

## Misura della quantità di sale in acquario marino

La concentrazione di sali in acqua rappresenta per un acquario marino uno dei parametri fondamentali per la sopravvivenza di pesci ed invertebrati.

Esistono differenti modi di esprimere la concentrazione di questi sali in vasca, a seconda dei diversi modi con cui la si misura e delle unità di misura con cui viene espressa. L'unico modo che ne consente la misurazione per via elettronica è quello di misurare la conducibilità dell'acqua. Per questo tutti gli strumenti elettronici presenti sul mercato misurano questa grandezza e danno poi la possibilità di ricavare le altre in maniera indiretta.

Gli strumenti comunemente utilizzati per questo tipo di misurazione sono :

Strumento	Grandezza rilevata	Unità di misura relativa
Celle di conducibilità	Conducibilità	mS/cm
Idrometro a lancetta	Gravità specifica (+ salinità)	adimensionale ( +PSU/ppt)
Idrometro a galleggiamento	Gravità specifica	adimensionale
Rifrattometri	Gravità specifica (+ salinità)	adimensionale ( +PSU/ppt)

Tali strumenti si basano su principi fisico-chimici diversi e forniscono risultati espressi con unità di misura differenti a seconda del parametro che lo strumento misura: conducibilità, salinità, gravità specifica, densità.

Tali grandezze possono essere convertite una con l'altra grazie ad apposite tabelle ma è molto importante sottolineare che esistono diverse variabili da considerare, prima tra le quali la Temperatura.

### Conducibilità

La conducibilità è una grandezza elettrica proporzionale alla concentrazione di sali minerali disciolti nell'acqua (cioè dalla salinità) e dalla mobilità degli stessi (dipendente dalla temperatura e dalla pressione). E' possibile misurarla elettricamente e viene espressa in mS/cm (milliSiemens al centimetro) oppure  $\mu$ S/cm (microSiemens al centimetro).

Esistono in commercio moltissimi tipi diversi di celle (sonde) adatte a questo tipo di misurazione, differenti per numero di elettrodi e materiale degli stessi.

Essendo la temperatura un elemento fortemente influente nella misura, il sistema Aquatronica prevede la compensazione di temperatura automatica e per questo non è necessaria nessuna correzione tramite formule matematiche o tabelle. Il risultato che viene visualizzato sul display dello strumento, corrisponde alla conducibilità rilevata in acqua di acquario riferita e quindi corretta ad una temperatura di riferimento di 25°C. In questo modo è possibile paragonare il valore letto con qualsiasi altro valore ottenuto con uno strumento che utilizzi come scala di riferimento quella a 25°C. Se la conducibilità visualizzata fosse quella effettiva, ovvero quella relativa alla temperatura effettivamente presente in acquario, l'operazione di conversione nelle altre unità di misura risulterebbe molto complicata e sarebbe facile commettere errori.

La compensazione automatica di temperatura viene effettuata non solo in fase di lettura, ma anche in fase di calibrazione dello strumento. Per questo motivo è possibile mantenere la soluzione di taratura a temperatura ambiente durante la procedura di calibrazione, senza dover necessariamente portarla a 25°C prima di procedere.

Una volta ottenuta la lettura in mS/cm si può risalire alla corrispondente densità, salinità e gravità specifica (vedi tabella alla fine di questo documento, che ha come temperatura di riferimento 25°C).

## Salinità

La salinità (S) si può essenzialmente definire come la concentrazione totale dei solidi disciolti (sali) in un liquido. Nell'acqua di mare, dove l'elemento predominante è l'NaCl (cloruro di sodio), la salinità è di circa 35 ppt o parti per mille, ovvero 35g di sale ogni 1000g di acqua.

La misurazione in ppt può essere equiparata alla misurazione in PSU (practical salinity units) che è definita in termini di rapporto di conducibilità elettrica tra la soluzione campione e quella di una soluzione di KCl (Cloruro di Potassio) di riferimento (32.43g/Kg, 15°C, 1 atm).

