

L'UV PER IL TRATTAMENTO DELL'ACQUA NELLE PISCINE

Ridurre l'uso del cloro nelle piscine mantenendo eccellenti le caratteristiche microbiologiche dell'acqua diventa oggi possibile grazie all'introduzione di un sistema di disinfezione UV-C nel circuito di trattamento dell'acqua. Il caso del Centro Nuoto Sestri di Genova.

L'uso del cloro e dei suoi composti per i trattamenti di disinfezione delle acque di piscina è una pratica universalmente diffusa, sia per i costi relativamente contenuti che per gli aspetti di sicurezza igienica che è in grado di assicurare.

Non esistono ad oggi reali alternative per assicurare l'igiene delle acque di piscina, o meglio non sono disponibili (a prezzo concorrenziale) tecnologie e prodotti in grado di sostituire

completamente il cloro come disinfettante. Esistono invece tecniche le quali, combinate con il cloro, offrono significativi vantaggi sia per quanto riguarda la qualità dell'acqua, in particolare di quella di immissione nella vasca, che economici; si tratta dell'utilizzo di impianti di sterilizzazione che sfruttano le proprietà germicide della radiazione ultravioletta. La radiazione ultravioletta, in particolare quella con lunghezza d'onda prossima ai 254

nm, possiede un notevole potere germicida nei confronti di qualsiasi ceppo microbico, ognuno dei quali è per altro caratterizzato da una propria resistenza specifica. Gli impianti a raggi UV-C vanno installati nel circuito dell'acqua di ricircolo la quale, dopo il trattamento, entra in vasca altamente debatterizzata; la radiazione UV-C è inoltre in grado di innescare reazioni di fotoossidazione che possono demolire alcune sostanze chimiche, causa



La vasca del Cns. di odori sgradevoli ed irritazioni alla pelle ed alle mucose.

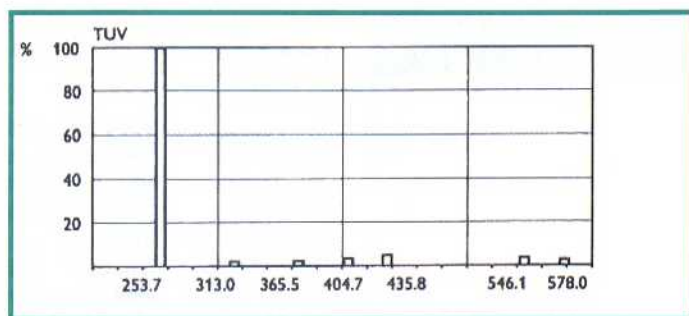
La sperimentazione che di seguito andremo a presentare è stata condotta con l'intento di:

- analizzare la possibilità di ridurre significativamente l'uso del cloro;

L'impianto UV110/12BE nel circuito idrico della vasca natatoria.

- verificare e quantificare la presenza di vantaggi non collegati all'eventuale diminuzione dell'uso del cloro; aspetti legati al miglioramento delle caratteristiche generali dell'acqua, ovvero parametri microbiologici ma anche chimici ed organo-

G. Temporelli, Sita, Genova.



Spettro di emissione di una lampada germicida a bassa pressione (fonte Philips).

lettici. In questo articolo verranno quindi evidenziati i principali risultati che sono emersi dall'utilizzo continuativo di questa tecnica combinata presso la piscina del Cns (Centro Nuoto Sestri), facente parte dell'impianto polisportivo "Tea Benedetti" a Genova.

La realtà del Cns (Centro Nuoto Sestri)

La piscina presente nell'impianto polisportivo "Tea Benedetti" è una vasca dalle seguenti dimensioni: lunghezza 25 m, larghezza 12,5 m, profondità 1,85 m, per una capacità totale di 578 m³. La circolazione dell'acqua è assicurata grazie l'azione di n. 2 pompe in grado di muovere un volume d'acqua pari a 120 m³/h; una terza pompa è presente in caso di emergenza. Il fabbisogno idrico è assicurato da una vasca di riserva alimentata dall'Acquedotto De Ferrari Galliera-Acea.

