

# ZDROJE PLYNNÝCH POLUTANTŮ V MĚSTSKÉ ATMOSFÉŘE

Dana PERNIU, Ileana MANCIULEA

Transilvania University of Brasov

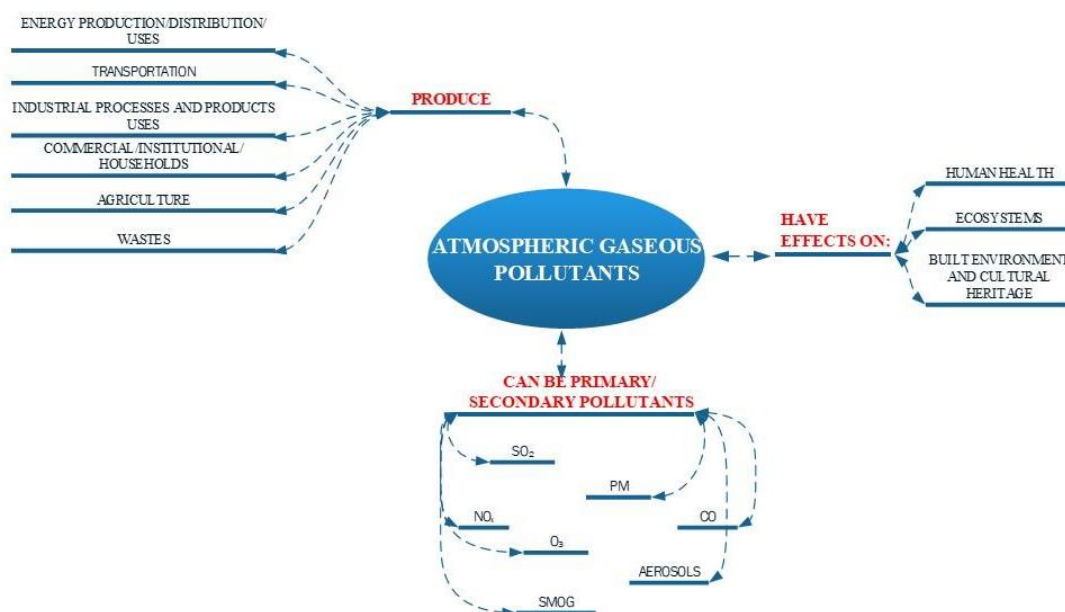
[d.perniu@unitbv.ro](mailto:d.perniu@unitbv.ro), [i.manciulea@unitbv.ro](mailto:i.manciulea@unitbv.ro)



# 1. ÚVOD

Tento kurz je koncipován tak, aby vám nabídl integrovaný pohled na plynné polutanty v ovzduší. Kurz se zaměřuje na primární a sekundární znečišťující látky, které jsou produkovány různými zdroji znečištění a mají nepříznivé účinky na lidské zdraví a na přírodní a / nebo zastavěné prostředí.

