

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie

**Index kvality ovzduší – srovnání vybraných
metodických přístupů na příkladu ovzduší
města Olomouce**

Bakalářská práce

Vladimíra Stejskalová

Studijní program B1301 Geografie

Studijní obor 1301R005 Geografie

Vedoucí práce: RNDr. Martin Jurek, Ph.D.

Olomouc 2008

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci řešila samostatně a že jsem uvedla veškerou použitou literaturu.

Zábřeh, 2. 5. 2008

.....



Vysoká škola: Univerzita Palackého

Fakulta: Přírodovědecká

Katedra: Geografie

Školní rok: 2006/07

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student

Vladimíra **STEJSKALOVÁ**

obor

Z-BiO

Název práce:

**Index kvality ovzduší – srovnání vybraných metodických přístupů
na příkladu ovzduší města Olomouce**

**Air quality index – comparison of selected methodic approaches
based on their application to the ambient air of the city of Olomouc**

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je srovnat vybrané přístupy k hodnocení úrovně znečištění venkovního ovzduší užitím indexu kvality ovzduší, a to praktickou aplikací jednotlivých indexů na hodnoty koncentrací znečišťujících látek naměřených v rámci imisního monitoringu provozovaného Magistrátem města Olomouce. Časové řady imisních dat budou vybrány tak, aby se jednalo o reprezentativní vzorky situací za typické případy rozptylových podmínek během kalendářního roku.

Rámcová struktura práce:

1. Úvod, cíle práce
2. Metody zpracování, použitá data
3. Index kvality ovzduší – teoretická východiska
4. Srovnávací analýza indexů kvality ovzduší
5. Závěr
6. Shrnutí – summary, klíčová slova – key words (v českém a anglickém jazyce)
7. Seznam použité literatury

Bakalářská práce bude zpracována v těchto kontrolovaných etapách:

rešerše literatury	do 30. 11. 2007
zpracování imisních dat	do 15. 2. 2008
interpretace výsledků analýz	do 31. 3. 2008

Rozsah grafických prací: prezentace výsledků analýz formou grafů a tabulek

Rozsah průvodní zprávy: 10 000 slov základního textu; práce včetně všech příloh bude odevzdána také v elektronické podobě na CD-R

Seznam odborné literatury:

Harrop, O. (2002) Air Quality Assessment and Management : A Practical Guide. London: Spon Press (Taylor & Francis Group). ISBN 0-415-23411-5.
Griffin, R. D. (2007) Principles of Air Quality Management. 2nd ed. CRC Press (Taylor & Francis Group). ISBN 978-0-8493-7099-1.
Boubel, R. W. et al. (1994). Fundamentals of Air Pollution. 3rd ed. San Diego: Academic Press (Elsevier).
Jurek, M. (2006) Communicating Air Quality to the Public as a Tool to Raise Awareness of Air Pollution Issues. In: Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Geographica 39, str. 31-37.

Časopisy:

Ochrana ovzduší
Atmospheric Environment
Water, Air, and Soil Pollution

Internet:

ČHMÚ, Úsek ochrany čistoty ovzduší	http://www.chmi.cz/uoco/
Státní zdravotní ústav	http://www.szu.cz/
US Environmental Protection Agency	http://www.epa.gov/

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Martin Jurek

Datum zadání bakalářské práce: 15. 6. 2007

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. 5. 2008


vedoucí katedry


vedoucí bakalářské práce

Obsah

OBSAH	5
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A ZNAČEK	6
ÚVOD	7
1 CÍL PRÁCE	8
2 POUŽITÁ DATA A METODY ZPRACOVÁNÍ	9
3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA UŽITÍ INDEXU KVALITY OVZDUŠÍ	11
3.1 INDEX KVALITY OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE	11
3.1.1 <i>Definice IKO podle Státního zdravotního ústavu</i>	12
3.1.2 <i>Definice IKO podle Českého hydrometeorologického ústavu</i>	12
3.2 VYBRANÉ ZAHRANIČNÍ PŘÍKLADY INDEXU KVALITY OVZDUŠÍ	13
3.2.1 <i>Index kvality ovzduší ve Spojených státech amerických</i>	14
3.2.2 <i>Index znečištění ovzduší ve Velké Británii</i>	16
3.2.3 <i>Index kvality ovzduší v Německu</i>	16
3.2.4 <i>Index kvality ovzduší v Rakousku</i>	19
3.2.5 <i>Index kvality ovzduší na Slovensku</i>	20
3.2.6 <i>Index kvality ovzduší v Polsku</i>	21
3.2.7 <i>Evropský index kvality ovzduší (CAQI)</i>	22
4 SROVNÁVACÍ ANALÝZA INDEXŮ KVALITY OVZDUŠÍ	24
4.1 ANALÝZA ROZLOŽENÍ ČETNOSTI ÚROVNÍ A TŘÍD INDEXŮ KVALITY OVZDUŠÍ	24
4.2 DENNÍ CHOD INDEXŮ KVALITY OVZDUŠÍ	28
4.3 DENNÍ CHOD INDEXŮ KVALITY OVZDUŠÍ – SROVNÁNÍ ZIMNÍHO A LETNÍHO PŮLROKU	32
4.4 VZÁJEMNÉ SROVNÁNÍ ČETNOSTÍ TŘÍD INDEXŮ	40
5 ZÁVĚR	42
6 SUMMARY	43
7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	45
PŘÍLOHY	48

Seznam použitých zkratk a značek

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DEFRA	Department for Environment, Food and Rural Affairs (Velká Británie)
EPA	Environmental Protection Agency (Agentura pro ochranu ŽP, USA)
GIOŚ	Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (Polsko)
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
SZÚ	Státní zdravotní ústav (ČR)
WHO	World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)
AQI	Air Quality Index (anglicky)
API	Air pollution index (Velká Británie)
CAQI	Common Air Quality Index (EU, projekt CITEAIR)
IJP	Indeks jakości powietrza (Gdaňsk, Polsko)
IKO	Index kvality ovzduší (ČHMÚ nebo SZÚ, ČR)
IZ	Index znečištění ovzduší (Ministerstvo zdravotnictví ČSR)
IZO	Index znečistenia ovzdušia (Slovensko)
LaQx	Langzeit-Luftqualitätsindex (Německo)
LQI, LuQx	Luftqualitätsindex (Německo)
PSI	Pollutant Standard Index (USA)
CO	oxid uhličitý
CO ₂	oxid uhelnatý
NO ₂	oxid dusičitý
NO _x	oxidy dusíku
O ₃	ozon
PM ₁₀	polétavý prach frakce do 10 mikrometrů
SO ₂	oxid siřičitý
SPM	polétavý prach
1h	hodinový (ve spojení hodinová koncentrace znečišťující látky)
8h	osmihodinový
24h	čtyřadvacetihodinový

Úvod

V dnešní době je kvalita ovzduší lepší než v dřívějších dobách průmyslového rozvoje, ale stále, obzvláště v některých částech roku i dne, je relativně zhoršená. Toto zhoršení je patrné zejména při ranní a odpolední dopravní špičce. Automobilová doprava patří v současnosti mezi hlavní znečišťovatele ovzduší, a to produkcí oxidů dusíku, oxidu uhelnatého, uhlovodíků, prašností a v neposlední řadě i hlukem. Velké problémy způsobují zejména mikroskopické prachové částice zatěžující dýchací aparát a podílejí se tak na zvýšeném počtu kardiovaskulárních a plicních nádorových onemocnění. Problémem je i přízemní ozon. Jeho koncentrace rostou s intenzitou slunečního záření, maxima jsou tedy dosahována na jaře a v létě. Hustá automobilová doprava v kombinaci s intenzivním slunečním zářením jsou příčinou vzniku tzv. fotochemického smogu, který velmi zatěžuje dýchací aparát nejen lidské populace.

Zatímco velké průmyslové zdroje znečišťování jsou v rámci legislativy povinny dodržovat přísná regulační emisní opatření, jednotlivci nejsou ze zákona k přímým regulacím emisí takto nuceni. Proto jsou v posledních letech, hlavně následkem zdražování cen elektrické energie a zemního plynu a následným návratem ke spalování levnějšího uhlí a dřeva (v horším případě bohužel i s přidavkem hořlavého domácího odpadu), zastoupeny hned po dopravě jako hlavní znečišťovatelé ovzduší i samotné domácnosti.

Je velmi důležité informovat co nejširší veřejnost o kvalitě ovzduší. Mělo by se více poukázat na individuální odpovědnost za objem vypouštěných emisí. K tomu by mohlo pomoci zavedení indexu kvality ovzduší, který dokáže srozumitelnou formou aktuální znečištění ovzduší nejen ohodnotit, ale i upozornit, jaký vliv má na lidské zdraví. Jednoduchý index kvality ovzduší by se mohl stát součástí zpravodajství či alespoň předpovědi počasí na celostátní i regionální úrovni a proměnit se tak v efektivní nástroj prevence znečišťování ovzduší. Konkrétně ve městě Olomouci jsou v reálném čase k dispozici data z městského imisního monitoringu v lokalitě Olomouc-Velkomoravská, v současnosti zveřejňovaná na webových stránkách magistrátu a na světelném informačním panelu v podloubí radnice na Horním náměstí, jedná se však o konkrétní číselné hodnoty koncentrací. Pro komunikaci s laickou veřejností by jistě vítaným doplňkem byl také komplexněji pojatý index kvality ovzduší.

1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je popsat jednotlivé typy indexu kvality ovzduší používané v České republice a ve vybraných zemích světa, porovnat je na vzorku dat převzatých z imisního monitoringu Magistrátu města Olomouce a navrhnout vhodný typ indexu kvality ovzduší pro město Olomouc. Vstupní data pro srovnávací analýzu ve formě půlhodinových nebo hodinových koncentrací látek SO₂, NO₂, O₃ a PM₁₀ jsou převzaty ze stanice městského imisního monitoringu Olomouc-Velkomoravská, a to za období let 2004–2006.

2 Použitá data a metody zpracování

Stanice městského imisního monitoringu Olomouc-Velkomoravská je v současnosti základní stanicí pro sledování kvality ovzduší v Olomouci na úrovni městské samosprávy. Data z ní jsou prakticky v reálném čase dostupná na internetových stránkách Magistrátu města Olomouce (<http://www.olomouc.eu/ovzdusi>) a od února 2008 jsou aktuální hodnoty koncentrací NO₂, PM₁₀, SO₂ a teploty vzduchu z této lokality zobrazovány na informačním panelu v podloubí radnice na centrálním olomouckém Horním náměstí. Měřicí stanice je umístěna v areálu Střední školy polytechnické v těsné blízkosti dopravně vytižené ulice Velkomoravská a je kategorizována jako dopravní v městské obytné zóně s kombinovaným měřicím programem. Automatizovaně monitoruje koncentrace PM₁₀, SO₂, NO₂, O₃, teplotu, srážky, směr a rychlost větru (ČHMÚ – Lokality měření, on-line). Data za období let 2004–2006 poskytl Odbor životního prostředí Magistrátu města Olomouce ve formě tabulkových souhrnů obsahujících již verifikovaná data. Data za rok 2007 nebyla na počátku roku 2008 ve verifikované podobě k dispozici, a proto nebyla zahrnuta do vzorku dat zpracovaných v rámci této bakalářské práce.

Index kvality ovzduší je ve světě poměrně rozšířený a používá se v celé řadě obměn. Pro srovnání metodických přístupů jsem se omezila na vybrané státy Evropy, které mají podobné klimatické, hospodářské a legislativní poměry jako ČR – konkrétně všechny sousední střeoevropské státy (Slovensko, Polsko, Německo, Rakousko). K tomu byly vzhledem k historii rozvoje ochrany ovzduší ve světě zahrnuty také Spojené státy americké a Velká Británie, z důvodu členství ČR v Evropské unii bylo zohledněno také sledování kvality ovzduší na celoevropské úrovni.

Postupem pro vyhledání indexů bylo zadání klíčových slov do internetového vyhledávače Google: „index kvality ovzduší“, „index znečištění ovzduší“, „index znečistenia ovzdušia“, „air quality index“, „air pollution index“, „Luftqualitätsindex“, „Luftgüteindex“, „indeks jakości powietrza“. Navíc byly samostatně prohledávány webové stránky příslušných státních institucí pověřených sledováním ovzduší nebo životního prostředí (pro Českou republiku Český hydrometeorologický ústav a Státní zdravotní ústav, pro Slovensko Slovenský hydrometeorologický ústav, pro Polsko Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, pro Německo a Rakousko Umweltbundesamt a příslušné úřady jednotlivých spolkových zemí, pro Velkou Británii Department for Environment, Food and Rural Affairs, pro USA Environmental Protection Agency).

K vlastní analýze bylo vybráno pět evropských indexů kvality ovzduší (tab. 1). Tyto indexy se liší počtem úrovní indexu a různým nastavením imisních limitů. Velmi podobné jsou zejména indexy český a německý, nejvíce odlišný od ostatních je index britský. Postup stanovení jednotlivých indexů je uveden v kapitole 3. V teoretické části práce je popsán také index americký (AQI), ten ale z důvodů odlišného technického vyjádření koncentrací nebyl na data naměřená v Olomouci aplikován.

Tab. 1 Analyzované indexy a příslušné vyhodnocované znečišťující látky (v 1h konc.)

index	SO ₂ (1h)	NO ₂ (1h)	O ₃ (1h)	PM ₁₀ (1h)
IKO (ČHMÚ)	×	×	×	×
LuQx (Německo)*	×	×	×	
IJP (Gdaňsk)	×	×	×	×
API (VB)		×	×	
CAQI (EU)		×		×

* Bádensko-Württembersko, Bavorsko, Dolní Sasko, Duryňsko, Sasko

Vybrané indexy byly za období let 2004–2006 vyhodnoceny v hodinových intervalech. Jednotlivé stupnice nelze přímo srovnat vzhledem k různému počtu intervalů indexu. Proto byly úrovně indexu pro účely vzájemného srovnání kategorizovány do tří tříd:

- 1 – **nejlepší kvalita ovzduší** (nejpříznivější úroveň indexu)
- 2 – **vyhovující kvalita ovzduší** (všechny další úrovně s ovzduším zdravotně vyhovujícím)
- 3 – **nevyhovující kvalita ovzduší** (úrovně vyjadřující kvalitu ovzduší zhoršenou oproti zdravotním normám)

Rozhodujícím kritériem byla obsahová hodnota sdělení dané úrovně indexu z hlediska vnímání u koncových příjemců. Třída 1 zahrnuje situace, kdy index informuje veřejnost o prakticky čistém, zdravotně bezproblémovém ovzduší (při komunikaci s podporou barevné škály bývá sdělován zelenou barvou). Naproti tomu do třídy 3 byly zařazeny ty úrovně indexu, které výslovně indikují kvalitu ovzduší zdravotně nevyhovující a rizikovou (obecně ji lze ztotožnit s hodnotami koncentrací překračujícími imisní limity).

