



CENTRO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE
PER L'INDUSTRIA CERAMICA

ITALCER SpA SB
VIA Emilia Ovest 53/a
42048 Rubiera - RE

Sassuolo, 28 luglio 2025

ATTESTATO

Oggetto: Studio comparativo sulle capacità di abbattimento dell'NO₂ da parte degli alberi e di piastrelle ceramiche della serie Advance

1. Premessa

Come richiesto (rif. CONTR-V2025-0487), è stato svolto uno studio di letteratura sulla capacità di abbattimento degli ossidi di azoto da parte degli alberi, allo scopo di effettuare una comparazione con la performance fotocatalitica delle piastrelle della serie Advance®.

2. Metodi

Lo studio di letteratura è stato condotto principalmente attraverso i database internazionali Scopus e ScienceDirect, integrandolo ove necessario anche con una ricerca libera sui principali motori di ricerca online.

La capacità di abbattimento delle piastrelle della serie Advance Rondine 3D è stata desunta dal Rapporto di Prova del Dipartimento di Chimica dell'Università di Torino dell'8/6/2020 intitolato "Determinazione dell'attività fotocatalitica con metodo a flusso tangenziale – abbattimento di ossido nitrico (UNI 11484 metodo semplificato, in accordo con CEN/TS 16980-1:2016) sui materiali Italcera Group Rondine Ceramica, serie Advance Rondine Collezioni 3D". Da tale rapporto di prova si evince che la velocità fotocatalitica di conversione di NO_x espressa come µg di NO₂ equivalente per m² di campione per ora, determinata secondo norma CEN/TS 16980-1:2016, è la seguente per le 3 diverse tipologie di piastrelle della serie esaminate:

- 1130 µg m⁻² h⁻¹
- 1140 µg m⁻² h⁻¹
- 1060 µg m⁻² h⁻¹.

Nel presente studio è stato considerato il valore medio tra questi, cioè 1110 µg m⁻² h⁻¹ (equivalenti a 1.110 mg m⁻² h⁻¹).

3. Risultati e Discussione

Negli anni '70-'90 del secolo scorso numerosi studi hanno trattato la potenziale capacità di assorbimento dell'ossido di azoto (NO_2) da parte delle piante [1-3]. Lo scopo era quello di studiare se le piante possano utilizzare questo gas come fonte di azoto per la loro crescita in condizioni dove le altre fonti di azoto sono scarse, contribuendo così all'abbattimento dell'inquinamento atmosferico nelle zone urbane e industriali. In quegli studi, gli esperimenti sono stati per lo più condotti ponendo piccole piante in celle di misura provviste di sistemi per la determinazione delle variazioni di concentrazione dell'inquinante gassoso nel tempo [2]. Secondo alcuni autori di questi studi [2], la capacità di assorbimento dell' NO_2 da parte di alcune specie di alberi a foglia larga (tra cui pioppo, oleandro, quercia e viburno), per unità di area fogliare, è pari a $0.1-0.3 \text{ mg dm}^{-2} \text{ giorno}^{-1}$, che corrispondono a $0.4-1.2 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Altri autori [4] hanno determinato un assorbimento di NO_2 da parte di varie specie vegetali (tra cui ficus, edera, dieffenbachia e ibisco, cioè sostanzialmente piante in vaso di piccole dimensioni), trovando un valore medio di $22.3 \mu\text{l dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$, corrispondenti a $4.2 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Come si può notare, i valori sono molto discordanti (un ordine di grandezza di differenza); ciò è dovuto in primo luogo alla disuniformità delle metodologie sperimentali adottate e, in secondo luogo, al fatto che la capacità di assorbimento degli ossidi di azoto da parte delle piante, essendo correlata alla natura vivente delle stesse e in particolare agli stomi presenti sulla superficie delle foglie [4], è estremamente variabile. Infatti, vari studi di letteratura mostrano chiaramente che l'efficienza di rimozione dell' NO_2 da parte delle piante dipende fortemente da una molteplicità di fattori [5], tra cui la specie vegetale, le condizioni climatiche (es. umidità e temperatura) [6], nonché la presenza di altri inquinanti nell'aria [1-2]. Tra l'altro, alcuni autori sottolineano addirittura come l'assorbimento di NO_2 sia nocivo per le piante in presenza di altri gas tipici dell'inquinamento atmosferico quali ozono (O_3) [2] e ossido di zolfo (SO_2) [1]. Inoltre, essendo la capacità di rimozione dell' NO_2 molto maggiore nelle latifoglie che nelle conifere [6], la stessa risente ovviamente del periodo di caduta delle foglie.

