

# Titolazione KH automatica

Tempo di lettura: ~15 minuti · Tempo di esecuzione: ~30 minuti setup + 1-2h calibrazione e tuning · Pubblico: chi ha già una dosometrica configurata (vedi [guida 11](#)) e vuole automatizzare la misurazione del KH

**Guida avanzata** — non parte del percorso onboarding 01-08. Richiede dosometrica con almeno 3 canali liberi + sonda pH dedicata.

## 1. Cosa stai per fare

Il **KH** (durezza carbonatica, misurata in **dKH** o "gradi tedeschi di durezza carbonatica") è uno dei parametri più importanti in una vasca reef: misura la capacità dell'acqua di "tamponare" il pH, ed è il principale indicatore del consumo dei tuoi coralli.

Il KH si misura tradizionalmente con un **kit a goccia**: prendi un campione di acqua, aggiungi reagente acido goccia per goccia finché un indicatore vira di colore, e conti le gocce. Procedura semplice ma:

- Va fatta **almeno 1 volta a settimana** (idealmente più spesso per chi cambia i parametri)
- Richiede precisione manuale (le gocce non sono mai esattamente uguali)
- È **soggettiva** sul viraggio del colore
- Non lascia traccia storica spontanea

Il **titolatore KH automatico** fa esattamente lo stesso processo, ma con una macchina precisa al centesimo di ml, attivabile **on-demand o schedulata ogni notte**, con storico permanente nel portale.

In questa guida configurerai:

- L'**assegnazione di 3 canali della dosometrica** ai ruoli Campione / Reagente / Scarico
- La **sonda pH dedicata** alla camera di titolazione
- (Opzionale) Una **smart plug per un agitatore** che mescola il campione + reagente
- I **parametri di misurazione** (volume campione, step di reagente, pH target di viraggio, sicurezze)
- La **calibrazione del fattore** (= "quanti dKH equivalgono a 1 ml di reagente?")
- (Opzionale) L'**esecuzione giornaliera schedulata** (es. ogni notte alle 03:00)

**Costo iniziale non banale:** titolatore = dosometrica (almeno 3 canali liberi) + sonda pH dedicata + camera + reagente HCl. Se hai già la dosometrica della guida 11, questa è un'estensione naturale. Se non ce l'hai ancora, configurala prima.

## 2. Cosa ti serve

### Hardware

- Una **dosimetrica JoyReef** configurata e online ([guida 11](#)) con **almeno 3 canali liberi** (non già usati per Balling/oligoelementi)
- Una **sonda pH** dedicata alla camera di titolazione, **NON la sonda del reattore** né quella della vasca: è una terza sonda. Collegata a un **device pH dedicato** (vedi [guida 18](#)) e **calibrata**
- Una **camera di titolazione**: piccolo contenitore (50-100 ml) in cui avviene la reazione, con:
  - Ingresso per il campione (acqua vasca)
  - Ingresso per il reagente (HCl)
  - Uscita per lo scarico
  - Foro per la sonda pH
  - (Opzionale) un piccolo agitatore magnetico o una pompa di ricircolo
- **Reagente HCl diluito** in concentrazione nota (tipicamente 0,1 M, acquistabile online o presso negozi specializzati reef)
- Tre tubi peristaltici dedicati per le 3 pompe (campione/reagente/scarico)

### Smart plug (opzionale)

- Una **smart plug** per l'**agitatore** della camera (se ne hai uno). Se l'agitatore è incluso nella camera e funziona meccanicamente con una pompa di ricircolo sempre accesa, non serve.

### Software / configurazione preliminare

- Una **vasca primaria** già impostata ([guida 04](#))
- Un **test KH a goccia affidabile** (Salifert, Red Sea, Hanna, ecc.) per la calibrazione iniziale del fattore — **fondamentale**

**Il reagente HCl è corrosivo.** Tieni il flacone lontano da bambini/animali, indossa guanti quando lo manipoli, non far cadere gocce su metalli. Quando il reagente finisce, il sistema continuerà a "girare a vuoto" finché non scatta la sicurezza max\_reagent\_ml → tieni sotto controllo il livello del flacone.

## 3. Come funziona la titolazione automatica

### Il principio chimico (in 30 secondi)

Il KH misura quanto **acido** serve per portare l'acqua a un pH "neutro acido" (pH ~4.5). Più KH = più potere tamponante = più reagente necessario per scendere a quel pH.