3 Teoretická východiska užití indexu kvality ovzduší

Index kvality ovzduší (IKO) se používá jako nástroj pro komplexní hodnocení míry znečištění ovzduší. Ve světě byly vytvořeny různé modifikace IKO, které se liší v rozdílných požadavcích na rozsah vstupních dat a v několika obměnách způsobu jejich vyhodnocení. U všech modifikací indexů je nejdůležitějším kritériem hodnocení vlivu škodlivin v ovzduší na lidské zdraví. IKO může sloužit ke srozumitelnému informování široké veřejnosti o úrovni znečištění ovzduší, neboť samotné číselné hodnoty naměřených koncentrací nemají pro laiky bez znalostí o jejich významu z pohledu zdravotních účinků přímou vypovídací schopnost. Pravidelné informování obyvatelstva o aktuálním stavu kvality ovzduší může být užitečné nejen pro zdravotně rizikové skupiny obyvatel, ale mohlo by zvýšit vnímání dopadu malých a mobilních zdrojů znečišťování ovzduší na kvalitu ovzduší, pokud by denní, sezónní a roční chod indexu byl veřejnosti interpretován v kontextu příčin zvýšených koncentrací.

3.1 Index kvality ovzduší v České republice

V roce 1981 publikovalo jednu z prvních podob indexu znečištění ovzduší (IZ) Ministerstvo zdravotnictví ČSR v Hygienických předpisech, sv. 51/1981, zejména jako nástroj k hodnocení hygienické kvality ovzduší. Symon et al. (1988) uvádí za autory metodiky výpočtu IZ Kašpara a Ubla. Základním údajem pro konstrukci IZ je soubor středních 24hodinových koncentrací znečišťujících látek, které jsou porovnávány s hodnotami násobků nejvyšších přípustných středních denních koncentrací. Následně jsou hodnoty kategorizovány do šesti tříd a jejich relativní četnost výskytu je násobena tzv. koeficientem hygienické závažnosti (pro třídy I–VI vzestupně hodnoty 1, 2, 5, 25, 125, 625). Tyto násobky relativních četností s koeficienty hygienické závažnosti se v posledním kroku sečtou v hodnotu IZ a ta se vyhodnotí podle intervalů: $IZ \leq 120$ znamená *čisté ovzduší*, IZ v rozmezí 121 až 200 *znečištěné ovzduší*, $IZ > 200$ *silně znečištěné ovzduší*. Stanovení IZ je možné buď izolovaně pro jednotlivé škodliviny nebo kombinovaně pro současné působení více škodlivin. Pro roční zhodnocení IZ je zapotřebí alespoň 240 rovnoměrně rozložených hodnot, v případě kratšího hodnoceného

období je pak počet úměrně nižší. Nejkratším obdobím, pro které lze IZ stanovovat, je čtvrtletí.

IZ byl vystaven kritice z řad odborné veřejnosti a v praxi se příliš neuplatnil. Směrnice 58, která jej předepisovala pro hygienické hodnocení kvality ovzduší, byla zrušena vyhláškou ministerstva zdravotnictví 20/2001 Sb. s účinností od 10. ledna 2001. Vlastní definici indexu kvality ovzduší (IKO) na území ČR mezitím vytvořily dvě instituce, a to Státní zdravotní ústav a Český hydrometeorologický ústav.

3.1.1 Definice IKO podle Státního zdravotního ústavu

Státní zdravotní ústav stanovil index kvality ovzduší založený na ročních, denních a krátkodobých (půlhodinových) hodnotách koncentrací znečišťujících látek v ovzduší. Toto hodnocení se využívá v rámci výročních zpráv o vlivu znečištění ovzduší na lidské zdraví. Do jeho výpočtu lze zahrnout jakoukoliv látku znečišťující ovzduší, pro kterou jsou stanoveny zákonné imisní limity. Je možné jím souhrnně hodnotit i celou skupinu vybraných polutantů najednou. Vypočtené hodnoty IKO se klasifikují do šesti úrovní označených slovním popisem a barvou (tab. 2).

Tab. 2 Index kvality ovzduší podle Státního zdravotního ústavu

IKO		popis	barva
hodnoty	úroveň		
<0;1)	1	čisté ovzduší – zdravé příznivé ovzduší	svěží zelená
<1;2)	2	vyhovující ovzduší – zdravé ovzduší	matná zelená se žlutým nádechem
<2;3)	3	mírně znečištěné ovzduší – zdravotně přijatelné ovzduší	matně žlutá
<3;4)	4	znečištěné ovzduší – ovzduší ohrožující citlivé osoby	matná okrová
<4;5)	5	silně znečištěné ovzduší – ovzduší ohrožující celou populaci	matně červená
<5;6)	6	ovzduší zdraví škodlivé – velmi silně znečištěné ovzduší	jasná karmínová

Pramen: Postup výpočtu indexu kvality ovzduší (on-line). Státní zdravotní ústav.

3.1.2 Definice IKO podle Českého hydrometeorologického ústavu

Český hydrometeorologický ústav odvodil odlišný index kvality ovzduší, který je založen na vyhodnocení koncentrací oxidu siřičitého (SO₂), oxidu dusičitého (NO₂), oxidu uhelnatého (CO), ozonu (O₃) a suspendovaných částic (PM₁₀). S výjimkou

koncentrací oxidu uhelnatého jsou pro stanovování indexu kvality ovzduší použity hodinové koncentrace, u CO se používá osmihodinový průměr. Tento index je také odstupňován do šesti tříd (tab. 3), přičemž hraniční koncentrace mezi hodnotou indexu 4 a 5 byla definována na základě platných imisních limitů jednotlivých znečišťujících látek. (U koncentrací PM₁₀ a O₃, které nemají odpovídající imisní limity, byla tato hraniční koncentrace stanovena na základě statistické analýzy vztahu mezi hodinovými koncentracemi a koncentracemi za delší průměrovací období.)

Tab. 3 Index kvality ovzduší podle Českého hydrometeorologického ústavu

Index	Kvalita ovzduší	Hraniční koncentrace [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]				
		hodinový průměr				8hod. průměr
		NO ₂	O ₃	PM ₁₀	SO ₂	CO
1	velmi dobrá	0–25	0–33	0–15	0–25	0–1 000
2	dobrá	26–50	34–65	16–30	26–50	1 001–2 000
3	uspokojivá	51–100	66–120	31–50	51–120	2 001–4 000
4	vyhovující	101–200	121–180	51–70	121–250	4 001–10 000
5	špatná	201–400	181–240	71–150	251–500	10 001–30 000
6	velmi špatná	nad 400	nad 240	nad 150	nad 500	nad 30 000

Pramen: Definice indexu kvality ovzduší (on-line). Český hydrometeorologický ústav.

3.2 Vybrané zahraniční příklady indexu kvality ovzduší

Různé varianty indexů kvality ovzduší se využívají v celé řadě zemí světa, mimo jiné ve Velké Británii, Spojených státech amerických, Belgii, Francii, Španělsku, Finsku, Švédsku, Kanadě, Mexiku, Austrálii, na Novém Zélandu, v Hongkongu, Singapuru, Malajsii, Thajsku, Číně, Indonésii aj., přesto v současnosti neexistuje mezinárodně přijatá metodika jejich konstrukce (Stieb et al. 2005). Jednotlivé systémy ovšem vždy řeší čtyři klíčové otázky (Cairncoss et al. 2007): výběr znečišťujících látek zahrnutých do stanovení indexu, užití odpovídající funkce závislosti škodlivých účinků na expozici, výběr relativní stupnice pro kvantifikaci indexu a algoritmus výpočtu celkového indexu hodnotícího současné vystavení více škodlivým látkám.

3.2.1 Index kvality ovzduší ve Spojených státech amerických

Sledováním kvality ovzduší ve Spojených státech amerických je pověřena Agentura pro ochranu životního prostředí (Environmental Protection Agency, EPA). Ta v roce 1976 vytvořila pro souhrnné hodnocení kombinovaného vlivu zvýšených koncentrací znečišťujících látek normalizovaný index pro sdělování úrovně znečištění ovzduší veřejnosti (R. D. Griffin, 2007), takzvaný *pollutant standard index* (PSI), který byl v roce 1999 nahrazen novější variantou zvanou *air quality index* (AQI).

Index kvality ovzduší AQI vyhodnocuje kvalitu ovzduší na denní bázi kategorizováním koncentrací pěti základních znečišťujících látek (přízemní ozon, polétavý prach, oxid uhelnatý, oxid siřičitý, oxid dusičitý) do šesti intervalů v rozsahu číselných hodnot 0 až 500. Hodnota AQI = 100 je obecně přiřazena koncentraci, která je imisním limitem pro danou znečišťující látku stanovenou v Národních standardech pro kvalitu venkovního ovzduší (NAAQS). Jednotlivé intervaly AQI jsou uvedeny v tab. 4.

Tab. 4 Intervaly indexu kvality ovzduší AQI (USA)

interval AQI	úroveň kvality ovzduší	barevné označení
0 až 50	dobrá	zelená
51 až 100	střední	žlutá
101 až 150	nezdravá pro citlivé skupiny	oranžová
151 až 200	nezdravá	červená
201 až 300	velmi nezdravá	nachová
301 až 500	nebezpečná	kaštanově hnědá

Pramen: AIRNow – Air Quality index Brochure. (on-line) US EPA

Výpočet konkrétních hodnot pro jednotlivé znečišťující látky nevychází z přímé úměry odvozené z přiřazení AQI 100 úrovni imisního limitu, ale lineární interpolací mezi určenými zlomovými body (tab. 5). Nejvyšší z hodnot dílčích indexů pro jednotlivé znečišťující látky je vybrána jako AQI pro danou lokalitu.

AQI je využíván ke sdělování úrovně čistoty ovzduší v celé řadě federálních i lokálních médií (denní tisk, rozhlas, televizní zpravodajství) a jeho aktuální stav je dostupný na internetové adrese <http://airnow.gov/>. Slouží také pro krátkodobou předpověď kvality ovzduší a uvádí se nejen barevné označení úrovně kvality ovzduší, ale také znečišťující látka, která o výsledné hodnotě indexu rozhoduje.

Tab. 5 Převodní tabulka pro stanovení hodnot AQI (se zpřísněnými hodnotami pro 8h koncentrace ozonu, platnými od 12. března 2008)

O ₃ (8h)	O ₃ (1h) ¹	PM _{2,5}	PM ₁₀	CO	SO ₂	NO ₂	AQI	kategorie kvality ovzduší
ppm	ppm	µg/m ³	µg/m ³	ppm	ppm	ppm		
0,000–0,059	–	0,0–15,4	0–54	0,0–4,4	0,000–0,034	(²)	0–50	dobrá
0,060–0,075	–	15,5–40,4	55–154	4,5–9,4	0,035–0,144	(²)	51–100	střední
0,076–0,095	0,125–0,164	40,5–65,4	155–254	9,5–12,4	0,145–0,224	(²)	101–150	nezdravá pro citlivé skupiny
0,096–0,115	0,165–0,204	65,5–150,4	255–354	12,5–15,4	0,225–0,304	(²)	151–200	nezdravá
0,116–0,374	0,205–0,404	150,5–250,4	355–424	15,5–30,4	0,305–0,604	0,65–1,24	201–300	velmi nezdravá
(³)	0,405–0,504	250,5–350,4	425–504	30,5–40,4	0,605–0,804	1,25–1,64	301–400	nebezpečná
	0,505–0,604	350,4–500,4	505–604	40,5–50,4	0,805–1,004	1,65–2,04	401–500	

Prameny: <http://www.ciase.org/curriculum/airproj/docs/Breakpoints.pdf>

http://www.epa.gov/air/ozonepollution/pdfs/2008_03_aqi_changes.pdf

¹) Obvykle se vyžaduje vykazování AQI podle 8h průměrů koncentrací ozonu, v části lokalit se však doplňkově hodnotí i 1h koncentrace a jako AQI pro ozon se pak volí maximum z hodnot pro 8h a 1h koncentrace.

²) NO₂ nemá v rámci NAAQS stanoven krátkodobý imisní limit a stanovují se pro něj pouze hodnoty od AQI nad 200.

³) Když 8h průměr O₃ překročí hodnotu 0,374 ppm, vyjadřují se hodnoty AQI na základě 1h koncentrací O₃.

3.2.2 Index znečištění ovzduší ve Velké Británii

Index znečištění ovzduší (*air pollution index, API*) byl zaveden ve Velké Británii v roce 1990 (Cairncross et al., 2007). Zprvu se jednalo o systém čtyř pásem odpovídajících nízké (*low*), mírné (*moderate*), vysoké (*high*) a velmi vysoké (*very high*) úrovni znečištění ovzduší. V roce 1997 byl tento systém upraven na stupnici indexu v rozmezí 1–10 (tab. 6). Hraniční hodnota mezi úrovněmi indexu 3 a 4 odpovídá imisnímu limitu podle britských standardů pro kvalitu ovzduší (UK Air Quality Standards).

Tab. 6 Intervaly indexu znečištění ovzduší (API) ve Velké Británii

Pásmo	Index	O ₃ [μg.m ⁻³]	NO ₂ [μg.m ⁻³]	SO ₂ [μg.m ⁻³]	CO [mg.m ⁻³]	PM ₁₀ [μg.m ⁻³]
		max (8h, 1h)	1h	15min	8h	24h
nízké	1	0–32	0–95	0–88	0–3,8	0–16
	2	33–66	96–190	89–176	3,9–7,6	17–32
	3	67–99	191–286	177–265	7,7–11,5	33–49
mírné	4	100–126	287–381	266–354	11,6–13,4	50–57
	5	127–152	382–476	355–442	13,5–15,4	58–66
	6	153–179	477–572	443–531	15,5–17,3	67–74
vysoké	7	180–239	573–635	532–708	17,4–19,2	75–82
	8	240–299	636–700	709–886	19,3–21,2	83–91
	9	300–359	701–763	887–1063	21,3–23,1	92–99
velmi vysoké	10	360 a více	764 a více	1064 a více	23,2 a více	100 a více

Pramen: UK National Air Quality Archive: Air Quality Standards (on-line). UK DEFRA.

3.2.3 Index kvality ovzduší v Německu

Na rozdíl od situace v ČR se monitoringem kvality ovzduší v Německu nezabývá Německá meteorologická služba (Deutscher Wetterdienst, DWD), ale Spolkový úřad pro životní prostředí (Umweltbundesamt). Na jeho internetových stránkách jsou v téměř reálném čase zveřejňovány informace o hodinových hodnotách koncentrací základních znečišťujících látek (PM₁₀, CO, O₃, SO₂, NO₂) formou map interpolovaných pro celé území Německa. Využívá odlišení v barevné škále pro různé intervaly hodnot koncentrací, nejedná se však o žádný výslovně uvedený typ indexu kvality ovzduší.

Jednotné vyjádření indexu kvality ovzduší se v Německu neužívá na federální úrovni. Podařilo se dohledat index kvality ovzduší samostatně v pěti spolkových zemích, konkrétně v Bádensku-Württembersku, Bavorsku, Dolním Sasku, Durynsku a Sasku. Podoba tohoto tzv. krátkodobého indexu (tab. 7) se ve všech uvedených zemích shoduje, v Bádensku-Württembersku se navíc vyhodnocuje ještě i tzv. dlouhodobý index kvality ovzduší (tab. 8). V ostatních jedenácti spolkových zemích nebyly nalezeny žádné informace o užívání indexu kvality ovzduší.

