

Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit
Band: 86 (1995)
Heft: 1

Artikel: Aspetti della gestione dell'urea nell'acqua di piscina = Some aspects of the control of urea concentration in swimming pool water
Autor: Jäggli, Mario
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-983622>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Aspetti della gestione dell'urea nell'acqua di piscina

Some Aspects of the Control of Urea Concentration in Swimming Pool Water

Key words: Swimming pools, Water quality, Urea, Chlorine shock

Mario Jäggli

Laboratorio cantonale del Ticino, Lugano

Introduzione

Il rispetto del valore guida di 2 mg/l di urea prescritto dalla norma SIA 385/1 «Qualità dell'acqua e requisiti degli impianti di rigenerazione dell'acqua delle piscine collettive» (1) pone non poche difficoltà ai responsabili della gestione delle piscine aperte, in particolare in quei cantoni dove questa normativa è stata ripresa ed integrata nei dispositivi di legge riguardanti la qualità delle acque di balneazione. Il grafico della figura 1 riporta le concentrazioni medie, massime e minime dell'urea riscontrate dal Laboratorio cantonale in 38 piscine del cantone Ticino. Dallo stesso appare una evidente differenza tra i valori delle piscine aperte (pubbliche e private)

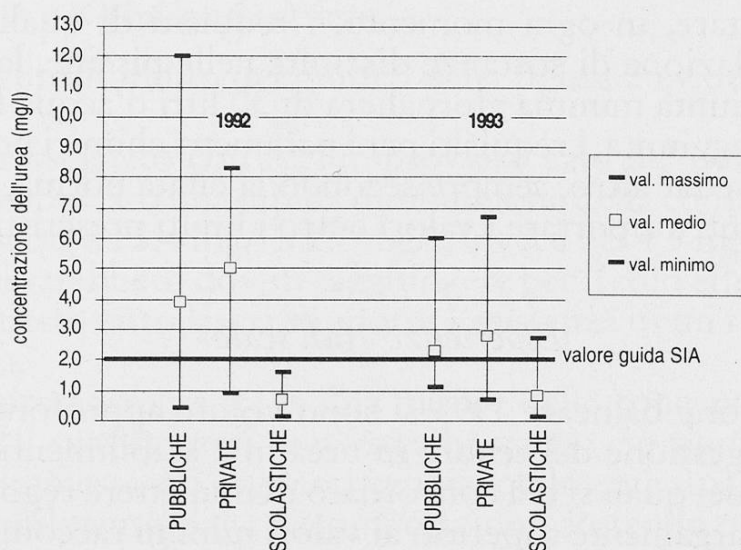


Fig. 1. Concentrazioni di urea riscontrate in Ticino nell'acqua dei bacini aperti di 18 grandi stabilimenti balneari (13 pubblici e 5 privati) ed in quelli chiusi di 20 piscine scolastiche

e quelli delle piscine chiuse (scolastiche), com'era d'altra parte da attendersi in considerazione del modesto grado di sollecitazione di queste ultime. Situazioni analoghe, almeno per le piscine aperte, vengono segnalate dalle autorità di controllo di altri cantoni. Il miglioramento generale riscontrato in Ticino nella stagione estiva 1993 è probabilmente da attribuirsi all'azione di sensibilizzazione svolta dall'autorità cantonale di controllo ed alla conseguente disponibilità dei responsabili degli stabilimenti balneari ad aumentare l'immissione di acqua fresca nei bacini, con notevole incremento dei costi d'esercizio. Meno disposti a spendere, a quanto è dato di vedere, sono stati i proprietari degli stabilimenti privati. Al fine di poter proporre delle misure concrete ed attuabili atte a mantenere sotto controllo questo parametro, si sono innanzitutto effettuate delle prove «full scale» su alcuni impianti per verificare l'efficacia del cosiddetto «shock» di cloro, operazione che, secondo gli addetti ai lavori, oltre all'abbattimento delle clorammine e di buona parte della materia organica disciolta, avrebbe dovuto permettere una sensibile riduzione del tenore in urea. Dai test è invece risultato che un eccesso di 3 mg/l di cloro attivo, dopo un periodo di contatto di una notte intera, porta ad un'abbattimento del tenore di urea di soli 0,1–0,3 mg/l. Una verifica di laboratorio ha poi confermato l'inefficacia di questo trattamento: aggiungendo 5,0 mg/l di cloro attivo ad una soluzione di 4,95 mg/l di urea, dopo 8 ore di contatto la concentrazione dell'urea era rimasta a 4,62 mg/l, con un cloro residuo di 2,75 mg/l. Non potendo ricorrere a questo tipo di soluzione si è dovuta percorrere l'altra ed, apparentemente, unica via possibile: quella della diluizione dell'urea per aggiunta di acqua fresca, operazione che ci accingiamo ad esaminare da vicino, anche perchè un'accurata ricerca bibliografica al riguardo non ha fornito risultato alcuno.