Procedura:

1. **Prendi un volume fisso** di acqua vasca (es. 50 ml) — chiamato "campione"
2. **Aggiungi acido HCl in piccoli step** (es. 0,1 ml alla volta)
3. **Misura il pH** dopo ogni step, aspettando che si stabilizzi
4. **Continua finché il pH scende sotto il target** (es. 4.5)
5. **I ml totali di acido usati** sono proporzionali al KH

Formula:

$$\text{dKH} = \text{ml\_reagente\_usati} \times \text{fattore (dKH/ml)}$$

Il **fattore** dipende dalla concentrazione del tuo reagente specifico e dal volume del campione. Si ricava una volta (calibrazione) e poi resta valido finché non cambi reagente o volume campione.

## Cosa fa la macchina in pratica (sequenza)

ALL'AVVIO della misurazione:

1. SAMPLE pump: pompa SAMPLE\_ML ml di acqua vasca nella camera
2. MIXER ON: accende l'agitatore (se configurato)
3. settle SETTLE\_SECONDS sec

LOOP di titolazione:

4. REAGENT pump: pompa STEP\_ML ml di HCl
5. settle SETTLE\_SECONDS sec
6. LEGGE pH dalla sonda
7. se  $\text{pH} > \text{target\_ph} - 0.5$ : continua con step normali (loop step 4)  
se  $\text{pH} > \text{target\_ph}$ : passa a fine step (FINE\_STEP\_ML, più precisi)  
se  $\text{pH} \leq \text{target\_ph}$ : misurazione completa, esci
8. controllo sicurezze:
  - se totale reagente  $> \text{MAX\_REAGENT\_ML}$  → FAULT
  - se durata totale  $> \text{MAX\_DURATION\_SECONDS}$  → FAULT

A FINE misurazione:

9. CALCOLA:  $\text{dKH} = \text{ml\_totali\_reagente} \times \text{fattore}$
10. MIXER OFF
11. DRAIN pump: svuota la camera
12. RINSE LOOP  $\times$  RINSE\_CYCLES:
  - a. SAMPLE pump: RINSE\_ML ml di acqua vasca (per pulire residui reagente)
  - b. DRAIN pump: svuota
13. SALVA risultato + invia a portale

## Step grossi e fini

Lo `step_ml` (es. 0,1 ml) è il volume aggiunto a ogni iterazione "normale" — veloce ma rischia di "superare" il target.

Il `fine_step_ml` (es. 0,02 ml) si attiva quando ci si avvicina al target ( $\text{pH} < \text{target} + 0.5$ ): più lento ma più preciso.

Risultato: misurazione precisa al  $\pm 0,05$  dKH in 5-15 minuti.

## 4. Step 1 — Calibra la sonda pH dedicata

**Prima di tutto.** Una sonda non calibrata = misurazione KH errata.

Stessa procedura della sez. 6 della [guida 18](#): apri il **device pH** della camera di titolazione in **Dispositivi**, vai alla sezione **Calibrazione** ( `portal.joy-reef.com/ph/{id}` ) e calibra con buffer pH 7.0 e pH 4.0.

La sonda usata per la titolazione è un **device pH separato** rispetto a quello del reattore di calcio e a quello della vasca: assegnagli un nome chiaro (es. "pH titolazione KH") per non confonderti durante la calibrazione e ricalibrazione.

**Ricalibra ogni 2-3 mesi:** questa sonda è particolarmente importante perché determina la precisione del KH. Si sporca/avvelena facilmente per via dei residui di reagente: pulisci con acqua RO ad ogni manutenzione.

## 5. Step 2 — Apri la pagina Titolazione KH

Dal portale JoyReef:

1. Apri [portal.joy-reef.com](https://portal.joy-reef.com) e accedi
2. Nel menu di sinistra clicca su **"Titolazione KH"** (può essere in *Config* → *Titolazione KH*)
3. Oppure vai direttamente a `portal.joy-reef.com/kh-titration`

Si apre la pagina **"KH titolazione"** con un header che mostra stato (Attivo/Spento) + "Ultima esecuzione: --" e un bottone "Salva impostazioni".

Vedrai un **banner arancione "Configurazione incompleta"** finché non avrai selezionato dosometrica + 3 pompe + sonda pH. È normale al primo accesso.

PLACEHOLDER - KH - PAGE - EMPTY

**Immagine da inserire qui (Pagina KH vuota):** screenshot della pagina al primo accesso, con il toggle "Attiva" spento e il banner "Configurazione incompleta" visibile.

