



LEARNING TOXICOLOGY
THROUGH OPEN EDUCATIONAL
RESOURCES

FONTI DI INQUINANTI GASSOSI NELL'ATMOSFERA URBANA

Dana PERNIU, Ileana MANCIULEA

Transilvania University of Brasov

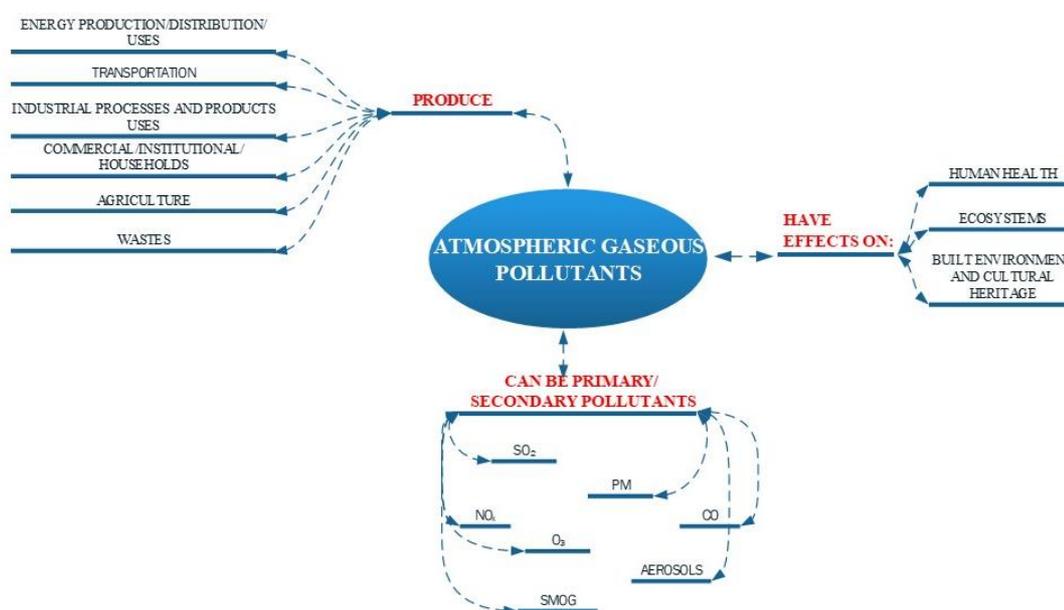
d.perniu@unitbv.ro, i.manciulea@unitbv.ro



1. INTRODUZIONE

Il corso è costruito per offrire una visione integrata degli inquinanti atmosferici gassosi. Il corso si avvicina agli inquinanti primari e secondari che sono prodotti da varie fonti di inquinamento e hanno effetti negativi sulla salute umana e sull'ambiente naturale e/o costruito.

COURSE DESCRIPTION



L'obiettivo del corso è quello di offrire informazioni per comprendere il concetto di inquinamento, che significa:

- descrivere le importanti fonti di inquinamento atmosferico ed esemplificare gli inquinanti emessi da diverse fonti;
- descrivere il trasporto di inquinanti nell'atmosfera, che necessita di conoscenze sulle proprietà fisiche e chimiche degli inquinanti;
- per esemplificare il comportamento delle sostanze inquinanti in ambienti esterni e interni.

COURSE OBJECTIVES

describe the major air pollution sources

exemplify gaseous air pollutants released by different sources

describe the key gaseous atmospheric pollutants impact on:

human health

ecosystems

built environment and cultural heritage



describe the transport of key gaseous pollutants in atmosphere

physical properties

chemical properties

explain the behavior of air key gaseous pollutants in outdoor environment

explain the behavior of air key gaseous pollutants in indoor environment

Sulla base di queste informazioni, sarete in grado di descrivere gli effetti degli inquinanti gassosi sulla salute umana e / o sull'ambiente naturale e costruito.

Ti ringraziamo per aver scelto il nostro corso e ti auguro successo nello sviluppo delle tue conoscenze.

2. CONTAMINANTI GASSOSI NELL'ATMOSFERA

L'aria pulita rappresenta l'esigenza di base per garantire una vita sana e benessere.