Incremento dell'apporto d'acqua fresca nei bacini

Per poter rispettare, in ogni momento, i requisiti di qualità prescritti e per prevenire l'accumulazione di sostanze disciolte nelle piscine, la norma SIA 385/1 raccomanda un'aggiunta minima giornaliera di 30 litri d'acqua fresca per persona: se, malgrado quest'aggiunta, i requisiti per i parametri chimici non potessero essere rispettati non si deve far altro, sempre secondo la citata norma, che immetterne in quantitativi sufficienti a riportare i valori entro i limiti prescritti.

Esperienze «full scale»

Durante la stagione balneare 1993 si sono volute approfondire le conoscenze sulla possibilità di gestione del tenore in urea in 2 stabilimenti balneari pubblici, nelle vasche aperte dei quali si era concordato di immettere regolarmente quantitativi d'acqua fresca largamente superiori ai valori minimi raccomandati dalla norma SIA. Nel primo, la Piscina comunale di Mendrisio, malgrado un tasso d'apporto giornaliero di acqua fresca 3,2 volte superiore ai 30 l/persona raccomandati dalla

SIA, si sono comunque riscontrate punte che superavano i 5 mg/l di urea; questo impianto, progettato in perfetta conformità alla norma SIA 385/1, durante la stagione 1993 aveva ospitato in media 537 bagnanti (persone) al giorno, con un apporto giornaliero medio di acqua fresca di 52,2 m³, corrispondente a 97,2 l/persona. Il grafico della figura 2 riporta i valori stagionali relativi a questo stabilimento. Nel secondo impianto, la Piscina comunale di Bellinzona, durante la stagione 1993 la concentrazione dell'urea ha potuto essere contenuta entro un massimo di 3,3 mg/l mediante un apporto d'acqua fresca di ben 6,1 volte superiore al valore raccomandato, per un afflusso medio giornaliero di 758 persone ed un consumo medio d'acqua di 138 m³/d, corrispondente a 182 l/persona.

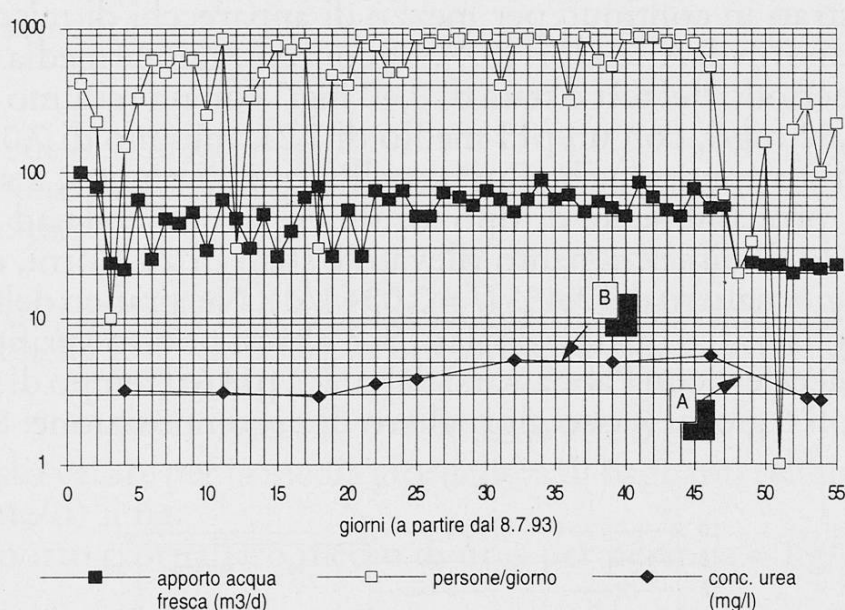


Fig. 2. Piscina comunale di Mendrisio: apporto d'acqua fresca, afflusso giornaliero di bagnanti e andamento della concentrazione dell'urea durante la stagione estiva 1993. Il significato di A e B è spiegato nel testo