Il trattamento dell'acqua prevede l'utilizzo dei seguenti impianti/prodotti:

- prefiltrazione attraverso n. 2 filtri a cestello Cillichemie tipo Pref "S" in grado di trattenere eventuali impurità grossolane;
- filtrazione attraverso n. 3 filtri Cillichemie tipo BP40 con portata di 40 m³/h ciascuno a cui periodicamente viene effet-

tuato il controlavaggio;

- flocculazione l'azione filtrante viene migliorata dall'aggiunta (a mezzo di pompa dosatrice) del flocculante "Pol-floc" (20 L/settimana);

- disinfezione attraverso un dosatore automatico a lettura colorimetrica, in grado di monitorare il cloro libero, il cloro combinato ed il cloro totale, viene dosato il prodotto "Dracolor X38" (25 kg/settimana). Per la prevenzione della formazione di alghe viene anche dosato un apposito prodotto Detersan P1 (8 litri/settimana).

- pH attraverso un pHmetro elettronico (sonda, centralina e pompa dosatrice) viene dosato il prodotto "X Piu" per innalzare il valore del pH (13 L/settimana).

La pulizia della vasca avviene con frequenza giornaliera nelle ore notturne attraverso un dispositivo che, immerso nella vasca, aspira le impurità eventualmente presenti. L'acqua viene riscaldata per mezzo di uno scambiatore di calore a fasci tubieri in controcorrente, alimentato dal circuito primario attraverso un'elettrovalvola a 3 vie telecomandata dall'apparecchiatura Coster Dtr 628. Attraverso queste apparecchiature viene assicurato il corretto trattamento e la gestione dell'acqua

della vasca ad uso natatorio. Nell'estate del 2003 è stato aggiunto, in via sperimentale, l'impianto a raggi ultravioletti modello UV110/12 BE prodotto dalla Sita (Società Italiana Trattamento Acque) di Genova. Lo sterilizzatore d'acqua in questione è stato installato a valle dei filtri a sabbia con lo scopo di ridurre drasticamente la carica batterica prima della reimmissione in vasca; tale intento è stato motivato essenzialmente dall'entrata in vigore della recente normativa ("Accordo tra il Ministro della salute, le regioni e le provincie autonome di Trento e Bolzano sugli aspetti igienico-sanitari per la costruzione, la manutenzione e la vigilanza delle piscine ad uso natatorio") la quale richiede l'osservazione di restrittivi valori (contenuti nella Tabella A della normativa) per quanto concerne la componente microbiologica dell'acqua di ricircolo.

Il calcolo della dose UV-C

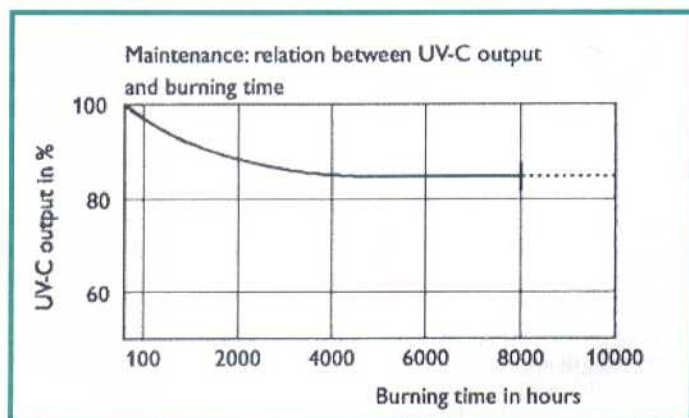
La tecnologia a raggi ultravioletti si basa sull'utilizzo di impianti il cui funzionamento è concettualmente molto semplice: l'acqua microbiologicamente contaminata viene fatta entrare in un collettore contenente apposite lampade germicide; in questo passaggio, la cui durata dipende dalla portata ma in genere è di pochi secondi, l'acqua viene sottoposta ad un adeguato irraggiamento di luce UV-C che consente di ottenere una elevata riduzione percentuale della carica microbica.

