oxidu uhličitého v interiéru a větrání bylo jediným způsobem, jak toto znečištění ve vnitřním prostředí eliminovat. V poslední době však dochází, při výstavbě nových budov a v souvislosti s tím i vybavováním vnitřních prostorů novými materiály a produkty, k tendenci šetřit tepelnou energií, a tím i snižovat intenzitu potřebného větrání. Oba tyto aspekty vedou ke kvalitativním a kvantitativním změnám ovzduší ve vnitřním prostředí. Různé studie týkající se kvality ovzduší prokazují, že koncentrace mnoha škodlivých látek jsou v interiérech dvakrát, pětkrát, někdy i stokrát vyšší ve srovnání s exteriérem. (Provazník, Karmanová; 2000)

Koncentrace škodlivin v interiéru, které následně ovlivňují zejména toxické a oděrové mikroklima, však také úzce souvisí právě s již zmíněným tepelně-vlhkostním mikroklimatem. Jsou tedy spojené s faktorem teploty a relativní vlhkosti v interiéru. Při zvýšené teplotě totiž například může docházet ke zvýšenému úniku volatilních škodlivin z materiálů. (Provazník, Karmanová; 2000)

Ovzduší uvnitř budov je tedy obecně dáno mnoha faktory, zejména jsou to:

- kvalita venkovního ovzduší;
- počet osob v místnosti a objem vzduchu připadající právě na jednu osobu;
- větrání;
- množství vzdušných škodlivin a kontaminací. (Čech, 2014)

Právě množství škodlivin přítomných ve vnitřním ovzduší je faktorem, který čím dál výrazněji ovlivňuje kvalitu vnitřního prostředí. Pro zlepšení kvality ovzduší v interiéru je potřeba nejprve zjistit zdroje škodlivin a jejich podíl na znečištění, což může být někdy obtížné, neboť na znečištění vnitřního ovzduší má vliv řada proměnných a procesů, z nichž některé mají vztah k vlastní budově nebo k jejím obyvatelům, ale některé mají původ i ve vnějším prostředí. (Provazník, Karmanová; 2000)

Jelikož velká část populace tráví daleko více času ve vnitřním prostředí než venku, je proto důležité se vlivem znečištění vnitřního ovzduší na lidský organismus zabývat. (Provazník, Karmanová; 2000)

1.6 Syndrom nemocných budov

V souvislosti se špatnou kvalitou vnitřního ovzduší a celkově prostředí v uzavřených prostorách se může vyskytovat jev, známý jako tzv. Syndrom nemocných budov.

Syndrom nemocných budov (Sick Building Syndrome, odtud zkratka SBS) byl poprvé definován Světovou zdravotnickou organizací (WHO) v roce 1982. Označuje zdravotní obtíže, jejichž příčinu nelze jasně identifikovat, u lidí pobývajících delší dobu v postižené budově. Po opuštění budovy zdravotní obtíže ustupují nebo zcela zmizí. Mezi nejčastější zdravotní příznaky nemocných budov patří bolesti hlavy, zrakové potíže, záněty horních cest dýchacích, kožní příznaky a v neposlední řadě také únava, nespavost, zažívací potíže, porucha soustředění, porucha funkce štítné žlázy a celková psychická nepohoda. (Svoboda, Muzikář; 2013)

Nějaký čas byly expozice VOCs považovány za hlavní příčinu vzniku SBS. Tento názor byl podmíněn experimentálními studiemi, ve kterých byly osoby v komoře vystaveny směsi VOCs a posléze tyto osoby vykazovaly příznaky spojené s SBS. V poslední době se studie zaměřily na větrací systémy v domech, které mohou hrát velkou roli ve vzniku SBS. Studiemi bylo také zjištěno, že ve srovnání s obyvateli přirozeně větranými budovami hlásili obyvatelé budov s umělou ventilací vyšší frekvenci podráždění nosu, očí, bolesti hlavy, letargii a suchou kůži. (Jones, 1999)

Znaky výskytu Syndromu nemocných budov:

- domy jsou postavené v 60. letech minulého století nebo později;
- domy jsou vybaveny klimatizací s možností chlazení;
- osvětlení ostře září nebo bliká;
- domy jsou špatně větratelné;
- špatná regulace teploty (teplota během dne kolísá nebo je příliš vysoká);
- nevhodná relativní vlhkost vzduchu;
- velké množství čalouněného nábytku a kobereců;
- nový nábytek, malby a nátěry;
- špatná údržba budovy a s ní spojený nedostatečný úklid;
- mnoho otevřených regálů a kartoték;
- ovzduší je znečištěno prachovými částicemi a vlákny;

- velké množství výpočetní a komunikační techniky. (Svoboda, Muzikář; 2013)

Zdravotní příznaky u člověka:

- bolesti hlavy;
- postižení horních cest dýchacích (rýma, kýčání, bolest v krku, chrapt, sucho v krku);
- postižení dolních cest dýchacích (sípání, dušnost, tlak na hrudi);
- postižení oční sliznice (suchá sliznice, svědění, slzení, bolavé oči, rozmazané vidění, pálení očí);
- únava (neobvyklá únava, ospalost nebo nespavost);
- zimnice, horečka;
- bolest svalů (bolesti svalů a kloubů, bolest horní nebo dolní části zad, bolest nebo znečitlivění v rameni nebo na krku, bolest nebo znečitlivění v rukou a zápěstí);
- neurologické symptomy (porucha soustředění, zapomínání, pocity deprese, napětí, úzkost, nervozita);
- závratě;
- suchá pokožka;
- sexuální apatie. (Jones, 1999)

Syndrom nemocných budov (SBS) se dle Světové zdravotnické organizace (WHO) vyskytuje až u 30% novostaveb nebo zrekonstruovaných objektů. (Provazník, Karmanová; 2000)

Do jaké míry přispívají VOCs ke vzniku Syndromu nemocných budov (SBS) zatím není zcela objasněno.

2. TĚKAVÉ ORGANICKÉ LÁTKY (VOCs)

Těkavé organické látky (Volatile Organic Compounds - VOCs) jsou organické sloučeniny nebo směsi organických sloučenin, které dle Zákona o ochraně ovzduší 201/2012 Sb. mají při teplotě 20 °C (293,15 K) tlak par 0,01 kPa nebo více, či mají za konkrétních podmínek použití odpovídající těkavost. Jedná se současně o látky, které mohou v ovzduší reagovat za spolupůsobení slunečního záření s oxidy dusíku (NOX) za vzniku fotochemických oxidantů. (Čech, 2014)

Koncentrace fotochemických oxidantů zaznamenala v globálním měřítku značný nárůst. Nad naším kontinentem jsou v současné době třikrát až čtyřikrát vyšší než tomu bylo v preindustriálním období, především kvůli nárůstu průmyslu a dopravy (Hůnová, 2004)

Vznik fotochemických oxidantů je daný rovnicí:

- VOCs + NOX + UV záření + teplo = O₃ (troposférický ozon)

Troposférický ozon je označován jako sekundární znečišťující látka v ovzduší. Nemá totiž vlastní významný zdroj emisí, ale vzniká v troposféře celou řadou chemických reakcí z tzv. prekursorů. Prekursory jsou oxidy dusíku (NOX) a těkavé organické látky (VOCs) pocházející zejména z autodopravy, významným zdrojem VOCs ale mohou být také například rozsáhlé komplexy jehličnatých lesů. Při vzniku ozonu pak hraje velkou roli sluneční záření. (Hůnová, 2004)

Na koncentraci přízemního ozonu má vliv, mimo absolutních koncentrací VOCs a NOX, i jejich vzájemný poměr. Nejpříznivější podmínky pro vznik ozonu se udávají při poměru VOCs a NOX 4 : 1 – 10 : 1. V Evropě se však poměr mezi VOCs a NOX příliš nemění, omezujícím faktorem při fotochemických reakcích jsou tedy meteorologické podmínky. (Hůnová, 2004)

Dnes je některými zdroji odborné literatury uváděno, že z pohledu informovanosti společnosti je kladen nejvyšší důraz na toxické působení materiálů v interiérech. Zejména jsou to konstrukční materiály, dokončující materiály a materiály přicházející do kontaktu s potravinami. (Čech, 2014)

2.1 Rozdělení VOCs

Podle definice Světové zdravotnické organizace jsou těkavé organické látky (VOCs) všechny organické látky, které mají bod varu 50 °C až 240 °C a při polárních substancích pak v rozmezí 100 °C až 260 °C. (Čech, 2014)

Tab. 2: Rozdělení těkavých organických látek podle bodu varu (ČSN EN ISO 16000-5, 2007)

ROZDĚLENÍ TĚKAVÝCH ORGANICKÝCH LÁTEK PODLE BODU VARU				
Název	Zkratka	Interval teploty bodu varu		Příklady vzorkovacích materiálů
		dolní [°C]	horní [°C]	
Vysoce těkavé organické látky	VVOC	< 0	50 až 100	Adsorbce na aktivní uhlí, molekulární síla
Těkavé organické látky	VOC	50 až 100	240 až 260	Adsorbce na tenax, grafitizovaný uhlík nebo aktivní uhlí
Středně těkavé organické látky	SVOC	240 až 260	380 až 400	Adsorbce na polyuretanovou pěnu nebo XAD-2
Organické látky zachycené na částicích	POM	< 380	žádná	Zachycení na filtru

Mezi nejznámější těkavé organické látky patří například benzen, toluen, xylen, ethylbenzen, styren, m-xylen, p-xylen atd. Formaldehyd jako představitel VVOC je brán, z hlediska jeho zdravotního významu, separátně. (Čech, 2014; Brunecký, Tesařová; 2005). Samotné těkavé organické látky, které splňují parametry předchozí definice, jsou rozděleny podle Tab. 3.

Pojem TVOC (Total Volatile Organic Compounds) udává celkové množství organických komponentů vzduchu v interiéru, je tedy indikátorem stavu vzduchu ve vnitřním prostoru. (Brunecký, Tesařová; 2005)

Tab. 3: Rozdělení jednotlivých VOCs (Čech, 2014)

VOCs	DEFINICE
Nízkovroucí	benzen, toluen, xylen, chlorovaná rozpouštědla (perchlorethylen, dichlormethan)
Vysokovroucí	polychlorované bifenyly (PCB), biocidy (lindan, pentachlorfénol, pyretroidy), které jsou součástí ochranných prostředků na dřevo
Formaldehyd	zástupce VVOC, je brán ze zdravotního hlediska separátně

2.2 Zdroje VOCs

Nejprve je důležité definovat pojmy emise a imise škodlivých látek a s nimi spojené další odborné termíny.

Emisemi je definováno vypouštění nebo únik příměsí do ovzduší. Množství látky, která vystupuje za jednotku času ze zdroje znečišťování, je potom nazýván tzv. **emisním tokem**. Emise se zjišťují buď přímo provedením měření na emisním zdroji, nebo výpočtem pomocí tzv. emisních faktorů, který se používá častěji. Emisní faktor popisuje množství polutantu, jenž se uvolňuje do atmosféry ze zdroje znečištění. (Hůnová, 2004)

Imise charakterizují množství znečišťujících látek přecházejících z ovzduší na receptor (příjemce). Měří se jako koncentrace cizorodé látky v ovzduší, která je vyjádřena hmotností této látky na objem vzduchu, zpravidla v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ nebo v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$. (Hůnová, 2004)

Pojem **transmise** označuje souborně všechny stádia a procesy, které probíhají mezi emisemi a imisemi. (Hůnová, 2004)

2.2.1 Rozdělení zdrojů emisí VOCs

Emisních zdrojů, které vypouští znečišťující příměsí do ovzduší, může být několik typů, a to na základě rozdělení podle řady kritérií: (Hůnová, 2004)

Podle původu:

- zdroje přirozené;
- zdroje antropogenní – mají vyšší specifické emisní toky, a proto se projevují daleko více než přirozené zdroje.

Podle umístění:

- zdroje přízemní
 - látky jsou emitovány v bezprostřední blízkosti zemského povrchu (zemědělská činnost, skládky, automobilová doprava, lokální topeniště);
- zdroje vyvýšené
 - znečišťující látky jsou vypouštěny v určité výšce nad zemským povrchem (komíny elektráren, tepláren a průmyslových závodů), tyto zdroje přispívají k dálkovému přenosu znečišťujících látek, a tím mohou postihnout i oblasti, které nemají vlastní významné zdroje znečištění;
- zdroje výškové
 - např. letecká doprava.

Podle uspořádání:

- zdroje bodové (např. komín, nábytek);
- zdroje liniové (např. doprava);
- zdroje plošné (např. město jako celek, místnost);
- zdroje objemové (má souvislost s katastrofami jako např. jaderný výbuch).

Podle stálosti povahy:

- zdroje stacionární (nemění svou polohu v prostoru a čase);
- zdroje mobilní (mění svou polohu v prostoru a čase).

Podle kontinuální a diskontinuální povahy:

- elektrárny jsou typické kontinuálními emisními zdroji, čištěním elektrostatických filtrů dvakrát do týdne lze však stejnou elektrárnu považovat za diskontinuální emisní zdroj;
- diskontinuálním zdrojem také může být havárie průmyslového podniku, či požár lidských sídel.

VOCs jsou emitovány jako plyny unikající z některých pevných látek nebo kapalin zahrnující celou řadu chemických látek, přičemž některé mohou mít krátkodobé, či dlouhodobé nepříznivé účinky na zdraví. Tyto plyny mohou unikat například z barev a laků, odstraňovačů nátěrů, čisticích prostředků, pesticidů, stavebních materiálů a vybavení, kancelářské techniky, jako jsou kopírky a tiskárny, grafiky a řemeslných materiálů včetně lepidel. (Hůnová, 2004)

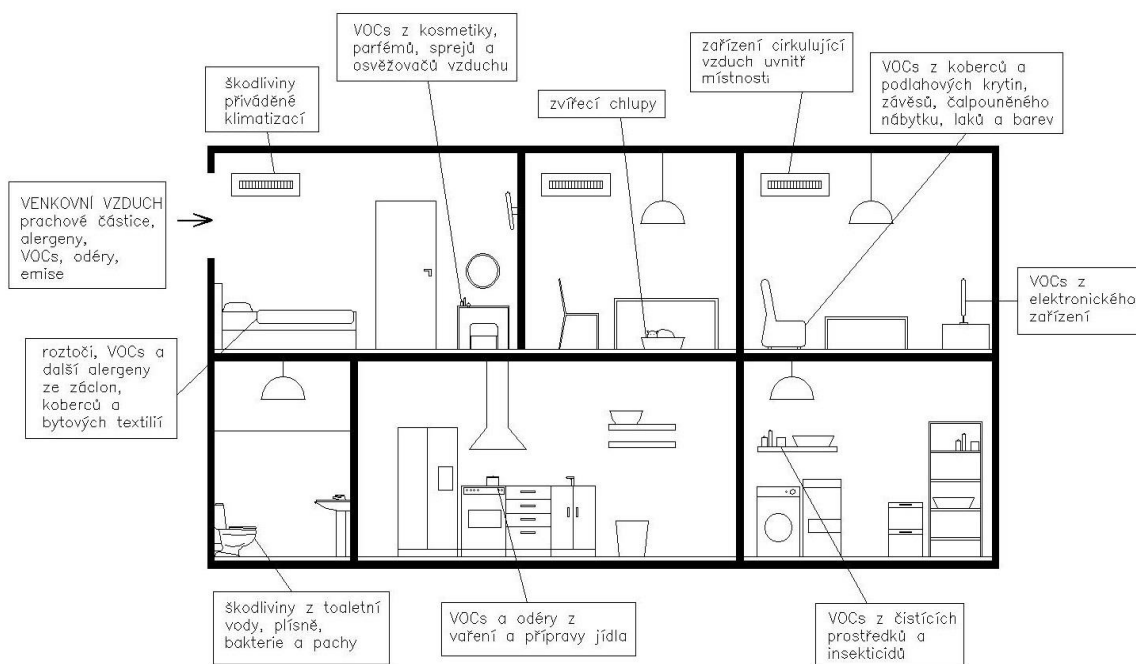
2.2.2 Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší ČR

Zdroje emitující do ovzduší znečišťující látky jsou celostátně sledovány v rámci tzv. Registru emisí a zdrojů znečišťování ovzduší ČR (REZZO), jehož správou je pověřen Český hydrometeorologický úřad (ČHMÚ). REZZO eviduje zdroje ovzduší znečišťujících látek, v souladu se Zákonem 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. Zdroje znečišťování ovzduší jsou z hlediska způsobu sledování emisí rozděleny na zdroje sledované jednotlivě a zdroje, které jsou sledované hromadně. Od roku 2013 platí, v souvislosti se změnami kategorizace zdrojů, podle přílohy č. 2 Zákona 201/2012 Sb, o ochraně ovzduší, nové členění REZZO, které zdroje znečišťování ovzduší rozděluje do následujících kategorií: (ČHMÚ, 2014)

- REZZO 1 a 2 – Velké stacionární zdroje znečišťování
 - Stacionární zařízení ke spalování paliv o celkovém tepelném příkonu vyšším než 0,3 MW, jsou to například spalovny odpadů, či jiné zdroje (technologické spalovací procesy, průmyslové výroby, apod.);
 - sledováno jednotlivě.
- REZZO 3 – Malé stacionární zdroje znečištění
 - Stacionární zařízení ke spalování paliv o celkovém tepelném příkonu do 0,3MW, například použití rozpouštědel v domácnostech apod., stavební práce, zemědělské činnosti);
 - sledováno hromadně.
- REZZO 4 – Mobilní zdroje znečištění
 - Jedná se o pohyblivá zařízení se spalovacími nebo jinými motory, zejména silniční motorová vozidla, železniční kolejová vozidla, plavidla a letadla;
 - sledováno hromadně.

2.3 Zdroje VOCs v interiéru

V interiéru vznikají VOCs z důvodu činnosti člověka, nebo jsou způsobeny vlivem stavebních materiálů, vlivem vnějšího okolí, či jsou emitovány různými předměty vybavení interiéru, mezi něž patří např. nábytek, elektronika, textilie, či jiné spotřební předměty. (Čech, 2014)



Obr. 2: Zdroje VOC a jiných škodlivin ovlivňující ovzduší v interiéru (zdroj autorka)

Jedním z hlavních zdrojů těkavých organických látek ve vnitřních prostorech je kouření, následně používané čisticí prostředky, deodoranty, kosmetické přípravky, osvěžovače vzduchu, vonné oleje, nátěry, barvy a laky, koberce, či podlahoviny. Zejména v bytech umístěných v blízkosti hustého dopravního provozu, má venkovní vzduch významný podíl na výsledné koncentraci VOCs ve vnitřním prostředí. (Avair, 2004).

Příklady typických škodlivin v interiéru a jejich zdrojů jsou uvedeny v Tab. 4 na následující straně.

Tab. 4: Příklady typických škodlivin a jejich zdrojů (Vaverka, Havířová, Jindrák a kol.; 2008)

ZDROJE	PŘÍKLADY TYPICKÝCH ŠKODLIVIN
Spotřební produkty	aromatické uhlovodíky (toulen, xylen) halogenuhlovodíky (methylchlorid) ketony (aceton, methyl ethyl keton) alkoholy aldehydy (formaldehyd) estery (alkyl ethoxylát) ethery (glykolethery) terpeny (limonen, alpha-pinen)
Barvy, laky, nátěrové hmoty	alifatické uhlovodíky (n-hexan, n-heptan) aromatické uhlovodíky (toulen) halogenuhlovodíky (methylchlorid, propylen dichlorid) alkoholy ketony (methylethylketon) estery (ethylacetát) ethery (methyleter, ethylether, butylether)
Lepidla	alifatické uhlovodíky (hexan, heptan) aromatické uhlovodíky halogenuhlovodíky alkoholy, aminy, ketony (aceton, methylethylketon) estery (vinyl-acetát), ethery
Nábytek a textilie	aromatické uhlovodíky (styren, bromované aromáty) halogenové uhlovodíky (vinyl-chlorid) aldehydy (formaldehyd), ethery a estery
Stavební materiály	alifatické uhlovodíky (n-dekan, n-dodekan) aromatické uhlovodíky (styren, ethylbenzen) halogenuhlovodíky (vinyl-chlorid) aldehydy, ketony (aceton, butanon) ethery, estery (ethylacetát)
Spalovací zařízení	alifatické uhlovodíky (propan, butan, isobutan) aldehydy (acetaldehyd, akrolein)
Pitná voda	halogenuhlovodíky (1,1,1-trichlormethan, chloroform)

Jednotlivé těkavé organické látky jsou charakteristické tím, že jsou bez zápachu, tudíž zůstávají velmi často nepozorovány dlouhou dobu, než se dostaví značné zdravotní problémy. (Čech, 2008)

Přípustné limity toxických plynů ve vnitřním prostředí by zaprvé neměly být o mnoho vyšší, než přípustné limity pro venkovní prostředí a zadruhé by měly být nižší, než přípustné hodnoty pro pracoviště. (Jokl, 2002)

Doporučené limity pro pobytové prostředí uvádí Vyhláška 6/2003 Sb. Ministerstva zdravotnictví ČR (více v kapitole č.6).

Již zmíněné proměnné a procesy, které ovlivňují kvalitu vnitřního prostředí z hlediska zatížení těkavými organickými látkami lze rozdělit do 4 kategorií, jimiž se zabývají následující podkapitoly.

2.3.1 Vnější prostředí

Vnější prostředí může kvalitu vnitřního prostředí ovlivňovat trojím způsobem. Jako první lze uvést ovzduší, které ve vnějším prostředí může být znečištěné, tudíž větrání může mít místo snížení škodlivin v interiéru opačný efekt. Zadruhé je to půda v okolí budovy, protože může obsahovat VOCs, jež mohou penetrovat do stavby. Poslední způsob, jak se do vnitřního prostředí mohou dostat škodlivé látky z vnějšího prostředí je voda, která může obsahovat prchavé organické sloučeniny, jež následně mohou být evaporací přeneseny do vnitřního prostředí. (Provazník, Karmanová; 2000)

Kontaminace obytného prostředí prchavými organickými látkami z exteriéru má své původce zejména v silničním provozu, průmyslových závodech, čerpacích stanicích, či skládkách odpadů. Mnohdy proto existují podstatné rozdíly mezi kvalitou ovzduší interiérů v různých lokalitách, s prakticky stejnými zdroji emisí co se týče vybavení bytu. (Čech, 2014)

Znečištění ovzduší v lokálním měřítku pak závisí také, kromě koncentrace původců emisí, na reliéfu a meteorologických podmínkách lokality. Protože například v zimním období se nad Evropou objevuje tlaková výše, která značně omezuje vertikální mísení znečišťujících látek pouze na nejnižší vrstvy atmosféry a dochází tedy ke značné kumulaci škodlivin. (Hůnová, 2004)

Významnými těkavými sloučeninami pocházející z venkovního ovzduší je např. benzen a benzo(a)pyren. (Čech, 2014)

2.3.2 Antropogenní činnost

V případě znečištění vnitřního ovzduší těkavými organickými látkami obyvateli, jde především o kontaminaci pocházející z následujících činností: (Provazník, Karmanová; 2000)

- kouření;
- vaření, topení;

- kutilské práce;
- renovační práce;
- úklid domácnosti (dezinfekční prostředky);
- kosmetické prostředky;
- kancelářské stroje.

2.3.3 Stavební materiály a výrobky

Stavební materiály a výrobky mohou do ovzduší v interiéru emitovat mnoho škodlivin a řada z nich jsou VOCs. Vysoké koncentrace VOCs mohou velmi rychle nastat při instalaci nového výrobku do interiéru nebo po proběhlé rekonstrukci. K rychlému snížení vysokých koncentrací VOCs lze pak dojít dostatečným větráním. Ke znečištění vnitřního ovzduší významně přispívají i topné, ventilační a klimatizační systémy. Údržba těchto zařízení je však mnohdy velmi nedostatečná a tato zařízení se pak stávají významným zdrojem znečištění vnitřního ovzduší. (Provazník, Karmanová; 2000)

Tyto zdroje VOCs, lze také nazývat jako tzv. statické a jsou rozděleny následovně: (Čech, 2014)

- **stavební materiály**
 - zdi, izolační materiály, impregnace dřeva, vnitřní nátěry zdí a podlahoviny.
- **vnitřní zařízení**
 - nábytek, materiály na bázi dřeva, tapety, koberce, nátěrové hmoty, lepidla, syntetické hmoty).

Stavební materiály jsou spolu s vnitřním vybavením interiéru hlavními zdroji prchavých organických látek. Jde zejména o kontaminace ovzduší z izolačních materiálů na bázi minerální vlny, polyuretanové pěny apod. uvolňující aldehydy. Dalším významným zdrojem VOCs, který se opět stává oblíbeným při zařizování interiérů, jsou tapety. Tato dekorace stěn je vzhledem k nezbytnému použití lepidla emisním zdrojem z řady rozpouštědel a změkčovadel. (Čech, 2014)

Dalším významným zdrojem škodlivin jsou podlahové krytiny, zejména koberce, linolea a laminátové plovoucí podlahy. Koberce jsou také známým „útočištěm“ biologických škůdců a mikrobů. Právě kvůli nim jsou koberce ošetřovány různými antistatiky, biocidy, či antibakteriálními prostředky. Tyto látky jsou však

zdrojem pyrotheroidů. Dále mohou koberce uvolňovat ethylbenzen, xylen, trichlormethan apod., jejichž zdrojem je nosná vrstva této krytiny (PVC, latex, PUR). Pokud je koberec k podkladu přilepen, tak se z něj navíc ještě uvolňují rozpouštědla z použitého lepidla. Podlahové krytiny, které jsou na bázi vinylických sloučenin mohou uvolňovat např. fenol, 2-ethylhexanol atd. (Čech, 2014)

2.3.4 Nábytek a zařízení

Místnosti jsou mimo jiné vybaveny také nábytkem, různými spotřebiči a ostatním zařízením (tiskárny, plynové spotřebiče, krby, atd.), které mohou uvolňovat sloučeniny negativně ovlivňující kvalitu ovzduší v interiéru. Ve většině případů přetrvává kontaminace prostředí i po odstranění zdroje, jelikož některé škodliviny mají tendenci adsorbovat na povrchy, účinkem mezipovrchových přitažlivých sil, ze kterých se pak uvolňují jako tzv. sekundární emise. (Provazník, Karmanová; 2000)

Téměř všechny materiály, spotřební zboží a zařízení bytu uvolňují VOCs, a proto jsou tyto směsi ve vnitřním prostředí běžně se vyskytující.

Díky svým dráždivým účinkům a poměrně silnému štiplavému zápachu byl dlouhou dobu jako jediná škodlivina unikající z nábytku sledován formaldehyd. V současnosti je jeho přítomnost v nábytku přísně kontrolována (emisní třídy E1 až E3). Další látky, které se z nábytku mohou uvolňovat, jsou například alifatické uhlovodíky, aromatické uhlovodíky, halogenderiváty uhlovodíků, ketony, glykoly a estery z rozpouštědel nátěrových hmot, biocidy a pyretheroidy, azobarviva obsažená v barevných kůžích, bromované uhlovodíky a freony z polyuretanových pěn a čalounění, polychlorované bifenyly nebo pentachlorfenol a další. (Čech, 2014)

Do značné míry jsou emitované koncentrace VOCs závislé na stáří a množství nábytku a zařízení. Se stářím se koncentrace škodlivin v nábytku pomalu snižují, a to až desetkrát oproti tomu, kdy byl nový. Některé emise škodlivin mohou z nábytku emitovat i několik let v malých koncentracích, nebo se mohou zachytit na tzv. sekundární zdroje, které je následně opět uvolňují do ovzduší. (Čech, 2014)

Tab. 5: VOCs vyskytující se při výrobě nábytku (Brunecký, 1999)

VOC	VÝSKYT	ÚČINEK
Azo barviva	součást barevných kůží	možnost rozštěpení na karcinogenní aminy
Biocidy	ochranné prostředky na dřevo a potahové textilie (roztoci)	dýchací potíže, onemocnění kůže, únava, bolest hlavy, oslabení imunity, porušení nervové soustavy a mozku, chronická onemocnění
Kadmium	pigmentové nátěry, elektrolytické povlaky kovového nábytku	defekty kostí, poruchy ledvin, karcinogenita určité sloučeniny
Diisokyanáty	plastické hmoty na bázi polyuretanu (PUR)	dráždění kůže a dýchacích cest, alergie a astma
Alifatické uhlovodíky	rozpouštědla nátěrových hmot	dráždění kůže
Aromatické uhlovodíky	rozpouštědla nátěrových hmot a lepidla	mnohé jsou považovány za karcinogenní
Estery (butylacetát, etylacetát, metylacetát)	rozpouštědla nátěrových hmot, změkčovadla plastických hmot	špatné účinky na kůži, narkotické účinky
Bromované uhlovodíky s Oxidem antimonu	snížení hořlavosti čalounických materiálů	ve zplodinách hoření jsou dioxidy a furany, potencionální karcinogenní látky
Freony (fluorchlór, uhlovodíky)	Polyuretanové pěny v čalouněném nábytku	poškození ozonové vrstvy a podílení na skleníkovém efektu
Formaldehyd	konstrukční desky nábytku, laky, potahové látky aj.	dráždivý účinek, potencionální karcinogen, alergie
Uhlovodíky obsahující halogeny	některá rozpouštědla nátěrových hmot	dráždění kůže a centrálního nervového systému, poruchy mozku, jater, ledvin a srdce
Lindan	ochranné prostředky na dřevo	poškození cévního, imunního a nervového systému
PCB - Polychlorované Bifenyly	změkčovadla nátěrových a plastických hmot	onemocnění jater a ledvin
PCP-Pentachlorfenol	ochranné prostředky na dřevo, nátěrové hmoty, lepidla, textilie a kůže	dráždění kůže a dýchacích orgánů, bolesti hlavy, potencionální karcinogen
Pyretroidy	úprava čalounických materiálů (roztoci)	karcinogenita, poškozuje imunní systém
Styren	součást plastických hmot a rozpouštědel	potencionální karcinogenní látka, dráždění, alergie
Terpeny	v éterických olejích a přírodních pryskyřicích, nachází se v celé řadě dřevin, dokončovací prostředky	dráždění kůže, očí, alergie, možná karcinogenita některých terpenů je v současnosti prověřována

Množství emitovaných škodlivin uvolňovaných nábytkem závisí především na těchto faktorech: (Jergl, 2007)

- použitý konstrukční materiál (masivní dřevo, velkoplošné materiály);
- použitý typ povrchové úpravy nábytku (nátěrové hmoty a jejich rozpouštědla, dekorativní lamináty a fólie); použité materiály u čalouněných výrobků (polyuretanové pěny, textilie a podobně);
- použitá lepidla (PVAC, MF, FF);
- ostatní materiály použité při výrobě nábytku (plasty, kování);
- čas, který uplynul od výroby nábytku do doby jeho užívání. Vezmeme-li v úvahu mokré způsob povrchové úpravy, je jasné, že emise měřené krátce po dokončení, dosahují nejvyšších naměřených hodnot koncentrací vybraných zástupců VOCs. (dlouhodobé emise VOCs, které se měří po 28 dnech od výroby, se pohybují již jen ve velmi nízkých koncentracích);
- vliv podmínek prostředí (teplota, vlhkost, proudění vzduchu);
- ostatní vlivy (zabalení, skladování nábytku).

