

Attualità

EMISSIONE DI NO_x NELLA DECOMPOSIZIONE DEL NITRATO DI AMMONIO

Ferruccio Trifirò

Partendo dall'esplosione del nitrato di ammonio in un deposito nel porto di Beirut si è voluto ricordare in questa nota i pericoli di questo tipo di esplosioni, che generano gas tossici di NO_x e NH₃ e che danno origine nell'atmosfera ad altre sostanze tossiche, come ozono, piogge acide e particolato.



L'esplosione nel porto di Beirut (Libano) di 2.750 tonnellate di nitrato di ammonio presenti in un magazzino, avvenuta il 4 agosto 2020, ha prodotto circa 200 morti e più di 5.000 persone ferite. Il nitrato di ammonio era stato conservato nel porto di Beirut per sei anni e le ragioni di questo lungo deposito non sono ancora chiare: il materiale era stato confiscato da una nave russa sulla rotta verso il Mozambico e immagazzinato in una struttura nel porto di Beirut.

Le possibili cause di esplosione del deposito di nitrato di ammonio, determinate dalla sua decomposizione, sono state un incendio in un vicino magazzino di fuochi d'artificio e/o un incendio in un vicino magazzino di munizioni. Nelle fotografie di Beirut si vede prima un'esplosione con un grande fiamma seguita da una seconda deflagrazione del nitrato di ammonio con la produzione di un gas rosso-arancione [1, 2].

Il nitrato di ammonio è usato come fertilizzante e come componente di esplosivi industriali (miniere, edifici, ecc.) insieme a oli combustibili (il nome dell'esplosivo è ANFO): in questo utilizzo N₂, O₂ e CO₂ sono le principali emissioni gassose, ma quando si decompone in incidenti dovuti a un suo riscaldamento a T>210 °C si producono elevate quantità di NO_x e di NH₃. Gli NO_x sono costituiti principalmente da NO e da NO₂ e da altri ossidi presenti a concentrazione molto bassa, come N₂O, N₂O₃, N₂O₄, N₂O₅ e NO₃ in forma di radicali. La presenza di NO_x nell'atmosfera sopra Beirut è stata rilevata dal pennacchio rosso-arancione di fumo visto dopo l'esplosione; questo colore è essenzialmente dovuto alla presenza di NO₂ ed è stato osservato non solo sulla città, ma anche sulla regione vicina. A seguito di questa esplosione a Beirut l'aria è diventata tossica e irrespirabile e le autorità hanno avvisato i cittadini di rimanere a casa, di usare maschere o di allontanarsi da Beirut, perché i gas avrebbero potuto essere letali; questi gas hanno creato problemi respiratori alla popolazione, ma fortunatamente sono scomparsi naturalmente dopo alcuni giorni.

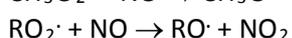
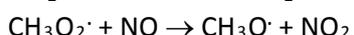
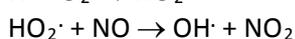
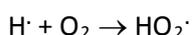
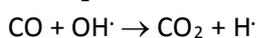
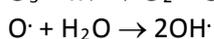
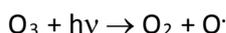
Nella storia delle esplosioni nel mondo del nitrato di ammonio è riportato che in origine queste esplosioni avvenivano durante la sua produzione, ma successivamente si sono verificate solo durante il suo trasporto e stoccaggio o atti terroristici. Molte altre esplosioni di depositi di

nitrate di ammonio sono avvenute nel corso degli anni nel mondo: nel 1921 circa 4.500 tonnellate di nitrato di ammonio hanno causato una deflagrazione in uno stabilimento di Oppau (Germania) uccidendo più di 500 persone; nel 1947 a Galveston Bay (Texas) più di 2.000 tonnellate sono scoppiate a bordo di una nave ormeggiata nel porto e 581 persone furono uccise; nel 2001 a Tolosa (Francia) in un'industria chimica una detonazione di 300-400 tonnellate è avvenuta con 30 morti; nel 2013 nel Texas occidentale un'esplosione di 30 tonnellate è stata responsabile di 14 morti; nel 2015 sono scoppiate 800 tonnellate di nitrato di ammonio con 600 tonnellate di nitrato di potassio nel porto di Tianjin (Cina settentrionale) e 173 persone sono state uccise.

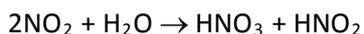
La decomposizione del nitrato di ammonio immagazzinato nelle navi o in magazzini si verifica perché la maggior parte delle persone pensa che si tratti di un fertilizzante non pericoloso e quindi è innocuo, ma la sua decomposizione è dovuta ad un riscaldamento a moderata temperatura, che genera la produzione di gas tossici, o alla sua contaminazione con altre sostanze con le quali reagisce e ne incrementa la combustione: di fatto, queste esplosioni sono dovute all'ignoranza della reattività di questo prodotto da parte delle persone preposte al suo controllo. Il nitrato di ammonio è una sostanza pericolosa non perché è un esplosivo, ma perché, essendo un ossidante, può reagire con molte sostanze, sviluppando un'elevata quantità di calore. Deve, quindi, essere conservato lontano da questi prodotti e immagazzinato in luoghi in cui non si possa raggiungere la temperatura di 210 °C per evitarne la decomposizione; inoltre, per sicurezza, il nitrato di ammonio deve essere conservato in piccole quantità, separate fra loro, per avere un isolamento nel caso di eventuali esplosioni [3-6].