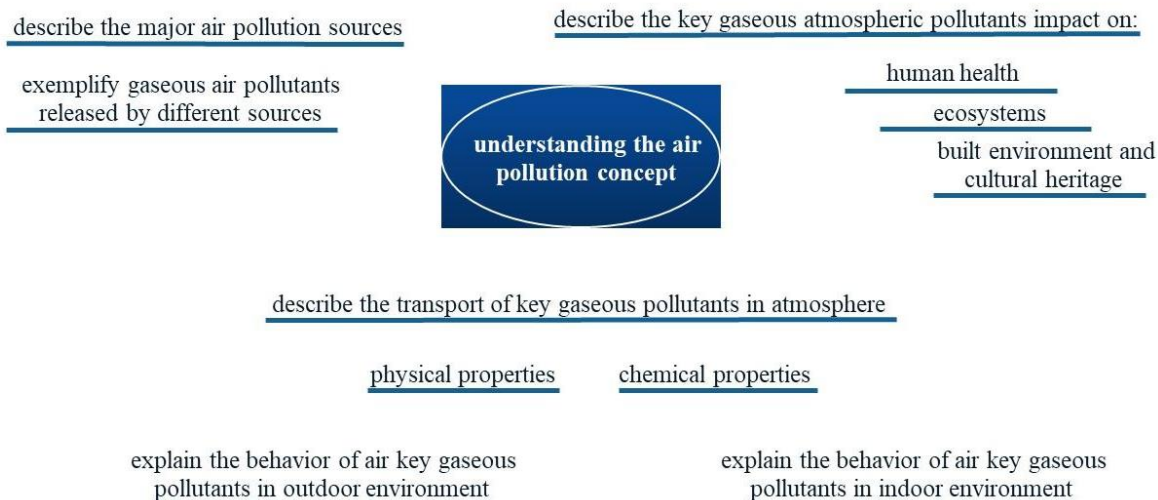
## COURSE DESCRIPTION



Cílem kurzu je poskytnout informace, které pomohou pochopit koncept znečištění, což znamená:

- popsat důležité zdroje znečištění ovzduší a ukázat příklady znečišťujících látek emitovaných různými zdroji;
- popsat transport znečišťujících látek v atmosféře, což vyžaduje znalosti také o fyzikálních a chemických vlastnostech znečišťujících látek;
- uvést příklady chování znečišťujících látek ve venkovním a vnitřním prostředí.

## COURSE OBJECTIVES



Na základě těchto informací budete moci popsat účinky plynných znečišťujících látek na lidské zdraví a/nebo přirozené a zastavěné prostředí.

Děkujeme vám, že jste si vybrali náš kurz a přejeme Vám úspěch při získávání nových znalostí.

## 2. PLYNNÉ POLUTANTY V ATMOSFÉŘE

Čistý vzduch představuje základní podmínku zdravého života a dobrých podmínek („welfare“).

Lidé se snaží zlepšovat kvalitu života, což vede k technologickému a ekonomickému rozvoji, ale obecně se tak zhoršuje kvalita životního prostředí a zejména kvalitu ovzduší.

V tomto textu vám přinášíme základní informace o znečištění ovzduší způsobeném plynnými polutanty uvolňovanými do atmosféry antropickými činnostmi.

## 3. SLOŽENÍ ATMOSFÉRY

Země je obklopena plynnou atmosférou, která je rozdělena na 5 vertikálních vrstev určených podle jejich složení a teploty, která se mění s nadmořskou výškou: troposféra, stratosféra, mezosféra, termosféra a exosféra.

Nejbližší vrstva k povrchu Země je **troposféra**, zjednodušeně nazývaná vzduch, která obsahuje zhruba 80% z celé hmotnosti atmosféry a prakticky celkovou hmotnost vody.

Kromě vody, která má proměnlivou koncentraci, má vzduch konstantní složení až do výšky 10 km. Obsahuje hlavní součásti, které tvoří přibližně 99,6% z celkové atmosférické hmotnosti a stopové prvky.



**Hlavní plyny** v atmosféře tvoří 99.96% (obj.) z celkové hmoty:

*Dusík,  $N_2$  (78%, obj.)* - je nejběžnější atmosférický plyn. V atmosférických podmínkách nereaguje s jinými látkami;

*Kyslík,  $O_2$  (21%, obj.)* - je druhým nejběžnějším plynem, který je nutný pro dýchání všech organismů na Zemi, od lidí až po bakterie. Je to vysoce reaktivní plyn;

*Argon, Ar (0,93% obj.)* - je inertní vzácný plyn;

*Oxid uhličitý,  $CO_2$  (asi 0,03% obj.)* - tento plyn má sice v atmosféře nízký podíl, ale je nezbytný pro fotosyntézu, která je životně důležitá pro život na Zemi. Oxid uhličitý hraje důležitou roli při udržování tepelné bilance Země. V minulém století se v důsledku antropické aktivity zvýšila jeho atmosférická koncentrace, což vedlo ke změně klimatu.

Mezi **stopové plyny**, které tvoří 0,04% celkové hmotnosti, řadíme:

*Vzácné plyny (Krypton, Xenon, Helium)*

*Amoniak ( $NH_3$ )*

*Organická hmota*

*Metan ( $CH_4$ )*

*Oxidy dusíku ( $N_2O$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ )*

*Ozon ( $O_3$ )*

*Oxid siřičitý ( $SO_2$ )*

*Různé soli a suspendované pevné částice*

**Voda** (ve formě páry) se ve vzduchu nalézá v různém množství v závislosti na teplotě, srážení, rychlosti odpařování a lokality. Její obsah se může pohybovat v rozmezí od 0,1% do 5%. Pokud

vyloučíme vodní páru, je složení troposférického vzduchu konstantní. Vodní pára je součástí hydrologického cyklu a je i důležitým skleníkovým plynem.

