

Impianto di depurazione e controllo pH automatico

Specifiche di funzionamento per piscine con rivestimento in pietra calcarea naturale

1. Il travertino e l'acqua: un'alleanza naturale

Il travertino nasce in acqua. Si forma per stratificazione di depositi calcarei in sorgenti particolarmente ricche di questo minerale. L'acqua non è quindi un elemento estraneo al travertino: è il suo habitat naturale, l'ambiente in cui si è originato e in cui ha vissuto, in molti casi, per millenni.

La storia conferma questa alleanza. Le antiche terme romane erano per la maggior parte realizzate in travertino. La Barcaccia di Bernini, la Fontana dei Quattro Fiumi, la Fontana di Trevi: tutte opere che contengono acqua, che dall'acqua emergono e dall'acqua sono lambite. Le terme di Saturnia e di Rapolano, oggi ancora visitabili, ci dicono che questa pietra convive con l'acqua per tempi che superano la scala umana.

Quando un cliente chiede se il travertino — o un marmo, o un'altra pietra calcarea — sia un materiale idoneo per la propria piscina, la risposta è dunque pienamente affermativa. Gli accorgimenti tecnici necessari sono pochi, e fanno parte di una buona progettazione e gestione di qualunque piscina in pietra naturale.

Il principio fondamentale

Il travertino, come la maggior parte dei marmi e delle pietre calcaree, ha un unico agente aggressivo: l'acido. Non i prodotti chimici di trattamento, non il cloro, non gli antialga — che, se dosati correttamente, sono perfettamente compatibili con la pietra. L'unica vera minaccia è l'acidità dell'acqua, sia essa cronica (deriva lenta del pH) o acuta (trattamento d'urto con acido). Tutto il presente documento è costruito attorno alla prevenzione, controllo e neutralizzazione di questa unica variabile.

2. La dinamica del pH in piscina

Comprendere come il pH si comporta naturalmente in una piscina è il presupposto per capire perché esiste l'impianto di controllo automatico descritto in questo documento. La narrazione che segue rispecchia esattamente la dinamica che si osserva sul campo.

2.1 Il pH tende a salire

In una piscina esposta al sole e popolata di bagnanti, il pH dell'acqua non resta fermo. Tende ad aumentare per effetto di due fattori:

- **L'azione del sole:** la radiazione solare degrada il cloro libero in acqua, alterando l'equilibrio acido-base del sistema.
- **I residui organici:** sudore, creme solari, foglie, polvere, particelle introdotte dai bagnanti. Tutto questo materiale viene ossidato dal cloro, e il processo libera prodotti basici che alzano il pH.

È una deriva fisiologica, inevitabile in qualunque piscina aperta. Senza un intervento correttivo continuo, il pH può superare facilmente 8 nel giro di pochi giorni.

2.2 Quando il pH è troppo alto, la chimica smette di funzionare

Cloro e antialga sono efficaci solo entro una finestra ristretta di pH (idealmente 7,2–7,6). Sopra questa soglia la loro azione disinfettante crolla rapidamente: a pH 8,0 il cloro libero perde circa il 70% della sua efficacia rispetto a pH 7,2. L'acqua, troppo basica, comincia allora a deteriorarsi. I prodotti chimici presenti non riescono più a contenere la proliferazione di alghe e batteri, e in tempi brevi l'acqua vira al verde.

2.3 La reazione tipica: il trattamento d'urto

Di fronte a un'acqua deteriorata, la pratica diffusa è il cosiddetto trattamento d'urto (o shock): un'immissione massiccia e concentrata di acido per riportare rapidamente il pH a valori operativi, accompagnata da una superclorazione. L'effetto, in apparenza, è esattamente quello richiesto: il pH si abbassa, il cloro torna efficace, l'acqua si schiarisce nel giro di poche ore.

Ed è qui che si danneggia la pietra

Il trattamento d'urto è, dal punto di vista del rivestimento lapideo, l'evento più distruttivo che possa accadere in una piscina. Una dose massiccia di acido immessa in un volume d'acqua relativamente piccolo genera, almeno transitoriamente, zone localmente molto acide — anche con pH inferiore a 5 — che attaccano direttamente il carbonato di calcio della pietra. Non è quindi l'acqua di routine della piscina a logorare il travertino: sono le correzioni reattive, concentrate e periodiche, alle quali si è costretti quando la gestione del pH non è stata continua.