Un esame più approfondito del grafico della figura 2 evidenzia due fatti interessanti:

1. Nel tratto contrassegnato con A, l'improvviso calo del numero di ospiti dello stabilimento ha comportato una rapida diminuzione della concentrazione dell'urea che, in 8 giorni, è scesa da 5,4 mg/l a 2,7 mg/l, invece dei 4,9 mg/l che, in base ad un semplice calcolo, si sarebbero dovuti raggiungere per il solo effetto dell'immissione di acqua fresca. Questo fatto lascia supporre l'esistenza di un fenomeno di decomposizione dell'urea.
2. Per il periodo intercorrente tra le due misure della concentrazione dell'urea, il tratto B evidenzia il sussistere di uno «steady state»: ciò significa che in quegli 8 giorni tutta l'urea immessa dai bagnanti veniva totalmente smaltita per effetto della diluizione e, probabilmente, dalla decomposizione. Potendo quindi disporre di un dato quantitativo sul tasso di decomposizione dell'urea, essendo noti i dati d'esercizio della piscina relativi a questo periodo, si renderebbe possibile il calcolo dell'apporto giornaliero medio d'urea per bagnante.

Decomposizione dell'urea

In base alla constatazione del punto 1. del paragrafo precedente e, al riguardo, non essendo stato possibile reperire nessun dato nella letteratura scientifica, si è deciso di effettuare un test di laboratorio volto a quantificare la decomposizione dell'urea nell'acqua di piscina. Durante un periodo di 20 giorni si è seguita l'evoluzione della concentrazione di una soluzione di 5 mg/l di urea, mantenuta ad una temperatura di 22–24 °C ed alle condizioni di pH e di cloro attivo prescritte dalla norma SIA 385/1. Il dosaggio dell'urea veniva effettuato giornalmente, sempre alla stessa ora, secondo il metodo enzimatico proposto da *Pasquier e Grandjean* (2). La concentrazione del cloro attivo ed il valore pH venivano corretti due volte al giorno e misurati e registrati in continuo per mezzo di apparecchi di misura Chemodata 9000 della Chemonorm di Altendorf (SZ). La concentrazione media del cloro attivo riferita a tutto il periodo del test è stata di 0,40 mg/l con un minimo di 0,24 mg/l ed un massimo di 0,62 mg/l, con un pH medio di 7,21, minimo di 7,01 e massimo di 7,45. Si è così potuto appurare che l'urea, nell'acqua di piscina, è soggetta ad una decomposizione, probabilmente di tipo idrolitico, assimilabile ad una cinetica di ordine 1. Il periodo di dimezzamento rilevato è stato di 20 giorni, con un tasso di decomposizione giornaliero del 3,4% ($f = 0,034$ 1/d). Nel grafico della figura 3 sono riportati i valori misurati e quelli calcolati. Si è altresì potuto verificare che questa decomposizione accelera con l'abbassarsi del pH: a pH 6 il tempo di dimezzamento scende infatti a soli 6 giorni (tasso giornaliero di decomposizione: 8,3%).

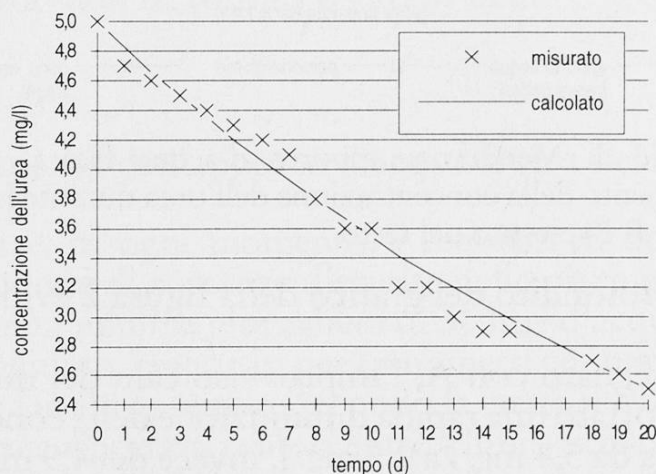


Fig. 3. Decomposizione dell'urea in un'acqua di piscina. Concentrazione media del cloro attivo: 0,4 mg/l, pH medio: 7,21