Krátkodobý index kvality ovzduší (*Kurzzeit-Luftqualitätsindex*, LuQx nebo LQI) umožňuje sledovat aktuální denní stav koncentrací znečišťujících látek v ovzduší a jejich působení na lidské zdraví. Vyhodnocuje koncentrace NO₂, SO₂, CO, O₃ a PM₁₀ zařazením do určité indexové třídy v tabulce (tab. 7). Nejvyšší hodnota indexové třídy je vybrána za krátkodobý index kvality ovzduší. Tabulka indexových tříd je sestavena podle školního hodnocení od třídy 1 (“velmi dobrý“) po třídu 6 (“velmi špatný“), hranice mezi třídou 4 (“dostatečný“) a třídou 5 (“špatný“) odpovídá platným federálním imisním limitním v Německu.

Tab. 7 Krátkodobý index kvality ovzduší (LuQx nebo LQI)

NO ₂ [μg.m ⁻³] 1h	SO ₂ [μg.m ⁻³] 1h	CO [mg.m ⁻³] 8h	O ₃ [μg.m ⁻³] 1h	PM ₁₀ [μg.m ⁻³] 24h	LuQx (hodnota indexu)	LuQx (známka)	hodnocení
0–25	0–25	0–1	0–33	0–10	do 1,4	1	velmi dobrý
>25–50	>25–50	>1–2	>33–65	>10–20	1,5–2,4	2	dobrá
>50–100	>50–120	>2–4	>65–120	>20–35	2,5–3,4	3	uspokojující
>100–200	>120–350	>4–10	>120–180	>35–50	3,5–4,4	4	dostatečný
200	350	10	180	50	–	–	hraniční hodnoty
>200–500	>350–1000	>10–30	>180–240	>50–100	4,5–5,4	5	špatný
>500	>1000	>30	>240	>100	>5,5	6	velmi špatný

Pramen: Luftqualitätsindizes LuQx und LaQx – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (on-line). Baden-Württemberg.

Jednotlivé oznámkované úrovně indexu pak mají určité zdravotní ohodnocení:

- *známka 1 a 2:* znečišťující látky nemají v těchto koncentracích žádné škodlivé účinky na zdraví ani při krátkodobém ani při dlouhodobém působení.
- *známka 3:* krátkodobé působení škodlivin nemá na zdraví obyvatel žádný vliv, ale u dlouhodobého působení už toto nelze vyloučit.

– *známka 4:* v kombinaci s dalšími škodlivinami v ovzduší mohou mít nepříznivý vliv na dýchací orgány, hlavně u citlivějších skupin obyvatel (např. astmatici).

– *známka 5:* pro citlivé skupiny obyvatel je takto znečištěné ovzduší škodlivé, u ostatních skupin obyvatel je také možné pozorovat nějaký negativní zdravotní efekt.

– *známka 6:* negativní zdravotní působení u všech skupin obyvatel.

Aby bylo vyloučeno negativní působení znečišťujících látek v ovzduší na lidské zdraví, musí být dodrženy stanovené hraniční hodnoty. Při dlouhodobém překročení hraničních hodnot nastává zvýšené všeobecné zdravotní riziko.

Dlouhodobý index kvality ovzduší (*Langzeit-Luftqualitätsindex*, LaQx) je založen na vyhodnocení průměrných ročních koncentrací pěti hlavních složek: NO₂, SO₂, PM₁₀, O₃ a benzolu a dohlíží na jejich specifické účinky na obyvatelstvo. LaQx se zabývá jak odhalováním následků dlouhodobého působení škodlivých látek z ovzduší na lidské zdraví, tak i hlídáním mezních a normovaných hodnot podle zákonodárství Evropské unie. Tento index je vhodný pro předpověď časového vývoje znečišťujících látek ovzduší.

Hodnocení je provedeno stejně jako u předchozího krátkodobého indexu na základě šesti tříd stanovených v tabulce (tab. 8). Hranice mezi jednotlivými třídami byly odvozeny na základě předložených poznatků o dlouhodobém působení škodlivin z ovzduší na lidské zdraví. Hranice mezi třídou 4 (“dostatečný“) a třídou 5 (“špatný“) odpovídá imisním limitním hodnotám podle 22. Nařízení (22. BImSchV) k Spolkovému zákonu na ochranu před imisemi (BImSchG).

Tab. 8 Dlouhodobý index kvality ovzduší (LaQx)

Benzol [μg.m ⁻³]	NO ₂ [μg.m ⁻³]	SO ₂ [μg.m ⁻³]	PM ₁₀ [μg.m ⁻³]	Dny v roce s LuQx* ≥ 4,5	LaQx (hodnota indexu)	LaQx (známka)	hodnocení
0,0–0,2	0–12	0–5	0–7	0–2	<1,4	1	velmi dobrý
0,3–1,0	13–20	6–10	8–15	3–5	1,5–2,4	2	dobrá
1,1–2,0	21–30	11–20	16–30	6–15	2,5–3,4	3	uspokojující
2,1–5,0	31–40	21–125	31–40	16–30	3,5–4,4	4	dostatečný
5,0	40	120	40	–	–	–	hraniční hodnoty
5,1–25,0	41–200	125–350	41–50	31–40	4,5–5,4	5	špatný
>25,0	>200	>350	>50	>40	<5,5	6	velmi špatný

Pramen: Luftqualitätsindizes LuQx und LaQx - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (on-line). Baden-Württemberg.

Poznámka:

LuQx* je krátkodobý index kvality ovzduší bez PM₁₀. Ozon není přímo vyjádřen skrz indexové komponenty, zohledňuje se jeho roční množství se dny s LuQx* ≥ 4,5. Tato prahová hodnota LuQx* je v případě ozonu překročena, když jeho průměrná hodinová koncentrace v jednom dni přesáhne 180 µg.m⁻³. Krátkodobý index kvality ovzduší LuQx* je zde vytvořen analogicky k LuQx, ale bez zahrnutí PM₁₀. Základem toho je nepatrný rozdíl mezi krátkodobými a dlouhodobými hraničními hodnotami PM₁₀ (50, resp. 40 µg.m⁻³), takže jeho zohlednění v LuQx* by mělo za následek dvojnásobné hodnocení PM₁₀.

3.2.4 Index kvality ovzduší v Rakousku

Na území Rakouska jsou podle zákona o ochraně před imisemi (Immissionschutzgesetz-Luft, IG-L), popřípadě podle zákona o ozonu (Ozongesetz), stanoveny hraniční, cílové a prahové hodnoty imisí škodlivých látek v ovzduší, které mohou mít značný vliv na lidské zdraví, ekosystém a vegetaci. Tyto zákony vycházejí z evropských směrnic k ochraně čistoty ovzduší.

Podobně jako v Německu není ani v Rakousku stanoven index kvality ovzduší na federální úrovni. Sledováním kvality ovzduší se zabývá Spolkový úřad pro životní prostředí (Umweltbundesamt), který stanovuje hodnoty imisních limitů k ochraně lidského zdraví. Samostatně se dá index kvality ovzduší dohledat pouze pro město Vídeň. Zdejší místní index kvality ovzduší (*Luftgüteindex*) vyhodnocuje aktuální naměřené hodnoty škodlivin v ovzduší podle tab. 9. Index sestává z šesti úrovní od “velmi dobrý“ po “velmi špatný“, význam každé úrovně je slovně charakterizován.

Tab. 9 Index kvality ovzduší používaný ve Vídni (Rakousko)

O ₃ [µg.m ⁻³] 1h	PM ₁₀ [µg.m ⁻³] 24h	NO ₂ [µg.m ⁻³] 1h	SO ₂ [µg.m ⁻³] 1h	CO [mg.m ⁻³] 8h	index	hodnocení
0–60	0–20	0–45	0–50	0,0–2,5	1	velmi dobrý
61–90	21–35	46–100	51–85	2,6–3,5	2	dobrý
91–130	36–50	101–140	86–120	3,6–5,0	3	uspokojující
131–180	51–100	141–200	121–200	5,1–10,5	4	neuspokojující
181–240	101–150	201–400	201–500	10,6–20,5	5	špatný
>241	>151	>401	>501	>20,6	6	velmi špatný

Pramen: Wiener Luftgüteindex – Bewertungsübersicht (on-line). Stadt Wien.

Jednotlivé ohodnocené stupně indexu mají svůj význam:

- *úroveň 1*: nepravděpodobný negativní vliv na ekosystém.
- *úroveň 2*: všechny hraniční hodnoty k ochraně lidského zdraví jsou dodrženy; vliv na ekosystém není vyloučen.
- *úroveň 3*: hraniční hodnoty k ochraně zdraví jsou naplněny; vliv na ekosystém roste.
- *úroveň 4*: hodnoty jsou nad úrovní hraničních hodnot; některé citlivé osoby mohou být omezovány.
- *úroveň 5*: hraniční hodnoty k ochraně zdraví jsou překročeny; citlivé osoby mohou být omezovány; zesiluje se informovanost obyvatelstva o stavu škodlivin.
- *úroveň 6*: hodnoty jsou ve výši alarmujících prahů; je možné zdravotní omezení pro celé obyvatelstvo.

V Salzburgu se využívají stanovená kritéria pro hodnocení kvality ovzduší podle Rakouské akademie věd (Österreichischen Akademie der Wissenschaften), o index kvality ovzduší se však jmenovitě nejedná (tab. 10).

Tab. 10 Hodnocení kvality ovzduší v Salzburgu (Rakousko)

označení	hodnocení	význam
1a	velmi málo zatížený	zachována ochrana lidského zdraví i vegetace
1b	málo zatížený	zachována ochrana lidského zdraví
2a	zatížený	hraniční hodnoty k ochraně lidského zdraví jsou překročeny
2b	značně zatížený	hraniční hodnoty jsou podle ustanovení o ochraně před imisemi popřípadě ustanovení o ozonu překročeny
3	extrémně zatížený	jsou překročeny alarmující hodnoty

Pramen.: Luftgütebewertung (on-line). Land Salzburg.

3.2.5 Index kvality ovzduší na Slovensku

Na Slovensku se podle vyhlášky Ministerstva životního prostředí Slovenské republiky č. 112/1993 z roku 1993 ke stanovení kvality ovzduší používal index znečištění ovzduší (*index znečistenia ovzdušia, IZO*), který sledoval obvykle čtyři (nejméně však tři) látky, a to SO₂, NO_x, CO a PM₁₀ se stanoveným imisním limitem. Index znečištění ovzduší mohl být vyjádřen třemi způsoby – jako index dlouhodobého znečištění (IZOr); index krátkodobého znečištění (IZOk) nebo index denního znečištění (IZOd). Vypočtené hodnoty indexu znečištění ovzduší se klasifikovaly do pěti úrovní hodnotících míru

znečištění ovzduší (tab. 11). V roce 1995 byla stávající právní úprava novelizována vyhláškou Ministerstva životního prostředí Slovenské republiky č. 103/1995.

V současné době se na Slovensku index kvality ovzduší už nepoužívá. Sledováním kvality ovzduší se zabývá Slovenský hydrometeorologický ústav, který na svých webových stránkách zveřejňuje seznam stanic imisního monitoringu a v pravidelných časových intervalech měřené hodinové koncentrace těchto znečišťujících látek: O₃, SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, CO a benzenu. Komplexní zhodnocení prostřednictvím indexu kvality ovzduší však nezveřejňuje.

Tab. 11 Úrovně indexu znečištění ovzduší na Slovensku (dnes se již neuvžívá)

rozpětí IZO	znečištění ovzduší
0,0–0,4	téměř žádné
0,5–0,9	slabé
1,0–1,4	mírné
1,5–2,0	střední
> 2,0	velké

*Pramen: Příloha č.1 k vyhlášce Ministerstva životního prostředí SR
č. 112/1993 z 22. dubna 1993. (on-line)*

3.2.6 Index kvality ovzduší v Polsku

V Polsku se kvalitou ovzduší na celostátní úrovni zabývá Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ), který je zastřešujícím orgánem regionálních inspektorátů pro jednotlivá polská vojvodství (Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska, WIOŚ). Podařilo se vyhledat pouze dva regiony v Polsku, kde informují veřejnost o aktuální kvalitě ovzduší prostřednictvím indexu kvality ovzduší.

Prvním z nich Slezské vojvodství, kde je *indeks jakości powietrza* výstupem projektu MARQUIS, financovaného Evropskou komisí v rámci programu eContent. Je zcela shodný s indexem LuQx používaným v Bádensku-Württembersku (viz str. 17) a v rámci projektu byl takto index regionálně zaveden také ve Finsku, Portugalsku a ve španělském Katalánsku. Informace o zavedení projektu ve Slezském vojvodství, které zahrnuje průmyslovou aglomeraci Katowic, včetně aktuálních hodnot indexu, jsou dostupné na webové adrese: <http://marquis.ietu.katowice.pl/marquislight/>.

Druhou oblastí je gdaňská aglomerace, kde organizace ARMAAG (Agencja Monitoringu Regionalnego Aglomeracji Gdańskiej) vyhodnocuje kvalitu ovzduší

z lokalit monitoringu imisí ve městech Gdańsk, Gdynia, Sopot a Tczew. Stanovuje se jednak index obecný (*indeks ogólny*), a to na základě průměrných hodinových koncentrací NO₂, SO₂, PM₁₀ a C₆H₆, jednak index ozonový (*indeks ozonowy*), do něhož je kromě koncentrací čtyř už zmíněných škodlivin zahrnuta také průměrná hodinová koncentrace přízemního ozonu (tab. 12). Nejvyšší dosažená úroveň dílčích indexů pro jednotliví škodliviny definuje výsledný index. Aktuální hodnoty indexu jsou dostupné on-line na webové adrese: <http://armaag.gda.pl/>.

Tab. 12 Obecný a ozonový index kvality ovzduší (ARMAAG, Gdańsk)

index		ozonový index				
		obecný index				O ₃ [μg.m ⁻³]
		NO ₂ [μg.m ⁻³]	SO ₂ [μg.m ⁻³]	PM ₁₀ [μg.m ⁻³]	C ₆ H ₆ [μg.m ⁻³]	
1	velmi dobrý	0–30	0–40	0–20	0–1	0–40
2	dobrý	30,01–85	40,01–120	20,01–80	1,01–4	40,01–80
3	vyhovující	85,01–110	120,01–160	80,01–100	4,01–6	80,01–120
4	dostatečný	110,01–165	160,01–250	100,01–160	6,01–12	120,01–180
5	špatný	165,01–275	250,01–400	160,01–240	12,01–20	180,01–240
6	velmi špatný	275,01–400	400,01–500	240,01–280	20,01–30	>240

Pramen: ARMAAG: Sposoby liczenia indeksu ogólnego lub ozonowego (on-line).