Meno immediato è invece dimensionare correttamente questi impianti; stabilire a priori il reale dosaggio operativo richiede la conoscenza di una serie di parametri, alcuni dei quali in grado di influenzare decisamente la resa dell'impianto stesso. Qui di seguito vengono riportati alcuni dei parametri in grado di influenzare più o meno significativamente l'efficacia di uno sterilizzatore d'acqua a raggi UV-C.

La lampada germicida

Le lampade fluorescenti a vapori di mercurio sono disponi-

Efficienza temporale di una lampada UV-C a bassa pressione (fonte Philips).



Fluido	k (1/cm)	T (%) (x = 1 cm)
Acqua distillata	0,01	99%
Acqua minerale naturale	0,02	98%
Acqua piscina CNS (dopo filtri a sabbia)	0,03	97%
Acqua di sorgente filtrata	0,04	96%
Acqua di sorgente	0,1	90%
Acqua di rubinetto	0,1	90%
Vino bianco	10	≈ 0
Birra	15	≈ 0
Vino rosso	30	≈ 0
Latte	300	≈ 0

bili in un ampio ventaglio di modelli, esse possono differire per dimensioni, potenza emessa, connessione elettrica, tuttavia la caratteristica maggiormente caratterizzante risiede nella pressione del gas contenuto al loro interno.

Esistono lampade ad *alta pressione* (spettro multifrequenza, elevata potenza assorbita, vita breve, basso rendimento, non influenzabili dalla temperatura del fluido); quelle a *bassa pressione* (spettro monocromatico, bassa potenza assorbita, influenzabili dalla temperatura del fluido, elevata efficienza) ed infine quelle a *media pressione* con caratteristiche intermedie alle precedenti. Le lampade installate nell'impianto in questione sono a bassa pressione.

La forma del collettore

Le dimensioni geometriche della camera di sterilizzazione nonché la disposizione delle lampade fanno parte degli studi di progettazione che ogni costruttore di questo tipo di impianti dovrebbe fare. La distribuzione spaziale delle lampade deve essere il più possibile simmetrica, disegnata su collettori che solitamente hanno forma cilindrica.

Dalla forma del collettore e dalla portata è possibile ricavare il numero di Reynolds (N_R), che indica il livello di turbolenza del fluido all'interno della camera stessa. N_R superiori a 5000 assicurano un adeguato rimescolamento dell'acqua, il che significa assicurare un irraggiamento uniforme ad ogni porzione di fluido. Nell'impianto in oggetto il moto del fluido è in regime totalmente turbolento.

L'invecchiamento della lampada

Le lampade germicide hanno una vita lunghissima tuttavia la loro efficienza cala con il tempo.

Per i modelli a bassa pressione si consiglia la sostituzione dopo circa 9.000 ore in modo tale da assicurare l'efficienza germicida dell'impianto. Per questo motivo, in fase di progetto, i calcoli del dosaggio devono essere effettuati sui valori di emissione minima a fine vita utile (9.000 ore appunto).

La temperatura

Le lampade a bassa pressione risentono maggiormente della temperatura dell'acqua; il loro rendimento è massimo quando la temperatura è prossima ai 20 °C mentre per acque molto fredde o molto calde occorre considerare un coefficiente correttivo che bilanci, nel calcolo del dosaggio, tale perdita di efficienza. La temperatura media dell'acqua in vasca si aggira intorno ai 27,5 °C, ciò è stato confermato dalla misura effettuata in linea (termometro portatile a termistore con microprocessore Hanna Instruments e sonda HI762BL), in un punto di prelievo situato dopo i filtri a sabbia, la quale ha fornito il valore di $27,5 \pm 0,4$ °C.