Valutazione dell'apporto giornaliero medio di urea per bagnante

Come si è visto poc'anzi, dal 8 al 15 agosto 1993, periodo corrispondente al tratto contrassegnato con B nella figura 2, nelle vasche della Piscina comunale di Mendrisio la concentrazione dell'urea si è mantenuta costante attorno ad un valore medio di 5,05 mg/l. L'affluenza media giornaliera, durante quegli 8 giorni, è stata di 729

persone e l'apporto d'acqua fresca di $64,8 \text{ m}^3$. I m^3 d'acqua presenti nei vari bacini erano in totale 2350. Premessa importante è che, in generale, laddove esiste un impianto di ricircolo dell'acqua correttamente impostato, si è potuto constatare che la concentrazione dell'urea risulta estremamente omogenea in tutte le vasche ad esso collegate: è dunque lecito supporre che i 2350 m^3 d'acqua del complesso di vasche in esame siano soddisfacentemente e costantemente rimescolati. In base allo schema della figura 4, essendo nel periodo considerato $\Delta c = 0$, il bilancio di massa dell'urea allo «steady-state» sarà dato da:

$$U_e - U_d - U_u = 0$$

da cui:

$$U_e = U_d + U_u \quad [1]$$

Nella [1] U_d è dato da:

$$U_d = c \cdot f \cdot V \quad [2]$$

dove:

c = concentrazione dell'urea, in mg/l

f = tasso giornaliero di decomposizione dell'urea, in 1/d

U_u è invece dato da:

$$U_u = c \cdot V_a \quad [3]$$

Introducendo i dati numerici disponibili $V_a = 64,9 \text{ m}^3/\text{d}$, $c = 5,05 \text{ mg/l}$, $V = 2350 \text{ m}^3$ ed $f = 0,034 \text{ 1/d}$ nella [2] e nella [3], si possono calcolare i valori di U_d e di U_u che, nella [1], danno:

$$U_e = 327,7 + 403,5 = 731,2 \text{ g/d}$$

Dividendo questo valore per la media giornaliera di bagnanti relativa a quel periodo ($N = 729 \text{ persone/d}$) si ha:

$$u = \text{apporto giornaliero medio di urea per persona} \approx 1 \text{ g/persona}$$

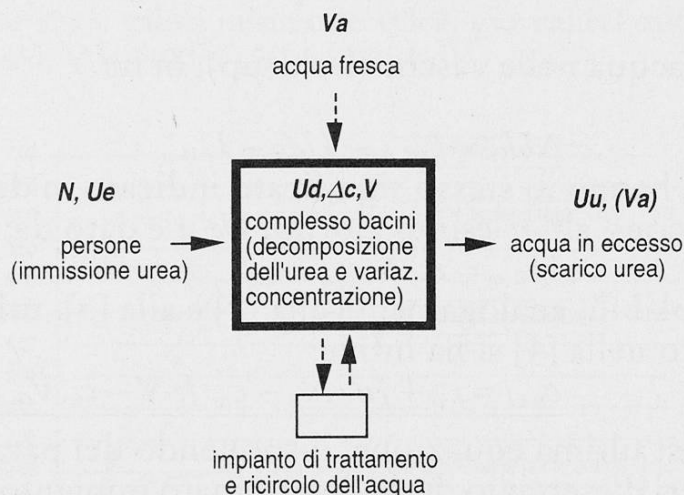


Fig. 4. Schema semplificato dei flussi di urea in un complesso balneare con una o più piscine facenti capo ad un unico impianto di trattamento. (U_e : urea immessa giornalmente in g/d, U_d : urea decomposta giornalmente in g/d, U_u : urea scaricata giornalmente in g/d, Δc : variazione giornaliera della concentrazione dell'urea in mg/l, N : afflusso giornaliero di persone in persone/d, V : volume totale d'acqua nelle vasche in m^3 , V_a : apporto giornaliero d'acqua fresca in m^3/d)