## 4. JEDNOTKY KONCENTRACE SLOŽENÍ VZDUCHU

K vyjádření složení vzduchu se používají různé jednotky:

% (**m**) – hmotnostní procenta

% (**vol**) – objemová procenta

**mg/m<sup>3</sup>** – miligramy složky na kubický metr vzduchu

**μg/m<sup>3</sup>** – mikrogramy složky na kubický metr vzduchu

**parts per million in volume (ppmv)** – objemové díly složky na milion objemových dílů vzduchu

**parts per billion in volume (ppbv)** – objemové díly složky na miliardu objemových dílů vzduchu

Objemové frakce ppmv, respektive ppbv, vyjadřují počet objemových částí vzduchové složky v jednom milionu nebo jedné miliardě objemových dílů vzduchu nebo počet molekul plynné složky v jednom milionu / miliardě molekul vzduchových složek.

## 5. KONVERZE KONCENTRACÍ

Vzhledem k tomu, že zde není konsenzus na jediném způsobu vyjádření koncentrace složek vzduchu, jsou potřebné převáděcí vztahy z jedné jednotky na druhou.

Transformace jsou založeny na zákonu o ideálním plynu ( $pV = nRT$ ), který stanoví proporcionalitu mezi objemem plynu a celkovým počtem molekul.

| převod            |                   | převod                                                                                      |
|-------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| z                 | na                |                                                                                             |
| mg/m <sup>3</sup> | ppmv              | $ppmv = \frac{mg}{m^3} \cdot \frac{[273.15 + (^{\circ}C)]}{M} \cdot 0.08205$                |
| mg/m <sup>3</sup> | ppbv              | $ppbv = \frac{\mu g}{m^3} \cdot \frac{[273.15 + (^{\circ}C)]}{M} \cdot 0.08205$             |
| ppmv              | mg/m <sup>3</sup> | $\frac{mg}{m^3} = (ppmv) \cdot \frac{M}{[273.15 + (^{\circ}C)]} \cdot \frac{1}{0.08205}$    |
| ppbv              | mg/m <sup>3</sup> | $\frac{\mu g}{m^3} = (ppbv) \cdot \frac{M}{[273.15 + (^{\circ}C)]} \cdot \frac{1}{0.08205}$ |

Kde:

počet objemových frakcí plynné složky ve vzduchu: ppmv, ppbv, mg m<sup>3</sup>, μg/m<sup>3</sup>

molekulová hmotnost plynné složky: M

Univerzální plynová konstanta:  $R = 0,08205 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} (8,314 \text{ J.mol}^{-1} .\text{K}^{-1})$

teplota  $T = [273,15 + (^{\circ}C)] \text{ K}$

atmosférický tlak  $p = 1 \text{ atm}$  (101,3 kPa)

## 6. ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ – HISTORIE

Čistý vzduch obsahuje výše zmíněné plyny v uvedeném poměru. V důsledku antropické aktivity se koncentrace některých může lišit, což ovlivní i základní vlastnosti/ funkce vzduchu.

Již v historii jsou známy některé události spojené se změnami složení vzduchu. Uvedeme si několik příkladů:

Jedním z prvních svědectví o diskomfortu způsobeném přítomností látek ze spalování uhlí v ovzduší je filozof Seneca. V jednom ze svých spisů zmiňuje změny své dispozice způsobené právě těžkým vzduchem v Římě díky kouři z komínů, které přináší směs sazí a výparů s škodlivým zápachem.

Po staletí bylo uhlí využíváno jako hlavní zdroj energie pro vytápění a vaření.

V Anglii během 14. století (1306) král Eduard I. zavedl první regulaci pro ochranu životního prostředí tím, že zakázal spalování uhlí, což ale obyvatelstvo ignorovalo.