3.2.7 Evropský index kvality ovzduší (CAQI)

V rámci programu Evropské unie INTERREG IIIC byl realizován projekt CITEAIR (Common Information to European Air), zahájený v březnu 2004 s plánovaným ukončením ke konci roku 2007 (CITEAIR, on-line). Zapojilo se do něj pět jádrových velkoměst – Leicester (Velká Británie), Paříž, Praha, Rotterdam a Řím – a přidala se také města Mnichov, Coventry (Velká Británie), Haag, Bratislava a Brusel. Jedním z výstupů projektu bylo navržení společného indexu kvality ovzduší (Common Air Quality Index, CAQI), který by umožnil vzájemné srovnání kvality ovzduší měst na celoevropské úrovni. Jeho důležitým rysem je důsledné rozlišování mezi dopravními a pozadřovými stanicemi imisního monitoringu.

CAQI se určuje na základě výpočtového schématu definovaného tab. 13, a to lineární interpolací mezi hraničními hodnotami intervalů. Z dílčích indexů pro jednotlivé

škodliviny se vybírá maximální hodnota, která definuje výsledný index. Pro dopravní stanice vyhodnocuje CAQI koncentrace NO₂ a PM₁₀ a doplňkově může být zahrnut také CO, zatímco u pozad'ových stanic se vyhodnocuje povinně NO₂, PM₁₀, O₃ a doplňkově může být vyhodnocen také CO a SO₂. Aktuální hodnoty CAQI pro města zapojená do systému vyhodnocování CAQI jsou dostupné na adrese: <http://www.airqualitynow.eu/>.

Tab. 13 Společný index kvality ovzduší CAQI (projekt CITEAIR)

index	úroveň	dopravní			pozad'ová				
		NO ₂	PM ₁₀	CO	NO ₂	PM ₁₀	O ₃	CO	SO ₂
velmi nízký	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	25	50	25	5 000	50	25	60	5 000	50
nízký	25	50	25	5 000	50	25	60	5 000	50
	50	100	50	7 500	100	50	120	7 500	100
střední	50	100	50	7 500	100	50	120	7 500	100
	75	200	75	10 000	200	75	180	10 000	300
vysoký	75	200	75	10 000	200	75	180	10 000	300
	100	400	100	20 000	400	100	240	20 000	500
velmi vysoký*	>100	>400	>100	>20 000	>400	>100	>240	>20 000	>500
NO ₂ , O ₃ , SO ₂		hodinová koncentrace / maximální hodinová koncentrace v µg.m ⁻³							
SO		8h klouzavý průměr ú maximální 8h klouzavý průměr v µg.m ⁻³							
PM ₁₀		hodinová koncentrace / maximální hodinová koncentrace v µg.m ⁻³ **							

Poznámky:

* hodnota indexu nad 100 se nevypočítává, ale uvádí se jako „>100“

** pokud město neuvádí hodinové koncentrace, ale jen 24h průměry, použijí se tyto s korekcí 0,63násobku.

Pramen: CITEAIR. Air Quality Index CAQI (on-line).

4 Srovnávací analýza indexů kvality ovzduší

K vlastní srovnávací analýze indexů kvality ovzduší jsem vybrala celkem pět evropských indexů – IKO (ČHMÚ), LuQx (Německo), IJP (Gdaňsk, Polsko), API (Velká Británie) a CAQI (celoevropský index), jejichž pomocí jsem zpracovávala 1hodinové koncentrace látek SO₂, NO₂, O₃, PM₁₀. Jednotlivé indexy se liší zejména rozdílným nastavením imisních limitů a počtem možných zahrnutých látek. Pro účely vzájemného srovnání byly indexy kategorizovány do tří tříd (1.třída – nejlepší, 2. třída – vyhovující, 3.třída – nevyhovující kvalita ovzduší).

Český i polský index kvality ovzduší dokáží vyhodnotit všechny znečišťující látky měřené na stanici Olomouc-Velkomoravská (Pro polský index však nejsou dostupná data o C₆H₆.) Hodnoty dílčích indexů SO₂, NO₂, O₃, PM₁₀ jsou porovnány a nejvyšší dosažená úroveň určuje výsledný index kvality ovzduší. V případě **německého indexu** lze porovnávat pouze hodnoty dílčích indexů SO₂, NO₂ a O₃. Prachové částice PM₁₀ jsou hodnoceny jen ve 24hodinových koncentracích, nevhodných pro aplikaci na vstupní data. Podle **britského indexu** lze porovnávat pouze hodnoty dílčích indexů NO₂ a O₃, ostatní látky tento index vyhodnocuje v časově odlišných koncentracích (15 min, resp. 24 h), což je stejně jako v případě německého indexu nevhodné pro aplikaci na vstupní data. Podle **celoevropského indexu** lze porovnávat pouze hodnoty dílčích indexů NO₂ a PM₁₀ pro dopravní stanici.

Ve všech případech jsou hodnoty dílčích indexů jednotlivých znečišťujících látek vzájemně porovnány a nejvyšší dosažená úroveň pak určuje výsledný index kvality ovzduší. Srovnávací přehled jednotlivých indexů kvality ovzduší je uveden v příloze (tab. A1–A4).

4.1 Analýza rozložení četnosti úrovní a tříd indexů kvality ovzduší

V následujících třech tabulkách (tab. 14–16) je souhrnně zhodnoceno rozložení četností jednotlivých úrovní a tříd u použitých indexů, a to nejprve za období celoroční, poté zvlášť za zimní a letní půlrok. Pro lepší ilustraci jsou výsledky vyjádřeny v procentech.

Tab. 14 znázorňuje rozložení četností úrovní a tříd indexů kvality ovzduší za období celého roku. Jako nejpřísnější lze označit český index IKO (ČHMÚ), který je zastoupen nejvíce ve 3. úrovni, ze 43,1 %. Podobně ze 40,5 % má 3. úroveň zastoupen i německý

index (LuQx). Polský index (IJP) má nejvíce zastoupenou 2. úroveň indexu, ze 72,4 %. Benevolentnější celoevropský index (CAQI) má taktéž nejvíce zastoupenou 2. úroveň, ze 43,4 %, avšak z 36,7 % má zastoupenou 1. úroveň. Britský index (API) ukazuje největší benevolentnost nejvyšším zastoupením 1. úrovně indexu, a to z 55,3 %.

Rozložení četností úrovní indexů kvality ovzduší se odráží v zastoupení tříd. Téměř srovnatelně jsou vyhodnoceny indexy český, německý a polský s největším zastoupením 2. třídy, „vyhovující kvalita ovzduší“, nad 80 %. Britský index má jako jediný nejvíce zastoupenou 1. třídu, „nejlepší kvalita ovzduší“.

Úrovně či třídy indexů, u kterých se nevyskytly žádné případy za hodnocené období (např. v případě 5. a 6. úrovně a 3. třídy LuQx a 6. až 10. úrovně API) jsou v tabulce označeny tečkou (.), zatímco 0,0 % značí, že se v určité úrovni či třídě za hodnocené období několik případů sice vyskytlo, ale ve velmi malých četnostech (např. 0,02 % případů na 6. úrovni IJP či 0,03 % případů na 5. úrovni API).

Tab. 14 Rozložení četností úrovní a tříd indexů kvality ovzduší (v % možných případů za hodnocené období)

Index	IKO (ČHMÚ)	LuQx (Německo)	IJP (Polsko)	API (V. Británie)	CAQI (EU)
Úrovně					
1	5,4	9,6	11,7	55,3	36,7
2	32,9	40,3	72,4	29,9	43,4
3	43,1	40,5	7,8	6,6	9,7
4	8,4	2,7	2,0	5,4	2,3
5	3,7	.	0,4	0,0	0,8
6	0,1	.	0,0	.	–
7	–	–	–	.	–
8	–	–	–	.	–
9	–	–	–	.	–
10	–	–	–	.	–
nezjištěno	6,3	6,8	5,8	7,6	7,1
Třídy					
1	5,4	9,6	11,7	55,3	36,7
2	84,4	83,5	82,2	36,5	53,1
3	3,8	.	0,4	5,4	3,1

Vysvětlivky: . označuje, že v dané úrovni či třídě se nevyskytly žádné případy za hodnocené období, – označuje, že příslušná třída indexu není definována

Tabulky 15 a 16 znázorňují rozložení četností úrovní a tříd indexů kvality ovzduší za období zimního a letního půlroku.

Podle *českého indexu kvality ovzduší* je zimní (ze 79,4 %) i letní (z 88,9 %) období zařazeno do 2. třídy, „vyhovující kvalita ovzduší“. 1. i 3. třída je v letním období zastoupena minimálně (z 3,5 %, resp. 2,9 %). V zimním období lze zaznamenat výskyt 1. třídy ze 7,6 % a 3. třídy z 4,7 %.

Podle *německého indexu kvality ovzduší* je rovněž zimní (ze 79,4 %) i letní (ze 87,7 %) období zařazeno do 2. třídy, „vyhovující kvalita ovzduší“. 3. třída je v zimním období zastoupena jen minimálně (z 0,2 %), v létě pak není zastoupena vůbec. 1. třída se vyskytuje ve větším procentuálním zastoupení než v případě českého indexu, a to v zimě z 11,7 %, v létě ze 7,7 %.

Tab. 15 Rozložení četností úrovní a tříd indexů kvality ovzduší – *zimní půlrok* (v % možných případů za hodnocené období):

Index	IKO (ČHMÚ)	LuQx (Německo)	IJP (Polsko)	API (V. Británie)	CAQI (EU)
Úrovně					
1	7,6	11,7	14,0	59,9	33,8
2	30,6	36,3	66,3	25,7	42,3
3	39,4	38,5	8,2	3,7	10,8
4	9,4	4,6	3,1	0,2	2,9
5	4,5	0,2	0,9	.	1,1
6	0,2	.	0,0	.	–
7	–	–	–	.	–
8	–	–	–	.	–
9	–	–	–	.	–
10	–	–	–	.	–
nezjištěno	8,2	8,8	7,5	10,4	9,2
Třídy					
1	7,6	11,7	14,0	59,9	33,8
2	79,4	79,4	77,6	29,4	53,1
3	4,7	0,2	0,9	0,2	4,0

Vysvětlivky: . označuje, že v dané úrovni či třídě se nevyskytly žádné případy za hodnocené období, – označuje, že příslušná třída indexu není definována

Polský index kvality ovzduší řadí obdobně zimní (ze 77,6 %) i letní (z 86,2 %) půlrok nejvíce do 2. třídy, „vyhovující kvalita ovzduší“. Je zde už ale oproti německému indexu zřejmě narůstající zastoupení 1. třídy, „nejlepší kvalita ovzduší“, a to v zimě ze 14,0 %, v létě pak z 9,5 %. 3. třída je v případě zimního období zastoupena jen minimálně (z 0,9 %), v letním období pak není opět zastoupena vůbec.

Britský index kvality ovzduší označuje kvalitu olomouckého ovzduší z 59,9 % v zimě a 51,2 % v létě jako „nejlepší“. Jako jediný má nejvyšší procentuální zastoupení 1. třídy. 2. třída se vyskytuje z 29,4 % a v letním období a z 43,6 % v období zimním. 3. třída je pak zastoupena v obou případech jen minimálně.

Celoevropský index kvality ovzduší řadí zimní i letní půlrok (z 53,1 %) nejvíce do 2. třídy, „vyhovující kvalita ovzduší“. 1. třída je také zastoupena vysokým procentuálním podílem, v zimě z 33,8 % a v létě z 39,3 %. 3. třída je v obou případech zastoupena minimálně.

Tab. 16 Rozložení četností úrovní a tříd indexů kvality ovzduší – *letní půlrok* (v % možných případů za hodnocené období):

Index	IKO (ČHMÚ)	LuQx (Německo)	IJP (Polsko)	API (V. Británie)	CAQI (EU)
Úrovně					
1	3,5	7,7	9,5	51,2	39,3
2	35,0	43,9	77,7	33,7	44,4
3	46,4	42,3	7,4	9,9	8,7
4	7,5	1,1	1,1	0,8	1,7
5	2,9	.	.	0,0	0,6
6	–
7	–	–	–	.	–
8	–	–	–	.	–
9	–	–	–	.	–
10	–	–	–	.	–
nezjištěno	4,7	5,0	4,3	5,1	5,2
Třídy					
1	3,5	7,7	9,5	51,2	39,3
2	88,9	87,3	86,2	43,6	53,1
3	2,9	.	.	0,8	2,3

Vysvětlivky: . označuje, že v dané úrovni či třídě se nevyskytly žádné případy za hodnocené období, – označuje, že příslušná třída indexu není definována

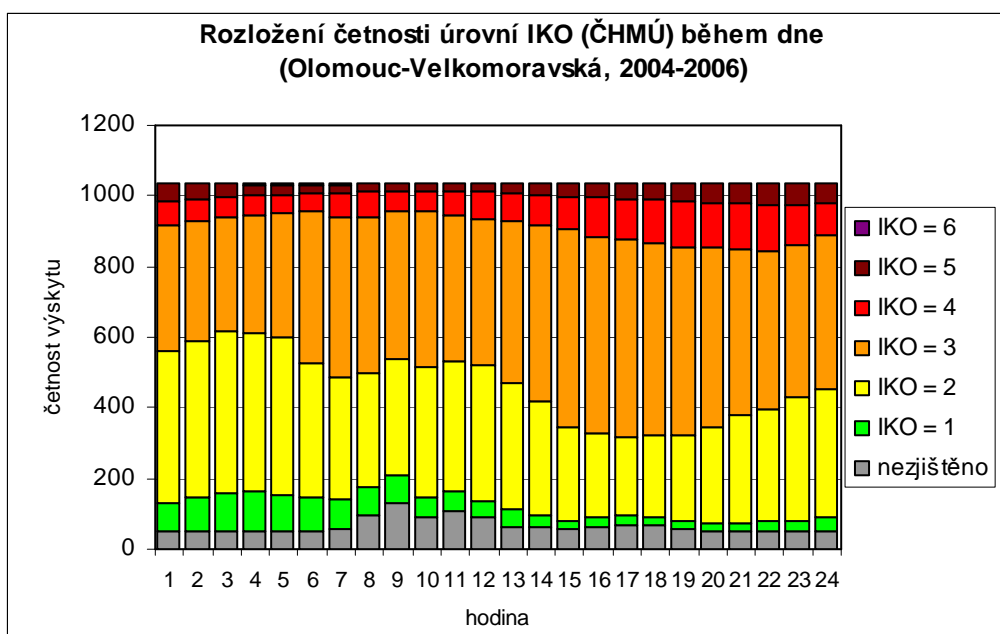
V letním období je všeobecně vyšší zastoupení 2. a 3. třídy než v zimním období, kdy je zase vyšší zastoupení 1. třídy. Za vyšším podílem tříd označujících ne zcela čisté ovzduší v letním období stojí častější výskyt zvýšených koncentrací přízemního ozonu (ostatní znečišťující látky přitom vykazují v letním období naopak obecně nižší koncentrace než v období zimním).

