



GUIDA TECNICA · MISURARE L'ACQUA

Strisce reattive, test a gocce, penne digitali, fotometri, sonde multiparametriche in continuo. Ognuno di questi strumenti risponde a una domanda diversa, e quasi tutti i problemi di interpretazione nascono dal fare a uno strumento la domanda di un altro. Qui c'è il confronto onesto, metodo per metodo, con quello che ognuno risponde davvero.

In breve

- La precisione di una singola misura e la copertura nel tempo sono due qualità diverse, e un controllo occasionale può dare solo la prima.
- Un test a gocce fatto una volta al mese è dodici campioni all'anno: ottimi campioni, ma dodici.
- Il KH da sonda è **KH calcolato, non titolato**: un valore derivato, che mostra la tendenza della riserva alcalina.
- Una sonda va calibrata e tenuta pulita: è così che la lettura resta esatta, e della pulizia si occupa la spazzola autopulente.
- Attenzione all'unità: l'analisi dell'acquedotto italiano dà la durezza in **gradi francesi (°f)**, i kit Sera e JBL in **°dKH / °dGH**. Chi confonde i due sbaglia di quasi un fattore due.
- I cianobatteri (alghe verdi-azzurre) sono l'unico parametro che nessun metodo hobbistico legge in alcun modo.

Le due domande che gli strumenti non si scambiano

Chi tiene koi da qualche anno ha in casa almeno una valigetta di test a gocce e sa usarla. Il problema non è più la competenza analitica: è che l'informazione che serve per governare un laghetto ha due dimensioni indipendenti.

La prima è l'**esattezza del singolo valore**: quanto è vicino al vero il numero che leggo adesso. È la dimensione su cui si giudica uno strumento, e la dà il sensore giusto per quel parametro, calibrato correttamente.

La seconda è la **copertura temporale**: quanti dei momenti rilevanti dell'anno ho effettivamente osservato. Un anno ha 525.600 minuti. Un keeper diligente che misura ogni domenica mattina ne osserva 52. E i momenti che contano davvero — il minimo di ossigeno prima dell'alba, l'escursione giornaliera del pH ad agosto, il picco di nitriti a 2-5 giorni dalla pulizia del filtro, la diluizione della riserva alcalina durante una bomba d'acqua di settembre — hanno la sgradevole abitudine di non capitare la domenica mattina.

La dimensione che manca a quasi tutti è la seconda, e non si compra con uno strumento più preciso: si ottiene soltanto misurando senza interruzioni. Una sonda di livello industriale che legge ogni pochi minuti risponde alla domanda *quando*, ed è la domanda su cui si perdono i pesci.

Confronto sintetico

METODO	COSA LEGGE IN MODO UTILE	RISOLUZIONE REALISTICA	FREQUENZA PRATICABILE	LIMITE PRINCIPALE
Strisce reattive	ordine di grandezza dei nitrati e del pH	a gradini larghi; nessuna risoluzione utile alle basse concentrazioni di ammoniaca e nitriti; KH e GH spesso inaffidabili	quotidiana se si vuole	lettura soggettiva, degrado rapido del flacone aperto
Test a gocce (reagente)	KH per titolazione, nitriti, azoto ammoniacale totale, nitrati, GH	KH 1 °dKH per goccia; pH ±0,2-0,3	settimanale o mensile	tempo, scadenza dei reagenti, lettura del colore
Penna/tester digitale	pH, ORP, conducibilità, TDS	0,01 di risoluzione, ma esattezza = qualità della calibrazione	quotidiana	deriva rapida, giunzione che si sporca, conservazione sbagliata dell'elettrodo
Fotometro	gli stessi parametri colorimetrici, senza il giudizio dell'occhio	la migliore fra i metodi discreti	settimanale	costo per analisi, interferenza da torbidità e colore
Sonda multiparametrica in continuo	andamento di temperatura, pH, ossigeno, conducibilità, torbidità, ammonio e nitrati (ORP opzionale)	esattezza di livello industriale, ottima ripetibilità	continua, ogni pochi minuti	calibrazione periodica e posizionamento corretto della sonda

Strisce reattive

Hanno un impiego legittimo e uno illegittimo. Legittimo: l'ordine di grandezza in trenta secondi, per esempio per sapere se i nitrati sono nell'ordine delle decine o delle centinaia. Illegittimo: usarle per stabilire un valore da cui far dipendere un dosaggio, e soprattutto fidarsene alle basse concentrazioni, che è esattamente dove ammoniaca e nitriti fanno danno: a quei livelli una striscia restituisce un colore pallido e discutibile, a metà fra due tacche della scala. Fra 0 e 0,25 mg/l di ammoniaca totale passa la differenza fra un filtro sano e un filtro che sta cedendo, e su una striscia quella differenza è una sfumatura di verde da leggere a occhi socchiusi in pieno sole.

