

KONCENTRACE TROPOSFÉRICKÉHO OZONU

Jan Dolejš
Oldřich Toufar
Josef Knížek

Summary:

A TROPOSPHERIC OZONE CONCENTRATION

Concurrently with ammonia emissions measuring and testing of air-ionization in their reduction ozone concentration was measured in 3 buildings for animal husbandry during 24 hours. From data analysis the specific dependence of O₃ concentration on ambient temperature and relative humidity has resulted, but only during winter. Interrelation between O₃- emissions source and measuring point was of great significance. O₃ concentration was markedly increased during raising traffic on adjoining road (4 m from measuring point) from 35.05 – 45.46 to 64.38 – 77.56 µg.m⁻³-(P≤0.01). Extreme daily O₃ concentrations in amount about 124.13 and 120.75 µg.m⁻³ have been measured in locality of Opařany. The reason of this fact was not cleared up

Keywords: ozone, temperature, wind direction, air-ionization

Abstrakt:

Souběžně s měřením emisí NH₃ a ověřováním ionizace vzduchu k jejich redukcí byla měřena i koncentrace O₃ po dobu 24 h na 3 objektech pro chov zvířat. Z analýzy dat vyplynula určitá závislost koncentrace O₃ na teplotě a relativní vlhkosti vzduchu pouze v zimě. Velký význam měl vzájemný vztah mezi zdrojem emise O₃ a místem měření. Koncentrace O₃ se výrazně zvýšila během zvýšeného dopravního provozu na přilehlé komunikaci (4 m od místa měření) z 35,05 – 45,46 na 64,38 – 77,56 µg.m⁻³ (P≤0,01). V lokalitě Opařany byly zaznamenány extrémní denní hodnoty koncentrace O₃ ve výši 124,13 a 120,75 µg.m⁻³, jejichž příčinu se nepodařilo objasnit.

Klíčová slova: ozon, teplota, směr větru, ionizace vzduchu,

Úvod

Ozón v přízemní vrstvě vzniká v menší míře fotolýzou O₂. Převážná část O₃ však vzniká fotolýzou NO₂. Kromě NO₂ podporuje tvorbu O₃ také fotolýza uhlovodíků. Tyto látky jsou obsažené ve výfukových plynech spalovacích motorů a jsou emisí různých chemických výrob (čisticí prostředky, rozpouštědla aj.). V biosféře se O₃ vyskytuje v koncentracích 0,02 – 0,05 ppm (= 43 – 107 µg.m⁻³). Vlivem rozšiřujícího se provozu spalovacích motorů je zaznamenáván roční přírůstek koncentrace o 0,5 – 1 % (Herčík a Vašíček, 1997). Ozon v zóně člověka, nebo zvířat způsobuje záněty sliznic, při vyšší koncentraci jsou napadeny oběhové a dýchací systémy organismu. Koncentrace přízemního ozonu se měří v ČR

v monitorovací síti ČHMÚ od roku 1994 (Ročenka: Životní prostředí, 1995).

Předkládaný soubor měření vznikl při ověřování ionizace vzduchu pro účel redukování emisí amoniaku. Požadavek na měření koncentrace ozónu vznikl z obavy, že působení ověřované techniky bude mít vliv na zvýšení koncentrace ozónu v prostředí stájí a dodatečná produkce by mohla mít negativní dopad na zdraví chovaných zvířat a ošetřovatelů. Již během vyhodnocování experimentů bylo zřejmé, že používáním uvedené techniky nedochází k imisi ozónu do prostředí a kolísání jeho koncentrace způsobují jiné vlivy. Soubory dat koncentrací ozónu vzniklých z uvedených měření prezentujeme jako nestructurální monitoring ze 3 lokalit ČR. Po-

pisovaná měření se uskutečnila v roce 2002 a 2003.

Materiál a metodika

Místa a objekty měření: Měření se realizovalo na 3 lokalitách:

- **Praha 10 Uhříněves** - Objekt klimatizované stáje (Účelové hospodářství VÚŽV) se nachází na jihovýchodním okraji Prahy cca 15 km od centra. Kolem objektu vede místní komunikace, která je využívána především pro technologickou dopravu ÚH VÚŽV. Při silničních úpravách kolem Uhříněvsi v roce 2002 a 2003 byla průchodnost dopravy snížena, což mělo za následek, že řidiči z okolí tohoto okolí využívali možnosti průjezdu po komunikaci kolem měřeného objektu. V uvedeném objektu se během této doby uskutečnilo 5 experimentů, při kterých byla měřena koncentrace ozonu.