4.2 Denní chod indexů kvality ovzduší

Podle *českého indexu kvality ovzduší (IKO)* podle ČHMÚ) lze vyhodnotit všechny zahrnuté znečišťující látky, příslušná vstupní data se na stanici Olomouc-Velkomoravská pravidelně měří. Hodnoty dílčích indexů SO₂, NO₂, O₃, PM₁₀ jsou porovnány a nejvyšší dosažená úroveň určuje výsledný index kvality ovzduší.

V grafu na obr. 1 je nejvíce zastoupena 3. úroveň, v celkovém úhrnu ze 41,3 %, s největším výskytem v odpoledních hodinách od 13 do 24 hodin, s maximem v 17 hodin, a v ranních hodinách od 6 do 8 hodin. Z 32,9 % je pak zastoupena 2. úroveň, s největším zastoupením v brzkých ranních (maximum ve 3 hodiny) a dopoledních hodinách. Ostatní úrovně jsou zastoupeny minimálně.

Index řadí olomoucké ovzduší z 84,5 % do 2. třídy, tedy „vyhovující kvalita ovzduší“. Tento index kvality ovzduší lze považovat jako nejpřísnější, neboť vykazuje nejnižší zastoupení třídy 1 a zároveň nejvyšší zastoupení třídy 3.



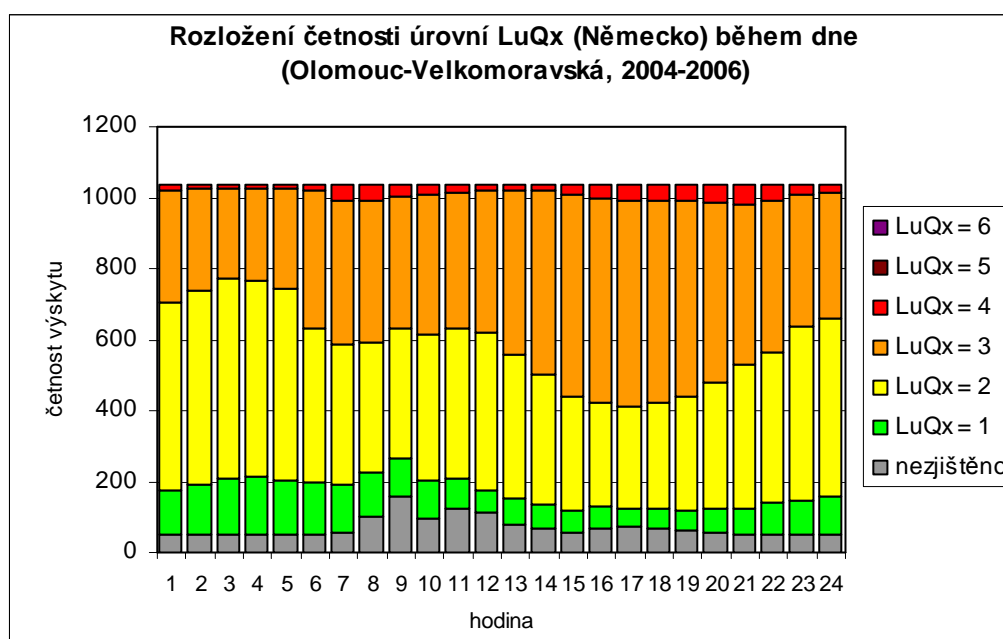
Obr. 1 Rozložení četností úrovní *IKO* (ČHMÚ) během dne na stanici Olomouc-Velkomoravská za období 2004–2006

Pro *německý index kvality ovzduší (LuQx)* lze využít pouze vstupních dat pro SO₂, NO₂ a O₃. Hodnoty dílčích indexů SO₂, NO₂ a O₃ jsou porovnány a nejvyšší dosažená úroveň určuje výsledný index kvality ovzduší.

V grafu na obr. 2 jsou téměř shodně zastoupeny 2. i 3. úroveň, a to ze 40 %. Největší výskyt četností 3. úrovně je zaznamenán zejména v odpoledních hodinách od 13 do 22 hodin s maximem v 17 hodin. 2. úroveň je pak nejvíce zastoupena v brzkých ranních a pozdních večerních hodinách, s maximem ve 3 hodiny. 1. úroveň je zastoupena z 9,6 %. Ostatní úrovně jsou zastoupeny minimálně nebo vůbec.

Index řadí olomoucké ovzduší z 83,6 % do 2. třídy, tedy „vyhovující kvalita ovzduší“. 1. třída je zastoupena z 9,6 %. 3. třída, „nevyhovující kvalita ovzduší“ zde, jako v jediném indexu, není zastoupena.

Německý index kvality ovzduší lze taktéž považovat jako velmi přísný.



Obr. 2 Rozložení četností úrovní *LuQx* (Německo) během dne na stanici Olomouc-Velkomoravská za období 2004–2006

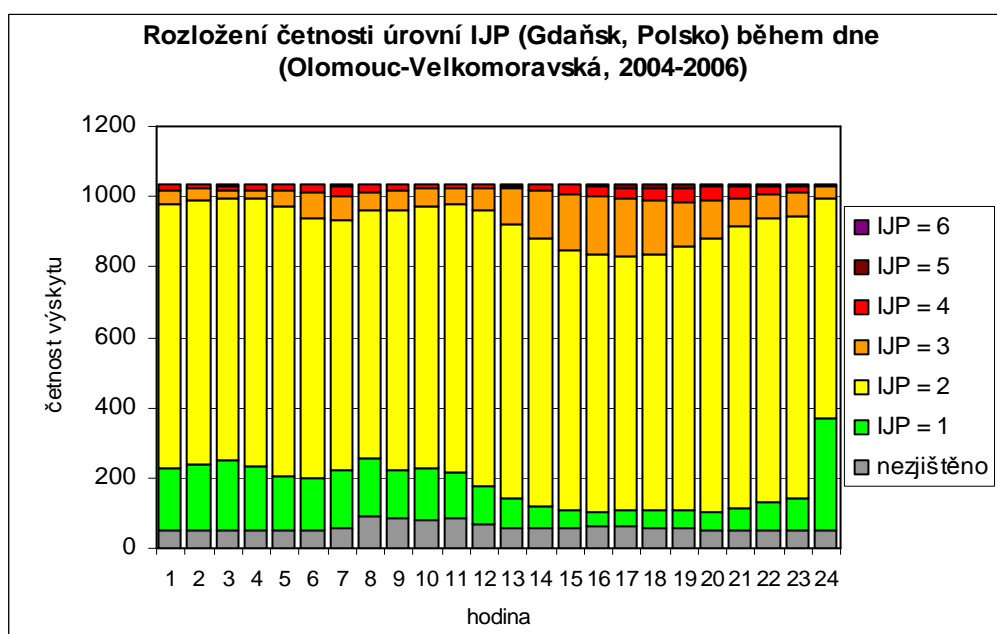
Podle *polského indexu kvality ovzduší (IJP, Gdaňsk)* lze vyhodnotit všechny zahrnuté znečišťující látky. Hodnoty dílčích indexů SO₂, NO₂, O₃, PM₁₀ jsou porovnány a nejvyšší dosažená úroveň určuje výsledný index kvality ovzduší.

V grafu (obr. 3) je nejvíce zastoupena 2. úroveň, ze 72,4 %, její rozmístění během celého dne je téměř rovnoměrné, maximální hodnoty lze zaznamenat od 21 do 23 hodin.

Z 11,7 % je pak zastoupena 1. úroveň a ze 7,8 % 3. úroveň. Ostatní úrovně jsou zastoupeny minimálně.

Index řadí olomoucké ovzduší z 82,2 % do 2. třídy, tedy „vyhovující kvalita ovzduší“. Pouze z 11,7 % hodnotí kvalitu ovzduší jako „nejlepší“.

Tento index kvality ovzduší lze stále zařadit k indexům přísnějším.



Obr. 3 Rozložení četností úrovní *IJP* (Gdańsk, Polsko) během dne na stanici Olomouc-Velkomoravská za období 2004–2006

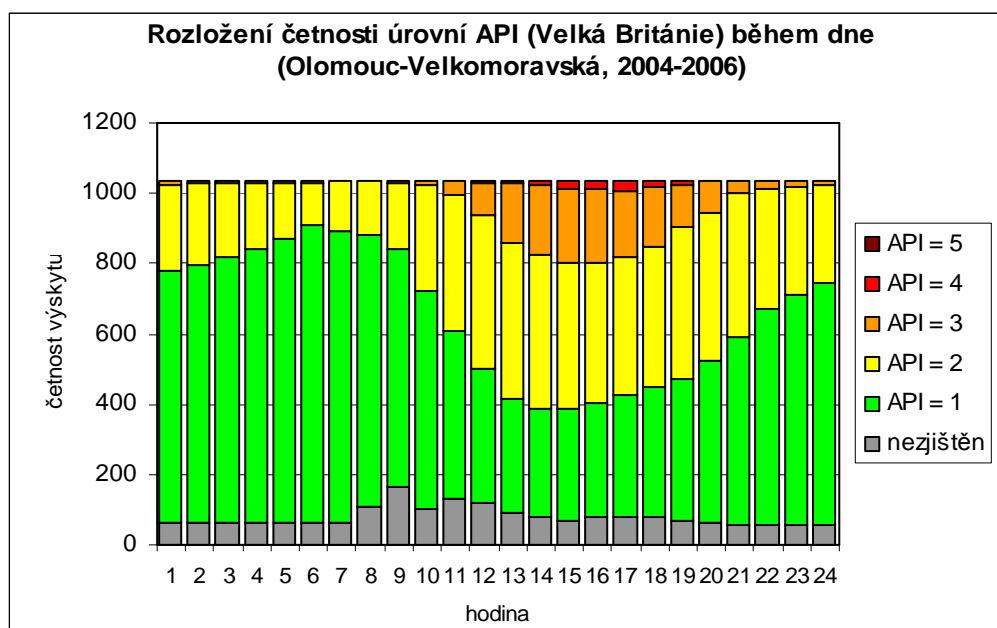
Pro *britský index kvality ovzduší (API)* lze využít pouze vstupních dat pro NO_2 a O_3 . Ostatní látky (SO_2 , PM_{10}) z důvodů jiného intervalu vyhodnocení (15 min, resp. 24 h) využít nelze. Hodnoty dílčích indexů NO_2 a O_3 jsou porovnány a nejvyšší dosažená úroveň určuje výsledný index kvality ovzduší.

V grafu (obr. 4) se nejvíce objevuje 1. úroveň, z 55,3 %, její největší výskyt lze zaznamenat od 1 do 8 hodiny ranní s maximem v 6 hodin. Z 29,9 % je zastoupena 2. úroveň, jejíž výskyt lze pozorovat hlavně od 10 do 23 hodin, s maximy ve 13 a 19 hodin. Z grafu je patrné, že v odpoledních hodinách, od 13 do 19 hodin, je ovzduší v Olomouci nejvíce znečištěné, což signalizuje výskyt 3. a 4. úrovně.

Britský index kvality ovzduší řadí z 55,3 % olomoucké ovzduší do 1. třídy, „nejlepší kvalita ovzduší“. Z 36,5 % pak hodnotí kvalitu ovzduší jako „vyhovující“.

Tento index je oproti ostatním nejméně přísný, protože vykazuje nejvyšší zastoupení 1. třídy. V úvahu musíme však brát i to, že nemá rozdělenou stupnici jen do pěti či šesti

úrovní jako ostatní indexy, ale do úrovní desíti, což má na jeho hodnocení do jisté míry také negativní vliv.



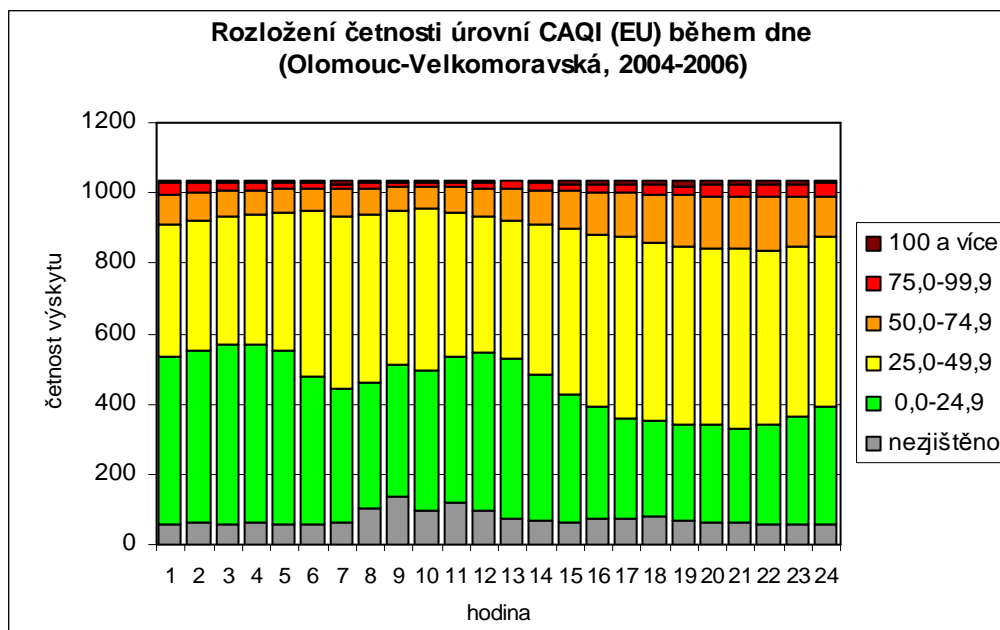
Obr. 4 Rozložení četností úrovní *API* (Velká Británie) během dne na stanici Olomouc-Velkomoravská za období 2004–2006

Pro evropský *společný index kvality ovzduší (CAQI)* jsou využita jako vstupních data koncentrace NO_2 a PM_{10} , neboť stanice Olomouc-Velkomoravská je dopravního typu. Hodnoty dílčích indexů NO_2 a PM_{10} jsou porovnány a nejvyšší dosažená úroveň určuje výsledný index kvality ovzduší.

V grafu (obr. 5) je nejvíce zastoupena 2. úroveň, ze 43,4 %, její největší výskyt lze zaznamenat v ranních hodinách (od 6 do 8 hodin) a v odpoledních i večerních hodinách od 15 do 24 hodin s maximy v 17 a 21 hodin. Z 36,7 % je zastoupena 1. úroveň, jejíž největší výskyt lze pozorovat hlavně od 1 do 6 hodin s maximem ve 3 hodiny.

Celoevropský index kvality ovzduší řadí olomoucké ovzduší z 53,1 % do 2.třídy, „vyhovující kvalita ovzduší“. Z 36,7 % pak hodnotí kvalitu ovzduší jako „nejlepší“.