Později v roce 1661 požádal král Karel II. jednoho ze svých rytířů, Johna Evelyny, aby napsal knihu o nebezpečí spalování uhlí. Výsledkem byla první komplexní studie, která pojednávala o znečištění ovzduší – „Fumifugium: neboli nepohodlí vzduchu, a dým Londýna rozptýlený, spolu s některými nápravnými prostředky pokorně navrženými pro Jeho Veličenstvo a pro Parlament“

(Fumifugium, or, The inconveniencie of the aer and smoak of London dissipated together with some remedies humbly proposed by J.E. esq. to His Sacred Majestie, and to the Parliament). Fumifugium je složené slovo pocházející z latiny - fumus znamená kouř a fugit odpovídá slovesu běžet.

Dalším důležitým mezníkem bylo dílo George Bauera vydané v roce 1556 pod pseudonymem Gerogius Agricola „DeReMetallica“ s rozsáhlou prezentací těžby. Jedná se o první monografii zaměřenou na průmyslovou činnost, která zmiňuje znečištění ovzduší.

Spolu s průmyslovou revolucí se v důsledku využívání uhlí jako zdroje energie pro činnost strojů spotřeba uhlí ve Velké Británii mezi lety 1800 a 1900 zestonásobila.

Uhelný smog, nazývaný "fog", byl v poslední polovině XIX. a na začátku XX století běžný. Spisovatelé a vědci, a dokonce i malíři, ho evokovali ve svých pracích: Charles Dickens, Charles Darwin, James Russel Arthur Conan Doyle, Claude Monet, Camille Pissarot, Edgar Degas atd.

V prosinci roku 1952 po čtyřech dnech smogu typu "fog" bylo zaznamenáno 4000 úmrtí následkem vystavení vzduchu se znečišťujícími látkami - oxidem siřičitým a částicemi. Tento stav se označuje jako "Londýnský smog".

Dnes jsou znečišťující látky emitované díky antropické aktivitě stejně rozmanité jako účinky, které vyvolávají. Navíc účinky znečištění vznikají nejen místně, ale i v regionálním a globálním měřítku.



## 7. PŘÍSTUP K ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

Významné změny kvality ovzduší díky přítomnosti kontaminujících látek neboli polutantů v koncentracích, které ovlivňují lidské zdraví nebo dobré životní podmínky a nebo způsobují jiné škodlivé účinky, se nazývají znečištění ovzduší.

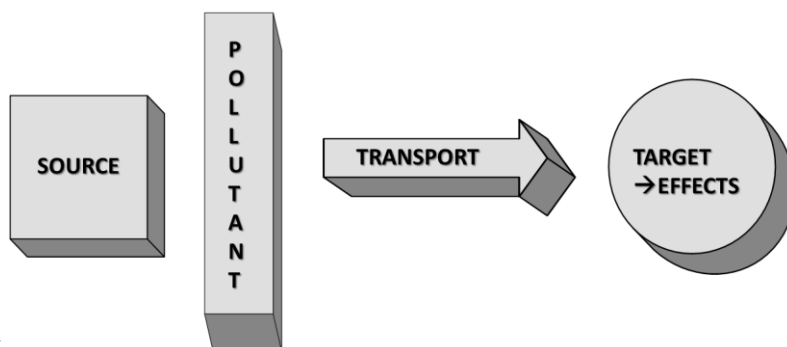
Plynné vzdušné polutanty jsou přítomny jako plyny nebo páry, jsou tedy schopné procházet filtry jako jednotlivé molekuly. Neabsorbují se nebo chemicky nereagují s filtrem. Plynné znečišťující látky, pokud jsou ve vodě rozpustné, snadno pronikají do lidského dýchacího systému, mohou se velmi rychle deponovat do horních cest dýchacích a nepronikají hlouběji do plic.

Vzhledem ke složitosti znečištění životního prostředí, zejména znečištění ovzduší, musí být jeho analýza komplexní s ohledem na zdroje emisí, na jejich transport vzduchem i na účinky na lidské zdraví a na přirozené a zastavěné prostředí.

Z didaktických důvodů se v této podkapitole budeme věnovat zdrojům znečištění ovzduší. Během druhé podkapitoly se zaměříme na vybrané látky znečišťující ovzduší, na transport



životním prostředím pomocí fyzikálních a chemických dějů v rámci vzduchu a také na jejich



účinky.

