

IIIT® trasforma l'aria che respiriamo in una scoperta che possiamo vedere

L'aria che ci circonda contiene molte particelle e molti processi che normalmente non vediamo. Il progetto IIIT® consente di catturare questi processi invisibili in un condensato che può essere osservato. In questo modo, gli alunni e il pubblico possono lavorare con un campione reale dell'aria e riflettere su ciò che accade nell'ambiente che ci circonda.

Bc. Adriána Voroničová

autrice della concezione, della soluzione tecnica e del progetto IIIT®

Prefazione al capitolo «Pioggia nera»

Alcuni fenomeni nell'atmosfera li notiamo soltanto quando si manifestano in una forma eccezionalmente intensa o insolita. In quei momenti sembra improvvisamente che si tratti di qualcosa di straordinario o isolato. In realtà, però, molti di questi processi si svolgono continuamente nell'atmosfera. La differenza consiste soltanto nell'intensità e nel fatto che siamo o non siamo in grado di notarli.

L'atmosfera è un ambiente dinamico pieno di particelle, aerosol, sostanze chimiche e reazioni. Il vento trasporta la polvere dal territorio, le emissioni industriali si mescolano con l'aria, le gocce d'acqua catturano particelle microscopiche e nell'aria hanno luogo processi di condensazione e di miscelazione. La maggior parte di questi fenomeni si svolge su una scala che l'essere umano normalmente non percepisce.

Quando nell'atmosfera si crea una situazione specifica - per esempio emissioni intense, incendi, eventi militari o un'elevata concentrazione di aerosol - questi processi possono manifestarsi in modo più marcato. Le precipitazioni possono quindi trasportare una quantità visibile di materiale e si producono fenomeni che descriviamo, per esempio, come «pioggia nera».

Tali situazioni ricordano un fatto importante: ciò che percepiamo come un fenomeno eccezionale è spesso soltanto una particolare variante dei processi che si svolgono continuamente nell'atmosfera. Proprio per questo, dal punto di vista scientifico, è importante studiare tali eventi nel tempo. Consentono di comprendere meglio il trasporto delle particelle, la condensazione e le interazioni tra gli aerosol e le gocce d'acqua. Questi meccanismi sono oggetto sia della letteratura specialistica sia della fisica dell'atmosfera e delle scienze ambientali.

Il capitolo seguente presenta esempi di situazioni documentate nelle quali questi processi si sono manifestati in forma più marcata - per esempio sotto forma di precipitazioni scure o contaminate, definite «pioggia nera».

Pioggia nera - formazione e composizione chimica

Introduzione

La cosiddetta «pioggia nera» non è un tipo meteorologico distinto di precipitazione. Si tratta di precipitazioni comuni che, durante la loro formazione o caduta, catturano elevate quantità di aerosol, fuliggine e altre particelle presenti nell'atmosfera. Nella chimica dell'atmosfera questo fenomeno è definito deposizione umida (wet deposition), ossia il processo mediante il quale le precipitazioni rimuovono dall'atmosfera gli inquinanti gassosi e quelli sotto forma di aerosol.

Meccanismo di formazione

La formazione della pioggia nera è associata a un'elevata concentrazione di particelle nell'atmosfera. In caso di grandi incendi, esplosioni o emissioni industriali, nell'aria vengono rilasciate grandi quantità di fuliggine, polvere e altri componenti chimici.

Le gocce d'acqua nelle nubi si formano su piccole particelle che fungono da nuclei di condensazione. Se tali particelle sono costituite da fuliggine o da prodotti della combustione, le gocce di pioggia le catturano durante la propria crescita o caduta e le trasportano al suolo. Questo processo è definito scavenging degli aerosol da parte delle precipitazioni.

Composizione chimica

Secondo l'Organizzazione mondiale della sanità (WHO), le particelle fini presenti nell'aria possono contenere, per esempio, solfati, nitrati, ammoniaca, cloruro di sodio, black carbon (fuliggine), minerali, metalli e acqua.