In tempi più recenti, gli studi si sono quindi concentrati su una valutazione più realistica della capacità di assorbimento dell' NO_2 da parte degli alberi nelle zone urbane inquinate, con un duplice approccio.

Alcuni ricercatori hanno determinato statisticamente le concentrazioni di NO_2 in strade urbane fiancheggiate o meno da filari di alberi, giungendo a dire che l'impatto degli alberi, pur essendo positivo per il benessere degli abitanti in termini di ombreggiamento, raffrescamento, etc., è del tutto trascurabile in termini di abbattimento degli ossidi di azoto [7-9].

Altri studiosi hanno invece preso in considerazione zone verdi più ampie, quali l'insieme delle zone alberate (parchi e giardini) all'interno di interi quartieri e città. Da questi studi emergono dati più comparabili, che sono sintetizzati in Tabella 1.

Prendendo come riferimento, in Tabella 1, il valore dello studio effettuato a Strasburgo, si può dedurre che la **capacità di abbattimento dell' NO_2 da parte della superficie delle piastrelle ceramiche della serie Advance è 65 volte superiore rispetto a quella della superficie fogliare degli alberi** delle aree verdi esaminate.

Tabella 1. Risultati ottenuti in 3 diversi studi di letteratura su aree verdi in zone urbane (n.d.=non dichiarato)

Città	Specie arboree	Assorbimento di NO ₂ per superficie fogliare (mg/m ² h)	Riferimento
Pechino (Cina)	Sofora, frassino, pioppo, ginepro	0.107	[10]
Santiago (Cile)	n.d.	0.025 (zona 1) 0.069 (zona 2)	[11]
Strasburgo (Francia)	Faggio, frassino, acero	0.017	[12]

Partendo da questi valori, calcolare il numero di alberi equivalenti non è immediato, visto che l'area fogliare di ogni albero dipende in modo sostanziale dalla specie e ovviamente dall'età. Infatti, l'area fogliare del singolo albero non è un parametro molto significativo né usato, e al suo posto si usa normalmente l'indice LAI (Leaf Area Index), cioè l'Indice di area fogliare. L'indice LAI [13-14] esprime il rapporto tra la superficie fogliare totale dell'albero (estensione della superficie di un solo lato delle foglie, quello rivolto verso il sole) e l'unità di superficie sul terreno (proiezione della chioma sul terreno).

Se prendiamo come esempio il frassino, che è uno degli alberi presenti nelle zone esaminate nello studio di Strasburgo sopra citato, si legge che il valore di LAI di un albero di circa 30 anni, quindi decisamente maturo, è 2.8 [15]. Questo significherebbe che **100 m² delle piastrelle considerate svolgono una funzione di abbattimento dell'NO₂ dell'atmosfera inquinata pari a 2332 m² di copertura alberata** (intesa come sola proiezione delle chiome sul terreno, senza spazi liberi tra gli alberi). Ipotizzando, in modo semplificato, una copertura come quella in Figura 1, risulta che 100 mq di piastrelle darebbero un abbattimento pari a quello di **2978 m² di terreno alberato**, o di un terreno di area ancora maggiore se si considerasse una densità di alberatura meno elevata e più realistica.

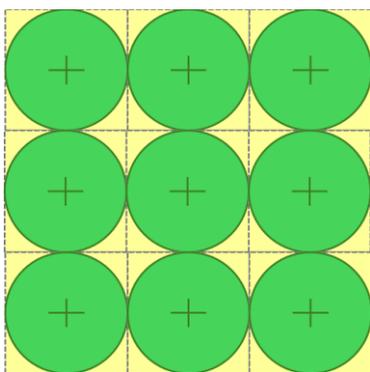


Figura 1. Disposizione ipotizzata per il calcolo dell'estensione del terreno in rapporto alla sola estensione delle chiome degli alberi.