## 8. Zdroje vzdušných polutantů

Masivní diverzifikace antropické aktivity má za důsledek i diverzifikaci zdrojů znečištění ovzduší. Existuje mnoho způsobů kategorizace zdrojů znečištění, zde si uvedeme pouze obecné údaje.

Podle povahy zdroje jsou znečišťující látky emitovány přírodními a/nebo umělými zdroji.

Mezi **přírodní zdroje** například patří: sopečná erupce, pouštní prach, přirozená tvorba mořského spreje, emise uvolňované rozkladem organických látek, biogenní emise ze stromů a jiné vegetace.

**Antropické zdroje** uvolňují znečišťující látky v důsledku lidské činnosti nebo zásahu. Právě tento typ zdrojů má hlavní vliv na znečištění ovzduší.

Jeden z hlavních rozdílů je mezi stacionárními zdroji a mobilními zdroji.

**Stacionární zdroje** zahrnují emise z průmyslu a domácností.

**Mobilní zdroje** zahrnují silniční, železniční a lodní dopravu

Užitečná je kategorizace za základě rozlišení zdrojů bodových, lineárních a plošných.

**Bodové zdroje** označují zdroje, které můžeme zobrazit jako jednotlivé body. Prostorová stupnice je obvykle v oblasti 1 x 1 km. Příklady bodových zdrojů jsou elektrárna, a to i když má více než jeden komín, a jednotlivé průmyslové lokality.

**Lineární zdroje** označují silniční a železniční vozidla či vlaky.

**Plošné zdroje** jsou rozptýlenější a rozkládají se na významné ploše. Příklad: emise z kotlů používaných k vytápění kdy většina domácností má vlastní kotel, z nichž každý je sice malým zdrojem emisí, ale při analýze životního prostředí jsou brány jako celek.

Antropické zdroje jsou analyzovány podle **sektorů**, jak jsou uvedeny v oficiálních dokumentech Evropské unie:

**silniční doprava**, která popisuje všechny emise z provozu na pozemních komunikacích, bez ohledu na velikost nebo použití vozidla. Vozidla tvořící emise jsou obvykle popsána



z hlediska výfukových plynů. Spalování benzínu nebo motorové nafty vede k výfukovým plynům obsahujícím řadu škodlivých polutantů.

**mimosilniční doprava**, kam patří letectví a železnice,

**sektor komerčních institucí a domácností**,

**sektor průmyslové výroby a použití výrobků**, způsobují znečištění ovzduší "tradičními" znečišťujícími látkami, ale díky určitým průmyslovým procesům také "esoterickými" polutanty.

**výroba a distribuce energie** - spalování fosilních paliv (v stacionárních elektrárnách) je zdaleka nejdůležitějším způsobem výroby energie z hlediska znečištění ovzduší.

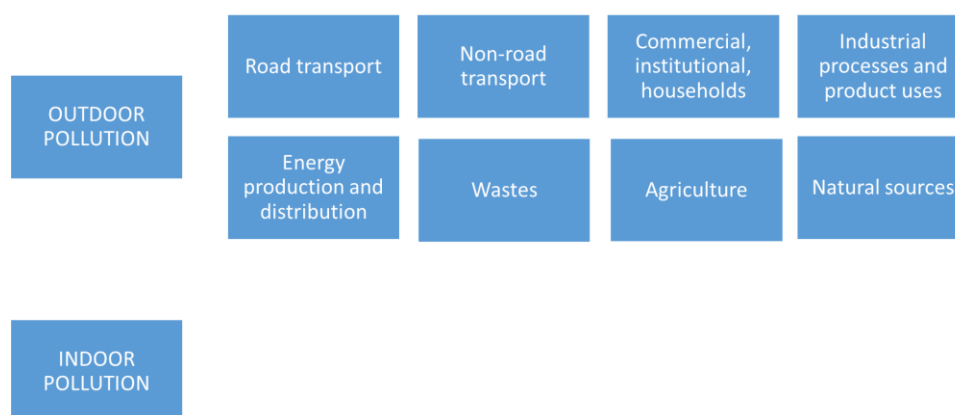
**zemědělství** může být jak zdrojem znečištění, tak příjemcem znečišťujících látek, neboť emise z jiných zdrojů mohou být škodlivé pro plodiny.