## Densità e Gravità Specifica

La densità (d) è un parametro fisico-chimico che rappresenta il rapporto tra la massa e il volume di un liquido, o più semplicemente, il volume che una certa massa di sostanza occupa. È solitamente espressa in g/l (grammi/litro) e per un acquario di barriera dovrebbe essere mantenuta ad un valore di circa 1.023 g/l .

Generalmente, un liquido o un gas espande il suo volume quando la temperatura aumenta, mentre diminuisce il suo volume quando la temperatura si abbassa. L'acqua differisce in parte da questa regola generale: diminuisce il suo volume (e quindi aumenta la sua densità) man mano che la temperatura si abbassa, ma solo fino a 3.98°C. In questo punto raggiunge la sua densità massima (circa uguale a 1), dopodiché, al diminuire della temperatura il volume comincia a crescere e la densità diminuisce. È ormai noto a tutti infatti che il ghiaccio ha densità minore rispetto all'acqua pur occupando un volume maggiore.

Da questa regola si evince perfettamente che la temperatura alla quale si effettuano le misurazioni di densità è un parametro molto importante da tenere in considerazione per avere risultati corretti, riproducibili e affidabili. La gravità specifica (SG), detta anche densità relativa, è definita come il rapporto tra la densità di un campione ad una data temperatura e quella di uno standard ad una data temperatura.

Esistono diverse temperature standard che si possono considerare: per esempio 3.98°C, 15°, 20°C o 25°C.

La SG di un campione di acqua con salinità pari a 35 varia a seconda degli standard utilizzati come riferimento (vedi tabella sottostante).

Standard	SG	Range
d <sup>4</sup> / <sub>4</sub>	1.0278	1.027-1.029
d <sup>15.6</sup> / <sub>15.6</sub>	1.0269	1.026-1.028
d <sup>20</sup> / <sub>20</sub>	1.0266	1.026-1.028
d <sup>25</sup> / <sub>25</sub>	1.0264	1.025-1.028
d <sup>15.6</sup> / <sub>4</sub>	1.0259	1.025-1.027
d <sup>20</sup> / <sub>4</sub>	1.0248	1.024-1.026
d <sup>25</sup> / <sub>4</sub>	1.0234	1.022-1.025

Nella dicitura "d<sup>20</sup>/<sub>4</sub>", ad esempio, il 20 indica la T dell'acqua alla quale la densità è misurata, mentre 4 indica la temperatura dell'acqua alla quale è comparata.

**NB:** Si deve fare molta attenzione perché è molto facile confondere queste due grandezze, poiché vengono espresse con numeri che si assomigliano molto ma che in realtà sono molto diversi. Se ad esempio prendiamo i valori di Densità e Gravità specifica alla salinità ideale di 35ppt avremmo che :

Densità = 1.023 g/l circa

Gravità specifica = 1,026 circa

Bisogna quindi prestare attenzione al fatto che il punto e la virgola sono simili ma cambiano pesantemente il senso della misura che si sta dando.

## Strumenti di misura

Gli strumenti di per la misurazione della **Conducibilità** sono generalmente circuiti elettronici più o meno complessi che sfruttano un segnale analogico proveniente da una **cella di conducibilità**.



Queste celle permettono al circuito elettronico di far circolare in una piccola porzione di acqua una piccola corrente alternata.

Misurando la resistenza elettrica che offre l'acqua al passaggio degli elettroni si può facilmente risalire a quanta corrente conduce e misurare appunto la conducibilità.



Figura 1) Cella di conducibilità

Per la misura della **gravità specifica** (SG) ci si affida agli **Idrometri a galleggiamento**.

Il principio sul quale questi strumenti funzionano è noto come Principio di Archimede: un corpo immerso totalmente o parzialmente in un fluido riceve una spinta verticale, detta forza di galleggiamento, dal basso verso l'alto pari al peso di una massa di fluido di forma e

Figura 2) Idrometro a galleggiamento

volume uguale a quella della parte immersa del corpo. In parole più semplici, un corpo riceve dal basso verso l'alto una spinta pari al peso del volume di liquido spostato.

Di conseguenza, se si conosce la massa dell'oggetto che galleggia e si conosce il volume di liquido che sposta, è possibile sapere la densità del liquido. L'idrometro sfrutta questo principio. Nella parte superiore dello strumento è applicata una scala di riferimento sulla quale è possibile leggere il valore di SG in base a quanto lo strumento galleggia.