4. Conclusioni

Lo studio di letteratura condotto e l'elaborazione dei dati ivi riportati consentono di trarre le seguenti conclusioni:

- gli alberi mostrano, in condizioni sperimentali controllate (piccole piante inserite all'interno di celle di misura in laboratorio), una certa capacità di assorbimento degli ossidi di azoto, ma i risultati ottenuti sono quantitativamente molto diversi, a causa

- dei diversi set-up sperimentali adottati e della variabilità di tale capacità. La capacità di assorbimento degli ossidi di azoto da parte degli alberi e delle piante varia infatti moltissimo a seconda della specie vegetale (ad esempio, è migliore nelle latifoglie che nelle conifere) e delle condizioni ambientali esterne, oltre ad essere naturalmente azzerata nei periodi di assenza delle foglie, cioè per molti mesi all'anno;
- in presenza di altri comuni inquinanti gassosi presenti nelle aree urbane e industriali (ozono e ossido di zolfo), l'assorbimento di NO_2 può provocare un danno biologico agli alberi;
 - studi sperimentali effettuati su viali alberati in diverse città mostrano che, pur svolgendo gli alberi un ruolo importante nel benessere generale delle persone (ombreggiamento, etc.), essi non abbattano in modo significativo l' NO_2 ;
 - studi effettuati alla scala urbana in Cina, Cile e Francia consentono di stimare la capacità di abbattimento dell' NO_2 da parte degli alberi. Prendendo a riferimento lo studio europeo, risulta che tale capacità, rapportata all'area fogliare e al tempo, è pari a $0.017 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, da cui deriva che **la capacità di abbattimento dell' NO_2 delle piastrelle considerate è 65 volte superiore a quella della superficie fogliare degli alberi esaminati (Figura 2)**;
 - i calcoli effettuati sulla base dei dati di letteratura per il **frassino** indicano che **100 m² delle piastrelle considerate abbattano una quantità di NO_2 pari a quella di 2332 m² di copertura alberata**, che corrispondono, nella configurazione in cui le chiome degli alberi si toccano, a quasi **3000 m² di terreno alberato (Figura 3)**.

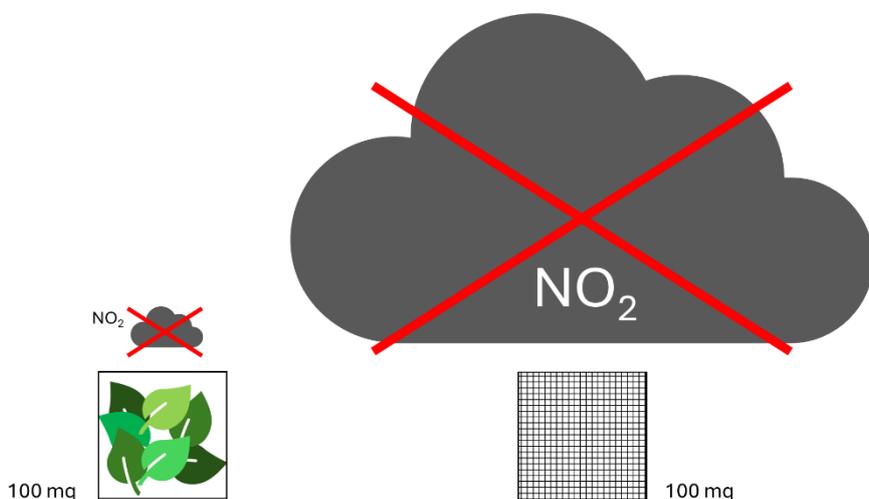


Figura 2. Equivalenza tra l' NO_2 abbattuto da una medesima superficie di piastrelle ADVANCE e di foglie, nelle condizioni descritte.