- **Trhové Dušníky** - nacházejí se cca 2 km severně od Příbramě. Měření se uskutečnila během 7 měsíců, tj. cca 1x za měsíc po dobu 2 – 3 dní.

- **Stálec (Opařany)** - farma je lokalizována cca 15 km jihovýchodně od Písku a cca 15 km jihozápadně od Tábora. Asi 3 km od místa vede frekventovaná silnice mezi uvedenými městy. Během 7 měsíců se uskutečnila měření v intervalu cca 1 měsíc po 2 – 3 dní.

- Přehled měření je uveden v tabulce 1.

Technika měření

Pro měření koncentrace ozónu se používal systém Aseko s elektrochemickými senzory. Zásadním požadavkem bylo kontinuální měření po dobu 24 h, nebo jeho jejím násobkem. Za směrodatné měření byly vybrány jen ty soubory, u nichž bylo dosaženo délky minimálně 23,5 h. Hlavním účelem měření však bylo zjištění koncentrace škodlivých plynů (NH₃, CO₂) ve stájích různou technologií chovu zvířat. Ve spojení s měřeným průtokem vzduchu skrze objekt byl pak následně vyhodnocen emisní tok NH₃. Koncentrace CO₂, jako ukazatel intenzity výměny vzduchu, byla použita k upřesnění k průtoku vzduchu. Získané soubory dat byly pak přetaženy do PC a tam příslušným softwarem byly dále zpracovány. Předmětem dalšího porovnávání jsou denní průměry koncentrace plynu.

Výsledky a diskuse

Z přehledu měření (tabulka 1) je patrná značná variabilita denních průměrů měření v realizovaných experimentech. Koeficient variance byl v rozpětí 0,7 – 52,0 %.

Vzhledem k tomu, že se při měření na klimatizované stáji (lokalita Praha Uhříněves) vyskytly situace se zintenzivněním automobilového provozu na přilehlé komunikaci (vzdálenost cca 4 m od vstupních dveří do objektu), bylo měření rozděleno na 2 části, a to bez výskytu této situace (3 měření) a s výskytem (2 měření). Při porovnání průměrů koncentrací za dobu měření je patrné až téměř 100 % zvýšení průměrů koncentrací O₃ při intenzivním provozu kolem objektu, ve srovnání, kdy byl provoz pouze méně intenzivní.

Byla analyzována i závislost hodnoty koncentrace ozónu na převládajícím proudění vzduchu během měření. Analýza ukazuje na komplikovaný přenos plynů vzniklých převážně rozkladem NO_x z výfukových plynů slunečním zářením a následným přenosem na velké vzdálenosti od místa vzniku. Na základě této skutečnosti byly analyzovány dosažené koncentrace v závislosti na umístění měřeného objektu. Rozdělení četnosti převládajícího směru proudění a dosažených koncentrací ozónu, včetně indexového porovnání (s průměrem za dané měření je uvedeno v tabulce 2.

Vliv směru proudění vzduchu

Hodnocení bylo zpracováno na porovnání zjištěných koncentrací z jednotlivých směrů proudění vzduchu k celkové průměrné koncentrace za dané měření.

Objekt VÚŽV = Za 3 měření byly získány hodnoty koncentrace 35,05 – 45,46 μg O₃.m⁻³. Nejvyrovnanější hodnoty byly získány při M3 (0,7 %). Nepatrně vyšší hodnoty koncentrace o 2,6 % byly naměřeny při západním větru (n=7). Nejvyšší rozdíly byly zaznamenány při M4. Výrazně vyšší koncentrace O₃ byly při větru ze západních směrů, o 35,2 % z NW (n=5) a o 10 % z W (n=6). Nižší hodnoty koncentrace O₃ byly zjištěny během jižního a východního proudění vzduchu.

Lhota u Příbramě = Při tomto měření byla zjištěna nejnižší průměrná hodnota – 30,67 μg O₃.m⁻³. Poněkud zvýšená koncentrace byla zaznamenána jak z jihozápadu (+ 8,8 % -n=1) a západu (+ 4,4 – n=2) ze směru možných zdrojů emise, ale také z východu (+ 6,1 % -

n=2). Naopak snížená koncentrace byla zjištěna ze severovýchodního směru (-4 % - n=12).

