



FO LI UM

AMBIENTE E SICUREZZA SUL LAVORO

RIVISTA TRIMESTRALE
FONDATA NEL 2001

Spedizione in abbonamento postale
45% Articolo 2, c.20/b Legge 662/96

Milano
euro 15,00

3° trimestre 2007 anno 7°

ISSN 1592-9353

Luglio - Agosto - Settembre 2007

SOMMARIO

Approfondimenti

Criteria di determinazione delle prestazioni di resistenza al fuoco nelle costruzioni *(C. Di Girolamo, M. Bonacci)*

Introduzione.....	3
Termini e definizioni.....	4
Oggetto e campo di applicazione.....	4
Carico di incendio specifico di progetto.....	5
Prestazioni richieste alle costruzioni.....	6
Scenari e incendi convenzionali di progetto.....	7
Elementi strutturali resistenti al fuoco.....	8
Conclusioni.....	8
Note.....	8
Bibliografia.....	9

Caratteristiche reologiche dei fanghi di depurazione

(M.C. Collivignarelli, E. Gazzola, S. Zaniboni, A. Abbà, M. Alberi)

Introduzione.....	10
1. Inquadramento della problematica.....	10
1.1 Fluidi con caratteristiche reologiche indipendenti dal tempo.....	11
1.2 Fluidi con caratteristiche reologiche dipendenti dal tempo.....	12
2. Problematiche connesse alla determinazione del comportamento reologico dei fanghi di depurazione.....	12
2.1 Metodi reometrici.....	13
3. Comportamento reologico dei fanghi di depurazione.....	13
3.1 Legame parametri reologici e proprietà strutturali.....	14
3.2 Legame parametri reologici e processi di trattamento.....	15
3.3 Legame parametri reologici e trasferimento dell'ossigeno.....	16
Conclusioni.....	16
Note.....	16
Bibliografia.....	16

SEGUE IN SECONDA PAGINA

DALLA PRIMA PAGINA

SOMMARIO

Normativa nazionale

In materia di riformulazione del d. lgsl. 152/2006.	17
Sicurezza sul lavoro	17
Sicurezza e appalti (V.P.)	17
Obbligo del tesserino (P.M.)	17
Rifiuti: le migliori tecniche disponibili	18
Estate 2007: incendi (P.M.)	18
Registro e cartelle sanitarie e di rischio (V.P.).....	19

Normativa comunitaria

Revoca di autorizzazioni fitosanitarie	20
Proroga della concessione di ecoetichette	20
Spedizioni oltre confine di rifiuti	20

Note giurisprudenziali

Il datore di lavoro deve essere assoggettato a un regime di responsabilità oggettiva?	21
Ancora sul problema della delega di funzioni.....	23

COMITATO SCIENTIFICO

Vincenzo Riganti

Ordinario di chimica merceologica - Università di Pavia
Presidente del Comitato scientifico Irsi srl (Istituto ricerche sicurezza industriale, per l'ambiente e la medicina del lavoro) - Milano

Luigi Pozzoli

Professore a contratto presso Università dell'Insubria, Varese -
Responsabile Settore Igiene Industriale Irsi srl - Milano

Elio Giroletti

Dip. di Fisica Nucleare e Teorica - Università di Pavia

Paolo Trucco

Professore associato di sicurezza ed ergotecnica presso
Politecnico di Milano - Dip. Ing. gestionale

ABBONAMENTO ANNO 2007

Prezzo: Euro 50,00

Le richieste di abbonamento, le comunicazioni per mutamenti di indirizzo e gli eventuali reclami per mancato ricevimento di fascicoli vanno indirizzati all'Amministrazione:

Per la selezione dei lavori, la rivista si avvale di un Collegio di Referee

La pubblicazione di articoli, note e recensioni, non implica

adesione della Direzione della Rivista alle opinioni espresse dai Collaboratori

Gli scritti si pubblicano perciò sotto l'esclusiva responsabilità degli Autori

Gli articoli non pubblicati si restituiscono

L'Editore garantisce la massima riservatezza dei dati forniti dagli abbonati e la possibilità di richiederne gratuitamente la rettifica o la cancellazione, scrivendo a:

Folium - Responsabile dati personali Corso di Porta Vittoria, 8 - 20122 Milano

Le informazioni relative ai dati personali custodite nel nostro archivio elettronico, di cui garantiamo massima riservatezza e non cessione a terzi, verranno utilizzate unicamente per la gestione delle nostre iniziative editoriali (D.lgs 196/03 "Codice in materia di protezione dei dati personali")

Registrazione Trib. di Milano al n. 174 del 26 marzo 2001

Iscrizione Registro nazionale stampa (legge n. 416 del 5 agosto 1981, art. 11) n. 14403 del 2001

ROC n. 5994 - ISSN 1592-9353

Pubblicazione trimestrale. Spedizione in abbonamento postale - 45%- Art. 2 c. 20/b legge 662/1996 - Milano

Grafica: interna

Stampa: in proprio

Editrice: IRSI srl - Corso di Porta Vittoria, 8 - 20122 MILANO



Rivista associata all'Unione della Stampa Periodica Italiana

Direttore Responsabile - Mario E. Meregalli

Direttore - Coordinatore - Vincenzo Riganti

SEZIONI:

Medicina del lavoro - Attilio Catellani

Igiene industriale - Luigi Pozzoli

COLLABORATORI REDAZIONALI:

Veronica Panzeri - Irsi srl - Milano

Paola Montrasio - Irsi srl - Milano

Direzione Redazione e Amministrazione

Corso di Porta Vittoria, 8 - 20122 MILANO

tel. 02/5516108 fax. 02/54059931

email. info@folium.it - sito. www.folium.it

In copertina: Frammento - Pittore Agostino Ferrari - Milano



FO LI UM

AMBIENTE E SICUREZZA SUL LAVORO

Approfondimenti

Criteri di determinazione delle prestazioni di resistenza al fuoco nelle costruzioni

(*) Casto Di Girolamo, (**) Maria Bonacci.

(*) Professore a contratto nell'Università dell'Insubria, (**) Specialista in Diritto ed Economia delle Comunità Europee

Introduzione

In generale per le tipologie di opere di ingegneria civile, come le strutture in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica, vengono applicate le disposizioni di cui al DM (Infrastrutture e dei Trasporti) del 14 settembre 2005 (1). Tale decreto detta le "Norme tecniche per le costruzioni" che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni nei diversi materiali relativamente ai vari metodi di calcolo, le regole costruttive per la robustezza strutturale e le procedure per le verifiche di sicurezza e di durabilità delle opere stesse; in particolare al paragrafo 4, vengono definite le modalità attraverso le quali prendere in considerazione ai fini progettuali e verificativi delle opere, le azioni accidentali quali incendi, esplosioni e urti o collisioni. Nello specifico, le norme tecniche stesse chiariscono che per incendio debba intendersi "una combustione dei materiali, autoalimentata, che si sviluppa senza controllo nel tempo e nello spazio. Esso ha origine quando l'energia radiante della fiamma del centro originario di ignizione ed il calore dei prodotti di combustione inducono l'aumento di temperatura nell'ambiente e la formazione di altri centri di ignizione. Quando si verifica la simultanea ignizione di tutti i materiali combustibili nel compartimento (punto di flash-over) si ha un rapido incremento delle temperature e della quantità dei prodotti della combustione, tutti i materiali combustibili partecipano alla combustione (incendio generalizzato)". Ciò premesso, sempre in tale contesto viene precisato che al fine di limitare i rischi derivanti da incendi le costruzioni devono essere progettate e costruite in modo da garantire:

- la stabilità degli elementi portanti per un tempo utile ad assicurare il soccorso agli occupanti;
- la limitata propagazione del fuoco e dei fumi, anche riguardo alle opere vicine;
- la possibilità che gli occupanti lascino l'opera indenni o che gli stessi siano soccorsi in altro modo;
- la possibilità per le squadre di soccorso di operare in condizioni di sicurezza.

In quest'ambito gli obiettivi di sicurezza antincendio, finalizzati a garantire i requisiti anzidetti, possono essere raggiunti attraverso l'adozione di adeguate misure e sistemi

di protezione (attiva (2) e passiva(3)) di cui daremo cenno nelle pagine seguenti. Ora proprio partendo dalle disposizioni tecniche citate in premessa va anzitutto chiarito che le stesse vanno applicate a tutte le costruzioni, mentre per quelle nelle quali si svolgono attività soggette e non al controllo del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (CNVVF), disciplinate da specifiche regole tecniche di prevenzione incendi, si applicano le regolamentazioni emanate dal Ministero dell'Interno ai sensi del D.lgs n.139/2006, sul riassetto delle disposizioni relative alle funzioni e ai compiti del CNVVF stesso. Recentemente proprio tenendo conto di quest'ultima disposizione, sono stati emanati il D.M. (Interno) 16 febbraio 2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione" e il D.M. (Interno) 9 marzo 2007 "Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco" pubblicati, entrambi, sulla G.U. 29 marzo 2007, n.74; quest'ultimi quindi hanno provveduto ad aggiornare le modalità per la determinazione delle prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni relativamente alle attività assoggettate al controllo del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco e la classificazione dei prodotti ed elementi costruttivi per i quali è prescritto il requisito di resistenza al fuoco ai fini della sicurezza in caso d'incendio delle opere in cui sono inseriti. I due citati decreti ministeriali, entrambi in vigore dal 25 settembre 2007, possono essere considerati di rilevante importanza tecnica in quanto introducono, tra l'altro, elementi di forte novità normativa quali, ad esempio, un nuovo concetto di carico d'incendio, che supera così quello sviluppato in passato per i fabbricati a struttura in acciaio e quello relativo ai locali con strutture portanti in legno, come anche l'obbligo di determinare i principali scenari d'incendio (4) e i relativi incendi convenzionali di progetto e infine, ma non ultimo, l'allineamento della normativa italiana agli obblighi comunitari relativamente alla classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione. In particolare, il decreto 9 marzo 2007 permette di aggiornare le disposizioni normative contenute nella circolare M.I.S.A. (Ministero dell'Interno, Servizi Antincendio) n. 91 del 14 settembre 1961 relativa alle norme di sicurezza per la protezione contro il fuoco dei fabbricati a struttura in

acciaio destinati ad uso civile e, parimenti, quelle del DM (Interno) 6 marzo 1986 concernente le modalità di calcolo del carico di incendio per locali aventi strutture portanti in legno. Nelle pagine che seguono proponiamo una breve disamina dei nuovi criteri normativi di determinazione delle prestazioni di resistenza al fuoco che devono possedere le costruzioni nelle attività soggette ai controlli anzidetti considerando, altresì, anche quanto disposto in senso più ampio dalla normativa tecnica nazionale relativa alle costruzioni, al fine di limitare i rischi derivanti dagli incendi.

Termini e definizioni normative

In quest'ambito valgono le seguenti definizioni:

Capacità di compartimentazione in caso d'incendio: attitudine di un elemento costruttivo a conservare, sotto l'azione del fuoco, oltre alla propria stabilità, un sufficiente isolamento termico ed una sufficiente tenuta ai fumi e ai gas caldi della combustione, nonché tutte le altre prestazioni se richieste.

Capacità portante in caso d'incendio: attitudine della struttura, di una parte della struttura o di un elemento strutturale a conservare una sufficiente resistenza meccanica sotto l'azione del fuoco con riferimento alle altre azioni agenti.

Carico d'incendio: potenziale termico netto della totalità dei materiali combustibili contenuto in uno spazio corretto in base ai parametri indicativi della partecipazione alla combustione dei singoli materiali. Esso viene espresso in MJ (5); convenzionalmente si assume 1 MJ pari a 0,054 chilogrammi di legna equivalente.

Carico d'incendio specifico: carico di incendio riferito all'unità di superficie lorda (del compartimento); è espresso in MJ per metro quadro.

Carico d'incendio specifico di progetto: carico d'incendio specifico corretto in base ai parametri indicatori del rischio di incendio del compartimento e dei fattori relativi alle misure di protezione presenti; esso costituisce la grandezza di riferimento per le valutazioni della resistenza al fuoco delle costruzioni.

Classe di resistenza al fuoco: intervallo di tempo espresso in minuti, definito in base al carico di incendio specifico di progetto, durante il quale il compartimento antincendio garantisce la capacità di compartimentazione. Le classi di resistenza al fuoco sono le seguenti: 0-15-20-30-45-60-90-120-180-240-360; esse sono di volta in volta precedute dai simboli indicanti i requisiti che devono essere garantiti, per l'intervallo di tempo descritto, dagli elementi costruttivi portanti e/o separanti che compongono la costruzione in esame.

Compartimento antincendio: parte della costruzione organizzata per rispondere alle esigenze della sicurezza in caso di incendio e delimitata da elementi costruttivi idonei a garantire, sotto l'azione del fuoco e per un dato intervallo di tempo, la capacità di compartimentazione.

Incendio convenzionale di progetto: incendio definito attraverso l'andamento in funzione del tempo, della temperatura media dei gas di combustione nell'intorno della superficie degli elementi costruttivi.

Resistenza al fuoco: una delle fondamentali strategie di protezione da perseguire per garantire un adeguato livello di sicurezza della costruzione in condizioni d'incendio; essa riguarda la capacità portante in caso di incendio, per una struttura, per una parte della struttura o per un elemento strutturale nonché la capacità di compartimentazione rispetto all'incendio per gli elementi di separazione sia strutturali, come muri e solai, sia non strutturali, come porte e tramezzi.

Scenario di incendio: descrizione qualitativa dell'evoluzione di un incendio che individua gli eventi chiave che lo caratterizzano e che lo differenziano dagli altri incendi; di solito può comprendere le seguenti fasi: innesco, crescita, incendio pienamente sviluppato, decadimento. Deve inoltre definire l'ambiente nel quale si sviluppa l'incendio di progetto ed i sistemi che possono avere impatto sulla sua evoluzione, come ad esempio eventuali impianti di protezione attiva.

Scenario di incendio di progetto: specifico scenario di incendio per il quale viene svolta l'analisi utilizzando l'approccio ingegneristico. Superficie in pianta lorda di un compartimento: superficie in pianta compresa entro il perimetro interno delle pareti delimitanti il compartimento.

