



Aria

Inquinanti in ambiente di lavoro: il progetto di un sistema captante

■ di Antonello Dimiccoli e Laura Saviano, *consulenti ambientali, studio Kemis*

Spesso, nella scelta degli impianti di trattamento delle emissioni, si pone molta attenzione alla sola sezione di abbattimento ritenuta più adeguata trascurando la scelta degli altri elementi che compongono l'impianto e che hanno un ruolo determinante per l'efficacia dell'intero sistema. Uno di questi elementi è senza dubbio il sistema di captazione, la cui corretta progettazione è fondamentale per un'adeguata rimozione degli inquinanti dagli ambienti di lavoro. Senza una corretta captazione, infatti, permangono i rischi di esposizione a sostanze inquinanti, per l'operatore, e di sanzioni per l'impresa.

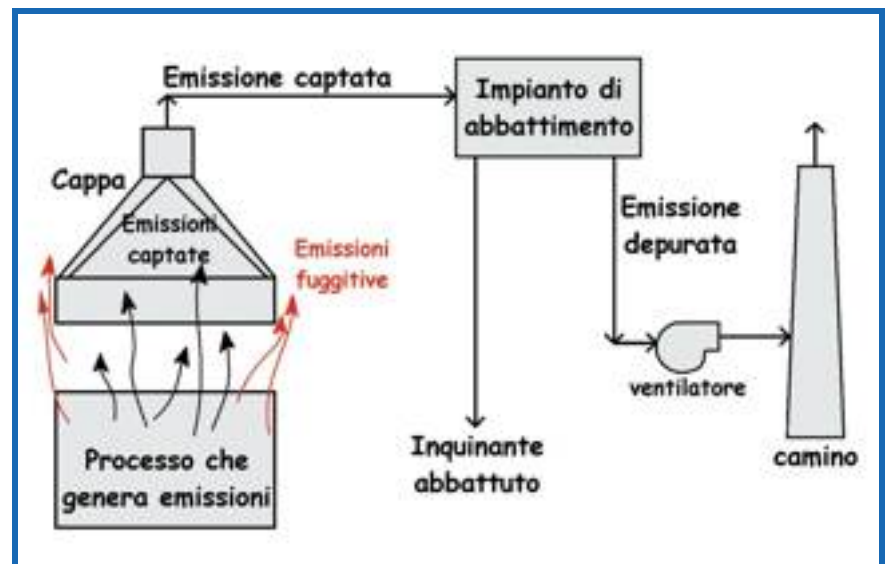
Nel rilasciare i provvedimenti di autorizzazione alle emissioni in atmosfera, le autorità competenti verificano, a norma dell'art. 270, D.Lgs. n. 152/2006, la convogliabilità tecnica delle emissioni diffuse da un impianto o macchinario, sulla base delle migliori tecniche disponibili e, in caso affermativo, ne possono disporre la captazione e il convogliamento a un impianto di trattamento appropriato.

Il primo passo per l'abbattimento

L'abbattimento di queste emissioni, ai fini del rispetto dei limiti di legge vigenti, deve essere necessariamente preceduto dalla corretta scelta del sistema di captazione, considerato il primo passo fondamentale per un'adeguata gestione dell'impatto emissivo sull'ambiente.

Il sistema di abbattimento delle emissioni

In figura 1 si riporta uno schema semplificato delle principali parti costitutive di un impianto di trattamento delle emissioni. Come si può notare, in prossimità della sorgente che rilascia nell'ambiente di lavoro le sostanze inquinanti, viene posto un sistema per catturare le emissioni e



▲ Figura 1 - Schema semplificato di un sistema di abbattimento delle emissioni

TABELLA 1

RANGE DI VELOCITÀ DI CATTURA ALLA CAPPA CONSIGLIATI PER ALCUNI PROCESSI

Condizioni di dispersione dell'inquinante	Esempi di processo	Velocità di cattura alla cappa (m/s)
Rilasciato senza alcuna velocità in aria calma	Evaporazione da serbatoi, sgrassatura con vapori	0,25 ÷ 0,50
Rilasciato a bassa velocità in aria avente bassa velocità	Verniciatura in cabina, riempimento di contenitori, saldatura, placcatura, piclaggio	0,50 ÷ 1,0
Rilasciato a media velocità in ambiente ventilato	Verniciatura a spruzzo in cabina, caricamento nastro trasportatore, frantumazione	1,0 ÷ 2,5
Lanciato ad alta velocità in ambiente molto ventilato	Smerigliatura, sabbiatura abrasiva	2,5 ÷ 10