Tuttavia, l'umanità si sforza di migliorare la qualità della vita, portare allo sviluppo tecnologico ed economico, causando danni per la qualità ambientale in generale e, in particolare, per la qualità dell'aria.

Nella nostra presentazione vi forniremo le informazioni di base sull'inquinamento atmosferico causato da inquinanti gassosi rilasciati nell'atmosfera da attività antropiche.

3. COMPOSIZIONE DELL'ATMOSFERA

La Terra è circondata dall'atmosfera gassosa, divisa in 5 strati verticali determinati dalla loro composizione e temperatura, che varia con l'altitudine: troposfera, stratosfera, mesosfera, termosfera ed esosfera.

Lo strato più vicino alla superficie terrestre è la **troposfera**, chiamata semplicemente aria, che contiene all'incirca l'80% dell'intera massa atmosferica e praticamente la massa totale dell'acqua.

Escludendo l'acqua, che ha una concentrazione variabile, l'aria ha una composizione costante fino a 10 km. Contiene componenti principali, che rappresentano circa il 99,6% dalla massa atmosferica totale e dai componenti di traccia.



I **principali gas** in atmosfera rappresentano il 99,96% (vol) dalla sua massa totale:

L'azoto, N₂ (78%, vol) - è il gas atmosferico più comune. Non reagisce con altre sostanze in condizioni atmosferiche;

Ossigeno, O₂ (21%, vol) - è il secondo gas comune, è richiesto per la respirazione di tutti gli animali sulla Terra, dall'uomo ai batteri. È un gas altamente reattivo;

Argon, Ar (0,93%, vol) - è un gas nobile inerte;

Anidride carbonica, CO₂ (circa 0,03%, vol) - è un gas con bassa percentuale di atmosfera, ma è una materia prima essenziale per la fotosintesi, essendo vitale per la vita sulla Terra. L'anidride carbonica svolge un ruolo importante nel mantenimento dell'equilibrio termico della Terra. Nell'ultimo secolo, come conseguenza dell'attività antropica, la concentrazione atmosferica di anidride carbonica aumentò con conseguente cambiamento climatico.

Tra i **gas in traccia**, che rappresentano lo 0,04% della massa totale sono:

Gas nobili (Krypton, Xenon, Helium)

Ammoniaca (NH₃)

Materia organica

Metano (CH₄)

Ossidi di azoto (N²O, NO, NO₂)

Ozono (O₃)

Diossido di zolfo (SO₂)

Vari sali e particelle solide sospese

L'acqua (allo stato di vapore) si trova a quantità variabili, a seconda della temperatura, delle precipitazioni, del tasso di evaporazione, della posizione. Può variare tra lo 0,1% e il 5%. Se il vapore acqueo è escluso, la composizione dell'aria troposferica è costante. Il vapore acqueo è un elemento del ciclo idrologico ed è un importante gas serra.

4. UNITÀ DI CONCENTRAZIONE DELLA COMPOSIZIONE DELL'ARIA

Per stimare la composizione dell'aria, vengono utilizzate diverse unità, come:

% (**m**) - percentuale in massa

% (**vol**) - percentuale volumetrica

mg/m³ - milligrammi di componenti per metro cubo di aria

µg/m³ - microgrammi di componenti per metro cubo di aria

parti per milione di volume (ppmv) - parti del volume di componenti per milione di parti di aria

parti per miliardo di volume (ppbv) - parti di volume di componenti per miliardo di volume di aria

Le frazioni volumetriche ppmv e ppbv, rispettivamente, esprimono il numero di parti volumetriche del componente aria in un milione o un miliardo di parti volumetriche di aria o il numero di molecole di componente gassoso in un milione/miliardo di molecole di componenti dell'aria.

5. CONVERSIONE DELLE CONCENTRAZIONI

A causa della mancanza di consenso su un'unica scala per la concentrazione dei componenti dell'aria, sono necessari i rapporti di conversione da una unità all'altra.

Le trasformazioni sono basate sulla legge del gas ideale ($pV = nRT$) che stabilisce la proporzionalità tra il volume del gas e il numero totale di molecole.