3. VOCs A JEJICH VLIV NA ZDRAVÍ

Působení těkavých organických látek na zdraví člověka se liší od každého jedince zvlášť. Přítomnost VOCs ve vnitřním ovzduší je nezdravá hlavně z toho důvodu, že spolu s prachem v interiéru de facto ničí záporné ionty, které jsou nutné pro život člověka. (Svoboda, Muzikář; 2013)

Zdravotní účinek expozice VOCs v interiéru v porovnání s exteriérem je v zásadě stejný. Přesto však existují tři rozdíly: (Provazník, Karmanová; 2000)

- směsi škodlivin jsou odlišné;
- koncentrace škodlivých sloučenin může být v různých prostředích jiná;
- škodliviny ve vnějším ovzduší jsou na rozdíl od vnitřního ovzduší během dne ředěny větrem.

Účinek každé látky závisí na její koncentraci během expozice a na délce expozice. Na jejím účinku se rovněž podílí řada dalších faktorů (např. stanoviště či meteorologické podmínky). (Hůnová, 2004)

V běžných domácnostech je možné zaregistrovat asi 2 000 různých chemických sloučenin, ale asi jen 50 z nich se vyskytuje běžně, a asi jen 10 má prokázané či předpokládané závažné zdravotní účinky. (Avair, 2004)

Do jaké míry může expozice chemické látky ovlivnit lidské zdraví, závisí zejména na těchto faktorech: (cdc.com; 2013)

- jaké množství chemické látky se nachází ve znečištěném ovzduší;
- jak často je osoba vystavována styku s chemickou látkou;
- jak moc je chemická látka škodlivá lidskému organismu;
- jak moc je osoba citlivá na danou chemickou látku.

Těkavé organické látky se od sebe navzájem liší jednak v toxikologických vlastnostech a jednak v mechanismu působení na člověka. V neprůmyslovém prostředí se většinou nevyskytují izolovaně, ale jako komplex sloučenin v podprahových koncentracích. Tyto látky však na lidský organismus působí současně, a dochází tak k synergickým účinkům, tím pádem mohou vyvolat vznik zcela odlišných symptomů, než je tomu u každé sloučeniny zvlášť. (Avair, 2004; Čech, 2008)

K nalezení jednoznačných kauzálních vztahů mezi kvalitou vnitřního ovzduší a zdravím lidského organismu je fakt, že existuje celá řada matoucích faktorů. Jedná

se o vliv momentální epidemiologické situace, stav odolnosti organismu, vliv životního stylu, genetika, ale i vliv socioekonomické situace, ze které plyne rozdílné chování za určitých situací. (Hůnová, 2004)

3.1 Skupiny osob citlivějších na kvalitu ovzduší

Skupiny lidí, kteří jsou obecně citlivější na přítomnost škodlivin ve vnitřním prostředí, jsou řazeny: (Provazník, Karmanová; 2000)

- děti;
- těhotné ženy;
- senioři;
- nemocní;
 - trpící alergií a astmatem,
 - trpící onemocněním dýchacího traktu,
 - u nichž došlo působením chemoterapie, ozařování, onemocnění, nebo z jiné příčiny k imunosupresi.

Astmatici, alergici a lidé trpící na onemocnění horních cest dýchacích mohou být citliví i na nízké dávky expozice VOCs. Nedávná studie ve Švédsku vykazuje jistou souvislost mezi úrovní koncentrace VOCs a noční dušností mezi 88 astmatiky ve věku 20-45 let. Nicméně většina informací o VOCs ve vysokých koncentracích jsou získávána z experimentálních studií, ve většině interiérů jsou koncentrace nižší a nelze jasně prokázat dopady na zdraví člověka. (Jones, 1999)

Tab. 6: Vztah koncentrací TVOC látek k účinkům na lidský organismus (Jokl, 2002)

TVOC [mg.m-3]	SYNDROMY	OBLAST EXPOZICE
pod 0,2	Žádná dráždivost, žádné potíže	Duševní pohoda
0,2 až 3	Možná dráždivost a potíže, pokud jsou dostatečné jiné expozice (záření)	Multifaktoriální expozice
3 až 25	Možní bolesti hlavy, pokud jsou dostatečné jiné expozice (záření)	Nepohodlnost
přes 25	Bolesti hlavy, možné jiné neurotoxické účinky	Toxická oblast

3.2 Akutní a chronické účinky

Účinky znečišťujících látek na zdraví člověka mohou být buď akutní, nebo chronické. Akutní účinky vznikají vlivem krátkodobého působení vysokých koncentrací znečišťujících látek, naproti tomu chronické účinky jsou výsledkem dlouhodobého působení nízkých koncentrací těchto látek. (Hůnová, 2004)

Vstupní branou škodlivých látek z ovzduší do lidského organismu jsou většinou dýchací cesty, v některých případech může dojít ke vstupu přes kůži, sliznici očí nebo přes trávicí ústrojí. Transport těchto látek do dolních cest dýchacích může usnadnit sorpci plynu na respirabilní částice. Účinky škodlivých látek jsou závislé na rozpustnosti plynu v tělních tekutinách. (Hůnová, 2004)

Okamžité zdravotní následky úniku těkavých organických sloučenin, zejména ze skupiny látek mající zdroj například v barvách, nátěrech, rozpouštědlech a lepidlech, se projevují jako akutní otravy. Nejčastěji k tomu dochází při rozsáhlých rekonstrukcích místností či budov. (Avair, 2004).

Ve většině akutních případů si postižené osoby také stěžují na zápach, únavu, bolesti hlavy, podráždění spojivek, sliznice nosu a hrdla. V chronických případech působení mají látky vliv na centrální nervový systém, mohou mít systémové toxické účinky a karcinogenitu. (Provazník, Karmanová; 2000)

3.3 Konkrétní zdravotní účinky některých VOCs

Toluen, xylen, styren a etylbenzen jsou látky, které způsobují v závislosti na jejich koncentraci ve vnitřním prostředí bolesti hlavy, poruchy koncentrace, poruchy motoriky, závrať, nevolnost a zvracení. Vysoké koncentrace těchto látek mohou prodloužit uvedené zdravotní příznaky i na několik dní a jen pomalu ustupovat. (Avair, 2004)

Benzen se řadí v rámci aromatických uhlovodíků k nejnebezpečnějším pro lidský organismus. Postihuje nervový systém, játra a ochabuje imunitu, dále vyvolává záněty plic nebo dokonce může způsobit rakovinu plic. V ovzduší je benzen poměrně odolný, protože je minimálně reaktivní. Další nebezpečnou látkou z řady aromatických uhlovodíků je **benzo(a)pyren**, jedná se také o karcinogen vznikající nedokonalým spalováním a automobilovou dopravou. (Hůnová, 2004)

Další látky, které souvisejí s hyperreaktivitou dýchacích cest nebo mohou způsobit alergie, jsou **etylbenzen, chlorované uhlovodíky, ftaláty**. (Avair, 2004)

Chloroform, neboli trichlormethan, ve vnitřním prostředí vzniká odpařováním pitné vody, která je ošetřena chlorem. K jeho úniku dochází například při praní, mytí nádobí a provádění osobní hygieny, zejména sprchování horkou vodou. (Avair, 2004)

K dalším sloučeninám chloru patří **tetrachlorethylen** používaný k chemickému čištění oděvů, **methylen chlorid**, který je součástí rozpouštědel a **trichlorethan** obsažený v mnoha produktech domácí chemie. Všechna sloučenin chloru může způsobovat hypersenzitivní reakce plic. (Avair, 2004)

Terpeny jsou běžnými sloučeninami identifikovatelnými v interiérech, protože jsou součástí osvěžovačů vzduchu, deodorantů a leštidel, které i v nízkých koncentracích mohou být příčinou alergických respiračních reakcí. (Avair, 2004)

Pesticidy (dělí se dále na insekticidy, herbicidy a zoocidy), které jsou součástí desinfekčních prostředků používaných v domácnostech při hubení nežádoucího hmyzu, plevele či živočišných škůdců. Dále jsou to látky používané k ochraně dřeva. Pesticidy jsou charakteristické tím, že unikají pomalu, kumulují se v domácím prachu a jsou zdrojem dlouhodobé expozice. Jsou podezřelé z karcinogenity nebo chronického poškození jater a ledvin. (Avair, 2004)

Nepříznivé zdravotní potíže mohou vzniknout vdechnutím **formaldehydu**, nebo přímým kontaktem s ním. I expozice nižších koncentrací může mít za následek kýchání, kašláni a menší podráždění očí, tyto potíže však rychle odezní. Při přetrvávajících vyšších koncentracích existují důkazy o tom, že je formaldehyd karcinogenní. (Jones, 1999)

3.4 Ochrana zdraví spotřebitele

Vydáním nařízení (ES) č. 1907/2006, které je pracovně nazýváno REACH, bylo uzavřeno přibližně sedmileté období, během kterého byla připravena koncepce nové chemické politiky Evropské unie ve všech jejích členských zemích. Zkratka REACH je zkratka pro chemickou politiku Evropské unie vycházející z jejího obsahu, tedy - registrace, evaluace (hodnocení), autorizace (povolování) a omezování chemických látek. (Cenia.cz, 2007)

Podle tohoto nařízení by mělo být do roku 2020 dosaženo stavu, že v Evropské unii budou vyráběny a používány pouze chemické látky se známými vlastnostmi, a to způsobem, jehož bezpečnost bude prověřena. (Cenia.cz, 2007)

Zodpovědnost za zjištění vlastností chemických látek a za posouzení, zda daný způsob jejich používání neohrožuje lidské zdraví nebo životní prostředí budou mít

osoby, které tyto látky vyrobí nebo dovezou na území Evropské unie nebo je budou používat při svém podnikání. Pro kontrolu plnění povinností výrobců, dovozců a uživatelů je zřízena Evropská agentura pro chemické látky sídlící v Helsinkách. (Cenia.cz, 2007)

Výrobci a dovozci registrovaných látek a všech ostatních látek považovaných podle směrnice 67/548/EHS za nebezpečné se musí od 1. června 2008 oznamovat Agentuře s informací o identifikaci látek, o jejich klasifikaci a označení. Z takto oznámených informací vytváří Agentura seznam klasifikací a označení, který zveřejní na internetu. (Cenia.cz, 2007)

V platnosti zůstává a dále se využívá seznam harmonizovaně klasifikovaných a označovaných nebezpečných látek ve směrnici 67/548/EHS (v České republice Příloha č. 1 k Vyhlášce č. 369/2005 Sb.). (Cenia.cz, 2007)

Nařízení REACH patří k jedněm z nejrozsáhlejších právních předpisů v České republice. Bez velké nadsázky lze uvést, že nařízení ukládá povinnosti prakticky všem podnikajícím osobám bez rozdílu toho, v jaké oblasti podnikají. (Cenia.cz, 2007)

4. KVALITA VNĚJŠÍHO OVZDUŠÍ V PARDUBICKÉM KRAJI

VOCs patří mimo jiné v České republice mezi hlavní znečišťující látky ovzduší. K současným nejvýznamnějším zdrojům emisí těkavých organických látek patří silniční doprava (produkce NO_x, TZL a VOCs), používání rozpouštědel a chemický průmysl. (TZB-info, 2014)

Jelikož vliv na vnitřní ovzduší má i kvalita vnějšího ovzduší, která člověkem, na rozdíl od vybavování interiéru, či používání čisticích prostředků, příliš ovlivnit nejde, bude se následující kapitola zabývat ovzduším v Pardubickém kraji, protože se v něm nachází zkoumané objekty měření.



Obr. 3: Mapa Pardubického kraje (spravnimapa.topograf.cz, 2015)

Pardubický kraj je z hlediska produkce emisí a následné kvality ovzduší poměrně rozmanitý. Z důvodu vyšší koncentrace průmyslu, energetiky a dopravy je nejzatíženější oblastí okres Pardubice. (Polák, 2012)

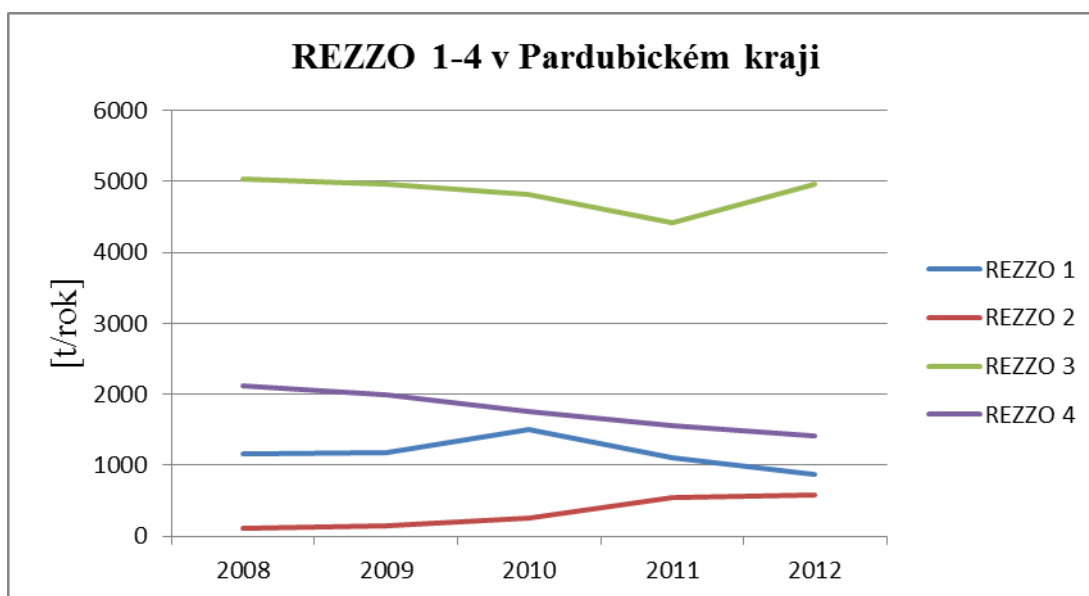
Mezi významné znečišťovatele patří Elektrárna Chvaletice a.s., Elektrárny Opatovice a.s. a chemický průmysl (Synthesia, a.s.; Paramo, a.s.). Tyto zdroje ovlivňují také kvalitu ovzduší i v okolních oblastech. Mezi vůbec nejméně zatížená území Pardubického kraje patří oblast ve střední a severní části okresu Ústí nad Orlicí a v jižní části okresu Chrudim. V současnosti stále roste vliv dopravy, jako významného původce znečištění ovzduší. Problémem jsou všeobecně lokality významně zatížené dopravou a absencí dopravních obchvatů okolo velkých měst. Dále jsou to také oblasti s množstvím lokálních topenišť se spalováním nekvalitních paliv. Od roku 2007 lze v Pardubickém kraji zaznamenat mimo klesající emise CO a NO_x i snižování emisí VOCs. (chmi.cz, 2011)

4.1 VOCs v Pardubickém kraji

Velké a střední zdroje emisí VOCs nepatří podle grafu na Obr. 4 v Pardubickém kraji k hlavním. Hlavními zdroji znečištění jsou zdroje spadající do kategorie REZZO 3, tedy malé stacionární zdroje, jejichž emise VOCs se v letech 2008-2012 pohybovaly v rozmezí 4411,7 – 5036,5 t/rok. Z hlediska emisí těkavých organických látek do REZZO 3 spadají domácí topeniště, plošné použití rozpouštědel (např. natírání budov, atd.), emise ze skladování paliv, produktů a surovin. Nezanedbatelnou váhu nesou i emise spadající do kategorie REZZO 4, čili mobilní zdroje zahrnující zejména dopravní prostředky. U této kategorie dochází k poklesu emisí, a to pravděpodobně z důvodu obnovy vozového parku. (chmi.cz, 2015)

Tab. 7: Emise VOC v rámci REZZO v Pardubickém kraji 2008-2012 (chmi.cz, 2015)

REZZO 1-4 V PARDUBICKÉM KRAJI [t/rok]					
	2008	2009	2010	2011	2012
REZZO 1	1168,4	1186,4	1503,6	1112,7	873,8
REZZO 2	117,2	152,1	264,2	543,7	584,3
REZZO 3	5036,5	4952,6	4813,9	4411,7	4957,2
REZZO 4	2119,7	1995,4	1756,7	1556,5	1417,4



Obr. 4: Graf emisí VOC v rámci REZZO v Pardubickém kraji (chmi.cz, 2015)

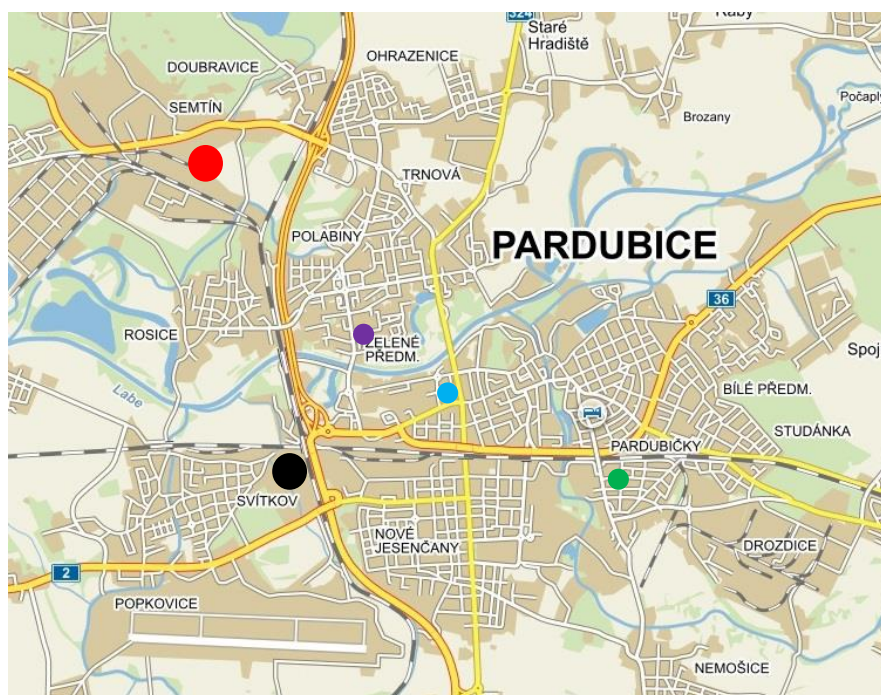
4.2 Pardubice a zdroje znečištění

Rozložení velkých zdrojů emisí v Pardubickém kraji do jisté míry odpovídá rozložení obyvatelstva. Největší hustota obyvatel je v okolí krajského města Pardubice. V bezprostřední blízkosti města se nachází dva velké chemické závody, a to Synthesia a.s., která se zabývá všeobecnou chemií a rafinérie Paramo a.s. (Polák, 2012)

Co se týče automobilové dopravy, tak v celostátním měřítku je Pardubický kraj méně zatížený. Nicméně i přes to je dopravní situace v krajském městě často velmi problematická. Typická je pro město špatná průjezdnost, a tím i vzrůstající množství emisí z výfukových plynů automobilů. (Polák, 2012)

Nejvýznamnějšími znečišťovateli vnějšího ovzduší v oblasti VOCs v Pardubicích samotných se tedy nejvíce jeví:

- chemický průmysl (Synthesia a.s. a Paramo a.s.);
- automobilová doprava.



Obr. 5: Poloha chemických závodů a měřených bytů v Pardubicích (mapy.cz, 2015)

- Legenda k obrázku: Synthesia a.s. (červená), Paramo a.s. (černá), byt Palackého (modrá), byt Polabiny (fialová), rodinný dům Pardubičky (zelená)

V případě Pardubic a jeho okolí je neblahým, ale specifickým jevem častý únik zplodin z chemických podniků a to hlavně, kvůli požárům nebo výbuchům v chemickém závodu Synthesia a.s. V období tří let v letech 2010 – 2012 zde došlo každý rok k jedné nebo dvěma chemickým haváriím a úniku škodlivých látek do ovzduší. Naštěstí nikdy v takové koncentraci, která by překračovala limitní koncentrace. V letech 2013 ani 2014, nebyla zaznamenána žádná havárie.

Synthesia a.s.

Synthesia a.s. datuje v Pardubicích-Semtíně své počátky už v 20. letech 20. století. V Semtíně se vyráběly a stále vyrábí výbušniny, ke kterým se v průběhu let přidala výroba barviv, léčiv, plastických hmot, pesticidů a pigmentů. (Synthesia, 2011) Synthesia a.s. je rozdělena do čtyř částí:

- pigmenty a barviva;
- nitrocelulóza – oddělení anorganika, oddělení nitrocelulóza;
- organická chemie – oddělení polotovary, oddělení organika;
- energetika. (Synthesia, 2011)

Z hlediska emisí má největší význam energetika, která vytápí a zásobuje provozovny horkou párou. Oddělení barviva naopak není, co se týče emisí vůbec evidováno. (Polák, 2012)

Paramo a.s.

Společnost Paramo je součástí skupiny Unipetrol, která patří mezi přední české skupiny zpracovávající ropu. Firma je tedy českým producentem asfaltářských výrobků a mazacích a procesních olejů, včetně výrobků pomocných nebo navazujících. (Unipetrol, 2014)

Z hlediska emisí lze zdroje rozdělit na ty pocházející z energetiky a na druhé straně na ty vznikající technologií, přičemž těkavé organické látky produkuje především technologie. Zdrojem nepříznivých pachových vjemů je zejména zpracování asfaltových směsí. V rámci energetických zdrojů výrazně kolísají emise v závislosti na použitém palivu v daném roce. V případě většího použití zemního plynu dochází ke snížení emisí, naopak je tomu v případě použití topného oleje. (Unipetrol, 2014)

4.3 Nasavrky a zdroje znečištění

Nasavrky leží v Pardubickém kraji asi 20 km jižně od krajského města Pardubice. Město se nachází na úpatí Železných hor ve výšce 475 m.n.m., což je zhruba

o 242 m více, než má krajské město Pardubice. Vyšší nadmořská výška a lokalita na úpatí Železných hor se zde výrazně odráží na povětrnostních podmínkách.

Ochoz u Nasavrk, je vesnice, ve které se nachází objekt měření. Ochoz leží v bezprostřední blízkosti města. Od Nasavrk vesnici dělí pouze silnice 1. třídy I/37, která je v této lokalitě jednou z možných emisních zdrojů. Silnice je poměrně vytížená, neboť je využívána jako hlavní tah směrem k napojení na dálnici D1. Dalším zdrojem znečištění nejen ovzduší by mohla být skládka komunálního odpadu AVE Nasavrky a.s., která se od objektu měření nachází necelý 1 km jižním směrem.

5. ELIMINACE ŠKODLIVIN V POBYTOVÉM PROSTŘEDÍ

Prostředí, které je člověku nejbližší a tráví v něm až třetinu svého života je jeho byt či dům. Proto jsou první otázky alergologů často směřovány právě na bydlení jedince. (Špičák, 2003)

V prvé řadě je potřeba rozpoznat původ nejdůležitějších škodlivin v interiéru a (Provazník, Karmanová; 2000) předcházet jejich vzniku, popřípadě znát opatření na odstranění jejich účinku na lidský organismus. (Nagy, 1999)

5.1 Kontrola relativní vzdušné vlhkosti a teploty

Vlhkost usnadňuje uvolňování některých VOCs a to zejména formaldehydu. Způsobuje také hydrolyzu ftalátů, změkčovadel obsažených v podlahových krytinách z PVC, apod. (Chaudet, Boixière; 2010)

Jedná se o nejjednodušší formu ochrany proti zvýšení úniku škodlivin v bytě, ke které postačí pořízení kvalitního teploměru a vlhkoměru. Pomocí toho lze udržovat teplotu a vlhkost v bytě podle doporučených hodnot (viz. kapitola 1.5).



Obr. 6: Digitální teploměr s vlhkoměrem (tsbohemia.cz, 2015)

5.2 Větrání

Větráním rozumíme výměnu vnitřního vzduchu za venkovní. Potřebné množství přiváděného vzduchu je dáno vzorcem: (topin.cz, 2005)

$$\dot{V}_p = \frac{\dot{S}}{k_i - k_o},$$

kde	V_p	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	je objemový tok přiváděného vzduchu
	S	$[\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}]$	je množství vznikající škodliviny
	k_i	$[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$	je koncentrace škodliviny ve vnitřním prostředí

k_o [kg.m⁻³] je koncentrace škodliviny ve vnějším prostředí

Větrání je klíčové a nejjednodušší opatření pro eliminaci škodlivin v interiéru. Normy stanoví obnovu vzduchu v místnostech na 0,5 objemu za hodinu. Optimálně by mělo být krátké a intenzivní. Dlouhé větrání je pro účely obměny vzduchu zbytečné, neboť v létě způsobuje prohřátí interiéru a v zimě naopak jeho prochlazení a vynakládá se pak mnohem více další energie na opětovné ohřátí. Obecně je doporučeno větrat ráno všechny místnosti, dle ročního období deset až třicet minut se zcela otevřeným oknem (v zimě ale například jen dvě minuty). Před větráním je potřeba stáhnout topení nebo chlazení. Dále během dne podle potřeby třikrát až čtyřikrát na deset až patnáct minut. (Jokl, 2002)

Větráním se v první řadě dosahuje snížení škodlivin uvnitř interiéru, avšak do prostoru mohou vstupovat nežádoucí látky z exteriéru, např. v blízkosti rušné křižovatky.

Větrání lze obecně také rozdělit na přirozené a umělé, které je už součástí stavebního plánu budovy.