**sektor odpadů** můžeme považovat za **intermitentní** zdroj znečištění, protože emise jsou často neplánované. Například při spalování odpadů nebo při náhodných požárech se uvolňují dioxiny, sporadické a neúmyslné produkty, obtížně monitorovatelné a s vážnými nepříznivými účinky na zdraví.

Je třeba zmínit rozmanitost zdrojů znečištění ovzduší danou geografickou polohou a specifickými činnostmi daného regionu. Znečištění ovzduší v městském prostředí je charakterizováno emisemi ze silniční dopravy, z průmyslové výroby, z aktivit komerčního sektoru, institucí a domácností a také z odpadů. K emisím plyných polutantů v městském prostředí přispívá i výroba a distribuce energie.

Ve venkovském prostředí kvalitu ovzduší významně snižují zemědělské práce.

Pokud se budeme bavit o dopadu znečišťujících látek na lidské zdraví, musíme zmínit, že moderní lidé tráví více než 90% času v interiéru. Proto je vnitřní („indoor“) prostředí se svými specifickými činnostmi a produkty dalším důležitým zdrojem znečištění. Ve 3. podkapitole si přiblížíme právě vnitřní znečištění.



Pro ilustraci emisí nejdůležitějších plyných polutantů z různých zdrojů si ukážeme příklad z každého odvětví činnosti. Údaje odpovídají emisím registrovaným v zemích Evropské unie v roce 2015 a jsou uvedeny ve "Zprávě o kvalitě ovzduší v Evropě - 2017".

Sektorem s nejvyšším podílem na emisích oxidu siřičitého je výroba a distribuce energie. Tento fakt nepřekvapuje vzhledem k tomu, že v roce 2015 bylo v Evropě 18,9% výroby energie založeno na uhlí.

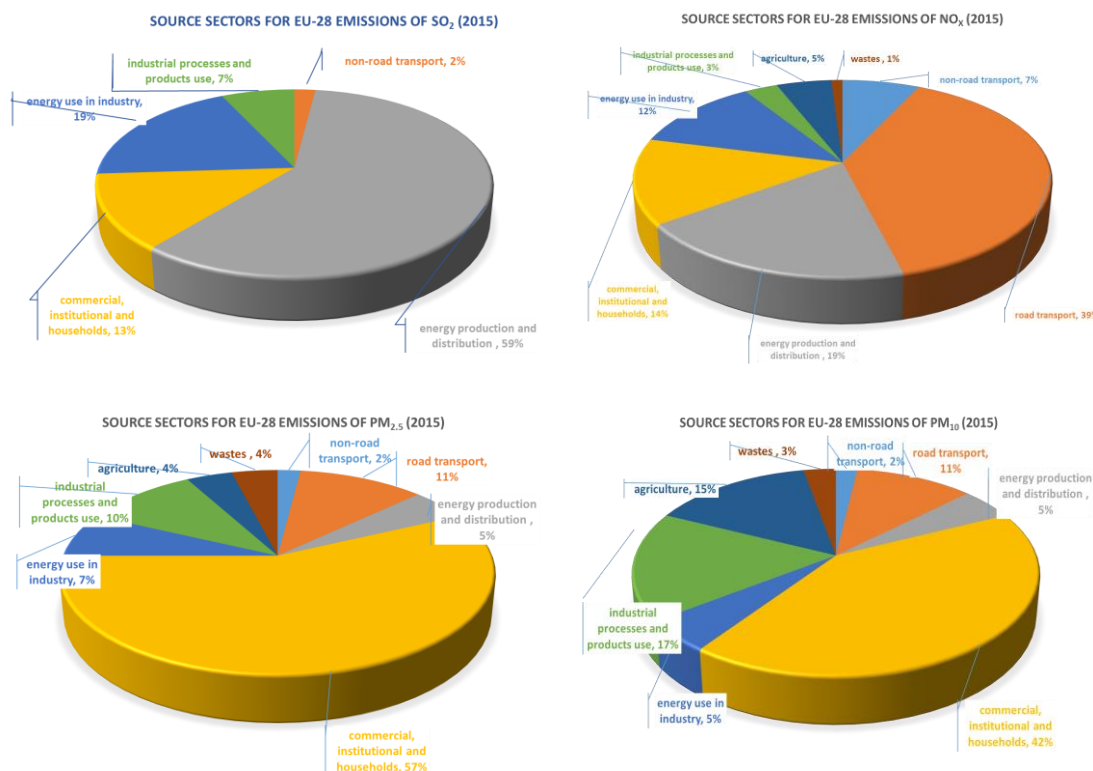
Nejdůležitějším zdrojem emisí oxidů dusíku je silniční doprava. Významný podíl mají také produkce a distribuce energie, komerční sektor, instituce a domácnosti.