Oggetto e campo di applicazione

Come accennato, il D.M. 9 marzo 2007 stabilisce i criteri per determinare le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del CNVVF, ad esclusione delle attività per le quali i requisiti di resistenza al fuoco siano già fissati dalle regole tecniche di prevenzione incendi di settore (6). In sintesi tali disposizioni si applicano, dal 25 settembre 2007, alle nuove attività i cui progetti saranno presentati ai Comandi provinciali dei VVF competenti territorialmente per l'acquisizione del parere di conformità e alle costruzioni esistenti, nel caso siano oggetto di modifiche che comportino un incremento della classe di rischio di incendio o una riduzione delle misure di protezione ovvero un aumento del carico di incendio specifico. In funzione dei livelli di prestazione richiesti alla costruzione e in analogia con quanto già dettato dal cosiddetto testo unitario delle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14 settembre 2005, il provvedimento riporta il metodo per la determinazione della classe del compartimento e il valore del carico di incendio specifico di progetto; inoltre, vengono esplicitati i criteri di progettazione degli elementi strutturali resistenti al fuoco e sono introdotti i principi dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio allo scopo di verificare la capacità del sistema strutturale in caso di incendio applicando una metodologia di approccio

più moderna ed in linea con i riferimenti presenti in letteratura tecnica valida per tutti i tipi di costruzioni sia civili che industriali. Il D.M. 16 febbraio 2007, dal canto suo, si applica a tutti i prodotti e/o elementi costruttivi per i quali è prescritto il requisito di resistenza al fuoco ai fini della sicurezza in caso d'incendio delle opere in cui sono inseriti, indipendentemente dal fatto che la costruzione ospiti o meno una delle 97 attività individuate dal DM 16 febbraio 1982 e soggette alle visite e ai controlli da parte del CNVVF; come già accennato in premessa l'emanazione di tale decreto da parte del legislatore italiano era dovuta alla necessità di recepire nel nostro paese il sistema comunitario di classificazione dei prodotti e delle opere da costruzione nei casi in cui ne è prescritta la resistenza al fuoco dando una veste organica il più completa possibile a tutta la materia.

Carico di incendio specifico di progetto

È noto che il potenziale termico sviluppato in un compartimento in caso di incendio, detto carico di fuoco o carico d'incendio, è direttamente correlabile alla quantità di materiale combustibile ivi presente, compresi i rivestimenti dei muri, delle pareti provvisorie, dei pavimenti e dei soffitti; la relazione di riferimento sinora utilizzata dalla normativa italiana (circolare M.I.S.A. n.91/1961) per la quantificazione numerica del carico di incendio q passava attraverso la determinazione della quantità equivalente di legno per metro quadrato, ottenuta dividendo per 18,48 (potere calorifico inferiore del legno, espresso MJ/kg), il numero di joule per unità di superficie orizzontale del locale o del piano considerato, che al massimo si potevano sviluppare per effetto della combustione di tutti i materiali combustibili in esso presenti; in definitiva, il carico d'incendio q , era determinato sinora mediante la nota relazione:

$$q = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \times H_i}{18,48 \times A}$$

dove:

- q rappresenta il carico d'incendio (kg di legna standard al m²);
- g_i la massa del generico fra gli n combustibili che si prevedono presenti nel locale o nel piano nelle condizioni più gravose di carico di incendio (in kg);
- H_i il potere calorifico del generico fra gli n combustibili (MJ/kg);
- A rappresenta la superficie orizzontale del locale o del piano del fabbricato considerato (m²).

Ora, con il decreto ministeriale 9 marzo 2007 viene proposta una nuova relazione (7) che tiene conto degli interventi e delle misure di protezione attiva antincendio previsti nell'attività presa in esame; in particolare il valore del carico d'incendio specifico di progetto è determinato nella seguente maniera:

$$q_{f,d} = q_f \times \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_n$$

dove:

δ_{q1} è il fattore numerico che tiene conto del rischio di insorgenza dell'incendio associato alla dimensione del compartimento antincendio e i cui valori sono definiti in tabella:

Superficie in pianta lorda del compartimento (in m ²)	δ_{q1}
$A < 500$	1,00
$500 \leq A < 1.000$	1,20
$1.000 \leq A < 2.500$	1,40
$2.500 \leq A < 5.000$	1,60
$5.000 \leq A < 10.000$	1,80
$A \geq 10.000$	2,00

δ_{q2} è il fattore che tiene conto del rischio di insorgenza dell'incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento e i cui valori sono definiti in tabella:

Classi di rischio	Descrizione	δ_{q2}
I	Aree che presentano un basso rischio d'incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	0,80
II	Aree che presentano un moderato rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza	1,00
III	Aree che presentano un alto rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	1,20

δ_n rappresenta un fattore numerico che tiene conto delle differenti misure di protezione (attiva) e i cui valori (che concorrono alla sua determinazione) sono desumibili dalle seguenti tabelle:

Fattori δ_{ni} in funzione delle differenti misure di protezione				
Sistemi automatici di estinzione		Sistemi di evacuazione automatica di fumo e calore	Sistemi automatici di rivelazione, segnalazione e allarma di incendio	Squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio(*)
Ad acqua	Altro			
δ_{n1}	δ_{n2}	δ_{n3}	δ_{n4}	δ_{n5}
0,60	0,80	0,90	0,85	0,90

(*) Gli addetti devono aver conseguito l'attestato d'idoneità tecnica di cui all'art. 3 della legge 28/11/1996 n. 609, a seguito del corso di formazione di tipo C di cui all'allegato IX del DM (Interni) 10/3/1998 «Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro».

Fattori δ_{ni} in funzione delle differenti misure di protezione			
Rete Idrica Anticendio		Percorsi protetti di accesso	Accessibilità ai mezzi di soccorso del CNVVF
Interna	Interna ed esterna		
δ_{n6}	δ_{n7}	δ_{n8}	δ_{n9}
0,90	0,80	0,90	0,90

q_f è il valore nominale del carico d'incendio specifico da determinare secondo la formula seguente:

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \times H_i \times m_i \times \psi_i}{A}$$

nella quale:

g_i è la massa dell'*i*-esimo materiale combustibile (espressa in kg);

H_i è il potere calorifico inferiore dell'*i*-esimo materiale combustibile (espresso in MJ/kg); tali valori possono essere determinati per via sperimentale in accordo con la norma UNI EN ISO 1716:2002 ovvero essere mutuati dalla letteratura tecnica in materia;

m_i è il fattore di partecipazione alla combustione dell'*i*-esimo materiale combustibile, assunto pari a 0,80 per il legno e gli altri materiali di natura cellulosica e pari a 1,00 per tutti gli altri materiali combustibili;

Ψ_i è il fattore di limitazione della partecipazione alla combustione dello *i*-esimo materiale combustibile, assunto convenzionalmente pari a 0 per i materiali contenuti in contenitori appositamente progettati per resistere al fuoco; pari a 0,85 per i materiali contenuti in contenitori non combustibili e non appositamente progettati per resistere al fuoco; pari a 1 in tutti gli altri casi;

A è la superficie in pianta lorda del compartimento considerato (in m²).

Infine, nel decreto in questione viene sottolineato (Allegato, punto 2.3) che, in generale, l'area di riferimento coincide con il compartimento antincendio preso in esame e quindi il carico di incendio specifico viene riferito alla superficie in pianta lorda del compartimento stesso, nell'ipotesi di una distribuzione uniforme della densità del carico d'incendio stesso; in caso contrario, qualora vi siano ad esempio delle disimmietrie nella distribuzione dei materiali combustibili nel compartimento, il valore nominale q_f del carico d'incendio specifico deve essere determinato anche con riferimento all'effettiva distribuzione dello stesso. Per distribuzioni molto concentrate del materiale combustibile è consentito far riferimento all'incendio localizzato [8], valutando, in ogni caso, se si hanno le condizioni per lo sviluppo di un incendio generalizzato.

Prestazioni richieste alle costruzioni

I criteri fondamentali concernenti la progettazione delle strutture in condizioni di incendio, riportati dalla disciplina generale concernente le opere di ingegneria civile di cui al DM 14 settembre 2005, paragrafo 4.1.3, richiedono espressamente che sia evidenziata la capacità del sistema costruttivo di raggiungere (congiuntamente) i seguenti obiettivi di sicurezza:

- garantire la sicurezza degli occupanti durante tutta la loro permanenza prevista nell'edificio;
- garantire la sicurezza delle squadre di soccorso e delle squadre antincendio;
- evitare crolli dell'edificio;
- permettere ai componenti e ai sistemi antincendio di mantenere la loro funzionalità;
- consentire l'eventuale riutilizzazione della struttura, qualora richiesto.

Inoltre, le norme tecniche per le costruzioni individuano cinque livelli di prestazione [9], in relazione alla capacità portante, delle strutture in funzione degli obiettivi di sicurezza e delle strategie antincendio sopra indicate; tali livelli risultano corrispondenti a quelli desunti dalla norma tecnica C.N.R. [10] "Istruzioni per la progettazione di costruzioni resistenti al fuoco", par.2.3, per la quale ogni livello di prestazione comporta una precisa classe di capacità portante dell'elemento strutturale che dovrà essere mantenuta per tutto il tempo necessario a garantire le prestazioni associate a tale livello. In modo particolare, per le costruzioni destinate ad attività soggette al controllo da parte del CNVVF, nell'Allegato al decreto 9 marzo 2007, paragrafo 3, vengono individuati i seguenti livelli di prestazione da richiedere alle costruzioni stesse in funzione degli obiettivi o dei criteri di sicurezza (antincendio) richiesti, in fase di progettazione, alle strutture in questione:

- *Livello I.* Nessun requisito specifico di resistenza al fuoco dove le conseguenze della perdita dei requisiti stessi siano accettabili o dove il rischio di incendio sia trascurabile;
- *Livello II.* Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione;
- *Livello III.* Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la gestione dell'emergenza;
- *Livello IV.* Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione;
- *Livello V.* Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa.

Tali richieste di prestazione comportano l'adozione di differenti classi di resistenza al fuoco, in linea con quanto puntualmente indicato nell'Allegato allo stesso decreto 9 marzo 2007, (paragrafi 3.1÷3.4). Nello specifico, a titolo di esempio, i valori (minimi) di riferimento corrispondenti alla classe necessaria a garantire un livello III di prestazione sono quelli assegnati nella seconda colonna della tab.5 in funzione del carico d'incendio specifico di progetto $q_{f,d}$ così come definito e richiamato nel paragrafo precedente.

CARICHI D'INCENDIO SPECIFICI DI PROGETTO $q_{f,d}$	CLASSE DI RESISTENZA AL FUOCO
$\leq 110 \text{ MJ/m}^2$	0
$\leq 200 \text{ MJ/m}^2$	15
$\leq 300 \text{ MJ/m}^2$	20
$\leq 450 \text{ MJ/m}^2$	30
$\leq 600 \text{ MJ/m}^2$	45
$\leq 900 \text{ MJ/m}^2$	60
$\leq 1200 \text{ MJ/m}^2$	90
$\leq 1800 \text{ MJ/m}^2$	120
$\leq 2400 \text{ MJ/m}^2$	180
$\rightarrow 2400 \text{ MJ/m}^2$	240

Infine, la norma riporta che richieste di prestazioni di livello IV o V ad una costruzione debbano essere oggetto di specifica richiesta da parte del committente ovvero essere previsti da appositi capitolati tecnici di progetto; inoltre, i livelli di prestazione suddetti possono altresì essere richiesti dalle autorità competenti relativamente alle costruzioni destinate ad attività di particolare importanza (edifici pregevoli per arte o storia, edifici di particolare rilevanza architettonica e/o costruttiva, etc.).

Scenari e incendi convenzionali di progetto

Premesso che il comportamento meccanico di una struttura esposta all'incendio dipende dalle azioni meccaniche e termiche indotte dal fuoco, e dai loro effetti sulle proprietà dei materiali, combinate con gli effetti indotti sulla struttura dalle azioni meccaniche permanenti e variabili, le norme tecniche italiane relative alle costruzioni impongono che, in fase di progetto, per determinare le azioni del fuoco devono essere (necessariamente) definiti i principali scenari d'incendio e i relativi incendi convenzionali di progetto, sulla base di una valutazione (preliminare) del rischio d'incendio della struttura (DM 14 settembre 2007, paragrafo 4.1.4.1). Proprio a partire da queste premesse, il DM (Interno) 9 maggio 2007 (11), per le attività cui esso si riferisce, fornisce alcune indicazioni relativamente al processo di individuazione degli scenari di incendio di progetto; esso in particolare, all'Allegato, punto 3.4.2, precisa che debbono essere valutati: gli incendi realisticamente ipotizzabili nelle condizioni di esercizio previste, scegliendo i più gravosi per lo sviluppo e la propagazione dell'incendio, la conseguente sollecitazione strutturale, la salvaguardia degli occupanti e la sicurezza delle squadre di soccorso; a tal fine risultano determinanti, tra l'altro, le seguenti condizioni:

- stato, tipo e quantitativo del combustibile;
- configurazione e posizione del combustibile;
- tasso di crescita del fuoco e picco della potenza termica rilasciata (HRR, Heat Release Rate);
- tasso di sviluppo dei prodotti della combustione;
- caratteristiche dell'edificio (geometria del locale, condizioni di ventilazione interna ed esterna, stato delle porte e delle finestre, eventuale rottura di vetri, etc.);
- condizioni delle persone presenti (affollamento, stato psico-fisico, presenza di disabili, etc.).

Gli incendi convenzionali di progetto devono essere applicati ad un compartimento dell'edificio alla volta, salvo che non sia diversamente indicato nello scenario d'incendio (12); a seconda l'incendio convenzionale di progetto adottato, l'andamento delle temperature negli elementi sarà valutato in riferimento a:

- una curva d'incendio nominale, per l'intervallo di tempo di esposizione specificato in funzione della desiderata classe di resistenza al fuoco, senza alcuna fase di raffreddamento;
- una curva d'incendio naturale, tenendo conto dell'inte-

ra durata dell'incendio, compresa la fase di raffreddamento fino al ritorno alla temperatura ambiente.