5.2.1 Druhy větrání

Větrání infiltrací

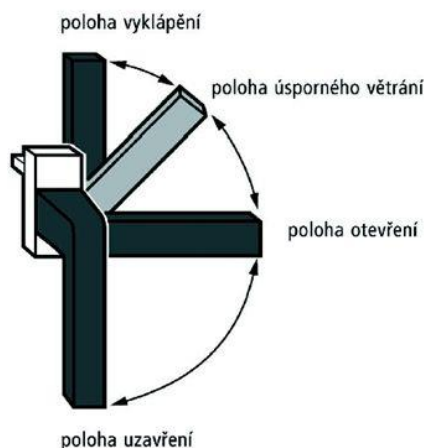
Vyskytuje se ve starých domech s netěsnými okny a s lokálními topidly, která si „přisávala“ vzduch z místnosti. Výměna vzduchu v místnosti byla tímto způsobem zpravidla postačující a nebylo třeba nijak zvlášť větrat. Mnoho lidí si ale bohužel neuvědomuje, že v domech se zatěsněnými okny je samovolná výměna vzduchu infiltrací již zcela nedostatečná. (nazeleno.cz, 2013)

Nárazové větrání (větrání průvanem)

Jednoduché a víceméně energeticky účinné, je větrání průvanem. Je to však také pro mnoho lidí ten nejméně příjemný způsob výměny vzduchu v místnosti. Pokud je venku vítr, poskytuje otevření dvou oken docela účinný způsob jak během několika minut nahradit vydýchaný vzduch čerstvým. Pokud ale vítr nefouká, pak je možné využít přirozeného vztlaku teplého vlhkého vzduchu a otevřít například okno v přízemí a okno na chodbě v prvním patře. (nazeleno.cz, 2013)

Kontinuální větrání

Energeticky o něco náročnější, ale podstatně příjemnější způsob je kontinuální větrání zajištěné pootevřeným oknem. Výrobci oken k tomuto účelu dnes nabízí funkci tzv. mikroventilace. (nazelno.cz, 2013)



Obr. 7: Poloha okenní kliky pro úsporné větrání – mikroventilace (nazelno.cz, 2013)

Princip „mikroventilace“, tedy úsporného větrání, je takový, že při určité poloze kliky (zpravidla úhel 45°) je okenní křídlo uzavřeno a v této poloze fixováno, ale není dotaženo až k těsnícím profilům a vzniká zde až 3mm mezera. To umožňuje určitou minimální výměnu vzduchu. Účinnost mikroventilace je ale poněkud sporná. Pokud je totiž bezvětří a není příliš zima, její efekt je minimální a rozhodně nenahradí nárazové větrání. Naopak pokud vane například silný vítr a je poměrně zima, může být větrací efekt mikroventilace až příliš intenzivní. Mikroventilační mezerou navíc také dovnitř výrazněji proniká hluk zvenku. (nazelno.cz, 2013)

Nucené větrání pomocí ventilátoru

Použití ventilátoru zajistí více méně stejný a zpravidla nastavitelný průtok vzduchu. Nevýhodou je určitá hlučnost (šumění) ventilátoru, a pochopitelně jistá, naštěstí ale poměrně malá, spotřeba elektrické energie. Z hlediska tepelných ztrát není použití ventilátoru nijak výhodné, protože jde v podstatě jen o trochu vylepšené kontinuální větrání. V současné době se většinou navrhuje nucené větrání s rekuperací tepla. (nazelno.cz, 2013)

Nucené větrání s rekuperací tepla

Tento druh větrání je vůbec nejpohodlnější a energeticky nejúčinnější. V pasivních domech je to už nutná součást výbavy, bez rekuperace se totiž nelze

na pasivní standard vůbec dostat. Rekuperací je myšleno zpětné získávání tepla z vypouštěného vzduchu a je možná jen v systémech s nucenou ventilací, dochází tedy k předání tepla z použitého vzduchu odcházejícího z budovy do čerstvého vzduchu získaného zvenku. Základním prvkem rekuperační jednotky je tepelný výměník, který v zimním období pokrývá tepelnou ztrátu prostupem a část tepelné ztráty větráním. (nazeleno.cz, 2013)

5.5 Nákup nového nábytku, zařízení a dalších výrobků do domácnosti

Výběrem nábytku a zařízení z vhodných materiálů lze vytvořit prostředí přátelské, jak k uživatelům, tak k životnímu prostředí.

Pro odlišení kvalitních a nekvalitních výrobků se lze nejjednodušeji orientovat podle toho, zda jim byl udělen nějaký certifikát nebo značka, která vypovídá o jeho vlastnostech. Jelikož kvalita ovzduší a tedy i obsah škodlivin ve vzduchu také souvisí s ekologií, je možno se orientovat podle různých ekoznaček na výrobcích, které deklarují jeho ekologické vlastnosti. Ekoznačka je symbol, který informuje zákazníka o tom, že výrobek, který se mu nabízí, je šetrnější k životnímu prostředí, než jiné obdobné výrobky. Ekoznačky se obvykle propůjčují na základě přísných kritérií a získat je není pro výrobce snadné. Z toho důvodu jsou často napodobovány a je tedy důležité ekoznačky znát, aby byl jasně rozpoznatelný kvalitní a ekologicky garantovaný výrobek od nekvalitního a neekologického výrobku. (zeleneuradovani.cz, 2006)

Odpovědným výkonným orgánem Národního programu označování ekologicky šetrných výrobků v ČR je Agentura pro ekologicky šetrné výrobky, která je součástí České informační agentury životního prostředí (CENIA).

5.5.1 Ekoznačky:



Obr. 8: Ekoznačky (zleva: Ekoznačka EU, Ekologicky šetrný výrobek, der Blau Engel, Nordic Swan, Environmentální prohlášení o produktu), (n-i-s.cz, 2013)

Ekologicky šetrný výrobek

Tuto značku propůjčuje Ministerstvo životního prostředí ČR, které připravuje i směrnice pro hodnocení jednotlivých výrobků. Posuzuje se "provoz" výrobku (emise, spotřeba energie, uvolňování prchavých látek, atd.), jeho životní cyklus (z čeho je výrobek vyroben, jak se likviduje, spotřeba energie a surovin na výrobu) i obal výrobku. (zeleneuradovani.cz, 2006)

Ekoznačka EU

Ekoznačkou EU je tzv. "The Flower – Květina". Při udělování se hodnotí celý životní cyklus výrobku a proces by v každé zemi měla řídit nezávislá instituce. Květina je symbolem pro šetrnost vůči životnímu prostředí v průběhu celého životního cyklu výrobku - od jeho výroby až po likvidaci. Přísná ekologická kritéria existují v současnosti pro více než 23 kategorií výrobků a služeb. Na „Květinu“ lze narazit na domácích spotřebičích, počítačích, oděvech a obuvi, čisticích prostředcích, také u turistických ubytovacích služeb a služeb kempů. (EUROSKOP.cz, 2015)

Der Blau Engel

Der Blaue Engel neboli Modrý anděl je první a nejznámější ekoznačka, ale platí pouze pro určitou vlastnost výrobku. Spotřebitel musí sledovat zejména podtitul této ekoznačky, který uvádí například nízké emise apod. Ve výrobku s nízkými emisemi by tedy neměly být použity žádné materiály, které by mohly představovat riziko pro domácí životní prostředí, zejména s důrazem na nátěr. Výrobky jsou vyráběny primárně ze dřeva, což je obnovitelný surový materiál. (Der Blaue Engel, 2012)

Nordic Swan

Jedná se o oficiální značku pro severské země a hodnotí vliv produktu na životní prostředí v průběhu celého životního cyklu výrobku. Severská značka nyní zahrnuje asi 70 různých výrobků vč. nábytku. Výrobky a postupy výroby musí být ověřeny v nezávislých laboratořích a kontrolními návštěvami. Platí po dobu 3 let, po níž jsou kritéria revidována a společnost musí podat novou žádost o licenci. (n-i-s.cz, 2013)

EPD – Environmentální prohlášení o produktu

Environmentální prohlášení o produktu (Environmental Product Declaration – EPD) je soubor měřitelných informací o vlivu produktu (výrobku nebo služby)

na životní prostředí v průběhu celého jeho životního cyklu. Tento soubor informací se zjišťuje metodou „analýzy životního cyklu“ podle normy ČSN ISO 14040-40. Dokument (EPD) s těmito údaji musí být veřejně přístupný a údaje v něm figurující musí být ověřitelné. V podstatě se tedy jedná o podrobný průkaz produktu o jeho vlivu na životní prostředí. (n-i-s.cz, 2013)

5.3 Čištění a ionizace vzduchu

Čističe vzduchu

Principem čištění vzduchu je přefiltrování vzduchu přes filtry čistícího zařízení a jeho návrat zpět do místnosti. Stupeň účinnosti čištění se liší na základě zařízení. Nečistoty lze zachycovat do vody, ale účinnost takového zařízení je asi 50-60%, účinnější jsou přístroje vybavené elektrostatickými filtry, které lze omývat a znovu používat. Nejvýkonnější jsou pak přístroje, které jsou vybaveny soustavou filtrů zachycujících i chemické látky z ovzduší. Některé přístroje jsou ještě kombinovány s ionizátory či zvlhčovači vzduchu, které jsou taktéž důležité pro udržení optimální teplotní pohody v interiéru. (Špičák, 2003)

Použití čističe vzduchu má smysl jen v uzavřeném prostoru v delším časovém období, uvádí se nejméně po dobu jedné hodiny. Čistička však nenahrazuje přirozené větrání, které je základem pro zdravé obytné prostředí. (Špičák, 2003)



Obr. 9: Čistička vzduchu Winix WAC U300 (proalergiky.cz, 2015)

Ionizace vzduchu

V obytném prostředí existuje mimo jiné také tzv. elektroiontové mikroklíma, které je tvořeno volnými atmosférickými ionty v ovzduší. Lehké záporné ionty mají blahodárny vliv na lidské zdraví, když je jich nedostatek dostavuje se u lidí pocit únavy, snížení výkonnosti nebo dochází ke zhoršení soustředění. (Špičák, 2003)

Otevřený venkovní prostor je pravidelně významně dotován ionizovanými částicemi vzduchu. Ve městech a v uzavřených špatně větraných místnostech je situace podstatně horší. V městských bytech je dokonce koncentrace záporných iontů velmi nízká. (Jokl, 2002)

Ke vzniku aeroiontů dochází v interiéru i v exteriéru vlivem působení ionizační energie, která způsobuje neelastické srážky molekul. Do interiéru však vstupují aeroionty jednak z exteriéru, jednak mohou být vytvářeny i v interiéru budovy. Jejich množství v interiéru ve velké míře ovlivňuje také vybavení místnosti. Běžně používané prvky v domácnosti jako jsou televize, monitory, kopírky, tiskárny, syntetická vlákna, atd. produkují velké množství škodlivin a tedy i kladných iontů, a tím narušují zdravou rovnováhu iontů. Velkou problematikou je také používání klimatizace, kouření a škodlivé látky přicházející z exteriéru. (Avair, 2008)

Ionizátory tedy dodávají do vzduchu lehké záporné ionty. Zdroj vzniku těchto iontů může být tvořen kovovou jehlou nebo uhlíkovým vláknem, přičemž zdroje tvořené právě uhlíkovým vláknem mají zpravidla trvalejší spolehlivost výkonu a nevyžadují prakticky žádnou údržbu. (Špičák, 2003)

Ionizátory pracují na různých principech, v současnosti jsou však nejrozšířenější přístroje kombinující čističku vzduchu s ionizátorem. Nevýhodou ionizátorů je produkce ozonu. U kvalitních přístrojů se však jedná pouze o stopové množství splňující limity. (nazeleno.cz; 2011)



Obr. 10: Ionizátor - Avair Oxygen Mini (nazeleno.cz, 2011)

5.4 Odstranění zdrojů škodlivin v interiéru

Úplné odstranění zdrojů škodlivin v bytě je obvykle nejlepší a obecně neúčinnější metodou. Může být na jedné straně snadné a levné, například začít používat jiné prostředky na úklid, zatímco na druhé straně může být časově náročné a nákladné,

pod čímž si lze představit například nákup nového nábytku a vybavení, nebo dokonce přestěhování se do jiného bytu, ale celkově odstranění zdroje škodlivin není nikdy špatným nápadem a mělo by být prvním v pořadí v boji proti škodlivinám.

V případě nákupu nového zařízení a nábytku se obecně doporučuje vyvarovat se nákupu výrobků od nerenomovaných výrobců, kteří mohou používat levné a nekvalitní produkty k výrobě svých výrobků nesplňující emise VOCs, dalších toxických látek, oděrů aj. polutantů. V tomto smyslu dochází k návratu k přírodním materiálům pro ošetření dřeva, např. včelí vosk. (Jokl, 2002)

5.5 Umístění rostlin do interiéru

První biofiltr v podobě rostliny v květináči se substrátem, který obsahoval aktivní uhlí a mikroorganismy si ve svém bytě instaloval americký student Bill Wolverton. Pod květináč umístil malý ventilátor, který měl za úkol vytvářet klesavý pohyb vzduchu, aby škodliviny byly absorbovány a aby se rozložily v kořenech rostliny. Mezi nejběžnějšími pokojovými rostlinami pak změřil pohltivost různých chemických sloučenin a zjistil, že některé rostliny jsou v absorbování různých škodlivin účinnější než jiné (Tab. 8). (Chaudet, Boixière; 2010)

Podle mnoha výzkumů bylo zjištěno, že škodliviny do rostlin vstupují dvěma hlavními přístupovými cestami, a to zaprvé kořenovou soustavou a za druhé přes listy. Novější výzkumy však spekulují o tom, že účinným prostředkem proti škodlivinám je celá rostlina v zemi (listy, kořeny, mikroorganismy v substrátu). (Chaudet, Boixière; 2010)

V odborném tisku se zpravidla uvádí jedna rostlina na každých 9-10 m² jako ideální množství potřebné pro účinný boj proti znečištění ovzduší v interiéru. (Chaudet, Boixière; 2010)

Tab. 8: Účinné rostliny pro filtraci některých škodlivin (Jokl, 2002)

LÁTKA	ZDROJ	ÚČINNÁ ROSTLINA
Benzen	kancelářská rozpouštědla inkousty do tiskáren tabákový kouř syntetická vlákna plasty čistící prostředky paliva	chryzantéma, lilie gerbera břečťan dračinec chryzantéma, lilie lopatkovec dračinec
Ethanol	alkoholické nápoje čistící prostředky	lilie
Formaldehyd	kosmetické prostředky korek, krby, lamináty, lepidla parketové tmely, plynové sporáky tabákový kouř čistící a dezinfekční prostředky koberce látky a textil lisované desky nábytek pěnové izolace překližky	aloe, azalka, filodendron gumovník, lilie, mexický pryšec, tulipán chryzantéma, lilie sandapsus zelenec filodendron cheemedorea, sanseriera azalka dieffenbachie
Methanol	čistící prostředky	lilie
Toulen	čistící prostředky	areková palma, lilie
Trichlorethylen	čistící prostředky inkousty do tiskáren barvy nátěry, fermeže, laky	lilie chryzantéma lopatkovec dračinec
VOCs	čistící prostředky, koberce, lepidla, nátěrové hmoty, odpadky, rozpouštědla	filodendron, zlatý potos
Výfukové plyny	auta	jírovec maďal (kaštan)

6. LEGISLATIVA A NORMY

6.1 Vyhláška č. 6/2003 Sb. Ministerstva zdravotnictví ČR

Legislativním předpisem v České republice, kterým se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb a který je prováděcím předpisem k Zákonu č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů (ve znění pozdějších předpisů), je vyhláška č. 6/2003 Sb.. V této vyhlášce, v příloze č.2, jsou uvedeny limitní koncentrace pro některé škodliviny, např. pro některé nejčastěji se vyskytující těkavé organické látky, včetně formaldehydu, a dále pro minerální a azbestová vlákna. V Tab.9 jsou uvedeny pouze limity některých možných škodlivin, z velmi širokého spektra látek pocházejících z materiálů zabudovaných do interiérů staveb. (České stavebnictví, 2009)

Vyhláška nemluví přímo o bytech, ale je jakýmsi vodítkem norem i pro privátní pobytové prostředí.

Tab. 9: Limitní koncentrace VOCs (Vyhláška č.6/2003 Sb.)

LÁTKA	JEDNOTKA	LIMITNÍ KONCENTRACE
Benzen	µg.m ⁻³	7
Toulen	µg.m ⁻³	300
Xyleny	µg.m ⁻³	200
Styren	µg.m ⁻³	40
Ethylbenzen	µg.m ⁻³	200
Formaldehyd	µg.m ⁻³	60
Trichlorethylen	µg.m ⁻³	150
Tetrachlorethylen	µg.m ⁻³	150

6.2 Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší

V současné době je v právní moci nový Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, platný od 1.9.2012. Tento zákon nahradil Zákon č. 86/2002 Sb., a také zrušil prakticky veškeré prováděcí předpisy podle zákona č. 86/2002 Sb.

Úvodním ustanovením zákona je: „ochrana ovzduší, kterou se rozumí předcházení znečišťování ovzduší a snižování úrovně znečišťování tak, aby byla omezena rizika pro lidské zdraví způsobená znečištěním ovzduší, snížení zátěže životního prostředí látkami vnášenými do ovzduší a poškozujícími ekosystémy

a vytvoření předpokladů pro regeneraci složek životního prostředí postižených v důsledku znečištění ovzduší.“ (Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší § 1(1), 2012)

„Zákon upravuje:

- přípustné úrovně znečištění a znečišťování ovzduší;*
- způsob posuzování přípustné úrovně znečištění a znečišťování ovzduší a jejich vyhodnocení;*
- nástroje ke snižování znečištění a znečišťování ovzduší;*
- práva a povinnosti osob a působnost orgánů veřejné správy při ochraně ovzduší;*
- práva a povinnosti dodavatelů pohonných hmot a působnost orgánů veřejné správy při sledování a snižování emisí skleníkových plynů z pohonných hmot v dopravě.*“

(Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší § 1(2), 2012)

Mimo jiné definuje těkavou organickou látku jako jakoukoli organickou sloučeninu nebo směs organických sloučenin, s výjimkou methanu, která při teplotě 20 °C má tlak par 0,01 kPa nebo více nebo má odpovídající těkavost za konkrétních podmínek jejího použití. (Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší § 2 (m), 2012)

6.3 Norma ČSN EN ISO 16000-1 a 16000-5

Normy řady EN ISO 16000 jsou určeny pro měření kvality ovzduší v interiéru.

6.3.1 ČSN EN ISO 16000-1

Tato část normy má sloužit při přípravě plánu měření znečištění vnitřního ovzduší. Norma uvádí zásady pro přípravu plánu odběru vzorků a pro monitoring vnitřního ovzduší. Je nutné vyjasnit si cíle měření, určit kde, kdy, jak často a v jakých časových intervalech se monitoring bude provádět. Příprava plánu je závislá na řadě okolností určujících vnitřní prostředí, na cílech prováděného měření a konečně na prostředí samotném. ČSN ISO 16000-1 pojednává o významu uvedených faktorů a nabízí metody pro určení vhodného plánu odběru vzorků. (ČSN EN ISO 16000-1, 2007)

6.3.2 ČSN EN ISO 16000-5

ČSN ISO 16000-5 uvádí základní hlediska, která je třeba zvažovat při vypracování postupu měření těkavých organických látek (VOCs) ve vnitřním ovzduší. Propojuje dvě části uvedené normy, tzn. obecná východiska strategie odběru vzorku (uvedené v EN ISO 16000-1) a analytické postupy stanovení VOCs ve vnitřním ovzduší a ve zkušební komoře aktivním odběrem vzorku na sorbent Tenax TA, tepelnou

desorpcí a plynovou chromatografií za použití MS/FID detekce (uvedené v EN ISO 16000-6). (ČSN EN ISO 16000-5, 2007)

6.3 Metodický návod k měření a stanovení kvality vnitřního prostředí

Jedná se o metodický návod, který byl vydán hlavním hygienikem Ministerstva zdravotnictví ČR, pro měření a stanovení chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů kvality vnitřního prostředí podle Vyhlášky č. 6/2003 Sb.

Metodický návod slouží také ke sjednocení postupu pracovníků zdravotních ústavů a krajských hygienických stanic při měření a stanovení chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů kvality vnitřního prostředí podle Vyhlášky č. 6/2003 Sb.

Požadavky na metody pro stanovení koncentrace benzenu, toluenu, sumy xylenů, styrenu, etylbenzenu, trichloretenu a tetrachloretenu ve vnitřním prostředí a principy používaných metod se zabývá 5. kapitola tohoto metodického návodu. (MZČR, 2007)

I. PRAKTICKÁ ČÁST

7. OBJEKTY MĚŘENÍ

K měření byly vytipovány čtyři obytné prostory v Pardubicích a nedaleko města Pardubice (viz Obr. 11). Vybrané byty se liší lokalitou, velikostí, počtem osob, který prostor užívá a stavební konstrukcí. V každém z obytných jednotek proběhlo v období říjen 2014 – březen 2015 celkem šest měření.

Každé měření se skládalo za spuštění měřících čerpadel současně v případě:

- Pardubice – Palackého: ložnice, obývací pokoj a exteriér (viz Obr.11 – modrá)
- Ochoz u Nasavrky: ložnice, obývací pokoj a exteriér (viz Obr.11 – červená)
- Pardubičky: ložnice, obývací pokoj a exteriér (viz Obr.11 – zelená)
- Pardubice – Polabiny: obývací pokoj, kuchyň a exteriér (viz Obr.11 – fialová)



Obr. 11: Lokality měření (mapy.cz, 2015)

7.1 Byt Pardubice - Palackého

Prostorný byt 4+1 se nachází v nejvyšším patře devítipodlažního panelového domu v centru Pardubic, v domě je zároveň situován tak, že sousedí s jiným bytem pouze z jedné strany. V těsné blízkosti se nachází frekventovaná křižovatka, která spojuje důležité dopravní tepny ve městě. V dosahu cca 3,5 km se taktéž nachází chemický závod Synthesia a v dosahu cca 2 km chemický závod Paramo. Prostor disponuje třemi ložnicemi, koupelnou a obývacím pokojem s pracovnou, který je dále propojený s kuchyní a jídelnou. Součástí bytu jsou dvě oddělené lodžie se samostatnými vstupy směrem na jih. V bytě jsou ve všech místnostech plastová okna a celý dům je zateplený. Byt v současnosti obývá pět dospělých osob.



Obr. 12: Pardubice - Palackého: půdorys (vlastní zpracování)



Obr. 13: Panelový dům Pardubice-Palackého (vlastní zdroj)

7.1.1 Obývací pokoj

Pokoj s výměrou 46,5 m² a objemem cca 107 m³ je největší místností v bytě a přímo sousedí se vstupem do bytu. Prostor zahrnuje samotný vstup, obývací část, kuchyň a malou pracovnou. Sama obývací část, kde je umístěno čerpadlo disponuje výměrou cca 14 m² (od obloukového průchodu k jídelní části). Pokoj prochází napříč celým bytem, tudíž disponuje okny na obou stranách a jedná se o velmi frekventované místo z hlediska komunikačních tras. Při pobývání v pokoji byly u některých obyvatelů bytu zpozorovány časté zdravotní problémy způsobené drážděním nosní sliznice a sliznice očí. V místě, kde se tyto obtíže nejvíce vyskytují, bylo umístěno čerpadlo, zároveň je to místo, kde se nachází velká rohová celočalouněná sedací souprava s potahem z umělé kůže.

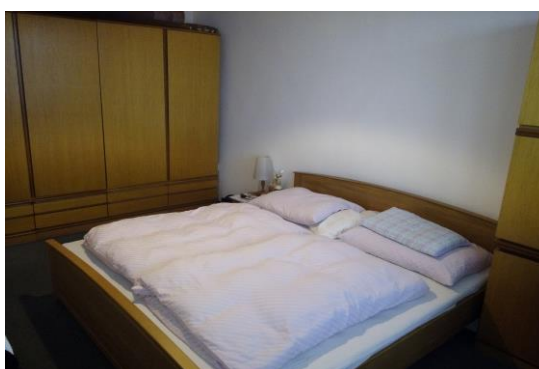
Materiál použitý na nábytek v obývací části a pracovně je dýhovaná dřevotřísková deska, v kuchyňské části je kuchyňská linka vyrobená z laminované dřevotřískové desky. Podlahu místnosti tvoří plovoucí laminátová podlaha a v kuchyňské části je linoleum. Mezi další vybavení pokoje patří televize, stereo věž, stolní počítač a laserová tiskárna. V kuchyňské části je to mikrovlnná trouba, chladnička s mrazničkou a kombinovaný sporák. Půdorys s vybavením pokoje je znázorněn na Obr.12.



Obr. 14: Pardubice – Palackého: obývací pokoj; pohled-a, pohled-b (vlastní zdroj)

7.1.2 Ložnice

Ložnice v bytě sousedí přímo s obývacím pokojem. Pokoj má plošnou výměru 14,5 m² a objemovou výměru cca 33,4 m³. Místnost je vybavena úložnými prostory ve formě šatních skříní z dýhované dřevotřískové desky a manželskou postelí s nočními stolky z laminované dřevotřískové desky. Podlahovou krytinu tvoří koberec. V místnosti nejsou žádná další zařízení typu televize, apod. Z ložnice se také dá přímo vstoupit na lodžii. Čerpadlo bylo umístěno tak, jak je vyobrazeno na Obr.12.



Obr. 15: Pardubice - Palackého: ložnice (vlastní zdroj)

7.1.3 Exteriér

V případě měření venkovního ovzduší bylo čerpadlo umístěno na lodžii sousedící s ložnicí, viz Obr.12.

7.2 Rodinný dům Ochoz u Nasavrky

Jedná se o řadový dům, ve kterém se nachází bytová jednotka 2+1, která je objektem měření. Byt sousedí s vedlejší bytovou jednotkou pouze jednou stěnou, tedy stojí na okraji řady. Město Nasavrky je od Pardubic vzdálené cca 20 km jižně vzdušnou vzdáleností. Jedná se o klidnou oblast na úpatí Železných hor. Jižně

od domu přibližně 1 km se nachází skládka komunálního odpadu, která by mohla negativně ovlivňovat kvalitu ovzduší v této lokalitě. Taktéž by mohla ovzduší ovlivňovat i frekventovaná dopravní tepna nedaleko domu. Celý dům je cihlový a zateplený, střecha je však nezateplená. Část domu, kde se nachází měřený prostor má špaletová dřevěná okna. Byt obývají dvě dospělé osoby, které se nastěhovaly před pěti lety a proto i veškeré vybavení domu je poměrně nové.



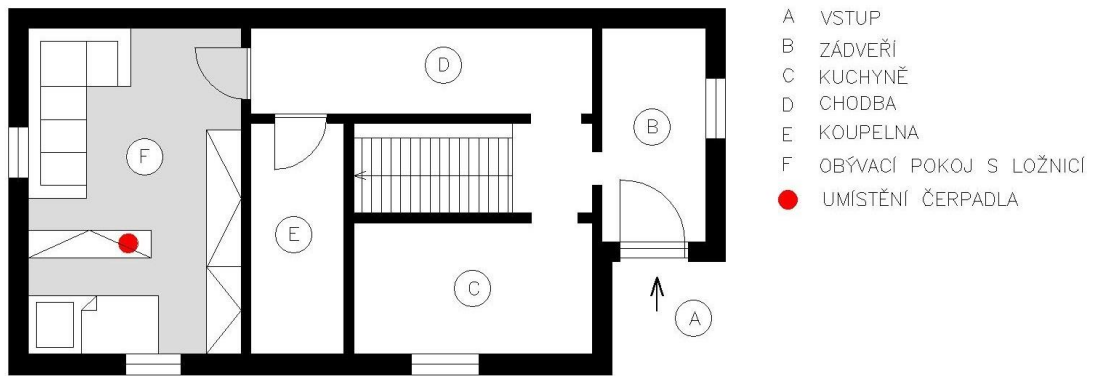
Obr. 16: Rodinný dům Ochoz u Nasavrck (vlastní zdroj)

7.2.1 Obývací pokoj

Obývací pokoj o plošné výměře 16 m² a objemové výměře 36,8 m³, který slouží zároveň jako ložnice, je zařízen novým nábytkem z laminované dřevotřískové desky a foliované dřevovláknité desky, dále se v místnosti nachází sedací souprava čalouněná textilní potahovou látkou. Podlaha je stejně jako v celém bytě plovoucí laminátová. Dalším zařízením v pokoji je televize a DVD přehrávač. Čerpadlo v obývacím pokoji bylo umístěno, tak jak je vyobrazeno na Obr. 18.



Obr. 17: Ochoz u Nasavrck: obývací pokoj; pohled-a, pohled-b (vlastní zdroj)



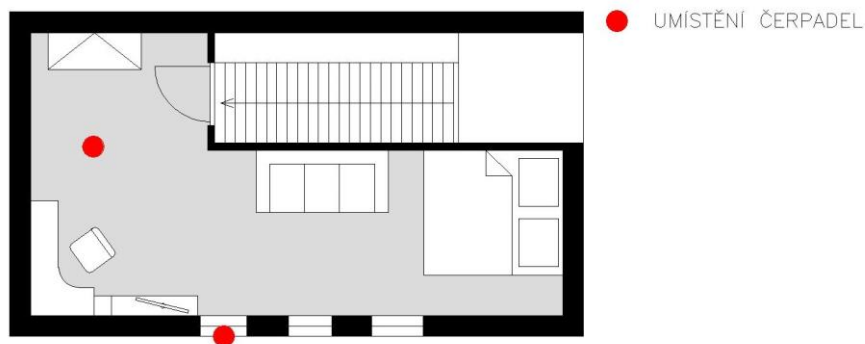
Obr. 18: Ochoz u Nasavrk: půdorys přízemí (vlastní zpracování)

7.2.2 Ložnice

Ložnice s výměrou 12 m² a objemem cca 27 m³ se nachází v podkroví bytové jednotky. Pokoj je vybaven novým nábytkem z laminované dřevotřískové desky a rozkládací pohovkou z umělé kůže, podlahu tvoří laminátová plovoucí podlaha. V místnosti se kromě nábytku také nachází televize a stolní počítač. Čerpadlo pro měření této místnosti bylo umístěno podle půdorysu na Obr. 20.



