

Monitoring vnitřního ovzduší bytů

Odbor chemických a fyzikálních laboratoří CLČ a Odbor hygieny
životního prostředí COČ, SZÚ Praha

3 etapy

Ve 3 etapách (1994 až 1998, 1999 až 2001 a 2002 až 2003) bylo vždy proměřeno cca 100 bytů.

- **94 – 98** - popis zdrojů a koncentrací ve vnitřním prostředí – rodiny s dětmi předškolního věku
- **99 – 01** - měření a deskripce sledování zdravotního stavu u výběrové skupiny (předškolní děti), asociované studie - popis týdenních cyklů a u NO₂ i ověřování vztahů outdoor/indoor
- **02 – 03** - popis kvality vnitřního ovzduší ve velikostně nejfrekventovanějších bytech

Součástí „Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí“

Monitoring vnitřního ovzduší bytů 1994 – 1998 (1. etapa)

1. etapa projektu

- Tato etapa byla realizována v letech **1994 – 1998**. Jednalo se o pilotní studii, která byla zaměřena na:
 - na **rodiny s dětmi předškolního věku**
 - identifikaci a popis zdrojů a koncentrací ve vnitřním prostředí
 - přípravu a ověření způsobu odběru vzorků a metod stanovení jednotlivých parametrů

Monitoring vnitřního ovzduší bytů 1999 – 2000 (2. etapa)

Asociovaná studie

- **1999 – 2000** (v rámci druhé etapy monitoringu vnitřního ovzduší)
- **Cíle:**
 - zjistit časovou variabilitu sledovaných parametrů ve vnitřním prostředí
 - ověřit reprezentativnost intervalu vybraného pro rutinní měření v bytech - 15⁰⁰ až 20⁰⁰ hod.
- **V Praze a Karviné** (topná a netopná sezóna)
- Měřené místnosti kuchyň a dětský pokoj
- **Parametry:** chemické faktory - NO₂, VOC, HCHO, poletavý prach, fyzikální faktory (teplota, vlhkost), biologické faktory (plísňe, bakterie, roztoči)

Asociovaná studie

Intervaly měření a sledované parametry

■ Kontinuální měření 24 h denně

- NO₂ – analyzátor (pokoj, kuchyň)
- Teplota, vlhkost – čidla s výstupem na PC (pokoj, kuchyň)
- Prašnost – analyzátor Grimm (pokoj)

■ Jednotlivé odběry (ve dne dva 8⁰⁰ – 15⁰⁰ hod. a 15⁰⁰ – 20⁰⁰ hod., v noci jeden 12ti hodinový)

- Formaldehyd – záchyt do sorp.roztoku – spektrofotometrie (pouze dětský pokoj)
- VOC (benzen, toluen, xyleny, styren, trichloreten, tetrachloreten, etylbenzen) – sorpční trubičky – GC MS (pouze dětský pokoj)

■ Zvláštní režim

- Bakterie a plísně – odběr aeroskopem na stripy (pouze dětský pokoj, ráno a večer)
- Alergenicitu – Acares test (dětský pokoj podlaha a lůžko, na začátku a na konci týdenního měření)

Asociovaná studie

Takto to vypadalo v dětském pokoji

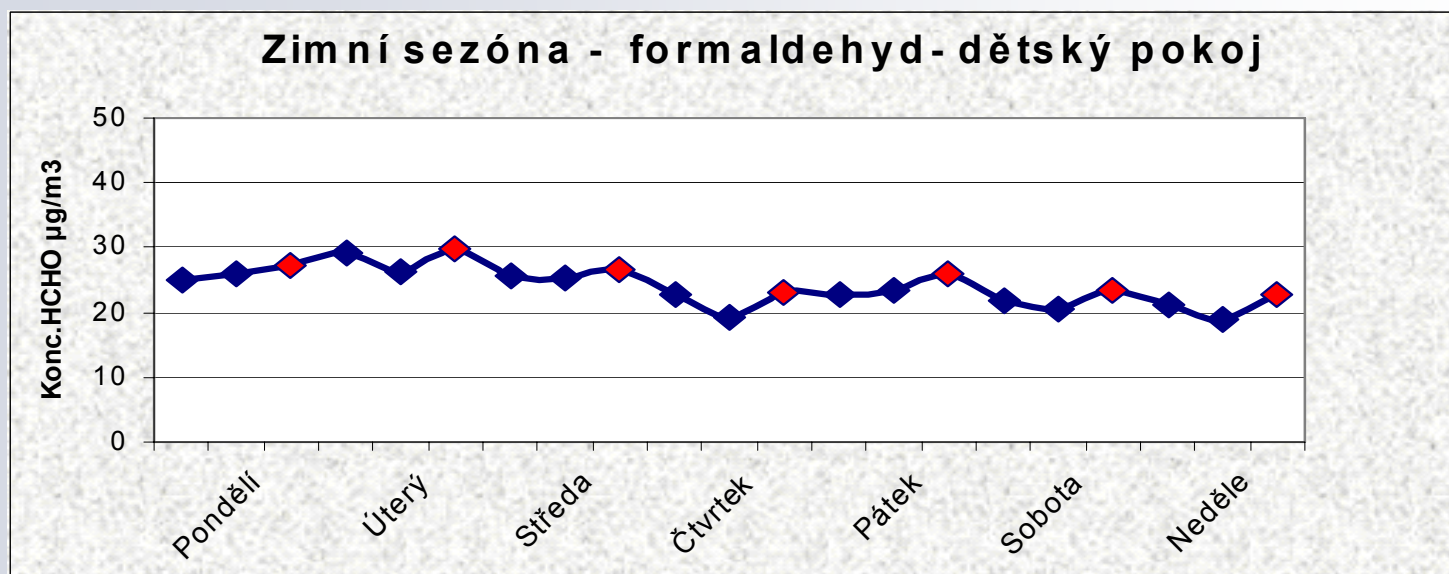
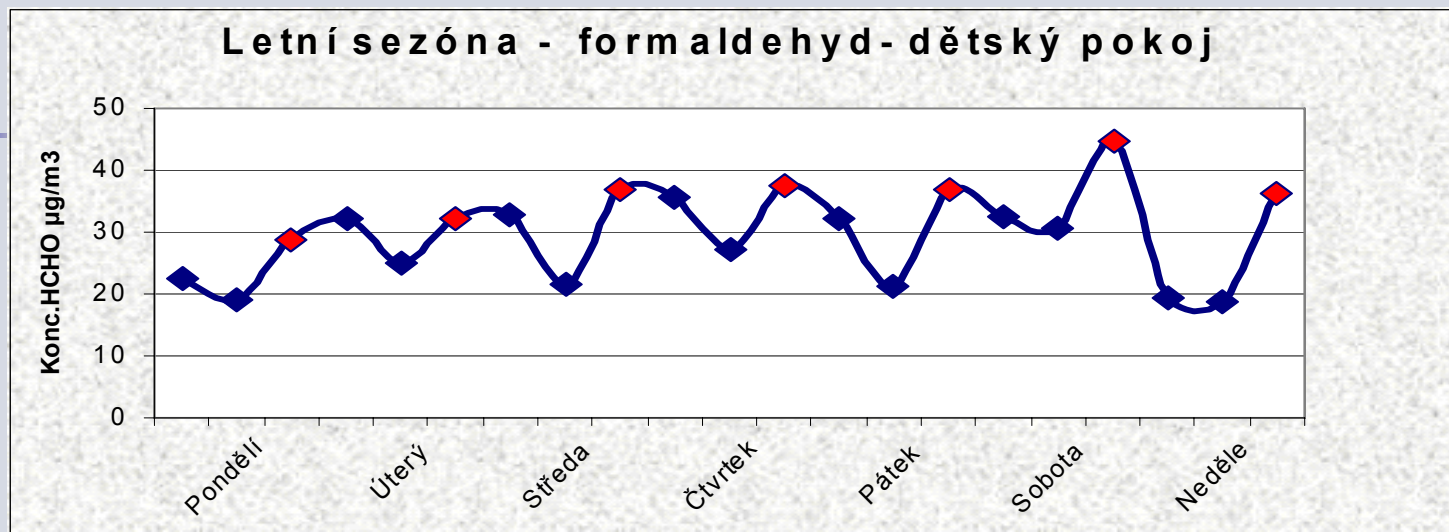