TRASFORMAZIONE		EQUAZIONE
DA	A	
mg/m^3	ppmv	$\text{ppmv} = \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{[273.15 + (^{\circ}\text{C})]}{M} \cdot 0.08205$
mg/m^3	ppbv	$\text{ppbv} = \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \cdot \frac{[273.15 + (^{\circ}\text{C})]}{M} \cdot 0.08205$
ppmv	mg/m^3	$\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} = (\text{ppmv}) \cdot \frac{M}{[273.15 + (^{\circ}\text{C})]} \cdot \frac{1}{0.08205}$
ppbv	mg/m^3	$\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = (\text{ppbv}) \cdot \frac{M}{[273.15 + (^{\circ}\text{C})]} \cdot \frac{1}{0.08205}$

Dove,

numero di frazioni volumetriche del componente gassoso in aria: ppmv, ppbv,
 mg/m^3 , $\mu\text{g/m}^3$

massa molare del componente gassoso: M

Costante della legge universale del gas: $R = 0,08205 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

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

pressione atmosferica $p = 1 \text{ atm}$

6. CONTAMINAZIONE ATMOSFERICA – LA STORIA

L'aria pulita contiene solo le sostanze precedentemente citate, nella proporzione menzionata. Come risultato dell'attività antropica, la concentrazione di alcuni gas viene modificata, portando a cambiamenti nelle proprietà / funzioni fondamentali dell'aria.

Nella storia sono noti alcuni eventi che portano a cambiamenti nella composizione dell'aria. Alcuni esempi sono presentati nel seguito.

Una delle prime testimonianze del disagio causato dalla presenza nell'aria di composti rilasciati dalla combustione del carbone, è quella del filosofo Seneca. In uno

dei suoi scritti ha menzionato l'alterazione della sua disposizione causata dall'aria pesante a Roma, dai fumi che formano camini che portano una miscela di fuliggine, vapori con odore nocivo.

Nel corso dei secoli, il carbone è stato utilizzato come principale fonte di energia per soddisfare le esigenze di riscaldamento e di cottura.

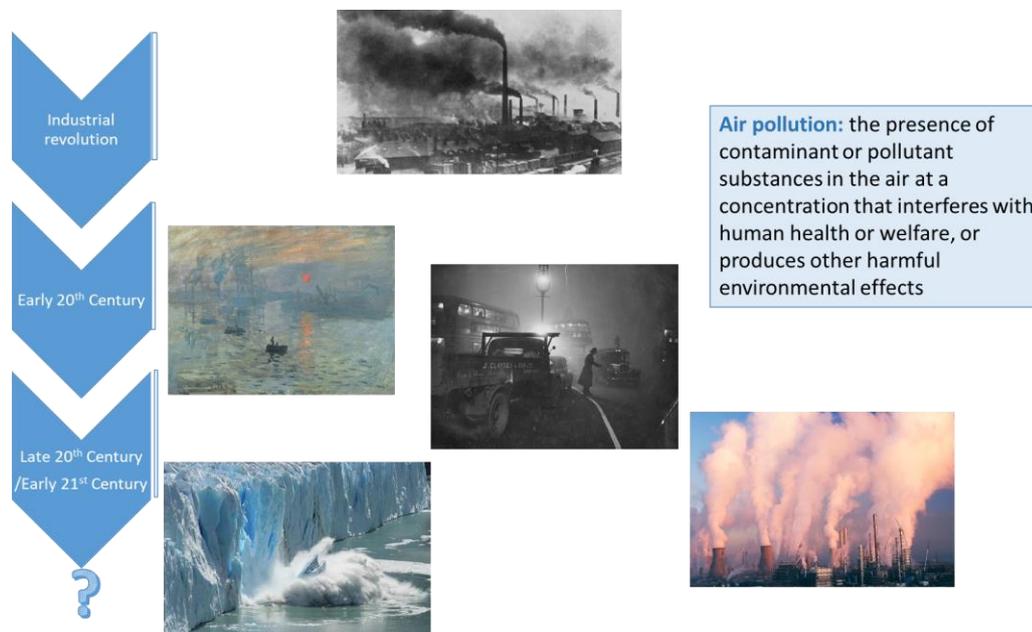
In Inghilterra, nel corso del 14 ° secolo, cioè il 1306, il re Edoardo I prese la prima regola per la protezione ambientale vietando la combustione del carbone, ma questo fu ignorato dalla popolazione. Più tardi, nel 1661, il re Carlo II mandò uno dei suoi Cavalieri, John Evelyn, a scrivere un libro per scoprire i pericoli della combustione del carbone. Il risultato è stato il primo studio completo in cui è stato affrontato l'inquinamento atmosferico - Fumifugium: o l'inconveniente dell'aria, e il fumo di Londra si è dissipato, insieme con alcuni rimedi umilmente proposti, proposti per Sua Maestà e per il Parlamento. Fumifugium è una parola composta, proveniente dalla lingua latina - fumus significa fumo e fugità corrisponde al verbo correre.

