

2.5 - TRATTAMENTO CON RAGGI UV

I raggi ultravioletti (UV) sono radiazioni elettromagnetiche di frequenza inferiore a quella dei raggi X e superiore a quella dello spettro visibile. L'attività germicida dei raggi ultravioletti si manifesta quando lo spettro è compreso tra 200 e 300 nm: i più letali sono gli UV a ≈ 250 nm che hanno la massima capacità d'inattivazione nei confronti di batteri, virus e funghi.

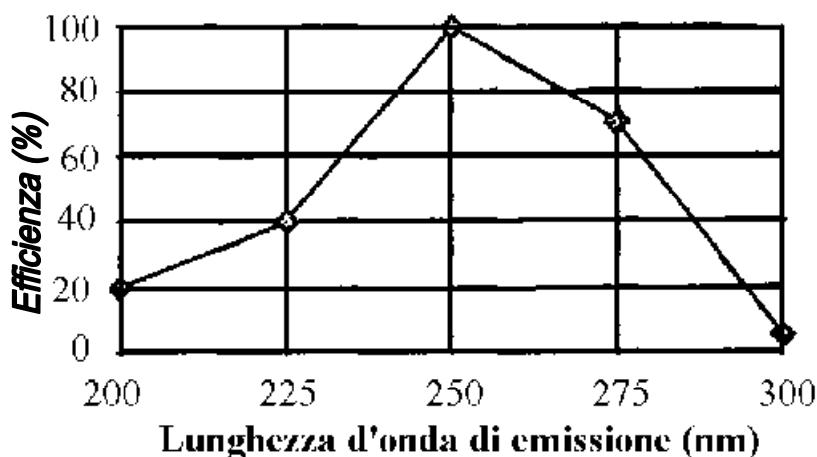


Fig 12: Andamento dell'effetto germicida di una lampada UV al variare di λ (C. Nurizzo: "La disinfezione dei liquami depurati: modelli e processi").

La realizzazione di lampade a vapore di mercurio a bassa pressione, capaci di produrre radiazioni luminose nello spettro dell'ultravioletto, risale al secolo scorso. Tali lampade riescono oggi ad emettere circa il 90% dell'energia luminosa intorno a 254 nm. In questi ultimi anni è stata potenziata la capacità germicida dei raggi ultravioletti UV grazie a nuove tecnologie per la produzione di lampade a vapori di mercurio a media ed alta pressione.

Azione disinfettante ed influenza sul processo delle caratteristiche chimiche del refluo.

Il meccanismo d'azione dei raggi UV è ormai sufficientemente chiarito: le radiazioni dello spettro dell'ultravioletto con lunghezza d'onda intorno a 254 nm sono in grado di danneggiare, attraverso una reazione fotochimica, gli acidi nucleici (DNA e RNA) inibendo le funzioni cellulari. L'azione è esclusivamente fisica e non chimica con il vantaggio importante di non lasciare residui inquinanti a trattamento avvenuto.

L'efficacia della radiazione elettromagnetica dipende dalla quantità d'energia che viene assorbita dal microrganismo. In generale nessun organismo ha una resistenza assoluta ai raggi UV; tuttavia, è molto difficile definire il grado di resistenza di ciascuna specie. Ad esempio i protozoi sono scarsamente sensibili all'azione degli UV a causa della loro consistente membrana cellulare pertanto per l'abbattimento sono richieste dosi elevate, mentre per l'inattivazione d'agenti biologici come coliformi fecali e totali sono sufficienti basse dosi di radiazioni.

L'effetto germicida degli UV, a parità di tempo d'esposizione, dipende dall'intensità d'irraggiamento. La quantità di raggi UV che effettivamente penetra la massa d'acqua in trattamento costituisce ancora un problema non completamente risolto; la presenza di solidi

sospesi, infatti, riduce l'efficacia della radiazione poiché possono disperdere e assorbire la luce e perché possono schermare i batteri. Acque reflue con elevate concentrazioni di solidi sospesi sono quindi poco idonee al trattamento con raggi UV a meno che non si operi un pretrattamento di sedimentazione o filtrazione.