Obr. 19: Ochoz u Nasavrk: ložnice; pohled-a, pohled-b (vlastní zdroj)



Obr. 20: Ochoz u Nasavrk: půdorys ložnice (vlastní zpracování)

7.2.3 Exteriér

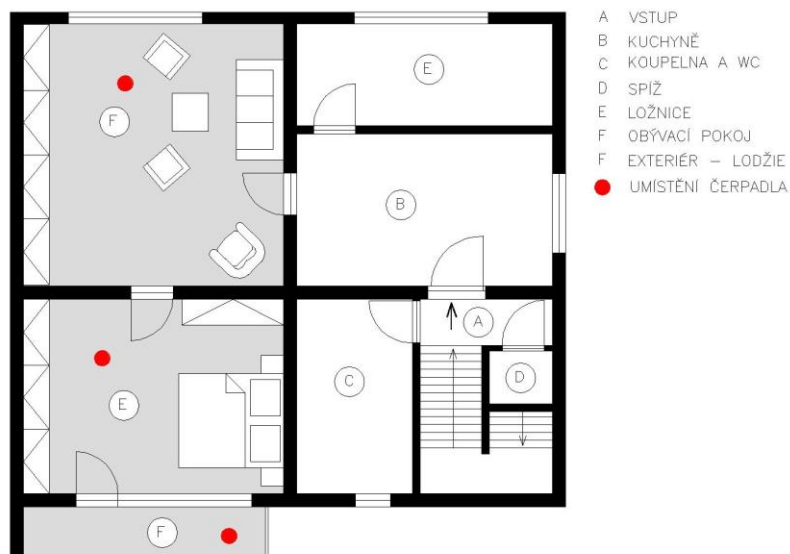
V případě měření venkovního ovzduší bylo čerpadlo umístěno v okně v podkroví domu, viz Obr. 20.

7.3 Rodinný dům Pardubice – Pardubičky

Pardubičky jsou okrajová část města, ležící mimo centrum města cca 2 km jihovýchodním směrem. Objektem měření zde byla jedna polovina cihlového „dvojdomek“, viz Obr. 21. Dům je nezateplený a má klasická dřevěná zdvojená okna. Oba chemické závody jsou od domu vzdáleny, v případě Parama asi 3,5 km západním směrem a v případě podniku Synthesia asi 5 km severozápadně. Měření probíhalo v horním patře dvoupodlažního domu, které je obývané jednou osobou.



Obr. 21: Rodinný dům Pardubičky (zdroj vlastní)



Obr. 22: Pardubičky: půdorys (zdroj vlastní)

7.3.1 Obývací pokoj

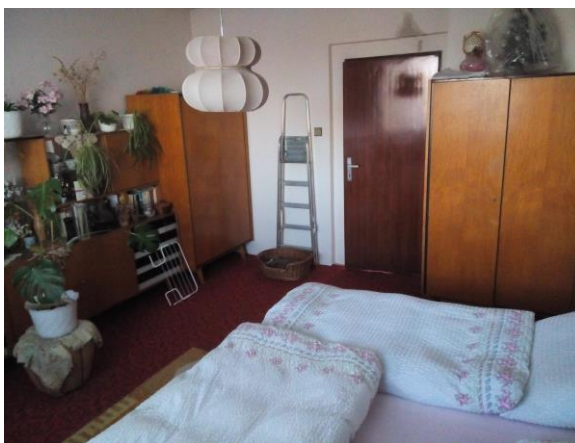
Pokoj s plochou 20,5 m² a objemem místnosti 49,2 m³ je vybaven starším nábytkem z dýhované DTD, čalouněnou sedací soupravou s křesly a televizí. Podlahu pokrývá starší koberec. Čerpadlo bylo umístěno tak, jak je vyobrazeno na Obr. 22.



Obr. 23: Pardubičky: obývací pokoj; pohled-a, pohled-b (vlastní zdroj)

7.3.2 Ložnice

Místnost o výměře podlahové plochy 18,5 m² a celkovým objemem 44,4 m³ sousedí s obývacím pokojem a vstupem na balkon. V místnosti jsou starší šatní skříně a noční stolky z dýhované DTD a manželská postel. Na podlaze je stejně jako v sousedním obývacím pokoji starší koberec. Čerpadlo bylo umístěno tak, jak je vyobrazeno na Obr. 22.



Obr. 24: Pardubičky: ložnice (vlastní zdroj)

7.3.3 Exteriér

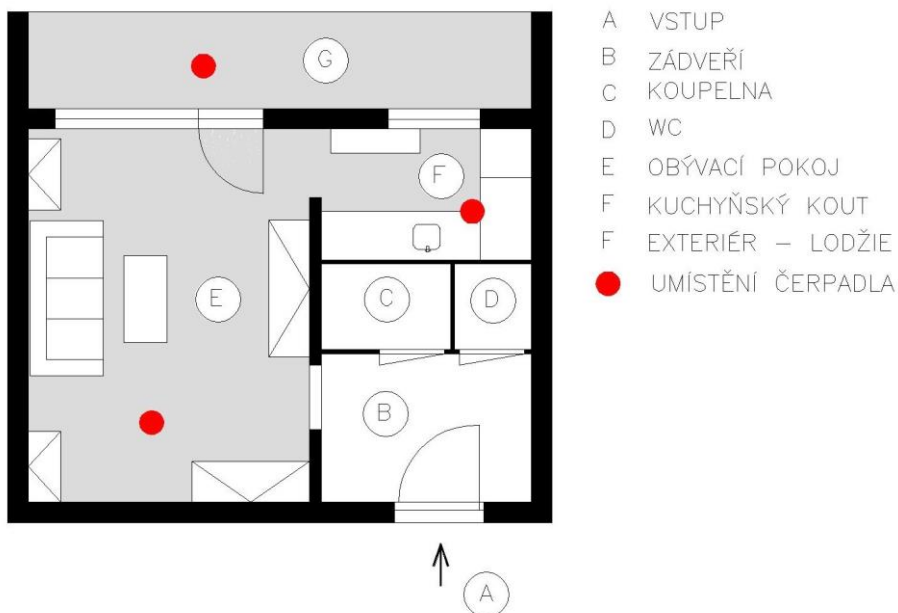
Venkovní prostředí bylo měřeno na balkonu sousedícím s ložnicí. Čerpadlo bylo umístěno tak, jak je vyobrazeno na Obr. 22.

7.4 Byt Pardubice – Polabiny

Byt typu garsoniéra je obýván jednou osobou. Nachází se ve čtvrtém patře panelového domu. Byt není uvnitř zrekonstruovaný, nachází se zde tedy staré umakartové jádro tvořící koupelnu a WC. Dům je však zateplený a má plastová okna s izolačním dvojsklem. Objekt je situován cca 1 km vzdušnou vzdáleností severovýchodně od centra Pardubic. Dům je v těsné blízkosti řeky a hlavní dopravní komunikace v této oblasti. Chemický závod Paramo je od místa měření vzdálen cca 1,5 km jihozápadně, chemický závod Synthesia cca 2,5 km severozápadně.



Obr. 25: Panelový dům Pardubice – Polabiny (zdroj vlastní)



Obr. 26: Pardubice-Polabiny: půdorys (zdroj vlastní)

7.4.1 Obývací pokoj

Obývací pokoj s výměrou 16 m² a cca 36,8 m³ tvoří největší prostor v bytě a slouží zároveň jako místnost na spaní. Podlahu obývacího pokoje tvoří koberec. Nábytek v bytě je co se týče stáří různorodý, obývací stěna a šatní skříň z dýhované DTD jsou staršího data výroby, dále se v pokoji nachází dvě nové nízké komody z DTD-L, konferenční stůl z DTD-L a čalouněná rozkládací pohovka. V obývacím pokoji se nenachází další jiné zařízení typu televize, tiskárna apod. Obyvatelka bytu využívá pouze notebook. Čerpadlo bylo umístěno tak, jak je vyobrazeno na Obr. 26.



Obr. 27: Pardubice-Polabiny: obývací pokoj; pohled-a, pohled-b (zdroj vlastní)

7.4.2 Kuchyně

Kuchyňský kout je částečně propojen s obývacím pokojem a jeho plošná výměra je 4,2 m² a 9,7 m³. Podlahu v kuchyňském koutu tvoří linoleum. Kuchyňská linka je vyrobená z DTD-L. Mezi další vybavení kuchyně patří chladnička s mrazničkou, dvouplotýnkový elektrický vařič, mikrovlnná trouba a horkovzdušná trouba na pečení. Jiné zařízení typu televize, tiskárna apod. v bytě není. Obyvatelka využívá pouze notebook. Čerpadlo bylo umístěno tak, jak je vyobrazeno na Obr. 26.



Obr. 28: Pardubice-Polabiny: kuchyňský kout (zdroj vlastní)

7.4.3 Exteriér

Měření ovzduší v exteriéru probíhalo na lodžii, která patří k bytu. Čerpadlo bylo umístěno tak, jak je vyobrazeno na Obr. 26.

8. METODIKA STANOVENÍ EMISÍ VOC

Vzorky ovzduší pobytových místností a venkovního prostředí v místě bytových jednotek byly odebírány za běžného užívání bytu jejich uživateli. Předmětem měření tedy byly vzorky vzduchu různě zatížené emisemi organických těkavých látek během tří ročních období (podzim, zima, jaro).

Emise VOCs se ze vzduchu stanovují pomocí odběrových trubiček, na jejichž sorbenty jsou jímány vzorky ovzduší pro stanovení emitovaného množství obsažených emisí ve vzduchu. Odebírání vzduchu probíhá přímo v interiéru a v exteriéru pomocí čerpadla, které filtruje vzduch přes desorpční trubičku, která je na jeho ústí našroubovaná.

Místo umístění čerpadla s odběrovou trubičkou k odběru VOC ve vnitřních prostorách bytů vychází z normy ČSN EN ISO 16000-1.

- V případě měření vzorků v interiéru k vypracování této diplomové práce byla odběrová desorpční trubička vždy umístěna nejméně 1 m od zdi a současně cca ve výšce 1 až 1,5 m nad úroveň podlahy, která odpovídá přibližně průměrné výšce dýchací zóny.
- Místo odběru emisí VOCs z venkovního prostředí je umístěno v případě tří bytů (Pardubice-Palackého, Pardubičky, Pardubice-Polabiny) na lodžii ve výšce cca 1 až 1,5 m nad podlahovou plochou. V případě zbývajících bytů (Ochoz u Nasavrku) je čerpadlo s trubičkou umístěno na vnějším parapetu okna v patře domu.
- Vzorky vzduchu zatíženého emisemi VOCs byly čerpány pomocí čerpadla Gilian LFS 113 SENSIDINE přes kovovou odběrovou desorpční trubičku Tenax TA.
- V každém bytě byla vždy spuštěna současně tři čerpadla ve dvou předem vytipovaných místnostech a v exteriéru, přičemž doba odběru byla stanovena u všech na 180 minut. V případě měření v interiéru bylo použito čerpadlo s průtokem vzduchu 12 l/h, v případě měření emisí v exteriéru bylo zvoleno čerpadlo s průtokem 6 l/h.
- Odběry v jednotlivých objektech měření se prováděly v šesti měřeních v průběhu tří ročních období (podzim, zima, jaro).
- Složení emisí a množství koncentrací VOC látek v odebraných vzorcích vzduchu z interiéru a exteriéru bylo analyzováno na plynovém

chromatografu 6890N HPST s hmotnostním spektrometrem Agilent 5973 Network MSD.

- Postup analýzy vzorků probíhá následovně: Po volbě metody analýzy v počítači a zadání identifikačních údajů o měření se na desorpční trubičku se vzorkem našroubuje jehla, která se následně našroubuje do injektážní věže umístěné na vstupu do kolony plynového chromatografu. (Čech, 2008)
- Výsledkem analýz je kvalitativní a kvantitativní stanovení dat, vyjádřené závislosti v grafu a číselném vyjádření v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Získané výsledky se pak porovnávají s příslušnými limitními hodnotami stanovenými předpisy. (Čech, 2008)
- Podmínky měření byly stanoveny na:
 - stejný den v týdnu;
 - přibližně stejná hodina;
 - stejné místo měření v bytě a umístění čerpadla s trubičkou v místnosti.

Tab. 10: Měřené VOC (vlastní zdroj)

MĚŘENÉ VOC		
Ethyl acetát	m,p-Xylen	2-Ethyl Toluen
Benzen	Styren	Myrcen
1-Methoxy-2-Propanol	o-Xylen	1,2,4-Trimethyl-Benzen
Pentanal	Butoxy-Ethanol	α -Phellandren
Trichlorethylen	α -Pinen	3- δ -Caren
Toluen	Camphen	1,2,3-Trimethyl-Benzen
Hexanal	3-Ethyl-Toluen	Limonen
Tetrachlorethylen	4-Ethyl-Toluen	γ -Terpinen
n-Butyl acetát	1,3,5-Trimethyl-Benzen	Bornyl Acetát
Ethylbenzen	β -Pinen	TVOC _{MS}

Tab. 11: Termíny a lokality měření (vlastní zdroj)

LOKALITA	ROČNÍ OBDOBÍ					
	podzim		zima		jaro	
Pardubice - Palackého	5.10.2014	9.11.2014	6.12.2014	17.1.2015	28.2.2015	21.3.2015
Ochoz u Nasavrku	4.10.2014	22.11.2014	13.12.2014	17.1.2015	28.2.2015	21.3.2015
Pardubice - Polabiny	11.10.2014	8.11.2014	6.12.2014	24.1.2015	7.3.2015	28.3.2015
Pardubičky	11.10.2014	22.11.2014	13.12.2014	25.1.2015	7.3.2015	28.3.2015

8.1 Plynová chromatografie s hmotnostní spektrometrií

Plynová chromatografie je obecně metoda určená k dělení a stanovení plynů, kapalin i látek v pevném skupenství s bodem varu do cca 400 °C. Metoda je založena na rozdělování jednotlivých složek mezi dvě fáze, a to pohyblivou (mobilní) a nepohyblivou (stacionární). Mobilní fáze je v tomto případě plyn, tzv. nosný plyn (např. vodík, dusík, helium, argon) a stacionární fáze je v chromatografické koloně a stacionární fáze může být pevná látka (aktivní uhlí, oxid hlinitý, silikagel, polymerní sorbenty apod.) nebo vysokovroucí kapalina nanosená v tenké vrstvě na pevném, inertním nosiči. (Zachař, Sýkora; 2008)

Plynová chromatografie s hmotnostní spektrometrií, tzv. GC/MS (systém plyn – pevná látka) je metoda, při které jsou analyzované těkavé páry vzorků a to formou adsorpce látky z plynné fáze na povrch pevného sorbentu. Adsorpce je jev, při kterém dochází k nahromadění komponent z jedné fáze na povrch druhé fáze. Analýza stanoví relativní četnost iontů v závislosti na množství prošlé látky, přičemž výsledkem je záznam celkového iontového proudu v retenčním čase [m/s, kde m-hmotnost a s-čas]. Metoda plynové chromatografie s hmotnostní spektrometrií vyjadřuje relativní četnost iontů jako tzv. abundanci, což lze vysvětlit jako závislost na poměru náboje k iontu. [m/z, kde m-hmotnost a z-náboj]. Tato abundance odráží kvantitativně i kvalitativně zastoupení jednotlivých VOCs ve směsi testovaného plynu. (Brunecký, Tesařová; 2005)

Hmotnostní spektrometrie slouží k rozdělení iontů podle hmotnosti, metoda převádí analyzovanou látku do plynného stavu, tento plyn dále ionizuje a rozděluje podle hmotnosti iontů, četnost výskytu jednotlivých iontů se potom nazývá hmotnostní spektrum. (Čech, 2008)

Kvantitativní a kvalitativní stanovení emisí VOCs je následně provedeno pomocí softwaru Chemstation.

8.1.1 Použité metody analýz na GC/MS a jejich parametry

Při analýze odebraných vzorků vzduchu testovaných materiálů nebo pracovního prostředí byly použity tyto metody:

- **MS – SPL – BOTH**
 - poskytuje SIM i SCAN záznam. V případě tohoto výzkumu je používána pro stanovení obsahu TVOC látek ze vzorku.

Tab. 12: Údaje o použitých typech analýz a o nastavení GC/MS (Čech, 2008)

PARAMETR	ANALÝZA NA GC/MS		
	MS -SPL-BOTH		
TERMOSTAT			
Počáteční teplota	40		
Počáteční čas	2		
Rampa	Tempo nárůstu teploty [°C/min]	Konečná teplota [°C]	Konečný čas [min]
	8	240	30
Délka analýzy [min]	47	47	47
VSTUP (FRONT INLET)			
Mód	Split		
Počáteční teplota [°C]	250		
Tlak [kPa]	62,9		
Splitovací poměr	40 : 1		
Splitovací průtok [mL/min]	47,9		
Celkový průtok [mL/min]	52,6		
Typ plynu	Helium		
KOLONA			
Kapilární kolona typ	AGILENT HP - 5MS (5% Phenyl methyl siloxane)		
Max. teplota [°C]	325		
Nominální délka [m]	30		
Nominální průměr [μg]	250		
Nominální tloušťka filmu [μg]	0,25		
Počáteční průtok [mL/min]	1,2		
Průměrná rychlost [cm/sec.]	40		
Nominální počáteční tlak [kPa]	63		
Výstup	MSD		
Výstupní tlak	vakuum		
ZÓNA MSD			
MS kvadrupól - teplota [°C]	150 (maximum 200)		
MS zdroj - teplota [°C]	230 (maximum 250)		

Tab. 13: Teplotní a časové podmínky (Čech, 2008)

TEPLOTNÍ A ČASOVÉ PODMÍNKY		
Operace	Čas [s]	Teplota [°C]
Gas Purge Time	300	-
Injection Time	30	-
Desorption Time	180	200 (začátek)
		20 (tempo)
		250 (konec)
GC smart delay	30	-

9. PŘÍSTROJE PRO ODBĚR VZORKŮ VOCs A K JEJICH ANALÝZE

9.1 Zařízení pro provedení odběru vzduchu z posuzovaného interiéru

9.1.1 Odběrová desorpční trubička

Jedná se o ocelovou odběrovou desorpční trubičku se specifickou náplní, která je závislá na typu látek, které je potřeba následně detekovat a určit jejich přesnou koncentraci. Náplň pro stanovení VOCs je předepsaná a je jí látka Tenax TA. (Svoboda, Muzikář; 2013)



Obr. 29: Odběrová desorpční trubička (vlastní zdroj)

9.1.2 Odběrové čerpadlo vzduchu

Pomocí čerpadla je vzduch obsahující VOCs filtrován přes odběrovou trubičku. V případě této práce bylo použito membránové čerpadlo Gilian – LFS 113 SENSIDINE s průtokem vzduchu 6 l/h a s průtokem vzduchu 12 l/h. (Svoboda, Muzikář; 2013)



Obr. 30.: Odběrové čerpadlo vzduchu (vlastní zdroj)

9.2 Zařízení určené pro tvorbu chemické analýzy

9.2.1 Plynový chromatograf s hmotnostním spektrometrem

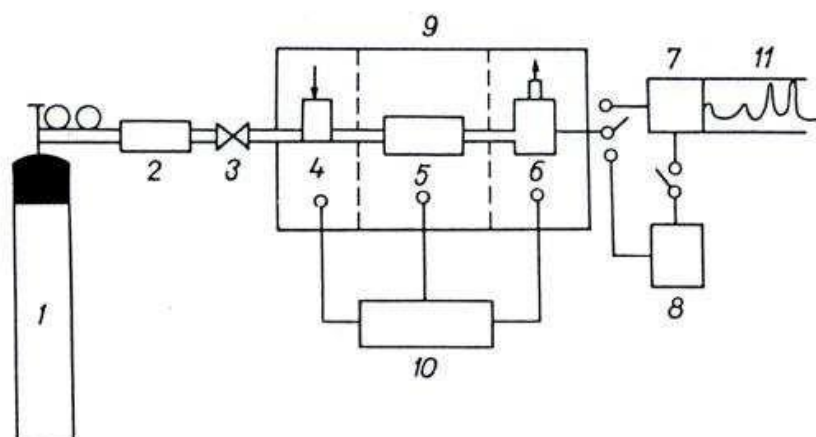
Pomocí plynového chromatografu se analyzují vzorky odebraného vzduchu. Jedná se o plynový chromatograf 6890N HPST s hmotnostním spektrometrem Agilent 5973 Network MSD. Analýza probíhala podle metodiky předepsané normou ČSN EN ISO 16000-5-Vnitřní ovzduší-část 5: Postup odběru vzorků těkavých organických látek. (Svoboda, Muzikář; 2013)



Obr. 31: Plynový chromatograf (vlastní zdroj)

Části plynového chromatografu lze popsat následovně:

- Nosný plyn prochází ze zásobníku nosného plynu přes čistící a regulační zařízení, kde je plyn zbavován nežádoucích příměsí a zajišťuje se konstantní průnik kolonou. Následně je do nosného plynu dávkovačem vpraven vzorek a vše dále pokračuje do kolony. Při dodržení správných podmínek dle metodiky dojde v koloně k rozdělení směsi na jednotlivé složky. Složky jsou poté přenášeny proudem nosného plynu do detektoru, který již bývá spojen se zapisovačem. Součástí strojů jsou i různé typy vyhodnocovacího zařízení ve formě počítačů. K udržení teploty podle daných podmínek zde patří mezi vybavení také termostat a regulace teploty. Výsledkem analýzy vzorku na plynovém chromatografu je grafický záznam. (Zýka, 1979)



Obr. 32: Schéma plynového chromatografu (Veselý, 2007)

Legenda k obrázku:

- Zásobník nosného plynu (1); čistící (2) a regulační zařízení (3); dávkovač vzorků (4); kolona (5); detektor (6); zapisovač (7); počítačová jednotka, pro vyhodnocování výsledků (8); termostat (9, 10); (11) chromatogram

9.3 Ostatní použité zařízení

9.3.1 Digitální teploměr a vlhkoměr

Teploměr disponuje rozsahem -10°C až 50°C , jeden dílek je $0,1^{\circ}\text{C}$. Vlhkoměr má rozsah 20% až 90%, jeden dílek je 1%.



Obr. 33: Digitální teploměr a vlhkoměr (vlastní zdroj)

10. VÝSLEDKY

10.1 Tabulkové a grafické vyhodnocení měřených hodnot

10.1.1 Pardubice - Palackého

Tab. 14: Hodnoty emisí VOCs za podzim: Pardubice – Palackého (vlastní zdroj)

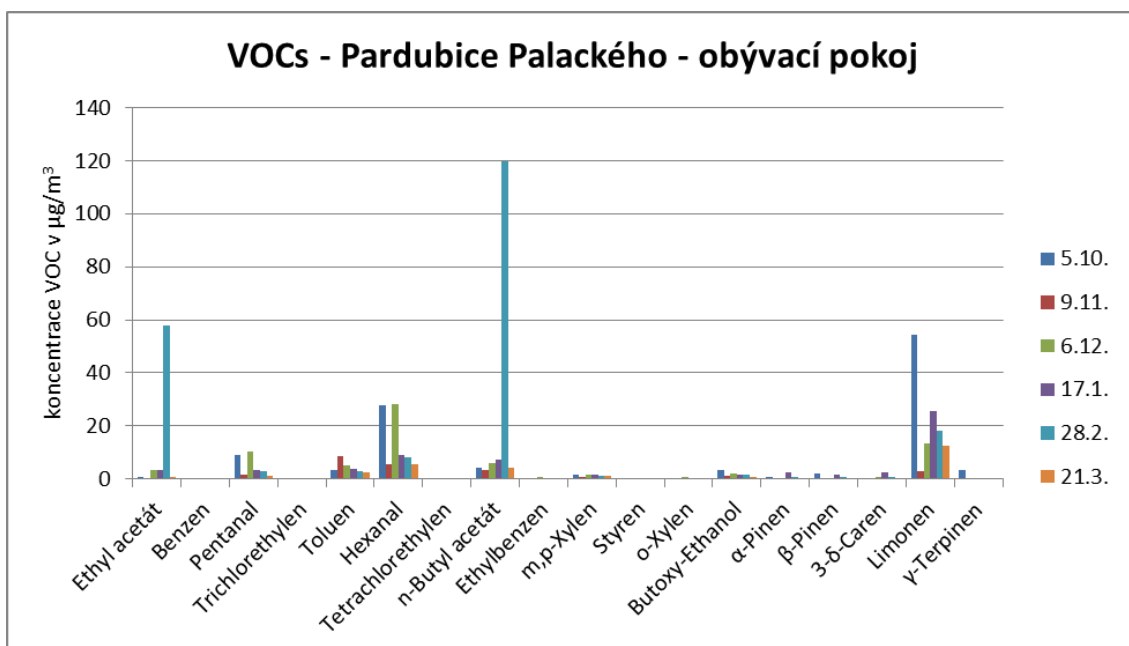
PARDUBICE - PALACKÉHO						
roční období	PODZIM					
datum měření	5.10.2014			9.11.2014		
místo měření	obývací pokoj	ložnice	exteriér	obývací pokoj	ložnice	exteriér
teplota [°C]	22	20	17	23	23	13
relativní vzdušná vlhkost [%]	34	32	33	37	40	41
čas [h]	14:55-17:55	15:00-18:00	14:50-17:50	14:55-17:55	15:00-18:00	15:05-18:05
VOC	µg.m ⁻³					
Ethyl acetát	(0,9 ± 0,3)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,4 ± 0,1)	(1,2 ± 0,4)	(0,1 ± 0,03)
Benzen	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,6 ± 0,2)
1-Methoxy-2-Propanol	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
Pentanal	(8,8 ± 2,6)	(0,6 ± 0,2)	< 0,1	(1,5 ± 0,5)	(1,8 ± 0,5)	(0,1 ± 0,03)
Trichlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toluen	(3,2 ± 1)	(0,5 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(8,6 ± 2,6)	(1,8 ± 0,5)	(1,1 ± 0,3)
Hexanal	(27,6 ± 8,3)	(1,8 ± 0,5)	(0,3 ± 0,1)	(5,5 ± 1,7)	(5,1 ± 1,5)	(0,3 ± 0,1)
Tetrachlorethylen	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
n-Butyl acetát	(4,2 ± 1,3)	(0,6 ± 0,2)	(0,5 ± 0,2)	(3,2 ± 1)	(2,1 ± 0,6)	(0,3 ± 0,1)
Ethylbenzen	(0,5 ± 0,2)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,5 ± 0,2)	(0,3 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)
m,p-Xylen	(1,4 ± 0,4)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,8 ± 0,2)	(0,8 ± 0,2)	(1,1 ± 0,3)
Styren	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
o-Xylen	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)
Butoxy-Ethanol	(3,4 ± 1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(1,2 ± 0,4)	(1,2 ± 0,4)	(0,4 ± 0,1)
α-Pinen	(0,9 ± 0,3)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(1,3 ± 0,4)	(0,1 ± 0,03)
Camphen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
3-Ethyl-Toluen	(0,8 ± 0,2)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,5 ± 0,2)	(0,5 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)
4-Ethyl-Toluen	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
1,3,5-Trimethyl-Benzen	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
β-Pinen	(2 ± 0,6)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(2,6 ± 0,8)	< 0,1
2-Ethyl Toluen	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
Myrcen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,4-Trimethyl-Benzen	(0,5 ± 0,2)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,4 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)
α-Phellandren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-δ-Caren	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	< 0,1
1,2,3-Trimethyl-Benzen	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	< 0,1	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
Limonen	(54,5 ± 16,4)	< 0,1	< 0,1	(2,8 ± 0,8)	(30,5 ± 9,2)	(0,1 ± 0,03)
γ-Terpinen	(3,2 ± 1)	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(1,4 ± 0,4)	< 0,1
Bornyl Acetát	(1,2 ± 0,4)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,4 ± 0,1)	(0,9 ± 0,3)	< 0,1
TVOC _{MS}	(117 ± 35)	(19 ± 6)	< 5	(212 ± 64)	(123 ± 37)	(11 ± 3)

Tab. 15: Hodnoty emisí VOCs za zimu: Pardubice – Palackého (vlastní zdroj)