2.4 La doppia minaccia: deriva acida cronica

Esiste anche un secondo scenario di rischio, opposto e meno frequente ma altrettanto dannoso: un pH che scende cronicamente sotto 7,0 per dosaggi mal calibrati o per acqua di rete particolarmente tenera. In questo caso non si tratta di uno shock, ma di un'erosione lenta, continua, che opacizza la superficie della pietra mese dopo mese senza che il proprietario se ne accorga — finché il danno non è macroscopico.

La conclusione è univoca: il rivestimento lapideo si protegge mantenendo il pH stabile in modo continuo, dentro una finestra stretta, ventiquattro ore su ventiquattro. Non si protegge correggendo a posteriori.

3. Architettura dell'impianto

L'impianto si compone di sei sottosistemi integrati. La sequenza idraulica è quella tipica delle piscine a circolazione forzata, ma con un livello di automazione e di sicurezza specificamente calibrato per la protezione del rivestimento in pietra.

3.1 Circuito idraulico principale

- **Skimmer e bocchette di fondo:** raccolgono l'acqua superficiale (impurità galleggianti) e profonda (sedimenti). Posizionamento studiato per evitare zone morte.
- **Pompa di ricircolo:** a velocità variabile (inverter), dimensionata per garantire il ricambio totale del volume vasca ogni 4-6 ore.
- **Pre-filtro a cestello:** trattiene i corpi grossolani prima che raggiungano la pompa.
- **Filtro principale:** preferibilmente a vetro filtrante riciclato attivato (finezza 15 micron) o a diatomee. Più efficienti della sabbia silicea, riducono i consumi di prodotto chimico.
- **Bocchette di mandata:** orientabili, disposte in modo da generare un movimento rotatorio uniforme che eviti stratificazioni termiche e chimiche.

3.2 Sistema di misurazione in continuo

Cuore del controllo automatico. Una cella di analisi installata in derivazione sul circuito di ritorno (mai sul circuito di mandata, per evitare letture falsate dalla chimica appena dosata) alloggia tre sonde permanenti:

- **Sonda pH:** elettrodo in vetro combinato, precisione $\pm 0,01$ unità, con compensazione automatica della temperatura.
- **Sonda Redox (ORP):** misura il potenziale di ossidoriduzione in mV, indicatore indiretto dell'efficacia disinfettante in tempo reale.
- **Sonda di temperatura:** PT100, necessaria per la compensazione delle altre letture e per il controllo del riscaldamento.

Le sonde inviano i dati a una centralina di controllo programmabile con frequenza di campionamento di almeno una lettura ogni 30 secondi.

3.3 Sistema di dosaggio

Due pompe peristaltiche o a membrana, comandate dalla centralina, prelevano il correttivo dai relativi serbatoi e lo iniettano nel circuito di mandata, a valle del filtro:

- **Pompa pH-minus:** dosa il correttivo acido. Da preferire il bisolfato di sodio rispetto all'acido cloridrico diluito, perché meno aggressivo nella diffusione locale e con minore impatto puntuale sulla pietra.
- **Pompa disinfettante:** dosa ipoclorito di sodio, oppure — soluzione raccomandata — viene sostituita da un elettrolizzatore al sale (vedi sezione 5).

I serbatoi sono dotati di sensore di livello con allarme di esaurimento, per impedire il funzionamento a secco delle pompe.

3.4 Centralina elettronica di controllo

Unità a microprocessore con display, connettività Wi-Fi o GSM e applicazione remota. Funzioni essenziali:

- Lettura simultanea di pH, ORP e temperatura.
- Confronto continuo con i set-point programmati.
- Attivazione proporzionale delle pompe dosatrici (algoritmo PID, non semplice on/off).
- Registrazione storica dei valori (data-logging) per almeno 12 mesi.
- Invio di notifiche al gestore in caso di anomalia.
- Blocco automatico del dosaggio in caso di flusso assente o sonda guasta.

4. Funzionamento del controllo pH automatico

4.1 Principio: micro-dosaggi continui al posto degli shock

La filosofia operativa dell'impianto è sostituire la gestione reattiva (shock periodici) con una gestione preventiva (correzioni continue di piccola entità). La centralina, leggendo il pH ogni 30 secondi, interviene non appena rileva uno scostamento minimo dal set-point. Il dosaggio risultante è sempre proporzionato e diluito istantaneamente nel volume circolante della piscina, senza mai generare le concentrazioni acide puntuali tipiche dei trattamenti manuali.