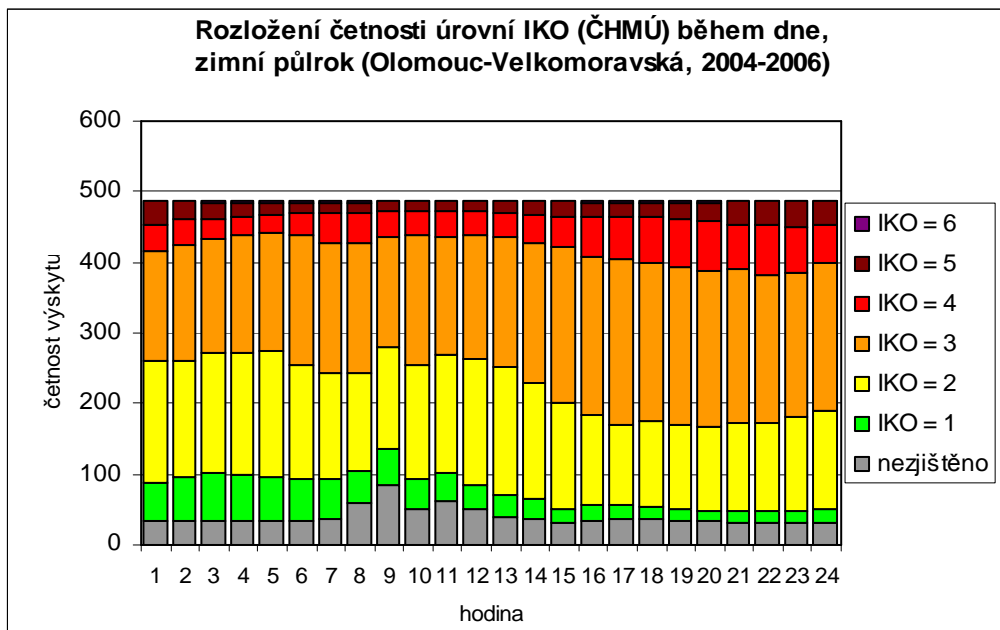
Tento index je oproti českému indexu velmi mírný, neboť vykazuje vysoké zastoupení 1. třídy.



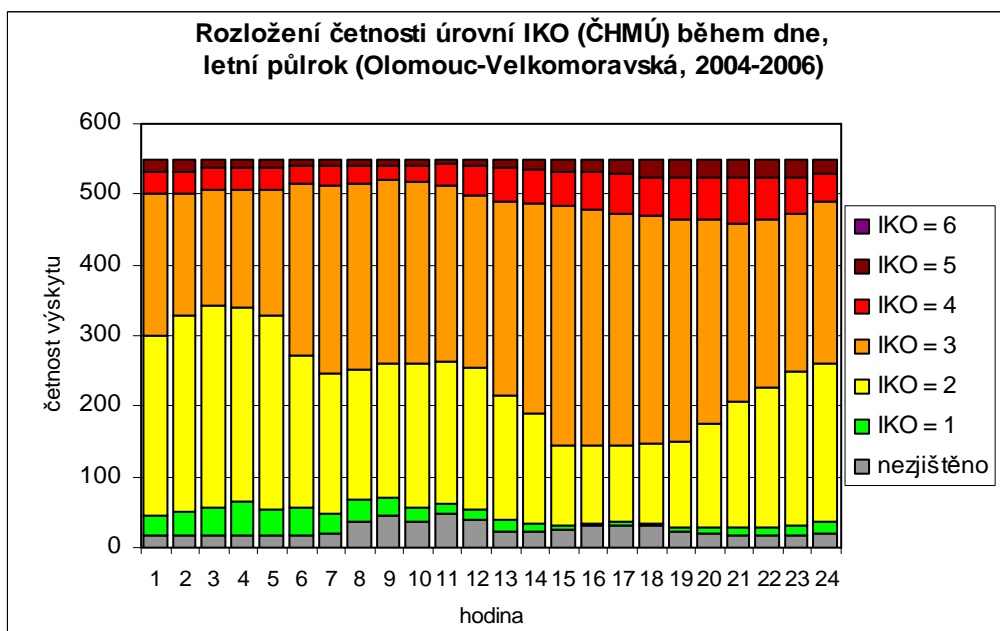
Obr. 5 Rozložení četností úrovní *CAQI* (EU) během dne na stanici
Olomouc-Velkomoravská za období 2004–2006

4.3 Denní chod indexů kvality ovzduší – srovnání zimního a letního půlroku

Srovnání zimního (obr. 6) a letního (obr. 7) půlroku pomocí *českého indexu kvality ovzduší (IKO)* podle ČHMÚ ukazuje na výraznější denní chod indexu v letním půlroce, což lze dát do přímé souvislosti s koncentracemi přízemního ozonu. V zimním období lze sledovat vyšší výskyt 5. úrovně indexu, zejména od 15 do 4 hod ranní (s maximem ve 23 hodin), lze zaznamenat i menší výskyt úrovně 6, narozdíl od letního období, kde se tato úroveň vůbec nevyskytuje, i 5. úroveň je v létě zastoupena méně, od 17 do 24 hodin (s maximem ve 21 hodin). 4. úroveň prakticky kopíruje výskyt 5. úrovně s vyšším výskytem v zimním období. V letním i zimním období lze pozorovat nejvyšší vyšší výskyt 3. úrovně, z 46,4 % resp. 39,4 %. A to zejména v odpoledních a večerních hodinách. 2. úroveň je pak zastoupena v obou případech více v časných ranních hodinách, od 1 do 5 hodin s maximem ve 3 hodiny. 1. úroveň indexu je zastoupena velmi málo, v zimním období co se týče procentuálního objemu podobně jako 4. úroveň, jen s maximy v časných ranních hodinách. V létě je pak její výskyt podobný 5. úrovni, taktéž s maximy v časných ranních hodinách.



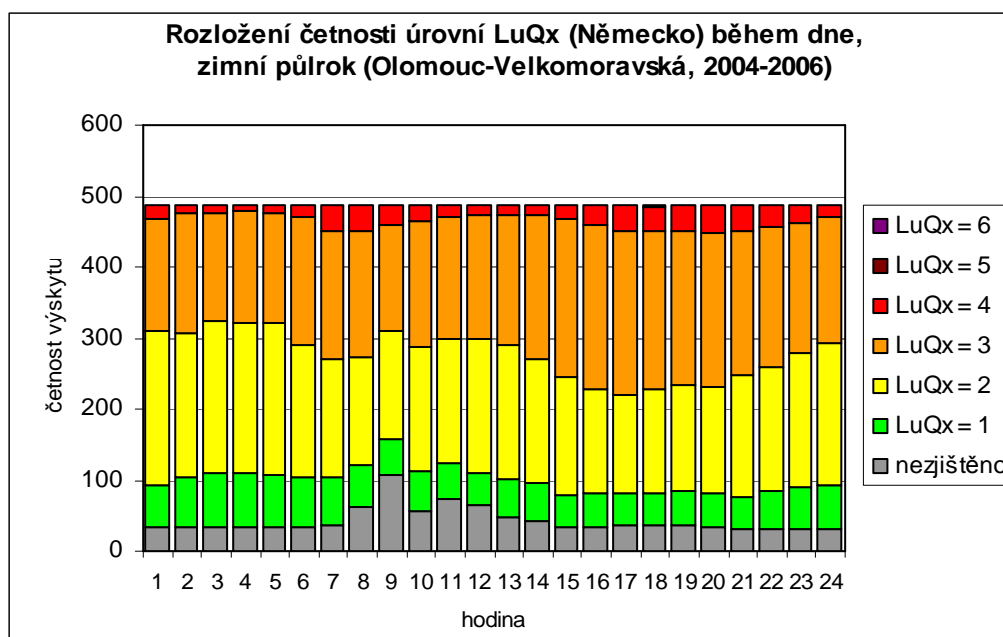
Obr. 6 Rozložení četností úrovní *IKO* (ČHMÚ) během dne na stanici Olomouc-Velkomoravská za období 2004–2006, *zimní půlrok*



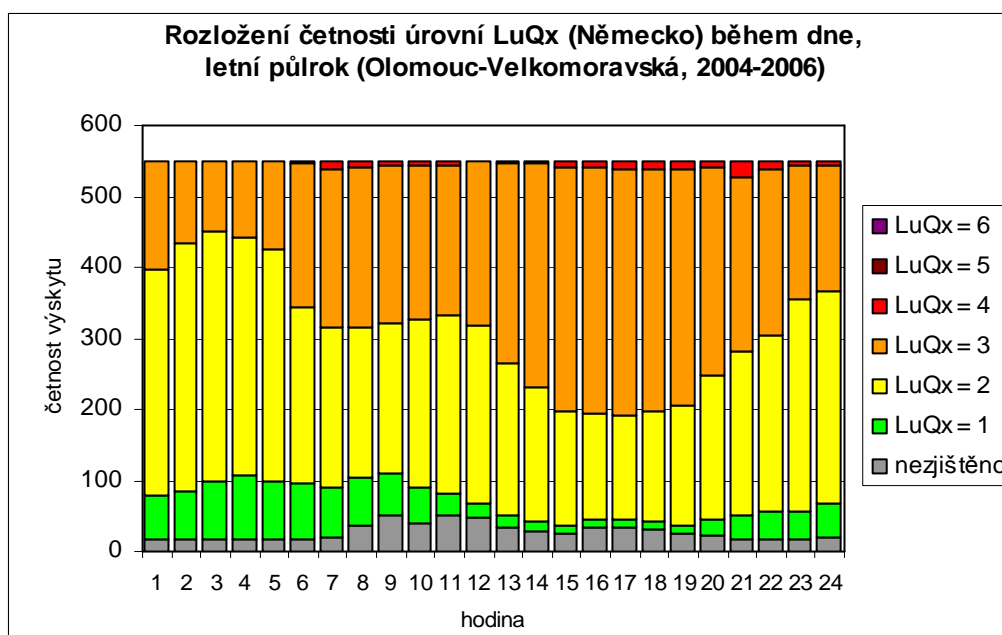
Obr. 7 Rozložení četností úrovní *IKO* (ČHMÚ) během dne na stanici Olomouc-Velkomoravská za období 2004–2006, *letní půlrok*

Při srovnávání zimního (obr. 8) a letního (obr. 9) půlroku pomocí *německého indexu kvality ovzduší (LuQx)* je nutno poznamenat, že aplikace německého indexu na olomoucké podmínky, nezohledňuje vliv prašných částic PM₁₀, což může do jisté míry poznamenat zastoupení jednotlivých úrovní indexu.

V zimním období lze sledovat vyšší výskyt 4. úrovně indexu, zejména od 7 do 10 hodin a od 16 do 24 hodin s maximem ve 20 hodin. 5. úroveň je zastoupena minimálně, úroveň 6 se vůbec nevyskytuje. V letním půlroku není zastoupena vůbec 6. ani 5. úroveň, i 4. úroveň se objevuje jen minimálně. V zimním období lze pozorovat nejvyšší zastoupení 3. úrovně, ze 38,5 %, zvláště od 14 do 22 hodin (s maximem v 17 hodin), v závěsu stojí 2. úroveň, z 36,3 %, s největším výskytem od 23 do 6 hodin (maximum ve 3 hodiny). V létě se pak nejvyšší výskyt objevuje u 2. úrovně, z 43,9 %, zvláště od 22 do 7 hodin (s maximem ve 3 hodiny), úroveň 3 je zastoupena podobně ze 42,3 %, s největším výskytem od 13 do 21 hodin (maximum v 16 hodin). 1. úroveň indexu je oproti českému indexu zastoupena více, z 11,7 % v zimě a 7,7 % v létě. V obou případech s nejvyšším výskytem v časných ranních hodinách.



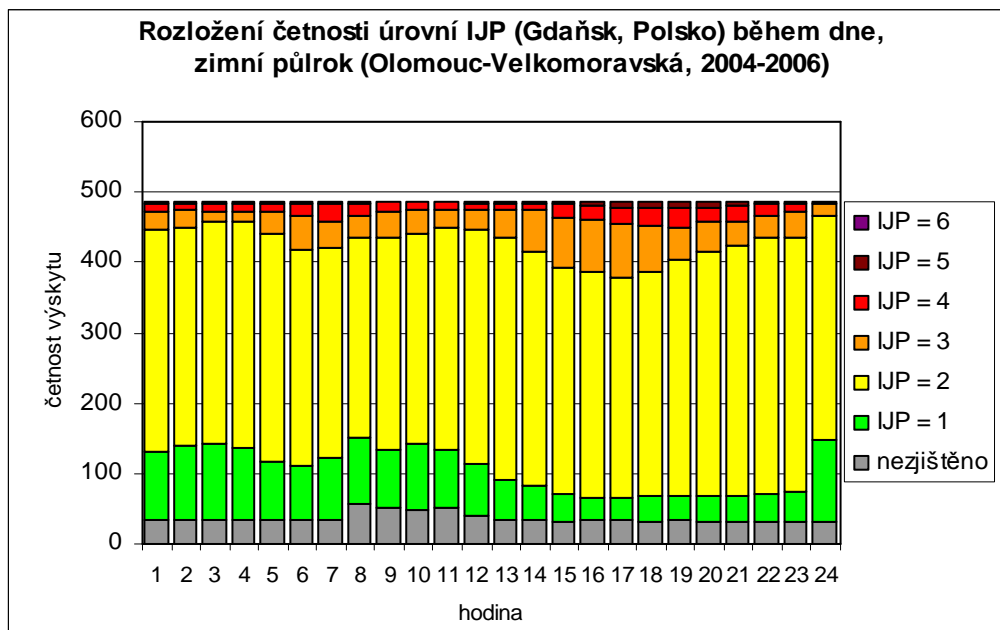
Obr. 8 Rozložení četností úrovní *LuQx* (Německo) během dne na stanici Olomouc-Velkomoravská za období 2004–2006, *zimní půlrok*



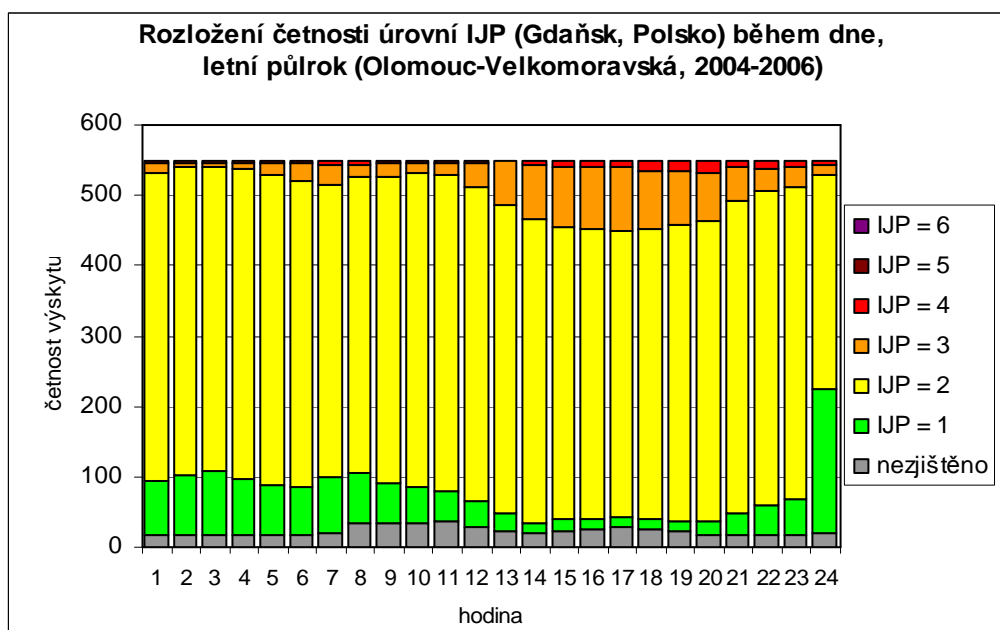
Obr. 9 Rozložení četností úrovní *LuQx* (Německo) během dne na stanici Olomouc-Velkomoravská za období 2004–2006, *letní půlrok*