Dalla combustione di petrolio, carbone, gas, legno o rifiuti si formano anche idrocarburi policiclici aromatici (PAH). Secondo l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), i PAH si formano durante la combustione incompleta di materiali organici e si trovano spesso nella fuliggine e nei prodotti della combustione.

In caso di incendi intensi o rilasci industriali, il fumo può contenere anche ossidi di zolfo, ossidi di azoto e diversi idrocarburi. Queste sostanze possono successivamente legarsi agli aerosol ed essere rimosse dall'atmosfera mediante le precipitazioni.

Caso attuale - Iran

Secondo il portale slovacco iMeteo, dopo gli attacchi ai depositi petroliferi di Teheran sono state segnalate precipitazioni scure contenenti fumo e vari componenti. Allo stesso tempo, i media internazionali hanno riferito di vasti incendi nei depositi petroliferi, che hanno rilasciato una grande quantità di fumo tossico nell'atmosfera.

È tuttavia importante sottolineare che, senza un'analisi di laboratorio dei campioni specifici di acqua piovana, non è possibile determinare con precisione la composizione chimica di ogni precipitazione. È però possibile spiegarne scientificamente il meccanismo di formazione sulla base dei processi atmosferici noti.

Conclusione

La pioggia nera si forma in situazioni nelle quali le precipitazioni catturano grandi quantità di aerosol e prodotti della combustione presenti nell'atmosfera. Si tratta di un processo naturale di deposizione umida, mediante il quale particelle e sostanze chimiche vengono rimosse dall'atmosfera.

Tra i principali componenti di tali precipitazioni possono figurare la fuliggine (black carbon), la polvere minerale, i solfati, i nitrati e i residui organici prodotti dalla combustione del petrolio o del legno.

Elenco della letteratura utilizzata

ATSDR. 2015. Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Disponibile su: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69.pdf>

iMeteo.sk. 2026. Dážď, ktorý padá, je čierny. Po útokoch padajú v okolí hory a veľké množstvá zrážok. Disponibile su: <https://www.imeteo.sk/spravy/dazd-ktory-pada-je-cierny-po-utokoch-padaju-v-okoli-velke-zrazky>

TIME. 2026. Tehran Shrouded in Toxic Smoke After Israel Strikes Fuel Depots. Disponibile su: <https://time.com/7539799/tehran-toxic-smoke-israel/>

US EPA. 2025. Air-Surface Exchange Process Overview. United States Environmental Protection Agency. Disponibile su: <https://www.epa.gov/euga/air-surface-exchange-process-overview>

WHO. 2024. Ambient (outdoor) air pollution. World Health Organization. Disponibile su: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-pollution](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-pollution)

Collettore di emissioni IIIT® - spiegazione scientifica dei meccanismi funzionali

Introduzione

Il collettore di emissioni IIIT® è un dispositivo destinato a catturare il contenuto dell'aria e le emissioni gassose in una fase liquida - il condensato. Il condensato così ottenuto consente un'ulteriore osservazione visiva e la successiva analisi delle sostanze catturate.

In questo documento il suo funzionamento è spiegato sulla base di processi generalmente noti della chimica dell'atmosfera e della fisica degli aerosol. La descrizione si fonda su fenomeni documentati scientificamente, quali la condensazione, la nucleazione e la deposizione degli aerosol.

Processi fisici fondamentali impiegati nella cattura delle sostanze

Nell'aria è presente un ampio spettro di gas, vapori e particelle solide di varie dimensioni. Secondo l'Organizzazione mondiale della sanità, le particelle fini PM possono contenere solfati, nitrati, ammoniaca, polvere minerale, carbonio organico, black carbon ed elementi metallici in tracce.