I difetti sono strutturali, non di marca. Il confronto cromatico dipende dalla luce ambiente — la stessa striscia letta all'ombra di un gazebo e sotto il sole di mezzogiorno dà due risultati diversi. I gradini della scala sono larghi. E soprattutto le strisce sono igroscopiche: un flacone aperto e richiuso venti volte in un'estate umida

padana ha reagenti già parzialmente degradati, e degradano in silenzio, restituendo valori che sembrano plausibili. Le scale di durezza carbonatica su striscia sono le meno affidabili di tutte, e proprio la durezza carbonatica è il parametro dove un errore costa di più.

Test a gocce (test a reagente)

Sono lo strumento di casa più diffuso nel laghetto italiano, e per buone ragioni. Ma vanno distinti caso per caso, perché non hanno tutti la stessa qualità.

KH: il test a gocce è una titolazione vera

La titolazione è un metodo primario: si aggiungono gocce finché il colore vira, e ogni goccia vale tipicamente 1 °dKH. Non c'è interpretazione di sfumature, c'è un cambio di colore netto. È così che la durezza carbonatica (KH) viene determinata per titolazione, una goccia alla volta e una volta sola.

Ammoniaca: leggere l'etichetta prima del risultato

I kit venduti in Italia riportano quasi sempre l'**azoto ammoniacale totale**, cioè la somma di **ammonio (NH₄⁺)**, praticamente innocuo, e **ammoniaca libera (NH₃)**, tossica. La ripartizione fra i due è determinata da pH e temperatura, e la differenza è enorme: lo stesso valore totale che a pH 7,0 non fa alcun danno, a pH 8,5 e 28 °C corrisponde a una frazione libera diverse volte superiore alla soglia comunemente citata di 0,05 mg/L. I kit migliori includono la tabella di conversione: va usata, sempre, e va usata con il pH misurato *nello stesso momento* del prelievo, non con quello di ieri. Approfondimento su ammoniaca e nitriti.

pH: il punto debole

Un comparatore colorimetrico dà, realisticamente, $\pm 0,2$ -0,3 unità. Sembra poco finché non ci si ricorda che l'escursione giornaliera del pH di un laghetto sano è una frazione di punto: l'incertezza del metodo è dello stesso ordine del fenomeno che si vorrebbe osservare. Con un test a gocce si può stabilire che il pH è "circa 7,8"; non si può seguire un'oscillazione notturna né cogliere l'inizio di un crollo del pH.

Gestione dei reagenti

I reagenti scadono, e i flaconi dei kit koi vivono spesso anni in un capanno che d'estate va oltre i 40 °C. Va annotata la data di apertura sul flacone. Un reagente per nitriti stanco tende a sottostimare — cioè a rassicurare — che è il modo peggiore di sbagliare.

Penne e tester digitali

Una penna pH costa poco, mostra 0,01 di risoluzione e per questo viene creduta più della valigetta. È un errore di logica: la risoluzione è quante cifre lo strumento mostra, l'esattezza è quanto quelle cifre corrispondono al vero. Su un elettrodo a vetro l'esattezza dipende interamente dalla calibrazione.

- **Calibrazione a due punti** con soluzioni tampone (tipicamente 4,01 e 6,86, oppure 6,86 e 9,18 se il laghetto sta sull'alcalino). Un punto solo corregge l'offset ma non la pendenza, e la pendenza è ciò che si degrada con l'età dell'elettrodo. Chi vuole il termine metrologicamente corretto: si parla di *taratura*; nell'uso comune, e nel resto di questa guida, diciamo calibrazione.
- **Frequenza**: per una penna economica usata in laghetto, mensile è il minimo ragionevole, settimanale se si prendono decisioni sul dato.