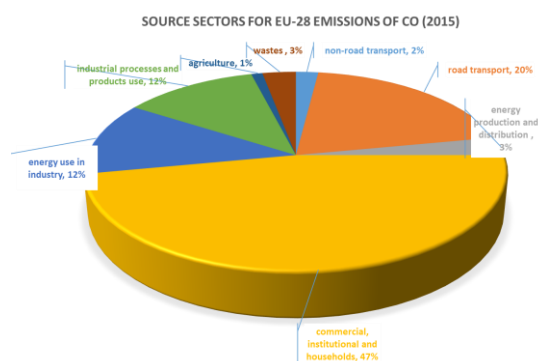
Je třeba zmínit, že v období 2000-2015 došlo k poklesu emisí oxidů dusíku, což bylo způsobeno především technologickým vývojem.

Pro částice s aerodynamickým rozměrem do 2,5 mikrometrů je nejdůležitějším zdrojem emisí aktivita v komerčním sektoru, institucích a domácnostech, kde jsou hlavním zdrojem energie fosilní paliva.

Analogicky jsou komerční sektor, instituce a domácnosti zdrojem emisí také částic s aerodynamickým průměrem až 10 mikrometrů. Zde došlo k nárůstu příspěvku průmyslové výroby.

Oxid uhelnatý vzniká především při obchodních, institucionálních a domácích činnostech a také v silniční dopravě.





Informace uvedené v této části vycházejí z údajů zveřejněných Evropskou komisí.

Ve 2. podkapitole budou diskutovány specifické zdroje emisí pro každou ze znečišťujících látek.

## 9. ODKAZY

1. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017>
2. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2017/evolution-of-who-air-quality-guidelines-past,-present-and-future-2017>
3. <https://www.eea.europa.eu/help/glossary>
4. [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf)
5. <http://acmg.seas.harvard.edu/people/faculty/djj/book/>
6. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy\\_production\\_and\\_imports](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_production_and_imports)
7. <http://www.planetgreen.org/2012/03/edward-i-environmentalist-by-a.html>
8. <https://en.wikipedia.org/wiki/Fumifugium>
9. Brimblecombe, P., Attitude and Response Towards Air Pollution in Medieval England, Journal of the Air Pollution Control and Association, Vol 26, issue 10, 1996, <https://doi.org/10.1080/00022470.1976.10470341>
10. Schorr, D., Art and History of Environmental Law July 19, 2015, Available at: <https://ssrn.com/abstract=2633175>
11. <https://www.brainpickings.org/2016/02/15/seneca-letter-18/>
12. <http://www.alamy.com/stock-photo/de-re-metallica.html>

13. <http://historytradeart.blogspot.ro/2010/05/art-and-artistic-reactions-to.html>
14. <https://aboutartnouveau.wordpress.com/2015/11/20/art-nouveau-is-back/dark-satanic-mills/>
15. <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2243732/Pea-souper-killed-12-000-So-black-screen-cinemas-So-suffocatingly-lethal-ran-coffins-How-Great-Smog-choked-London-60-years-ago-week.html>
16. <https://www.express.co.uk/life-style/life/771226/cough-air-pollution>
17. <http://thegreentimes.co.za/the-melting-arctics-dramatic-impact-on-global-weather-patterns/>



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITA DI BOLOGNA



South-Eastern Finland  
University of Applied Sciences



UNIVERZITA  
KARLOVA



Universitatea  
TRANSILVANIA  
din Braşov



ИКИТ

<https://toxoeer.com>

Project coordinator: Ana I. Morales  
Headquarters office in Salamanca.  
Dept. Building, Campus Miguel de Unamuno,  
37007.  
Contact Phone: +34 663 056 665



Erasmus+

This work is licensed under a Creative  
commons attribution – non commercial 4.0  
international license