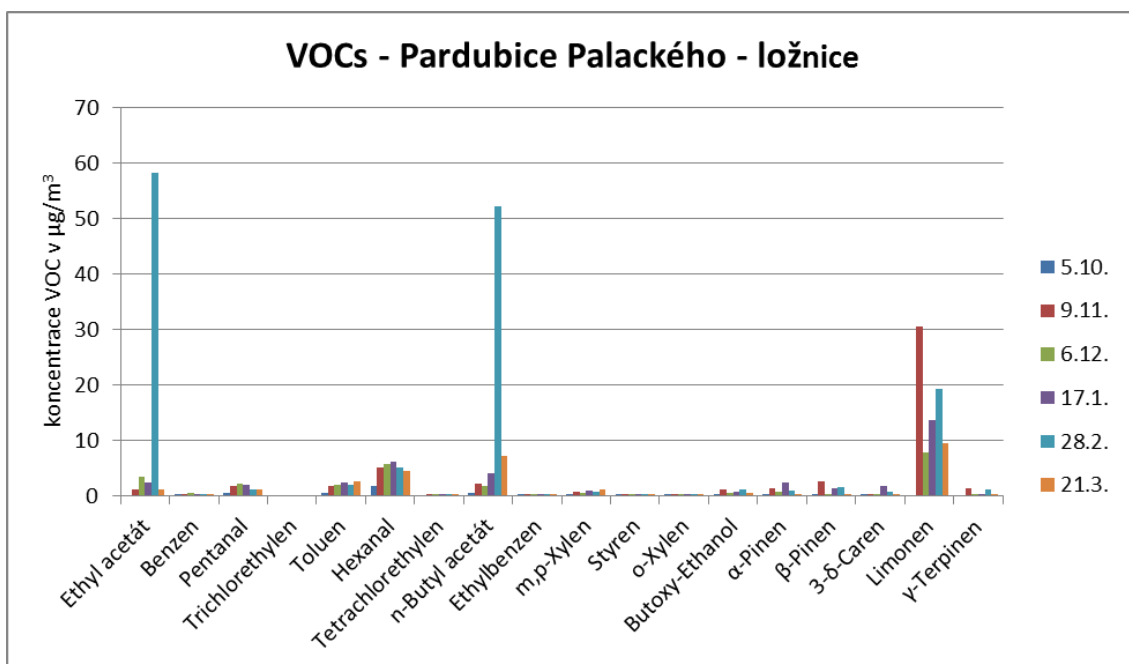
PARDUBICE - PALACKÉHO						
roční období	ZIMA					
datum měření	6.12.2014			17.1.2015		
místo měření	obývací pokoj	ložnice	exteriér	obývací pokoj	ložnice	exteriér
teplota [°C]	22	19	9	22	19	10
relativní vzdušná vlhkost [%]	42	40	44	31	29	46
čas [h]	15:50-18:50	15:45-18:45	15:40-18:40	16:50-19:50	16:45-19:45	16:40-19:40
VOC	µg.m ⁻³					
Ethyl acetát	(3,2 ± 1)	(3,5 ± 1,1)	(0,7 ± 0,2)	(3,4 ± 1)	(2,3 ± 0,7)	(0,3 ± 0,1)
Benzen	(0,3 ± 0,1)	(0,5 ± 0,2)	(0,5 ± 0,2)	(0,3 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,8 ± 0,2)
1-Methoxy-2-Propanol	(0,5 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,4 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
Pentanal	(10,2 ± 3,1)	(2,2 ± 0,7)	(0,3 ± 0,1)	(3,2 ± 1)	(2 ± 0,6)	(0,1 ± 0,03)
Trichlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toluen	(4,9 ± 1,5)	(2 ± 0,6)	(2,5 ± 0,8)	(3,6 ± 1,1)	(2,3 ± 0,7)	(1,7 ± 0,5)
Hexanal	(28,3 ± 8,5)	(5,8 ± 1,7)	(0,4 ± 0,1)	(9,1 ± 2,7)	(6,1 ± 1,8)	(1,2 ± 0,4)
Tetrachlorethylen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
n-Butyl acetát	(6 ± 1,8)	(1,8 ± 0,5)	(0,2 ± 0,1)	(7,1 ± 2,1)	(4,1 ± 1,2)	(0,3 ± 0,1)
Ethylbenzen	(0,6 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,5 ± 0,2)	(0,4 ± 0,1)	(0,5 ± 0,2)
m,p-Xylen	(1,6 ± 0,5)	(0,6 ± 0,2)	(0,5 ± 0,2)	(1,4 ± 0,4)	(0,9 ± 0,3)	(1,4 ± 0,4)
Styren	(0,4 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	< 0,1
o-Xylen	(0,6 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,5 ± 0,2)	(0,3 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)
Butoxy-Ethanol	(2,2 ± 0,7)	(0,5 ± 0,2)	< 0,1	(1,7 ± 0,5)	(0,7 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)
α-Pinen	(0,5 ± 0,2)	(0,7 ± 0,2)	(0,1 ± 0,03)	(2,3 ± 0,7)	(2,3 ± 0,7)	(0,1 ± 0,03)
Camphen	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
3-Ethyl-Toluen	(0,2 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,7 ± 0,2)	(0,5 ± 0,2)	(0,3 ± 0,1)
4-Ethyl-Toluen	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
1,3,5-Trimethyl-Benzen	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
β-Pinen	(0,4 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(1,8 ± 0,5)	(1,4 ± 0,4)	< 0,1
2-Ethyl Toluen	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
Myrcen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,4-Trimethyl-Benzen	(0,6 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)
α-Phellandren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-δ-Caren	(0,8 ± 0,2)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(2,3 ± 0,7)	(1,7 ± 0,5)	< 0,1
1,2,3-Trimethyl-Benzen	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
Limonen	(13,2 ± 4)	(7,8 ± 2,3)	(0,3 ± 0,1)	(25,4 ± 7,6)	(13,6 ± 4,1)	(0,2 ± 0,1)
γ-Terpinen	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,5 ± 0,2)	(0,3 ± 0,1)	< 0,1
Bornyl Acetát	(0,5 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,4 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	< 0,1
TVOC _{MS}	(193 ± 58)	(53 ± 16)	(12 ± 4)	(275 ± 83)	(112 ± 34)	(15 ± 4)

Tab. 16: Hodnoty emisí VOCs za jaro: Pardubice – Palackého (vlastní zdroj)

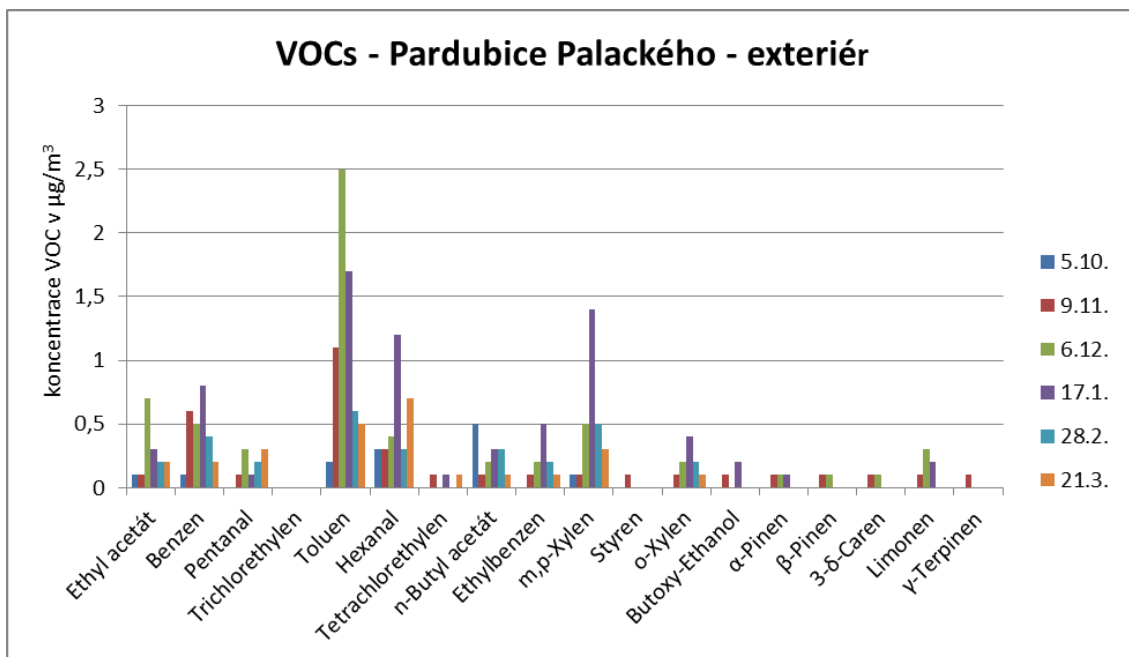
PARDUBICE - PALACKÉHO						
roční období	JARO					
datum měření	28.2.2015			21.3.2015		
místo měření	obývací pokoj	ložnice	exteriér	obývací pokoj	ložnice	exteriér
teplota [°C]	22	19	9	22	22	11
relativní vzdušná vlhkost [%]	33	35	30	30	19	30
čas [h]	16:40-19:40	16:40-19:40	16:40-19:40	16:00-19:00	16:10-19:10	16:05-19:05
VOC	µg.m ⁻³					
Ethyl acetát	(57,7 ± 17,3)	(58,3 ± 17,5)	(0,2 ± 0,1)	(0,9 ± 0,3)	(1,2 ± 0,4)	(0,2 ± 0,1)
Benzen	(0,2 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)
1-Methoxy-2-Propanol	(0,3 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
Pentanal	(2,7 ± 0,8)	(1,1 ± 0,3)	(0,2 ± 0,1)	(1,2 ± 0,4)	(1,2 ± 0,4)	(0,3 ± 0,1)
Trichlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toluen	(2,8 ± 0,8)	(1,9 ± 0,6)	(0,6 ± 0,2)	(2,6 ± 0,8)	(2,6 ± 0,8)	(0,5 ± 0,2)
Hexanal	(8,3 ± 2,5)	(5 ± 1,5)	(0,3 ± 0,1)	(5,5 ± 1,7)	(4,4 ± 1,3)	(0,7 ± 0,2)
Tetrachlorethylen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
n-Butyl acetát	(119,7 ± 35,9)	(52,2 ± 15,7)	(0,3 ± 0,1)	(4,4 ± 1,3)	(7,1 ± 2,1)	(0,1 ± 0,03)
Ethylbenzen	(0,4 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
m,p-Xylen	(1,2 ± 0,4)	(0,8 ± 0,2)	(0,5 ± 0,2)	(1,2 ± 0,4)	(1,2 ± 0,4)	(0,3 ± 0,1)
Styren	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
o-Xylen	(0,4 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
Butoxy-Ethanol	(1,7 ± 0,5)	(1,1 ± 0,3)	< 0,1	(0,7 ± 0,2)	(0,6 ± 0,2)	< 0,1
α-Pinen	(0,6 ± 0,2)	(0,9 ± 0,3)	< 0,1	(0,5 ± 0,2)	(0,4 ± 0,1)	< 0,1
Camphen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-Ethyl-Toluen	(1,1 ± 0,3)	(0,6 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
4-Ethyl-Toluen	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
1,3,5-Trimethyl-Benzen	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
β-Pinen	(0,8 ± 0,2)	(1,6 ± 0,5)	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1
2-Ethyl Toluen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
Myrcen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,4-Trimethyl-Benzen	(0,5 ± 0,2)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,4 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
α-Phellandren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-δ-Caren	(0,6 ± 0,2)	(0,7 ± 0,2)	< 0,1	(0,4 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	< 0,1
1,2,3-Trimethyl-Benzen	(0,1 ± 0,03)	(0,5 ± 0,2)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
Limonen	(18,2 ± 5,5)	(19,3 ± 5,8)	< 0,1	(12,7 ± 3,8)	(9,4 ± 2,8)	< 0,1
γ-Terpinen	(0,5 ± 0,2)	(1,2 ± 0,4)	< 0,1	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
Bornyl Acetát	(0,6 ± 0,2)	(0,4 ± 0,1)	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	< 0,1
TVOC _{MS}	(377 ± 113)	(206 ± 62)	< 5	(196 ± 59)	(131 ± 39)	(11 ± 3)



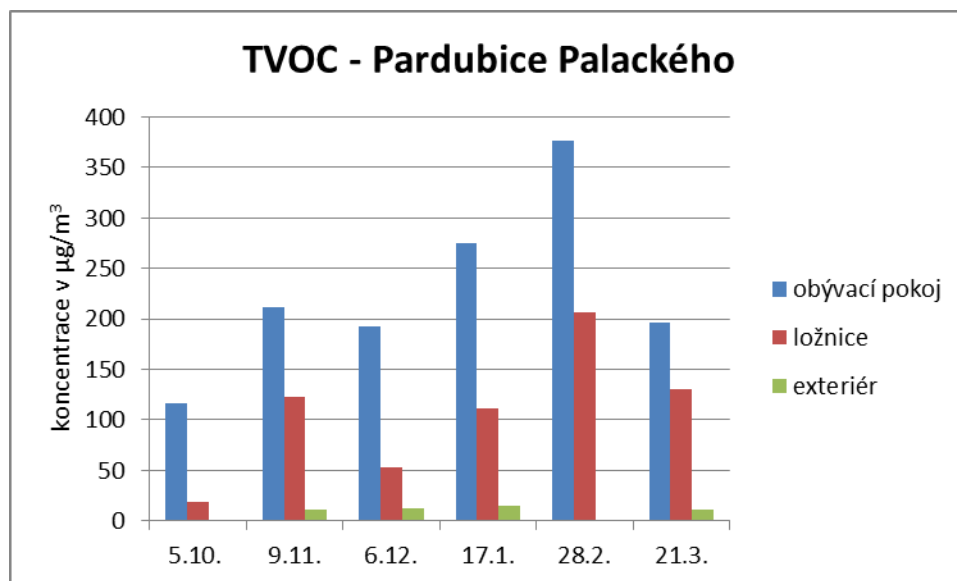
Obr. 34: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubice-Palackého, obývací pokoj (vlastní zdroj)



Obr. 35: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubice-Palackého, ložnice (vlastní zdroj)



Obr. 36: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubice-Palackého, exteriér (vlastní zdroj)



Obr. 37: Grafické zobrazení parametru TVOC: Pardubice – Palackého (vlastní zdroj)

10.1.2 Ochoz u Nasavrk

Tab. 17: Hodnoty emisí VOCs za podzim: Ochoz u Nasavrk (vlastní zdroj)

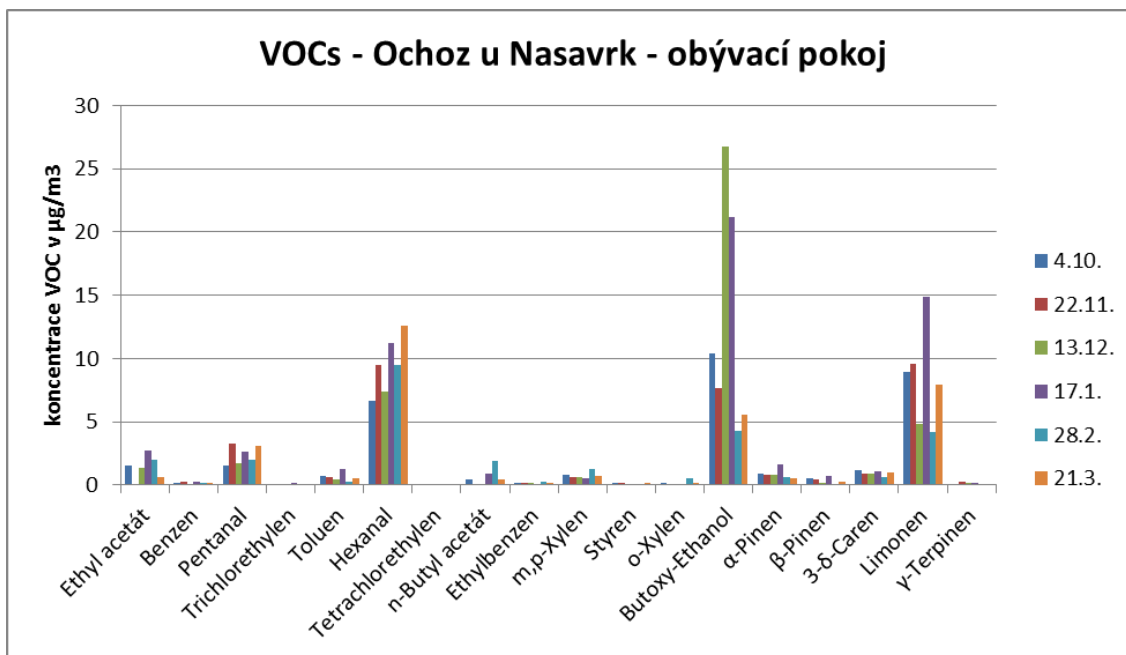
OCHOZ U NASAVRK						
roční období	PODZIM					
datum měření	4.10.2014			22.11.2014		
místo měření	obývací pokoj	ložnice	exteriér	obývací pokoj	ložnice	exteriér
teplota [°C]	21	21	17	22	21	6
relativní vzdušná vlhkost [%]	60	57	50	41	40	41
čas [h]	11:20–14:20	11:40–14:40	11:30–14:30	11:25–14:25	11:15–14:15	11:20–14:20
VOC	µg.m-3					
Ethyl acetát	(1,5 ± 0,5)	(1,9 ± 0,6)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	(0,4 ± 0,1)
Benzen	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,6 ± 0,2)	(0,4 ± 0,1)
1-Methoxy-2-Propanol	(0,9 ± 0,3)	(0,5 ± 0,2)	(0,1 ± 0,03)	(0,7 ± 0,2)	(0,7 ± 0,2)	< 0,1
Pentanal	(1,5 ± 0,5)	(1,3 ± 0,4)	(0,2 ± 0,1)	(3,3 ± 1)	(6,9 ± 2,1)	(0,2 ± 0,1)
Trichlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toluen	(0,7 ± 0,2)	(0,5 ± 0,2)	(0,3 ± 0,1)	(0,6 ± 0,2)	(1 ± 0,3)	(0,4 ± 0,1)
Hexanal	(6,7 ± 2)	(4,3 ± 1,3)	(0,3 ± 0,1)	(9,5 ± 2,9)	(18,6 ± 5,6)	(0,3 ± 0,1)
Tetrachlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
n-Butyl acetát	(0,4 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
Ethylbenzen	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,9 ± 0,3)	(0,1 ± 0,03)
m,p-Xylen	(0,8 ± 0,2)	(0,5 ± 0,2)	(0,3 ± 0,1)	(0,6 ± 0,2)	(1,2 ± 0,4)	(0,1 ± 0,03)
Styren	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,2 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	< 0,1
o-Xylen	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
Butoxy-Ethanol	(10,4 ± 3,1)	(8 ± 2,4)	(0,2 ± 0,1)	(7,7 ± 2,3)	(11,4 ± 3,4)	(0,1 ± 0,03)
α-Pinen	(0,9 ± 0,3)	(0,7 ± 0,2)	(0,1 ± 0,03)	(0,8 ± 0,2)	(0,9 ± 0,3)	< 0,1
Camphen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-Ethyl-Toluen	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,2 ± 0,1)	(0,5 ± 0,2)	< 0,1
4-Ethyl-Toluen	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)
1,3,5-Trimethyl-Benzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
β-Pinen	(0,5 ± 0,2)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,4 ± 0,1)	(0,5 ± 0,2)	< 0,1
2-Ethyl Toluen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Myrcen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,4-Trimethyl-Benzen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
α-Phellandren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-δ-Caren	(1,2 ± 0,4)	(0,6 ± 0,2)	(0,1 ± 0,03)	(0,9 ± 0,3)	(1,3 ± 0,4)	< 0,1
1,2,3-Trimethyl-Benzen	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	< 0,1	(0,2 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	< 0,1
Limonen	(8,9 ± 2,7)	(8,3 ± 2,5)	(0,3 ± 0,1)	(9,6 ± 2,9)	(12,1 ± 3,6)	< 0,1
γ-Terpinen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	< 0,1
Bornyl Acetát	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,5 ± 0,2)	(0,9 ± 0,3)	< 0,1
TVOC _{MS}	(121 ± 36)	(86 ± 26)	(7 ± 2)	(77 ± 23)	(102 ± 31)	< 5

Tab. 18: Hodnoty emisí VOCs za zimu: Ochoz u Nasavrk (vlastní zdroj)

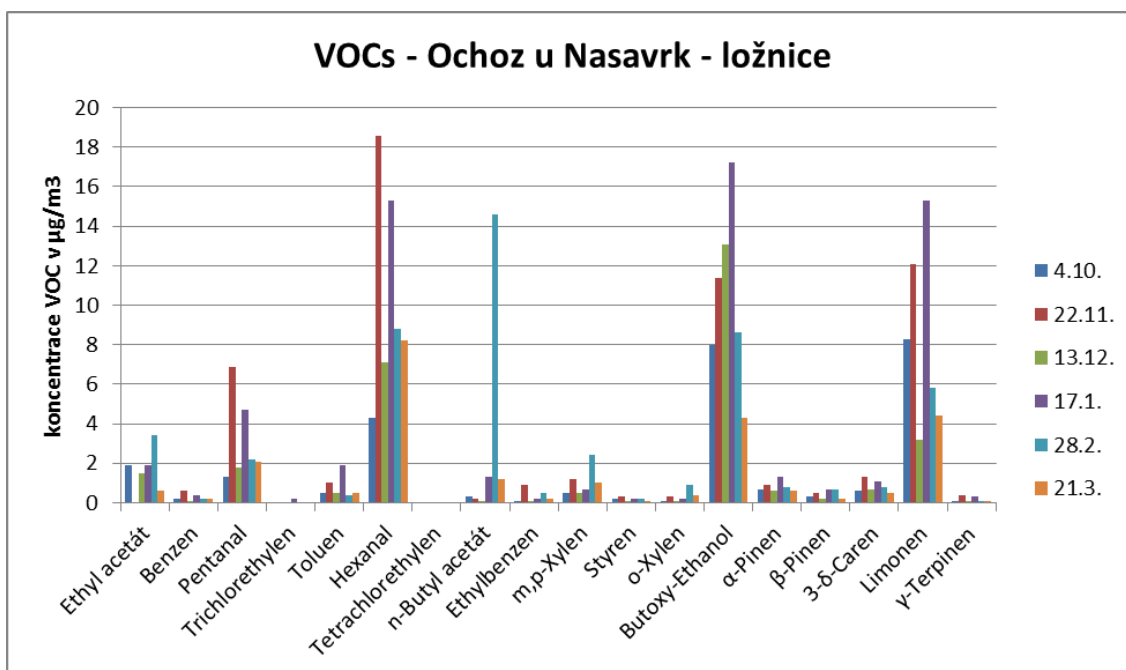
OCHOZ U NASAVRK						
roční období	ZIMA					
datum měření	13.12.2014			17.1.2015		
místo měření	obývací pokoj	ložnice	exteriér	obývací pokoj	ložnice	exteriér
teplota [°C]	21	22	10	21	22	9
relativní vzdušná vlhkost [%]	33	28	39	34	31	40
čas [h]	12:10–15:10	12:15–15:15	12:20–15:20	12:00–15:00	11:50–14:50	11:55–14:55
VOC	µg.m-3					
Ethyl acetát	(1,4 ± 0,4)	(1,5 ± 0,5)	(0,1 ± 0,03)	(2,7 ± 0,8)	(1,9 ± 0,6)	(0,1 ± 0,03)
Benzen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,3 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
1-Methoxy-2-Propanol	(0,6 ± 0,2)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,5 ± 0,2)	(0,8 ± 0,2)	(0,1 ± 0,03)
Pentanal	(1,7 ± 0,5)	(1,8 ± 0,5)	(0,2 ± 0,1)	(2,6 ± 0,8)	(4,7 ± 1,4)	(0,2 ± 0,1)
Trichlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1
Toluen	(0,4 ± 0,1)	(0,5 ± 0,2)	(0,1 ± 0,03)	(1,3 ± 0,4)	(1,9 ± 0,6)	(0,1 ± 0,03)
Hexanal	(7,4 ± 2,2)	(7,1 ± 2,1)	(0,6 ± 0,2)	(11,2 ± 3,4)	(15,3 ± 4,6)	(0,2 ± 0,1)
Tetrachlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
n-Butyl acetát	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,9 ± 0,3)	(1,3 ± 0,4)	< 0,1
Ethylbenzen	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1
m,p-Xylen	(0,6 ± 0,2)	(0,5 ± 0,2)	(0,1 ± 0,03)	(0,5 ± 0,2)	(0,7 ± 0,2)	< 0,1
Styren	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1
o-Xylen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1
Butoxy-Ethanol	(26,8 ± 8)	(13,1 ± 3,9)	(0,1 ± 0,03)	(21,2 ± 6,4)	(17,2 ± 5,2)	(0,2 ± 0,1)
α-Pinen	(0,8 ± 0,2)	(0,6 ± 0,2)	< 0,1	(1,6 ± 0,5)	(1,3 ± 0,4)	< 0,1
Camphen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
3-Ethyl-Toluen	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,2 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	< 0,1
4-Ethyl-Toluen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
1,3,5-Trimethyl-Benzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
β-Pinen	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,7 ± 0,2)	(0,7 ± 0,2)	< 0,1
2-Ethyl Toluen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Myrcen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,4-Trimethyl-Benzen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
α-Phellandren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-δ-Caren	(0,9 ± 0,3)	(0,7 ± 0,2)	< 0,1	(1,1 ± 0,3)	(1,1 ± 0,3)	< 0,1
1,2,3-Trimethyl-Benzen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
Limonen	(4,8 ± 1,4)	(3,2 ± 1)	< 0,1	(14,9 ± 4,5)	(15,3 ± 4,6)	< 0,1
γ-Terpinen	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,2 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	< 0,1
Bornyl Acetát	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,6 ± 0,2)	(0,7 ± 0,2)	< 0,1
TVOC _{MS}	(67 ± 20)	(58 ± 17)	(6 ± 2)	(131 ± 39)	(157 ± 47)	(6 ± 2)

Tab. 19: Hodnoty emisí VOCs za jaro: Ochoz u Nasavrk (vlastní zdroj)

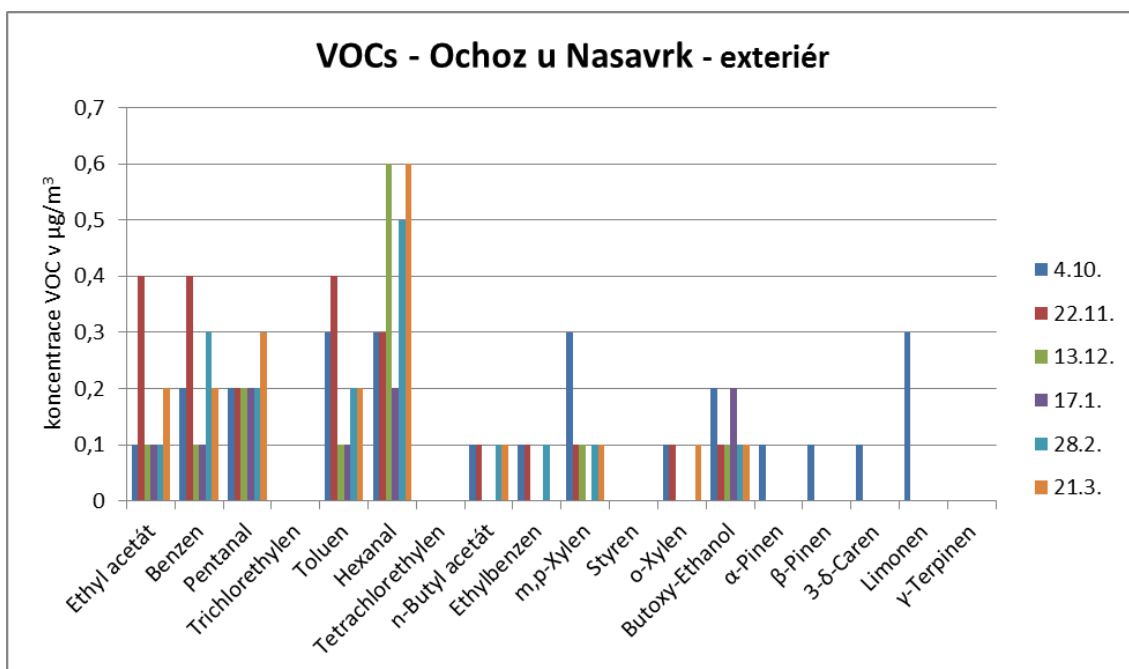
OCHOZ U NASAVRK						
roční období	JARO					
datum měření	28.2.2015			21.3.2015		
místo měření	obývací pokoj	ložnice	exteriér	obývací pokoj	ložnice	exteriér
teplota [°C]	22	21	4	20	22	8
relativní vzdušná vlhkost [%]	21	31	55	34	23	36
čas [h]	10:40–13:40	10:40–13:40	10:40–13:40	10:30–13:30	10:25–13:25	10:20–13:20
VOC	µg.m-3					
Ethyl acetát	(2 ± 0,6)	(3,4 ± 1)	(0,1 ± 0,03)	(0,6 ± 0,2)	(0,6 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)
Benzen	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)
1-Methoxy-2-Propanol	(0,2 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,4 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
Pentanal	(2 ± 0,6)	(2,2 ± 0,7)	(0,2 ± 0,1)	(3,1 ± 0,9)	(2,1 ± 0,6)	(0,3 ± 0,1)
Trichlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toluen	(0,3 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,5 ± 0,2)	(0,5 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)
Hexanal	(9,5 ± 2,9)	(8,8 ± 2,6)	(0,5 ± 0,2)	(12,6 ± 3,8)	(8,2 ± 2,5)	(0,6 ± 0,2)
Tetrachlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
n-Butyl acetát	(1,9 ± 0,6)	(14,6 ± 4,4)	(0,1 ± 0,03)	(0,4 ± 0,1)	(1,2 ± 0,4)	(0,1 ± 0,03)
Ethylbenzen	(0,3 ± 0,1)	(0,5 ± 0,2)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1
m,p-Xylen	(1,3 ± 0,4)	(2,4 ± 0,7)	(0,1 ± 0,03)	(0,7 ± 0,2)	(1 ± 0,3)	(0,1 ± 0,03)
Styren	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
o-Xylen	(0,5 ± 0,2)	(0,9 ± 0,3)	< 0,1	(0,2 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
Butoxy-Ethanol	(4,3 ± 1,3)	(8,6 ± 2,6)	(0,1 ± 0,03)	(5,6 ± 1,7)	(4,3 ± 1,3)	(0,1 ± 0,03)
α-Pinen	(0,6 ± 0,2)	(0,8 ± 0,2)	< 0,1	(0,5 ± 0,2)	(0,6 ± 0,2)	< 0,1
Camphen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-Ethyl-Toluen	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
4-Ethyl-Toluen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
1,3,5-Trimethyl-Benzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
β-Pinen	(0,1 ± 0,03)	(0,7 ± 0,2)	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1
2-Ethyl Toluen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Myrcen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,4-Trimethyl-Benzen	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
α-Phellandren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-δ-Caren	(0,6 ± 0,2)	(0,8 ± 0,2)	< 0,1	(1 ± 0,3)	(0,5 ± 0,2)	< 0,1
1,2,3-Trimethyl-Benzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Limonen	(4,2 ± 1,3)	(5,8 ± 1,7)	< 0,1	(7,9 ± 2,4)	(4,4 ± 1,3)	< 0,1
γ-Terpinen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
Bornyl Acetát	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
TVOC _{MS}	(80 ± 24)	(84 ± 25)	(7 ± 2)	(105 ± 31)	(56 ± 17)	(6 ± 2)