Le curve nominali d'incendio forniscono, nella maggior parte dei casi, valori di temperatura più elevati di quelli che si possono riscontare durante un incendio naturale; proprio per questo motivo, a titolo cautelativo, il decreto 9 marzo 2007 prevede che le classi di resistenza al fuoco (13) siano, di norma, riferite all'incendio convenzionale rappresentato dalle curve nominali standard; quest'ultima nel caso, ad esempio, di incendio di materiali combustibili prevalentemente di natura cellulosa la curva di incendio nominale di riferimento è la curva nominale ISO 834 rappresentata dalla seguente relazione:

$$T - 20 = 345 \times \text{Log}(8 \times t + 1)$$

dove T rappresenta la temperatura dei gas dell'ambiente (in °C) al tempo t (in minuti primi); tale relazione non è valida nel caso di incendi sviluppatasi all'interno del compartimento ma che coinvolgono strutture poste all'esterno (i.e. pareti perimetrali separanti) e nei casi di incendi di quantità rilevanti di idrocarburi o altre sostanze con equivalente velocità di rilascio termico, per i quali puntualmente sia il decreto DM (Infrastrutture e dei Trasporti) 29 settembre 2005, paragrafo 4.1.5, che il DM (Interno) 9 marzo 2007, Allegato, punto 4.1, ne riportano la relazione $T=T(t)$. Inoltre, nel caso in cui il progetto sia condotto con un approccio di tipo prestazionale, in alternativa quindi al metodo che fa riferimento alle classi, nell'Allegato al decreto 9 marzo 2007, punto 4.2, viene riportato in modo esplicito, che, la capacità portante e/o la capacità di compartimentazione, può essere verificata rispetto all'azione termica della curva naturale di incendio, applicata per l'intervallo di tempo necessario al ritorno alla temperatura ordinaria, attraverso modelli di incendio sperimentali ovvero modelli di incendio numerici di comprovata attendibilità (semplificati o avanzati) che si basano sulla modellazione del processo di incendio e che possono essere classificati in modelli a parametri concentrati (oppure a zone), se risolvono in modo esatto un certo numero di equazioni numeriche approssimate relative alla conservazione di quantità di moto, energia e materia, in cui compaiono tipicamente parametri operativi, empirici o semi-empirici, ed in modelli a parametri distribuiti (ovvero di campo), se attraverso l'integrazione numerica delle equazioni differenziali alle derivate parziali rappresentative dei bilanci accoppiati di quantità di moto, energia e materia, consentono di pervenire al calcolo dei campi vettoriali di velocità e scalari di temperatura e concentrazione. Comunque, in tale ambito quale che sia il modello scelto nel progetto della costruzione, i valori del carico d'incendio e delle caratteristiche del compartimento, adottati per l'applicazione dei metodi suddetti, costituiscono un vincolo d'esercizio per il titolare delle attività previste all'interno della costruzione stessa.

Elementi strutturali resistenti al fuoco

Il D.M. 16 febbraio 2007 è stato emanato in base alla necessità di recepire il sistema europeo di classificazione di resistenza al fuoco dei prodotti (14) e degli elementi costruttivi conformando i prodotti stessi e le loro parti al requisito essenziale "Sicurezza in caso d'incendio" previsto dalla direttiva 89/106/CEE (Construction Products Directive, Annex I) oltre alla necessità di rispondere agli obblighi comunitari connessi con l'attuazione delle determinazioni della Commissione UE 2000/367/CE del 3 maggio 2000 e 2003/629/CE del 27 agosto 2003 riguardanti le prove e la classificazione di resistenza al fuoco. Il decreto è composto di una parte normativa e di quattro allegati tecnici che, a loro volta, richiamano norme EN per le prove e la classificazione di prodotti ed elementi costruttivi, sia metodi EN e UNI derivanti dagli eurocodici per quanto concerne la progettazione di strutture resistenti al fuoco; tale disposizione permette di stabilire le prestazioni di resistenza al fuoco dei prodotti e degli elementi costruttivi in base ai risultati di prove (allegato B), calcoli (allegato C) ovvero confronti con tabelle (allegato D). Un'ulteriore previsione del decreto è quella di precisare le competenze e attribuire le responsabilità dei diversi soggetti competenti per la produzione, la certificazione e il controllo di prodotti per i quali è prescritta la classificazione di resistenza al fuoco; in ogni caso si è evidenziato che quest'ultimi potranno essere impiegati in Italia in elementi costruttivi e opere:

- se muniti di marcatura CE, secondo l'uso conforme all'impiego previsto, ovvero
- in presenza di certificazione redatta da professionista, in conformità al DM (Interno) 4 maggio 1998, che ne attesti la classe di resistenza al fuoco se non è ancora applicata una procedura per la marcatura CE in assenza delle specificazioni tecniche.

Nello specifico, l'impiego di porte e altri elementi di chiusura in elementi costruttivi e opere è subordinata al rilascio dell'omologazione nel caso non sia ancora applicata la procedura ai fini della marcatura CE in assenza delle specificazioni tecniche. Infine, si fa osservare che il decreto in questione per i prodotti e gli elementi costruttivi di opere esistenti, le cui caratteristiche di resistenza al fuoco siano state accertate dagli organi di controllo alla data del 25 settembre 2007, non risulta necessario procedere ad una nuova determinazione delle prestazioni di resistenza al fuoco anche nei casi di modifiche dell'opera che non riguardino i prodotti e gli elementi costruttivi stessi.

Conclusioni

Come la corretta assegnazione dei parametri posti alla base della determinazione delle azioni di progetto della costruzione sono fondamentali nella progettazione del sistema strutturale ai fini del raggiungimento degli obiettivi di sicurezza antincendio, così parimenti il manteni-

mento nel tempo dei requisiti prestazionali diviene requisito imprescindibile nell'esercizio delle attività previste all'interno della costruzione stessa; si deve considerare, infatti, che nell'applicazione della nuova metodologia normativa ora introdotta, le misure ed i sistemi di protezione adottati in progetto ed inseriti nella costruzione rivestono un ruolo precipuo per la ricaduta diretta che essi hanno sui requisiti di resistenza al fuoco attribuiti alla struttura. Una corretta impostazione progettuale richiede, pertanto, il mantenimento dei parametri posti alla base delle scelte progettuali stesse al fine di evitare, nell'esercizio dell'insediamento o dell'attività, una riduzione del livello di sicurezza assegnato. È fondamentale quindi che il progettista informi e sensibilizzi il responsabile dell'attività sulla circostanza per la quale ad esempio non è consentito aumentare la quantità di materiale combustibile e/o modificare la superficie di ventilazione del locale poiché in tal modo può risulterne un'alterazione dello sviluppo dell'incendio naturale previsto e conseguentemente il valore di resistenza al fuoco posseduto dagli elementi strutturali potrebbe risultare non più tale da garantire le condizioni di sicurezza antincendio inizialmente previste.

Parimenti tutti i sistemi di protezione adottati in progetto ed inseriti nella costruzione dovranno essere adeguatamente mantenuti, durante l'esercizio, in ottemperanza a quanto indicato dal produttore degli stessi ovvero previsto da disposizioni normative specifiche. A tal proposito, il decreto ministeriale 9 marzo 2007, assegna, espressamente ai progettisti la responsabilità dell'individuazione dei valori che assumono i parametri posti alla base della determinazione delle azioni di progetto della costruzione, mentre individua nei titolari delle attività, svolte all'interno della medesima costruzione, la responsabilità del mantenimento nel tempo delle condizioni che ne hanno determinato l'individuazione.

Note

(1) Nel luglio 2007 è stata presentata al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici la nuova bozza delle norme tecniche per le costruzioni.

(2) Si deve intendere come l'insieme degli impianti e delle attrezzature antincendio, predisposti in relazione alla natura del rischio in applicazione dei criteri di prevenzione incendi, che sono in grado di attivarsi manualmente o automaticamente all'insorgere dell'incendio e finalizzati a fronteggiare la propagazione e raggiungere l'estinzione.

(3) In prevenzione incendi, la protezione passiva indica ciò che non interviene direttamente mediante un'azione nell'estinzione, ma in virtù della propria presenza contribuisce alla riduzione del danno.

(4) Descrizione qualitativa dell'evoluzione di un incendio che individua gli eventi chiave che lo caratterizzano e che lo differenziano dagli altri incendi. Allegato, paragrafo 1, DM (Interno) 9 maggio 2007.

(5) Nel documento normativo in esame vengono utilizzate le unità del Sistema Internazionale (SI), abbandonando le calorie (kcal) ed esprimendo il potenziale termico in MJ.

(6) Cosiddette attività normate ossia di quelle attività per le quali sono state predisposte specifiche regole tecniche di prevenzione incendi (i.e. DM 18/9/2002 per gli ospedali, DM 6/10/2003 per le attività ricettive turistico-alberghiere, etc.) e per le quali risultano univocamente definite le prestazioni richieste alle singole strutture in caso d'incendio.

(7) In realtà essa è concettualmente simile a quella riportata dalla norma UNI EN 1991-1-2: 2004 "Eurocodice 1, Azioni sulle strutture, parte 1-2: Azioni in generale, Azioni sulle strutture esposte al fuoco".

(8) Per incendio localizzato deve intendersi un focolaio d'incendio che interessa una zona limitata del compartimento antincendio, con sviluppo di calore concentrato in prossimità degli elementi costruttivi posti superiormente al focolaio o immediatamente adiacenti.

(9) Criteri di quantitativo e qualitativo (grado, classe, livello, etc.) rispetto ai quali si può svolgere una valutazione di sicurezza.

(10) Bollettino ufficiale Consiglio Nazionale delle Ricerche n.192 del 28 dicembre 1999, parte IV. Norma considerata ora superata dalle previsioni dell'art.4, comma 3, del DM (Interno) 9 marzo 2007.

(11) Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico della sicurezza antincendio, G.U. 22 maggio 2007 n.117

(12) È stato anche chiarito che nel caso specifico di un edificio multipiano è consentito considerare separatamente il carico di incendio dei singoli piani qualora le strutture orizzontali posseggano una capacità di compartimentazione adeguata nei confronti della propagazione verticale degli incendi.

(13) Che nel caso della progettazione antincendio di elementi sia strutturali che non strutturali in generale va

riferita non solo alla capacità portante ma anche di compartimentazione, etc. qualora richieste.

(14) Per prodotto da costruzione s'intende qualsiasi prodotto fabbricato al fine di essere permanentemente incorporato in elementi costruttivi o opere di costruzione, le quali comprendono gli edifici e le opere d'ingegneria civile.

Bibliografia

1. Bollettino ufficiale CNR "Istruzioni per la progettazione di costruzioni resistenti al fuoco", n.192, parte IV, Norme tecniche, Dicembre 1999.

2. James Milke, Venkatesh Kodur, Christopher Marrion: Overview of Fire Protection in Buildings, appendix A, World Trade Center Building Performance Study, Federal Emergency Management Agency (USA), FEMA 403, September 2002.

3. W.D. Walton W. D., P.H. Thomas: Estimating Temperatures in Compartment Fires. Chapter 6; Section 3; NFPA HFPE-02; SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 3rd Edition, DiNunno, P. J.; Drysdale, D.; Beyler, C. L.; Walton, W. D., Editor(s), 3/171-188 p., 2002.

4. Paul D. Domich: Fire Protection of Structural Steel in High-Rise Buildings, Building and Fire Research Laboratory, NIST, Gaithersburg, Maryland, July 2004.

5. V. Riganti: Appunti del corso di Organizzazione e Gestione della Sicurezza Aziendale (primo modulo). Principi generali: la sicurezza chimica, 2006.

6. DM (Infrastrutture e dei Trasporti) 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni", G.U. 23 settembre 2005, s.o. n.159.

7. DM (Interno) 16 febbraio 2007 e DM (interno) 9 marzo 2007, G.U. 29 marzo 2007 (s.o. n.74).

8. DM (Interno) 9 maggio 2007 "Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio", G.U. 22 maggio 2007 n.117.

Approfondimenti

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI FANGHI DI DEPURAZIONE

M.C. Collivignarelli[°], E. Gazzola^{°°}, S. Zanaboni^{°°}, A. Abbà^{*}, M. Alberi^{*}

[°]Ricercatore di Ingegneria Sanitaria Ambientale, Facoltà di Ingegneria, Università degli studi di Pavia, Tel. 0382-985312, mcristina.collivignarelli@unipv.it

^{°°}Dottore di Ricerca in Ingegneria Civile, Facoltà di Ingegneria, Università degli studi di Pavia, Tel. 0382-985311, 0382-985312, elisa.gazzola@unipv.it, sabrina.zanaboni@unipv.it

^{*}Dottorando in Ingegneria Civile, Facoltà di Ingegneria, Università degli studi di Pavia, Tel. 0382-985314, abba78@unipv.it, alberti79@unipv.it

Introduzione

L'interesse per le problematiche connesse alla tutela e alla conservazione dell'ambiente, ed in particolare della qualità delle acque superficiali e sotterranee, unito alla crescente esigenza di controllo e di riduzione del consumo della risorsa idrica, ha portato, soprattutto a partire dalla seconda metà del ventesimo secolo, allo sviluppo di sistemi di trattamento dei reflui sia domestici che industriali ed alla realizzazione di un gran numero di impianti di depurazione, con conseguente crescita del quantitativo di fanghi da essi prodotti.

Negli ultimi anni grande rilevanza ha rivestito l'ottimizzazione di questi processi di trattamento finalizzata soprattutto all'adeguamento o al potenziamento degli impianti di depurazione esistenti.

La maggior parte dei processi di trattamento delle acque di scarico dà luogo alla produzione di "fango"; nei processi biologici questi derivano dalla trasformazione della sostanza organica in massa cellulare microbica, nei processi chimico-fisici dalla separazione di materiale in sospensione, dalla precipitazione di sostanze disciolte e dall'aggiunta di reattivi.

I processi biologici sono i più diffusamente applicati per il trattamento di liquami organici biodegradabili; tra questi, il processo a fanghi attivi è, tra i trattamenti biologici, il più diffuso a livello europeo specie per liquami urbani.

I fanghi derivanti dal decantatore primario e secondario sono caratterizzati da un alto contenuto di acqua ($H_2O = 97 \div 99\%$; $SS = 1 \div 3\%$), che già li rende inadatti allo smaltimento diretto, e da un alto contenuto di materiale organico putrescibile (la sostanza secca sospesa è costituita per il 75 % da materiale organico e dal 25 % da materiale inorganico).

L'agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente (APAT) stima in oltre 850.000 tonnellate di sostanza secca il quantitativo di fanghi di depurazione prodotto in Italia nell'anno 2000.

Tale valore è aumentato, mediamente del 5% annuo, fino al 2002, per poi diminuire leggermente nel corso del 2003 e stabilizzarsi a circa 905.000 tonnellate di sostanza secca [APAT, 2004].

Il processo è quindi caratterizzato dalla produzione di grandi volumi di fango cui occorre assicurare un idoneo smaltimento finale, previo adeguato trattamento nel rispetto delle restrizioni imposte dalla legislazione.

Le finalità principali del trattamento del fango sono la riduzione del contenuto d'acqua e la stabilizzazione della sostanza organica residua; in particolare, l'ispessimento e la disidratazione diminuiscono il volume del fango, la digestione trasforma le sostanze organiche e stabilizza il fango residuo.

Il trattamento e lo smaltimento del fango comportano costi e complicazioni gestionali; dall'altro canto, i fanghi di depurazione, grazie alla loro potenzialità energetica e al contenuto di nutrienti, rappresentano una risorsa variamente utilizzabile.

In questa prospettiva assume molta importanza la caratterizzazione biologica, chimica e fisica dei fanghi per prevedere il comportamento degli stessi nelle varie fasi gestionali e garantire una adeguata qualità del fango in funzione della destinazione finale.

Tra le caratteristiche fisiche, la conoscenza di quelle reologiche è spesso la meno approfondita, sebbene sia riconosciuta la sua influenza nei trattamenti e nello smaltimento dei fanghi.

Anche riguardo la fase di ossidazione della sostanza organica, ampiamente studiata sotto molteplici aspetti, sono a tutt'oggi aperte alcune questioni relative alle caratteristiche meccaniche dei fanghi attivi.