In ciascuna categoria sopra riportata è indicato un range di velocità di cattura. La corretta scelta del valore di velocità dipende dai singoli casi specifici.

minimizzarne la diffusione nell'ambiente circostante (il sistema di captazione). La corrente gassosa è mossa sotto la forza aspirante di un ventilatore posto tra l'impianto di abbattimento e il camino, mentre le emissioni captate vengono trasferite, per mezzo di una conduttura, all'impianto di abbattimento. Quest'ultimo ha la finalità di rimuovere l'inquinante mediante una trasformazione chimico-fisica della corrente gassosa (adsorbimento, assorbimento, solidificazione, combustione ecc.). L'aria depurata, in uscita dall'impianto di abbattimento con concentrazioni di inquinanti inferiori ai limiti di legge, viene immessa in atmosfera attraverso un camino.

Una corretta captazione è anche fonte di benefici

I sistemi di captazione, se adeguatamente progettati, possono:

- consentire di ridurre il rischio di incendi per alte concentrazioni di sostanze chimiche infiammabili nell'ambiente di lavoro;
- contrastare la diffusione di sostanze inquinanti (spesso maleodoranti) verso i fabbricati confinanti, prevenendo, da parte del vicinato, lamentele e segnalazioni alle autorità competenti, con conseguenti controlli ispettivi che possono condurre a procedimenti giudiziari problematici, costosi e impegnativi;

- predisporre ambienti di lavoro più puliti e vivibili, migliorando i rapporti tra datore di lavoro e dipendenti ed evitando le difficili controversie in materia di sicurezza e ambiente.

Esistono anche casi particolari in cui l'ottimizzazione della fase di captazione può produrre risparmi economici; ad esempio, se si utilizza un combustore per l'abbattimento delle sostanze organiche volatili (SOV), una buona captazione può massimizzare il recupero energetico da SOV combuste e ridurre il consumo di metano impiegato per mantenere alta la temperatura della camera di combustione.

Elementi da considerare nella scelta del sistema di captazione

Un sistema di abbattimento delle emissioni è, a tutti gli effetti, un impianto chimico-fisico che, come tale, va gestito. In via generale, per una corretta progettazione di un sistema di captazione (nel seguito, per brevità, denominato "cappa") occorre preventivamente conoscere:

- le zone di manovra del personale in prossimità della sorgente emissiva;
- l'estensione della sorgente;
- le caratteristiche chimico-fisiche degli inquinanti da captare;
- il loro stato termo-fluidodinamico;
- la distribuzione temporale dell'emissione e la sua portata.

Per un'efficace captazione degli inquinanti è importante eliminare o minimizzare le correnti d'aria di disturbo in prossimità della sorgente emissiva. Questo consente anche di ridurre i volumi d'aria che è necessario aspirare, contenendo, in questo modo, i consumi energetici per il funzionamento dei ventilatori.

Il flusso verso la bocca di aspirazione della cappa deve essere sufficientemente alto da mantenere una velocità di cattura adeguata e tale da prevalere sulle correnti d'aria contrapposte. In *tabella 1*, a titolo di esempio, sono riportati valori tipici di velocità di cattura alla cappa consigliati per alcune condizioni di dispersione dell'inquinante.

La cappa deve "dominare" il più possibile l'operazione che genera l'emissione; deve essere posizionata il più vicino possibile alla sorgente e realizzata con una forma tale da "controllare" l'area di contaminazione.

È importante, inoltre, avere ben presente quali sono le zone di manovra del personale per evitare che l'impianto di aspirazione interferisca con il processo produttivo o con l'operatore che, infatti, non deve trovarsi interposto tra la sorgente e il sistema di captazione.

Nelle *foto 1, 2, 3 e 4* sono riportati alcuni esempi di configurazioni di sistemi di captazione.