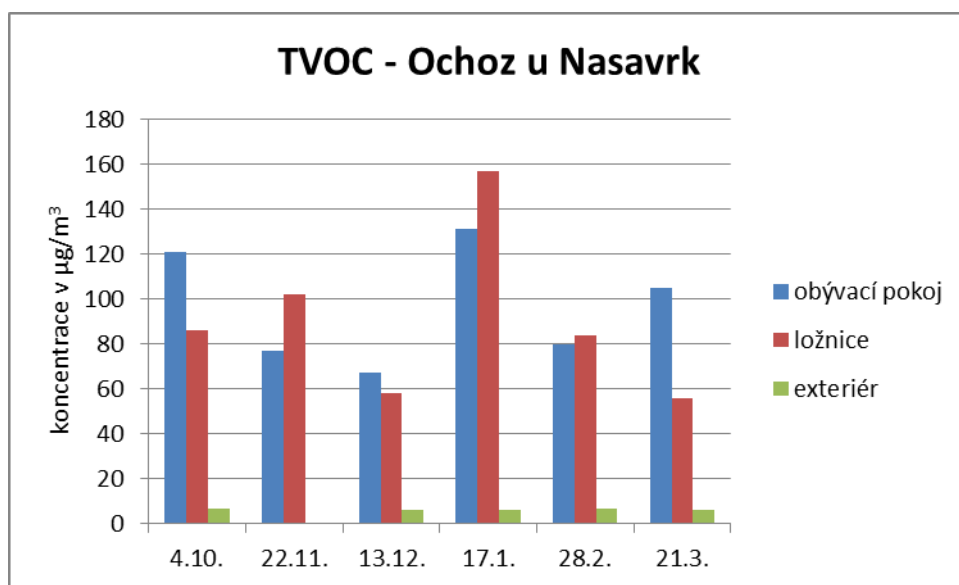
Obr. 38: Grafické zobrazení emisí VOCs: Ochoz u Nasavrk, obývací pokoj (vlastní zdroj)



Obr. 39: Grafické zobrazení emisí VOCs: Ochoz u Nasavrk, ložnice (vlastní zdroj)



Obr. 40: Grafické zobrazení emisí VOCs: Ochoz u Nasavrk, exteriér (vlastní zdroj)



Obr. 41: Grafické zobrazení parametru TVOC: Ochoz u Nasavrk (vlastní zdroj)

10.1.3 Pardubičky

Tab. 20: Hodnoty emisí VOCs za podzim: Pardubičky (vlastní zdroj)

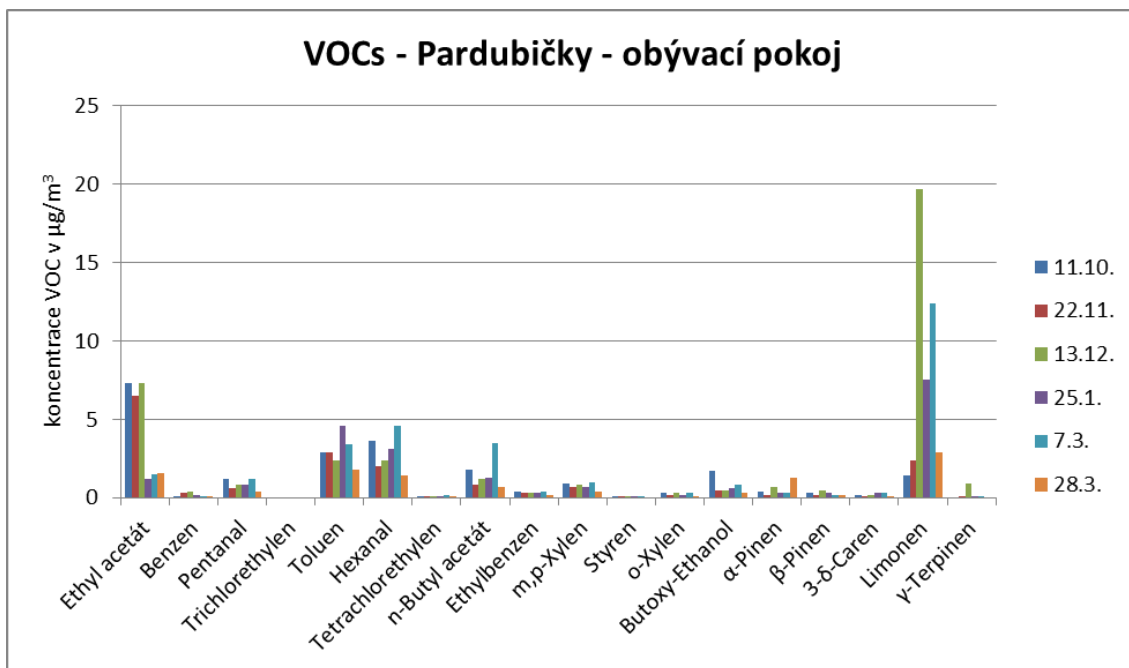
PARDUBIČKY						
roční období	PODZIM					
datum měření	11.10.2014			22.11.2014		
místo měření	obývací pokoj	ložnice	exteriér	obývací pokoj	ložnice	exteriér
teplota [°C]	20	19	18	21	19	8
relativní vzdušná vlhkost [%]	46	51	56	37	37	55
čas [h]	13:35–16:35	13:40–16:40	13:45–16:45	13:30–16:30	13:35–16:35	13:25–16:25
VOC	μg.m ⁻³					
Ethyl acetát	(7,3 ± 2,2)	(1,2 ± 0,4)	(0,4 ± 0,1)	(6,5 ± 2)	(1,9 ± 0,6)	(0,3 ± 0,1)
Benzen	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,5 ± 0,2)
1-Methoxy-2-Propanol	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,6 ± 0,2)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
Pentanal	(1,2 ± 0,4)	(0,4 ± 0,1)	(2,4 ± 0,7)	(0,6 ± 0,2)	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)
Trichlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toluen	(2,9 ± 0,9)	(1,2 ± 0,4)	(0,7 ± 0,2)	(2,9 ± 0,9)	(1,5 ± 0,5)	(0,5 ± 0,2)
Hexanal	(3,6 ± 1,1)	(1,3 ± 0,4)	(6,9 ± 2,1)	(2 ± 0,6)	(1,1 ± 0,3)	(1 ± 0,3)
Tetrachlorethylen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
n-Butyl acetát	(1,8 ± 0,5)	(0,4 ± 0,1)	(1,7 ± 0,5)	(0,8 ± 0,2)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
Ethylbenzen	(0,4 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)
m,p-Xylen	(0,9 ± 0,3)	(0,7 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(0,7 ± 0,2)	(0,5 ± 0,2)	(0,4 ± 0,1)
Styren	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
o-Xylen	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
Butoxy-Ethanol	(1,7 ± 0,5)	(0,3 ± 0,1)	(0,5 ± 0,2)	(0,5 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1
α-Pinen	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(3,9 ± 1,2)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
Camphen	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-Ethyl-Toluen	(0,4 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
4-Ethyl-Toluen	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
1,3,5-Trimethyl-Benzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
β-Pinen	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
2-Ethyl Toluen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
Myrcen	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,4-Trimethyl-Benzen	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
α-Phellandren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-δ-Caren	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(3,9 ± 1,2)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
1,2,3-Trimethyl-Benzen	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
Limonen	(1,4 ± 0,4)	(0,1 ± 0,03)	(0,7 ± 0,2)	(2,4 ± 0,7)	(0,8 ± 0,2)	< 0,1
γ-Terpinen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
Bornyl Acetát	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
TVOC _{MS}	(75 ± 23)	(23 ± 7)	< 5	(36 ± 11)	(25 ± 8)	(10 ± 3)

Tab. 21: Hodnoty emisí VOCs za zimu: Pardubičky (vlastní zdroj)

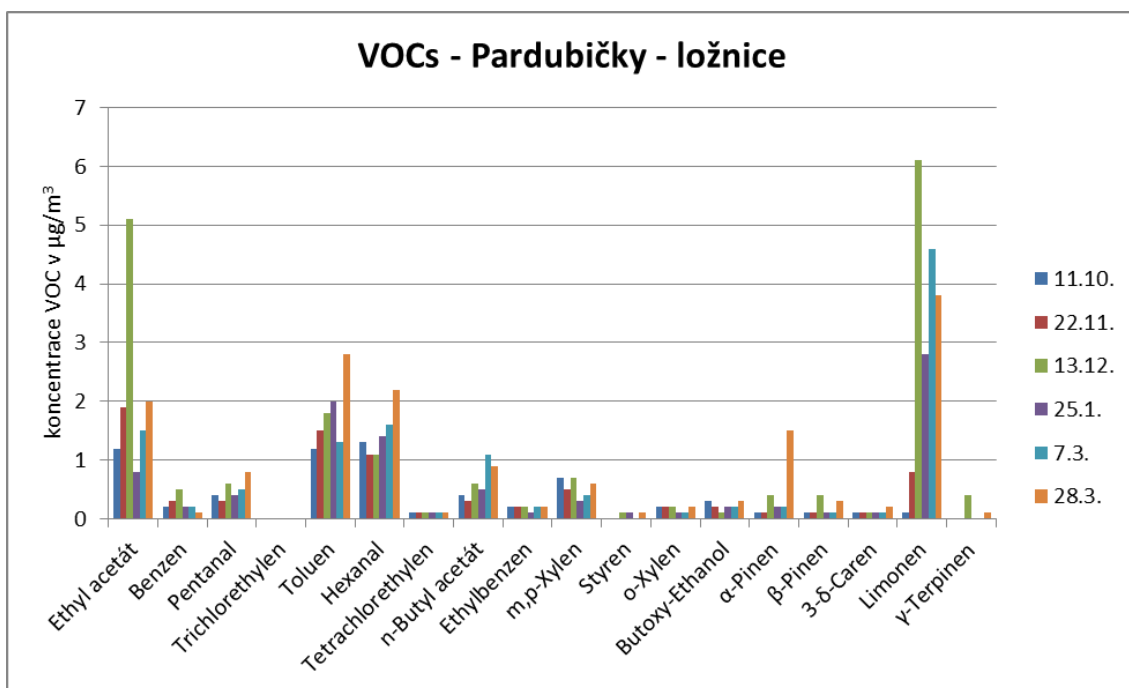
PARDUBIČKY						
roční období	ZIMA					
datum měření	13.12.2014			25.1.2015		
místo měření	obývací pokoj	ložnice	exteriér	obývací pokoj	ložnice	exteriér
teplota [°C]	18	18	11	20	19	6
relativní vzdušná vlhkost [%]	35	37	42	23	23	30
čas [h]	12:35–15:35	12:45–15:45	12:40–15:40	11:00–14:00	11:05–14:05	11:10–14:10
VOC	µg.m-3					
Ethyl acetát	(7,3 ± 2,2)	(5,1 ± 1,5)	(0,1 ± 0,03)	(1,2 ± 0,4)	(0,8 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)
Benzen	(0,4 ± 0,1)	(0,5 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)
1-Methoxy-2-Propanol	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
Pentanal	(0,8 ± 0,2)	(0,6 ± 0,2)	< 0,1	(0,8 ± 0,2)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
Trichlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toluen	(2,4 ± 0,7)	(1,8 ± 0,5)	(0,4 ± 0,1)	(4,6 ± 1,4)	(2 ± 0,6)	(0,3 ± 0,1)
Hexanal	(2,4 ± 0,7)	(1,1 ± 0,3)	(0,4 ± 0,1)	(3,1 ± 0,9)	(1,4 ± 0,4)	(0,2 ± 0,1)
Tetrachlorethylen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
n-Butyl acetát	(1,2 ± 0,4)	(0,6 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(1,3 ± 0,4)	(0,5 ± 0,2)	< 0,1
Ethylbenzen	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
m,p-Xylen	(0,8 ± 0,2)	(0,7 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(0,7 ± 0,2)	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)
Styren	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
o-Xylen	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
Butoxy-Ethanol	(0,5 ± 0,2)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,6 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
α-Pinen	(0,7 ± 0,2)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1
Camphen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-Ethyl-Toluen	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
4-Ethyl-Toluen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
1,3,5-Trimethyl-Benzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
β-Pinen	(0,5 ± 0,2)	(0,4 ± 0,1)	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
2-Ethyl Toluen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
Myrcen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,4-Trimethyl-Benzen	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
α-Phellandren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-δ-Caren	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
1,2,3-Trimethyl-Benzen	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
Limonen	(19,7 ± 5,9)	(6,1 ± 1,8)	< 0,1	(7,5 ± 2,3)	(2,8 ± 0,8)	< 0,1
γ-Terpinen	(0,9 ± 0,3)	(0,4 ± 0,1)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
Bornyl Acetát	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
TVOC _{MS}	(60 ± 18)	(29 ± 9)	(7 ± 2)	(58 ± 17)	(20 ± 6)	(8 ± 2)

Tab. 22: Hodnoty emisí VOCs za jaro: Pardubičky (vlastní zdroj)

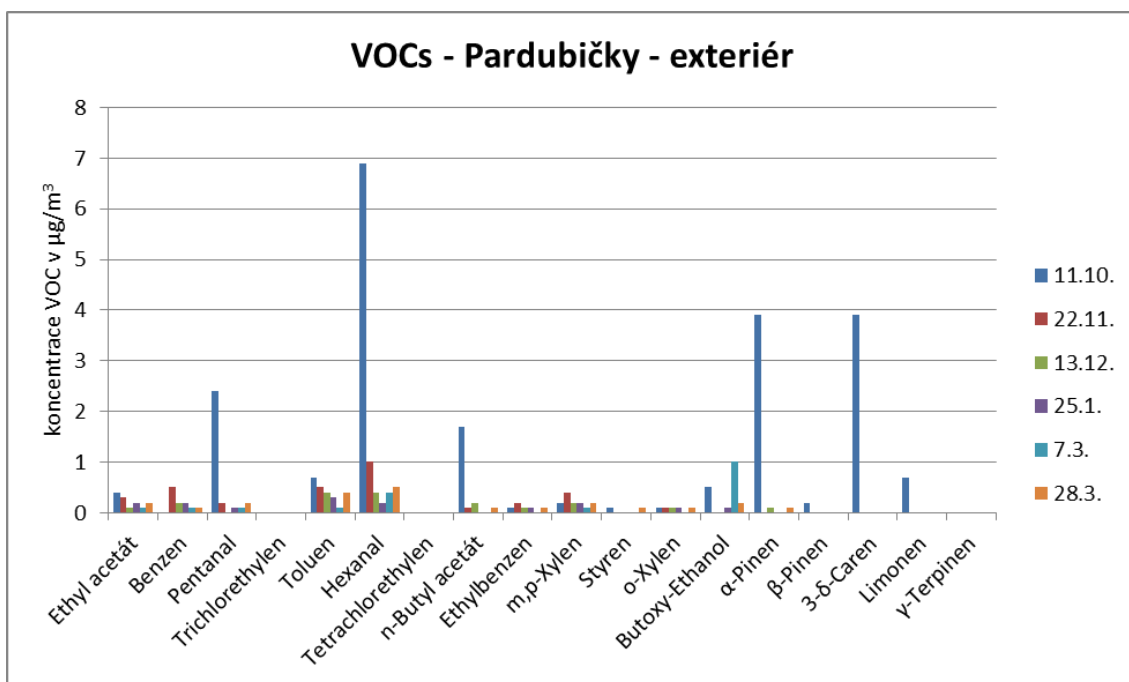
PARDUBÍČKY						
roční období	JARO					
datum měření	7.3.2015			28.3.2015		
místo měření	obývací pokoj	ložnice	exteriér	obývací pokoj	ložnice	exteriér
teplota [°C]	21	20	12	21	20	11
relativní vzdušná vlhkost [%]	28	22	28	22	22	58
čas [h]	11:20–14:20	11:25–14:25	11:30–14:30	12:00–15:00	12:05–15:05	12:10–15:10
VOC	μg.m-3					
Ethyl acetát	(1,5 ± 0,5)	(1,5 ± 0,5)	(0,1 ± 0,03)	(1,6 ± 0,5)	(2 ± 0,6)	(0,2 ± 0,1)
Benzen	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
1-Methoxy-2-Propanol	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
Pentanal	(1,2 ± 0,4)	(0,5 ± 0,2)	(0,1 ± 0,03)	(0,4 ± 0,1)	(0,8 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)
Trichlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toluen	(3,4 ± 1)	(1,3 ± 0,4)	(0,1 ± 0,03)	(1,8 ± 0,5)	(2,8 ± 0,8)	(0,4 ± 0,1)
Hexanal	(4,6 ± 1,4)	(1,6 ± 0,5)	(0,4 ± 0,1)	(1,4 ± 0,4)	(2,2 ± 0,7)	(0,5 ± 0,2)
Tetrachlorethylen	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
n-Butyl acetát	(3,5 ± 1,1)	(1,1 ± 0,3)	< 0,1	(0,7 ± 0,2)	(0,9 ± 0,3)	(0,1 ± 0,03)
Ethylbenzen	(0,4 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
m,p-Xylen	(1 ± 0,3)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,4 ± 0,1)	(0,6 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)
Styren	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
o-Xylen	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
Butoxy-Ethanol	(0,8 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(1 ± 0,3)	(0,3 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)
α-Pinen	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(1,3 ± 0,4)	(1,5 ± 0,5)	(0,1 ± 0,03)
Camphen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
3-Ethyl-Toluen	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
4-Ethyl-Toluen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
1,3,5-Trimethyl-Benzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
β-Pinen	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,2 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	< 0,1
2-Ethyl Toluen	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Myrcen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,4-Trimethyl-Benzen	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
α-Phellandren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-δ-Caren	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1
1,2,3-Trimethyl-Benzen	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Limonen	(12,4 ± 3,7)	(4,6 ± 1,4)	< 0,1	(2,9 ± 0,9)	(3,8 ± 1,1)	< 0,1
γ-Terpinen	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
Bornyl Acetát	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1
TVOC _{MS}	(81 ± 24)	(32 ± 10)	(8 ± 2)	(33 ± 10)	(41 ± 12)	(15 ± 4)



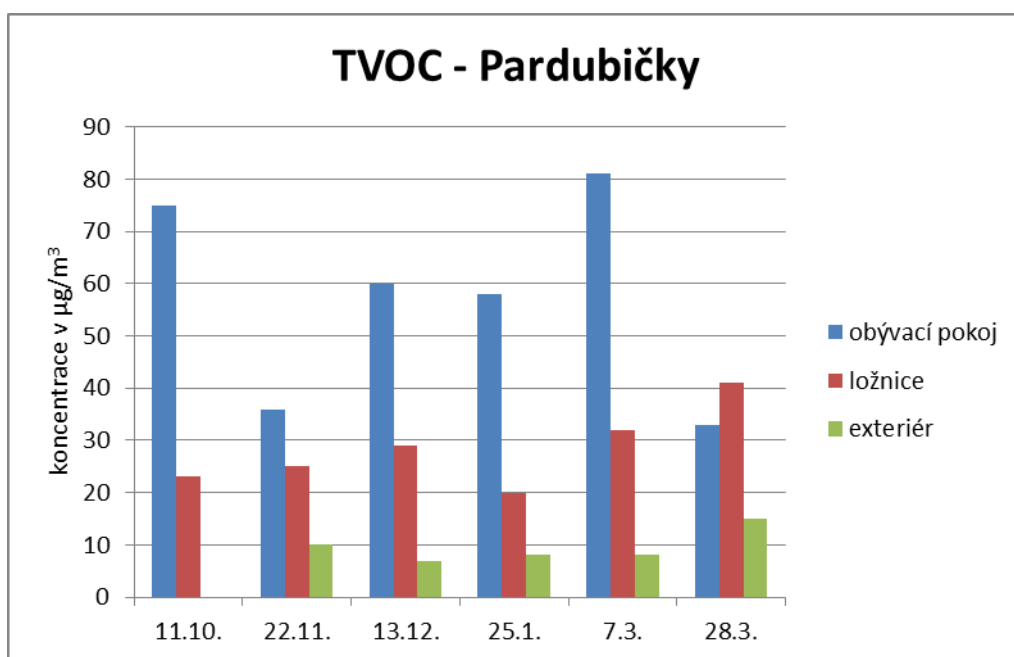
Obr. 42: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubičky, obývací pokoj (vlastní zdroj)



Obr. 43.: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubičky, ložnice (vlastní zdroj)



Obr. 44: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubičky, exteriér (vlastní zdroj)



Obr. 45: Grafické zobrazení parametru TVOC: Pardubičky (vlastní zdroj)

10.1.4 Pardubice - Polabiny

Tab. 23: Hodnoty emisí VOCs za podzim: Pardubice - Polabiny (vlastní zdroj)

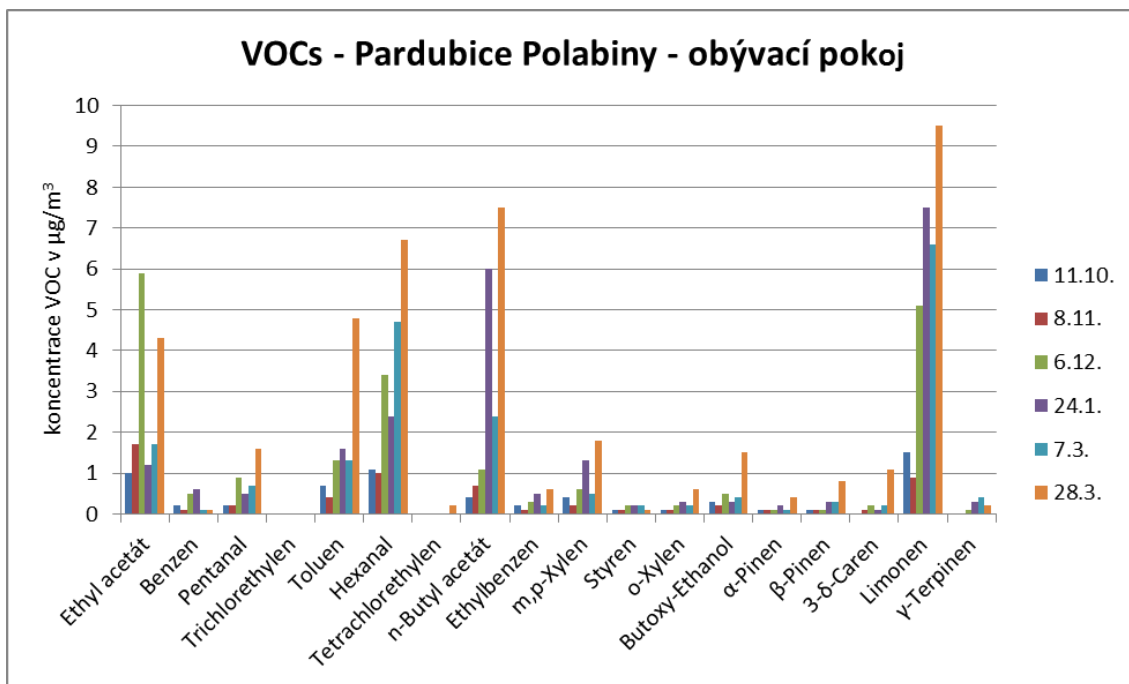
PARDUBICE - POLABINY						
roční období	PODZIM					
datum měření	11.10.2014			8.11.2014		
místo měření	obývací pokoj	kuchyň	exteriér	obývací pokoj	kuchyň	exteriér
teplota [°C]	22	22	23	21	21	13
relativní vzdušná vlhkost [%]	39	39	33	31	31	64
čas [h]	12:50-15:50	12:55-15:55	12:45-15:45	13:10-16:10	13:15-16:15	13:20-16:20
VOC	µg.m-3					
Ethyl acetát	(1 ± 0,3)	(1,1 ± 0,3)	(0,1 ± 0,03)	(1,7 ± 0,5)	(3 ± 0,9)	(0,2 ± 0,1)
Benzen	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)
1-Methoxy-2-Propanol	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
Pentanal	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
Trichlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toluen	(0,7 ± 0,2)	(0,7 ± 0,2)	(0,8 ± 0,2)	(0,4 ± 0,1)	(0,7 ± 0,2)	(0,3 ± 0,1)
Hexanal	(1,1 ± 0,3)	(1,2 ± 0,4)	(0,3 ± 0,1)	(1 ± 0,3)	(1,6 ± 0,5)	(0,2 ± 0,1)
Tetrachlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
n-Butyl acetát	(0,4 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,7 ± 0,2)	(1,3 ± 0,4)	< 0,1
Ethylbenzen	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
m,p-Xylen	(0,4 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,5 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)
Styren	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
o-Xylen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
Butoxy-Ethanol	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	< 0,1
α-Pinen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
Camphen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
3-Ethyl-Toluen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1
4-Ethyl-Toluen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,3,5-Trimethyl-Benzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
β-Pinen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
2-Ethyl Toluen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Myrcen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,4-Trimethyl-Benzen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
α-Phellandren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-δ-Caren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
1,2,3-Trimethyl-Benzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Limonen	(1,5 ± 0,5)	(3,1 ± 0,9)	(0,1 ± 0,03)	(0,9 ± 0,3)	(1,9 ± 0,6)	< 0,1
γ-Terpinen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
Bornyl Acetát	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
TVOC _{MS}	(25 ± 8)	(29 ± 9)	(9 ± 3)	(27 ± 8)	(35 ± 11)	(7 ± 2)

Tab. 24: Hodnoty emisí VOCs za zimu: Pardubice - Polabiny (vlastní zdroj)

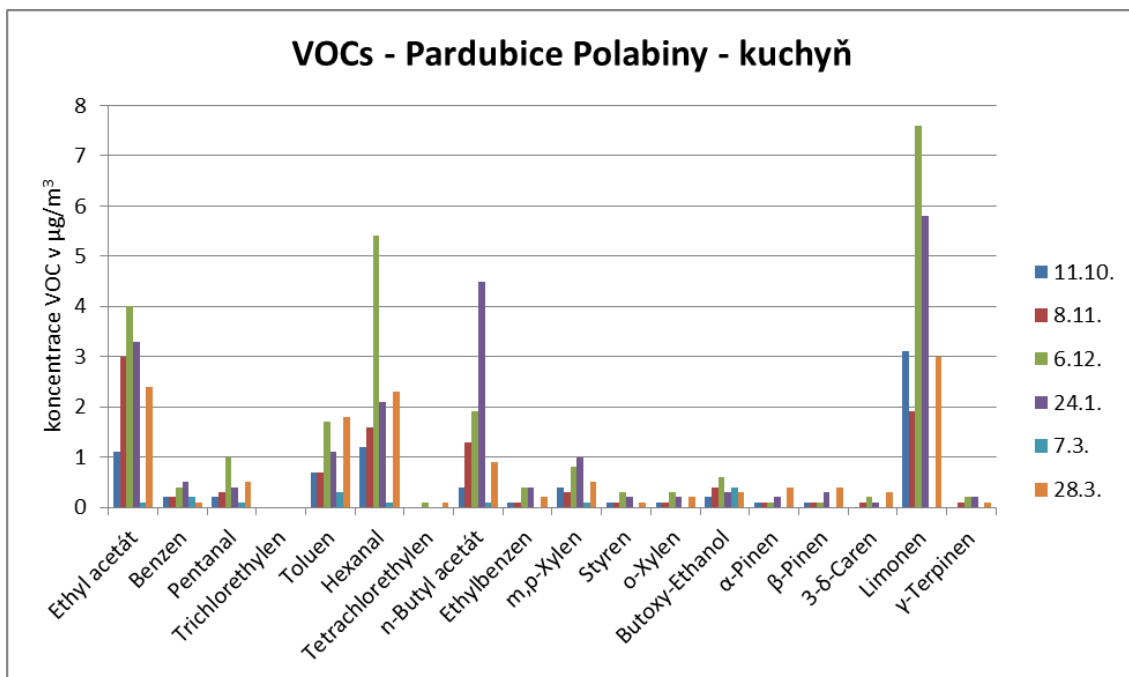
PARDUBICE - POLABINY						
roční období	ZIMA					
datum měření	6.12.2014			24.1.2015		
místo měření	obývací pokoj	kuchyň	exteriér	obývací pokoj	kuchyň	exteriér
teplota [°C]	19	19	9	19	19	3
relativní vzdušná vlhkost [%]	43	43	57	20	20	50
čas [h]	12:20-15:20	12:25-15:25	12:30-15:30	12:30-15:30	12:35-15:35	12:40-15:40
VOC	µg.m-3					
Ethyl acetát	(5,9 ± 1,8)	(4 ± 1,2)	(0,1 ± 0,03)	(1,2 ± 0,4)	(3,3 ± 1)	< 0,1
Benzen	(0,5 ± 0,2)	(0,4 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,6 ± 0,2)	(0,5 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)
1-Methoxy-2-Propanol	(0,3 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
Pentanal	(0,9 ± 0,3)	(1 ± 0,3)	(0,2 ± 0,1)	(0,5 ± 0,2)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
Trichlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toluen	(1,3 ± 0,4)	(1,7 ± 0,5)	(1 ± 0,3)	(1,6 ± 0,5)	(1,1 ± 0,3)	(0,4 ± 0,1)
Hexanal	(3,4 ± 1)	(5,4 ± 1,6)	(0,2 ± 0,1)	(2,4 ± 0,7)	(2,1 ± 0,6)	(0,2 ± 0,1)
Tetrachlorethylen	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
n-Butyl acetát	(1,1 ± 0,3)	(1,9 ± 0,6)	(0,2 ± 0,1)	(6 ± 1,8)	(4,5 ± 1,4)	(0,1 ± 0,03)
Ethylbenzen	(0,3 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,5 ± 0,2)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
m,p-Xylen	(0,6 ± 0,2)	(0,8 ± 0,2)	(0,6 ± 0,2)	(1,3 ± 0,4)	(1 ± 0,3)	(0,2 ± 0,1)
Styren	(0,2 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1
o-Xylen	(0,2 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
Butoxy-Ethanol	(0,5 ± 0,2)	(0,6 ± 0,2)	(0,1 ± 0,03)	(0,3 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
α-Pinen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1
Camphen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-Ethyl-Toluen	(0,2 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,4 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	< 0,1
4-Ethyl-Toluen	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
1,3,5-Trimethyl-Benzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
β-Pinen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	< 0,1
2-Ethyl Toluen	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
Myrcen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,4-Trimethyl-Benzen	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1
α-Phellandren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-δ-Caren	(0,2 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
1,2,3-Trimethyl-Benzen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
Limonen	(5,1 ± 1,5)	(7,6 ± 2,3)	(0,1 ± 0,03)	(7,5 ± 2,3)	(5,8 ± 1,7)	(0,1 ± 0,03)
γ-Terpinen	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1
Bornyl Acetát	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,4 ± 0,1)	(0,3 ± 0,1)	< 0,1
TVOC _{MS}	(187 ± 56)	(245 ± 73)	(10 ± 3)	(226 ± 68)	(165 ± 49)	< 5