Asociovaná studie

Tabulka naměřených hodnot

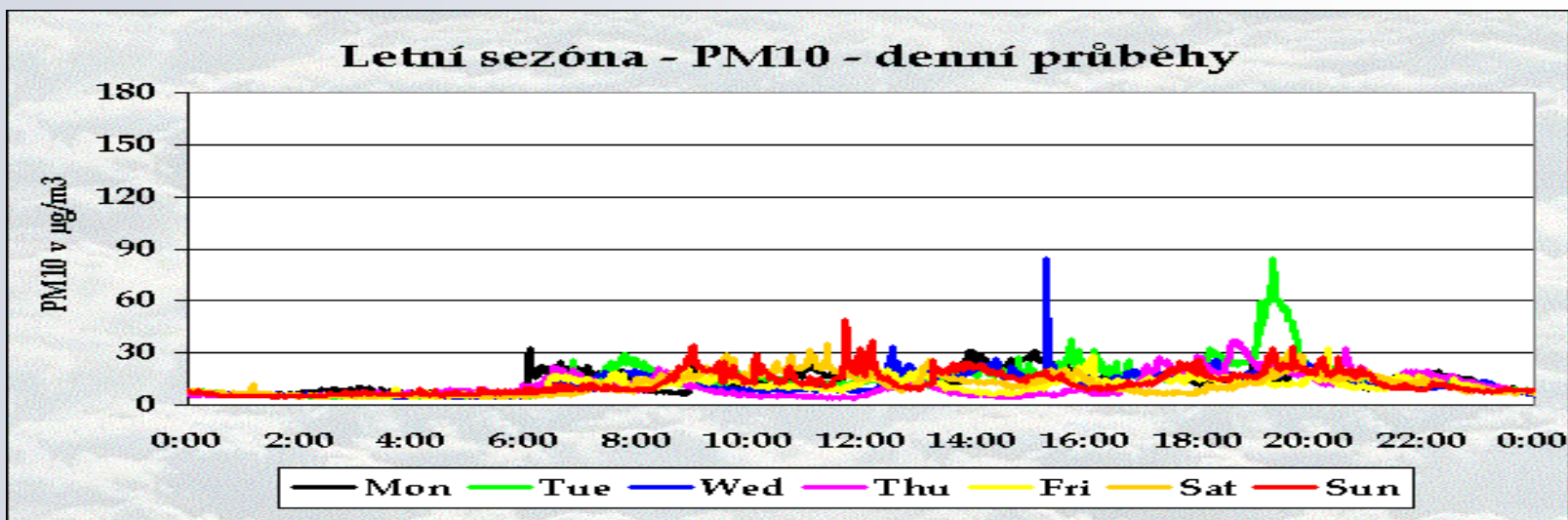
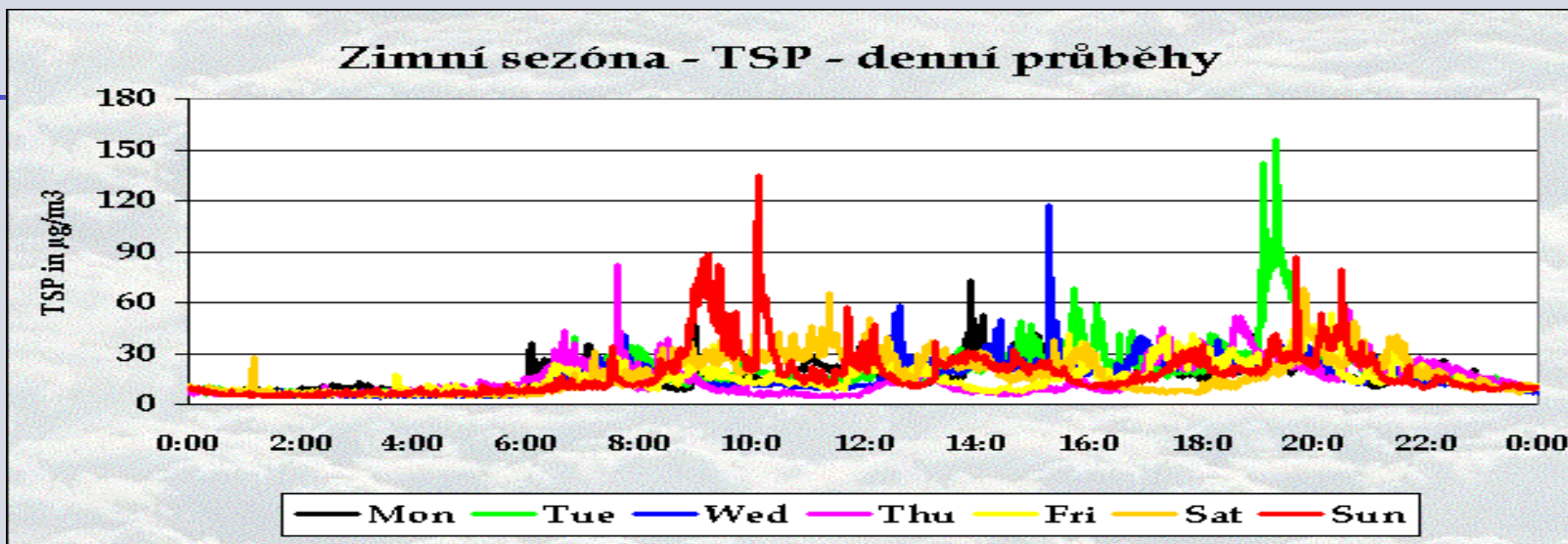
Byt: Ďáblice			rok: 1999							sezóna: topná				
dětský pokoj														
	čas	Číslo měření	Datum	Teplota °C	RH %	NO ₂ µg/m ³	Formaldehyd µg/m ³	Benzen µg/m ³	Toluen µg/m ³	Xyleny celkem µg/m ³	Styren µg/m ³	Tetrachlorethylen µg/m ³	Trichlorethylen µg/m ³	Ethylbenzen µg/m ³
Pondělí	8 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	1	6.12.	22,4	27,6	9,2	26,0	1,59	8,59	4,49	0,54	1,45	0,25	1,31
	15 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	2	29.11.	23,0	30,5	14,1	38,8	3,91	30,05	40,23	0,25	0,25	0,54	9,08
	20 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	3	29.11.	22,9	29,0	10,9	35,0	4,78	24,63	30,41	0,46	2,01	0,38	7,25
Úterý	8 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	1	30.11.	22,9	29,2	11,3	32,2	5,54	21,67	25,32	0,25	0,25	0,53	6,10
	15 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	2	30.11.	22,9	28,2	12,5	31,6	4,24	17,30	20,25	0,25	1,76	0,68	4,93
	20 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	3	30.11.	23,4	29,1	10,5	39,6	4,54	20,09	20,41	0,89	2,04	0,89	5,07
Středa	8 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	1	1.12.	22,4	27,9	11,4	25,5	1,91	8,50	8,46	0,25	1,76	0,25	2,34
	15 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	2	1.12.	22,7	28,5	17,5	22,1	0,72	6,54	6,18	0,25	0,25	0,25	0,92
	20 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	3	1.12.	23,2	30,4	9,8	34,4	1,55	11,63	10,89	0,10	1,64	0,10	2,60
Čtvrtek	8 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	1	2.12.	23,0	28,7	10,2	29,6	4,30	32,28	30,22	0,25	4,55	0,25	7,21
	15 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	2	2.12.	22,7	28,3	11,5	28,3	1,26	8,09	5,31	0,25	0,86	0,25	1,52
	20 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	3	2.12.	23,1	29,4	8,7	34,3	1,25	14,10	9,47	0,72	1,97	0,31	2,50
Pátek	8 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	1	3.12.	22,4	27,5	10,2	25,5	1,87	7,58	5,07	0,25	2,48	0,25	1,46
	15 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	2	3.12.	23,1	26,9	10,5	29,6	2,02	10,41	5,63	0,25	0,98	0,25	3,27
	20 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	3	3.12.	23,0	28,7	8,1	37,3	1,84	15,94	8,59	0,95	2,02	0,10	2,36
Sobota	8 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	1	4.12.	23,2	28,6	9,2	29,8	1,84	8,30	4,92	0,25	1,07	0,25	1,38
	15 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	2	4.12.	22,5	26,6	10,0	24,3	2,60	8,19	3,88	0,25	0,81	0,74	1,51
	20 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	3	4.12.	22,9	28,9	7,9	34,6	1,84	14,02	7,14	0,85	1,87	0,37	2,13
Neděle	8 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	1	5.12.	22,2	28,0	8,5	27,1	1,64	8,87	4,82	0,25	0,69	0,25	1,35
	15 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	2	5.12.	21,6	26,4	6,8	23,0	1,75	7,37	3,26	0,25	0,59	0,25	1,31
	20 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	3	5.12.	22,3	26,9	7,0	28,4	1,75	10,57	5,33	0,30	1,14	0,44	2,49