Dal punto di vista meccanico, i fanghi manifestano un comportamento riconducibile a quello di fluidi non-Newtoniani, con caratteristiche reologiche spesso variabili nel tempo e non facilmente modellizzabili, che si combinano con una già significativa complessità biologica.

La conoscenza del comportamento reologico dei fanghi costituisce un aspetto importante per la caratterizzazione dell'idrodinamica delle sospensioni fangose, soprattutto se finalizzata all'ottimizzazione dei processi nei quali operano [Seysieq et al., 2003].

1. Inquadramento della problematica

I fluidi sono corpi soggetti a grandi variazioni di forma

sotto l'azione di forze di minima entità, per effetto della mobilità delle particelle che li compongono.

Un fluido in movimento è un sistema continuo sede di sforzi interni che nascono per l'azione, sull'elemento infinitesimo di liquido, di forze di massa e forze di superficie. Le prime agiscono proporzionalmente alla massa dell'elemento, le seconde rappresentano l'azione sull'elemento considerato della rimanente parte di fluido ed esercitano la loro azione sul sistema attraverso la sua superficie di contorno; si compongono di sforzi isotropi di pressione, che tendono a dilatare o contrarre il volume dell'elemento, e di sforzi normali e tangenziali, detti viscosi, che si manifestano solo durante il moto del fluido opponendosi ad esso, mentre si annullano quando il movimento cessa. Per i fluidi cosiddetti Newtoniani, lo sforzo di taglio, in una corrente avente filetti fluidi paralleli, è direttamente proporzionale alla derivata parziale della velocità del fluido nella direzione normale a quella del moto tramite la grandezza μ , detta viscosità dinamica (o attrito interno):

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

dove u è la velocità in direzione del moto ed y la direzione perpendicolare al moto.

Per questo tipo di fluidi la viscosità è indipendente dagli sforzi normali e tangenziali; per date condizioni di temperatura il suo valore è in pratica costante e dipende solo dalla natura del fluido e dal suo stato fisico.

Si manifesta per i fluidi in movimento con l'insorgere, nello scorrimento d'uno strato rispetto all'altro, di tensioni tangenziali più o meno elevate a seconda della natura del corpo.

La viscosità nei liquidi deriva dalle forze di coesione intermolecolari; all'aumentare della temperatura, la viscosità diminuisce poiché l'aumento dell'energia cinetica delle molecole riduce l'effetto delle forze intermolecolari. Essa inoltre aumenta al crescere della pressione, anche se tale influenza è talmente limitata da venire in genere trascurata.

Formalizzando, le componenti tangenziali dello sforzo in un punto di massa fluida in moto dipendono soltanto dal gradiente di velocità nel punto, cui è direttamente legata la velocità di deformazione angolare della massa fluida; per il tensore degli sforzi viscosi si può quindi porre:

$$\tau = \mu \dot{\gamma}$$

dove τ è in questo caso il tensore degli sforzi e $\dot{\gamma}$ il tensore delle velocità di deformazione.

Per un fluido Newtoniano la variazione di velocità nello spazio produce uno sforzo tangenziale direttamente proporzionale alla velocità di deformazione angolare.

Esistono però molti fluidi che non seguono la legge di Newton in quanto μ risulta essa stessa legata alle caratteristiche cinematiche locali, oltre che al valore dello sforzo tangenziale τ e al tempo.

Questi fluidi con comportamenti reologici più complessi rispetto alla semplice relazione lineare tra sforzi e velocità di deformazione, sono detti fluidi non-Newtoniani; per essi l'equazione reologica, ossia il legame tra sforzi e velocità di deformazione, è in generale del tipo

$$\tau = f(\dot{\gamma}, \dot{\tau}, \tau_0, t)$$

I fluidi non-Newtoniani si dividono in [Citriani, 1987]:

- fluidi le cui caratteristiche reologiche sono indipendenti dal tempo;
- fluidi per i quali il legame tra sforzi e velocità di deformazione dipende dalla durata dello sforzo o della deformazione, oppure dalla loro storia precedente;
- fluidi con alcune caratteristiche di solidi e che mostrano una parziale reversibilità delle deformazioni.

In ogni caso la relazione esistente fra lo sforzo di taglio e la velocità di deformazione angolare in un certo fluido è rappresentata in un grafico detto reogramma (fig. 1).

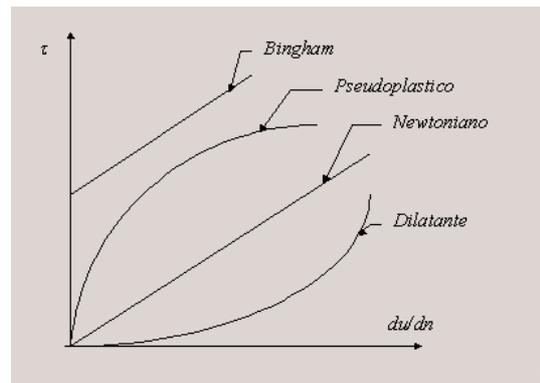


Fig. 1 - Reogrammi tipici di fluidi Newtoniani e non-Newtoniani.

1.1 Fluidi con caratteristiche reologiche indipendenti dal tempo

Il modello più semplice con cui descrivere questi fluidi è detto Newtoniano generalizzato, in cui si pone:

$$\tau = \mu_a (\dot{\gamma}) \dot{\gamma}$$

riducendo il modello alla definizione di una viscosità apparente (μ_a), che è funzione del tensore delle velocità di deformazione. I fluidi pseudoplastici hanno una curva reologica concava verso il basso e passante per l'origine; il rapporto tra sforzo e velocità di deformazione angolare, detta viscosità efficace o apparente (coefficiente angolare della curva reologica), diminuisce all'aumentare del gradiente di velocità. Un fluido pseudoplastico oppone una forte resistenza al moto per piccole velocità di deformazione; tale resistenza diminuisce a mano a mano che il movimento si fa più veloce, ossia a mano a mano che le particelle in sospensione o le molecole in soluzione assumono un orientamento secondo la direzione del moto. I fluidi pseudoplastici possono essere descritti da una relazione del tipo [Citriani, 1987]:

$$\tau = K \left(\frac{du}{dy} \right)^n = \dot{\gamma}^n$$

dove K ed n sono costanti caratteristiche del fluido; K è indice della consistenza del fluido ed è tanto più elevata quanto più viscoso è il fluido. L'esponente n , minore di 1, esprime invece il comportamento non-Newtoniano; quanto più n differisce dall'unità e tanto più le caratteristiche del fluido differiscono da quelle Newtoniane. Per questi fluidi la viscosità apparente è data dalla relazione [Citrini, 1987]:

$$\mu_a = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = k\dot{\gamma}^{n-1}$$

I fluidi dilatanti hanno un comportamento opposto a quello pseudoplastico e la viscosità apparente aumenta al crescere della velocità di deformazione angolare (o del gradiente di velocità); l'equazione reologica è rappresentata da una curva passante per l'origine e concavità verso l'alto:

$$\tau = K \left(\frac{du}{dy} \right)^n = \dot{\gamma}^n$$

in cui l'esponente n è maggiore di 1.

I fluidi plastici alla Bingham hanno un comportamento reologico più semplice, analogo a quello dei fluidi Newtoniani sottoposti però a sforzi di taglio pari a $(\tau - \tau_0)$, in quanto lo scorrimento comincia solo quando lo sforzo applicato supera un valore di soglia τ_0 , che determina la rottura del reticolo tridimensionale.

L'equazione costitutiva dello sforzo di taglio per fluidi di questo tipo è [Citrini, 1987]:

$$\tau = \tau_0 + \mu' \frac{du}{dy} = \mu' \dot{\gamma}, \quad \text{se } \tau > \tau_0;$$

$$\frac{du}{dy} = 0 \quad \text{se } \tau < \tau_0$$

dove μ' è una costante, con le dimensioni di una viscosità, detta viscosità plastica o coefficiente di rigidità.

I fluidi plastici alla Bingham presentano una curva reologica rettilinea con coefficiente angolare μ' che taglia l'asse degli sforzi tangenziali nel punto di coordinate $(0; \tau_0)$. Quando la sollecitazione si riduce a valori minori di τ_0 si riforma la struttura tridimensionale.

1.2 Fluidi con caratteristiche reologiche dipendenti dal tempo

La viscosità apparente di fluidi di questo tipo dipende dalla durata del movimento.

Si classificano in fluidi tixotropici e fluidi reopectici: per i fluidi tixotropici lo sforzo tangenziale diminuisce gradualmente nel tempo fino ad un valore limite oltre il quale il fluido si comporta come Newtoniano; per i fluidi reopectici gli sforzi tangenziali continuano a crescere nel tempo, ed il fluido può arrivare ad assumere il comportamento di un solido [Citrini, 1987].

Spesso i fluidi dilatanti sono anche fluidi reopectici; i fluidi

pseudoplastici invece, possono anche essere tixotropici. L'equazione costitutiva dello sforzo di taglio in un fluido influenza le caratteristiche del suo flusso all'interno di un condotto.

Considerato un elemento fluido in un condotto circolare in cui si ritiene che la pressione diminuisca lungo una linea di flusso, lo sforzo di taglio varia linearmente con la distanza dal centro del tubo. A seconda del legame tra sforzo di taglio e derivata prima della velocità si ottengono, a parità di portata, profili di velocità differenti: i fluidi Newtoniani hanno profili di velocità parabolici, quelli dilatanti hanno un profilo più allungato, con gradienti di velocità alla parete più piccoli di quelli dei fluidi Newtoniani, mentre i fluidi pseudoplastici si comportano in maniera opposta, con profili di velocità più piatti vicino all'asse del condotto.

Tale risultato è confermato dal fatto che le perdite di carico, a parità di portata, crescono al crescere di n , e dunque sono più piccole in un fluido pseudoplastico e più elevate in un fluido dilatante.

In pratica, le perdite di carico dipendono dallo sforzo di taglio alle pareti, il quale, a sua volta, dipende dal gradiente di velocità attraverso l'equazione costitutiva; un fluido pseudoplastico può quindi avere un gradiente di velocità alla parete più elevato, perché lo sforzo di taglio che ne deriva è comunque limitato dall'esponente $n < 1$ che compare nella relazione costitutiva.

I fanghi di depurazione hanno comportamenti reologici complessi, difficilmente riconducibili ad uno solo dei modelli sopra esposti: ad alte diluizioni possono essere considerati fluidi Newtoniani, ma, in genere, si comportano come fluidi non-Newtoniani.

Viene spesso attribuito un comportamento plastico alla Bingham a fanghi con concentrazioni di solidi non troppo elevate, mentre per fanghi ad elevata concentrazione di solidi sembra meglio adattarsi un modello di comportamento pseudoplastico.

I fanghi possono presentare anche un comportamento reologico dipendente dal tempo, in particolare tixotropico, con uno sforzo tangenziale che diminuisce nel tempo; un caso è quello di fanghi attivi soggetti a bulking, nei quali la tixotropia sembra connessa alla presenza dei batteri filamentosi.

In ogni caso, l'attribuzione di un comportamento reologico piuttosto di un altro rappresenta un problema tutt'altro che semplice, dato che il legame tra sforzi e deformazioni ottenuto mediante misure reologiche dipende spesso dallo strumento e dalle tecniche di misura impiegate.

2. Problematiche connesse alla determinazione del comportamento reologico dei fanghi

La letteratura tecnica propone diversi metodi per la determinazione sperimentale del comportamento reologico dei fanghi di depurazione; in ogni caso vengono messe in luce svariate difficoltà, sia operative che concettuali.

La prima riguarda il limite indotto, sulla qualità dei risultati delle misure reometriche, dall'adozione di modelli di comportamento reologico semplificati (basati, ad esempio sull'assunzione di isotropia del fluido) e quindi non del tutto adeguati a descrivere il comportamento reale della sospensione fangosa. Nella pratica, questo comporta che misure effettuate mediante strumenti di diversa geometria forniscano, per uno stesso campione, indicazioni di comportamenti reologici differenti.

Assunto un modello di comportamento, correlando le misure di viscosità con la variazione di alcuni parametri di processo sono state ricavate delle relazioni sperimentali, il cui valore è quindi circoscritto al modello e agli strumenti utilizzati.

I fanghi, inoltre, sono un materiale difficilmente caratterizzabile dal punto di vista quantitativo [Seyssiecq et al., 2003]. Ne deriva che le relazioni che correlano in maniera univoca le proprietà fisico-chimiche di un fango misurabili su basi teoriche (concentrazione, distribuzione granulometrica, forma e densità delle particelle, cariche di superficie, conduttività, stabilità colloidale,...) con proprietà più prettamente tecniche dello stesso (aderenza, attitudine alla formazione di schiume, alla sedimentazione e alla formazione di strutture fiocose, proprietà di pompaggio, disidratabilità,...) sono in effetti poco numerose.

2.1 Metodi reometrici

Le proprietà reologiche di un fluido non-Newtoniano come il fango biologico non sono definibili ricorrendo ad un singolo valore della sua viscosità; il comportamento deve essere descritto mediante un reogramma che rappresenta il legame tra lo sforzo di taglio e la velocità di deformazione angolare.

Note queste grandezze è possibile ricavare i valori di viscosità o di altri parametri reologici.

Le misure degli sforzi di taglio e delle velocità di deformazione angolare ottenuti mediante misure reometriche, sono valori medi sull'intero volume di liquido considerato. Questo può generare degli errori nell'interpretazione del comportamento reologico qualora, ad esempio, si verifichi una situazione in cui la viscosità ottenuta (che ha un valore medio spaziale) non sia indicativa del comportamento reale del fluido ad una scala locale [Dentel, 1997], ossia non si ha corrispondenza tra il comportamento reale locale della sospensione e quello ottenuto mediante misure e modellazioni.

La caratterizzazione reologica del fango assume così la valenza di proprietà di volume, rappresentativa di un comportamento mediato su comportamenti locali differenti [Dentel, 1997].

Per ridurre il più possibile questi errori si ricorre a strumenti reometrici di piccole dimensioni e geometrie specifiche, in modo da minimizzare le variazioni spaziali delle grandezze da misurare; l'utilizzo di strumenti di questo tipo non esime tuttavia dalla possibilità di produrre alte-

razioni nella struttura fioccosa (che potrebbe venire distrutta entro questi strumenti) e quindi nelle proprietà di flusso originali del fango [Seyssiecq et al., 2003].

Se, durante le misure reometriche, non viene esercitato in maniera uniforme uno sforzo di taglio superiore a quello di soglia, può succedere di confondere il comportamento plastico di Bingham con quello pseudoplastico di Ostwald; per superare questo rischio si utilizza la porzione lineare del reogramma, estrapolando le ordinate per ottenere lo sforzo di taglio ritenuto attendibile.