Da questo principio derivano i due vantaggi che giustificano l'intero investimento: la pietra non subisce mai aggressioni acide localizzate, e l'acqua mantiene una qualità stabile senza richiedere correzioni d'urto.

4.2 Logica di controllo PID

L'algoritmo di regolazione è di tipo PID (Proporzionale-Integrale-Derivativo) ad anello chiuso. Tre componenti agiscono insieme:

- **Proporzionale:** dose il correttivo in misura proporzionale all'entità dello scostamento dal set-point.
- **Integrale:** compensa derive lente e sistematiche.
- **Derivativo:** anticipa l'intervento sulla base della velocità di variazione del pH.

Un semplice algoritmo on/off (presente nelle centraline economiche) genera oscillazioni e sovradosaggi, ed è quindi sconsigliato nelle piscine con rivestimento lapideo.

4.3 Set-point e parametri operativi

La centralina deve essere programmata sui seguenti valori di riferimento:

| Parametro | Valore di set-point |
|---------------------------|------------------------------------|
| pH | 7,4 (range 7,3-7,5) |
| Banda morta pH | ±0,05 unità |
| ORP | 650-720 mV |
| Temperatura acqua | 26-28 °C (piscine residenziali) |
| Alcalinità totale (TAC) | 80-120 ppm (controllo settimanale) |
| Durezza calcica | 200-400 ppm (controllo mensile) |
| Indice di Langelier (LSI) | $-0,2 \leq LSI \leq +0,2$ |

Nota tecnica: il set-point a 7,4 è leggermente più alto del valore tipico delle piscine convenzionali (7,2). La scelta pone l'acqua in una zona di lieve sovrasaturazione rispetto al carbonato di calcio, riducendo la velocità di dissoluzione della pietra. Il modesto rischio di micro-precipitazione è ampiamente preferibile al rischio di erosione.

4.4 Sicurezze e blocchi automatici

La centralina deve interrompere autonomamente il dosaggio in presenza di una o più delle seguenti condizioni:

- Flussostato sul circuito di ricircolo che segnala assenza di flusso.
- Lettura della sonda fuori dal range di plausibilità (pH < 6,5 o > 8,5).
- Tempo di dosaggio continuo superiore alla soglia massima programmata (tipicamente 15 minuti).
- Allarme di livello vuoto sul serbatoio del correttivo.
- Errore di comunicazione fra sonda e centralina.

Ogni blocco genera una notifica al gestore e viene registrato nel log dell'impianto.

Perché i blocchi di sicurezza sono indispensabili

Una sonda pH guasta che restituisca un valore costantemente elevato può indurre la centralina a dosare acido senza interruzione. Senza i blocchi descritti, in poche ore il pH della vasca può crollare sotto 6, con effetti analoghi a un trattamento d'urto incontrollato. Il danno al rivestimento sarebbe irreversibile e non coperto da garanzia.

5. Sistema di disinfezione

La scelta del sistema disinfettante incide direttamente sulla durata del rivestimento. PIETRE DI RAPOLANO® raccomanda, in ordine di preferenza:

5.1 Elettrolisi salina (soluzione raccomandata)

Una concentrazione di 3–5 g/l di sale (NaCl) nell'acqua viene scissa elettroliticamente da una cella in titanio, generando cloro attivo in modo continuo e controllato. Vantaggi nelle piscine in pietra: produzione costante e a basso impatto puntuale, assenza di shock chimici da dosaggio manuale, ricombinazione del cloro in sale dopo l'azione disinfettante (ciclo chiuso). L'acqua salina ha inoltre un comfort sensoriale superiore (meno irritante per pelle e occhi).

La centralina pilota la cella in funzione del valore ORP letto in tempo reale: quando il potenziale scende sotto soglia, la produzione di cloro aumenta automaticamente.

5.2 Sistemi complementari

- **Lampada UV-C:** installata in linea sul circuito di ritorno, abbate la carica microbica residua e permette di mantenere il cloro a livelli minimi (0,3–0,5 ppm).
- **Ozonizzatore:** alternativa di alta gamma, particolarmente indicata in piscine indoor o di pregio. Richiede camera di contatto e degasatore.

Da evitare assolutamente: pastiglie di tricloro o dicloro a rilascio lento collocate negli skimmer. Generano localmente un pH estremamente acido (3–4) che, transitando sulla superficie della pietra, ne provoca un'erosione concentrata e visibile entro pochi mesi. Da evitare anche i trattamenti d'urto manuali, per le ragioni esposte alla sezione 2.