- **Conservazione:** il bulbo va tenuto umido nella soluzione di conservazione a base di KCl. Conservarlo in acqua distillata, o asciutto nel cappuccio, è il modo più rapido e più comune di uccidere un elettrodo. Un elettrodo lasciato seccare per un inverno non si recupera, si sostituisce.
- **Vita utile:** 12-24 mesi in uso reale. Un elettrodo che non riesce più a calibrare correttamente su due tamponi è finito, non va "aggiustato".
- **Conducibilità e TDS:** molto più robusti del pH, con una avvertenza che genera confusione. Il TDS non è misurato: è la conducibilità moltiplicata per un fattore di conversione scelto dal costruttore (spesso 0,5, spesso 0,7). Due penne diverse sullo stesso bicchiere danno due TDS diversi ed entrambe hanno ragione. Confrontare sempre la conducibilità in $\mu\text{S}/\text{cm}$, non il TDS.

Fotometro

È il salto di qualità per chi vuole numeri seri sui parametri colorimetrici: toglie di mezzo il giudizio dell'occhio e la luce ambiente, e su nitriti, ammonio, fosfati e ferro dà risultati di un altro livello rispetto alla scala di carta. Ha due limiti reali. Il primo è che resta un metodo discreto: un fotometro eccellente usato una volta al mese produce comunque dodici punti all'anno. Il secondo è l'interferenza: torbidità elevata e acqua colorata falsano la lettura, quindi in piena acqua verde o dopo una piena di argilla il campione va filtrato prima. Le cuvette graffiate o con impronte sono l'errore banale che spiega la metà delle letture strane.

Sonda multiparametrica e monitoraggio in continuo del laghetto

È il metodo che risponde alla seconda domanda — *quando* — e va valutato per quello. Una sonda immersa in modo permanente campiona ogni pochi minuti e rende visibili fenomeni che per costruzione nessun metodo a campione può vedere: la curva dell'ossigeno disciolto che scende dal tramonto al minimo prima dell'alba, l'amplarsi progressivo dell'escursione giornaliera del pH nelle settimane in cui la riserva alcalina si consuma, il gradino di conducibilità di un cambio d'acqua, il calo di temperatura e di KH nell'ora di un temporale di settembre.

Vale la pena di essere espliciti su cosa una sonda misura direttamente e cosa invece calcola.

PARAMETRO	ORIGINE DEL DATO	NOTA
Temperatura	misurata	riferimento per tutto il resto
pH	misurato	indicatore in ritardo: si muove quando la protezione è già andata
Ossigeno disciolto (mg/l e % saturazione)	misurato	sensore ottico, faccia da tenere pulita
Potenziale redox (ORP)	canale opzionale	indicatore di tendenza, non un valore assoluto da inseguire
Conducibilità	misurata	in $\mu\text{S}/\text{cm}$; la base per salinità e TDS
Torbidità	misurata	in NTU; non distingue alghe sospese da limo o argilla in sospensione
Ammonio (NH4) e nitrati (NO3)	misurati	elettrodi iono-selettivi

PARAMETRO	ORIGINE DEL DATO	NOTA
KH	derivato (calcolato, non titolato)	dato di tendenza continuo, ricavato da pH, conducibilità e temperatura
Ammoniaca libera (NH3)	derivata	calcolata da ammonio, pH e temperatura
Nitriti	derivati	valore di tendenza, ricalcolato in continuo
Salinità, TDS	derivati	dalla conducibilità
Cianobatteri (ficocianina)	canale opzionale	restituisce una tendenza, non una conta cellulare, e non misura le tossine
Durezza totale (GH)	non misurata e non riportata	vedi sotto

Quello che va saputo, per intero

- **Calibrazione.** I sensori a elettrodo vanno calibrati periodicamente con soluzioni tampone: è l'operazione che tiene la lettura esatta, e su un impianto seguito è programmata, non lasciata al caso.
- **Sporcamento e biofouling.** Una faccia ottica in acqua a 28 °C si vela in giorni. La **spazzola autopulente** è esattamente la risposta a questo, e va accompagnata da un controllo visivo periodico come qualunque parte immersa.
- **I derivati dipendono dai misurati.** L'ammoniaca libera calcolata è esatta quanto il pH da cui viene ricavata, perché quella ripartizione è governata proprio dal pH.
- **Non rileva malattie o parassiti.** Vede l'acqua, non il pesce.

Registrare batte ricordare. Accanto ai valori vanno annotati l'ora e quello che è successo quel giorno: cambio d'acqua, pulizia del filtro, trattamento, temporale, ospiti che hanno dato da mangiare. Dopo tre mesi la serie storica racconta il tuo laghetto meglio di qualunque tabella generica, e da quel momento una lettura in continuo non è più un numero: è una previsione.