## 6. Step 3 — Configura i dispositivi

Nella sezione "**Dispositivi**" trovi 6 menu in 2 gruppi.

### Gruppo principale

- **Dosometrica:** seleziona la dosometrica che userai per la titolazione (deve essere già configurata, guida 11)
- **Sonda pH:** seleziona il **device pH** della camera di titolazione (vedi [guida 18](#))
- **Presa agitatore (opz.):** se hai un agitatore su smart plug, selezionalo. Altrimenti lascia "Nessuna".

### Assegnazione pompe

Una volta selezionata la dosometrica, compaiono 3 menu per assegnare i ruoli:

- **Campione:** seleziona il **canale della pompa** che pompa l'acqua dalla vasca alla camera (es. "Pompa 4")
- **Reagente:** il canale che pompa il reagente HCl dal flacone alla camera (es. "Pompa 5")
- **Scarico:** il canale che svuota la camera nello scarico (es. "Pompa 6")

**Importante:** i 3 canali assegnati alla titolazione **non possono essere usati per altre dosi** (Balling, oligoelementi, ecc.). Il sistema li tratta come dedicati. Se hai bisogno di tutti i 6 canali per altre dosi, ti serve una seconda dosometrica.

Se accanto a un canale nella lista vedi "(programmata)" significa che ha già delle dosi schedulate dalla pagina dosometriche: usarlo per la titolazione **disattiverebbe quelle dosi**. Scegli un canale libero.

PLACEHOLDER-KH-DEVICES

**Immagine da inserire qui (Sezione Dispositivi compilata):** screenshot con dosometrica selezionata, sonda pH selezionata, e 3 canali assegnati (Pompa 4 = Campione, Pompa 5 = Reagente, Pompa 6 = Scarico).

## 7. Step 4 — Imposta i parametri di misurazione

Nella sezione "**Parametri**" ci sono 9 campi. **Sembrano tanti, ma la maggior parte si lascia al default** per la prima misurazione.

| Campo             | Valore consigliato | Cosa significa                                                                                   |
|-------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Campione (ml)     | 50                 | Volume di acqua vasca prelevato per ogni misurazione. Più alto = più preciso ma usa più reagente |
| Risciacqui        | 2                  | Numero di cicli di pulizia della camera dopo la misurazione                                      |
| Risciacquo (ml)   | 30                 | Volume di acqua vasca per ogni risciacquo                                                        |
| Step (ml)         | 0.1                | Quanti ml di reagente aggiungere a ogni iterazione "normale"                                     |
| Fine step (ml)    | 0.02               | Quanti ml di reagente a ogni iterazione "fine" (vicino al target)                                |
| pH target         | 4.50               | Il pH al di sotto del quale la misurazione è completa                                            |
| Attesa (sec)      | 15                 | Tempo di stabilizzazione del pH dopo ogni step di reagente                                       |
| Max reagente (ml) | 10                 | Sicurezza: se serve più di tanto reagente, fault (KH > 20, anomalia)                             |
| Max durata (sec)  | 1200 (20 min)      | Sicurezza: se la misurazione dura più di tanto, fault                                            |

**Quando modificare i default:** - **Vasca con KH > 14** (rara): aumenta Max reagente a 15-20 - **Reagente più diluito** (es. 0,05 M invece di 0,1 M): aumenta sia Step ml (a 0.2) sia Max reagente - **Vasca con KH < 5** (rara, malsana): riduci Step ml a 0.05 per non superare il target con un solo step

PLACEHOLDER-KH-PARAMS

**Immagine da inserire qui (Sezione Parametri compilata):** screenshot dei 9 campi con valori di default (50, 2, 30, 0.1, 0.02, 4.50, 15, 10, 1200).

## 8. Step 5 — Calibrazione del fattore (cruciale)

Senza calibrazione, il sistema sa quanti ml di reagente sono stati usati ma **non sa quanto vale 1 ml in dKH**. La calibrazione si fa una sola volta (per ogni nuovo lotto di reagente o cambiamento di volume campione).