L'efficacia della radiazione dipende da vari fattori, tra i quali:

- L'intensità della radiazione emessa (che è funzione del tipo di lampada, dell'età e della pulizia della lampada);
- Il coefficiente di assorbanza;
- La distanza tra la sorgente e l'acqua
- Le condizioni fluidodinamiche (la presenza di turbolenza radiale, ortogonale alla direzione del flusso, permette di avere la miscelazione necessaria a garantire una sufficiente irradiazione a tutte le particelle).

Dal punto di vista costruttivo, gli impianti UV con lampade sommerse sono generalmente di due tipi:

- configurazione a canale a pelo libero;
- configurazione a canale in pressione.

Si è curato molto l'aspetto dell'esercizio e della manutenzione delle lampade UV, passando dagli ormai obsoleti sistemi “intubati”, a quelli “a canale”, soprattutto per la maggiore semplicità di gestione di questi ultimi. Infatti, la pulizia periodica delle lampade che, in funzione della qualità del liquame, avviene ad intervalli variabili (settimane/ mesi), è semplificata per impianti a canale, in quanto le lampade vengono estratte in toto ed immerse nella soluzione di pulizia (acido citrico o fosforico al 5%) senza interventi di smontaggio ed estrazione di ogni singola lampada.

Nella configurazione a canale aperto sia che le lampade siano disposte verticalmente sia nel caso di disposizione orizzontale, si deve aver cura che risultino ortogonalini alla direzione del flusso.

Nella configurazione a canale chiuso la camera ove avviene la disinfezione è sigillata ed in essa è ubicato il sistema pressurizzato. Le lampade sono installate all'interno di una camera in acciaio inossidabile ed è previsto un adeguato sistema di raffreddamento per rimuovere il calore sviluppato.

È importante che il livello dell'acqua nel canale sia mantenuto quanto più costante possibile. Nei sistemi in cui le lampade sono disposte orizzontalmente, se il livello del liquame scende troppo, può restare esposta la parte alta della fila di lampade, oppure, nel caso che il livello salga eccessivamente, accade che lo strato di acqua al di sopra della linea di disposizione dei corpi irraggianti può diventare tanto elevato da impedire un'adeguata esposizione ai raggi UV.

In genere sistemi che impiegano lampade a bassa pressione richiedono 10÷20 lampade per milione di litri per giorno (Mld) di liquame da trattare. La potenza assorbita da ogni lampada varia tra 65 e 80 W secondo l'intensità dell'emissione e la temperatura d'esercizio; pertanto la potenza totale richiesta per Mld può variare tra 0.8 e 1.6 kW.

La dose di radiazioni realmente assorbita dall'acqua dipende dalle caratteristiche idrauliche della vasca, dalla portata di liquame e dal rendimento delle lampade (occorre un'adeguata manutenzione degli elementi irraggianti per assicurare costanza delle prestazioni).

La dose (D) è definita dalla intensità della radiazione (I espressa in mW/cm^2) per il tempo di esposizione (in secondi): “ $D = I \times t$ ” (è l'equivalente del $C \times t$ dei disinfettanti chimici).

Nella seguente tabella sono riportate le dosi consigliate da USEPA per l'inattivazione del virus dell'epatite A:

| Log d'inattivazione | $I \times t (\text{mW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2)$ |
|---------------------|---|
| 2 | 21 |
| 3 | 36 |

Tab. 41: Dosi consigliate da USEPA per inattivare il virus dell'epatite A.
(Fonte: AMGA).

È possibile raggiungere, con la moderna tecnologia UV, valori del 99,9% d'abbattimento dei colifecalì:

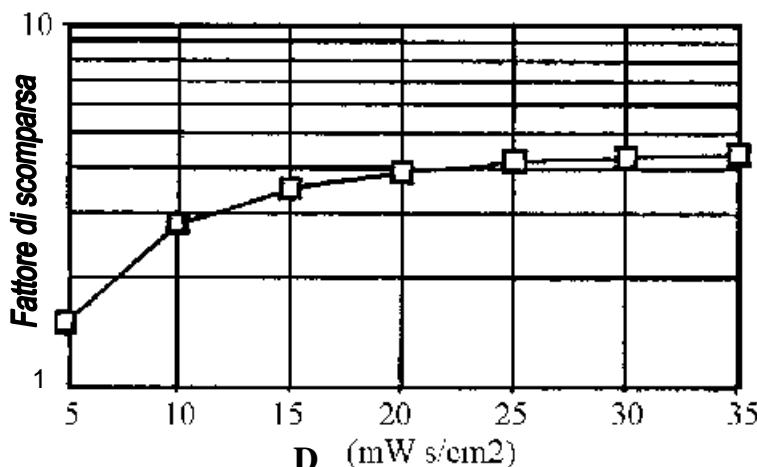


Fig. 13: Andamento dell'abbattimento dei Coliformi in funzione della dose $D=I \times t$.