Il fattore che più di ogni altro è in grado di influenzare la resa di uno sterilizzatore UV-C è la qualità dell'acqua in grado di interferire con la propagazione della luce UV-C nel mezzo, dovuta sia alla presenza di solidi sospesi che di altri fattori (colore, torbidità ecc) in grado comunque di impedire la pene-

trazione della radiazione se non a strati piccolissimi del fluido da trattare.

Valutazione del coefficiente di trasmissione

La trasmittanza T viene definita come il rapporto tra l'intensità I(x) della radiazione misurata in un punto x e l'intensità I_0 emessa dalla lampada. Tale rapporto dipende oltre che dalla distanza del punto x rispetto alla lampada, anche dalla natura del fluido e della radiazione che lo attraversa.

$$T = \frac{I(x)}{I_0} = e^{-kx}$$

I(x) = intensità alla distanza x
 I_0 = intensità emessa dalla lampada

k = coefficiente di assorbimento (dipende dal materiale e dal tipo di radiazione)

x = spessore materiale attraversato dalla radiazione

La formula soprascritta ha validità generale, ovvero è applicabile per qualsiasi fluido attraversato da una qualsiasi radiazione; tuttavia nel caso degli sterilizzatori in questione il campo si restringe; la radiazione incidente è infatti solo quella ultravioletta che cade in banda C (picco di emissione $\lambda = 254$ nm), mentre il liquido da trattare è l'acqua (più o meno pulita) dato che ogni altra sostanza (latte, vino ecc) risulta praticamente opaca a tale lunghezza d'onda. Nella Tabella 1 vengono riportati alcuni valori del coefficiente di assorbimento (k) e la trasmittanza percentuale relativa (T) per alcuni tipi di acqua ed altri fluidi alimentari. Visto il carattere di essenzialità che ricopre il fattore pulizia dell'acqua, ovvero la trasmittanza alla radiazione UV-C, appare evidente che ogni impianto di sterilizzazione di questo tipo deve convenientemente essere collocato a valle del gruppo filtrante; nel caso specifico la misura della trasmittanza UV-C dell'acqua di piscina è stata effettuata su un campione prelevato da una presa situata dopo i filtri a sabbia. Tale campione è stato analizzato con idonea strumentazione (sensore selettivo modello SUV 20 collegato allo stru-

TABELLA 1
Alcuni valori del coefficiente di assorbimento (k) e la trasmittanza percentuale relativa (T) per alcuni tipi di acqua ed altri fluidi alimentari.

mento di misura MUV2.3 WR, il tutto conforme a quanto stabilito dalle restrittive normative tedesche Dvgw - Rule W294 ed austriache Önorm 5873-1). Per l'acqua della piscina in oggetto si è ottenuto un coefficiente di assorbimento $k = 0,03$, corrispondente ad un valore di trasmittanza $T = 97\%$, il che evidenzia l'elevato livello di trasparenza dell'acqua di piscina alla luce UV-C (superiore all'acqua di rubinetto comune); aspetto sicuramente attribuibile ai processi di flocculazione e filtrazione a cui l'acqua viene sottoposta durante ogni ricircolo (l'intero volume d'acqua ricircola almeno 4 volte al giorno).

L'efficacia microbiologica

Molto interessante, a causa dei suoi effetti e delle sue conseguenze, risulta essere l'assorbimento risonante dei raggi UV-C ($\lambda = 254$ nm) da parte degli acidi nucleici; tale radiazione, pur non essendo ionizzante, ha un'efficacia germicida elevatissima in quanto la frazione che interagisce con il materiale genetico è molto elevata (oltre il 90% della radiazione incidente viene assorbita). L'azione sterilizzante si ottiene grazie all'assorbimento risonante che avviene, per questa particolare frequenza, nelle strutture eterocicliche degli acidi nucleici, con la conseguente formazione di dimeri pirimidinici. Tali reazioni di dimerizzazione portano, partendo da due basi pirimidiniche separate (due timine o due citosine), alla formazione di composti stabili. Il cambiamento del tipo e/o della sequenza delle basi azotate altera l'altissima densità d'informazione contenuta nel Dna, tali gravi alterazioni ne impediscono la normale attività replicante il che conduce irreversibilmente alla morte cellulare. Ogni ceppo microbico è caratterizzato da una propria intrinseca resistenza nei confronti di un determinato agente disinfettante, alcuni possono sopravvivere e proliferare anche in condizioni ambientali che risulterebbero invece letali per altri; vanno a tal proposito menzionate le specie cloro-resistenti. È risaputo che i germi Gram positivi, essendo dotati di una parete