Nel caso in cui la sorgente emissiva si trovi a distanze maggiori del cam-



▲ Foto 1 - Esempio di sistema di captazione superiore



▲ Foto 2 - Esempio di sistema di captazione laterale



▲ Foto 3 - Esempio di sistema di captazione laterale



▲ Foto 4 - Esempio di sistema di captazione inferiore (piano grigliato)

po di aspirazione ottenibile con una normale cappa, un'efficace captazione si può ottenere adottando sistemi di ventilazione di tipo *push-pull* (si veda la *figura 2*), nei quali una corrente d'aria forzata spinge tangenzialmente il flusso di sostanze inquinanti verso una cappa catturante laterale opportunamente posizionata.

Le caratteristiche chimico-fisiche degli inquinanti e il loro stato termofluidodinamico sono altri elementi fondamentali per la progettazione del sistema. Ad esempio, se i vapori o gas della sostanza inquinante hanno una densità maggiore dell'aria, tenderanno a stratificarsi nelle zone basse degli ambienti di lavoro, rendendo inadeguata una cattura del-

l'inquinante effettuata dall'alto. Altri tipi di emissioni inquinanti devono, invece, essere necessariamente captate e trattate in maniera segregata poiché, pur sembrando simili a un esame superficiale, in realtà, se messe in contatto, possono portare a pericolose reazioni chimiche. Nel caso in cui vengano installate più cappe collegate tutte a un'unica dorsale è consigliabile prevedere la possibilità di escluderle singolarmente in caso di inutilizzo della corrispondente postazione di lavoro (serrande, valvole di intercettazione ecc.).

Velocità minima di progetto all'imbocco della cappa

Un buon progettista deve tener conto dell'andamento dei campi di mo-

to all'imbocco della cappa. A volte si trascura l'impatto che la forma dell'imbocco della cappa ha sulla sua capacità di aspirazione mentre è fondamentale sapere, ad esempio, che una cappa con imboccatura non flangiata (si veda la *figura 3*) ha un campo di aspirazione più corto di una con imboccatura flangiata (si veda la *figura 4*).

Un ulteriore miglioramento del campo di aspirazione si ottiene conferendo alla cappa una forma tronco conica^[1].

Velocità nella condotta

Per sistemi in cui si manipolano materiali polverulenti, una velocità minima di *design* è necessaria per prevenire fenomeni di sedimentazione e occlusione delle condotte. D'altro canto, però, velocità troppo alte implicano sprechi di energia elettrica e possono accelerare fenomeni abrasivi delle condutture.

Il progettista deve, comunque, tenere ben presente che, in alcune condizioni (nella manipolazione di materiali adesivi, condensazione in presenza di polvere, forti effetti elettrostatici ecc.), la sola velocità potrebbe non essere sufficiente a prevenire occlusioni, rendendo necessarie misure aggiuntive.

Un errore frequente da evitare

Dopo l'installazione di una cappa mal progettata è possibile accorgersi della presenza di alte concentrazioni di inquinante nell'ambiente di lavoro. In questa situazione, però, piuttosto che mettere in discussione l'adeguatezza della cappa scelta, al fine di provvedere a migliorie del sistema, si apportano modifiche all'impianto che, a ben guardare, si rivelano anche peggiorative.

L'esempio tipico è quello di una "sbrigativa" sostituzione del venti-

[1] La spiegazione sta nella vorticosità che si crea all'imbocco della cappa, diverso nei tre casi e meglio noto col nome di "vena contracta".

latore di aspirazione con uno di portata superiore. Il risultato in questi casi è spesso un aggravio di costi dovuto sia alla sostituzione del ventilatore sia al maggiore consumo di energia elettrica del ventilatore maggiorato.

L'*upgrading* del ventilatore, a parità di dimensioni del resto dell'impianto, comporta, inoltre, anche un aumento della rumorosità in prossimità della cappa e del punto di emissione al camino a causa della velocità dei fumi sproporzionata rispetto alle sezioni di passaggio.

Variare sensibilmente la portata di aspirazione senza il coinvolgimento di un tecnico può perfino compromettere l'efficacia delle reazioni chimiche di abbattimento, poiché possono essere alterati i tempi di permanenza nella sezione di reazione e i tempi di contatto tra le specie reagenti.

Lo stirene nel comparto della vetroresina

Lo stirene

La maggior parte delle aziende che producono manufatti in vetroresina impiega, come materie prime, resine e *gelcoat* a base di stirene. La funzione dello stirene è bivalente:

- funge da solvente per migliorare conservazione e applicabilità della resina;
- partecipa anche alla reazione chimica di polimerizzazione fungendo da monomero di reticolazione.