Un altro problema nella caratterizzazione reologica delle sospensioni fangose è rappresentato dalla possibile sedimentazione della fase solida durante le misure, che può essere evitata solo con l'utilizzo di strumenti reometrici specifici.

Anche la natura tixotropica dei fanghi, legata alla loro caratteristica fioccosa, interferisce sull'attendibilità dei risultati forniti dalle misure reologiche: se la sospensione non è stata precedentemente sottoposta a sforzi di taglio la viscosità sarà alta, se invece lo stesso fango è stato precedentemente sottoposto ad una sequenza di sforzi tangenziali molte delle particelle saranno andate distrutte e la viscosità osservata sarà minore [Seyssiecq et al., 2003].

3. Comportamento reologico dei fanghi di depurazione

Il comportamento reologico di un corpo descrive come varia la sua velocità di deformazione sotto l'azione di sforzi applicati.

Il legame tra lo sforzo di taglio e la velocità di deformazione angolare viene rappresentato in un reogramma e descritto da una curva che, nel caso di fluidi Newtoniani, è una retta di coefficiente μ .

La viscosità è in questo caso costante per un certo fluido o una certa sospensione, a date condizioni di temperatura, pressione e concentrazione di solidi.

Sono trattate come fluidi Newtoniani le sospensioni relativamente diluite; per esse la viscosità è legata alla concentrazione di particelle e/o polimeri mediante l'equazione della viscosità di Einstein:

$$\mu = \mu_F \left[\frac{1 + \Phi/2}{(1 - \Phi)^2} \right] = \mu_F (1 + 2,5\Phi)$$

dove μ e μ_F sono la viscosità della sospensione e del solvente e Φ è la frazione di volume della sospensione occupato dalle particelle (fiocchi).

L'equazione mostra come un aumento del contenuto volumetrico di fiocchi e quindi un aumento della viscosità può essere ottenuto incrementando la concentrazione delle particelle solide ma anche incorporando acqua all'interno della struttura dei fiocchi stessi; nei fanghi di depurazione, sia i fiocchi di biomassa che i polimeri utilizzati per il loro condizionamento sono in grado di incorpo-

rare un quantitativo significativo di acqua e questo può influenzare la viscosità della sospensione [Dentel, 1997]. Nella maggior parte dei casi, tuttavia, per le sospensioni presenti negli impianti di depurazione (fanghi attivi e fanghi di supero) il legame tra sforzi di taglio e velocità di deformazione angolare non è lineare, e la viscosità del fango risulta maggiore di quella stimata mediante l'equazione di Einstein.

I fanghi di depurazione rientrano perciò nella categoria dei fluidi non-Newtoniani.

Il legame sforzi-velocità di deformazione può essere descritto con modelli di crescente complessità.

I modelli più semplici prevedono relazioni monomie o binomie tra τ e $\dot{\gamma}$

I modelli più usati per descrivere il comportamento non-Newtoniano delle sospensioni fangose sono [Seyssiecq et al., 2003]:

- equazione di Ostwald: $\tau = K\dot{\gamma}^n$
- equazione di Sisko: $\tau = \mu_\infty\dot{\gamma} + K\dot{\gamma}^n$
- equazione di Bingham: $\tau = \tau_0^b + \mu_B\dot{\gamma}$
- equazione di Herschel-Buckley: $\tau = \tau_0^{hb} + K\dot{\gamma}^n$
- equazione di Casson: $\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_0^c} + \sqrt{\mu_C\dot{\gamma}}$

Le equazioni di Ostwald e Sisko descrivono un comportamento pseudoplastico dei fanghi di depurazione che quindi presentano una viscosità apparente decrescente al crescere dello sforzo di taglio, ma comunque funzione della velocità di deformazione angolare.

Nel modello di Sisko μ_a rappresenta la viscosità del plateau Newtoniano a cui si tende per alte velocità di deformazione. I modelli di Bingham, Herschel-Buckley e Casson trattano i fanghi come fluidi plastici; affinché il flusso abbia inizio è necessario che il fango sia sottoposto ad uno sforzo maggiore della tensione di snervamento τ_0 della componente solida.

Le particelle solide si oppongono infatti alla deformazione della sospensione ed il fango inizia a fluire solo quando viene superata la loro tensione di snervamento, il cui valore corrisponde alla tensione necessaria per superare le forze di coesione di Van der Waals [Seyssiecq et al., 2003]. Tra questi modelli di comportamento, quello di Bingham è il più semplice: una volta superata la tensione di snervamento (sforzo di soglia), infatti, il fluido si comporta come Newtoniano.

In generale si può ritenere che il valore della tensione di snervamento cresce, per una data sospensione, al crescere della frazione volumetrica di solidi o che, a concentrazione di solidi costante, decresce quando i fiocchi di fango vengono distrutti per effetto di azioni di taglio.

La conoscenza delle proprietà reologiche dei fanghi può essere utilizzata sia nelle fasi di trattamento biologico e di sedimentazione dei reflui, sia all'interno della linea di trattamento fanghi.

Nel primo caso, la reologia è utile per l'ottimizzazione del processo in relazione alle condizioni di aerazione nella vasca di ossidazione e alla sedimentabilità del fango in sedimentazione secondaria, in quanto facilita la conoscenza dei fenomeni idrodinamici che in essi si instaurano.

La natura reologica del fango attivo influenza infatti in modo significativo le proprietà di flusso della sospensione fangosa in condizioni di miscelazione e in fase di sedimentazione; la sua viscosità apparente rappresenta un parametro importante anche per prevedere i fenomeni di trasferimento di ossigeno attraverso la superficie dei fiocchi e quindi, indirettamente, il rendimento di depurazione [Seyssiecq et al., 2003].

Sono state proposte relazioni matematiche di correlazione dei parametri reologici dei fanghi attivi con il coefficiente di trasferimento dell'ossigeno nella vasca di ossidazione, nonché con la sedimentabilità dei fiocchi di fango nel sedimentatore secondario [Seyssiecq et al., 2003] e con lo sviluppo di fenomeni di bulking [Dentel, 1997].

Nell'ambito della linea fanghi, la conoscenza delle proprietà reologiche delle sospensioni fangose può consentire il miglioramento delle condizioni operative di digestori, stazioni di pompaggio, installazioni per il trasporto e lo stoccaggio dei fanghi; anche le modalità di un eventuale riutilizzo dei fanghi (ad esempio in agricoltura) possono dipendere dalle loro proprietà reologiche [Lotito et al., 1997].

Il processo di condizionamento dei fanghi è forse quello maggiormente correlato alle caratteristiche reologiche o, viceversa, quello che influenza maggiormente le caratteristiche reologiche del fango trattato.

I polimeri ad elevato peso molecolare comunemente impiegati in questo processo agiscono sulla viscosità del fango, in quanto aumentano il volume e le dimensioni dei fiocchi [Dentel, 1997].

In particolare, osservato che lo sforzo tangenziale di soglia di un fango cresce per dosaggi crescenti di polimeri fino ad un valore di picco oltre il quale la viscosità apparente diminuisce, è stato proposto di utilizzare come parametro di controllo del processo la derivata dello sforzo di taglio rispetto alla velocità di deformazione angolare, che fornisce la viscosità istantanea [Dentel, 1997].

Il controllo della fase di ispessimento può invece essere effettuato assumendo come parametro di processo il valore di viscosità del filtrato, ossia di un liquido con comportamento Newtoniano la cui viscosità è ricavabile direttamente mediante viscosimetro [Dentel, 1997].

3.1 Legame tra i parametri reologici e le proprietà strutturali e chimiche del fango

La letteratura riporta diversi studi finalizzati alla determinazione di un legame tra le proprietà reologiche e quelle fisico-chimiche dei fanghi. Risale agli anni ottanta l'individuazione della relazione esistente tra le proprietà reologiche delle particelle di fango sia attivo che digerito e la composizione chimica della loro superficie; nel 1981 Forster

[Forster, 1981,1983] aveva ipotizzato che il comportamento non-Newtoniano di queste sospensioni fosse legato alle cariche di superficie dei fiocchi.

In uno studio successivo lo stesso autore ha sottoposto differenti tipologie di fango (attivo e digerito) a vari trattamenti enzimatici giungendo ad una lisi (dissoluzione) selettiva di alcuni radicali di superficie; ha così dimostrato che i radicali di superficie che influenzano in modo più consistente le proprietà reologiche sono, per i fanghi attivi, le proteine ed i polisaccaridi, mentre per i fanghi digeriti le proteine e i lipopolisaccaridi.

Con alcuni studi successivi ha infine verificato che anche il contenuto di acqua dei fanghi ne influenza fortemente il comportamento reologico e che tale influenza poteva essere modificata mediante l'azione di ioni metallici.

Altri studi sono stati finalizzati alla rappresentazione reologica dello stato di aggregazione del fango attivo [Dollet, 2000]; è stato così precisato l'effetto del contenuto di solidi e del pH sui valori dei parametri dell'equazione reologica di Bingham: sia lo sforzo di soglia τ_0 che la viscosità plastica μ_B aumentano fintanto che il pH cresce fino a 7, mostrando che la miglior coesione dei fiocchi (μ_B massima) e quindi il migliore stato di coesione si ha in condizioni debolmente acide per pH compreso tra 6 e 7. Paradossalmente, la variazione del potenziale Zeta in funzione del pH indica che esso è fortemente negativo per pH compresi tra 6 e 7 e quindi che in quelle condizioni si è molto lontani da condizioni isopotenziali.

Dick e Ewing (1967) hanno messo in luce una crescita esponenziale dello sforzo di taglio di soglia τ_0 con la concentrazione di solidi sospesi totali, mentre si deve a Christensen (1993) l'individuazione dell'esistenza di un valore critico di SS necessario perché il fango esibisca un valore soglia iniziale τ_0 [Dentel, 1997]. Qualche anno prima Spinosa et al. 1989, avevano correlato τ_0 e la viscosità plastica ai valori di SST e del parametro CST (Capillary Suction Time) [Dentel, 1997].

Mikkelsen nel 2001 ha dimostrato l'esistenza di una correlazione tra la concentrazione in massa delle particelle fini, la resistenza alla filtrazione (espressa mediante la misura del parametro CST - Capillary Suction Time) e le proprietà reologiche di sospensioni di fango attivo a varie concentrazioni: è stato ipotizzato che lo sviluppo di una rete di legami intraparticellari (quantificato dall'aumento dei valori dei parametri reologici) sia responsabile di una limitazione del flusso e quindi di un aumento dell'erosione superficiale delle particelle primarie che si traduce nell'aumento di particelle fini entro il mezzo e quindi in una cattiva tendenza del fango alla disidratabilità.

3.2 Legame tra i parametri reologici ed i processi di trattamento fanghi

I parametri reologici del fango possono influire significativamente, come è già stato sottolineato, sui processi di trattamento, oltre che sulle operazioni di trasporto e

stoccaggio e sull'utilizzazione finale del materiale.

Diversi studiosi si sono dedicati al riconoscimento e alla formulazione matematica dei legami tra i parametri reologici e i parametri operativi del processo di ossidazione biologica in reattori aerati e miscelati, e di quelli dei processi di trattamento dei fanghi di supero.

Tra questi si citano uno studio relativo all'influenza del contenuto di acqua sulla disidratabilità dei fanghi (legata al valore di CST) e sul valore del loro sforzo di soglia [Wichmann e Riehl, 1997] ed uno relativo all'effetto del dosaggio di polimeri per il condizionamento fisico-chimico dei fanghi sui parametri reologici [Abu-Orf e Dentel1997].

Le caratteristiche reologiche dei fanghi a differenti fasi di trattamento sono state studiate nella seconda metà degli anni novanta da un gruppo di ricercatori di Bari [Lotito et al., 1997].

È emersa la forte dipendenza dei parametri reologici dalla concentrazione di solidi sospesi totali e dal tipo di fango.

Nell'ipotesi di comportamento plastico (modello di Bingham) la viscosità apparente è meglio correlata alla concentrazione di solidi che non lo sforzo di soglia (coefficiente di correlazione maggiore), mentre per il modello di Ostwald il coefficiente K è meglio correlato alla concentrazione di solidi sospesi totali (SST) rispetto all'esponente n .

Le diversità reologiche dei campioni non dipendono tuttavia dalla sola concentrazione di solidi totali, ma anche dal tipo di trattamento cui è stato sottoposto il fango: il fango misto grezzo (primario e secondario) mostra una viscosità minore del fango digerito ed entrambe inferiori a quella del fango attivo [1] per concentrazioni di solidi al di sotto di un certo valore e per entrambi i modelli reologici.

Inoltre, a concentrazioni di SST superiori di una certa soglia (circa 8-10%) il comportamento reologico tende a cambiare e le misure reometriche diventano discontinue e poco attendibili, forse ad indicazione del raggiungimento della zona limite tra stato liquido e stato plastico.

Il fango digerito mostra un diverso comportamento reologico in funzione del tempo di digestione: la viscosità diminuisce al crescere del tempo di permanenza del fango nel digestore; nel caso di digestione aerobica, l'andamento dei parametri reologici è fortemente influenzato dall'aumento della viscosità del surnatante.

Slatter, in un articolo del 1997, mostra come il comportamento reologico di un fluido possa influire sulla scelta della pompa destinata al sollevamento del fluido stesso; nello studio condotto, le misure reologiche sperimentali su fango altamente concentrato vengono confrontate graficamente con i reogrammi del modello plastico di Bingham e pseudoplastico di Ostwald [Slatter, 1997].

Una errata attribuzione del comportamento reologico del fango porta alla scelta di condizioni operative non ottimali, a basse efficienze e conseguente incremento dei costi.

3.3 Legame tra i parametri reologici ed il trasferimento dell'ossigeno

Per quanto riguarda l'influenza della viscosità apparente di una fase liquida o di una sospensione sul trasferimento di ossigeno entro un mezzo aerato, alcuni studi hanno mostrato che il valore della viscosità apparente influenza il coefficiente globale di trasferimento di massa: quest'ultimo diminuisce al crescere della viscosità apparente secondo una relazione del tipo

$$K_L a \propto \mu_a^{-z}, \text{ con } 0,25 < z < 0,84.$$

La relazione trovata può essere utilizzata per ottimizzare le condizioni operative dei reattori a fanghi attivi, nei quali occorre determinare la concentrazione ottimale di biomassa sospesa senza modificare il valore di $K_L a$ e quindi la capacità depurativa del mezzo.

Conclusioni

La conoscenza delle proprietà reologiche dei fanghi di depurazione consente di ottimizzare il processo depurativo in quanto la reologia del fango influenza le condizioni di aerazione nella vasca di ossidazione e la sedimentabilità del fango. Anche nell'ambito della linea fanghi, conoscere le proprietà reologiche può consentire di migliorare le condizioni operative dei digestori, delle stazioni di pompaggio, delle installazioni per il trasporto e lo stoccaggio dei fanghi, etc....