In caso di variazione della temperatura o della pressione, una parte delle sostanze può passare dalla fase gassosa a quella liquida o solida. Questo processo è definito condensazione. La condensazione è uno dei meccanismi fisici fondamentali della formazione delle nubi, della rugiada o della nebbia.

Se nel flusso di gas sono presenti particelle o irregolarità microscopiche della superficie, queste possono fungere da nuclei di condensazione. Su tali nuclei possono quindi condensare il vapore acqueo o altre sostanze condensabili.

Gli aerosol come nuclei di condensazione

Nell'atmosfera esistono piccole particelle denominate aerosol. Queste particelle possono essere solide o liquide e le loro dimensioni possono variare da alcuni nanometri ad alcuni micrometri.

Gli aerosol fungono spesso da nuclei di condensazione per la formazione delle gocce. Secondo la NOAA, tali particelle sono definite cloud condensation nuclei (CCN), sui quali il vapore acqueo può condensare e formare gocce d'acqua. Lo stesso meccanismo può funzionare anche nella condensazione di diverse sostanze organiche o inorganiche presenti nei gas.

Cattura delle sostanze mediante condensazione e sulle superfici

Quando i gas entrano in contatto con una superficie fredda, può avvenire la condensazione dei vapori e la cattura di alcune sostanze volatili. Questo processo è ben noto, per esempio, nella formazione della rugiada o negli scambiatori industriali a condensazione.

Secondo la US EPA, diversi composti atmosferici possono essere rimossi dall'atmosfera mediante deposizione o condensazione sulle superfici. Durante il raffreddamento dei gas possono condensare, per esempio:

- acqua
- idrocarburi organici
- alcuni acidi o ossidi
- diversi composti organici polari

Sulla base dei processi generalmente noti della chimica dell'atmosfera, è possibile attendersi che la cattura per condensazione di una parte degli aerosol possa comprendere anche questi tipi di sostanze:

- vapore acqueo
- idrocarburi organici e le loro forme ossidate
- idrocarburi policiclici aromatici (PAH)
- fuliggine (black carbon)
- particelle di polvere minerale
- ossidi di azoto e aerosol ad essi legati
- elementi metallici in tracce legati alle particelle

Gli idrocarburi policiclici aromatici si formano principalmente durante la combustione incompleta di sostanze organiche, quali petrolio, carbone o legno. Questi composti si trovano spesso legati alla fuliggine o agli aerosol e possono essere trasportati nell'aria.

Formazione dell'estratto liquido (condensato)

Se i gas vengono raffreddati o trasferiti in un ambiente nel quale avviene la condensazione, alcuni componenti dell'atmosfera o delle emissioni possono legarsi progressivamente alla fase liquida che si forma. Il condensato così ottenuto può contenere gas disciolti, composti organici e particelle microscopiche.

Tale condensato costituisce quindi un estratto più concentrato delle sostanze che erano originariamente disperse nell'aria.

Conclusione

Il funzionamento del collettore di emissioni IIIT® può essere spiegato mediante processi generalmente noti della fisica e della chimica dell'atmosfera. Tra i meccanismi più importanti figurano la condensazione dei vapori, la cattura degli aerosol sulle superfici e la formazione dei nuclei di condensazione.

Questi processi consentono il trasferimento delle sostanze disperse dalla fase gassosa a un condensato liquido, che può essere successivamente analizzato o osservato.

Elenco della letteratura utilizzata

ATSDR. 2015. Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Disponibile su: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69.pdf>

EPA. 2025. Air-Surface Exchange Process Overview. United States Environmental Protection Agency. Disponibile su: <https://www.epa.gov/euga/air-surface-exchange-process-overview>

NOAA. 2023. How Clouds Form - Condensation and Cloud Condensation Nuclei. National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponibile su: <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/weather-atmosphere/how-clouds-form>

WHO. 2024. Ambient (outdoor) air pollution. World Health Organization. Disponibile su: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-pollution](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-pollution)