Asociovaná studie - formaldehyd

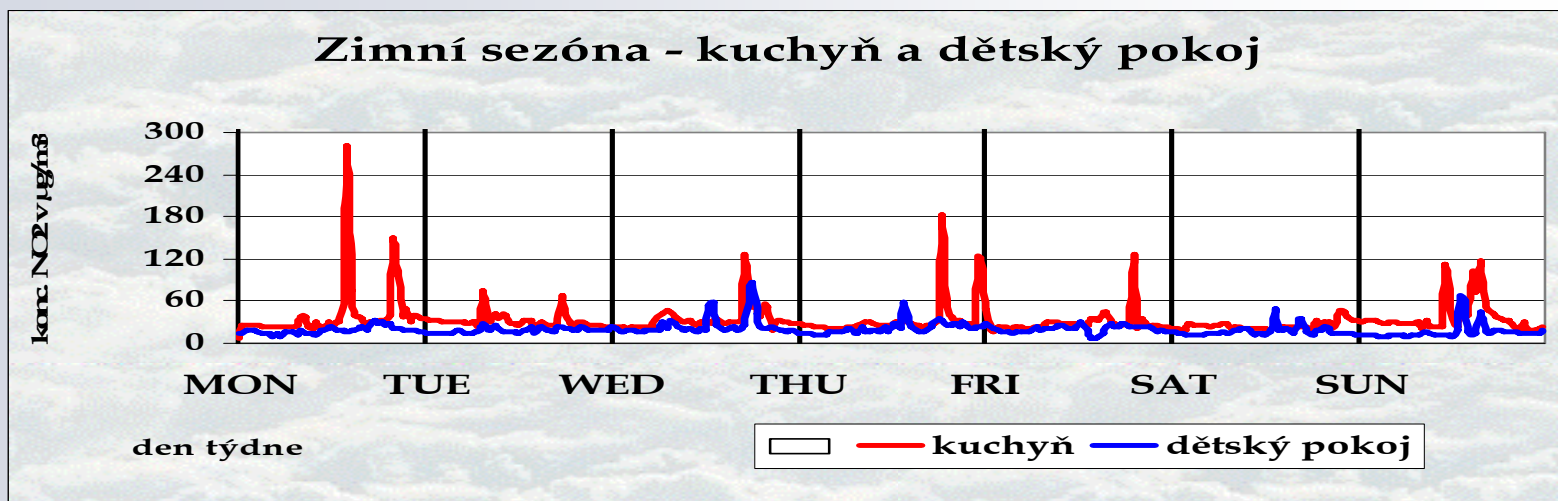
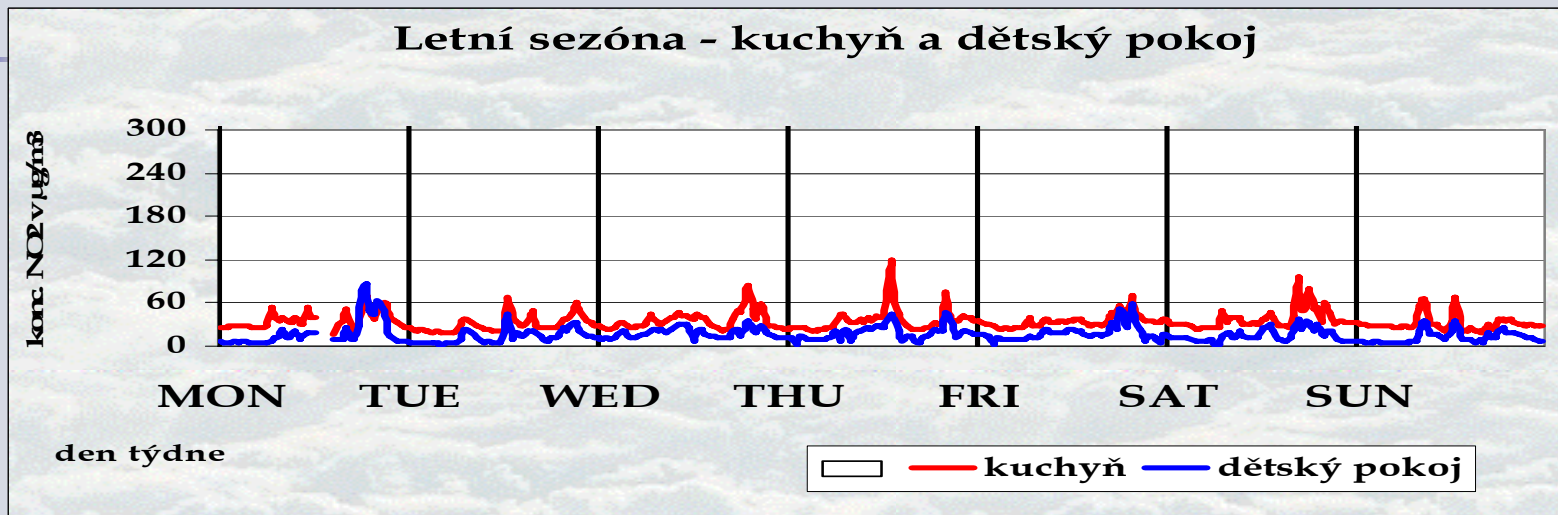


Asociovaná studie

prašnost – TSP, PM₁₀

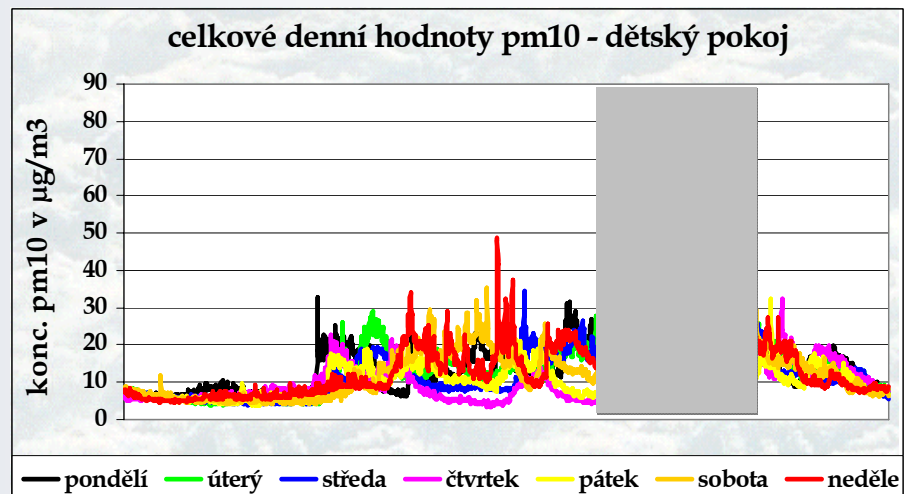
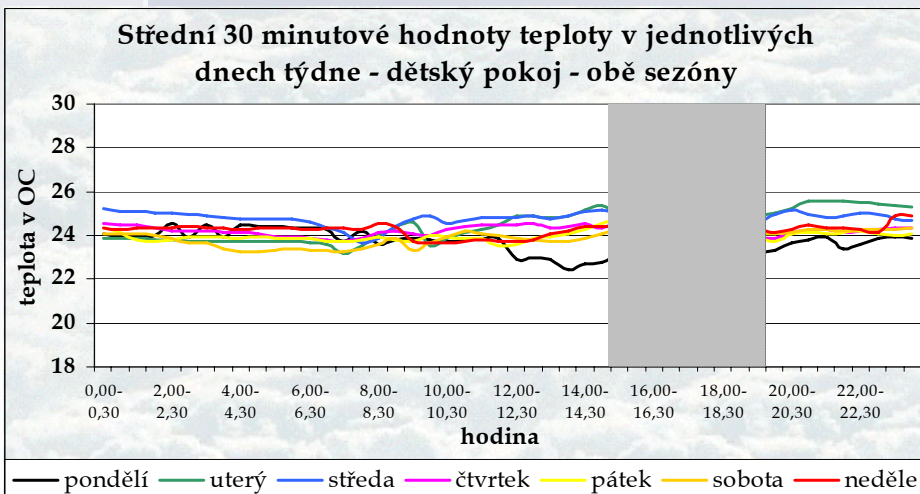
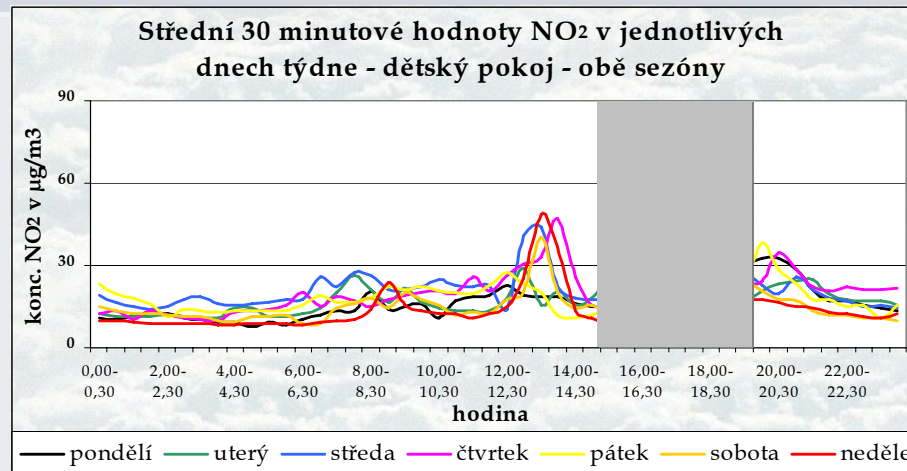
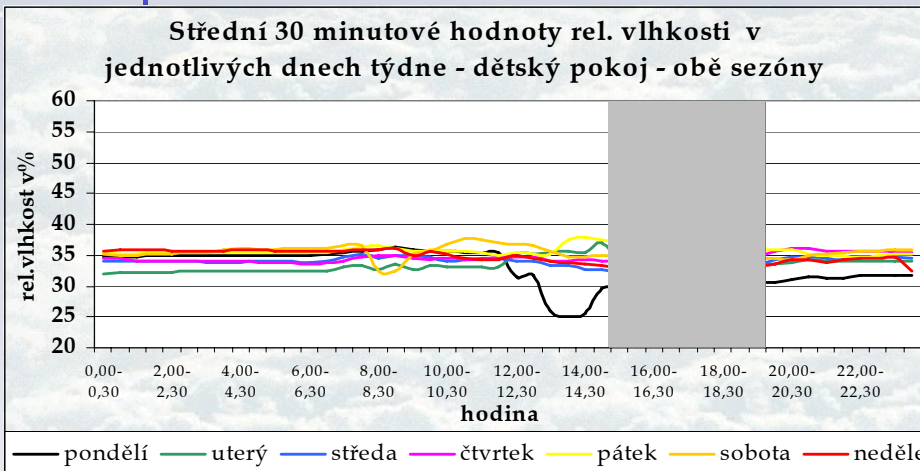