esterna molto resistente, risultano essere meno sensibili all'azione dei disinfettanti chimici e quindi anche del cloro; appartengono a questa categoria gli stafilococchi, i micrococchi, gli streptococchi, i bacilli sporigeni aerobi ed anaerobi. Particolarmente resistenti all'azione del cloro sono anche le spore, i miceti, le cisti protozoarie nonché la maggior parte dei virus patogeni per l'uomo.

Questo vale naturalmente anche per la radiazione ultravioletta (UV-C) la quale risulta essere estremamente efficace nella distruzione di ogni ceppo batterico, mentre dosaggi più consistenti occorrono per ridurre significativamente i virus e soprattutto le alghe. Per quan-

to riguarda il settore delle acque ad uso natatorio la recente normativa "Accordo tra il Ministro della salute, le regioni e le provincie autonome di Trento e Bolzano sugli aspetti igienico-sanitari per la costruzione, la manutenzione e la vigilanza delle piscine ad uso natatorio" stabilisce dei valori di parametro per alcune specie microbiche. Nella Tabella A del suddetto documento vengono stabiliti i requisiti fisici, chimici e microbiologici che devono possedere sia l'acqua di immissione sia quella contenuta nella vasca; visto il carattere di essenzialità di questo allegato, viene riportato in Tabella 2 l'estratto riguardante i valori di parametro.

L'accordo prevede che i requi-

TABELLA 2
Valori di parametro.

REQUISITI FISICI		
Parametro	Temp. acqua di immissione	Temp. acqua di vasca
TEMPERATURA		
Vasche coperte in genere	24°C - 32°C	24°C - 30°C
Vasche coperte bambini	26°C - 35°C	26°C - 32°C
Vasche scoperte	18°C - 30°C	18°C - 30°C
pH per disinfezione a base di cloro		
Ove si utilizzino disinfettanti diversi il pH dovrà essere opportunamente fissato al valore ottimale per l'azione disinfettante		
	6,5 - 7,5	6,5 - 7,5
Torbidità in SiO ₂		
	≤ 2 mg/L SiO ₂	
(o unità equivalenti di formazina)		
	≤ 4 mg/L SiO ₂	
Solidi grossolani		
	assenti	assenti
Solidi sospesi		
	≤ 2 mg/L (filtrazione su membrana 0,45 μm)	≤ 4 mg/L (filtrazione su membrana 0,45 μm)
Colore		
	Valore dell'acqua potabile	≤ 5 mg/L Pt/Co oltre quello dell'acqua di approvvigionamento
REQUISITI CHIMICI		
Parametro	Acqua di immissione	Acqua di vasca
Cloro attivo libero	0,6 ÷ 1,8 mg/L Cl ₂	0,7 ÷ 1,5 mg/L Cl ₂
Cloro attivo combinato	≤ 0,2 mg/L	≤ 0,4 mg/L
Impiego combinato Ozono-Cloro		
Cloro attivo libero	0,4 [1,6 mg/L Cl ₂	0,4 ÷ 1,0 mg/L Cl ₂
Cloro attivo combinato	≤ 0,05 mg/L Cl ₂	≤ 0,2 mg/L Cl ₂
Ozono	≤ 0,01 mg/L O ₃	≤ 0,01 mg/L O ₃
Acido isocianurico	≤ 75 mg/L	≤ 75 mg/L
Sostanze organiche (analisi al permanganato)		
	≤ 2 mg/L di O ₂ oltre l'acqua di approvvigionamento	≤ 2 mg/L di O ₂ oltre l'acqua di immissione
Nitrati		
	Valore dell'acqua potabile	≤ 20 mg/L di NO ₃ oltre quello dell'acqua di approvvigionamento
Flocculanti		
	≤ 0,2 mg/L in Al o Fe (rispetto al flocculante impiegato)	≤ 0,2 mg/L in Al o Fe (rispetto al flocculante impiegato)
REQUISITI MICROBIOLOGICI		
Parametro	acqua di immissione	acqua di vasca
Conta batterica a 22°C	≤ 100 ufc/1 mL	≤ 200 ufc/1 mL
Conta batterica a 36°C	≤ 10 ufc/1 mL	≤ 100 ufc/1 mL
E. Coli	0 ufc/100 mL	0 ufc/100 mL
Enterococchi	0 ufc/100 mL	0 ufc/100 mL
Staphylococcus aureus	0 ufc/100 mL	≤ 1 ufc/100 mL
Pseudomonas aeruginosa	0 ufc/100 mL	1 ufc/100 mL