La frazione che si comporta da solvente causa problemi di emissione nei reparti di lavorazione, sia durante l'applicazione delle resine, sia durante le successive fasi di essiccazione del manufatto.

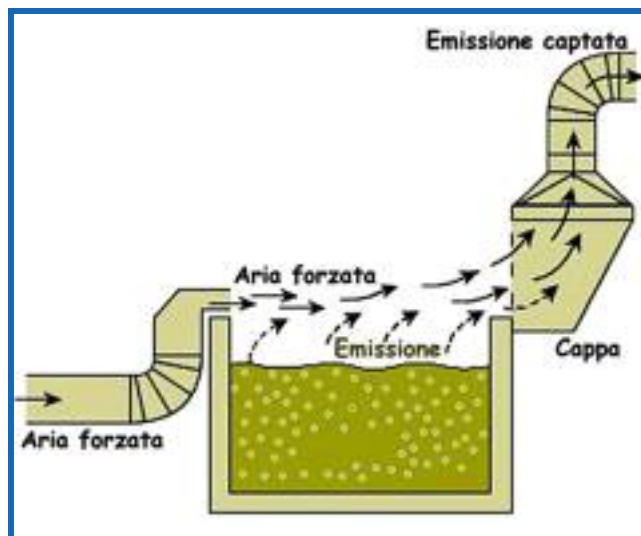
Il rilascio di vapori di stirene è oggetto di particolare attenzione non solo da parte delle autorità competenti in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro,

ma anche di quelle competenti in materia ambientale. Le emissioni, infatti, sono sottoposte alle disposizioni dell'art. 269 «Autorizzazione alle emissioni in atmosfera» e dell'art. 275 «Emissioni di COV», D.Lgs. n. 152/2006 (cosiddetto "testo unico ambientale").

La captazione dal basso e i piani grigliati

Si consideri un tipico cantiere che produce manufatti in vetroresina e si prenda in esame la fase del processo produttivo durante la quale, all'interno dello stampo, si applicano strati alternati di resina catalizzata e fibre di vetro (cosiddetta "fase di laminazione"). La corretta scelta di un sistema di captazione dello stirene rilasciato durante quest'operazione nell'ambiente di lavoro dovrà tenere conto dei seguenti aspetti:

- modalità di applicazione (ad es.: laminazione manuale a stampo aperto; con pistola *spray*; sotto vuoto ecc.);
- caratteristiche chimico fisiche dello stirene:
 - tensione di vapore : 4,5 mm Hg a 20°C;
 - densità relativa dei vapori (Aria = 1) : 3,6;
 - limiti di infiammabilità (% vol. in aria) : 1,1% ÷ 6,1%;
 - frasi di rischio^[2]: R10 (infiammabile) R20 (nocivo per inalazione) R36/38 (irritante per la pelle e gli occhi).
- zone di manovra del personale (ad es.: l'operatore si muove tutto in-



▲ Figura 2 - Schema di un sistema "push-pull"

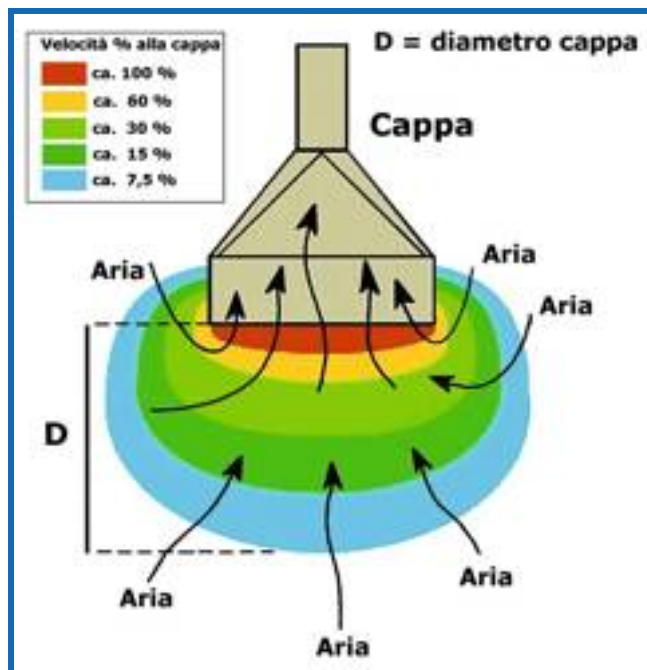
torno al manufatto che sta resinando);