Asociovaná studie - oxid dusičitý



Asociovaná studie

Průběhy některých parametrů v jednotlivých dnech týdne



Asociovaná studie – souhrn

- Statistická analýza získaných dat potvrdila, že zvolený **interval** pro měření (**15⁰⁰ až 20⁰⁰ hod.**) **charakterizuje**, v některých případech mírně nadhodnocuje, střední hodnoty koncentrací.
- Byly prokázány významné vztahy **transportu** např. **NO₂** mezi měřenými místnostmi.
- Byl prokázán **vliv sezóny** na průběh hodnot některých parametrů (formaldehyd, NO₂).

Druhá etapa - měření (1999-2001)

- 120 bytů, v každém ze 4 sídel (Brno, Plzeň, Hradec Králové, Ostrava), 30 bytů náhodně vybraných ze souboru souhlasících respondentů dotazníku.
- Pokryta sezónnost (topná sezóna – listopad až únor, netopná sezóna – květen až srpen).
- Sledovány byly následující parametry kvality vnitřního ovzduší :
 - chemické faktory – oxid dusičitý, formaldehyd, těkavé organické látky (benzen, toluen, suma xylenu, styren, tetrachloretylen)
 - fyzikální faktory – teplota, vlhkost, polétavý prach frakce TSP a PM₁₀
 - biologické faktory – plísně, bakterie, alergeny v prachu
- Měřen byl dětský pokoj a kuchyň. V dětském pokoji byly měřeny všechny výše uvedené parametry, v kuchyni pouze oxid dusičitý, formaldehyd, fyzikální faktory, bakterie a plísně.
- Podmínky měření a odběru vzorků - jednotné standardní operační postupy.
- Odběr se prováděl uprostřed místnosti cca 1m nad podlahou. Pro odběr vzorků byla určena jednotná doba od 15:00 do 20:00 hodin.

Druhá etapa měření - výsledky

	RH v %		Teplota v °C		NO ₂ v µg/m ³		Formaldehyd v µg/m ³	
	topná	netopná	topná	netopná	topná	netopná	topná	netopná
Max	61,3	75,0	26,8	31,0	185,9	325,9	150,0	108,1
Min	20,0	30,0	17,5	18,6	pms*	pms*	pms*	pms*
Průměr	37,9	50,3	22,4	24,2	25,2	23,9	34,1	33,0
Medián	37,2	50,0	22,2	23,2	20,9	19,5	28,5	29,5
95%	53,5	67,3	25,3	27,6	68,4	62,5	78,6	67,4

■ Relativní vlhkost

- doporučenému rozmezí (30 – 55%) relativní vlhkosti v **topné** sezóně neodpovídalo 19,1 % hodnot, z toho 16,2 % hodnot leží pod hranicí 30%, průměrná hodnota v tomto období – 37,89 %
- **netopné** sezóně jsou průměrné hodnoty relativní vlhkosti 50,3%, doporučenému rozmezí relativní vlhkosti neodpovídá 25,8% hodnot. Všechny tyto hodnoty leží nad horním doporučeným limitem (55%).

Druhá etapa měření - výsledky

■ Teplota

- se v obou místnostech v topné sezóně se pohybovala v rozmezí 17,5 – 26,8 °C, teploty v netopné sezóně se pohybovaly v rozmezí 18,6 – 31 °C.

■ Oxid dusičitý - NO₂

- průměr z naměřených 3hodinových koncentrací v kuchyni a v dětském pokoji nepřekročil hodnotu 50 µg/m³. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v Brně, a to jak v topné (s maximem 185,9 µg/m³ v kuchyni), tak v netopné sezóně (s maximem 325,9 µg/m³ v kuchyni).

■ Formaldehyd - HCHO

- průměr z naměřených 3hodinových koncentrací v kuchyni a v dětském pokoji nepřekročil hodnotu 35 µg/m³. V topném období leží 12% naměřených hodnot nad limitní hodnotou 60 µg/m³. V netopné sezóně leží nad hodnotou 60 µg/m³ 17,5% naměřených hodnot. Maximální koncentrace formaldehydu v topné sezóně má hodnotu 150 µg/m³ a 108 µg/m³ v netopné sezóně.

Druhá etapa měření - výsledky

	Benzen $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Toluen $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Xyleny $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Styren $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Tetrachloretylen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	topná	netopná	topná	netopná	topná	netopná	topná	netopná	topná	netopná
Max	42,5	89,8	285,3	382,7	142,0	185,9	15,4	57,2	63,8	132,0
Min	pms*	pms*	pms*	pms*	pms*	pms*	pms*	pms*	pms*	pms*
Průměr	5,9	4,7	28,2	22,3	14,0	13,7	1,1	1,6	5,0	7,8
Medián	4,1	1,8	13,9	9,1	8,8	5,6	0,5	0,5	1,5	1,5
95%	16,8	14,9	94,4	70,9	48,5	56,0	3,5	5,4	16,8	31,3

- **Benzen a organické těkavé látky**

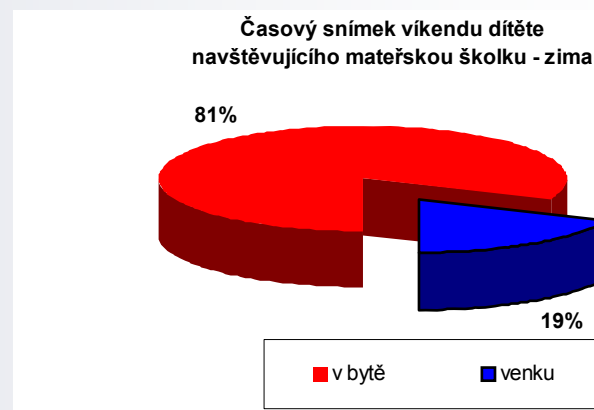
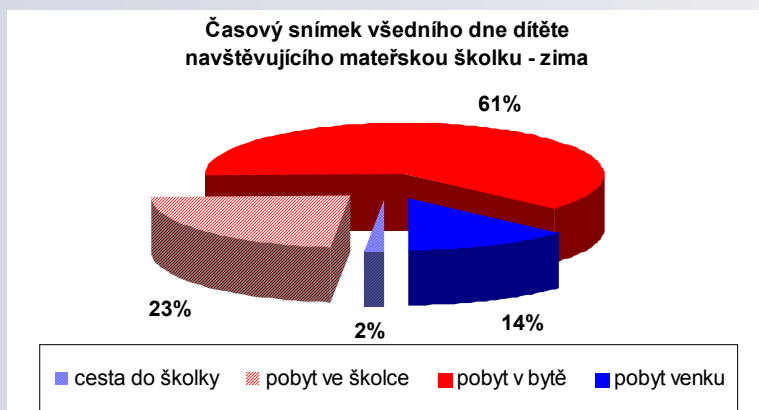
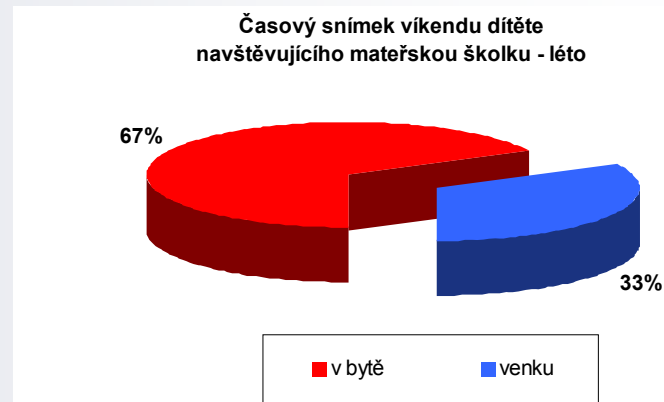
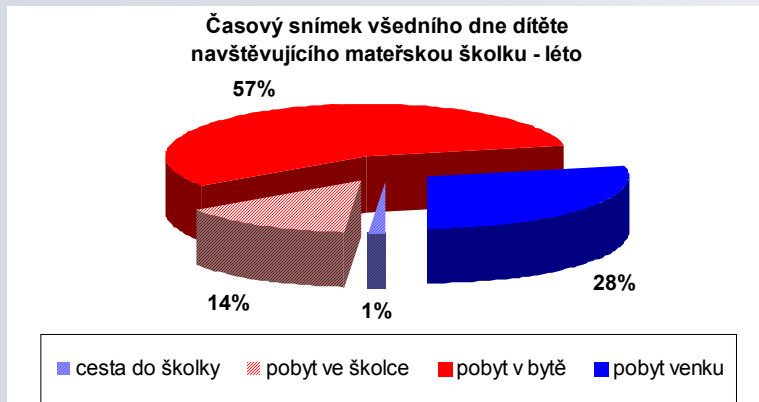
- koncentrace benzenu a VOC byly měřeny pouze v dětských pokojích,
- průměr z naměřených koncentrací benzenu v topném období je $5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
- v netopném období je průměr z naměřených koncentrací $4,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- V obou sezónách bylo **10%** naměřených koncentrací benzenu **nad** hodnotou **$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Druhá etapa měření - výsledky