Come la temperatura influenza la densità, allo stesso modo influenza significativamente la SG.

Gli idrometri sono tarati ad una temperatura standard (di solito 20 o 25°C) alla quale bisogna fare riferimento per risalire alla SG corretta: il valore che si rileva dal galleggiamento infatti non è quello reale perché la temperatura dell'acquario non è sicuramente quella alla quale lo strumento è stato tarato. Occorre risalire tramite le apposite tabelle (che dovrebbero essere fornite in dotazione con lo strumento) alla SG relativa alla temperatura di utilizzo. Se l'acqua invece ha la stessa temperatura alla quale lo strumento è stato tarato non sono necessarie correzioni (n.b.: una differenza di anche un solo grado centigrado è da considerarsi significativa).

Oltre alla temperatura dello standard, si ha come variabile la temperatura del campione: gli idrometri stessi possono variare leggermente la loro densità in funzione della temperatura e fornire risultati sbagliati a qualsiasi T che non sia quella specifica di riferimento. Questo effetto purtroppo non può essere corretto tramite nessuna tabella e cambia a seconda del materiale con il quale è stato costruito lo strumento. Un altro motivo per cui è importante la T del campione è che il campione stesso cambia la sua densità in funzione della T: per esempio, la densità dell'acqua ad una salinità pari a 35 cambia da 1.028 g/cm<sup>3</sup> se letta a 3.98°C a 1.025 g/cm<sup>3</sup> se letta a 20°C. Corrisponde a circa 1.023 g/cm<sup>3</sup> alla tipica temperatura di un acquario marino.

Ciò che è stato descritto serve a far comprendere che i risultati ottenuti con questo strumento non possono essere considerati affidabili se non si è in grado di utilizzarlo nelle condizioni per le quali è stato progettato, altrimenti si corre il rischio di basare il mantenimento dell'acquario su dati incorretti. Anche l'utilizzo di strumenti contrassegnato come termocompensati in realtà possono non dare risultati sempre corretti.

Altre agli idrometri a galleggiamento sopra descritti, esistono in commercio **idrometri a lancetta** (swing arm hydrometer) nei quali va inserito un certo volume di acqua e la lancetta dello strumento si muove fino ad indicare il valore di SG corretto su una scala di riferimento. Il principio alla base del funzionamento e le variabili che influenzano le letture sono gli stessi degli idrometri a galleggiamento.

Tra i due strumenti è forse preferibile quello a galleggiamento poiché è più semplice rimuovere eventuali incrostazioni che possono falsare i risultati.

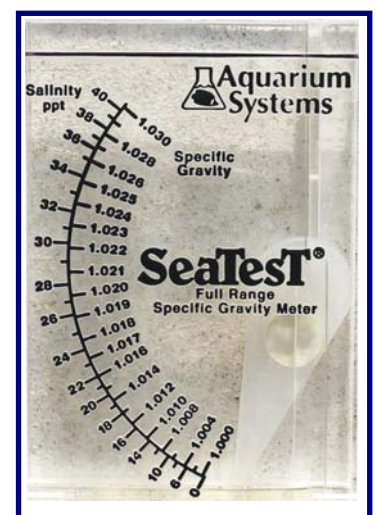


Figura 3) Idrometro a lancetta



Figura 4) Rifrattometro

Il problema della temperatura è da tenere ben in considerazione anche se si utilizza un **Rifrattometro**.

Questo strumento si basa su un principio fisico differente: la rifrazione della luce (da non confondere con la riflessione o la diffrazione). La

rifrazione è la deviazione subita dalla luce quando questa passa da un mezzo fisico ad un altro nel quale cambia la velocità di propagazione.

Quando la luce passa da un mezzo con una certa densità (aria) ad un altro con una densità diversa (acqua) si ha il fenomeno della rifrazione.

Basta posizionare poche gocce di acqua salina sul prisma, abbastanza da coprirlo interamente, per far cambiare la direzione della luce in maniera significativa. La luce viene rifratta e determina la posizione di una linea su una scala; tale linea è più alta man mano che la salinità aumenta.