Tab. 25: Hodnoty emisí VOCs za jaro: Pardubice - Polabiny (vlastní zdroj)

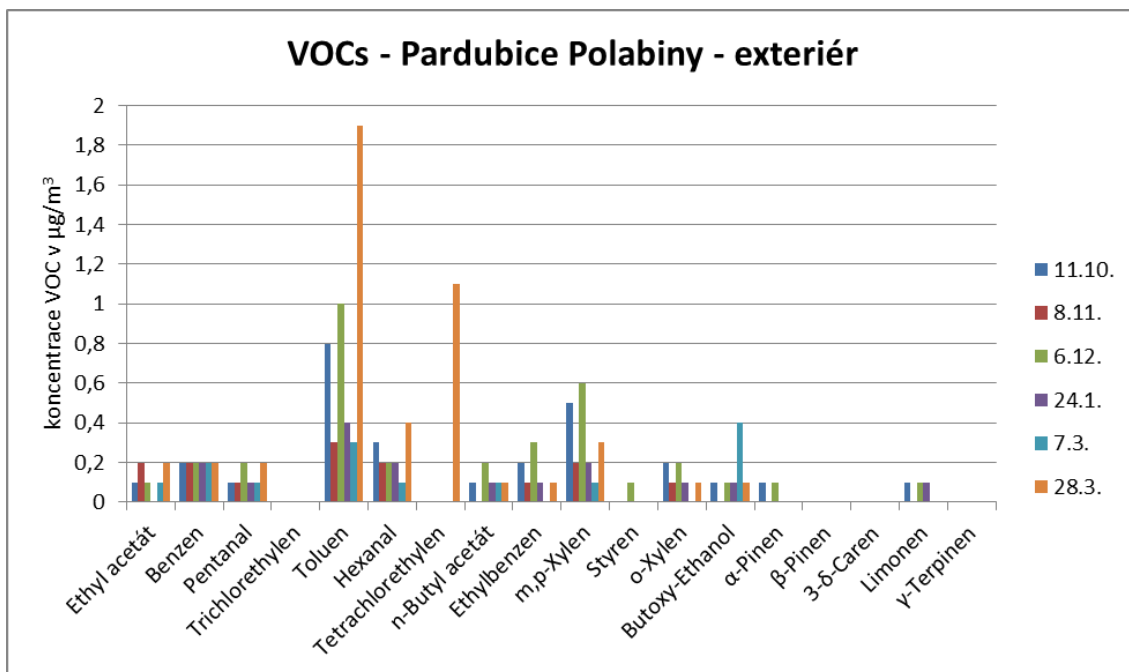
PARDUBICE - POLABINY						
roční období	JARO					
datum měření	7.3.2015			28.3.2015		
místo měření	obývací pokoj	kuchyň	exteriér	obývací pokoj	kuchyň	exteriér
teplota [°C]	22	22	13	22	21	11
relativní vzdušná vlhkost [%]	20	20	23	23	22	27
čas [h]	11:30-14:30	11:35-14:35	11:40-14:40	11:10-14:10	11:05-14:05	11:00-14:00
VOC	µg.m-3					
Ethyl acetát	(1,7 ± 0,5)	(1,6 ± 0,5)	(0,1 ± 0,03)	(4,3 ± 1,3)	(2,4 ± 0,7)	(0,2 ± 0,1)
Benzen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)
1-Methoxy-2-Propanol	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)
Pentanal	(0,7 ± 0,2)	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(1,6 ± 0,5)	(0,5 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)
Trichlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toluen	(1,3 ± 0,4)	(0,5 ± 0,2)	(0,3 ± 0,1)	(4,8 ± 1,4)	(1,8 ± 0,5)	(1,9 ± 0,6)
Hexanal	(4,7 ± 1,4)	(1,8 ± 0,5)	(0,1 ± 0,03)	(6,7 ± 2)	(2,3 ± 0,7)	(0,4 ± 0,1)
Tetrachlorethylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(1,1 ± 0,3)
n-Butyl acetát	(2,4 ± 0,7)	(1,1 ± 0,3)	(0,1 ± 0,03)	(7,5 ± 2,3)	(0,9 ± 0,3)	(0,1 ± 0,03)
Ethylbenzen	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,6 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
m,p-Xylen	(0,5 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(1,8 ± 0,5)	(0,5 ± 0,2)	(0,3 ± 0,1)
Styren	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
o-Xylen	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,6 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
Butoxy-Ethanol	(0,4 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	(1,5 ± 0,5)	(0,3 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
α-Pinen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,4 ± 0,1)	(0,4 ± 0,1)	< 0,1
Camphen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-Ethyl-Toluen	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,6 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
4-Ethyl-Toluen	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,1 ± 0,03)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
1,3,5-Trimethyl-Benzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
β-Pinen	(0,3 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,8 ± 0,2)	(0,4 ± 0,1)	< 0,1
2-Ethyl Toluen	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1
Myrcen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,4-Trimethyl-Benzen	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,5 ± 0,2)	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)
α-Phellandren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-δ-Caren	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(1,1 ± 0,3)	(0,3 ± 0,1)	< 0,1
1,2,3-Trimethyl-Benzen	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	< 0,1	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
Limonen	(6,6 ± 2)	(3,7 ± 1,1)	< 0,1	(9,5 ± 2,9)	(3 ± 0,9)	< 0,1
γ-Terpinen	(0,4 ± 0,1)	(0,2 ± 0,1)	< 0,1	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
Bornyl Acetát	(0,2 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1	(0,4 ± 0,1)	(0,1 ± 0,03)	< 0,1
TVOC _{MS}	(151 ± 45)	(81 ± 24)	(8 ± 3)	(214 ± 64)	(48 ± 14)	(11 ± 3)



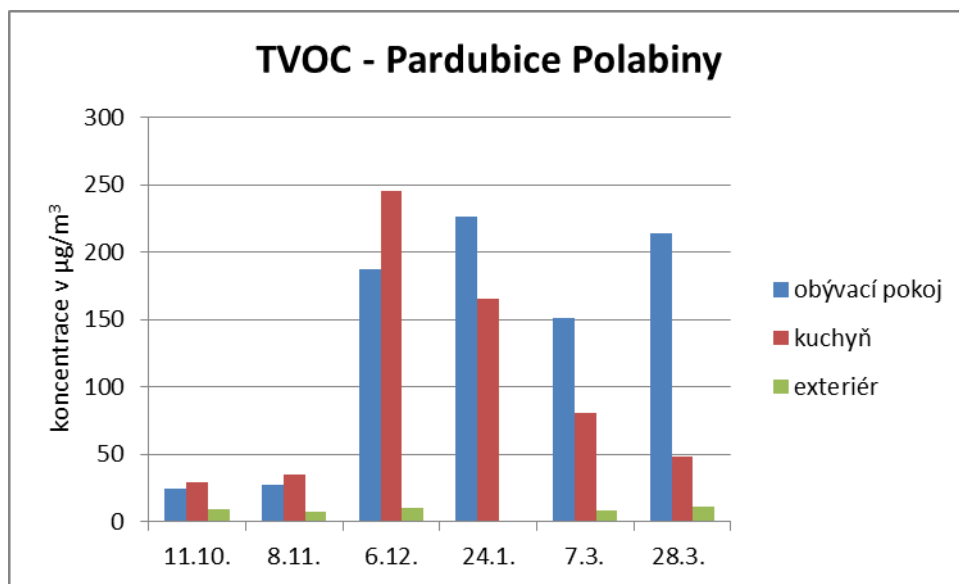
Obr. 46: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubice-Polabiny, obývací pokoj (vlastní zdroj)



Obr. 47: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubice-Polabiny, kuchyně (vlastní zdroj)

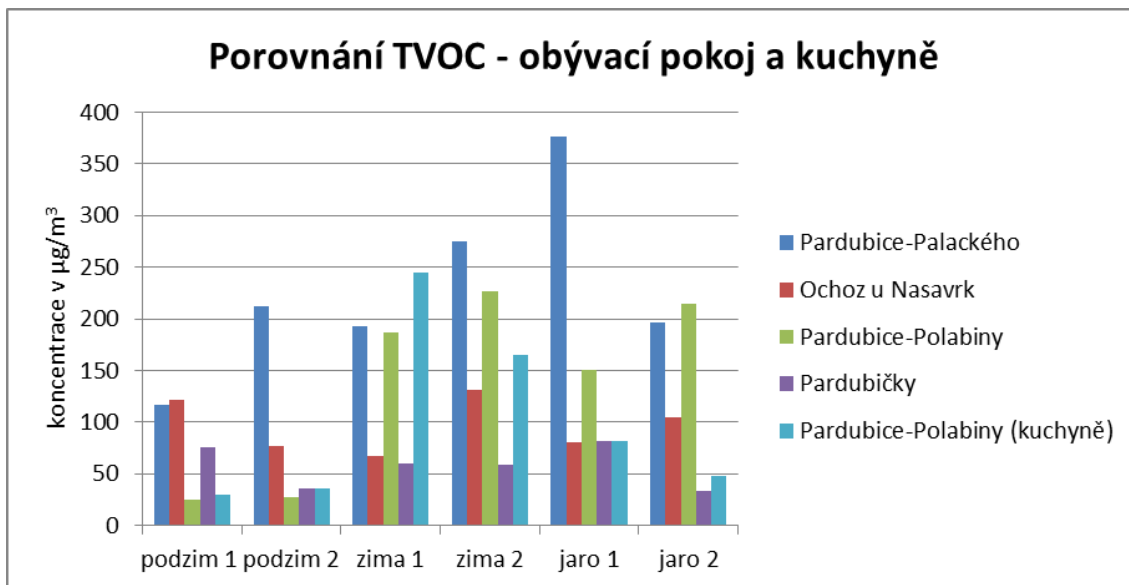


Obr. 48: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubice-Polabiny, exteriér (vlastní zdroj)

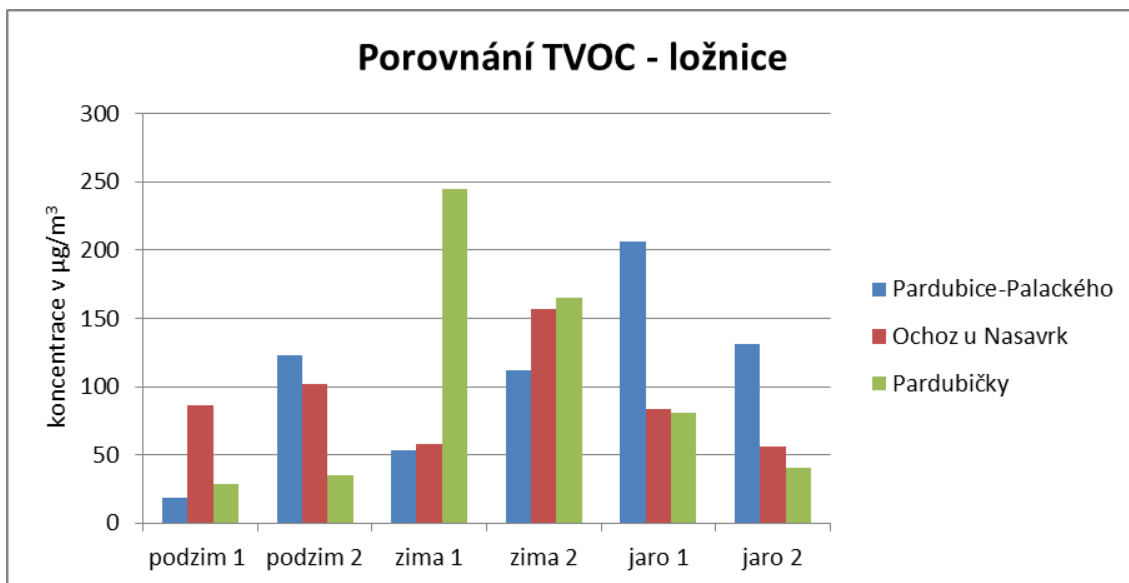


Obr. 49: Grafické zobrazení parametru TVOC: Pardubice-Polabiny (vlastní zdroj)

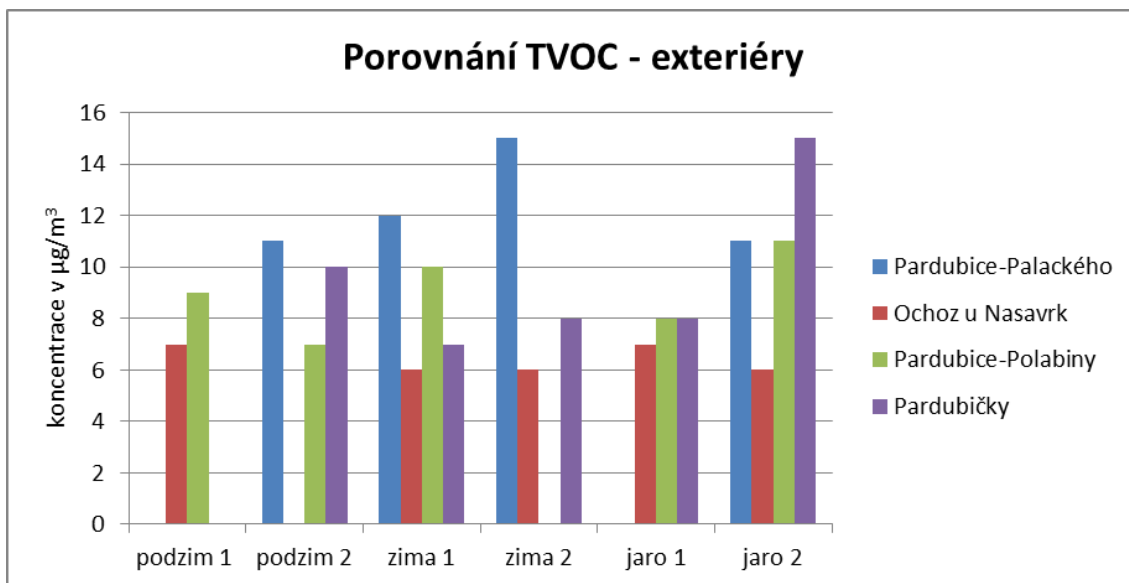
10.2 Porovnání parametrů TVOC v jednotlivých bytech



Obr. 50: Grafické zobrazení parametru TVOC v jednotlivých bytech: obývací pokoje a kuchyně (vlastní zdroj)



Obr. 51: Grafické zobrazení parametru emisí TVOC v jednotlivých bytech: ložnice (vlastní zdroj)



Obr. 52: Grafické zobrazení parametru TVOC v jednotlivých lokalitách: exteriér
(vlastní zdroj)

11. DISKUSE VÝSLEDKŮ

V této kapitole jsou uvedeny komentované výsledky měření zatížení obytného prostředí těkavými organickými látkami.

Ve všech 4 obytných jednotkách byly měřeny VOCs vypsány v Tab.10 na str.65, a to v termínech vypsáných v Tab.11 na str.65.

V jednotlivých bytech byly současně měřeny 2 obytné místnosti a současně exteriér. Tabulky a grafy na str. 71-92 udávají naměřené hodnoty VOCs a TVOC ze všech měřených stanovišť obytných prostor a exteriéru, a to v průběhu podzimu, zimy a jara. V každém z těchto ročních období proběhla celkem 2 měření, dohromady tedy 6 měření.

Téměř všechny látky z Tab.10 na str.65 byly v měřených objektech prokázány, jejich koncentrace se však případ od případu lišily a obecně byly nízké.

Limitní hodnoty koncentrací vybraných látek podle Vyhlášky 6/2003 Sb.: benzen, toluen, xyleny, styren, ethylbenzen, trichlorethylen a tetrachlorethylen, které jsou uvedeny v Tab. 9 na str. 50, nebyly ani v jednom případě překročeny. Bylo také prokázáno, že vysoké koncentrace škodlivých látek neměly významný vztah k venkovnímu prostředí, převážně tedy vznikly v interiéru.

11.1 Pardubice-Palackého

11.1.1 Obývací pokoj

Nejvyšší naměřené emise VOCs:

- n-Butylacetát: 28.2. 2015: 119,7 $\mu\text{g.m}^{-3}$
- Ethylacetát: 28.2.2015: 57,7 $\mu\text{g.m}^{-3}$
- Limonen: 5.10. 2014: 54,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$
- Hexanal: 6.12. 2014: 28,3 $\mu\text{g.m}^{-3}$

Nejvyšší naměřený parametr TVOC:

- 28.2.2015: 377 $\mu\text{g.m}^{-3}$

Měřené výsledky parametru TVOC v obývacím pokoji v panelovém domě Pardubice - Palackého dosahují nejvyšších hodnot v rámci bytu, ale i v porovnání s obývacími pokoji v ostatních třech bytech.

Obr.37 na str.75: Jednoznačně poukazuje na fakt, že emise TVOC mají s nástupem zimy, tedy topné sezóny, viditelně stoupající tendenci, což je zřejmé

zapříčiněno tzv. „utěsněním“ v podobě plastových oken, v rámci energetických úspor. Vysoké hodnoty tohoto parametru může také ovlivňovat fakt, že obývací pokoj je propojen nebo přímo sousedí i s ostatními částmi bytu, jako je pracovna, či kuchyně, které svým zařízením a vybavením mohou ovlivňovat kvalitu vzduchu v obývacím pokoji mimo jeho vlastní vybavení. Obývací pokoj taktéž sousedí přímo se vstupem do bytu, vstupem do koupelny a ložnic, je tedy centrální částí bytu, kterými vedou hlavní komunikační cesty v bytě.

Nejvyšší hodnota parametru TVOC byla naměřena dne 28.2.2015, kdy dosahovala $377 \mu\text{g.m}^{-3}$. Tato hodnota je téměř dvakrát vyšší než je doporučená hodnota $200 \mu\text{g.m}^{-3}$ podle Jokla, viz Tab. 6 na str. 32. Doporučený limit byl překročen také dne 17.1.2015, kdy hodnoty TVOC byly $275 \mu\text{g.m}^{-3}$ a stejně tak 9.11.2014, kdy byla naměřena hodnota $212 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Obr.34 na str.74: K vysoké hodnotě parametru TVOC v tomto dnu došlo zjevně kvůli nebývale vysoké hladině n-butyl acetátu a ethyl acetátu. V obývacím pokoji se ve všech 3 ročních obdobích výrazněji projeví, mimo již zmíněný n-butyl acetát a ethyl acetát, také látky hexanal, pentanal, toulén a limonen.

K vyšším hodnotám emisí hexanalu došlo dne 5.10.2014: $27,6 \mu\text{g.m}^{-3}$ a 6.12.2014: $28,3 \mu\text{g.m}^{-3}$. Hexanal patří do skupiny aldehydů, které mají neblahý vliv na zdraví člověka, aldehydy se uvolňují z rozpouštědel nátěrových hmot a zejména dráždí kůži.

Dne 5.10.2014 došlo taktéž k nejvyšším emisím limonenu, a to $54,5 \mu\text{g.m}^{-3}$. Limonen patří mezi terpeny a objevuje se takřka ve všech bytech, uvolňuje se z osvěžovačů vzduchu, čisticích prostředků pro domácnost, ale také z vaření.

Velmi výrazné hladiny emisí ethyl acetátu a n-butyl acetátu byly zaznamenány dne 28.2.2015, kdy dosahovaly koncentrací v prvním případě $57,7 \mu\text{g.m}^{-3}$ a v druhém případě dokonce $119,7 \mu\text{g.m}^{-3}$. Tento skokový nárůst oproti jiným měřením způsobila revitalizace veřejných prostor na chodbách panelového domu v podobě natírání plechových dveří od přístupu k jističům a podobným zařízením. Revitalizace proběhla den před uskutečněním měření, podle informací, které autorce poskytl majitel bytu, se natíralo syntetickou nátěrovou hmotou FORMEX® EXTRA S2810 od výrobce Barvy a laky Hostivař a.s. (viz Příloha č.1)

11.1.2 Ložnice

Nejvyšší naměřené emise VOCs:

- Ethylacetát: 28.2.2015: 58,3 $\mu\text{g.m}^{-3}$
- n-Butylacetát: 28.2. 2015: 52,2 $\mu\text{g.m}^{-3}$
- Limonen: 9.11. 2014: 30,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$
- Hexanal: 17.1. 2015: 6,1 $\mu\text{g.m}^{-3}$

Nejvyšší naměřený parametr TVOC:

- 28.2.2015: 206 $\mu\text{g.m}^{-3}$

Obr.51 na str.91: Ložnice jakožto sousedící místnost s obývacím pokojem byla touto místností více či méně ovlivněna, celkově byly hodnoty parametru TVOC v jednotlivých měřeních nižší, než v obývacím pokoji.

Obr.37 na str.75: Nejvyšší hodnota parametru TVOC byly zaznamenány stejně jako v případě obývacího pokoje dne 28.2.2015, a to 206 $\mu\text{g.m}^{-3}$, čímž byl také mírně překročen doporučený limit 200 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

Obr.35 na str.74: Vysoká hodnota TVOC byla ovlivněna zvýšenou koncentrací emisí ethyl acetátu a n-butyl acetátu v obývacím pokoji, do kterého se škodlivé látky dostaly z veřejných prostor panelového domu. Z obývacího pokoje se otevřenými prostory emise dostaly do celého bytu, tedy i do ložnice. V ložnici byly emise ethyl acetátu naměřeny na hodnotu 58,3 $\mu\text{g.m}^{-3}$ a v případě n-butyl acetátu 52,2 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

Další látky, u kterých byly zaregistrovány ve všech ročních obdobích vyšší hodnoty emisí, jsou zástupci aldehydů hexanal a pentanal. Projevil se také limonen jako zástupce terpenů. Zvýšené emise limonenu v ložnici mohly být způsobeny sušením prádla uvnitř místnosti. V neposlední řadě byl v ložnici také zaznamenán nebezpečný toulén, který se do místnosti dostal hlavně z exteriéru.

11.1.3 Exteriér

Obr.37 na str.75: V případě exteriéru jsou hodnoty parametru TVOC poměrně vyrovnané a jsou několikanásobně nižší než v interiéru. V rámci porovnání exteriérů se potvrdilo, že kvalita ovzduší v centru města je z hlediska zatížení emisemi VOCs nejhorší v porovnání s ostatními byty.

Obr.36 na str.75: Nejvyšší hodnota parametru TVOC byla naměřena 17.1.2015, a to 15 $\mu\text{g.m}^{-3}$, v tomto dnu byly v exteriéru oproti jiným dnům vyšší hodnoty benzenu,

toulenu, hexanal, ethylbenzenu a xylenu. Tyto látky zřejmě také ovlivňovaly ovzduší v bytě. Zejména toulenu dosahuje oproti jiným VOCs vyšších hodnot, nejvyšší hodnoty byly naměřeny dne 6.12.2015 a to $2,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

11.2 Ochoz u Nasavrku

11.2.1 Obývací pokoj

Nejvyšší naměřené emise VOCs:

- Butoxy-Ethanol: 13.12. 2014: $26,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- Limonen: 17.1. 2015: $14,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- Hexanal: 21.3. 2015: $12,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- Pentanal: 22.11. 2014: $3,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Nejvyšší naměřený parametr TVOC:

- 17.1.2015: $131 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Obr.51 na str.91: Obývací pokoj se v případě rodinného domu v Ochozu u Nasavrku nestal nejvíce zatíženou místností z hlediska TVOC, jako tomu bylo v případě obývacího pokoje v Pardubicích na ul. Palackého.

Obr.41 na str.80: Nejvyšší hodnoty parametru TVOC v této místnosti byly zaznamenány dne 17.1.2015, a to $131 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, viz. Současně byly v tento den naměřeny nejvyšší emise TVOC v celém domě.

V tomto případě nelze jednoznačně konstatovat nárůst emisí s topnou sezónou. Na tento fakt může mít vliv několik faktorů, a to udržování teploty v místnostech na maximálně $22 \text{ }^\circ\text{C}$ a vytápění pouze dle potřeby. Dále častější větrání bytu majitelkou, z důvodu obav z plísní vlivem vyšší vlhkosti v domě, která je patrná zejména na podzim. Vliv na emise v místnosti může mít také množství rostlin v obývacím pokoji, které působí na některé látky v ovzduší jako biofiltr, a tím tak snižují škodlivé látky ve vzduchu.

Obr.38 na str.79: V obývacím pokoji lze zaznamenat v průběhu všech měření vyšší hodnoty emisí butoxy-ethanolu, který dne 13.12.2014 dosahoval nejvyšších hodnot ze všech měřených látek, a to $26,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Butoxy-ethanol je hlavní složkou mnoha čisticích prostředků v domácnosti a kosmetice, nebo se také používá jako rozpouštědlo pro barvy a povrchové laky. Butoxy-ethanol má na lidský organismus dráždivé účinky, a to nejčastěji na kůži.

Další látkou, která se výrazněji projevila, je zástupce terpenů limonen, který dosahoval nejvyšší emise dne 17.1.2015, a to $14,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

11.2.2 Ložnice

Nejvyšší naměřené emise VOCs:

- Hexanal: 22.11. 2014: $18,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- Butoxy-Ethanol: 17.1. 2015: $17,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- Limonen: 17.1. 2015: $15,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- n-Butyl acetát: 28.2. 2015: $14,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- Pentanal: 22.11. 2014: $6,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- Ethyl-acetát: $3,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Nejvyšší naměřený parametr TVOC:

- 17.1. 2015: $157 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Obr.40 na str.80: V případě porovnání ložnice a obývacího pokoje není jednoznačné, že by ložnice vykazovala menší zatížení z hlediska parametru TVOC, než obývací pokoj. Je to způsobeno zřejmě tím, že obě místnosti disponují podobným vybavením.

Obr.39 na str.79: Ložnice v patře domu vykazuje výrazně rozmanitější zastoupení projevených emisí těkavých organických látek, než je tomu v obývacím pokoji. Významně se zde projevuje hexanal, butoxy-ethanol, limonen, v menší míře pentanal, ethyl acetát a skokově, jednorázově n-butyl acetát. Výraznější projevení n-butyl acetátu pouze při měření dne 28.2.2015 bylo způsobeno dodatečným zasycháním barvy na počítačové skříní, která byla přestříkána cca 2 dny před měřením, a to lakem ve spreji značky Baufix® Buntlack německého výrobce Holz&Bautentechnik, která se na českém trhu vyskytuje v obchodním řetězci Lidl (viz Příloha č.2)

11.2.3 Exteriér

Obr.52 na str. 92: Venkovní ovzduší se jeví jako nejčistší ze všech měřených lokalit. Čímž se prokázalo tvrzení, že jižní část okresu Chrudim patří k nejčistším, z hlediska ovzduší, v rámci Pardubického kraje (viz kapitola č.4).

Obr.40 na str.80: V této lokalitě se v rámci všech měření projevily nejvíce látky: hexanal, toluen, pentanal, benzen, ethyl-acetát a butoxy-ethanol. Tyto látky mohou ovlivňovat kvalitu vnitřního vzduchu jak v ložnici, tak i v obývacím pokoji.