Dal punto di vista reologico, i fanghi di depurazione si comportano come fluidi non-Newtoniani. A fanghi con concentrazioni di solidi non troppo elevate viene spesso attribuito un comportamento plastico alla Bingham, mentre per fanghi ad elevate concentrazioni di solidi sembra meglio adattarsi un modello di comportamento pseudo-plastico.

Esistono numerose equazioni che correlano lo sforzo di taglio alla velocità di deformazione angolare (Ostwald, Sisko, Bingham, Herschel-Buckley, Casson). I modelli matematici più utilizzati sono quelli di Bingham e Ostwald. Le proprietà reologiche dei fanghi sono fortemente influenzate dalla concentrazione di solidi sospesi totali ma anche dal tipo di trattamento cui è stato sottoposto il fango: il fango misto (primario e secondario) mostra una viscosità minore del fango digerito ed entrambe inferiori a quella del fango attivo (1). Inoltre, alcuni studi, hanno messo in luce una crescita esponenziale dello sforzo di taglio soglia τ_0 con la concentrazione di solidi sospesi totali e l'esistenza di un valore critico di SS necessario perché il fango esibisca tale valore di soglia iniziale.

Note

(1) Il fango attivo converte il substrato organico in uno speci-

co materiale extracellulare chiamato glicocalice che, come un polimero organico, aumenta la viscosità dell'acqua, aiutando le singole cellule a formare il microambiente necessario per le attività degli enzimi extracellulari. <http://www.ambiente.al.it/multimedia/116/Presentazione.doc>

Bibliografia

- Abu-Orf M. M., Dentel S. K. (1997): Effect of mixing on the rheological characteristics of conditioned sludge: full-scale studies. *Wat. Sci. Tech.*, 36, 11, 51-60.
- APAT (2004) - http://www.apat.gov.it/site/_files/Suolo_Territorio/tabella_dati_matt_fanghi.pdf
- Christensen J. R., Sorenson P. B., Christensen G. L., Hansen J. A. (1993): Mechanisms for overdosing in sludge conditioning. *Journal of Environmental Engineering*, 119, 159-171.
- Citrini D., Nosedà G. (1987): *Idraulica*. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.
- Dentel S. K. (1997): Evaluation and role of rheological properties in sludge management. *Wat. Sci. Tech.*, 36, 11, 1-8.
- Dick R. I., Ewing B. B. (1967): The rheology of activated sludge. *J. WPCF*, 39, 543-560.
- Dollet P. (2000): Application rhéologique à la caractérisation de l'état de floculation des boues activées. Université de Limoges, Ph.D. thesis.
- Forster C. F. (1981): Preliminary studies on the relationship between sewage sludge viscosities and the nature of the surfaces of the component particules. *Biotechnol. Lett.*, 12, 707-712.
- Forster C. F. (1983): Bound water in sewage sludges and its relationship to sludge surfaces and sludge viscosities. *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, 33B, 76-84.
- Lotito V., Spinosa L., Mininni G., Antonacci R. (1997): The rheology of sewage sludge at different steps of treatment. *Wat. Sci. Tech.*, 36, 11, 79-85.
- Mikkelsen L. H. (2001): The shear sensitivity of activated sludge. Relations to filterability, rheology and surface chemistry. *Coll. Surf., A: Physicochem. Eng. Aspect*, 182, 1-14.
- Seysiecq I., Ferrasse J. H., Roche N. (2003): State-of-the-art: rheological characterization of wastewater treatment sludge. *Biochemical Engineering Journal*, 16, 41-56.
- Slatter P. T. (1997): The rheological characterisation of sludges. *Wat. Sci. Tech.*, 36, 11, 9-18
- Spinosa L., Santori M., Lotito V. (1989): Rheological characterization of sewage sludges. *Recycling von Klarschlamm* 2, 177 Ed. U. Loll. E.F. Verlag, Berlino.
- Wichmann K., Riehl A. (1997): Mechanical properties of waterwork sludge - shear strength. *Wat. Sci. Tech.*, 36, 11, 43-50.

Normativa nazionale

In materia di riformulazione del d. lgsl. 152/2006

Abbiamo già avuto occasione di osservare che chi sta predisponendo le modifiche al d. lgsl. 152/2006 sembra avere maggior interesse per quegli aspetti che ritiene confliggenti con la normativa comunitaria, prevalentemente amministrativi, che per gli aspetti tecnici. Tuttavia, erano stati predisposti due decreti correttivi, riguardanti l'uno la materia di acque e rifiuti, l'altro la materia della valutazione di impatto ambientale e la valutazione ambientale strategica. Ma il Governo non è stato in grado di rispettare la tempistica imposta dalla legge delega 15 dicembre 2004, n. 308 per l'iter legislativo. Per questo, tutto il procedimento (tre approvazioni da parte del Governo alternate da due approvazioni delle Commissioni parlamentari) deve ripartire da capo; il Consiglio dei Ministri ha ritenuto di accorpare i due decreti correttivi in un unico provvedimento.

Sicurezza sul lavoro

Con la legge 3 agosto 2007, n. 123 (Gazzetta ufficiale 10 agosto 2007 n. 185) sono state adottate nuove "Misure in tema di tutela della salute e della sicurezza sul lavoro e delega al Governo per il riassetto e la riforma della normativa in materia".

Il Governo è delegato ad adottare, entro nove mesi dalla data di entrata in vigore della presente legge, uno o più decreti legislativi per il riassetto e la riforma delle disposizioni vigenti in materia di salute e sicurezza dei lavoratori nei luoghi di lavoro, in conformità all'articolo 117 della Costituzione e agli statuti delle Regioni a statuto speciale e delle Province autonome di Trento e di Bolzano, e alle relative norme di attuazione, e garantendo l'uniformità della tutela dei lavoratori sul territorio nazionale attraverso il rispetto dei livelli essenziali delle prestazioni concernenti i diritti civili e sociali, anche con riguardo alle differenze di genere e alla condizione delle lavoratrici e dei lavoratori immigrati.

La legge detta i principi e criteri direttivi generali ai quali si devono informare gli emanandi decreti.

In particolare, è prevista l'applicazione della normativa in materia di salute e sicurezza sul lavoro a tutti i settori di attività e a tutte le tipologie di rischio, anche tenendo conto delle peculiarità o della particolare pericolosità degli stessi e della specificità di settori ed ambiti lavorativi, quali quelli presenti nella pubblica amministrazione, come già indicati nell'articolo 1, comma 2, e nell'articolo 2, comma 1, lettera b), secondo periodo, del decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, e successive modificazioni, nel rispetto delle competenze in materia di sicurezza antincendio come definite dal decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139, e del regolamento (Ce) n. 1907/2006

del Parlamento europeo e del Consiglio, del 18 dicembre 2006, nonché assicurando il coordinamento, ove necessario, con la normativa in materia ambientale; è prevista altresì l'applicazione della normativa in materia di tutela della salute e sicurezza sul lavoro a tutti i lavoratori e lavoratrici, autonomi e subordinati, nonché ai soggetti ad essi equiparati

Il sistema sanzionatorio sarà rivisto, prevedendo la modulazione delle sanzioni in funzione del rischio e l'utilizzazione di strumenti che favoriscano la regolarizzazione e l'eliminazione del pericolo da parte dei soggetti destinatari dei provvedimenti amministrativi; verranno inoltre rivisti i requisiti, le tutele, le attribuzioni e le funzioni dei soggetti del sistema di prevenzione aziendale, compreso il medico competente, anche attraverso idonei percorsi formativi, con particolare riferimento al rafforzamento del ruolo del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza territoriale.

Sicurezza e appalti (Veronica Panzeri)

Nell'ambito della Legge sopra indicata (Legge 123/2007), oltre alla delega al governo per il riassetto della normativa in materia di sicurezza, vengono introdotte alcune modifiche al D.Lgs 626/94 di immediata applicazione. In particolare, con l'art. 3, viene modificato l'art. 7 c. 3 del decreto "contratto di appalto o contratto d'opera": "il datore di lavoro committente promuove la cooperazione ed il coordinamento [...] elaborando un unico documento di valutazione dei rischi che indichi le misure adottate per eliminare le interferenze (ndr: tra le attività svolte nello stesso ambiente di lavoro dai dipendenti del datore di lavoro committente e ditta appaltatrice). Tale documento è allegato al contratto di appalto o d'opera".

La portata di tale modifica è grandissima in quanto coinvolge tutte le attività in cui esiste eventuale interferenza ad esempio: manutenzioni su macchine e impianti svolte da Ditte specializzate, eventuali verifiche periodiche (presidi antincendio, impianti...), specifici sopralluoghi di igiene industriale,...

Dovranno, inoltre, per ogni contratto di appalto e subappalto, essere indicati i costi per la sicurezza a cui dovranno poter accedere, su richiesta, gli RLS e le organizzazioni sindacali dei lavoratori.

A tal proposito, si ritiene utile menzionare il fatto che, la Legge 123/2007, sostituisce anche l'art. 19, comma 5 del D.Lgs 626/94: il datore di lavoro è tenuto a consegnare, a richiesta, agli RLS copia del documento di valutazione dei rischi ex art. 4 e copia del registro infortuni.

Obbligo del tesserino (Paola Montrasio)

Dal 1° settembre 2007 i lavoratori di imprese appaltatrici

e subappaltatrici, nell'ambito dello svolgimento di lavori in appalto e in subappalto, devono essere muniti di un apposito tesserino di riconoscimento: lo prevede l'art. 6 della Legge 123/2007 tra le misure di tutela della sicurezza dei lavoratori.

Il tesserino deve contenere generalità e foto del personale impiegato e l'indicazione del datore di lavoro e deve essere esposto dal lavoratore; qualora il lavoratore stesso, munito della tessera di riconoscimento dal datore di lavoro, non provveda ad esporla, è punito con sanzione amministrativa da 50 euro a 300 euro.

I datori di lavoro con meno di 10 dipendenti possono assolvere all'obbligo della tessera di riconoscimento mediante l'annotazione su opportuno registro, vidimato dalla direzione provinciale territorialmente competente; tale registro deve essere tenuto sul luogo di lavoro e deve contenere le generalità del personale giornalmente impiegato, indipendentemente dalla tipologia di rapporto contrattuale instaurato.

L'obbligo della tessera di riconoscimento ricade anche sui lavoratori autonomi che esercitano direttamente la propria attività nel medesimo luogo di lavoro.

Si ricorda inoltre che la Legge 123/07 non ha stabilito nessun modello di tesserino ma ha solo indicato che esso debba contenere fotografia e generalità del lavoratore e indicazioni riguardo al datore di lavoro. È opportuno sottolineare che per generalità del lavoratore debbano intendersi, non solo nome e cognome del lavoratore ma anche la data di nascita, per non creare nessun tipo di confusione in caso di ononimia.

Per il datore di lavoro che non fornisce al personale impiegato la tessera di riconoscimento o, che in caso di meno di 10 dipendenti, non compila l'apposito registro, è prevista una sanzione amministrativa da 100 euro a 500 euro per ogni lavoratore.

Rifiuti: le migliori tecniche disponibili

Sono state pubblicate in Gazzetta Ufficiale n. 130 del 7 giugno (Suppl. Ordinario n.133) le linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili nella gestione dei rifiuti, contenute nel Decreto del Ministero Ambiente 29/1/2007, dal titolo "Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59.

Il decreto approva le linee guida recanti i criteri specifici per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili per gli impianti esistenti che esercitano le attività rientranti nelle categorie descritte ai seguenti punti del l'allegato I del dlgs 59/1995:

5.1. Impianti per l'eliminazione o il ricupero di rifiuti pericolosi, della lista di cui all'art. 1, paragrafo 4, della direttiva 91/689/CEE quali definiti negli allegati II A e II B (operazioni R 1, R 5, R 6, R 8 e R 9) della direttiva 75/442/CEE

e nella direttiva 75/439/CEE del Consiglio, del 16 giugno 1975, concernente l'eliminazione degli oli usati, con capacità di oltre 10 tonnellate al giorno;

5.2. Impianti di incenerimento dei rifiuti urbani quali definiti nella direttiva 89/369/CEE del Consiglio, dell'8 giugno 1989, concernente la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dai nuovi impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, e nella direttiva 89/429/CEE del Consiglio, del 21 giugno 1989, concernente la riduzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, con una capacità superiore a 3 tonnellate all'ora;

5.3. Impianti per l'eliminazione dei rifiuti non pericolosi quali definiti nell'allegato II A della direttiva 75/442/CEE ai punti D 8, D 9 con capacità superiore a 50 tonnellate al giorno.

Queste linee guida assumono particolare rilievo per gli impianti soggetti ad autorizzazione ambientale integrata.

Estate 2007: incendi (Paola Montrasio)

L'estate 2007 sarà anche ricordata come l'estate degli incendi dato il numero di roghi propagati per tutta la penisola.

Dai roghi italiani si sono levate sette milioni e mezzo circa di tonnellate di CO₂, una quantità di gas serra equivalente a quella emessa ogni anno dall'industria nella produzione di sostanze chimiche. In altre parole, è come se fosse finito in atmosfera il 5% dell'impegno attuale di riduzione di emissioni nazionali, preso dal nostro Paese nel rispetto del Protocollo di Kyoto e delle direttive europee. Fino al 26 agosto sono andati in fumo circa 53.700 ettari di superfici ricoperte da vegetazione boschiva producendo 7 milioni e 323 mila tonnellate di CO₂.

Sono questi i dati forniti dal ministero dell'Ambiente ed elaborati dall'Apat (Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente) sul contributo degli incendi italiani al riscaldamento del pianeta e sono stati oggetto della conferenza nazionale sui cambiamenti climatici tenutasi a Roma il 12 e il 13 settembre.

È noto che gli incendi contribuiscono in maniera sensibile alle emissioni di gas che sconvolgono il clima terrestre e che le foreste e i boschi andati distrutti non faranno il loro lavoro di assorbimento della CO₂, aumentando il danno all'equilibrio del sistema climatico. Dalla conferenza è emerso che il rapporto tra il clima che cambia e gli incendi è un circolo perverso: l'aumento delle temperature (nel periodo gennaio-luglio 2007 la temperatura media dell'emisfero nord, con un'anomalia di 0,76 gradi, è stata la più alta di questi ultimi 127 anni) favorisce il propagarsi degli incendi. Inoltre anche il fattore siccità svolge un ruolo importante poiché funziona da meccanismo di innescò: le previsioni elaborate dalle Nazioni Unite per l'area mediterranea vedono una riduzione tra il 20 ed il 25% delle piogge nelle nostre regioni entro il 2100. I focolai accesi per interessi criminali contro il territorio trovano

esche molto asciutte e quindi viene favorito l'innesto e la propagazione delle fiamme.