KH e GH: due numeri, due mestieri

È l'ambiguità più costosa di tutta la manualistica sull'acqua, e vale la pena di fissarla qui. La **KH tampona il pH, il GH no; il GH riguarda calcio e magnesio, cioè la fisiologia osmotica del pesce, non la stabilità del pH.** Sono entrambi chiamati "durezza" e servono a due cose diverse.

La durezza carbonatica (KH), o alcalinità totale, è funzionalmente la *riserva alcalina* del laghetto: la quantità di acido che l'acqua può neutralizzare prima che il pH si muova. La durezza totale (GH) — in alcune fonti italiane "durezza generale" — non tampona nulla. Nel nostro sistema **il GH non viene misurato né riportato.**

La trappola delle unità, tutta italiana. I kit Sera e JBL venduti in Italia stampano °dKH e °dGH, gradi tedeschi. L'analisi dell'acquedotto che consulti per l'acqua di rubinetto riporta la durezza in **gradi francesi (°f)**, dove $1\text{ °f} = 10\text{ mg/l di CaCO}_3$. Chi legge "durezza 28 °f" e conclude di avere 28 °dKH sbaglia di quasi il doppio, e nella direzione sbagliata dal punto di vista della sicurezza.

$1\text{ °dKH} = \text{circa } 17,9\text{ mg/l di CaCO}_3 = \text{circa } 1,79\text{ °f}$; quindi $\text{°dKH} = \text{°f diviso } 1,79$. Quei 28 °f sono circa 15,6 gradi tedeschi. E c'è un secondo passaggio che quasi nessuno fa: il valore dell'acquedotto è *durezza totale*, non KH. Dice che l'acqua è calcarea e in che ordine di grandezza, non quanta riserva alcalina hai. Il KH del laghetto si misura nel laghetto.

Il parametro che nessun metodo hobbistico legge

I **cianobatteri (alghe verdi-azzurre)** non hanno alcun test da valigetta. Nessuna striscia, nessun reagente, nessuna penna li rileva, e nemmeno la torbidità aiuta, perché la torbidità non sa distinguere le alghe sospese dal limo o dall'argilla in sospensione. L'unico approccio strumentale accessibile è la fluorescenza della **ficocianina**, il pigmento specifico dei cianobatteri: nel nostro sistema è un *canale opzionale che restituisce una tendenza, non una conta cellulare, e non misura le tossine*. Serve a vedere che una popolazione sta crescendo prima che l'acqua cambi aspetto, non a dire se quell'acqua sia tossica. È una distinzione importante e va tenuta ferma.

Come misurare, indipendentemente dallo strumento

- **Sempre lo stesso punto e la stessa profondità.** Mai nella cascata o nel ritorno: è il punto più ossigenato e meno rappresentativo del laghetto.
- **Sempre la stessa ora.** Un pH senza orario non è confrontabile con nient'altro, perché il pH del laghetto è diverso alle 6 e alle 16 per ragioni fisiologiche normali.
- **Registrare, non ricordare.** Valore, ora, temperatura dell'acqua, e cosa è successo quel giorno: cambio d'acqua, pulizia del filtro, trattamento, temporale, ospiti che hanno dato da mangiare. Metà delle anomalie si spiega da sé quando c'è la nota accanto.
- **Risciacquare la provetta con l'acqua del laghetto** prima del prelievo, e leggere il colore su fondo bianco, alla luce del giorno, non in controluce.
- **Quando due metodi litigano, non scegliere il più comodo:** ripetere la misura, alla stessa ora e nello stesso punto. Un reagente scaduto, una cuvetta con le impronte e un prelievo fatto nella cascata spiegano la gran parte dei disaccordi.

Il calendario italiano delle misure

Che strumenti si abbiano, ci sono momenti dell'anno in cui una misura vale dieci.

PERIODO	COSA MISURARE CON PRIORITÀ	PERCHÉ
Febbraio-marzo	temperatura, con continuità	le prime giornate di sole ingannano: la falsa primavera è l'errore classico dell'alimentazione anticipata
Aprile-maggio	KH, ammonio, nitriti	il filtro si sta riavviando e il consumo di riserva alcalina è al massimo stagionale; è il momento in cui quasi nessuno controlla il KH
Giugno-agosto	ossigeno di notte, escursione del pH, conducibilità	caldo, consumo massimo, e al Sud l'evaporazione che concentra tutto il disciolto
Metà agosto	tutto, in continuo	il paese è chiuso, il proprietario è via, e il laghetto è nel tratto meno indulgente dell'anno
Settembre-ottobre	KH e temperatura durante e dopo la pioggia	una bomba d'acqua porta in un'ora un grosso volume freddo e privo di potere tampone
Novembre-gennaio	al Nord poco, al Sud ammonio	al Sud la fascia 8-12 °C non è vero letargo: il metabolismo continua e il filtro lavora al rallentatore

Per gli intervalli di riferimento parametro per parametro, vedi la [tabella dei valori dell'acqua](#); per la gestione dei ricambi la guida al [cambio d'acqua](#).