A titolo di confronto è utile sapere che una persona adulta, nelle 24 ore, con un totale di ca. 1 litro di urina espelle in media 20,6 g di urea (3). Grosso modo il grammo di urea espulso in media da ogni ospite giornaliero dello stabilimento, corrisponde a 50 ml d'urina, in perfetto accordo con la letteratura (4). Effettuando lo stesso calcolo con i dati relativi alla piscina comunale di Bellinzona si è potuto confermare l'ordine di grandezza del valore ottenuto: 0,75 g/persona in media, con un massimo di 1 g/persona da metà maggio a metà luglio (acqua fredda e presenza di classi scolastiche e bambini) ed un minimo di 0,5 g/persona da metà luglio a metà settembre (acqua più calda, adulti in vacanza). Il valore di u è dunque influenzato da fattori climatici e, con ogni probabilità, dal grado di civismo dei bagnanti. Va inoltre sottolineato che esso si applica alla totalità degli ospiti di un dato stabilimento, indipendentemente dal fatto se si bagnino o meno.

Tassi d'apporto d'acqua fresca e concentrazione dell'urea

Il fatto di disporre dei valori numerici dei parametri f e u , permette, per mezzo di una elementare procedura iterativa, di seguire l'evoluzione della concentrazione dell'urea nelle vasche di uno stabilimento balneare al fine di ottimizzare l'apporto d'acqua fresca: in base allo schema della figura 4, la concentrazione dell'urea in un dato giorno della stagione balneare, con buona approssimazione, può infatti essere definita da:

$$c_{n+1} = c_n + \Delta U_n / V \quad [4]$$

dove:

c_{n+1} = concentrazione dell'urea nei bacini l' $n+1$ -esimo giorno, in mg/l

c_n = concentrazione dell'urea l' n -esimo giorno, in mg/l

ΔU_n = variazione della massa totale di urea presente nell'acqua l' n -esimo giorno, in g

V = volume totale d'acqua nelle vasche (hold-up), in m^3

ΔU_n è dato da:

$$\Delta U_n = U_{e_n} - U_{d_n} - U_{u_n} \quad [5]$$

dove U_{e_n} , U_{d_n} e U_{u_n} hanno lo stesso significato indicato in didascalia alla figura 4, ma si riferiscono all' n -esimo giorno. U_{e_n} è dato da:

$$U_{e_n} = u \cdot N_n \quad [6]$$

U_{d_n} e U_{u_n} sono calcolabili, analogamente alla [2] e alla [3], utilizzando c_n invece di c . Sostituendo tutto nella [4] si ha infine:

$$c_{n+1} = c_n + [u \cdot N_n - c_n \cdot f \cdot V - c_n \cdot V_{a_n}] / V \quad [7]$$

Per mezzo di quest'ultima equazione, disponendo dei parametri f e u , del dato V e di quelli giornalieri d'esercizio di un determinato impianto, conoscendo inoltre la concentrazione iniziale dell'urea, con buona approssimazione si può simulare l'andamento giornaliero stagionale di quest'ultimo parametro. L'attendibilità del semplice modello di calcolo proposto è confermata dai risultati, rappresentati nella figura 5, della simulazione effettuata con i dati giornalieri del 1993 relativi alla Piscina comunale di Bellinzona. Introducendo nella [7] i valori giornalieri medi stagionali dei parametri N e V_a (invece dei singoli valori giornalieri), si possono poi

agevolmente simulare gli effetti di differenti tassi d'apporto d'acqua fresca sulla concentrazione dell'urea nei bacini. Nel grafico della figura 6 sono infatti rappresentate le curve calcolate in base ai dati 1993 relativi alla Piscina comunale di Mendrisio per differenti tassi d'apporto d'acqua fresca. Il calcolo evidenzia, dopo un periodo di crescita di durata variabile, il raggiungimento di una concentrazione massima di urea il cui valore dipende direttamente dal tasso di apporto d'acqua giornaliero per persona. Con l'attuale media di 97 l/persona, tre volte circa il tasso consigliato dalla SIA, risulta una concentrazione d'equilibrio dell'urea di 4,5 mg/l. Per iterazioni successive si è inoltre potuto calcolare il tasso necessario al raggiungimento del valore guida di 2 mg/l che è risultato essere di 438 l/persona. Utilizzando il tasso di 30 l/persona della SIA ci si situa a valori molto alti di urea, in prossimità della curva d'equilibrio dovuta alla sola decomposizione.