Srovnání zimního (obr. 10) a letního (obr. 11) půlroku pomocí *polského indexu kvality ovzduší*:

Aplikace *polského indexu kvality ovzduší (IJP, Gdaňsk)* na olomoucké podmínky zohledňuje všechny znečišťující látky měřené na stanici Olomouc-Velkomoravská, a to včetně ozonu (vyhodnocován je tedy ozonový index), nejsou však pro něj dostupné hodnoty koncentrací C_6H_6 . V zimním období se 6. i 5. úroveň vyskytuje minimálně, prakticky v závislosti na zvýšeném výskytu 4. úrovně, obzvláště ráno v 7 hodin a pak od 15 do 22 hodin s maximem v 19 hodin. V létě je zastoupení 6. i 5. úrovně nulové, i úroveň 4 se vyskytuje jen minimálně, v pozdních odpoledních a večerních hodinách. Procentuální zastoupení 3. úrovně je v zimě i v létě velmi podobné, 8,2 % resp. 7,4 %. Přičemž v létě se nejvíce vyskytuje od 12 do 23 hodin (maximum v 17 hodin), v zimě je vyšší zastoupení i v ranních hodinách, od 5 do 10 hodin (maximum v 6 hodin) a pak od 13 do 23 hodin (maximum v 17 hodin). V letním i zimním období lze pozorovat nejvyšší vyšší výskyt 2. úrovně, v zimě ze 66,3 %, v létě ze 77,7 %. Rozložení během je v obou případech prakticky během celého dne velmi podobné, bez výraznějších maximálních hodnot. 1. úroveň indexu je v obou případech zastoupena s druhou nejvyšší četností, z 14,0 % v zimě a 9,5 % v létě. V obou případech s nejvyšším výskytem v časných ranních hodinách.



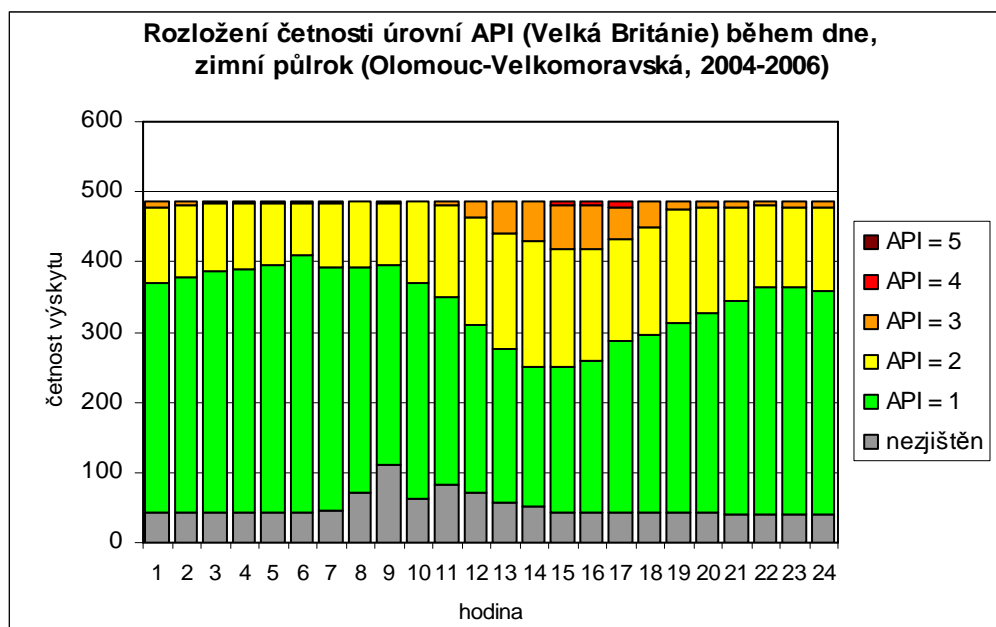
Obr. 10 Rozložení četností úrovní *IJP* (Gdaňsk, Polsko) během dne na stanici Olomouc-Velkomoravská za období 2004–2006, *zimní půlrok*



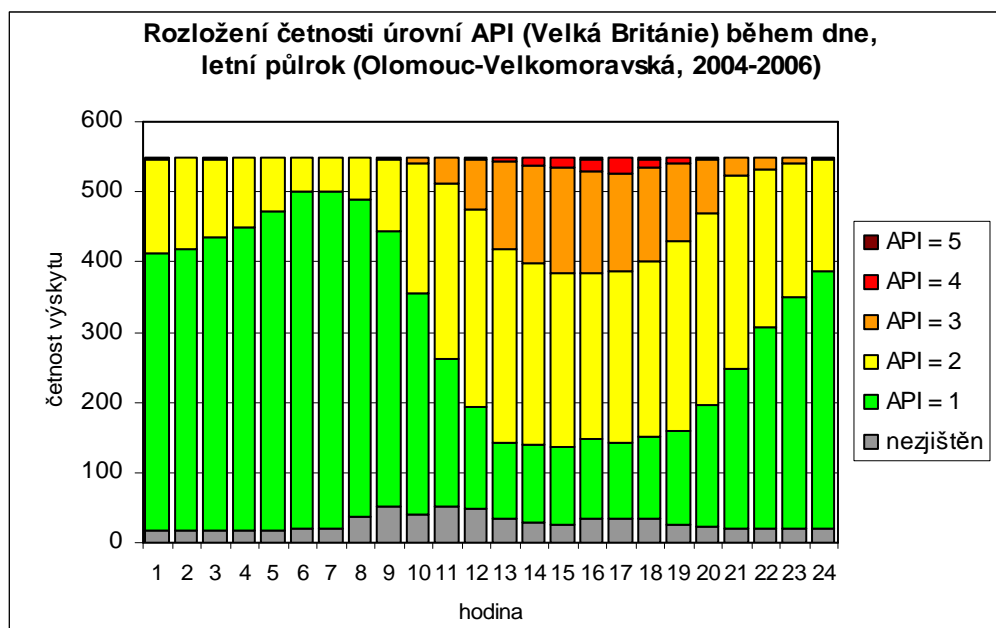
Obr. 11 Rozložení četností úrovní *IJP* (Gdaňsk, Polsko) během dne na stanici Olomouc-Velkomoravská za období 2004–2006, *letní půlrok*

U srovnání zimního (obr. 12) a letního (obr. 13) půlroku pomocí *britského indexu kvality ovzduší (API)* je třeba připomenout, že jeho aplikace na olomoucké podmínky nezohledňuje koncentrace SO_2 a PM_{10} . Právě prašnost bývá v případě dopravní komunikace velkým problémem. Tento nedostatek by mohl částečně vysvětlit vysoké zastoupení 1. úrovně indexu. Britský index se od ostatních indexů nejvíce liší klasifikací stanovenou na deset úrovní, což vysvětluje rozdílné ohodnocení vstupních dat.

Úrovně 6. až 10. nejsou vůbec ani v jednom ročním období zastoupeny, v zimě pak není zastoupena ani úroveň 5. Úroveň 4 v zimě i v létě (zde navíc i úroveň 5) jsou zastoupeny minimálně, zejména v odpoledních hodinách. V období letního půlroku je pak větší zastoupení 3. úrovně v odpoledních hodinách, které je patrně způsobeno zvýšeným výskytem přízemního ozonu. Z obr. 12 i 13 je na první pohled patrný největší podíl 1. úrovně, z 59,9 % resp. 51,2 %, což je vůbec největší podíl ze všech indexů. Velmi vysoké zastoupení je pak v letním období od 23 do 10 hodin s maximem v 6 hodin. V zimě je 1. úroveň zastoupena vyrovnaně v průběhu dne (s maximem v 6 hodin), nejméně se však vyskytuje od 12 do 16 hodin. Druhou nejvíce procentuálně zastoupenou úroveň představuje úroveň 2, s 25,7% podílem v zimě a 33,7% podílem v létě. Výskyt je v obou případech nejvyšší v odpoledních a večerních hodinách, přibližně od 11 do 22 hodin.



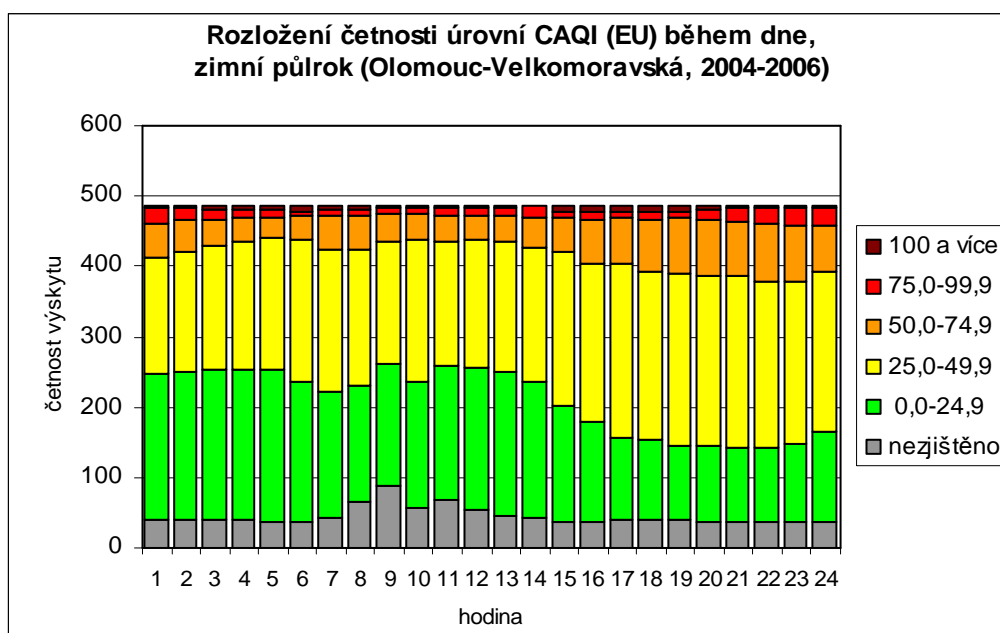
Obr. 12 Rozložení četností úrovní *API* (Velká Británie) během dne na stanici Olomouc-Velkomoravská za období 2004–2006, *zimní půlrok*



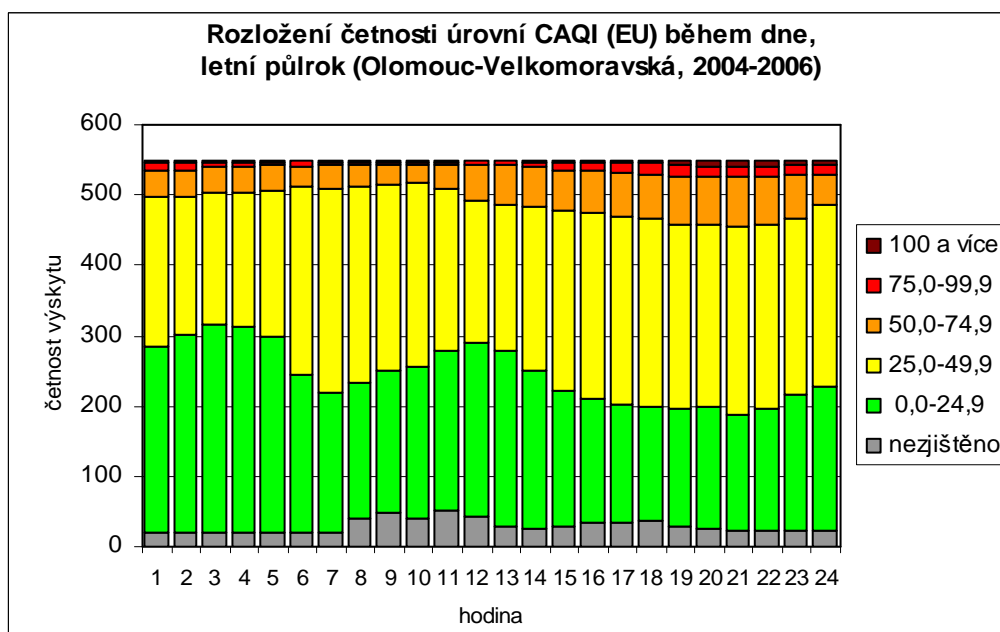
Obr. 13 Rozložení četností úrovní *API* (Velká Británie) během dne na stanici Olomouc-Velkomoravská za období 2004–2006, *letní půlrok*

Ke srovnání zimního (obr. 14) a letního (obr. 15) půlroku pomocí *celoevropského indexu kvality ovzduší (CAQI)* je na místě vhodné připomenout, že jeho aplikace na olomoucké podmínky, nezohledňuje vliv SO_2 a O_3 , neboť se jedná o dopravní lokalitu. To by mohlo částečně vysvětlit vysoké zastoupení 1. a 2. úrovně v letním období, kdy není zhodnocen vliv přízemního ozonu na kvalitu ovzduší. Celoevropský index se také od ostatních liší klasifikací pouze do pěti úrovní, což by mohlo z části vysvětlit rozdílné ohodnocení vstupních dat.

Úrovně 4 a 5 jsou v zimním i letním období zastoupeny jen minimálně. 3. úroveň je v obou obdobích zastoupena velmi podobně, s nejvyšším výskytem v odpoledních a večerních hodinách. Také 2. úroveň se v zimě i v létě objevuje s obdobným procentuálním zastoupením, ze 42,3 % resp. 44,4 %. V zimě je její výskyt největší od 16 do 24 hodin s maximem ve 21 hodin, v létě se pak výskyt soustředí více do dvou oblastí s vysokým výskytem a to na dopolední hodiny od 6 do 10 hodin (s maximem v 7 hodin), a odpolední a večerní hodiny od 14 do 24 hodin (s maximem v 17 hodin). 1. úroveň má podobně vysoké zastoupení jako úroveň 2, a to v zimním období ze 33,8 %, v letním období pak ze 39,3 %. Výskyt je v obou případech nejvyšší v ranních hodinách od 1 do 7 hodiny (s maximem v 5, resp. ve 3 hodiny) a v dopoledních hodinách od 10 do 14 hodin (s maximem ve 13 hodin).