Un altro momento essenziale è la pubblicazione, nel 1556 di Georg Bauer, sotto lo pseudonimo di Gerogius Agricola del libro DeReMetallica, una vasta presentazione del settore minerario. È la prima monografia incentrata sull'attività industriale, che menziona elementi di inquinamento atmosferico. Insieme alla rivoluzione industriale, a causa dell'uso del carbone come fonte di energia per il funzionamento delle macchine, il consumo di carbone in Gran Bretagna si è moltiplicato per 100 tra il 1800 e il 1900.

Lo smog prodotto dal carbone, di solito chiamato "nebbia" era noto e abbastanza comune nella seconda metà del XIX e all'inizio del XX. Scrittori, scienziati e persino pittori lo hanno evocato nelle loro opere: Charles Dickens, Charles Darwin, James Russel Arthur Conan Doyle, Claude Monet, Camille Pissarot, Edgar Degas, ecc.

Nel 1952, a dicembre, dopo quattro giorni di "nebbia", sono stati registrati 4000 decessi in seguito all'esposizione all'aria caricata con specie inquinanti - biossido di zolfo e particolato. L'evento è noto come "lo smog di Londra".

Nel periodo contemporaneo, gli inquinanti emessi come risultato dell'attività antropica sono tanto diversi quanto gli effetti dell'inquinamento che si sviluppano non solo su scala locale, ma su scala regionale e globale.



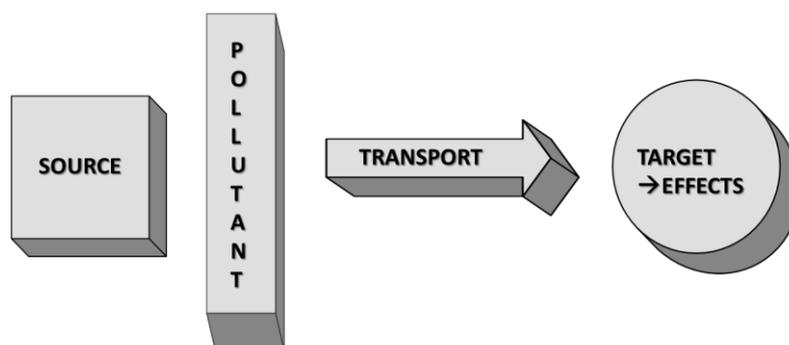
7. APPROCCIO ALLA CONTAMINAZIONE DELL'ARIA

I significativi cambiamenti nella qualità dell'aria dovuti alla presenza nell'aria di specie inquinanti o inquinanti, a concentrazioni che interferiscono con la salute o il benessere degli esseri umani o producono altri effetti dannosi sono chiamati inquinamento atmosferico.

Gli inquinanti atmosferici gassosi sono quelli presenti come gas o vapori, cioè come singole molecole in grado di passare attraverso i filtri forniti. Non si adsorbono o reagiscono chimicamente con il mezzo filtrante. Gli inquinanti gassosi sono prontamente immessi nel sistema respiratorio umano, anche se, se solubili in acqua, possono depositarsi molto rapidamente nel tratto respiratorio superiore e non penetrare nel polmone profondo.