## Procedura

1. **Misura il KH attuale della vasca con un test a goccia affidabile** (Salifert, Red Sea Pro, Hanna).  
Annota il valore con almeno 1 decimale (es. 8.2 dKH).
2. Vai nella pagina KH titolazione, sezione **"Azioni"**
3. Inserisci il valore misurato nel campo **"KH di riferimento (dKH)"** (es. 8.2)
4. Clicca **"Calibra"**
5. Il sistema avvia una misurazione completa, calcola quanti ml di reagente sono serviti, e usa il KH di riferimento per calcolare il **fattore (dKH/ml)** che salva e userà da quel momento

La calibrazione dura 5-15 minuti. Durante l'esecuzione vedi nella sezione "Stato":

- **Pillola "In corso"** (animata)
- Il fattore corrente (vuoto fino a fine)
- Il timestamp "Ultima esecuzione: --" che si aggiornerà

A fine calibrazione, nella sezione "Stato" vedi:

- **Fattore (dKH/ml)**: il valore appena calcolato (es. 0.40 dKH/ml = 1 ml di reagente vale 0.4 dKH)
- **Pillola "Pronto"** (verde)
- **Ultima esecuzione**: timestamp recente

## Quando ricalibrare

- **Dopo ogni nuovo lotto/flacone di reagente** (concentrazioni variano leggermente fra lotti)
- **Se modifichi il volume del campione** (sample\_ml)
- **Se i valori restituiti dalle misurazioni si discostano sistematicamente** dai test a goccia di controllo
- **Ogni 6 mesi** per sicurezza

PLACEHOLDER-KH-CALIBRATION

**Immagine da inserire qui (Calibrazione completata):** screenshot della sezione Stato + Azioni con fattore = 0.40 dKH/ml, pillola verde "Pronto", e campo "KH di riferimento" compilato a 8.2.

## 9. Step 6 — Esegui la prima misurazione di test

Dopo la calibrazione, esegui una misurazione di verifica.

Nella sezione **"Azioni"**, clicca **"Esegui ora"**.

Il sistema parte e fa lo stesso ciclo della calibrazione (5-15 minuti). Stato "In corso" → "Pronto" a fine.

Quando finisce:

- Nella sezione "**Storico**" in fondo alla pagina vedi una nuova riga "Misura" con il valore dKH calcolato e il timestamp
- Nella sezione "**Stato**" in alto vedi "Ultima esecuzione" aggiornato

**Verifica:** confronta il valore restituito con un test a goccia in parallelo. Devono essere **entro  $\pm 0.3$  dKH** uno dall'altro.

- Se sono molto diversi ( $> 0.5$ ) → ricalibra
- Se sono entro  $\pm 0.3$  → ottimo, il sistema è tarato

**Per i primi 3-5 misurazioni** confronta sempre con il test a goccia per essere sicuro che il sistema sia stabile. Dopo, puoi fidarti del solo titolatore (con un controllo a goccia di tanto in tanto, es. mensile).

## 10. Step 7 — Schedula la misurazione automatica

Una volta che il sistema funziona affidabilmente, schedalo perché misuri da solo.

Nella sezione "**Programmazione**":

### Passo 1: attiva la schedula

Clicca il toggle "**Esecuzione giornaliera**" → diventa verde.

### Passo 2: scegli l'orario

Nel campo "**Orario**" scegli quando far partire la misurazione. Consigliato:

- **03:00-04:00:** notte profonda, lo schiumatoio non disturba, hai il dato al risveglio
- **Non in orari di alta attività** della vasca (luce piena, alimentazione)

Nessuna selezione di giorni: la misurazione **si esegue una volta al giorno**, ogni giorno.

### Passo 3: attiva il toggle generale e salva

Sopra la sezione configurazione c'è il toggle "**Attiva**" principale (deve essere verde) e in alto a destra il bottone "**Salva impostazioni**". Clicca salva.

Banner verde di conferma.

Da questo momento, ogni notte all'orario impostato il sistema:

1. Esegue la titolazione (~10 min)
2. Aggiunge il risultato nello storico
3. Aggiorna l'"Ultima esecuzione" + il valore corrente del KH

**Immagine da inserire qui (Schedulazione attiva):** screenshot della sezione Programmazione con toggle "Esecuzione giornaliera" attivo e orario "03:00".

## 11. Lettura dello Storico

Nella sezione "**Storico**" in fondo alla pagina vedi le ultime N misurazioni con:

- Timestamp
- Valore dKH
- Tag "Misura" (esecuzione normale) o "Calibrazione" (esecuzione di taratura)

Le calibrazioni sono evidenziate diversamente perché non sono "misurazioni operative" ma cambi di parametro fattore.