Obr. 14 Rozložení četností úrovní *CAQI* (EU) během dne na stanici Olomouc-Velkomoravská za období 2004–2006, *zimní půlrok*



Obr. 15 Rozložení četností úrovní *CAQI* (EU) během dne na stanici Olomouc-Velkomoravská za období 2004–2006, *letní půlrok*

4.4 Vzájemné srovnání četností tříd indexů

Pro vzájemné srovnání přísnosti indexů byly vyhodnocené třídy indexů porovnány pro konkrétní časové intervaly jejich vzájemným odečtením. Při tomto odečítání je třeba vzít v úvahu, že záleží na zvoleném pořadí. Třídu prvního indexu označme A, třídu druhého indexu označme B, jejich rozdíl $A - B$ pak vyjadřuje:

- $A - B = 2$ první index vyhodnocuje ovzduší jako zdravotně nevhodné, druhý index jako zcela čisté (**rozpor**)
- $A - B = 1$ první index vyhodnocuje ovzduší jako méně čisté než druhý index (**neshoda**)
- $A - B = 0$ oba indexy vyjadřují tutéž třídu kvality ovzduší (**shoda**)
- $A - B = -1$ první index vyhodnocuje ovzduší jako více čisté než druhý index (**neshoda**)
- $A - B = -2$ první index vyhodnocuje ovzduší jako zcela čisté, druhý index jako zdravotně nevhodné (**rozpor**)

Z pěti vyhodnocovaných indexů lze utvořit celkem 10 srovnávaných dvojic, výsledky srovnání uvádí tabulka 17.

Nejvíce, z 85,4 %, se shodují indexy český (IKO dle ČHMÚ) a německý (LuQx). Na druhé místo můžeme zařadit shodu indexů polského (IJP, Gdaňsk) s německým (LuQx), a to z 83,3 %. Podobně, z 82,8 %, se shodují indexy polský (IJP, Gdaňsk) s českým (IKO dle ČHMÚ).

Naopak nejmenší shoda panuje mezi kombinací indexu britského (API) s ostatními indexy. Nejméně se shodují indexy český (IKO dle ČHMÚ) s britským (API), v 38,4 %, což je jen důkazem toho, že britský index je ze všech použitých indexů nejvíce benevolentní a český index platí zase naopak za nejpřísnější.

Podíly nezjištěných dat se pohybují od 6,3 % do 7,6 %.

Výskyt rozporu je velmi omezený, dá se říci, že indexy si navzájem prakticky neodporují.

Tab. 17 Zastoupení jednotlivých typů rozdílů při srovnání tříd indexů (v %)

Srovnání tříd	ČHMÚ	ČHMÚ	ČHMÚ	ČHMÚ	LuQx	LuQx	LuQx	Gdaňsk	Gdaňsk	API
	– LuQx	– Gdaňsk	– API	– CAQI	– Gdaňsk	– API	– CAQI	– API	– CAQI	– CAQI
nezjištěno	6,8	6,3	7,6	6,3	6,8	7,6	6,8	7,6	5,8	7,6
2	0,3	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1	7,5	10,2	51,9	32,7	5,7	46,8	30,5	47,0	27,5	16,2
0	85,4	82,8	38,4	60,9	83,3	44,8	56,9	42,9	63,0	39,1
–1	0,0	0,7	0,6	0,0	4,2	0,8	5,6	2,5	3,8	35,7
–2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	1,2

5 Závěr

Vybrané indexy kvality ovzduší byly vyhodnoceny a navzájem porovnány na vzorku imisních dat ze stanice Olomouc-Velkomoravská za období let 2004–2006. Lze konstatovat, že pro komplexní hodnocení kvality ovzduší je optimální volbou index kvality ovzduší (IKO) definovaný Českým hydrometeorologickým ústavem. Ukázalo se, že při srovnání všech analyzovaných indexů má český IKO (ČHMÚ) nejpřísněji stanovené úrovně indexu. Na druhé a třetí místo lze zařadit indexy německý (LuQx) a polský (IJP, Gdaňsk), které jsou sice méně přísné, ale s českým indexem srovnatelné. Naproti tomu celoevropský index (CAQI) lze označit jako velmi mírný a pro olomoucké podmínky nevhodný. Stálo by ovšem za další rozbor, zda by využití indexu CAQI na data ze stanice Olomouc-Šmeralova, která není dopravní, ale městská pozadová, ukázalo obdobnou mírnost v hodnocení, nebo zda by se indexu podle ČHMÚ více vyrovnala. V případě zapojení Olomouce do sítě měst v projektu CITEAIR by toto mohlo být řešeno buď vykazováním přísněji vyhodnocené stanice z dvojice Velkomoravská vs. Šmeralova, nebo ještě jiným způsobem.

Nejvíce benevolentní se vůči olomouckým imisním datům ukazuje britský index kvality ovzduší (API), jehož výstupy jsou s českým indexem prakticky nesrovnatelné. Zvýšení vypovídací schopnosti britského indexu by si vyžádalo úpravu hodnocení koncentrací SO_2 a PM_{10} , tak aby do stanovení indexu mohly být zahrnuty.

Kromě možnosti zvolit optimum z existujících indexů kvality ovzduší, jímž je podle provedené analýzy index IKO podle ČHMÚ, se nabízí také varianta sestrotit index kvality ovzduší šitý přímo na míru městu Olomouci. Zde by ovšem bylo nutné nejprve stanovit vstupní požadavky na povahu indexu a teprve poté hledat na dosud naměřených časových řadách imisních hodnot nejlépe přiléhající metodu stanovení IKO. Konstrukce takové metodiky už by ovšem překračovala rámeček této bakalářské práce.

6 Summary

Air quality index is used as an instrument for air pollution level assessment. Many different types of air quality indices, which differ in the extent and the ways how to assess data, were created worldwide. The assessment of influence of polluting substances in air on human health is the most important criterion by all indices.

This bachelor project deals with description and comparison of particular types of air quality indices and suggests suitable type of index for the city of Olomouc. Air quality indices used in the Czech Republic, Germany, Austria, Slovakia, Poland, United Kingdom, USA and a European index are described in the theoretical part. Five European air quality indices were chosen for comparative analysis – Czech (index kvality ovzduší according to Czech Hydrometeorological Institute), German (Luftqualitätsindex), Polish (indeks jakości powietrza, Gdańsk), British (air pollution index) and European (common air quality index or CAQI, project CITEAIR). Particular indices were compared using data sample from the Olomouc-Velkomoravská air pollution monitoring station. These data are 1-hour concentrations of substances SO₂, NO₂, O₃ and PM₁₀ during the period 2004–2006. Data were provided by the Department of Environment at the Olomouc Municipal Authority.

The indices differ in individual setting of air pollution limits, the amount of included polluting substances and in the amount of levels in the index. For purposes of mutual comparison, indices were categorized into three classes: 1st class – the best air quality, 2nd class – satisfactory air quality, 3rd class – unsatisfactory air quality. Frequency collocation of particular levels and classes by used indices was assessed for the annual period as well as for the winter and the summer half-years separately.

For mutual comparison of the strictness of the indices, the evaluated classes were compared for particular time intervals by means of their mutual subtraction. From the results, the biggest conformity between the Czech (IKO according to ČHMÚ) and the German (LuQx) index was detected. Conformity between the Polish (IJP, Gdańsk) and the German (LuQx) index was the second best. Similar conformity was found out between the Polish (IJP, Gdańsk) and the Czech (IKO according to ČHMÚ) indices. The lowest conformity was found between the British (API) index and other indices.

The Czech air quality index (IKO according to ČHMÚ) can be determined as the strictest one on the basis of mutual comparison. On the second and third place there are the German (LuQx) and the Polish (IJP, Gdańsk) indices, which are not so strict, but

still comparable with the Czech one. The European index (CAQI) is rather moderate; and the least strict is the British air quality index (API). The Czech index, as defined by the Czech Hydrometeorological Institute, can be fully recommended for the conditions of the city of Olomouc as the most suitable one.

7 Seznam použité literatury

AIRNow – Air Quality index Brochure. (on-line) US EPA [cit. 7. 11. 2007], dostupné z: <http://airnow.gov/index.cfm?action=aqibroch.index>

ARMAAG: Sposoby liczenia indeksu ogólnego lub ozonowego. (on-line) [cit. 3. 3. 2008], dostupné z: http://armaag.gda.pl/indeks_jakosci_powietrza/liczenie_indeksu.htm

Cairncoss, E. K., John, J., Zunckel, M. (2007) *A novel air pollution index based on the relative risk of daily mortality associated with short-term exposure to common air pollutants*. Atmospheric Environment 41, č. 38, s. 8442–8454.

CITEAIR (on-line). [cit. 22. 2. 2008], dostupné z: <http://citeair.rec.org>

CITEAIR. Air Quality Index CAQI (on-line). [cit. 22. 2. 2008], dostupné z: <http://citeair.rec.org/downloads/Products/ComparingUrbanAirQualityAcrossBorders.pdf>

ČHMÚ. *Indexy kvality ovzduší*. In: Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2005. (on-line) [cit. 22. 9. 2007], dostupné z: <http://www.chmi.cz/uoco/isko/groc/gr05cz/kap26.html>

ČHMÚ – *Lokality měření* (on-line) [cit. 20. 3. 2008], dostupné z: http://www.chmi.cz/uoco/isko/isko2/locality/pollution_locality/loc_MOLV.html

Griffin, R. D. (2007) *Principles of Air Quality Management. 2nd ed.* Boca Raton (FL, USA): Taylor & Francis. ISBN 978-0-8493-7099-1.

Hygienické předpisy, sv. 51/1981. Ministerstvo zdravotnictví ČSR.

Luftgütebewertung (on-line). Land Salzburg. [cit. 28. 9. 2007], dostupné z: <http://www.salzburg.gv.at/themen/nuw/umwelt/luftreinhaltung/grenzwerte/luftguetebewertung.htm>

Luftqualitätsindizes LuQx und LaQx - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (on-line). Baden-Württemberg. [cit. 22. 9. 2007], dostupné z: <<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/20146/>>

Marquis Light (on-line). Instytut ekologii terenów uprzemysłowionych Katowice. [cit. 12. 1. 2008], dostupné z: <<http://marquis.ietu.katowice.pl/marquislight/>>

Monitoring ovzduší (on-line). Statutární město Olomouc [cit. 3. 9. 2007], dostupné z: <<http://www.olomouc.eu/ovzdusi>>

Počasia – predpovede a výstrahy (on-line). SHMÚ. [cit. 3. 3. 2008], dostupné z: <http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_imis#tab>

Postup výpočtu indexu kvality ovzduší (on-line). Státní zdravotní ústav. [cit. 22. 9. 2007], dostupné z: <http://www.szu.cz/chzp/ovzdusi/dokumenty/documents/index_kvality_ovzdusi.pdf>

Stieb, D. M., Smith-Doiron, M., Blagden, P., Burnett, R. T. (2005). *Estimating the public health burden attributable to air pollution: an illustration using the development of an alternative air quality index*. Journal of Toxicology and Environmental Health 68 (13–14), 1275–1288.

Symon, K. et al. (1988). *Znečištění ovzduší a zdraví*. Praha: Avicenum.

UK National Air Quality Archive: Air Quality Standards (on-line). UK DEFRA [cit. 20. 2. 2008], dostupné z: <<http://www.airquality.co.uk/archive/standards.php>>

Vyhláška Ministerstva životního prostředí Slovenské republiky č. 112/1993 z 22. dubna 1993. (on-line) [cit. 22. 9. 2007], dostupné z: <http://www.seps.sk/pravo/112_93.htm>

Vyhláška Ministerstva životního prostředí Slovenské republiky č. 103/1995 z 28. dubna 1995. (on-line) [cit. 22. 9. 2007], dostupné z:

<<http://www.zbierka.sk/zz/predpisy/default.aspx?PredpisID=13250&FileName=95-z103&Rocnik=1995&#xml=http://www.zbierka.sk/zz/predpisy/default.aspx?HitFile=Tr ue&FileID=111&Flags=160&IndexFile=zz95&Text=103/1995>>

Wiener Luftgüteindex – Bewertungsübersicht (on-line). Stadt Wien. [cit. 28. 9. 2007],
dostupné z: <<http://www.wien.gv.at/ma22/lgb/luftwl.htm>>

PŘÍLOHY

Seznam příloh:

Příloha A Srovnání hodnocení znečišťujících látek pro zpracované indexy kvality ovzduší

Příloha A

Tab. A.1 Srovnání hodnocení SO₂ u analyzovaných indexů znečištění ovzduší:

Úrovně	IKO (ČHMÚ)	LuQx (Německo)	IJP (Gdaňsk)
	SO ₂ [μg.m ⁻³]	SO ₂ [μg.m ⁻³]	SO ₂ [μg.m ⁻³]
1	0-25	0-25	0-40
2	26-50	>25-50	40,01-120
3	51-120	>50-120	120,01-160
4	121-250	>120-350	160,01-250
5	251-500	>350-1000	250,01-400
6	nad 500	>1000	400,01-500

Tab. A.2 Srovnání hodnocení NO₂ u analyzovaných indexů znečištění ovzduší:

Úrovně	IKO (ČHMÚ)	LuQx (Německo)	IJP (Gdaňsk)	API (V. Británie)	CAQI (EU)
	NO ₂ [μg.m ⁻³]	NO ₂ [μg.m ⁻³]	NO ₂ [μg.m ⁻³]	NO ₂ [μg.m ⁻³]	NO ₂ [μg.m ⁻³]
1	0-25	0-25	0-30	0-95	0-50
2	26-50	>25-50	30,01-85	96-190	50-100
3	51-100	>50-100	85,01-110	191-286	100-200
4	101-200	>100-200	110,01-165	287-381	200-400
5	201-400	>200-500	165,01-275	382-476	>400
6	nad 400	>500	275,01-400	477-572	-
7	-	-	-	573-635	-
8	-	-	-	636-700	-
9	-	-	-	701-763	-
10	-	-	-	764 a více	-

Tab. A.3 Srovnání hodnocení O₃ u analyzovaných indexů znečištění ovzduší:

Úrovně	IKO (ČHMÚ)	LuQx (Německo)	IJP (Gdaňsk)	API (V. Británie)
	O ₃ [μg.m ⁻³]	O ₃ [μg.m ⁻³]	O ₃ [μg.m ⁻³]	O ₃ [μg.m ⁻³]
1	0-33	0-33	0-40	0-32
2	34-65	>33-65	40,01-80	33-66
3	66-120	>65-120	80,01-120	67-99
4	121-180	>120-180	120,01-180	100-126
5	181-240	>180-240	180,01-240	127-152
6	nad 240	>240	>240,01	153-179
7	-	-	-	180-239

Příloha A

8	-	-	-	240-299
9	-	-	-	300-359
10	-	-	-	360 a více

Tab. A.4 Srovnání hodnocení PM₁₀ u analyzovaných indexů znečištění ovzduší:

Úrovně	IKO (ČHMÚ)	IJP (Gdaňsk)	CAQI (EU)
	PM₁₀ [μg.m⁻³]	PM₁₀ [μg.m⁻³]	PM₁₀ [μg.m⁻³]
1	0-15	0-20	0-25
2	16-30	20,01-80	25-50
3	31-50	80,01-100	50-75
4	51-70	100,01-160	75-100
5	71-150	160,01-240	>100
6	nad 150	240,01-280	-