- Z biologických faktorů byla věnována pozornost **výskytu plísní**, které byly zjištěny v 18% domácností. Výskyt plísní významně souvisí s typem zástavby. Plíseň se vyskytuje častěji v rodinných domech než v bytových domech a v domech cihlových než v domech panelových.
- Průměrná hodnota zjištěné **alergenicity** pomocí ACAREX testu je 0,7. Na stupnici hodnocení odpovídá tato hodnota **žádnému až slabě pozitivnímu** nálezu. Je pravděpodobné, že uživatelé bytů provedli před měřením důkladnější úklid.

Druhá etapa měření – výsledky dotazníky

- Celkem byly získány informace o 1300 rodinách s dětmi v předškolním věku.



Měření v mateřských školkách

- Součástí 2. etapy monitoringu – doplnění informací o expozici předškolních dětí
- Změřeno 20 školek v topné a 20 v netopné sezóně ve 4 městech (Ostrava, Brno, Hradec Králové a Plzeň)
- Pouze u benzenu byl překročen limit ($7\mu\text{g}/\text{m}^3$) – v Brně ve 3 školkách (max. $65\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Vlhkost v topné sezóně je většinou nižší než doporučená

	teplota oC		vlhkost %		NO ₂ μg/m ³		formaldehyd μg/m ³		benzen μg/m ³		toluen μg/m ³		suma xylenu μg/m ³	
	netopná	topná	netopná	topná	netopná	topná	netopná	topná	netopná	topná	netopná	topná	netopná	topná
průměr	22,4	22,0	53,5	30,0	22,6	19,6	26,3	20,6	8,0	6,3	27,9	11,9	23,5	10,4
max	24,6	24,3	75,0	38,0	48,5	39,4	56,9	44,0	65,0	32,4	196,5	48,5	170,0	62,4
min	20,7	19,1	37,7	21,0	7,0	9,2	7,6	8,3	0,0	0,0	1,2	0,0	0,1	0,0

Monitoring vnitřního ovzduší 2002 – 2003 (3. etapa)

Cíle třetí etapy monitoringu

- získat **obecnou** informaci o vnitřním prostředí velikostně nejfrekventovanějších trvale obývaných bytů v ČR
(45 až 74 m² obytné plochy)
- **popsat rozsah koncentrací** vybraných látek a rozsah hodnot ostatních sledovaných faktorů
- **identifikovat další látky** (především organického charakteru), které se vyskytují ve vnitřním ovzduší bytů a zhodnotit zdravotní významnost jejich výskytu

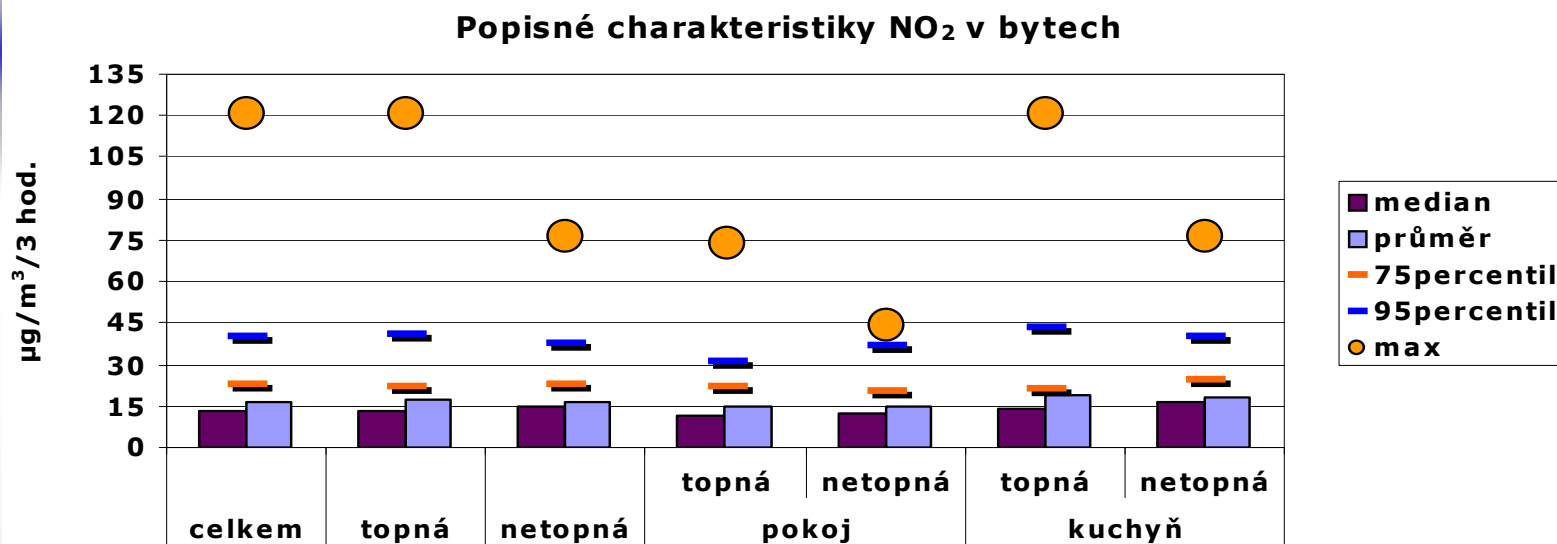
Technicko - organizační zajištění

- 5 měst (Plzeň, Brno, H. Králové, Ostrava, Karviná)
- Celkem 100 bytů – 20 v každém sídle, vybráno náhodným výběrem
- Pokryta sezónnost (topná/netopná)
- Sledovány byly následující parametry kvality vnitřního ovzduší
 - chemické faktory – těkavé organické látky (benzen, toluen, suma xylenů, styren, tetrachloretylen), oxid dusičitý, formaldehyd
 - fyzikální faktory – teplota, relativní vlhkost, suspendované částice frakce TSP a PM₁₀
 - biologické faktory – bakterie, plísně
 - v 50 bytech byl odebrán vzorek ovzduší pro identifikaci dalších těkavých organických látek
- Měřena kuchyň (kromě VOC) a největší obytná místnost bytu
- Jednotné SOP a systém QA/QC včetně PZZ