Fonte: C. Nurizzo: “La disinfezione dei liquami depurati: modelli e processi”.

Per evitare lunghi tempi d'esposizione e per ottenere un'omogenea ripartizione della radiazione, è opportuno installare le lampade a distanze non superiori a 25-30 cm l'una dall'altra. Nel caso di lampade disposte orizzontalmente su una sola fila il tempo d'esposizione è di 5-7 sec.

La cinetica di scomparsa dei microrganismi irradiati con raggi UV segue teoricamente la legge di Chick:

$$\frac{N_t}{N_0} = \exp(-k^* \cdot I \cdot t)$$

dove:

N_0 = carica batterica iniziale al tempo “ t_0 ” (in 100ml di refluo grezzo);

N_t = carica batteria finale al tempo “ t ” (in 100ml di refluo trattato);

t = tempo di esposizione (sec.);

k^* = costante che dipende dal tipo di microrganismo ($0.2 \text{ m}^2/\text{J}$ per virus e batteri; $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{J}$ per le spore; $3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{J}$ per le alghe);

I = Intensità della radiazione UV rilevabile a distanza H dalla sorgente (mW/cm^2):

$$I = I_0 \cdot e^{-K_w \cdot H} \quad \text{decadimento dell'intensità della radiazione}$$

I_0 = Intensità iniziale della radiazione UV (mW/cm^2);

K_w = fattore di assorbimento e decadimento.

In realtà la presenza di solidi sospesi influisce molto sull'efficacia delle radiazioni; infatti, all'interno dei TSS possono annidarsi colonie d'agenti patogeni che restano così al riparo dall'irradiazione. Per tener conto di questo fenomeno si aggiunge un termine correttivo alla precedente relazione:

$$\frac{N_t}{N_0} = \exp(-k^* \cdot I \cdot t) + c \cdot TSS^m$$

dove:

$c \cdot TSS^m$ = carica batterica apportata dai solidi sospesi;

“c” ed “m” = coefficienti empirici.

I microrganismi colpiti da una dose insufficiente di radiazioni UV, in uscita dalla vasca di contatto, per effetto dell'esposizione alla luce possono fotoriattivarsi con la conseguente ripresa di tutte le attività vitali quindi è opportuno ricorrere ad un sistema di disinfezione secondario che garantisca la presenza di un residuo attivo nell'effluente disinfettato.

Formazione di sottoprodotto (Disinfection By-Products: DBP) a seguito di trattamento con raggi UV.

In tutte le acque sottoposte a trattamento con raggi ultravioletti non è stata rilevata alterazione della composizione chimica e la presenza di composti potenzialmente dannosi in concentrazioni significative.

Non si ha reazione dei raggi ultravioletti con l'ammoniaca eventualmente presente.

2.6 - CENNI SULL'IRRADIAZIONE CON RAGGIO DI ELETTRONI (E-BEAM)

La tecnologia di disinfezione ad irradiazione con raggio di elettroni (E-Beam dall'inglese Electron Beam Irradiation) è stata inizialmente sviluppata per la disinfezione dei fanghi provenienti dagli impianti di depurazione delle acque reflue. Essa impiega un fascio di elettroni ad alta energia diretto contro un film di acqua o fango: gli elettroni rompono le molecole d'acqua generando specie radicaliche altamente reattive quali radicali ossidrilici ed idrogeno atomico.

Tra i vantaggi di tale tecnica va considerato che richiede bassi tempi di contatto, permette d'inattivare vari tipi di agenti biologici, potenzialmente può attraversare un refluo in cui vi sia alta concentrazione di solidi sospesi e non risulta formazione di sottoprodoti tossici.

Ai pregi si contrappongono i seguenti difetti: durante l'impiego di tecnologia ad alto voltaggio vengono generati raggi X, elevati costi d'impianto e di esercizio.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.