Comunemente i rifrattometri mostrano una scala di SG associata ad una scala di Salinità in ppt/PSU.

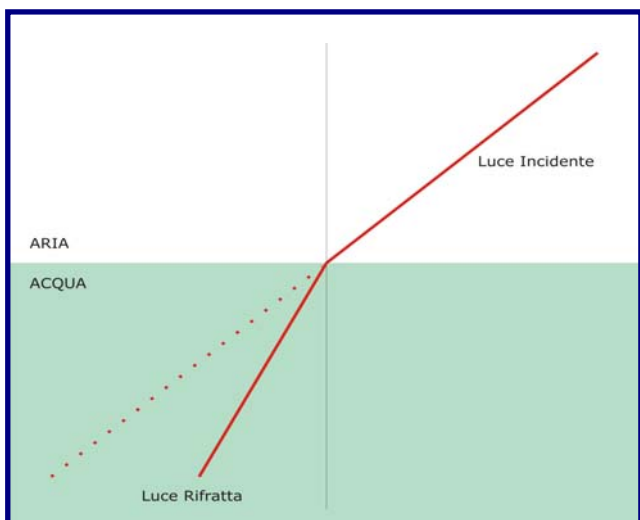


Figura 5) Rifrazione della luce

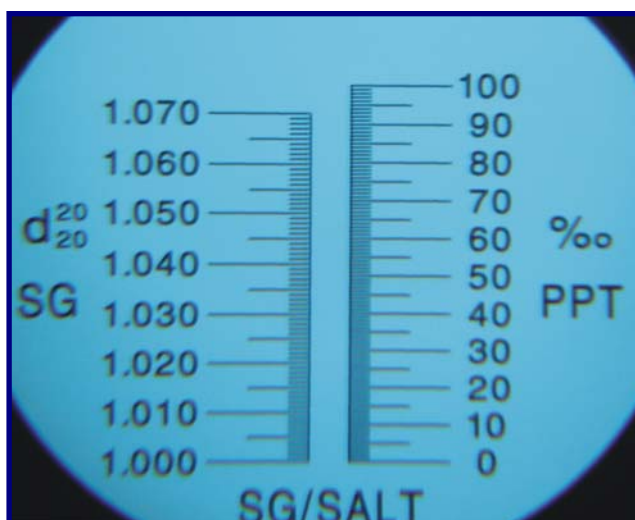


Figura 6) Scala di un rifrattometro

Anche in questo caso bisogna fare molta attenzione ad utilizzare lo strumento in maniera corretta, valutando la temperatura del campione e quella alla quale lo strumento è stato tarato (ad es.  $d^{20}_{20}$ ).

Anche strumenti ATC (con compensazione automatica della temperatura) mostrano in realtà una dipendenza dalla T se la differenza è elevata (per questo motivo è bene non conservare gli strumenti in posti molto caldi o molto freddi). È possibile verificare questa dipendenza semplicemente misurando l'acqua del vostro acquario con un rifrattometro prima e dopo averlo

messo per qualche minuto in un posto freddo (es: frigo): noterete come la lettura cambia in maniera significativa.

Occorre inoltre ricordarsi di calibrare il rifrattometro con l'opportuna soluzione fornita in dotazione oppure con acqua distillata o bidistillata.

## Conclusioni

In base a quanto sopra descritto si evince che per ottenere risultati corretti, affidabili e riproducibili, è molto importante procedere nella maniera corretta e senza approssimazioni. Si devono assolutamente tenere ben presenti tutte le variabili in gioco che incidono in maniera importante sulle misure effettuate. È consigliabile quindi basarsi sulla misura di conducibilità letta dalla apposita sonda ed eventualmente convertirla in salinità espressa in psu (si ricorda che l'Aquarium Controller è già predisposto per la conversione tra le diverse unità di misura). Se si desidera paragonare i risultati ottenuti con quelli rilevati da altri strumenti occorre tenere a mente quanto sopra descritto ed effettuare tutti gli accorgimenti per renderli paragonabili, facendo molta attenzione alla Temperatura a cui si fanno le misure