11.3 Pardubičky

11.3.1 Obývací pokoj

Nejvyšší dosažené emise vybraných VOCs:

- Limonen 13.12.2014: 19,7 $\mu\text{g.m}^{-3}$
- Ethyl acetát 11.10.2014 a 13.12.2014: 7,3 $\mu\text{g.m}^{-3}$
- Hexanal 7.3. 2015: 4,6 $\mu\text{g.m}^{-3}$
- Toulén 25.1.2015: 4,6 $\mu\text{g.m}^{-3}$
- n-Butyl acetát 7.3.2015: 3,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$

Nejvyšší naměřený parametr TVOC:

- 7.3.2015: 81 $\mu\text{g.m}^{-3}$

Obr.50 na str.91: V případě obývacího pokoje rodinného domu v Pardubičkách lze konstatovat relativně nízké zatížení emisemi, z hlediska parametru TVOC v porovnání s ostatními pobytovými objekty.

Obr.45 na str.85: Nejvyšší hodnota parametru TVOC byla zaznamenána dne 7.3.2015, a to 81 $\mu\text{g.m}^{-3}$, zároveň byla tato hodnota nejvyšší hodnotou za všech 6 měření i v porovnání se sousední ložnicí. Je zde také patrná menší závislost na ročním období. Hodnoty emisí jsou vysoké v prvním měření 11.10.2014 a v posledním měření 7.3.2015, naopak v zimním období, tedy s nástupem topné sezóny, jsou hodnoty emisí viditelně menší. Tento fakt může být ovlivněn jak menším počtem obyvatel v bytě, tedy menšímu antropogennímu ovlivnění vzniku emisí, typem stavby, starými dřevěnými okny, které neposkytují dostatečné utěsnění, či automatickým udržováním teploty v rámci energetických úspor do 22 °C. Jistou váhu z hlediska emisí VOCs může mít, stejně jako v případě rodinného domu v Ochozu u Nasavrk, i množství pokojových květin, které mohou působit na některé látky jako biofiltr.

Obr.42 na str.84: V obývacím pokoji se nejvíce projeví látky: limonen, ethyl acetát, n-butyl acetát, hexanal a toulén. Vysoké emise limonenu mají v obývacím pokoji zdroj v podobě osvěžovače vzduchu nebo různých vonných preparátů. Estery v podobě ethyl acetátu a n-butyl acetátu jsou součástí ředidel do nátěrových hmot nebo změkčovadel v plastech dráždicí především kůži.

11.3.2 Ložnice

Nejvyšší naměřené emise VOCs:

- Limonen: 13.12.2014: 6,1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- Ethyl acetát: 13.12.2014: 5,1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- Toulén: 28.3.2015: 2,8 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- Hexanal: 28.3. 2015: 2,2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- α -Pinen: 28.3.2015: 1,5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Nejvyšší naměřený parametr TVOC:

- 28.3.2015: 41 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Obr.45 na str.85: Nejvyšší zatížení v rámci parametru TVOC bylo v ložnici zaznamenáno v posledním měření 28.3.2015, a to 41 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Rozdíl v parametrech TVOC mezi ložnicí a obývacím pokojem byl ve většině případů přibližně dvakrát až třikrát větší, pouze v měřených dnech 22.11.2014 a 28.3.2015 nebyl rozdíl mezi oběma pokoji příliš velký. V ložnici je tedy patrná závislost vybraných VOCs na sousedící místnosti, tedy obývacím pokoji. Jednotlivé VOCs (limonen, ethyl acetát, toulén, hexanal a n-butyl acetát) dosáhli svých nejvyšších hodnot v obývacím pokoji i v ložnici ve stejný den.

11.3.3 Exteriér

Obr.51 na str.91: Venkovního ovzduší v rámci parametru TVOC se jednoznačně dá označit jako čistší, než v případě centra města na ul. Palackého.

Obr.44 na str.85: Dne 11.10.2014 si lze povšimnout, že byly naměřeny zvýšené emise pentanal, hexanal a n-butyl acetátu, které mohly mít vliv i na ovzduší v měřených místnostech.

11.4 Pardubice-Polabiny

11.4.1 Obývací pokoj a kuchyně

Jelikož se jedná v rámci bytu o nijak oddělený prostor, bude z hlediska diskuze výsledků brán prostor kuchyně a obývacího pokoje dohromady.

Nejvyšší naměřené emise VOCs:

- Limonen: 28.3. 2015: 9,5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (obývací pokoj)
- n-Butyl acetát: 28.3. 2015: 7,5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (obývací pokoj)
- Hexanal: 28.3. 2015: 6,7 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (obývací pokoj)
- Ethyl acetát: 6.12. 2014: 5,9 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (obývací pokoj)
- Toulén: 28.3. 2015: 4,8 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (obývací pokoj)

Nejvyšší naměřené parametry TVOC:

- Obývací část: 24.1.2015: 226 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- Kuchyňský kout: 6.12.2014: 245 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Obr.50 na str.91: Situace obývacího pokoje a kuchyně v Pardubicích-Polabinách je v zimě a na jaře druhou nejhorší v rámci porovnání parametrů TVOC s ostatními byty. Parametr TVOC dosáhl v kuchyňském koutu dne 6.12.2014 nadlimitních hodnot, tedy nad doporučenou hodnotu 200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Stejně tak i měření v obývacím pokoji ze dne 24.1. 2015 a 28.3. 2015. Měřené hodnoty TVOC na podzim jsou nízké z důvodu častého větrání, majitelka měla téměř celý den otevřené okno na polohu vyklápění („ventilačka“), což se velmi projevilo na snížení emisí v bytě v obou měřeních.

Obr.46-47 na str.89: Zajímavé taktéž je, že i když měření v obývacím pokoji a v kuchyňském koutě probíhalo současně, hodnoty TVOC se v zimě a na jaře od sebe více či méně liší, a to i vzhledem k faktu, že se jedná o byt typu garsoniéra, tedy kuchyň a obývací pokoj jsou v bezprostřední blízkosti. Je tedy jasné, že kvalita ovzduší je lokálně ovlivněna zdroji emisí i v tak malém prostoru, jako je garsoniéra.

V obývacím pokoji a v kuchyni se projeví nejvíce látky limonen, ethyl acetát, n-butyl acetát, hexanal a toulén.

11.4.2 Exteriér

Obr.52 na str. 92: Parametry TVOC měřené v exteriéru jsou poměrně podobné, jako je tomu v lokalitě, kde leží byt na ulici Palackého, tedy v centru města.

Obr.36 na str.75 a obr.48 na str.90: Nicméně v Polabinách jsou emise zejména toulenu nižší. Je to patrné zejména z dat, kdy proběhlo měření v Polabinách a na Palackého ul. ve stejný den, a to 6.12.2014.

11.5 Shrnutí výsledků a využití pro praxi

Experimentální část v podobě měření ve vybraných obytných jednotkách jednoznačně prokázala přítomnost VOCs v interiéru, zároveň jsou hodnoty emisí VOCs několikanásobně vyšší než byly naměřeny v exteriéru. Výše těchto emisí v budovách tedy nezávisí až tak na zeměpisné lokalitě, ve které se budova nachází, ale spíše na vybavení interiéru různými typy zařízení a lidské činnosti, které jsou zdrojem emisí VOCs. Dále byl prokázán vliv ročního období, respektive vliv topné sezóny, a to zejména v domech panelového typu s plastovými okny.

U všech sledovaných zástupců VOCs nebyly v žádném případě překročeny nadlimitní koncentrace, které jsou uvedené ve Vyhlášce č. 6/2003 Ministerstva zdravotnictví ČR, z čehož vyplývá, že ovzduší v bytech lze posuzovat jako zdravé.

11.5.1 Návrh opatření

U všech zkoumaných bytů se velmi projevil zástupce terpenů, tedy limonen. Vzhledem k tomu lze doporučit omezení používání osvěžovačů vzduchu a nadměrného množství čisticích prostředků.

Dle výsledků se jeví jako nejhorší situace z hlediska zatížení VOCs a parametrů TVOC v prostředí obývacího pokoje v bytě panelového domu v ul. Palackého v Pardubicích. Zde si obyvatelé bytu často stěžují na dráždění sliznic očí a nosu, což se dlouhodobě projevuje zejména u jedné členky domácnosti. V obývacím pokoji byly, dle naměřených výsledků, několikrát přesaženy doporučené limitní hodnoty parametru TVOC, a to $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ nebo se k této hodnotě blížily. To může vyvolávat jistou dráždivost a potíže u citlivějších osob. V místnosti jsou patrné vyšší koncentrace zejména limonenu, které i v nízkých koncentracích mohou být příčinou alergických respiračních reakcí.

Dalším zdrojem škodlivých látek by zde mohla být sedací souprava čalouněná tzv. ekokůží, která však postupem času materiálově degradovala a začala se drobit. Vzhledem k tomuto faktu navrhuje autorka práce vyměnit stávající sedací soupravu za novou a při výběru nové pohovky se zaměřit na výrobce s výrobky opatřenými některou z ekoznaček.

Dalším neblahým vlivem na kvalitu ovzduší v pokoji může být přemíra zdrojů tepla a nedostatek větrání zejména v zimním období.

Z toho důvodu by základním vybavením pro obecnou orientaci a kontrolu tepelně-vlhkostního mikroklima v bytě do budoucna neměl chybět digitální teploměr s vlhkoměrem, podle kterého se lze snadno orientovat a udržovat optimální doporučené podmínky teploty a vlhkosti v bytě. Tyto veličiny mají totiž také vliv na expozici těkavých organických látek.

Obyvatelé bytu by se také jednoznačně měli zaměřit na častější větrání, nebo využít možnost plastových oken, tzv. mikroventilaci, která umožní kontinuální větrání.

ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá problematikou zatížení pobytového prostředí z hlediska emisí VOCs. Hlavním cílem tedy bylo stanovit kvantitativní i kvalitativní zatížení posuzovaných interiérů emisemi VOCs.

Rovněž ve své teoretické části poskytuje závěrečná práce přehled o problematice organických těkavých látek, jejich zdrojích a vlivu zejména na vnitřní životní prostředí a zdraví člověka. Diplomová práce také uvádí možné kroky k eliminaci škodlivých látek v bytě.

Praktická část se skládá z části popisující 4 objekty, ve kterých došlo k měření emisí VOCs v interiéru a v exteriéru. V následujících dvou kapitolách jsou definovány přístroje a metodika pro měření kvality vnitřního ovzduší pobytových a obytných prostor.

Metodika vychází z normy ČSN EN ISO 16000-1 a 16000-5 a současně z metodického návodu, vydaného hlavním hygienikem Ministerstva zdravotnictví ČR, pro měření a stanovení chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů kvality vnitřního prostředí podle Vyhlášky č. 6/2003 Sb.

Zjištěné hodnoty emisí těkavých organických látek v privátních pobytových místnostech byly následně porovnány s limitními hodnotami, stanovenými vyhláškou MZ ČR č. 6/2003 Sb., která stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb.

Stanovení emisí VOCs bylo prováděno v časovém období 3 ročních období (podzim, zima, jaro), přičemž v každém ročním období došlo ke 2 měřením v každém ze 4 bytů.

Z měření lze soudit, že na koncentraci emisí VOCs má vliv, zejména u panelových domů s plastovými okny, topná sezóna, která se projevila zvýšením jejich hodnot. Koncentrace jednotlivých látek ve 4 bytech vycházejí odlišně, což způsobuje rozdílné vybavení interiéru, lokalita, stáří a materiálové složení budovy, roční období nebo počet obyvatel v interiéru.

Nejvyšší hodnoty parametrů TVOC byly naměřeny v obývacím pokoji na ul. Pardubice Palackého, pro který bylo v závěru diskuze navrženo i doporučené opatření pro eliminaci škodlivin.

SUMMARY

The area where the person lives, is his background, here they feel safe and natural. Living space consists of several aspects, which are influenced by each other and which include the indoor air quality.

This thesis deals with the burden of indoor microclimate in terms of emissions of VOCs. The main aim was therefore to establish quantitative and qualitative load assessed interior VOCs emissions.

Also in its theoretical part provides an overview of the issue of volatile organic compounds, their sources and effects of particular internal environment and human health. The thesis also shows possible steps to eliminate harmful substances in the apartment.

Experiment in the form of measurements in selected residential units clearly demonstrated the presence of VOCs in the interior. The emissions of VOCs in the interior are several times higher than emissions measured outdoor. The amount of these emissions in buildings does not depend so on the geographic location in which the building is located, but rather on the interior equipped with different types of devices and human activities, which are the source of emissions of VOCs. The effect of the annual periods, respectively of the heating season, was also proved and that particularly in the prefabricated houses with plastic windows.

In all investigated representatives of VOCs the limit concentrations were not exceeded in any case, as specified in Decree no. 6/2003 Ministry of Health ČR, which shows that air in selected homes can be considered as healthy.

This theme, however, need to continue to address, because people spend most of their time being in closed spaces of buildings. The indoor microclimate, especially indoor air quality, is definitely an important part of our life and that why we should pay a special attention to that.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČSN EN – Česká státní norma harmonizovaná s evropskou normou

ČHMÚ – Český hydrometeorologický úřad

EPD - Environmentální prohlášení o produktu

ES – Evropské společenství

FF – fenolformaldehyd

GC – plynový chromatograf

GC/MS – plynový chromatograf s hmotnostní spektrometrií

MS – hmotnostní spektrometrie

NASA - Národní úřad pro letectví a kosmonautiku

NOX – oxidy dusíku

PCB – polychlorované bifenyly

PCP – pentachlorfenol

POM – organické látky asociované s částicemi hmoty nebo organickými částicemi hmoty

PUR – polyuretan

PVAC – polyvinylacetát

PVC – polyvinylchlorid

REACH – Chemická politika Evropské unie

REZZO - Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší ČR

SBS - Syndrom nemocných budov

SVOC – středně těkavé organické látky

TVOC - Celkové množství těkavých organických látek ve vzduchu

TZL – tuhé znečišťující látky

UF – močovinoformaldehyd

UV – ultrafialové záření

VOCs (též VOC) – těkavé organické látky

VVOC – velmi těkavé organické látky

WHO – Světová zdravotnická organizace

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie:

BRUNECKÝ, P.; TESAŘOVÁ, D.. *Emise VOC z nábytkových dílců*. Brno : MZLU, 2005. 68 s. ISBN 80-7355-040-7.

BRUNECKÝ, Petr. *Analýza významných VOC ve výrobě nábytku*. Brno, 1999 . 38 s. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně

ČECH, P. *Dokazování škodlivin v pracovním prostředí a ergonomie: pracovní prostředí v nábytkářském průmyslu*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova univerzita, 2014, 153 s. ISBN 978-80-7375-941-4.

ČECH, P.. *Vliv technologie, kompozitních materiálů a povrchové úpravy na emise VOC emitované nábytkem*. Brno, 2008. Disertační práce. Mendelova univerzita v Brně.

CHAUDET, G. a A. BOIXIÈRE-ASSERAY. *Rostliny pro domov: nechte si vyčistit vzduch, který denně dýcháte*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010, 128 s. ISBN 978-80-251-2609-7.

HŮNOVÁ, I. *Úvod do problematiky znečištění venkovního ovzduší*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2004, 144 s. ISBN 80-246-0796-4.

JERGL, Z.. *Vliv teploty a vlhkosti na kvalitu povrchové úpravy nábytkových dílců*. Brno, 2007. Disertační práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

JOKL, M.. *Zdravé obytné a pracovní prostředí*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2002, 261 s. ISBN 80-200-0928-0.

JONES, A.P. Indoor air quality and health. *School of Environmental Sciences, University of East Anglia*. 1999, s. 30.

NAGY, E.. *Manuál ekologickej výstavby: navrhovanie a výstavba trvalo udržateľných ľudských sídiel*. 1. vyd. Košice: Permakultura, 1999, 225 s. ISBN 80-967-9720-4.

NAKONEČNÝ, M.. *Základy psychologie*. 1. vyd. Praha: Academia, 1998, 590 s. ISBN 80-200-0689-3.

POČINKOVÁ, M.; ČUPROVÁ D. a kol. *Úsporný dům. 2.*, aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2008, x, 182 s. ISBN 978-80-7366-131-1.

POLÁK, J.. *Kvalita ovzduší v Pardubickém kraji*. Olomouc, 2012. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci.

PROVAZNÍK, K. a KARMANOVÁ, H.. *Kvalita vnitřního prostředí*. Praha:Fortuna, 2000, 28 s., [4] s. příl. ISBN 80-7071-186-8.

SVOBODA, J. a MUZIKÁŘ, Z.. *Obytné prostředí a jeho vliv na zdraví člověka: monografie*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013, 111 s. ISBN 978-80-7375-885-1.

ŠPIČÁK, V.. *Bydlení pro alergiky*. 1. vyd. Brno: ERA, 2003, 77 s. ISBN 80-865-1747-0

VESELÝ, M.. *Vliv množství nánosu nátěrové hmoty na kvalitativní a kvantitativní složení emisí VOC emitovaných nátěrovými filmy*. Brno, 2007. 70 s. Diplomová práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita.

Legislativa:

Česká republika. Zákon o ochraně ovzduší. In: *201/2012*. 2012.

ČSN EN ISO 16000-1, Vnitřní ovzduší - část 1, 2009. Obecná hlediska odběru vzorků, 25 s.

ČSN EN ISO 16000-5, Vnitřní ovzduší - část 5, 2009. Postup odběru vzorků těkavých organických látek (VOC), 19 s.

Metodický návod pro měření a stanovení chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů kvality vnitřního prostředí podle Vyhlášky č. 6/2003 Sb. In: č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví. Praha: Ministerstvo zdravotnictví-Hlavní hygienik České republiky, 2007.

Internetové zdroje:

BAČÁKOVÁ, M. České stavebnictví: Uvolňování nebezpečných látek do vnitřního prostředí staveb (ČR) [online]. 2009. [cit. 2014-12-22]. Dostupné z:

<http://www.ceskestavebnictvi.cz/rubrika.html?sk=0&k=14&l=2.5.1>

Centers for Disease Control and Prevention: Indoor Environmental Quality. [online]. [cit.2015-02-25]. Dostupné z:

<http://www.cdc.gov/NIOSH/topics/indoorenv/ChemicalsOdors.html>

Časopis stavebnictví: časopis stavebních inženýrů, techniků a podnikatelů [online].

Brno: EXPO DATA, [cit. 2015-02-25]. Dostupné z:

http://www.casopisstavebnictvi.cz/kvalita-vnitriho-prostredi-soucasneho-paneloveho-domu_N3813

Český hydrometeorologický úřad. [online]. [cit. 2015-02-25]. Dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/tab/tabII1_CZ.html

Der Blaue Engel. [online]. 2015 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: <https://www.blauer-engel.de/en>

DOLEŽÍLKOVÁ, H. a K. PAPEŽ. Příspěvek k problematice bytového větrání – množství větracího vzduchu, vznikající škodliviny. In: [online]. [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: <http://www.topin.cz/download.php?id=70728&di=7>

DOLEŽÍLKOVÁ, H. TZBinfo: Kvalita vnitřního a vnějšího vzduchu. [online]. 2010 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z:

<http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/6486-kvalita-vnejsiho-a-vnitriho-vzduchu>

EUROSKOP.cz: Ekoznačka EU - Květina. Životní prostředí [online]. 2015 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: <https://www.euroskop.cz/599/sekce/ekoznacka-eu---kvetina/>

Integrovaný registr znečišťování: Ministerstvo životního prostředí ČR. [online]. [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: www.izr.cz

KNOBLOCHOVÁ, A. Avair: Rizikové složky vzduchu [online]. 2004 [cit. 2014-10-23]. Dostupné z: <http://www.avair.cz/rizikove-slozky-vzduchu.php>

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. Integrovaný registr znečišťování: Informace o látkách ohlašovaných do IRZ [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/20>

MURTINGER, K.. Jak na správné větrání: mikroventilace neřeší vše. [online]. 2013 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/bydleni/vetrani-1/jak-na-spravne-vetrani-mikroventilace-neresi-vse.aspx>

Nábytkářský informační systém: Ekologické značky. [online]. 2013 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: <http://www.n-i-s.cz/cz/ekologicke-znacky/page/473/>

Příručka pro zelené nakupování: Zařízení interiérů. In: [online]. 2006 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: http://zeleneuradovani.cz/images/Studie_na_web/Informacni_list_naterove_hmoty_a_nabytek_10_stran.pdf

Synthesia: Chemistry for the future [online]. 2011. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.synthesia.eu/cze>

Unipetrol: Paramo. Životní prostředí [online]. 2014 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: <http://www.paramo.cz/CS/o-nas/zivotni-prostredi/Stranky/default.aspx>

CHOCO VÁ, B. Nazeleno.cz: Ionizátor vzduchu: Jak ho vybrat a kdy pomáhá? [online]. 2011 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/bydleni/ionizator-vzduchu-jak-ho-vybrat-a-kdy-pomaha.aspx>

Proalergiky.cz: Čistička vzduchu Winix WAC U300 [online]. 2015 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.proalergiky.cz/eshop/cisticcka-vzduchu-winix-wac-u300.html>

Tsbohemia.cz: Digitální teploměr a vlhkoměr [online]. 2015 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: http://www.tsbohemia.cz/conrad-teplomer-a-vlhkomer-tfa-s-funkci-dataloggeru_d139093.html

Mapy.cz [online]. 2015 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://mapy.cz/>

ZACHAŘ P. a SÝKORA D. - VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE. Plynová chromatografie [online]. 2008 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/anl/lach2/GC.pdf>

CENIA a VUOS PARDUBICE. Nová příručka REACH: Chemická legislativa nejen pro chemiky. [online]. 2007, s. 17 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z:

[http://www.cenia.cz/web/www/webpub2.nsf/\\$pid/CENMSFJV11F7/\\$FILE/PriruckaREACHv4.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/webpub2.nsf/$pid/CENMSFJV11F7/$FILE/PriruckaREACHv4.pdf)

Maslowova pyramida potřeb [online]. 2015. [cit. 2015-04-06]. Dostupné z:

http://www.filosofie-uspechu.cz/jak-motivovat-zamestnance/maslowova_pyramida/

Znečištění ovzduší na území ČR [online]. 2011. [cit. 2015-04-06]. Dostupné z:

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr11cz/kap241.html>

Správní mapa Pardubického kraje [online]. 2006 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z:

<http://spravnimapa.topograf.cz/pardubicky-kraj>

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam obrázků:

<i>Obr. 1: Maslowova pyramida potřeb</i>	13
<i>Obr. 2: Zdroje VOC a jiných škodlivin ovlivňující ovzduší v interiéru</i>	24
<i>Obr. 3: Mapa Pardubického kraje</i>	36
<i>Obr. 4: Graf emisí VOC v rámci REZZO v Pardubickém kraji</i>	37
<i>Obr. 5: Poloha chemických závodů a měřených bytů v Pardubicích</i>	38
<i>Obr. 10: Digitální teploměr s vlhkoměrem</i>	41
<i>Obr. 6: Poloha okenní kliky pro úsporné větrání – mikroventilace</i>	43
<i>Obr. 7: Ekoznačky</i>	44
<i>Obr. 8: Čistička vzduchu Winix WAC U300</i>	46
<i>Obr. 9: Ionizátor - Avair Oxygen Mini</i>	47
<i>Obr. 11: Lokality měření</i>	53
<i>Obr. 12: Pardubice - Palackého: půdorys</i>	54
<i>Obr. 13: Panelový dům Pardubice-Palackého</i>	55
<i>Obr. 14: Pardubice – Palackého: obývací pokoj; pohled-a, pohled-b</i>	56
<i>Obr. 15: Pardubice - Palackého: ložnice</i>	56
<i>Obr. 16: Rodinný dům Ochoz u Nasavrku</i>	57
<i>Obr. 17: Ochoz u Nasavrku: obývací pokoj; pohled-a, pohled-b</i>	57
<i>Obr. 18: Ochoz u Nasavrku: půdorys přízemí</i>	58
<i>Obr. 19: Ochoz u Nasavrku: ložnice; pohled-a, pohled-b</i>	58
<i>Obr. 20: Ochoz u Nasavrku: půdorys ložnice</i>	59
<i>Obr. 21: Rodinný dům Pardubičky</i>	59
<i>Obr. 22: Pardubičky: půdorys</i>	60
<i>Obr. 23: Pardubičky: obývací pokoj; pohled-a, pohled-b</i>	60
<i>Obr. 24: Pardubičky: ložnice</i>	61
<i>Obr. 25: Panelový dům Pardubice – Polabiny</i>	62
<i>Obr. 26: Pardubice-Polabiny: půdorys</i>	62
<i>Obr. 27: Pardubice-Polabiny: obývací pokoj; pohled-a, pohled-b</i>	63
<i>Obr. 28: Pardubice-Polabiny: kuchyňský kout</i>	63
<i>Obr. 29: Odběrová desorpční trubička</i>	68
<i>Obr. 30.: Odběrové čerpadlo vzduchu</i>	68

<i>Obr. 31: Plynový chromatograf</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 32: Schéma plynového chromatografu.....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 33: Digitální teploměr a vlhkoměr.....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 34: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubice-Palackého, obývací pokoj.....</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 35: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubice-Palackého, ložnice</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 36: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubice-Palackého, exteriér</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 37: Grafické zobrazení parametru TVOC: Pardubice – Palackéh.....</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 38: Grafické zobrazení emisí VOCs: Ochoz u Nasavrk, obývací pokoj.....</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 39: Grafické zobrazení emisí VOCs: Ochoz u Nasavrk, ložnice</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 40: Grafické zobrazení emisí VOCs: Ochoz u Nasavrk, exteriér</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 41: Grafické zobrazení parametru TVOC: Ochoz u Nasavrk</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 42: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubičky, obývací pokoj.....</i>	<i>84</i>
<i>Obr. 43.: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubičky, ložnice</i>	<i>84</i>
<i>Obr. 44: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubičky, exteriér</i>	<i>85</i>
<i>Obr. 45: Grafické zobrazení parametru TVOC: Pardubičky</i>	<i>85</i>
<i>Obr. 46: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubice-Polabiny, obývací poko</i>	<i>89</i>
<i>Obr. 47: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubice-Polabiny, kuchyně.....</i>	<i>89</i>
<i>Obr. 48: Grafické zobrazení emisí VOCs: Pardubice-Polabiny, exteriér.....</i>	<i>90</i>
<i>Obr. 49: Grafické zobrazení parametru TVOC: Pardubice-Polabiny.....</i>	<i>90</i>
<i>Obr. 50: Grafické zobrazení parametru TVOC v jednotlivých bytech: obývací pokoje a kuchyně</i>	<i>91</i>
<i>Obr. 51: Grafické zobrazení parametru emisí TVOC v jednotlivých bytech: ložnice</i>	<i>91</i>
<i>Obr. 52: Grafické zobrazení parametru TVOC v jednotlivých lokalitách: exteriér</i>	<i>92</i>

Seznam tabulek:

<i>Tab. 1: Požadované mikroklimatické podmínky v obytných místnostech</i>	<i>15</i>
<i>Tab. 2: Rozdělení těkavých organických látek podle bodu varu</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 3: Rozdělení jednotlivých VOCs.....</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 4: Příklady typických škodlivin a jejich zdrojů.....</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 5: VOCs vyskytující se při výrobě nábytku</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 6: Vztah koncentrací TVOC látek k účinkům na lidský organismus</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 7: Emise VOC v rámci REZZO v Pardubickém kraji 2008-2012</i>	<i>37</i>
<i>Tab. 8: Účinné rostliny pro filtraci některých škodlivin</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 9: Limitní koncentrace VOCs.....</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 10: Měřené VOCs.....</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 11: Termíny a lokality měření.....</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 12: Údaje o použitých typech analýz a o nastavení GC/MS.....</i>	<i>67</i>
<i>Tab. 13: Teplotní a časové podmínky.....</i>	<i>67</i>
<i>Tab. 14: Hodnoty emisí VOCs za podzim: Pardubice – Palackého</i>	<i>71</i>
<i>Tab. 15: Hodnoty emisí VOCs za zimu: Pardubice – Palackého</i>	<i>72</i>
<i>Tab. 16: Hodnoty emisí VOCs za jaro: Pardubice – Palackého</i>	<i>73</i>
<i>Tab. 17: Hodnoty emisí VOCs za podzim: Ochoz u Nasavrku.....</i>	<i>76</i>
<i>Tab. 18: Hodnoty emisí VOCs za zimu: Ochoz u Nasavrku.....</i>	<i>77</i>
<i>Tab. 19: Hodnoty emisí VOCs za jaro: Ochoz u Nasavrku.....</i>	<i>78</i>
<i>Tab. 20: Hodnoty emisí VOCs za podzim: Pardubičky.....</i>	<i>81</i>
<i>Tab. 21: Hodnoty emisí VOCs za zimu: Pardubičky.....</i>	<i>82</i>
<i>Tab. 22: Hodnoty emisí VOCs za jaro: Pardubičky.....</i>	<i>83</i>
<i>Tab. 23: Hodnoty emisí VOCs za podzim: Pardubice - Polabiny</i>	<i>86</i>
<i>Tab. 24: Hodnoty emisí VOCs za zimu: Pardubice - Polabiny</i>	<i>87</i>
<i>Tab. 25: Hodnoty emisí VOCs za jaro: Pardubice - Polabiny</i>	<i>88</i>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1:

Technický list laku FORMEX® EXTRA S 2810, BARVY A LAKY HOSTIVAŘ, a.s.

Příloha č.2:

Technický list laku BAUFIX® Buntlack, Holz&Bautentechnik GmbH, Německo