siti di qualità dell'acqua in vasca siano raggiunti in qualsiasi punto mentre per l'acqua di immissione il controllo deve essere effettuato ogni qual volta se ne manifesti la necessità, per verifiche interne di gestione o in caso di inconvenienti. Su richiesta della Azienda Sanitaria Locale devono essere quantificate anche la presenza di funghi, lieviti e trialometani (Thm). In particolari condizioni operative (eccesso di bagnati o insufficiente ricambio dell'acqua) può verificarsi la condizione per cui, per mantenere in vasca un livello igienico di sicurezza, si debba dosare un elevato quantitativo di cloro con controindicazioni di varia natura (odore, sapore, irritabilità della pelle, formazione di sottoprodotti indesiderabili ecc). L'elevato valore di dosaggio UV-C impartito all'acqua dall'impianto UV110-12 assicura una riduzione percentuale elevatissima della specie microbiche sopra menzionate, in quanto le stesse risultano essere molto sensibili all'azione della luce ultravioletta. Evidenze sperimentali di tale efficacia emergono dai test microbiologici regolarmente effettuati con frequenza settimanale. Degni di nota sono i risultati emersi in occasione della "24 ore di nuoto", manifestazione che viene organizzata con frequenza annuale dal Centro Nuoto Sestri. Durante tale manifestazione si sono esibite, nell'arco di 24 ore, 600 persone con punte di 80 persone in contemporanea inoltre, sia per problemi logistici che per accentuare le condizioni del test, non sono state previste le docce in entrata, obbligatorie invece durante la normale balneazione. In tale circostanza le misure hanno sempre mostrato un'acqua in uscita dai filtri a sabbia caratterizzata da elevati valori della Conta Batterica Totale (Cbt) viceversa, dopo il passaggio nello sterilizzatore UV-C, tale valore è sempre risultato nullo; ciò a permesso di continuare ad alimentare la vasca con acqua dalle eccellenti caratteristiche microbiologiche.

Considerazioni sulla base dei dati

La sperimentazione, iniziata nel luglio 2003, ha fornito una serie di interessanti dati i quali

verranno comunque ulteriormente confermati ed ampliati grazie all'utilizzo ed al monitoraggio continuo dell'apparecchiatura UV110/12 BE presso il Cns. Dal momento della sua installazione ed attivazione l'impianto ha lavorato in differenti condizioni di utilizzo; quello che è emerso sono dei dati che permettono di fare considerazioni di carattere generale, applicabili a qualsiasi altra realtà simile, molto utili per delineare il quadro delle possibili applicazioni degli impianti UV-C in ambito natatorio.