**Andamento KH nel tempo:** per vedere il trend completo (non solo le ultime N) vai nella sezione **Sensori** o nella **Dashboard** della vasca: il KH è esposto come metrica con grafico storico, derivato dalle misurazioni del titolatore.

## 12. Se qualcosa non va

### "Configurazione incompleta" anche dopo aver compilato tutto

- Hai selezionato la dosometrica ma non hai ancora assegnato le 3 pompe? Verifica che tutti i 3 menu (Campione/Reagente/Scarico) siano popolati
- Hai dimenticato la sonda pH? È obbligatoria (l'agitatore no)

### "Ultimo errore: ..." nello stato

Il device ha fallito l'ultima esecuzione. Errori più comuni:

- **"Max reagente raggiunto"** = serviti più di `max_reagent_ml` (10ml di default) senza arrivare al target pH. Cause:
  - **Sonda pH guasta o non calibrata** → ricalibra (sez. 4)
  - **Reagente diluito o scaduto** → sostituisci con flacone nuovo, ricalibra il fattore
  - **KH della vasca veramente molto alto** (>14): aumenta `max_reagent_ml`

- **"Max durata raggiunto"** = la misurazione ha sfiorato `max_duration_seconds` (1200 di default). Cause:
- **Pompa reagente bloccata** → controlla tubo
- **Settle troppo alto** + tanti step = misurazione molto lunga: riduci `Attesa (sec)` a 10 o `Step ml` a un valore più alto
- **"Pompa offline"** = la dosometrica non risponde

## Le misurazioni si discostano di 0.5-1 dKH dal test a goccia

- **Fattore di calibrazione obsoleto** (reagente cambiato) → ricalibra
- **Sonda pH che drifta** → ricalibra
- **Camera di titolazione "contaminata"** da una misurazione precedente → aumenta `Risciacqui` da 2 a 3-4
- **Test a goccia poco affidabile** (forse è quello sbagliato, non il titolatore): confronta con un altro test a goccia di marca diversa per essere sicuro

## Pompa campione/reagente che non pompa

Stessi sintomi della guida 11: tubo intasato, tubo peristaltico usurato, recipiente vuoto. Vedi sez. 11 della [guida 11](#).

## La camera di titolazione "trabocca" o non si svuota

- **Drain pump troppo debole** rispetto al volume totale (`sample_ml + max_reagent_ml + rinse_ml × cycles`). Aumenta il numero/durata del drain, o cambia pompa
- **Tubo di scarico ostruito** → controlla
- **Foro di scarico nella camera mal posizionato** rispetto al livello operativo (resta del residuo dopo lo svuotamento): riposiziona o sostituisci la camera

## La schedula non parte

- **Toggle "Attiva" principale spento** → in cima alla pagina deve essere verde
- **Toggle "Esecuzione giornaliera" spento** → nella sezione Programmazione, deve essere verde
- **Orario sbagliato** → verifica formato 24h
- **Dosometrica offline** alle ore di esecuzione → controlla connettività
- **Una misurazione precedente ancora in corso** (stato "In corso" da > 30 min) → c'è un blocco, riavvia il dosatore

## Sospetto contaminazione (es. KH letto sempre più alto della realtà)

I residui di reagente di una misurazione precedente "falsificano" la successiva. Sintomi: prima misurazione del giorno corretta, misurazioni successive sempre più alte.

- **Aumenta i Risciacqui** da 2 a 3-4
- **Aumenta il Risciacquo (ml)** da 30 a 50

## 13. Prossimo passo

Hai la misurazione automatica del KH operativa. Con questo dato sotto controllo:

- Puoi **identificare rapidamente** quando il KH scende (= coralli che consumano, devi aumentare le dosi del Balling o del reattore di calcio)
- Puoi **ridurre la frequenza** dei test a goccia (controllo mensile invece che settimanale)
- Hai **storico permanente** del KH visibile nella dashboard

Estensione naturale: **automazione del dosaggio in base al KH letto**. Esempio: "se  $KH < 7.5$  → aumenta automaticamente la dose giornaliera di Balling B del 5%". Per ora questa logica si fa a mano dalla pagina dosometrica; quando il refactor automazioni sarà completato (vedi guida 09, in arrivo), si potrà creare una regola che chiude il loop automaticamente.

**Limite attuale:** il titolatore misura una volta al giorno, le correzioni delle dosi le fai a mano osservando il trend. È già un grande passo avanti rispetto al test a goccia, e di solito sufficiente per vasche stabili.