Výběr bytů

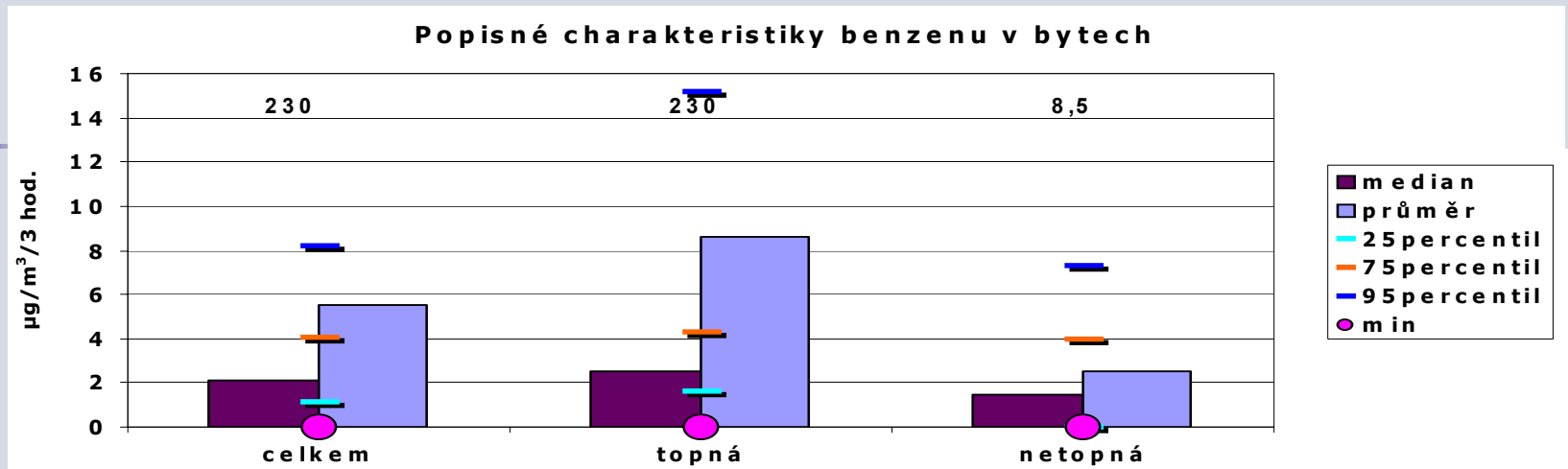
- V první etapě náhodného výběru bylo Českým statistickým úřadem vybráno z výstupů sčítání lidu v roce 2000 1250 bytů (tj. 250 bytů v každém sídle)
- Následovala dotazníková akce zaměřená na základní údaje o všech členech domácnosti, na režim dne, styl bydlení a na životní styl.
(Výsledná response byla 55 %; nejvyšší v Hradci Králové 78 %, nejnižší v Plzni 38 %).
- V druhé etapě náhodného výběru bylo ze souboru souhlasících respondentů vybráno 100 bytů tj. vždy 20 bytů v každém sídle pro měření kvality vnitřního ovzduší.

Nízké hodnoty (NO₂ a VOC)



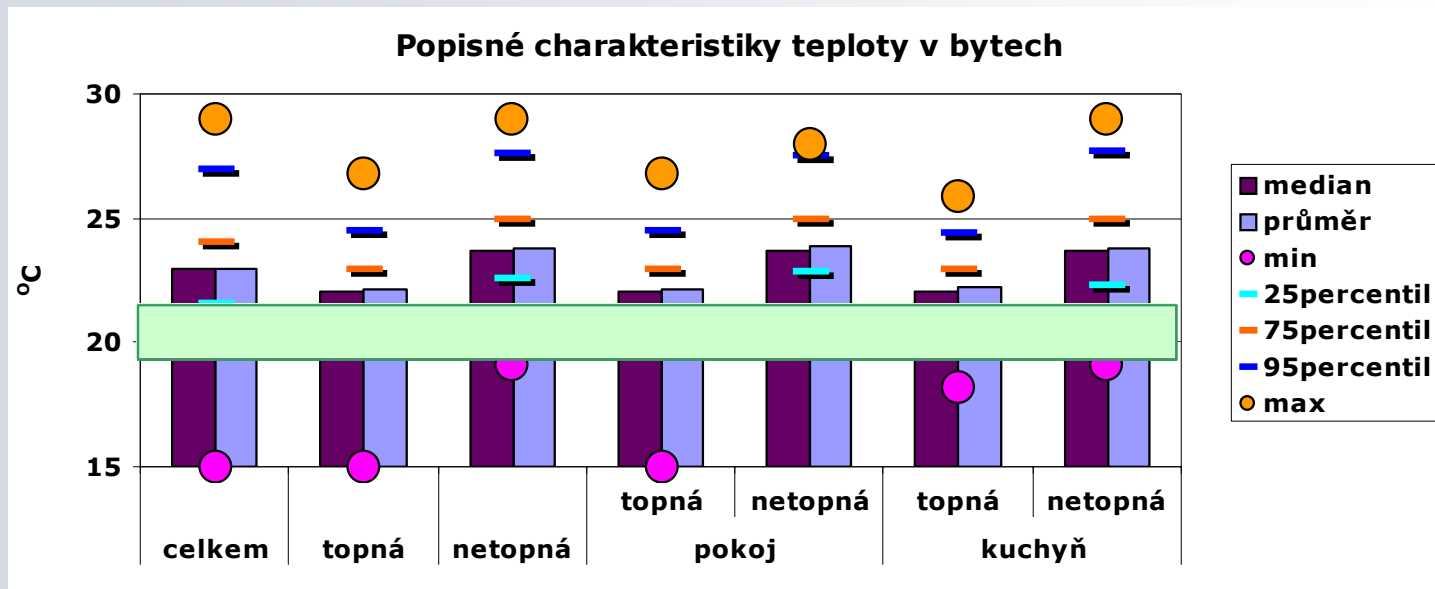
- Průměrná hodnota koncentrace NO₂ zjištěná z tříhodinových měření nepřekročila 20 µg/m³, 95 percentil má hodnotu 41µg/m³.
- Nízké střední hodnoty - **toluen** (31,2 µg/m³) a **suma xylenů** (18,7 µg/m³)
- **Styren a tetrachloretylen** nebyly hodnoceny – více jak 50 % hodnot bylo pod mezí detekce.

Benzen



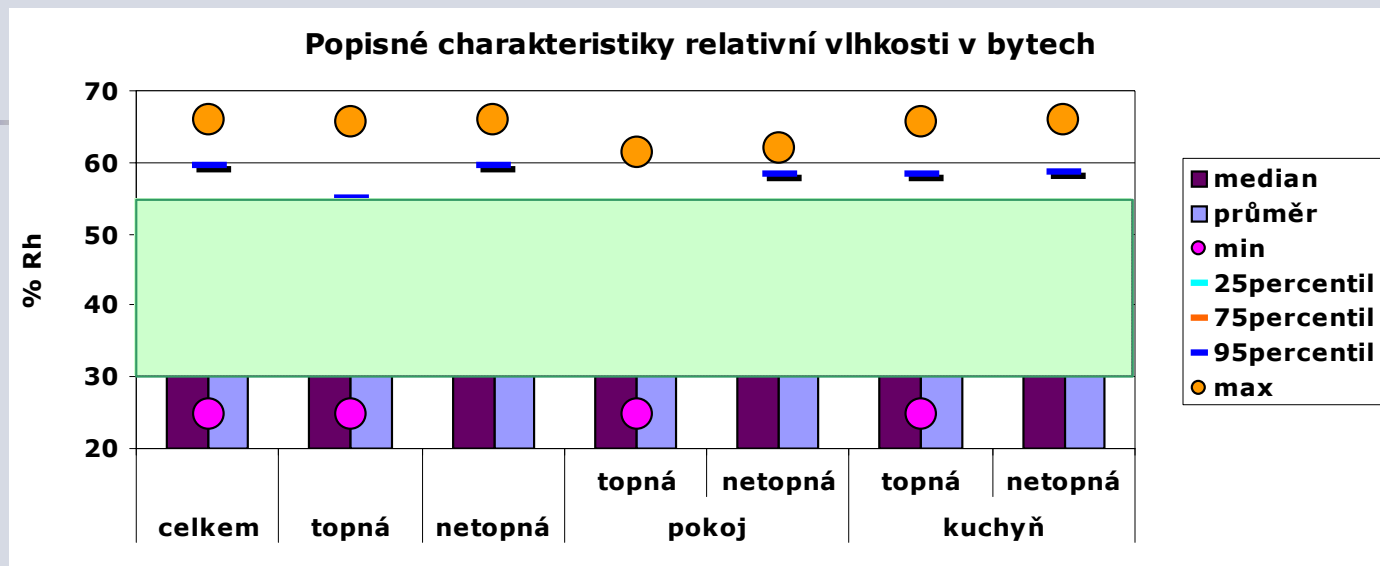
- Byl identifikován ve všech bytech.
- Průměrná hodnota koncentrace ze všech bytů - $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je srovnatelná s hodinovou limitní koncentrací $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Vyhláška MZ ČR č. 6/2003. Sb.)
- Průměrná koncentrace v netopné sezóně byla $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ s maximem $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V topné sezóně byla průměrná koncentrace $8,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ s maximem $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nalezeným v jednom brněnském bytě.
- Koncentrace $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ byla překročena u **12 % místností v topné sezóně** a **10 % v netopné sezóně**.