Gli NO_x sono gas tossici per gli esseri umani quando vengono inalati anche a concentrazione relativamente molto bassa (decine di parti per milione). NO₂ è il gas più pericoloso presente nelle miscele di NO_x e produce, quando è emesso in atmosfera, altre sostanze tossiche per il genere umano e per l'ambiente. NO non è tossico e solo ad altissima concentrazione può causare disturbi respiratori, effetti collaterali ematologici, disturbi metabolici, bassa pressione sanguigna, nausea, vomito e diarrea. Ma NO è pericoloso perché nell'atmosfera viene ossidato a NO₂. La reazione di trasformazione di NO a NO₂ si verifica con i radicali perossidici (HO₂[·], CH₃O₂[·], RO₂[·]) generati in atmosfera da radicali OH[·] per reazione con CO o CH₄ o VOC.

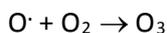
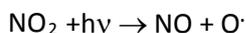
Le reazioni responsabili dell'ossidazione del NO sono le seguenti:



NO₂ è tossico per il genere umano e gli effetti sulla salute per l'esposizione a breve termine sono irritazione del sistema respiratorio, degli occhi e della pelle; per l'esposizione a lungo termine sono asma e infezioni respiratorie; per il contatto con livelli molto elevati di NO₂ sono morte, mutazioni genetiche, danni fetali e diminuzione della fertilità femminile. Gli individui più vulnerabili sono i giovanissimi e gli anziani e quelli con malattie cardiache o respiratorie. NO₂ è anche pericoloso perché nella troposfera produce O₃, piogge acide e particolato (PM_{2,5}-PM₁₀), tutte sostanze tossiche per il genere umano e che contaminano foreste e anche l'acqua di mare e laghi fluviali, provocandone l'eutrofizzazione. La formazione di piogge acide (HNO₃ e H₂SO₄) si verifica con le seguenti reazioni nella troposfera:



La formazione di O_3 avviene attraverso le seguenti reazioni fotochimiche provocate dalle radiazioni UV della luce solare:



Anche O_3 crea danni al genere umano con asma, irritazione agli occhi, dolore al petto, tosse, nausea, mal di testa e congestione del torace e può peggiorare le malattie cardiache e bronchitiche.

NO_2 reagisce con altre sostanze chimiche presenti nell'aria formando del particolato (PM), che è associato alla deforestazione, all'acidificazione delle acque superficiali e alla riduzione della resa delle colture. Gli NO_x possono reagire in atmosfera per formare N_2O che è un gas a effetto serra. Tuttavia l'emissione di NO_x nell'atmosfera non è solo dovuta a esplosioni di nitrato di ammonio, ma si verifica in tutto il mondo in molte attività. Ci sono emissioni di NO_x provocate dall'industria, dalla combustione di combustibili fossili, dall'agricoltura (fertilizzanti), da fonti naturali (vulcani, decadimento biologico, fulmini e incendi di foreste) e da fumo di sigarette. Nelle emissioni di auto a benzina gli NO_x vengono oramai eliminati con catalizzatori mediante riduzione ossidativa con CO e idrocarburi residui. Nelle auto diesel le emissioni di NO_x possono essere eliminate tramite la riduzione con un catalizzatore e con componenti residui diesel (ma per adesso non è molto utilizzata). Negli inceneritori e nella produzione di energia da combustibili fossili gli NO_x vengono eliminati con riduzione catalitica con NH_3 . Le persone che sono più esposte alle emissioni di NO_x sono i saldatori ad arco, i vigili del fuoco, il personale militare e aerospaziale, le persone esposte al traffico automobilistico e coloro che lavorano con esplosivi. Inoltre, gli individui che trascorrono quantità di tempo in modo significativo vicino alle strade principali o nel traffico possono essere a rischio notevolmente aumentato di esposizione a lungo termine.

BIBLIOGRAFIA

- [1] <https://www.stuff.co.nz/world/middle-east/300074046/huge-explosion-in-beirut-kills-scores-and-wounds-thousands>
- [2] <https://edition.cnn.com/2020/08/05/europe/lebanon-russian-ship-blast-intl/index.html>
- [3] <https://www.chemistryscl.com/reactions/nitrogen-dioxide+water/index.php>
- [4] http://www+.nuclear.lu.se/fileadmin/nuclear/Undervisning/Atmosfaerskurs/Tropospheric_oxidation_Ch11_-_2018.pdf
- [5] <https://toxtown.nlm.nih.gov/chemicals-and-contaminants/nitrogen-oxides>
- [6] <https://www.thoughtco.com/what-is-nitrogen-oxide-pollution-1204135>