6. Filtrazione e ricircolo

Una filtrazione efficiente riduce il fabbisogno di prodotti chimici, perché un'acqua più pulita richiede meno disinfettante per essere mantenuta in classe igienica. Nelle piscine in pietra questo si traduce in minore stress chimico sul rivestimento e in maggiore stabilità del pH.

- **Velocità di filtrazione:** ridotta ($25\text{--}35\text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$) per massimizzare la ritenzione dei solidi fini.
- **Media filtrante:** vetro riciclato attivato, finezza 15 micron (contro i 30–40 micron della sabbia silicea).
- **Controlavaggio:** automatico, programmato in funzione della perdita di carico letta dai manometri di ingresso e uscita filtro.
- **Tempo di ricircolo:** almeno il volume totale ogni 4 ore nei mesi di utilizzo; possibile riduzione invernale a 8 ore con piscina coperta.

7. Piscine a sfioro: considerazioni aggiuntive

Le piscine a sfioro — in cui l'acqua tracima da uno o più lati della vasca verso una canalina di raccolta, creando un flusso continuo lungo il bordo — introducono un secondo fattore di stress sulla pietra: l'azione idroabrasiva dello scorrimento. Su una pietra perfettamente protetta dal punto di vista chimico questo passaggio non comporta alcun deterioramento significativo. Se però l'acqua è anche solo leggermente acida, i due effetti si combinano e amplificano vicendevolmente: lo scorrimento

espone continuamente nuova superficie all'aggressione chimica, accelerando la dissoluzione del bordo.

La conclusione operativa è semplice: per le piscine a sfioro il controllo automatico del pH non è raccomandato, è imprescindibile. La banda di tolleranza del set-point deve inoltre essere ridotta a $\pm 0,03$ unità, e il dosaggio del correttivo va frazionato in più iniezioni di minore entità lungo l'arco della giornata.

8. Manutenzione dell'impianto

Frequenza giornaliera (automatica):

- Verifica dei parametri da display o app remota.
- Controllo notifiche di allarme.

Frequenza settimanale (operatore):

- Test manuale di confronto pH e cloro con kit colorimetrico (verifica della taratura delle sonde).
- Controllo livello serbatoi correttivi.
- Pulizia cestelli skimmer e pre-filtro pompa.
- Misurazione di alcalinità totale e durezza calcica.

Frequenza mensile (tecnico):

- Calibrazione delle sonde pH e ORP con soluzioni tampone.
- Ispezione tubi peristaltici delle pompe dosatrici (sostituzione preventiva ogni 12 mesi).
- Verifica della cella elettrolitica (eventuale decalcificazione).
- Backwash del filtro.

Frequenza annuale (intervento programmato):

- Sostituzione degli elettrodi pH e ORP (vita utile tipica 12-18 mesi).
- Revisione completa di pompe, valvole e flussostato.
- Verifica dei sigillanti e dello stato del rivestimento lapideo.
- Rinnovo del trattamento idro-oleorepellente protettivo sulla pietra.

Telemetria e tracciabilità

Tutti i dati registrati dalla centralina (pH, ORP, temperatura, eventi di dosaggio, allarmi) devono essere conservati ed esportabili. Questo log non è solo uno strumento diagnostico: è la documentazione che attesta la corretta gestione dell'impianto e, in caso di contestazione su difetti del rivestimento, costituisce la prova oggettiva della conformità ai parametri raccomandati da PIETRE DI RAPOLANO®.

9. Riferimenti normativi e tecnici

- UNI 10637 — Requisiti di qualità dell'acqua di piscina.
- DIN 19643 — Trattamento dell'acqua per piscine e bagni.
- Accordo Stato-Regioni 16/01/2003 — Aspetti igienico-sanitari per la costruzione, manutenzione e vigilanza delle piscine ad uso natatorio.
- Indice di Saturazione di Langelier (W.F. Langelier, 1936) — Modello di riferimento per l'equilibrio calcio-carbonatico.

PIETRE DI RAPOLANO® — Documento tecnico di accompagnamento

Le specifiche contenute in questo documento costituiscono raccomandazione tecnica per la corretta gestione di piscine rivestite con materiali lapidei naturali forniti da PIETRE DI RAPOLANO®. La conformità a tali specifiche è condizione per la validità delle garanzie sul rivestimento.