A causa della complessità dell'inquinamento ambientale, in particolare dell'inquinamento atmosferico, l'analisi deve utilizzare un approccio integrato, considerando le fonti di emissione di inquinanti, il loro trasporto nell'aria e gli effetti che hanno sulla salute umana e sull'ambiente naturale e costruito.

Per ragioni didattiche, in questa sezione discutiamo delle fonti di inquinamento atmosferico. Durante la seconda unità, ci avvicineremo, per gli inquinanti atmosferici selezionati, al trasporto ambientale attraverso i processi fisici e chimici prodotti nell'aria, e anche i loro effetti.



8. SORGENTI DELLA CONTAMINAZIONI DELL'ARIA

La massiccia diversificazione dell'attività antropica ha la principale conseguenza della diversificazione delle fonti di inquinamento atmosferico. Esistono molti modi per classificare le fonti di inquinamento, in questa sezione presentiamo solo una descrizione generale.

Considerando la natura della fonte, gli inquinanti sono emessi da fonti naturali e/o artificiali.

Tra le **fonti naturali** esemplifichiamo: l'eruzione vulcanica, la polvere del deserto, la produzione naturale di spray marino, le emissioni rilasciate dalla decomposizione della materia organica, le emissioni biogeniche da alberi e altra vegetazione.

Le **fonti antropiche** rilasciano inquinanti come risultato dell'attività umana o dell'intervento. È ovvio che questo tipo di fonti ha il principale contributo all'inquinamento atmosferico.

Una delle principali distinzioni è tra fonti fisse e fonti mobili.

Le fonti fisse comprendono le emissioni industriali e domestiche.

Le fonti mobili comprendono veicoli stradali, treni ferroviari, navi.

Una categorizzazione utile considera le fonti punto/linea/area.

Le fonti puntuali si riferiscono a fonti che appaiono come punti individuali.

La scala spaziale è solitamente nell'area 1 x 1 km. Esempi di fonti puntuali: centrale elettrica, anche se ha più camini; singoli siti industriali.

Le fonti di linea considerano veicoli stradali, treni ferroviari.

Le fonti di area sono più diffuse, distribuite su una regione spaziale significativa. Esempio: emissioni di caldaie utilizzate per il riscaldamento degli ambienti, considerando che la maggior parte delle abitazioni possiede la propria caldaia, ciascuna è una piccola fonte di emissioni, ma non viene trattata singolarmente nell'analisi ambientale.

Le fonti antropiche sono analizzate per **settori**, come vengono presentati nei documenti ufficiali dell'Unione europea:

Trasporto stradale utilizzato per descrivere tutte le emissioni del traffico stradale, indipendentemente dalle dimensioni o dall'uso del veicolo. Le emissioni dei veicoli di solito sono espresse in termini di scarico. La combustione di benzina o gasolio porta a gas di scarico contenenti una serie di inquinanti nocivi.

Trasporto non stradale, che comprende aviazione, ferrovie, settore commerciale istituzionale e famiglie,

Il **settore dei processi industriali e degli usi del prodotto**, produce inquinamento atmosferico con inquinanti "tradizionali" ma anche con inquinanti "esoterici" come conseguenza di particolari processi industriali.

La produzione e la distribuzione di energia - la combustione di combustibili fossili (negli impianti fissi) è di gran lunga il modo più

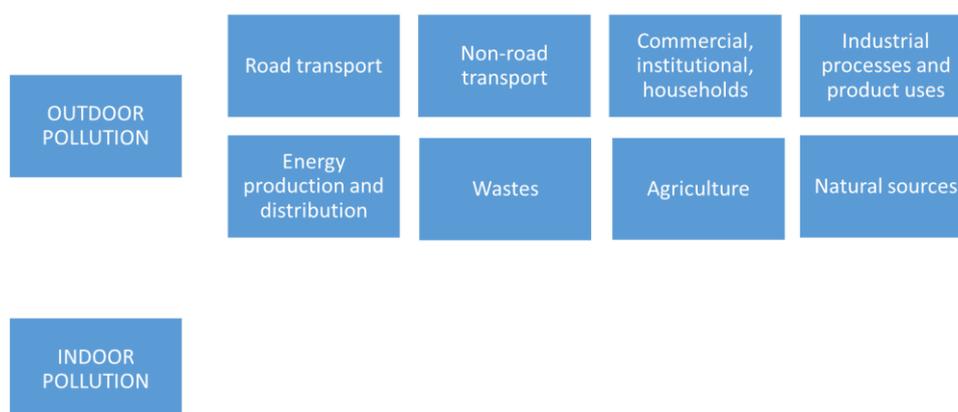
importante di produzione di energia in termini di inquinamento atmosferico.