Conta Batterica Totale

La Cbt in uscita dei filtri a sabbia presenta generalmente valori elevati, soprattutto nei periodi di grande affluenza, il che richiede dosaggi di cloro consistenti onde evitare un eccessivo proliferare in vasca e rispettare i limiti imposti dalla normativa. L'impianto UV110/12BE ha subito dimostrato di poter svolgere un "effetto barriera totale" nei confronti della carica microbica che lo attraversa, la quale risulta essere sistematicamente azzerata ad

ogni ricircolo. La possibilità di effettuare un efficace trattamento microbiologico sull'acqua di ricircolo consente di mantenere operativi anche impianti con potenziali problemi, per i quali sarebbero necessari frequenti e dispendiosi interventi di manutenzione/sanizzazione.

Acqua di alimento

Il Cns utilizza acqua dell'acquedotto per alimentare la vasca natatoria, tuttavia esistono delle realtà in cui l'acqua di alimento, prelevata da fonti diverse (pozzi, sorgenti ecc.) non presenta i requisiti di idoneità microbiologica. In tutti questi risulta particolarmente interessante l'utilizzo di uno sterilizzatore a raggi ultravioletti per il trattamento dell'acqua di alimento.

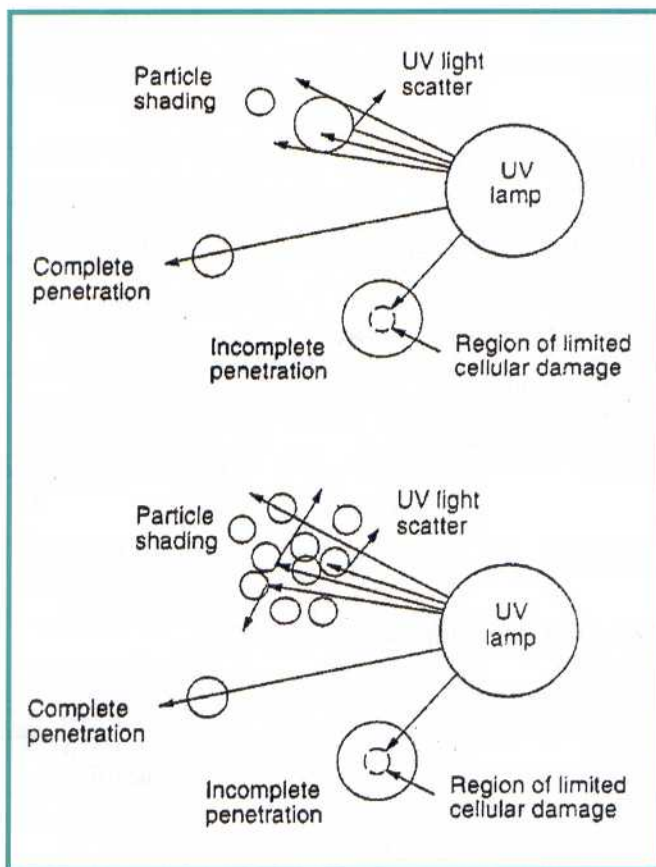
Riduzione dell'utilizzo del cloro

Anche se prima della sperimentazione questo era uno degli aspetti su cui si pensava di avere maggiore riscontro, i fatti hanno dimostrato il contrario, ad ulteriore evidenza degli ambiti di utilizzo delle varie tecniche. L'ultravioletto ha mostrato un'efficacia elevatissima nel suo punto di lavoro, svolgendo un effetto di barriera pressochè totale nei confronti della carica microbica di ricircolo (quasi sempre presente); il cloro invece si rende indispensabile perché, grazie al suo potere di copertura, consente di svolgere la sua azione di presidio in vasca. La qualità dell'acqua in vasca risulta essere influenzata da moltissimi parametri che possono variare in maniera repentina ed imprevedibile (uso delle docce in ingresso, numero dei bagnanti, età e sesso dei bagnanti, presenza di microferite cutanee, ecc); è evidente che, per evitare la proliferazione batterica, deve sempre essere presente in loco una concentrazione di disinfettante attivo (cloro libero).