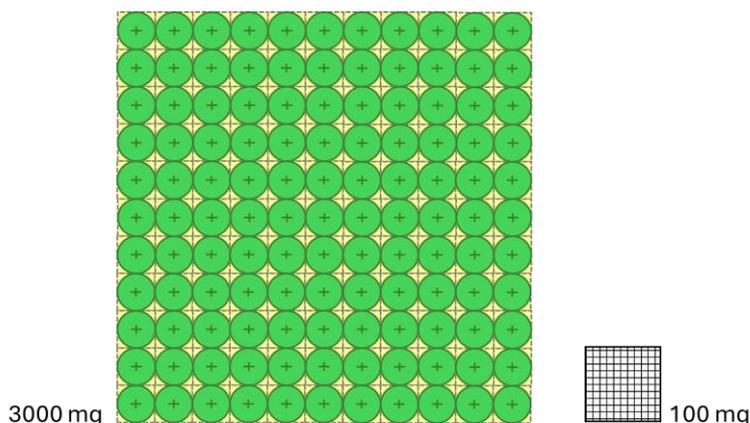


Figura 3. Equivalenza tra la superficie di piastrelle ADVANCE e la superficie di terreno alberato in grado di abbattere un medesimo contenuto di NO₂, nelle condizioni descritte.

Dallo studio emerge che **l'efficacia di abbattimento degli inquinanti (NO₂) da parte delle piastrelle ADVANCE:**

- **è di oltre un ordine di grandezza superiore a quella della superficie fogliare degli alberi**
- **garantisce un'efficacia più stabile e meno soggetta a variabilità rispetto agli alberi, in quanto gli alberi, oltre a perdere le foglie per numerosi mesi all'anno annullando di fatto l'assorbimento di NO₂, possono anche subire un danno biologico durante l'abbattimento degli inquinanti gassosi.**

Riferimenti

1. Thoene B., Schröder P., Papen H., Egger A., Rennenberg H. Absorption of Atmospheric NO₂ by Spruce (*Picea abies* L. Karst.) Trees. I. NO₂ Influx and Its Correlation with Nitrate Reduction. *The New Phytologist*, Vol. 117, No. 4 (1991), pp. 575-585
2. Okano K., Machida T., Totsuka T. Differences in ability of NO₂ absorption in various broad-leaved tree species. *Environmental Pollution*, 1989, vol. 58, no 1, p. 1-17
3. Wellburn A.R. Atmospheric nitrogenous compounds and ozone—is NO_x fixation by plants a possible solution? *The New Phytologist* 139.1 (1998) 5-9
4. Saxe H. Stomatal-Dependent and Stomatal-Independent Uptake of NO_x. *The New Phytologist*, May, 1986, Vol. 103, No. 1, pp. 199-205
5. Santiago J.-L., et al. The impact of planting trees on NO_x concentrations: The case of the Plaza de la Cruz neighborhood in Pamplona (Spain). *Atmosphere* 8.7 (2017): 131
6. Fang J., et al. Ability of typical greening tree species to purify NO₂ under different environmental factors. *Atmospheric Pollution Research* 16.2 (2025): 102357
7. Grundström M., and Pleijel H. Limited effect of urban tree vegetation on NO₂ and O₃ concentrations near a traffic route. *Environmental Pollution* 189 (2014): 73-76
8. Yli-Pelkonen V., et al. Trees in urban parks and forests reduce O₃, but not NO₂ concentrations in Baltimore, MD, USA. *Atmospheric environment* 167 (2017): 73-80

9. Fry J.L., et al. Effect of street trees on local air pollutant concentrations (NO₂, BC, UFP, PM 2.5) in Rotterdam, the Netherlands. *Environmental Science: Atmospheres* 5.3 (2025): 394-404
10. Gong C., et al. Estimating NO_x removal capacity of urban trees using stable isotope method: A case study of Beijing, China. *Environmental pollution* 290 (2021): 118004
11. Escobedo F.J., and Novak D.J. Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. *Landscape and urban planning* 90.3-4 (2009): 102-110
12. Selmi W., et al. Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France. *Urban forestry & urban greening* 17 (2016): 192-201
13. Jean-Luc Widlowski et al., *Allometric Relationships of Selected European Tree Species*. Office for Official Publications of the European Communities, 2003
14. Zhang H., Yao R., Luo Q., Yang Y. Estimating the leaf area index of urban individual trees based on actual path length. *Building and Environment*, 245 (2023) 110811
15. Šrámek M., Čermák J. The vertical leaf distribution of *Ulmus laevis* Pall. *Trees* 26.6 (2012): 1781-1792

Il Tecnico
Dott. Ing. Giovanni Orefice



Il Direttore Scientifico
Prof. Elisa Franzoni