L'ufficio tecnico Aquatronica rimane a disposizione per qualsiasi chiarimento in merito a questo argomento. Per qualsiasi informazione è possibile inviare una mail al seguente indirizzo: [service@aquatronica.com](mailto:service@aquatronica.com)

Di seguito la tabella che mette in relazioni le varie grandezze sopra descritte :

<b>DENSITY CONVERSION TABLE</b> (Reference Temperature = 25°C)			
<b>Conductivity (mS/cm)</b>	<b>Density (g/l)</b>	<b>Salinity (ppt/PSU)</b>	<b>Specific Gravity</b>
40 ms/cm	1016,2 g/l	25,5 ppt/psu	1,0187
40,5 ms/cm	1016,5 g/l	25,9 ppt/psu	1,0190
41 ms/cm	1016,7 g/l	26,2 ppt/psu	1,0193
41,5 ms/cm	1017 g/l	26,6 ppt/psu	1,0195
42 ms/cm	1017,3 g/l	26,9 ppt/psu	1,0198
42,5 ms/cm	1017,5 g/l	27,3 ppt/psu	1,0201
43 ms/cm	1017,8 g/l	27,7 ppt/psu	1,0204
43,5 ms/cm	1018,1 g/l	28,0 ppt/psu	1,0206
44 ms/cm	1018,4 g/l	28,4 ppt/psu	1,0209
44,5 ms/cm	1018,6 g/l	28,7 ppt/psu	1,0212
45 ms/cm	1018,9 g/l	29,1 ppt/psu	1,0214
45,5 ms/cm	1019,2 g/l	29,5 ppt/psu	1,0217
46 ms/cm	1019,4 g/l	29,8 ppt/psu	1,0220
46,5 ms/cm	1019,7 g/l	30,2 ppt/psu	1,0223
47 ms/cm	1020 g/l	30,5 ppt/psu	1,0225
47,5 ms/cm	1020,3 g/l	30,9 ppt/psu	1,0228
48 ms/cm	1020,5 g/l	31,3 ppt/psu	1,0231
48,5 ms/cm	1020,8 g/l	31,6 ppt/psu	1,0234
49 ms/cm	1021,1 g/l	32,0 ppt/psu	1,0236
49,5 ms/cm	1021,4 g/l	32,4 ppt/psu	1,0239
50 ms/cm	1021,6 g/l	32,7 ppt/psu	1,0242
50,5 ms/cm	1021,9 g/l	33,1 ppt/psu	1,0245
51 ms/cm	1022,2 g/l	33,5 ppt/psu	1,0248
51,5 ms/cm	1022,5 g/l	33,8 ppt/psu	1,0250
52 ms/cm	1022,8 g/l	34,2 ppt/psu	1,0253
52,5 ms/cm	1023 g/l	34,6 ppt/psu	1,0256
<b>53 ms/cm</b>	<b>1023,3 g/l</b>	<b>34,9 ppt/psu</b>	<b>1,0259</b>
53,5 ms/cm	1023,6 g/l	35,3 ppt/psu	1,0262
54 ms/cm	1023,9 g/l	35,7 ppt/psu	1,0264
54,5 ms/cm	1024,2 g/l	36,1 ppt/psu	1,0267
55 ms/cm	1024,4 g/l	36,4 ppt/psu	1,0270
55,5 ms/cm	1024,7 g/l	36,8 ppt/psu	1,0273
56 ms/cm	1025 g/l	37,2 ppt/psu	1,0276
56,5 ms/cm	1025,3 g/l	37,6 ppt/psu	1,0278
57 ms/cm	1025,6 g/l	37,9 ppt/psu	1,0281
57,5 ms/cm	1025,9 g/l	38,3 ppt/psu	1,0284
58 ms/cm	1026,1 g/l	38,7 ppt/psu	1,0287
58,5 ms/cm	1026,4 g/l	39,1 ppt/psu	1,0290
59 ms/cm	1026,7 g/l	39,6 ppt/psu	1,0293
59,5 ms/cm	1027 g/l	39,8 ppt/psu	1,0296
60 ms/cm	1027,3 g/l	40,2 ppt/psu	1,0299