- strumenti di applicazione (ad es.: pennello e rullo);
- vincoli strutturali del capannone (ad es.: la parte alta del capannone solitamente è occupata da un carroponete);
- vincoli di movimentazione del manufatto (ad es.: impossibilità di spostare il pezzo in fase di resinatura);
- vincoli dimensionali del manufatto (ad es.: pezzi da resinare di dimensioni medio-grandi fino a 10 m o anche oltre);
- distribuzione spazio-temporale della lavorazione (ad es.: più pezzi contemporaneamente in lavorazione in più punti del reparto);
- durata dell'applicazione (ad es.: in continuo durante l'intero turno o giornata di lavoro).

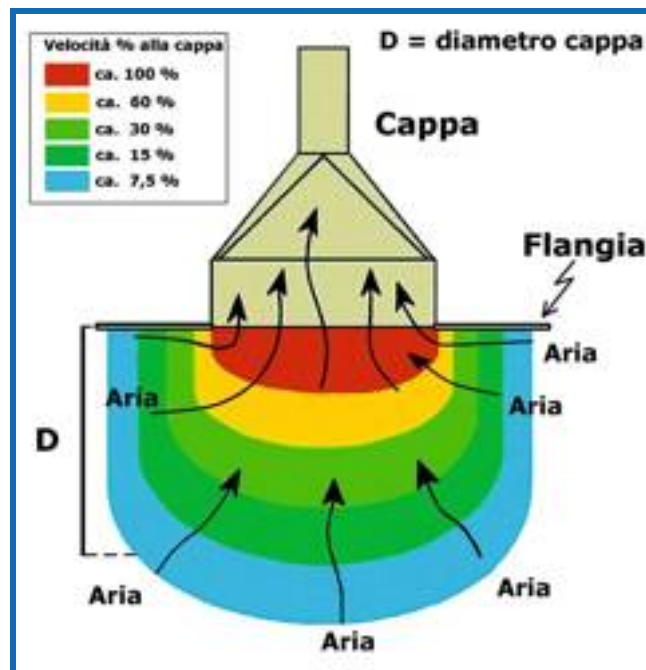
Non è possibile pretendere che la soluzione adottata soddisfi interamente tutti i requisiti e vincoli esistenti, ma certamente è auspicabile il raggiungimento di un buon compromesso che tenga conto degli elementi più importanti.

Nel caso in esame dello stirene, le modalità operative di lavorazione e,

[2] Classificazione secondo l'Allegato I alla direttiva 67/548/CEE, aggiornato con il 29° adeguamento della direttiva 2004/73/CE.



▲ **Figura 3 - Cappa semplice - Campo di moto in prossimità della bocca aspirante**



▲ **Figura 4 - Cappa flangiata - Campo di moto in prossimità della bocca aspirante**

soprattutto, la maggiore densità dei vapori di stirene rispetto all'aria, portano a ritenere la captazione dal basso (realizzata con piani grigliati posti sul pavimento) come la soluzione ottimale. La contemporaneità di laminazione su più manufatti esclude la possibilità di adottare una cabina di verniciatura come, invece, si fa solitamente per la fase di gelcottatura delle imbarcazioni in vetroresina.

Un'ulteriore possibile soluzione è rappresentata dalla realizzazione di

canalette grigliate a pavimento disposte in maniera alternata rispetto alle fasce regolarmente pavimentate sulle quali avviene la movimentazione e la laminazione dei manufatti (si veda la foto 4). Le canalette sono tutte collegate all'impianto centralizzato di aspirazione e abbattimento dello stirene.

In entrambi i casi, è possibile parzializzare i piani grigliati in aspirazione a seconda delle esigenze di lavorazione.

I sistemi di captazione grigliati dal

basso riscontrano particolare interesse anche nei cantieri che producono imbarcazioni di grosse dimensioni. In questo caso, infatti, bisogna tener conto del notevole sviluppo superficiale degli scafi e considerare l'impossibilità di spostare il manufatto che, invece, durante la sua lavorazione, resta fermo per intere settimane.