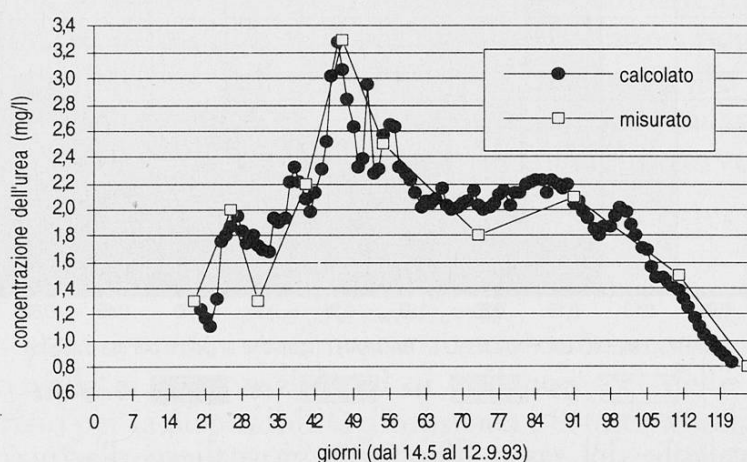


Fig. 5. Piscina comunale di Bellinzona. Evoluzione della concentrazione dell'urea durante la stagione balneare 1993: valori misurati e valori giornalieri calcolati (medie stagionali: $N = 758$ persone/d, $V = 4400\text{m}^3$, $V_a = 138\text{m}^3/\text{d}$)

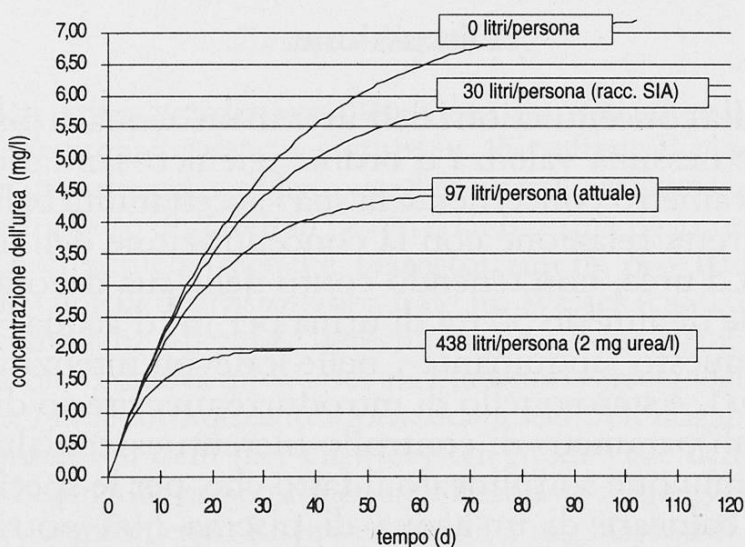


Fig. 6. Piscina comunale di Mendrisio: simulazione della concentrazione dell'urea per diversi tassi d'apporto di acqua fresca ($N = 537$ persone/d, $V = 2350\text{m}^3$)

Il fine ultimo di questo lavoro, come già si è detto, era quello di fornire delle indicazioni utili alla gestione del parametro «urea» nei bacini. Con il metodo di calcolo diffusamente trattato in questo paragrafo è stato infatti possibile allestire l'abaco della figura 7 che, in base al carico giornaliero medio di bagnanti di un dato stabilimento, permette di determinare il tasso d'apporto d'acqua fresca per persona necessario a mantenere la concentrazione massima dell'urea al di sotto di una data serie di intervalli di valori. Come si potrà notare il valore guida di 2 mg/l può essere facilmente rispettato, con contenuti tassi d'apporto d'acqua fresca, solo nelle piscine con scarsissima affluenza. Già a partire da quelle mediamente frequentate, per evidenti ragioni d'ordine economico ed ambientale, risulta praticamente impossibile rimanere al di sotto dei 2 mg/l.