Dalla prossima Conferenza nazionale sui cambiamenti climatici usciranno delle proposte strategiche per la gestione del territorio: dai roghi non si sprigiona solo CO₂, il maggiore dei gas che alterano il clima ma anche altre sostanze che danneggiano direttamente la salute umana. Negli incendi di questa prima parte dell'anno si sono prodotte oltre 7.000 tonnellate di PM₁₀, cioè il particolato sottile che entra nelle vie respiratorie ed è alla base di 8.000 decessi l'anno nelle 13 maggiori città italiane secondo i dati Apat, oltre a più di mille tonnellate di diossina, composto cancerogeno.

Registro e cartelle sanitarie e di rischio - lavoratori esposti a cancerogeni (Veronica Panzeri)

Il 18 settembre 2007 è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 217 il Decreto del Ministero della Salute del 12 Luglio 2007, n. 155 "Regolamento attuativo dell'articolo 70, comma 9, del decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626. Registri e cartelle sanitarie dei lavoratori esposti durante il lavoro ad agenti cancerogeni."

Il provvedimento, dopo 13 anni di attesa (era previsto dall'art. 70, comma 9, del D.Lgs 626/94), regola i modelli e le modalità di tenuta del registro e delle cartelle sanitarie e di rischio dei lavoratori esposti, durante il lavoro, ad agenti cancerogeni.

Il registro dei lavoratori esposti ad agenti cancerogeni (art. 2), istituito dal datore di lavoro che vi dovrà apporre la propria firma sulla prima pagina, dovrà essere conforme al modello proposto nell'allegato 1 del decreto: fogli legati e numerati progressivamente. Dovrà, inoltre, essere inviato in copia in busta chiusa, siglata dal medico competente, all'ISPESL e all'organo di vigilanza competente per territorio entro 30 giorni dalla sua istituzione.

La cartella sanitaria e di rischio (art. 3) dovrà invece rispettare le indicazioni riportate nell'allegato 2 del decreto: fogli legati e numerati progressivamente. Sono comunque ammesse cartelle diverse dal modello proposto purché siano contenute tutte le notizie e i dati richiesti. È istituita dal medico competente, che vi apporrà la propria firma sulla prima pagina, per ogni lavoratore da sottoporre a sorveglianza sanitaria e dovrà essere sottoscritta e datata anche dal datore di lavoro.

Fatto salvo quanto previsto dall'articolo 162 del DPR 1124/1965 (Testo unico delle disposizioni per l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali), le cartelle sanitarie possono essere utilizzate anche per la sorveglianza sanitaria prevista dall'articolo 16 del D.Lgs. 626/94.

Il documento sanitario personale (articolo 90 del D.Lgs. 230/1995) previsto per i lavoratori esposti a radiazioni ionizzanti, qualora questi siano esposti anche ad agenti cancerogeni, dovrà essere integrato con le informazioni previste nel modello di cui all'allegato 2.

"Gli esiti degli accertamenti integrativi indicati nella cartella sanitaria e di rischio, vistati e numerati dal medico competente, devono essere allegati alla cartella stessa, di cui costituiscono parte integrante".

Ai sensi dell'articolo 10 del D.M. 155/2007 possono essere impiegati sistemi di elaborazione automatica dei dati per la tenuta informatizzata dei registri e delle cartelle sanitarie e di rischio.

I datori di lavoro ed i medici competenti, ai sensi dell'articolo 11, comma 1, devono provvedere a istituire i registri e le cartelle sanitarie e di rischio dei lavoratori esposti durante il lavoro ad agenti cancerogeni entro 6 mesi dalla data di entrata in vigore del decreto (3 aprile 2008).

Eventuali successive variazioni, dovranno essere successivamente comunicate agli enti competenti utilizzando il modulo dell'allegato 1° (art. 7), compilato nelle sole parti interessate da modifiche.

I dati sanitari raccolti devono essere conservati per 40 anni dalla cessazione del lavoro comportante esposizione ad agenti cancerogeni e per 30 anni dalla cessazione del lavoro comportante esposizione a radiazioni ionizzanti. Dovranno essere "cancellati successivamente a tale termine dalla cartella sanitaria solo nel caso in cui tali dati non risultino indispensabili, quale fonte d'informazione polivalente in relazione alla relativa esposizione anche ad agenti cancerogeni".

In caso di cessazione del rapporto di lavoro (art. 8) o di passaggio del lavoratore ad un'altra azienda, il datore di lavoro trasmette all'ISPESL le variazioni delle annotazioni individuali contenute nel registro e le cartelle sanitarie e di rischio entro trenta giorni.

In caso di cessazione dell'attività dell'azienda, di trasferimento o conferimento di attività, svolte da pubbliche amministrazioni ad altri soggetti, pubblici o privati, ovvero di soppressione di pubblica amministrazione, il datore di lavoro trasmette il registro e le cartelle sanitarie e di rischio all'Istituto superiore per la prevenzione e sicurezza sul lavoro, entro 30 giorni. Le cartelle sanitarie e di rischio vanno trasmesse in busta chiusa, siglata dal medico competente.

L'articolo 9 del D.M. 155/2007 indica gli obblighi del datore di lavoro che assuma lavoratori che dichiarino di essere stati esposti, presso precedenti datori di lavoro, ad agenti cancerogeni e prevede un modulo (allegato 3) per la richiesta delle annotazioni individuali dei nuovi assunti.

Normativa comunitaria

Revoca di autorizzazioni fitosanitarie

Le sostanze che entrano nella formulazione dei prodotti fitosanitari devono sottostare a quanto è stato disposto nella direttiva 98/8/CE, nota come direttiva madre sui biocidi ed essere conseguentemente iscritte nei relativi allegati.

L'Unione europea, con regolamento (CE) n. 2032/2003, ha disposto il riesame di tutti i principi attivi presenti sul mercato; dall'esito dell'esame discende il mantenimento o meno della sostanza o della combinazione di sostanze in detti allegati.

In genere, la Commissione propone agli Stati membri di farsi carico di detto riesame, sotto il profilo della pericolosità per l'uomo e per l'ambiente. Non sempre si trova uno Stato membro disponibile a compiere questo riesame; in questo caso, la Commissione dispone la cancellazione della sostanza dagli allegati, con conseguente revoca della immissione in commercio.

La decisione 2007/565/Ce (in vigore dal 22 agosto 2007) contiene un'elenco di un centinaio di sostanze/tipi di prodotto in relazione ai quali i partecipanti al programma di revisione si sono ritirati o lo Stato relatore non ha ricevuto una documentazione completa.

Altre decisioni riguardano singoli composti, parimenti esclusi dagli allegati.

La decisione 2007/565/Ce (in vigore dal 2 settembre 2007) è relativa al triacetato di guazina utilizzata nei prodotti preservanti del legno, la cui mancata iscrizione è causata dall'assenza di alcuni dati critici di riferimento.

La decisione della Commissione, del 20 settembre 2007, concerne la non iscrizione del benfuracarb nell'allegato I della direttiva 91/414/CEE del Consiglio e la revoca delle autorizzazioni di prodotti fitosanitari contenenti detta sostanza [notificata con il numero C(2007) 4285]

La decisione della Commissione, del 20 settembre 2007, concerne la non iscrizione dell'1,3-dicloropropene nell'allegato I della direttiva 91/414/CEE del Consiglio e la revoca delle autorizzazioni di prodotti fitosanitari contenenti detta sostanza [notificata con il numero C(2007) 4281].

Proroga della concessione di ecoetichette

Come è noto, la disciplina comunitaria dell'ecoetichetta (o eco-marchio, o ecolabel) è prevista nel regolamento CE n. 1980/2000 che ha validità automatica in tutti gli Stati membri e che conferisce il marchio di qualità Ecolabel ai prodotti e a servizi che rispettano i criteri di qualità ambientale fissati dalla Commissione europea.

Questi criteri si basano sul superamento di determinati "traguardi" che vengono periodicamente resi più severi.

La Commissione europea, con la decisione CE/2007/457, ha prorogato fino al 28 febbraio 2009 gli attuali criteri ecologici per poter attribuire l'ecoetichetta a lavastoviglie, ver-

nicianti, materassi, carta per copie, lampadine elettriche. Sembra doveroso rilevare che lo stabilire criteri di attribuzione più severi diventa mano a mano più difficile.

Spedizioni oltre confine di rifiuti

Il regolamento (CEE) n. 259/93 del Consiglio, del 1° febbraio 1993, relativo alla sorveglianza e al controllo delle spedizioni di rifiuti all'interno della Comunità europea, nonché in entrata e in uscita dal suo territorio, ha subito diverse e sostanziali modifiche.

In particolare, il Regolamento (CE) n. 1013/2006 del 14 giugno 2006 relativo alle spedizioni di rifiuti ha istituito le procedure e i regimi di controllo per le spedizioni di rifiuti in funzione dell'origine, della destinazione e dell'itinerario di spedizione, del tipo di rifiuti spediti e del tipo di trattamento da applicare ai rifiuti nel luogo di destinazione.

In particolare, nel caso di spedizioni di rifiuti destinati allo smaltimento, gli Stati membri dovrebbero tenere conto dei principi della vicinanza, della priorità al recupero e dell'autosufficienza a livello comunitario e nazionale, a norma della direttiva 2006/12/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 5 aprile 2006, relativa ai rifiuti, adottando, nel rispetto del trattato, misure per vietare del tutto o in parte le spedizioni di rifiuti destinati allo smaltimento o sollevare sistematicamente obiezioni riguardo a tali spedizioni.

Occorre inoltre tener conto delle prescrizioni dettate dalla direttiva 2006/12/CE, in base alle quali agli Stati membri è fatto obbligo di istituire una rete integrata ed adeguata di impianti di smaltimento dei rifiuti allo scopo di consentire alla Comunità nel suo insieme di raggiungere l'autosufficienza in materia di smaltimento dei rifiuti e agli Stati membri di mirare individualmente al conseguimento di tale obiettivo, tenendo conto delle condizioni geografiche o della necessità di impianti specializzati per alcuni tipi di rifiuti. Il regolamento si applica alle spedizioni di rifiuti:

- a) fra Stati membri, all'interno della Comunità o con transito attraverso paesi terzi;
- b) importati nella Comunità da paesi terzi;
- c) esportati dalla Comunità verso paesi terzi;
- d) in transito nel territorio della Comunità, con un itinerario da e verso paesi terzi.

Le spedizioni di rifiuti effettuate esclusivamente all'interno di uno Stato membro sono soggette solo all'articolo 33, il quale stabilisce che gli Stati membri devono istituire un sistema appropriato di sorveglianza e controllo delle spedizioni di rifiuti esclusivamente all'interno della loro giurisdizione.

Esso si applica a decorrere dal 12 luglio 2007, data alla quale hanno cessato di essere applicate le norme del precedente Regolamento.

Note giurisprudenziali

Il datore di lavoro deve essere assoggettato a un regime di responsabilità oggettiva?

E' di notevole interesse la sentenza del 14/06/2007, con la quale la Corte di Giustizia UE ha ritenuto non sanzionabile la normativa GB sulla sicurezza del lavoro, che prevede che gli obblighi vanno rispettati se ragionevolmente praticabili. Il punto di partenza è un ricorso della Commissione europea contro il Regno Unito di Gran-Bretagna e Irlanda del Nord, accusato di inadempimento ai sensi dell'art. 226 CE, nei confronti Direttiva 89/391/CEE - Art. 5, n. 1, che sancisce l'obbligo per il datore di lavoro di garantire la sicurezza e la salute dei lavoratori in tutti gli aspetti connessi con il lavoro.

Con il suo ricorso la Commissione delle Comunità europee ha chiesto alla Corte di constatare che, avendo circoscritto l'obbligo dei datori di lavoro di garantire la sicurezza e la salute dei lavoratori in tutti gli aspetti connessi con il lavoro ad un obbligo di adempiere "nei limiti di quanto ragionevolmente praticabile", il Regno Unito di Gran-Bretagna e Irlanda del Nord è venuto meno agli obblighi ad esso incombenti ai sensi dell'art. 5, nn. 1 e 4, della direttiva del Consiglio 12 giugno 1989, 89/391/CEE, concernente l'attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro (GU L 183, pag. 1).

La trattazione della causa (C-127/05) è lunga ed articolata. Sembra opportuno illustrare il contesto normativo comunitario sulla materia. Il decimo 'considerando' della direttiva 89/391/CEE stabilisce:

"(...) che misure preventive debbono essere adottate o migliorate senza indugio per preservare la sicurezza e la salute dei lavoratori in modo da assicurare un miglior livello di protezione".

Ai sensi del tredicesimo 'considerando' di tale direttiva:

"(...) il miglioramento della sicurezza, dell'igiene e della salute dei lavoratori durante il lavoro rappresenta un obiettivo che non può dipendere da considerazioni di carattere puramente economico".

Nella sezione I della direttiva, rubricata "Disposizioni generali", l'art. 1 dispone:

"La presente direttiva ha lo scopo di attuare misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro. A tal fine, essa comprende principi generali relativi alla prevenzione dei rischi professionali e alla protezione della sicurezza e della salute, all'eliminazione dei fattori di rischio e di incidente, all'informazione, alla consultazione, alla partecipazione equilibrata conformemente alle legislazioni e/o prassi nazionali, alla formazione dei lavoratori e dei loro rappresentanti, nonché direttive generali per l'attuazione dei principi generali precitati".

L'art. 4 della direttiva 89/391 dispone: "Gli Stati membri

adottano le disposizioni necessarie per garantire che i datori di lavoro, i lavoratori e i rappresentanti dei lavoratori siano sottoposti alle disposizioni giuridiche necessarie per l'attuazione della presente direttiva. Gli Stati membri assicurano in particolare una vigilanza ed una sorveglianza adeguate".

La direttiva, nella propria sezione II, intitolata "Obblighi dei datori di lavoro", comprende un art. 5 così formulato: "Disposizioni generali

1. Il datore di lavoro è obbligato a garantire la sicurezza e la salute dei lavoratori in tutti gli aspetti connessi con il lavoro.

2. Qualora un datore di lavoro ricorra, in applicazione dell'articolo 7, paragrafo 3, a competenze (persone o servizi) esterne all'impresa e/o allo stabilimento, egli non è per questo liberato dalle proprie responsabilità in materia.

3. Gli obblighi dei lavoratori nel settore della sicurezza e della salute durante il lavoro non intaccano il principio della responsabilità del datore di lavoro.

4. La presente direttiva non esclude la facoltà degli Stati membri di prevedere l'esclusione o la diminuzione della responsabilità dei datori di lavoro per fatti dovuti a circostanze a loro estranee, eccezionali e imprevedibili, o a eventi eccezionali, le conseguenze dei quali sarebbero state comunque inevitabili, malgrado la diligenza osservata.

Gli Stati membri non sono tenuti ad esercitare la facoltà di cui al primo comma".