Riduzione dell'odore e dell'irritabilità

Le cloroammine (cloro combinato) sono sostanze odorose ed irritanti per le mucose, gli occhi e la pelle, le quali si generano dal-

Interazione della luce UV-C con solidi sospesi presenti nell'acqua (fonte Epa Guidance Manual - 1999).



la reazione del cloro con l'ammoniaca (prodotta dalle proteine o naturalmente presente). La luce ultravioletta è in grado di interagire con le cloroammine demolendone la struttura per effetto della fotolisi; ovviamente l'intensità di tale fenomeno dipende dal corretto dimensionamento dell'impianto, ovvero dal dosaggio effettivamente impartito all'acqua oltre che dalla natura dell'onda emessa. Una riduzione di queste sostanze porta ad una migliore qualità dell'acqua, facilmente percepibile dai bagnanti.

Conclusioni

In conclusione si può affermare che l'inserimento di un sistema di disinfezione UV-C nel circuito di trattamento dell'acqua di piscina presenta alcuni aspetti di notevole interesse, sia rispetto ai tradizionali sistemi che vedono l'utilizzo dei soli prodotti a base di cloro, che nei confronti degli alternativi impianti che prevedono l'utilizzo di ozono. Gli steriliz-

zatori a luce ultravioletta correttamente dimensionati presentano i seguenti importanti vantaggi:

- distruzione, ad ogni passaggio, tutti gli agenti microbici presenti nell'acqua;
- azione pressoché istantanea, che avviene nel solo tempo di passaggio (qualche secondo);
- l'installazione e la manutenzione risultano essere semplici e non pericolosi; non è richiesto alcuno stoccaggio di prodotti chimici;
- non inducono alterazioni delle caratteristiche di composizione dell'acqua;
- non inducono alterazioni delle caratteristiche organolettiche dell'acqua.

Ad oggi quindi sembra che il principale vantaggio offerto da un tale impianto, installato nel circuito di trattamento dell'acqua di piscina, non sia tanto da ricercare nel risparmio economico dovuto riduzione del consumo di cloro, quanto nella pos-

sibilità di alimentare la vasca con acqua di ricircolo dalle eccellenti caratteristiche microbiologiche. In sostanza la sperimentazione condotta ci ha portato a concludere che l'integrazione di un tradizionale impianto di trattamento per acqua di piscina con uno sterilizzatore UV-C, può offrire i seguenti importanti vantaggi:

- assoluto rispetto dei parametri previsti dalla legge (Accordo 16 gennaio 2003, Tabella A) per quanto riguarda l'acqua di ricircolo;
- possibilità di mantenere operativi impianti con criticità dovute al rilascio di batteri dai filtri a sabbia, consentendo di contenere la frequenza delle sanattizzazioni;
- possibilità di utilizzare acque di alimento provenienti da pozzi, sorgenti o quant'altro, non necessariamente potabili dal punto di vista microbiologico;
- possibilità di ridurre la concentrazione delle cloroammine.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Pitzurra, S. Franceschini, "Igiene in piscina" Editrice Il Campo, 1992.
- [2] G. Temporelli, "Sterilizzatori d'acqua a raggi UV-C", *L'Ambiente*, 2002, 2.
- [3] "Una migliore qualità dell'acqua per una migliore qualità della vita" pubblicazione Philips, Edizione 06/2003.
- [4] "Disinfection by UV-radiation, germicidal lamps" pubblicazione Philips, Edizione 08/1992.
- [5] "Municipal Wastewater Disinfection", Epa Design Manual, ottobre 1986.
- [6] Accordo 16 gennaio 2003 "Accordo tra il Ministro della salute, le regioni e le provincie autonome di Trento e Bolzano sugli aspetti igienico-sanitari per la costruzione, la manutenzione e la vigilanza delle piscine ad uso natatorio" (*GU* n.51 del 3/3/2002).
- [7] Circolare n.128 del Ministero della Sanità, del 16 luglio 1971 "Vigilanza igienico-sanitaria sulle piscine".