L'agricoltura può essere sia una fonte di inquinamento che un recettore dell'inquinamento, considerando che le emissioni da altre fonti potrebbero essere dannose per le colture.

Il settore dei rifiuti può essere considerato una fonte di inquinamento intermittente, poiché le emissioni sono spesso non programmate. Ad esempio, durante incenerimento dei rifiuti o incendi accidentali, vengono rilasciate diossine, prodotti sporadici, non intenzionali, difficili da monitorare, con gravi effetti avversi sulla salute.

È importante menzionare la diversità del contributo delle fonti di inquinamento atmosferico per la posizione geografica e la specificità dell'attività nella regione. Pertanto, l'inquinamento atmosferico, in ambiente urbano, è caratterizzato da emissioni da trasporto su strada, attività industriali, attività commerciali, istituzionali e domestiche, e anche dal settore dei rifiuti. La produzione e la distribuzione di energia contribuiscono anche alle emissioni di inquinanti gassosi in ambiente urbano. Nell'ambiente rurale, l'attività nel settore agricolo apporta un contributo importante alla diminuzione della qualità dell'aria.

Se discutiamo dell'impatto degli inquinanti atmosferici sulla salute umana, dobbiamo menzionare che le persone moderne trascorrono più del 90% del tempo **all'interno**. Pertanto, l'interno, è una fonte di inquinamento importante causata da attività/prodotti specifici. Nella terza unità si tratterà l'inquinamento indoor.



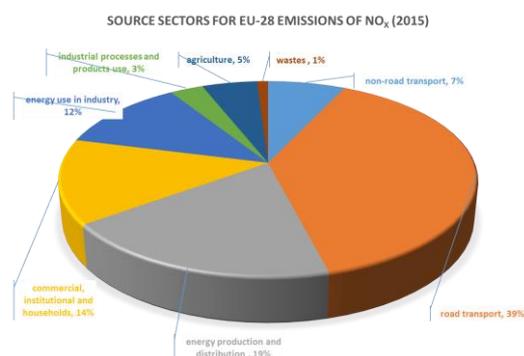
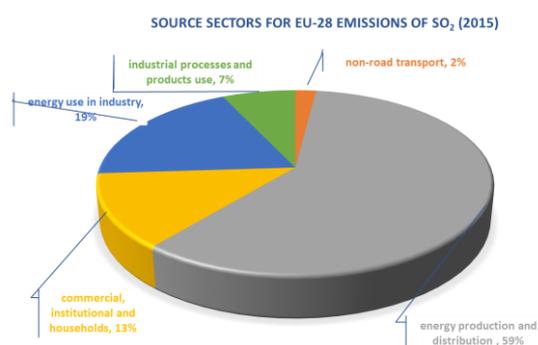
Per esemplificare le emissioni provenienti da diverse fonti, presentiamo il contributo di ciascun settore di attività ai più importanti inquinanti atmosferici gassosi. I dati corrispondono alle emissioni registrate dai paesi dell'Unione Europea, nel 2015, e sono presentati nella relazione "Qualità dell'aria in Europa - Rapporto 2017".