Domande frequenti

Se ho già una buona valigetta di test a gocce, che cosa aggiunge una sonda in continuo?

Aggiunge la copertura nel tempo, che è la dimensione che manca. Un test a gocce fatto ogni domenica produce 52 osservazioni all'anno, e gli eventi che contano — il minimo di ossigeno prima dell'alba, il picco di nitriti due-cinque giorni dopo la pulizia del filtro, la diluizione della riserva alcalina durante un temporale di settembre — non hanno alcun motivo di capitare la domenica mattina. Una sonda di livello industriale che legge ogni pochi minuti risponde alla domanda "quando", ed è la domanda su cui si perdono i pesci.

Il KH letto dalla sonda è una titolazione?

No: il KH del sistema è calcolato, non titolato. È un valore derivato da pH, conducibilità e temperatura, aggiornato ogni pochi minuti da sensori di livello industriale, e va letto per quello che sa fare: mostra la riserva alcalina consumarsi settimana dopo settimana, o crollare nell'ora di una pioggia intensa. È l'informazione che una titolazione mensile, per costruzione, non può dare.

La mia analisi dell'acquedotto dice durezza 28: significa che ho 28 °dKH?

No, ed è l'errore di unità più diffuso in Italia. L'acquedotto riporta in gradi francesi (°f), dove $1\text{ °f} = 10\text{ mg/l di CaCO}_3$, mentre i kit Sera e JBL stampano gradi tedeschi (°dKH, °dGH). La conversione è: $1\text{ °dKH} = \text{circa } 17,9\text{ mg/l di CaCO}_3 = \text{circa } 1,79\text{ °f}$, quindi $\text{°dKH} = \text{°f diviso } 1,79$. Quei 28 °f sono circa 15,6 gradi tedeschi. Attenzione al secondo passaggio: il numero dell'acquedotto è durezza totale, non KH. Dice che l'acqua è calcarea, non quanta riserva alcalina hai nel laghetto. Il KH del laghetto si misura nel laghetto.

La mia penna pH mostra due decimali: perché non dovrei fidarmi più che del test a gocce?

Perché risoluzione ed esattezza sono cose diverse. La risoluzione è quante cifre lo strumento mostra, l'esattezza è quanto quelle cifre corrispondono al vero, e su un elettrodo a vetro l'esattezza dipende interamente dalla calibrazione. Serve una calibrazione a due punti con soluzioni tampone, ripetuta almeno mensilmente, e il bulbo va conservato umido nella soluzione a base di KCl: tenerlo in acqua distillata o lasciarlo asciugare nel cappuccio è il modo più comune di rovinarlo. Un elettrodo che non calibra più su due tamponi va sostituito, non aggiustato. Con la penna ben calibrata la lettura è superiore a quella colorimetrica; con la penna trascurata è peggiore, e con due decimali rassicuranti.

Esiste un test hobbistico per i cianobatteri?

No. Nessuna striscia, nessun reagente e nessuna penna rileva i cianobatteri, e nemmeno la torbidità aiuta, perché non distingue le alghe sospese dal limo o dall'argilla in sospensione. L'unico approccio strumentale accessibile è la fluorescenza della ficocianina, il pigmento specifico di questi organismi: è un canale opzionale che restituisce una tendenza, non una conta cellulare, e non misura le tossine. Serve a vedere una popolazione che cresce prima che l'acqua cambi aspetto, non a stabilire se quell'acqua sia tossica.

Ogni quanto va calibrata la sonda?

La calibrazione dei sensori a elettrodo è l'unica manutenzione ricorrente, e si fa con soluzioni tampone in un unico passaggio guidato: è l'operazione che tiene la lettura esatta. Le ottiche le tiene libere la spazzola autopulente, con un controllo visivo di tanto in tanto come per qualunque parte immersa. Su un impianto che seguiamo la calibrazione è programmata, non lasciata al ricordo del proprietario: la facciamo noi durante l'assistenza, oppure è un passaggio di pochi minuti da fare in autonomia.