L'art. 6 della citata direttiva, che specifica gli obblighi generali dei datori di lavoro, è formulato come segue:

"1. Nel quadro delle proprie responsabilità il datore di lavoro prende le misure necessarie per la protezione della sicurezza e della salute dei lavoratori, comprese le attività di prevenzione dei rischi professionali, d'informazione e di formazione, nonché l'approntamento di un'organizzazione e dei mezzi necessari. Il datore di lavoro deve provvedere costantemente all'aggiornamento di queste misure, per tener conto dei mutamenti di circostanze e mirare al miglioramento delle situazioni esistenti.

2. Il datore di lavoro mette in atto le misure previste al paragrafo 1, primo comma, basandosi sui seguenti principi generali di prevenzione:

a) evitare i rischi;

b) valutare i rischi che non possono essere evitati;

c) combattere i rischi alla fonte;

d) adeguare il lavoro all'uomo, in particolare per quanto concerne la concezione dei posti di lavoro e la scelta delle attrezzature di lavoro e dei metodi di lavoro e di produzione, in particolare per attenuare il lavoro monotono e il lavoro ripetitivo e per ridurre gli effetti di questi lavori sulla salute;

e) tener conto del grado di evoluzione della tecnica;

f) sostituire ciò che è pericoloso con ciò che non è pericoloso o che è meno pericoloso;

g) programmare la prevenzione, mirando ad un complesso coerente che integri nella medesima la tecnica, l'organizzazione del lavoro, le condizioni di lavoro, le relazioni sociali e l'influenza dei fattori dell'ambiente di lavoro;

h) dare la priorità alle misure di protezione collettiva rispetto alle misure di protezione individuale;

i) impartire adeguate istruzioni ai lavoratori.

3. Fatte salve le altre disposizioni della presente direttiva, il datore di lavoro, tenendo conto della natura delle attività dell'impresa e/o dello stabilimento, deve:

a) valutare i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori, anche nella scelta delle attrezzature di lavoro e delle sostanze o dei preparati chimici e nella sistemazione dei luoghi di lavoro.

A seguito di questa valutazione, e se necessario, le attività di prevenzione, i metodi di lavoro e di produzione adottati dal datore di lavoro devono:

- garantire un miglior livello di protezione della sicurezza e della salute dei lavoratori;

- essere integrati nel complesso delle attività dell'impresa e/o dello stabilimento e a tutti i livelli gerarchici; [...]"

L'art. 16, nn. 1 e 3, della direttiva 89/391 prevede l'adozione di direttive particolari in settori determinati, precisando tuttavia che "le disposizioni della [presente] direttiva si applicano interamente all'insieme dei settori contemplati dalle direttive particolari, fatte salve le disposizioni più rigorose e/o specifiche contenute in queste direttive particolari". L'art. 18, n. 1, della direttiva 89/391 impone che gli Stati membri mettano in vigore le disposizioni necessarie per conformarsi a quest'ultima direttiva al più tardi il 31 dicembre 1992.

Secondo la Commissione, l'errata trasposizione dell'art. 5 della citata direttiva riguardo, in particolare, all'inserimento nella normativa interna della clausola "nei limiti di quanto ragionevolmente praticabile" (in prosieguo: la "clausola controversa"), limita in violazione del n. 1 di detto articolo la portata dell'obbligo da esso previsto a carico del datore di lavoro. Nella sua risposta alla Commissione con lettere del 30 dicembre 1997 e 23 ottobre 2001, il Regno Unito ha sostenuto che la clausola controversa rispecchiava le disposizioni dell'art. 5 della direttiva 89/391 e si conformava completamente al diritto comunitario. A sostegno delle proprie argomentazioni, ha fatto pervenire alla Commissione un certo numero di decisioni di giudici nazionali nelle quali era stata applicata.

Permanendo la differente valutazione della norma, la Commissione ricorre alla Corte di Giustizia, sottolineando che risulta dalle disposizioni dell'HSW Act e segnatamente dalla sua sezione 2, n. 1, letta congiuntamente con le sezioni 33 e 47 della detta legge, che il datore di lavoro non è responsabile dei rischi che insorgono o delle conseguenze degli eventi che si verificano nella sua impresa qualora possa dimostrare di avere adottato tutte le misu-

re ragionevolmente praticabili al fine di garantire la sicurezza e la salute dei lavoratori.

La Commissione difatti sostiene che, circoscrivendo così l'obbligo del datore di lavoro, il Regno Unito gli consente di eludere la responsabilità che incombe ad esso se riesce a dimostrare che l'adozione di misure che garantiscono la sicurezza e la salute dei lavoratori risulterebbe manifestamente sproporzionata in termini di costi, di tempo o di difficoltà qualsiasi rispetto al rischio effettivo. Ne deduce conseguentemente che la normativa del Regno Unito non è conforme all'art. 5, nn. 1 e 4, della direttiva 89/391.

Il Regno Unito non riconosce l'inadempimento addebitato e sostiene che l'art. 5, n. 1, della direttiva 89/391 è stato adeguatamente recepito nel diritto nazionale.

Il detto Stato membro fa valere che l'art. 5, n. 1, di questa direttiva identifica il datore di lavoro come il soggetto al quale incombe in via primaria l'obbligo di salvaguardare la sicurezza e la salute dei lavoratori sul posto di lavoro. In compenso, la questione della responsabilità del datore di lavoro sarebbe rimessa agli Stati membri in forza del dovere di questi ultimi di adottare le misure necessarie a garantire l'applicazione e l'efficacia del diritto comunitario, di cui l'art. 4 della direttiva in questione costituisce una specifica espressione. Circa la portata dell'obbligo imposto al datore di lavoro dall'art. 5, n. 1, della direttiva 89/391, il Regno Unito sostiene che, benché esso sia espresso in termini assoluti, non ne deriva a carico del datore di lavoro un'obbligazione di risultato, consistente nel garantire un ambiente di lavoro esente da ogni rischio, bensì un obbligo generale di messa a disposizione a favore dei lavoratori di ambienti di lavoro sicuri, nozione il cui contenuto può essere dedotto dagli artt. 6-12 della direttiva in questione e dal principio di proporzionalità. Quanto alla responsabilità del datore di lavoro, il Regno Unito osserva che nulla nella direttiva 89/391 né, segnatamente, al suo art. 5, n. 1, suggerisce che il datore di lavoro debba essere assoggettato ad un regime di responsabilità oggettiva. In primo luogo, detto articolo prevederebbe unicamente l'obbligo di assicurare la sicurezza e la salute dei lavoratori e non anche l'obbligo di compensare danni derivanti da infortuni sul lavoro. In secondo luogo, la direttiva 89/391 lascerebbe gli Stati membri liberi di decidere quale forma di responsabilità, civile o penale, imponesse al datore di lavoro. In terzo luogo, sarebbe altresì rimessa agli Stati membri la questione di chi, il singolo datore di lavoro, la categoria dei datori di lavoro nel suo complesso, ovvero la collettività, debba sopportare i costi conseguenti agli infortuni sul lavoro. Il Regno Unito precisa, inoltre, di aver predisposto un risarcimento per le vittime d'infortuni sul lavoro sulla base di un regime di previdenza sociale.

La Corte di Giustizia osserva che la Commissione si fonda su una lettura dell'art. 5, n. 1, della direttiva 89/391 principalmente in termini di responsabilità del datore di lavoro per i danni causati alla salute e alla sicurezza dei lavoratori. Detta responsabilità coprirebbe le conseguenze di

ogni evento dannoso alla salute e alla sicurezza dei lavoratori indipendentemente dalla possibilità di imputare tali eventi e conseguenze ad una qualsivoglia negligenza del datore di lavoro nella predisposizione delle misure preventive. Ne consegue che la Commissione procede ad un'interpretazione delle disposizioni della direttiva 89/391 e, segnatamente dell'art 5, n. 1, della direttiva in esame, dalla quale emerge che sul datore di lavoro grava una responsabilità oggettiva, sia essa civile o penale.

Occorre quindi esaminare, in primo luogo, se l'art. 5, n. 1, della direttiva 89/391 esiga, come sostiene la Commissione, che gli Stati membri impongano ai datori di lavoro una responsabilità oggettiva a seguito di ogni infortunio sopravvenuto sul luogo di lavoro. Secondo la Corte, occorre constatare che, ai sensi dell'art. 5, n. 1, della direttiva 89/391, "[i]l datore di lavoro è obbligato a garantire la sicurezza e la salute dei lavoratori in tutti gli aspetti connessi con il lavoro".

Tale norma assoggetta il datore di lavoro all'obbligo di assicurare ai lavoratori un ambiente di lavoro sicuro, il cui contenuto è precisato agli artt. 6-12 della direttiva 89/391 così come da numerose direttive particolari che prevedono l'adozione di misure preventive in alcuni settori produttivi specifici. In compenso, non può essere ritenuto che una responsabilità oggettiva debba gravare sul datore di lavoro solo in virtù dell'art. 5, n. 1, della direttiva 89/391. Questa norma si limita, infatti, a consacrare l'obbligo generale di sicurezza in capo al datore di lavoro, senza pronunciarsi su una qualsiasi forma di responsabilità.

L'art. 5, n. 4, primo comma, della direttiva 89/391 prevede la facoltà per gli Stati membri di limitare la responsabilità dei datori di lavoro "per fatti dovuti a circostanze a loro estranee, eccezionali e imprevedibili, o a eventi eccezionali, le conseguenze dei quali sarebbero state comunque inevitabili, malgrado la diligenza osservata".

Se la clausola controversa prevede una riserva all'obbligo del datore di lavoro di garantire la sicurezza e la salute dei lavoratori in tutti gli aspetti connessi con il lavoro per ciò che è "ragionevolmente praticabile", il significato di questa riserva dipende dal contenuto preciso di tale obbligo. Concludendo, secondo la Corte la Commissione non ha dimostrato adeguatamente che, circoscrivendo nei limiti di quanto ragionevolmente praticabile l'obbligo del datore di lavoro di garantire la sicurezza e la salute dei lavoratori in tutti gli aspetti connessi con il lavoro, il Regno Unito sia venuto meno agli obblighi che gli incombono in virtù dell'art. 5, nn. 1 e 4, della direttiva 89/391.

Pertanto, il ricorso presentato dalla Commissione è stato respinto.

Ancora sul problema della delega di funzioni

La sentenza n° 560 del 11/01/2006, Corte di Cassazione Penale - Sez. III, riprende il tema della delega di funzioni, applicandolo al caso del legale rappresentante di un camping il quale effettuava lo scarico delle acque reflue uscen-

ti dal depuratore a servizio dello insediamento superando i limiti di accettabilità ed era stato, conseguentemente, condannato dal giudice di merito alla pena di legge.

E' ben noto che all'interno delle imprese, soprattutto di grandi dimensioni, il soggetto titolare è gravato da numerosi obblighi, la cui inosservanza è sanzionata penalmente, ai quali può non essere in grado di adempiere di persona. In considerazione di tale realtà, pur in assenza di una specifica previsione normativa, dottrina e giurisprudenza ammettono la trasferibilità di funzioni imprenditoriali, e connesse responsabilità penali, da un soggetto ad un altro a condizione che vi sia una delega dotata di particolari requisiti.

La delega è considerata ammissibile e rilevante alle seguenti condizioni: deve essere puntuale ed espressa senza che siano trattenuti in capo al delegante poteri discrezionali di tipo decisionale; il soggetto preposto deve essere tecnicamente idoneo e professionalmente qualificato per lo svolgimento del compito affidatogli; il trasferimento di funzioni deve essere giustificato in base alle esigenze organizzative della impresa; unitamente alle funzioni devono essere trasferiti i poteri decisionali e di spesa; l'esistenza della delega deve essere giudizialmente provata in modo certo; la delega non deve riguardare le attività concernenti l'assetto organizzativo della impresa, che fa capo ai vertici della stessa, e non sono trasferibili a soggetti diversi.

Nella fattispecie in questione, il legale rappresentante dell'industria turistica aveva affidato la gestione dell'impianto a una terza persona e pertanto si dichiarava estranea alla conduzione dell'impianto di depurazione; circostanza di fatto che non era stata contestata dalla Corte territoriale. Tuttavia, questa situazione, secondo la Suprema Corte, non comporta le conseguenze giuridiche tratte dalla ricorrente in merito alla attribuibilità del reato, in quanto le modalità di questa attribuzione di funzioni non corrispondono a quelle necessarie per trasformarla in una delega.

Difatti le condizioni sopra elencate sono state enucleate dalla dottrina e dalla giurisprudenza di legittimità al fine di trovare un equilibrio tra due esigenze: quella di evitare che gli imprenditori siano chiamati a rispondere penalmente per l'inosservanza di adempimenti ai quali non possono ottemperare e quella di non permettere che il titolare originario di un obbligo, pur potendo adempiere, si liberi dello stesso e delle relative responsabilità trasferendo indebitamente "verso il basso" le sue funzioni ad un collaboratore. Nel caso in esame, l'imputata aveva affidato la conduzione dell'impianto di depurazione ad altro soggetto senza una formale, liberatoria delega di funzioni e, pertanto, non aveva trasferito ad altri i suoi doveri e creato una posizione di garanzia; di conseguenza, era gravata della responsabilità di sorvegliare di persona il funzionamento dello impianto e risponde penalmente per l'inadempimento del suo collaboratore a titolo di colpa in vigilando.

Il ricorso non è stato accolto e la sentenza della Corte territoriale è stata confermata.

SICUREZZA IGIENE INDUSTRIALE AMBIENTE.

IRSI
DA PIÙ DI TRENT'ANNI
AL FIANCO DELLA VOSTRA AZIENDA.

IRSI, Istituto Ricerche Sicurezza Industriale, opera dal 1974 nel campo della sicurezza

sui luoghi di lavoro, dell'igiene industriale e dell'impatto ambientale.

Grazie a tecnici specializzati, è in grado di studiare, accertare e risolvere i problemi specifici, fornendo aggiornate valutazioni rispetto alla normativa di riferimento.

La pluriennale attività e l'esperienza acquisita consentono a IRSI di operare in tutti i maggiori settori merceologici ed industriali, anche in collaborazione con Istituti Universitari, affrontando, con criteri mirati, gli svariati problemi ambientali e di igiene del lavoro, molte volte peculiari delle singole realtà.



20122 Milano - Corso di P.ta Vittoria 8

Tel: 02.5516108 / Fax: 02.54059931 / www.irsi.it / irsi@irsi.it



ASSISTENZA ALLE AZIENDE NELLA VALUTAZIONE DEI RISCHI E NELL'ORGANIZZAZIONE E MANTENIMENTO DELLA SICUREZZA NEI LUOGHI DI LAVORO



IGIENE INDUSTRIALE



AMBIENTE - ECOLOGIA



SICUREZZA E PREVENZIONE INFORTUNI NEI LUOGHI DI LAVORO



RISCHI RILEVANTI



CORSI DI FORMAZIONE



MEDICINA DEL LAVORO