Tabulka 1: Přehled měření a dosažené průměrné koncentrace O₃

(Summary of measuring and reached values of O₃ average concentration)

M	období měření		dni	průměr	SD	variance	max.	datum
	od	do	n	µgO ₃ /m ³		%	µgO ₃ /m ³	
1	8.4. - 6.5.2002		10	77,56	6,898	8,9	80,70	23.4.
2	16.5. - 17.6.2002		10	35,05	6,143	17,5	45,19	17.6.
3	8.7. - 25.9.2002		29	37,06	2,423	0,7	40,89	16.8.
4	12.2. - 29.4.2003		32	45,46	10,879	23,9	65,10	23.4.
5	15.5. - 8.7.2003		35	64,38	11,886	18,4	102,22	10.6.
měření mimo VÚŽV Uhřetěves								
6	21.5.-9.12.2002 Lhota u PB		19	30,67	5,157	16,8	40,35	21.5.
7	19.5.- 21.8.2003 Opařany		16	69,87	36,310	52,0	124,13	17.6.
							120,75	18.6.

Tabulka 2: Rozdělení koncentrace O₃ podle směru větru

(Distribution of O₃ concentration according to wind direction)

A) Praha Uhřetěves – bez provozu na přilehlé komunikaci

(Praha Uhřetěves – without traffic on neighbouring road)

Měření ¹⁾	M2			M3			M4		
DD	16.5. - 17.6.2002			8.7. - 25.9.2002			12.2. - 29.4.2003		
Směr ²⁾ větru	n	µg O ₃ /m ³	index	n	µg O ₃ /m ³	index	n	µg O ₃ /m ³	index
N	0			6	37,54	1,013	5	41,39	0,910
NE	2	33,60	0,959	5	35,91	0,969	3	45,15	0,993
E	1	37,09	1,058	3	34,58	0,933	5	40,64	0,894
SE	1	30,10		0			1	36,02	0,792
S	0			1	37,09	1,001	0		
SW	0			0			6	43,76	0,963
W	4	34,54	0,985	7	38,01	1,026	6	49,99	1,100
NW	1	32,79	0,936	4	37,09	1,001	5	61,44	1,352
VARIABL	1	45,15	1,288	3	36,91	0,996	1	37,63	0,828
celkem ³⁾	10	35,05	1,000	29	37,06	1,000	32	45,46	1,000

Poznámka: koncentrace O₃ = průměr z n měření (Note: O₃ concentration is average value from n measuring)

Key: ¹⁾No.measuring, ²⁾wind direction, ³⁾total

B) s provozem na přiléhající komunikaci

(with traffic on neighbouring road)

Měření směr větru	M1			M5		
	8.4. - 6.5.2002			15.5. - 18.7.2003		
	n	µg/m ³	index	n	µg/m ³	index
N	0			4	52,41	0,814
NE	0			4	69,47	1,079
E	2	68,53	0,884	2	67,46	1,048
SE	2	79,82	1,029	3	67,01	1,041
S	0			1	49,45	0,768
SW	0			4	62,62	0,973
W	5	80,84	1,042	10	66,38	1,031
NW	1	74,72	0,963	3	59,16	0,919
VARIABL	0			4	75,92	1,179
celkem	10	77,56	1,000	35	64,38	1,000

C) mimo VÚŽV Uhříněves

(outside VÚŽV Uhříněves)

měření místo směr větru	M6			M7		
	Lhota u PB			Opařany		
	21.5. - 9.12.2002			19.5. - 21.8.2003		
DD	n	µg/m ³	index	n	µg/m ³	index
N	0			0		
NE	12	29,44	0,960	1	124,13	1,777
E	2	32,55	1,061	0		
SE	0			1	25,88	0,370
S	0			1	24,38	0,349
SW	1	33,36	1,088	3	63,88	0,914
W	2	32,01	1,044	6	76,38	1,093
NW	0			2	100,31	1,436
VARIABL	0			2	46,5	0,666
celkem	19	30,67	1,000	16	69,87	1,000

Opařany = Měření v této lokalitě mělo nejvyšší variabilitu (52 %) ze všech měření. Průměrná koncentrace O₃ za dobu měření byla 69,87 µg.m⁻³. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny při proudění vzduchu ze severních směrů, ze severozápadu (+43,6 % -n=2) a ze severovýchodu dokonce o 77,7 % (n=1) a ze

západu +9,3 % (n=6). Nejvyšší denní koncentrace O₃ byly zaznamenány 17.-18.6.2003 (124,13 a 120,75 µg.m⁻¹). Uvedené zvýšení hodnot se nepodařilo spolehlivě vysvětlit.