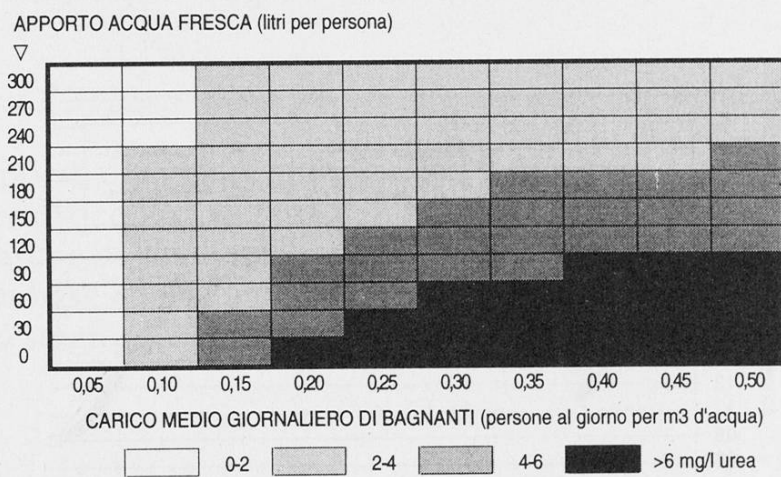


Fig. 7. Abaco per il calcolo del tasso d'apporto giornaliero d'acqua fresca per bagnante necessario a mantenere la concentrazione dell'urea all'interno di un dato intervallo di valori, in funzione della media giornaliera di bagnanti per m³ d'acqua contenuto nei bacini

Discussione

La conoscenza della concentrazione dell'urea in un'acqua di piscina, com'è noto, non ha praticamente nessuna valenza d'ordine igienico-sanitario. Si tratta infatti unicamente di un parametro concernente la sua «accettabilità balneare», in quanto essenzialmente in diretta relazione con la concentrazione dell'urina immessa dai bagnanti. Ogni mg/l d'urea, non tenendo conto della sua decomposizione, corrisponde ad un volume di almeno 50 ml di urina per m³ d'acqua. Il senso di fissare un valore guida per questo «inquinante», nelle lodevoli intenzioni degli estensori della norma SIA 385/1, è stato quello di introdurre un criterio di tipo qualitativo, accanto ai tradizionali parametri di controllo inerenti essenzialmente la salubrità dell'acqua (5). Va comunque sottolineato il fatto che, per le specifiche modalità di impiego, la qualità balneare di un'acqua di piscina non potrà in nessun caso competere con quella delle spiagge dei tropici o dei laghetti e dei ruscelli di montagna, già solo per la percettibile presenza di cloro. E, rispetto all'urea ed

all'urina, non potrà mai offrire quella concentrazione «zero», sogno di tutti i bagnanti. Accettando realisticamente il fatto che l'urina (con il sudore), bene o male, nelle acque di piscina sarà sempre presente, non riteniamo che, per il bagnante, la soglia della «non accettabilità balneare» debba necessariamente iniziare dai 2 mg/l d'urea (1 mg/l nell'edizione 1982 della citata norma, rimasta in vigore fino al 1990), rispettivamente dai 100 ml d'urina/m³ (0,01%) in su. Con quest'ultima considerazione non si intende promuovere un facile e comodo livellamento verso il basso della qualità dell'acqua bensì, alla luce di quanto è emerso dal presente lavoro, si vorrebbe proporre un riesame critico della questione che includa una valutazione globale del problema e che tenga in debito conto il rapporto costi/benefici. Sebbene nella Roma imperiale una parte cospicua degli 800 litri giornalieri d'acqua per abitante erogati dai 14 acquedotti dell'Urbe fosse destinata ad attività balneari (6), c'è da chiedersi se, per gestire troppo rigorosamente e restrittivamente il problema dell'urea, sia economicamente ed ambientalmente proponibile un consumo d'acqua fresca equivalente alla capienza di una o più vasche da bagno per ogni ospite di uno stabilimento balneare. L'abaco della figura 7, per ogni singolo caso, potrebbe già permettere la scelta di un accettabile e praticabile compromesso. Sensibilizzando maggiormente l'utenza dovrebbe poi essere possibile intervenire all'origine di questo particolare e poco invitante tipo di inquinamento.