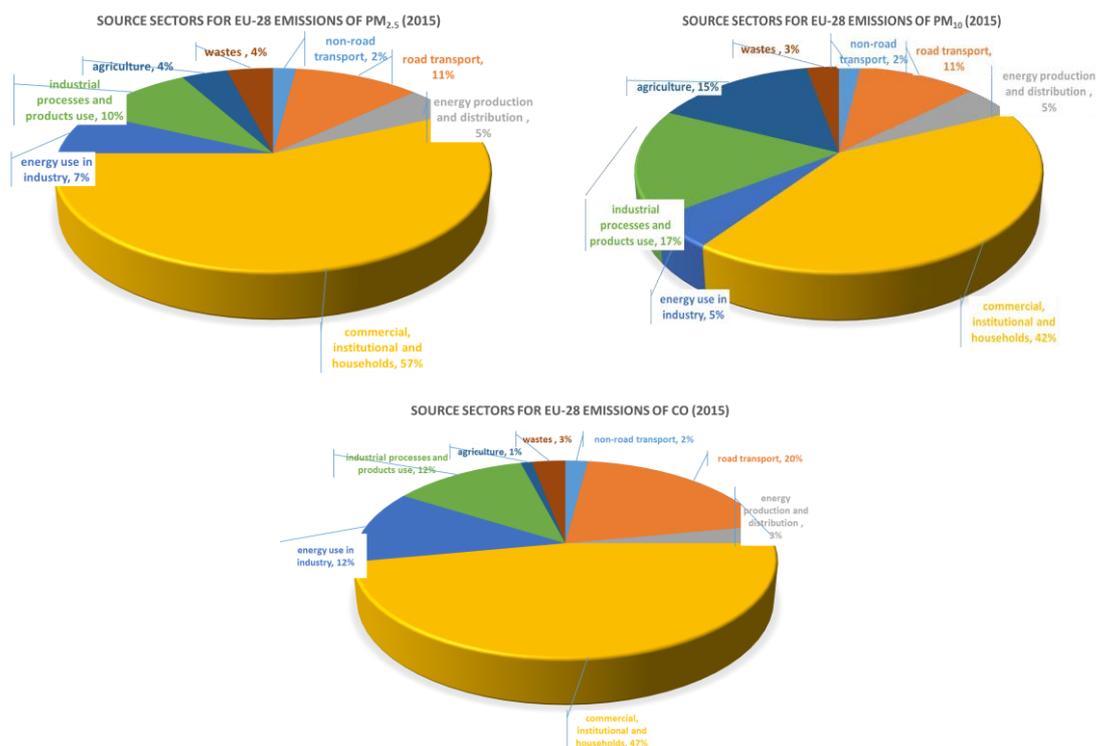
Il settore con il più alto contributo nelle emissioni di biossido di zolfo è la produzione e la distribuzione di energia. Ciò non sorprende, considerando che nel 2015, in Europa, il 18,9% della produzione di energia era basata sul carbone. La fonte più importante per l'emissione di ossidi di azoto è il trasporto su strada. Anche la produzione e la distribuzione di energia, le attività commerciali, istituzionali e domestiche hanno un contributo significativo.

Va ricordato che nel periodo 2000-2015 le emissioni di ossidi di azoto sono diminuite, principalmente a causa dello sviluppo tecnologico.

Per il particolato con dimensione aerodinamica fino a 2,5 micrometri, la fonte di emissione più importante è l'attività nel commercio, nelle istituzioni e nelle famiglie, dove la principale fonte di energia si basa sul combustibile fossile.

In analogia, le fonti che emettono particelle con diametro aerodinamico fino a 10 micrometri, sono le attività commerciali, istituzionali e domestiche. In questo caso, viene registrato un aumento del contributo dei processi industriali. Il monossido di carbonio è prodotto principalmente nelle attività commerciali, istituzionali e domestiche, e anche nel trasporto su strada.





Le informazioni presentate in questa sezione si basano sui dati pubblicati dalla Commissione europea.

Nella seconda unità, per ciascuno degli inquinanti verranno discusse le fonti specifiche di emissione.

9. BIBLIIOGRAFIA

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
5. <http://acmg.seas.harvard.edu/people/faculty/djj/book/>

6. 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/>

Module 4. Environmental Pollutants

Topic 4.1. Gaseous pollutants

Unit 1. Sources of gaseous pollutants in urban atmosphere



<https://toxoeer.com>



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



South-Eastern Finland
University of Applied Sciences

U. PORTO



**Universitatea
TRANSILVANIA
din Braşov**



**UNIVERZITA
KARLOVA**



IKIT

<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



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