Vliv zvýšeného provozu na přilehlé komunikaci

Vlivem zvýšené úrovně dopravního provozu byla naměřená výrazně vyšší úroveň koncentrace O₃. Průměr za dobu měření M1 byl 77,56 a M5 64,38 µg.m⁻³. Maximální denní hodnoty při uvedených měření byly 80,70 (M1) a 102,22 µg.m⁻³ (M5). Pokud porovnáme měření konaná v roce 2002 a 2003 během zvýšeného provozu a při běžném provozu, tj. M1(02)/M4(03) a M2(02)/M5(03), pak rozdíl jejich naměřených průměrů má vysokou statistickou úroveň P ≤ 0,01.

Vliv teploty relativní vlhkosti vzduchu během měření

Nejvyšší závislost koncentrace O₃ na uvedených faktorech bylo zaznamenáno v zimě a v časném jaru (měření M4 a M1). U měření M1 byla u teploty význačná (r=+0,556), u rel.vlhkosti mírná závislost (r=0,445). U měření M4 byla význačná závislost u teploty (r=+0,625), ale u relativní vlhkosti měla závislost opačný průběh (r=-0,424). Závislost v pozdních jarních měsících a v létě měla převážně nízký stupeň a hodnota korelačního koeficientu kolísala kolem 0,0.

Na stupeň vzájemné vazby proměnných nemá vliv ani rozpětí denních teplot při měření koncentrace O₃. Uvedený parametr neměl vliv na zjištěnou variabilitu v rámci jednotlivých měření.

Tabulka 3: Závislost koncentrace O₃ na teplotě a relativní vlhkosti vzduchu

(Dependence of O₃ concentration on temperature and relative humidity)

M _x	ΔK	rozsah teplot ¹⁾ od - do	teplota ²⁾ y=b+ax ¹		korelace ³⁾ r	rel.vlhkost ⁴⁾ y=b+ax ²		korelace r
			b	a		b	a	
M1	14,6	4,1 - 18,7	68,5	+0,873	+0,556	58,6	+0,314	+0,445
M2	9,3	12,5 -21,8	39,6	-1,030	-0,048	19,5	+0,255	+0,283
M3	22,4	3,1 - 25,5	36,9	+0,010	+0,025	34,5	+0,039	+0,142
M4	13,5	1,7 - 15,2	32,8	1,621	+0,625	78,7	-0,516	-0,427
M5	11,5	14,1 - 25,6	53,6	0,555	+0,167	94,4	-0,571	-0,273
M6	39,4	-8,3 - 31,1	26,8	0,230	+0,356	37,7	-0,108	-0,235
M7	17,4	12,4 - 29,8	66,1	0,176	+0,023	29,5	+0,594	+0,132

Key: ¹⁾temperature range, ²⁾temperature, ³⁾correlation, ⁴⁾relative humidity

Závěr

Vyšší závislost tvorby O₃ na teplotě a relativní vlhkosti byla zaznamenána pouze v při měření v zimě a časně na jaře. V letních měsících byla uvedená závislost velmi nízká. Koncentrace O₃ v daných lokalitách byla ovlivněna vzájemnou polohou největšího

zdroje emise O₃ a místa měření. Výrazné zvýšení koncentrace O₃ bylo zaznamenáno v těsné blízkosti přilehlé komunikace v období zvýšeného automobilového provozu. Některé zvýšené hodnoty koncentrace plynu (Opařany) se nepodařilo spolehlivě vysvětlit.

Literatura

Herčík, M., Vašíček, B. (1997): Ozon-žádoucí a nežádoucí. Ochrana ovzduší, 2, p.21-23
Životní prostředí ČR. Ročenka 1995. Český ekologický ústav, p.64-69

Príspevek byl zpracován na základě výsledků řešení výzkumného záměru č. MZE 0002701402 za finančního přispění MZe ČR.