Ringraziamenti

Un grazie sentito vada ai responsabili ed ai collaboratori delle Piscine comunali di Bellinzona e di Mendrisio per la disponibilità dimostrata e la fattiva collaborazione, ai signori *L. Mottini, F. Valli, S. Cannarozzo* e *A. Hirsbrunner* per l'eccellente lavoro sperimentale svolto ed ai signori *Dr. R. Badiali* e *Dr. M. Jermini* per la discussione critica del manoscritto. Un particolare ringraziamento viene riservato al sig. *W. Hess* per la proficua discussione e la cortese accoglienza nella sua casa di Vico Morcote.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden vor allem jene Faktoren untersucht, die die Harnstoffkonzentration in Schwimmbadwasser beeinflussen. Für offene Becken, die mit Chlor oder Natriumhypochlorit desinfiziert werden, wurden zuerst «full scale»- und Laboruntersuchungen durchgeführt. Die so ermittelten Daten erlaubten die Bestimmung zweier wichtiger Parameter: die durchschnittliche tägliche Harnstoffzufuhr pro Badegast (ca. 1 g Harnstoff/Person) und die tägliche Harnstoffabbaurate im Wasser (ca. 0,034 1/d). Eine einfache iterative, auf die Massenbilanz stützende Berechnungsprozedur erlaubte die Simulation des Harnstoffkonzentrationsverlaufes im Wasser als Funktion verschiedener Betriebsparameter. Da normalerweise die Harnstoffkonzentrationszunahme durch Zugabe von frischem Wasser verhindert wird, wurden mit dem hier entwickelten Modell die dadurch erzielten Effekte unter verschiedenen Bedingungen berechnet. Die Resultate zeigen vor allem, wie die Befolgung des von der SIA empfohlenen Richtwertes von 2 mg Harnstoff pro Liter (SIA-Norm 385/1) einen beträchtlichen Frischwasserkonsum verursachen kann. Die Bedeutung dieser Empfehlung wird kritisch diskutiert.

Résumé

Dans ce travail sont examinés les facteurs qui influencent la concentration de l'urée dans les eaux de piscine. Pour les piscines ouvertes avec désinfection de l'eau par le chlore ou l'hypochlorite de sodium, des essais à l'échelle 1:1 et des tests de laboratoire ont été effectués. Ces travaux permettent de déterminer deux paramètres très importants: l'apport journalier en urée par personne (env. 1 g/personne) et le taux journalier de décomposition de l'urée (0,034 1/d). Par une simple procédure de calcul itératif basée sur le bilan de masse, il a été ensuite possible de simuler l'évolution de la concentration de l'urée dans les bassins en fonction des différents paramètres opérationnels et, en particulier, du taux d'apport en eau par personne. Les résultats montrent que le respect de la valeur de référence de 2 mg d'urée indiquée par la norme SIA 385/1 peut parfois entraîner une forte consommation d'eau.

Summary

The factors which influence the urea concentration in swimming pools were evaluated. Preliminary «full scale» and laboratory investigations allowed the determination of two important parameters for outdoor pools, which are mainly disinfected by chlorine or sodium hypochlorite: the average daily urea contribution per bather (appr. 1 g/person) and the daily decomposition rate of urea in the water (0.034 1/d). A simple iterative calculation procedure based on the mass-balance was used to simulate the evolution of the urea concentration in pool waters as a function of different process parameters. The proposed model was adopted to evaluate and quantify, under different conditions, the effects of the addition of fresh water as a mean to oppose the increase of urea concentration. It was possible to show the difficulties, especially for outdoor pools, in complying with the recommended maximal value of 2 mg urea per liter (SIA Standard 385/1), without contemplating a considerable addition of fresh water. The results of the present investigation allow a critical approach to this recommendation.

Bibliografia

1. *Anonimo*: Qualità dell'acqua e requisiti degli impianti di rigenerazione dell'acqua delle piscine collettive. Norme SIA 385/1 1982 e 385/11 1990.
2. *Pasquier, J.M. et Grandjean, L.*: Méthode de dosage de l'urée dans l'eau de piscine. *Trav. chim. aliment. hyg.* **76**, 464–469 (1985).
3. *Anonimo*: Documenta Geigy – Wissenschaftliche Tabellen, 7. Auflage, pag. 657–661. Herausgeber J.R. Geigy AG, Basel 1968.
4. *Voss, H.*: Das ABC der Wasserpflege im Privatschwimmbad und Hotelschwimmbad, 3. Auflage, pag. 23. Eigenverlag Dr. H. Voss, Düsseldorf 1981.
5. *Hess, W.*, già Presidente della Commissione SIA 173 (ora 385). Comunicazione privata all'autore.
6. *Capacci, C.*: Acquedotti ed acque potabili, pag. 4–18. Ulrico Hoepli editore, Milano 1918.

Mario Jäggi
Laboratorio Cantonale
Via Ospedale 6
CH-6900 Lugano