Mikroklima – teplota



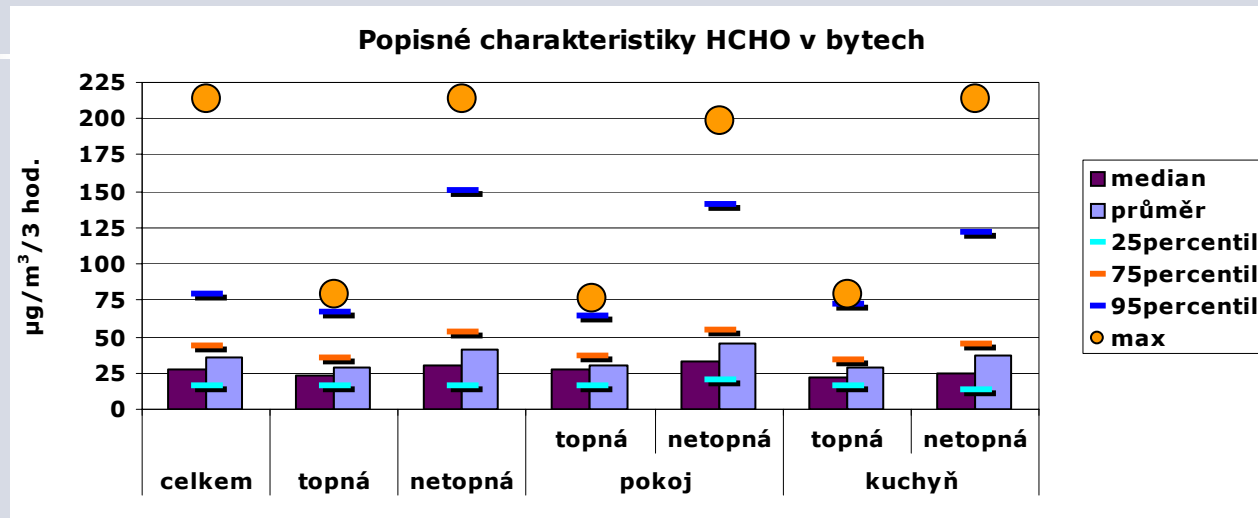
- Průměrné hodnoty **teploty** se pohybují přibližně 1°C nad doporučovaným optimálním rozmezí teploty v bytech (19 až 22°C) a není rozdíl mezi kuchyněmi a místnostmi.

Mikroklima – vlhkost



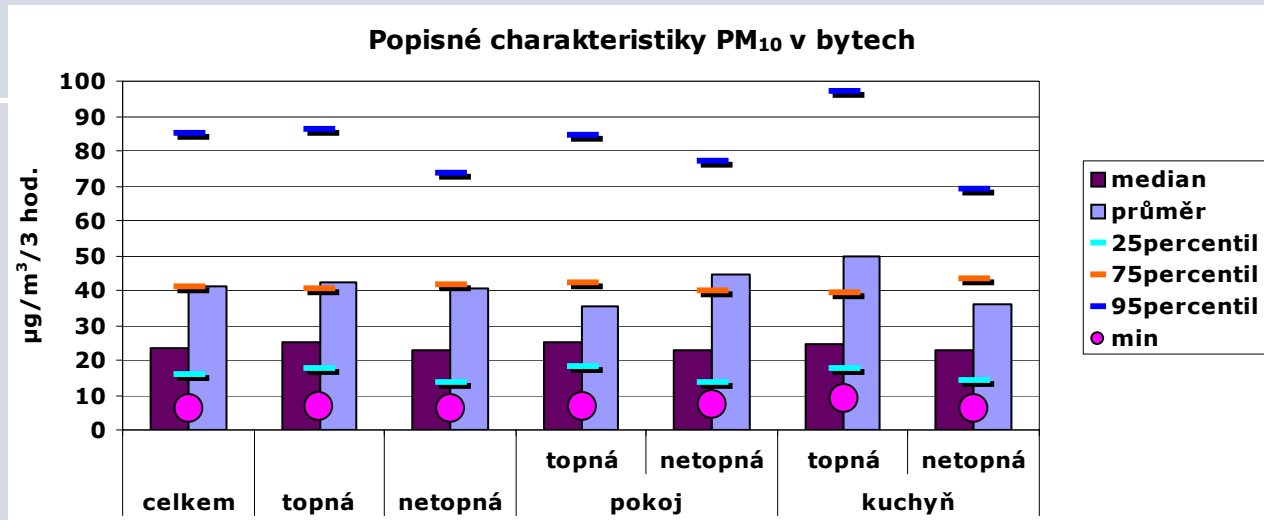
- Doporučovanému rozmezí **relativní vlhkosti** (30 – 55 %) neodpovídá 17 % z naměřených hodnot v pokojích a 21 % z hodnot v kuchyních - z 90 procent se jedná o hodnoty menší než 30 % relativní vlhkosti.
- Měřené místnosti v bytech jsou obecně spíše „teplejší“ a „sušší“ než je doporučováno.

Formaldehyd



- Průměr nepřekročil $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V topné sezóně byla průměrná koncentrace v obou místnostech nižší než $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (maximum je $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$), v netopné sezóně nepřesáhl průměr hodnotu $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (max. přes $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Střední hodnota $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ byla překročena u 9% výsledků v topné sezóně a u 20% v netopné sezóně, kdy zastoupení pokojů a kuchyní je srovnatelné.

Suspendované částice frakce PM₁₀

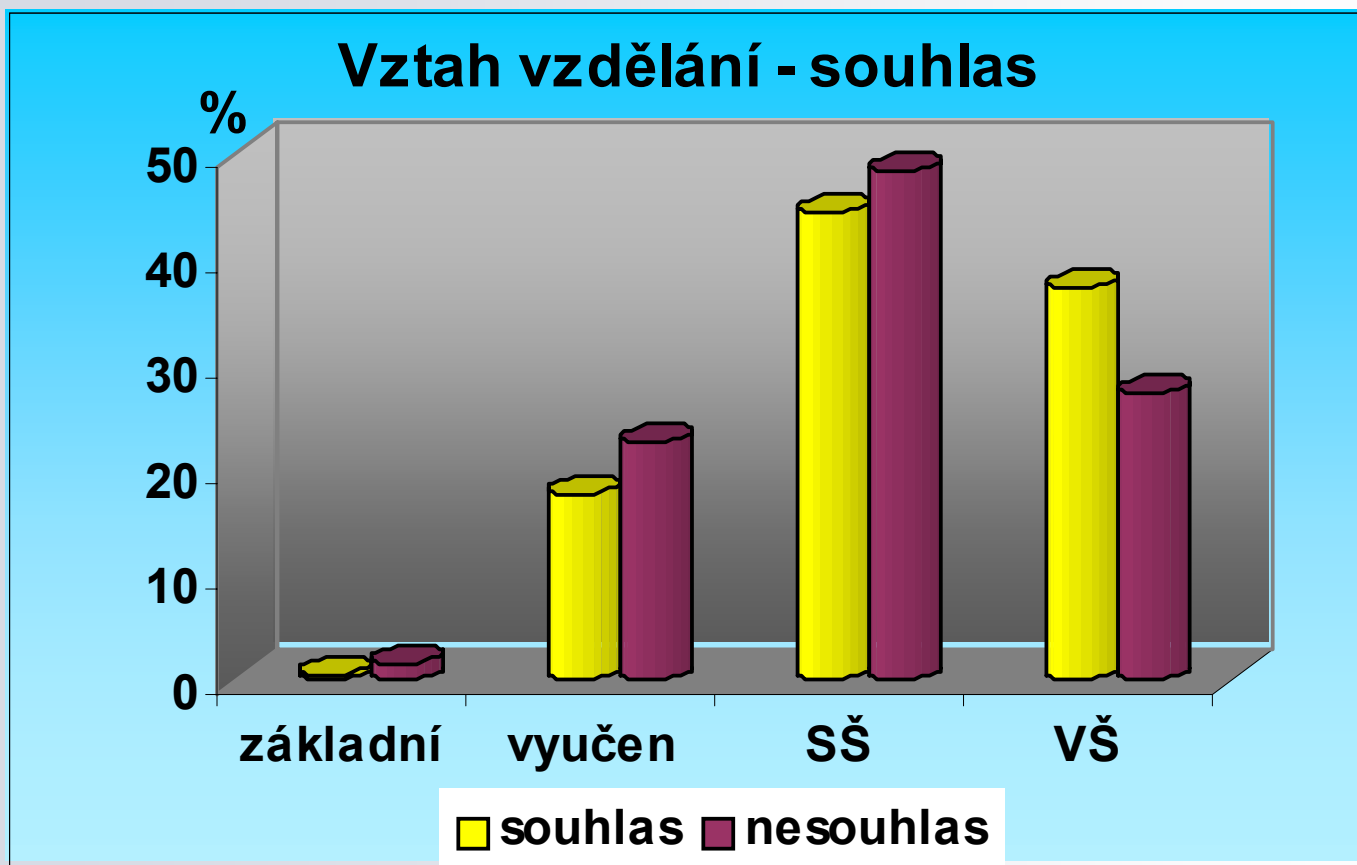


- Malé rozdíly mezi místnostmi – celkový průměr na úrovni 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Byly naměřeny i hodnoty významně vyšší :
 - v topné sezóně v kuchyni 952 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, v pokoji 212 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (stejný byt)
 - v netopné sezóně byla naměřena nejvyšší 3 hodinová koncentrace 843 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ v pokoji, ve stejném bytě byla naměřena v kuchyni hodnota 199 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - většina hodnot v pokojích i kuchyních však nepřekročila 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