In quanto ai bracci di aspirazione articolati autoportanti, frequentemente utilizzati nel comparto della vetroresina, si ritiene che siano poco

BIBLIOGRAFIA

- "Principles of Local Exhaust Ventilation" - HM Factory Inspectorate, Health and Safety Executive, First Report of the sub-committee on Dust and Fume, Crown Pub., London 1975;
- ACGIH, Committee on Industrial Ventilation: "Industrial Ventilation - A Manual of Recommended Practice" - 25th ed., 2004;
- "Industrial Exhaust Systems" - HVAC ASHRAE Handbook 1987, Chapter 43, pp. 1-10;
- U.S. Environmental Protection Agency, Air Pollution Training Institute, BCES Mod. 5, 2007;
- N.A. Esmen, D.A. Weyel, F.P. McGuigan: "Aerodynamic Properties of Exhaust Hoods" - Am. Ind. Hyg. Assoc. Vol. 47, Aug. 1986 (pp. 448-454);
- Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Ed., McGraw-Hill Professional 2007;
- Direttiva 67/548/CEE del Consiglio, del 27 giugno 1967, concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose, aggiornata con il 29° adeguamento (direttiva 2004/73/CE);
- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 «Norme in materia ambientale» e ss.mm.ii.

efficaci, dato il posizionamento in alto e l'intralcio alla manovrabilità.

Il tunnel "push-pull" come alternativa ai piani grigliati

Nel caso ci si trovi di fronte a capannoni di vecchia costruzione, dove l'installazione di piani grigliati non si può considerare praticabile, appare interessante la realizzazione di un tunnel con sistema di ventilazione e captazione che si avvicina al principio di funzionamento della captazione push-pull (vedi la figura 2).

Il tunnel, realizzato all'interno del capannone, può essere sia fisso sia retrattile, ha i due lati chiusi dalla struttura portante e dal telo di chiu-

sura e il tetto è coperto anch'esso dal telo. Sul fronte del tunnel viene installato un sistema di immissione forzata di aria mentre in fondo viene installata una parete aspirante. Si realizza, in questo modo, una configurazione in cui una corrente d'aria spinge i vapori di inquinante verso la cappa laterale ricevente installata in fondo al tunnel.

Conclusioni

Un buon sistema di captazione consente di abbassare la concentrazione degli inquinanti nell'ambiente di lavoro, perseguendo il rispetto dei valori limite di esposizione. Per ottenere i migliori risultati e realizzare siste-

mi adeguati a ogni tipo di inquinante, è necessario tenere conto delle caratteristiche chimico-fisiche dell'inquinante, delle condizioni operative del processo e della fluidodinamica dell'emissione, affidando la progettazione del sistema di captazione a tecnici specializzati e ditte qualificate. Una captazione realizzata, infatti, con la semplice installazione di generica carpenteria metallica, abbinata, spesso, a un ventilatore sovradimensionato, non è efficace nel raggiungere l'obiettivo di realizzare un sistema che sia realmente efficace nel ridurre l'esposizione professionale dei lavoratori e i rischi di sanzione del datore di lavoro. •

Figura 1 a cura di A. Dimiccoli e A. Saviano
 Foto 1 su gentile concessione di Ventilazione Industriale - Lissone (MI)
 Foto 2 su gentile concessione di Savim - Arbizzano (VR)
 Foto 3 su gentile concessione di Ventilazione Industriale - Lissone (MI)
 Foto 4 su gentile concessione di Savim - Arbizzano (VR)
 Figure 2, 3 e 4 a cura di A. Dimiccoli e A. Saviano

APPALTI E LAVORI PUBBLICI

APPALTI PUBBLICI DI LAVORI

F. Galarco

Il volume, pur conservando l'impostazione originaria di taglio pratico-operativo, presenta un profondo riordinamento sistematico e un approfondimento degli argomenti con commento di tutto l' articolato che tiene conto dei più recenti orientamenti dottrinali e giurisprudenziali (aggiornato con il terzo correttivo al Codice - D.Lgs. n. 152/2008) per una migliore certezza operativa, offrendo agli operatori di settore un indispensabile ed efficace strumento pratico.
 Completa il volume un CD-Rom contenente il corpus legislativo aggiornato.

Pagg. 768 – € 78,00

Il prodotto è disponibile anche nelle librerie professionali.
Trova quella più vicina all'indirizzo www.librerie.itsole24ore.com

La cultura dei fatti