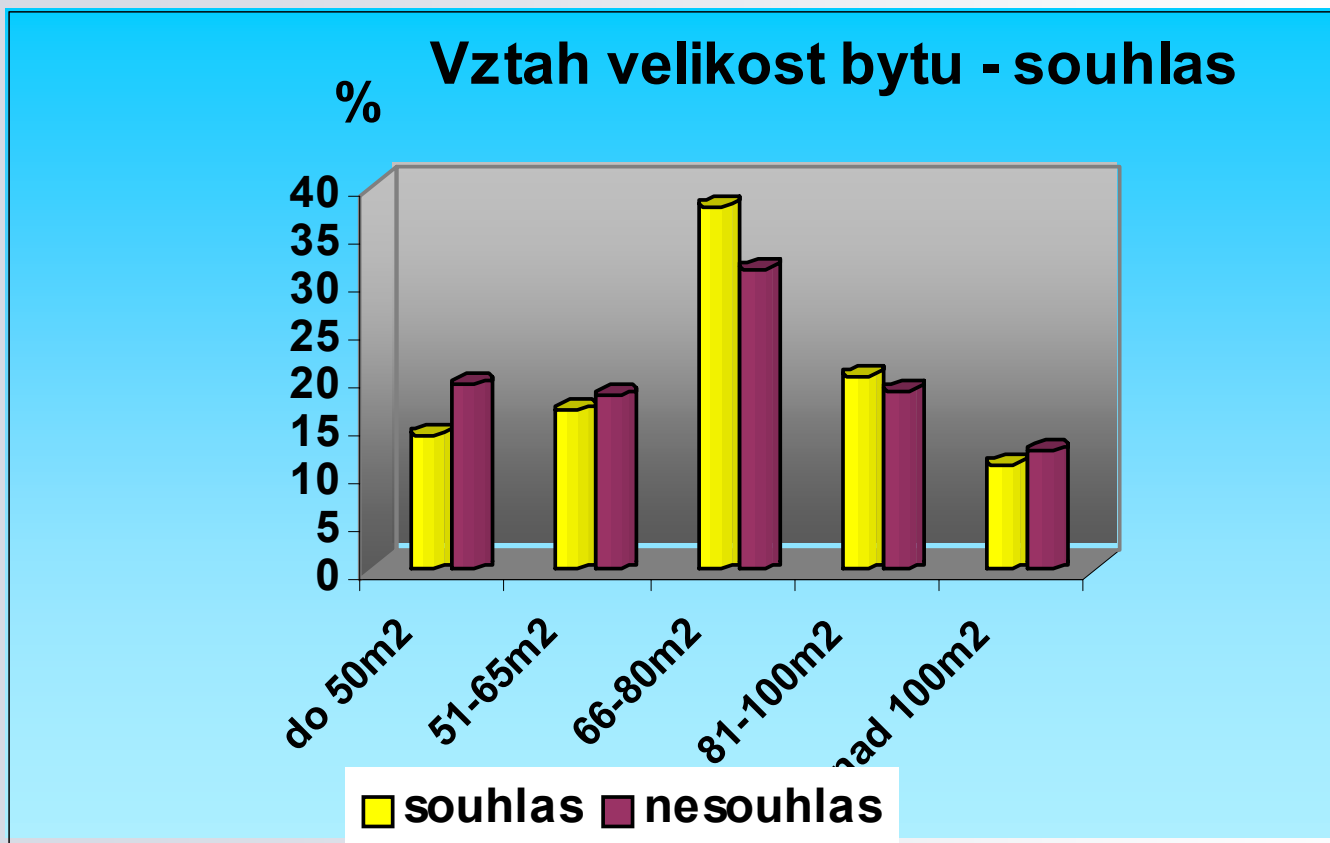
Identifikace nových látek

- Byly nalezeny především alifatické uhlovodíky a jejich deriváty, aromatické uhlovodíky a jejich deriváty, kyslíkaté organické sloučeniny a terpeny – celkem se jednalo o 93 látek
- Ve **všech** bytech byl prokázán výskyt etanolu, acetonu, benzenu, propanu a toluenu
- Identifikováno bylo **5 „nových“ látek, které mohou představovat potenciální zdravotní riziko**. Jedná se o butylacetát, naftalen, benzaldehyd, fenol a etylacetát. S největší četností byly nalezeny butylacetát (4x) a naftalen (12x).

Dotazníkové šetření

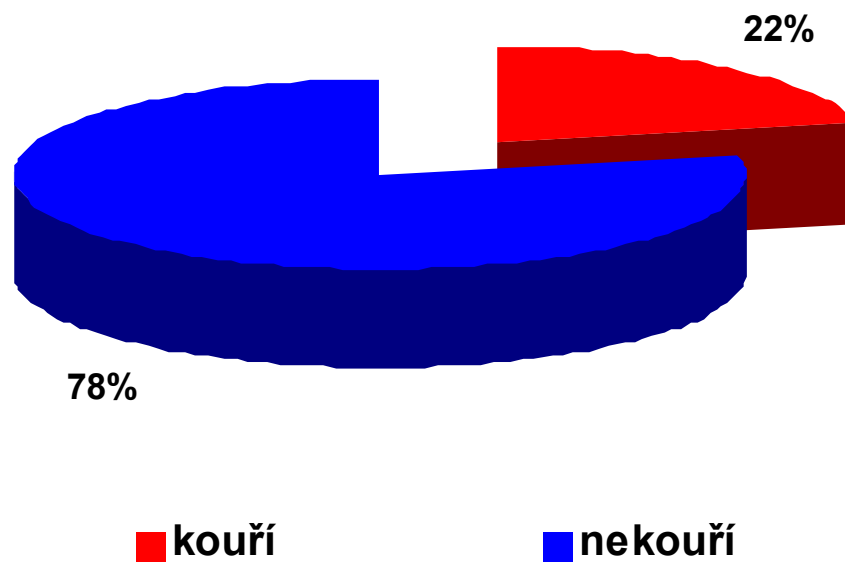


Dotazníkové šetření



Dotazníkové šetření

Poměr kuřáckých a nekuřáckých bytů



Etapa 2002-2003 - souhrn

- V roce 2003 pokračovalo měření kvality vnitřního ovzduší velikostně nejfrekventovanějších trvale obývaných bytů.
- Z měření chemických, fyzikálních a biologických faktorů ve vnitřním prostředí bytů plyne že :
 - měřené místnosti jsou obecně „teplejší“ a „sušší“
 - koncentrace NO₂ jsou relativně nízké, průměrná hodnota je 17 µg/m³, NO₂ nepředstavoval zásadní problém
 - byl zjištěn častý výskyt vysokých koncentrací formaldehydu, hodnota 60 µg/m³ byla překročena ve 14 % měřených místností.
 - koncentrace těkavých organických látek byly, s výjimkou benzenu, nízké. Průměrná hodnota benzenu ze všech bytů byla 6 µg/m³, ojediněle byly nalezeny i hodnoty podstatně vyšší.
 - průměrné hodnoty polétavého prachu PM₁₀ se pohybují na hranici 50 µg/m³, výjimečně však byly naměřeny i koncentrace přes 200 µg/m³.
 - Kvalitativní analýzy identifikovaly ve vnitřním ovzduší bytů 93 organických látek. Potenciální zdravotní riziko představuje 5 látek, z nichž nejvyšší četnost výskytu měly butylacetát a naftalen.

Za nejcennější výstupy lze považovat

- Základní informace o životním stylu použitelné pro hodnocení expozice
- Základní představa o „normálních“ hodnotách sledovaných látek ve vnitřním prostředí bytů
- Identifikaci a rozdělení zdrojů ve vnitřním prostředí
- SOP použitelné na ostatní vnitřní prostředí
- Rozsáhlé datové soubory
- Informace o variabilitě koncentrací v čase (týdenní profily a sezónnost)
- Identifikaci nových látek ve vnitřním ovzduší

Jak dál

- Aby se skutečně jednalo o monitoring vnitřního ovzduší bude zapotřebí toto screeningové proměření opakovat nejlépe v pravidelných – např. čtyřletých intervalech – plánováno je období 2009 až 2010
- V mezidobí je možno/nutno existující informace dále rozšiřovat
 - Velmi málo je známo o hodnotách PAU ve vnitřním ovzduší
 - V souvislosti s hodnocením expozice je zajímavou otázkou dynamika produkce emisí z domácích zdrojů v závislosti na režimu jejich provozu
 - Pozornost si zcela jistě zaslouhuje vztah indoor/outdoor zvláště v relaci s významem prašnosti a sledování i jemných frakcí
 - Je nutno pravidelně aktualizovat informace o životním stylu

Děkuji za pozornost

