

## Relazione a cura dell'ARPAS Sardegna

### 1. Premessa

Così come indicato nel protocollo d'intesa sottoscritto tra gli Enti partecipanti all'azione pilota T2.1.2. - "REALIZZAZIONE DI UNA STAZIONE SPERIMENTALE DI ALLEVAMENTO BIVALVI", ARPAS esercita funzioni di controllo delle fonti di pressione ambientali determinate dalle attività umane, monitora lo stato dell'ambiente attraverso controlli sulla qualità di diverse matrici (acqua, aria, suolo, ecc.) e fornisce supporto tecnico alla pubblica amministrazione.

In particolare, nell'ambito del seguente progetto, il Dipartimento di Sassari e Gallura ha svolto una caratterizzazione preliminare della matrice acqua eseguendo campionamenti trimestrali finalizzati alla ricerca di metalli, nutrienti ed indicatori batteriologici quali *Escherichia coli* e *Salmonella spp.*

I dati raccolti sono stati poi integrati con i risultati della campagna estiva annuale per il Piano di gestione dei reflui trattati del depuratore comunale di Alghero "S. Marco".

La tabella di seguito mostra il dettaglio dei campionamenti eseguiti.

**Tabella 1 - Profilo analitico**

Data	AMBITO	TRIMESTRE	Stazione	Acqua				
				<i>E. coli</i>	Salmonella	Nutrienti	Metalli	Sonda
Dicembre 2018	RETRALAGS	I	Punto 1	X	X	X	X	X
			Punto 2	X	X	X	X	X
Marzo 2019	RETRALAGS	II	Punto 1	X	X	X	X	X
			Punto 2	X	X	X	X	X
Maggio 2019	RETRALAGS	III	Punto 1	X	X	X	X	X
			Punto 2	X	X	X	X	X
Giugno 2019	Pdg S. Marco		Punto 1	X	X	X	X	
Luglio 2019			Punto 1	X	X	X	X	
Settembre 2019	RETRALAGS	IV	Punto 1	X	X	X	X	X
			Punto 1 new	X	X	X	X	X

## 2. Risultati

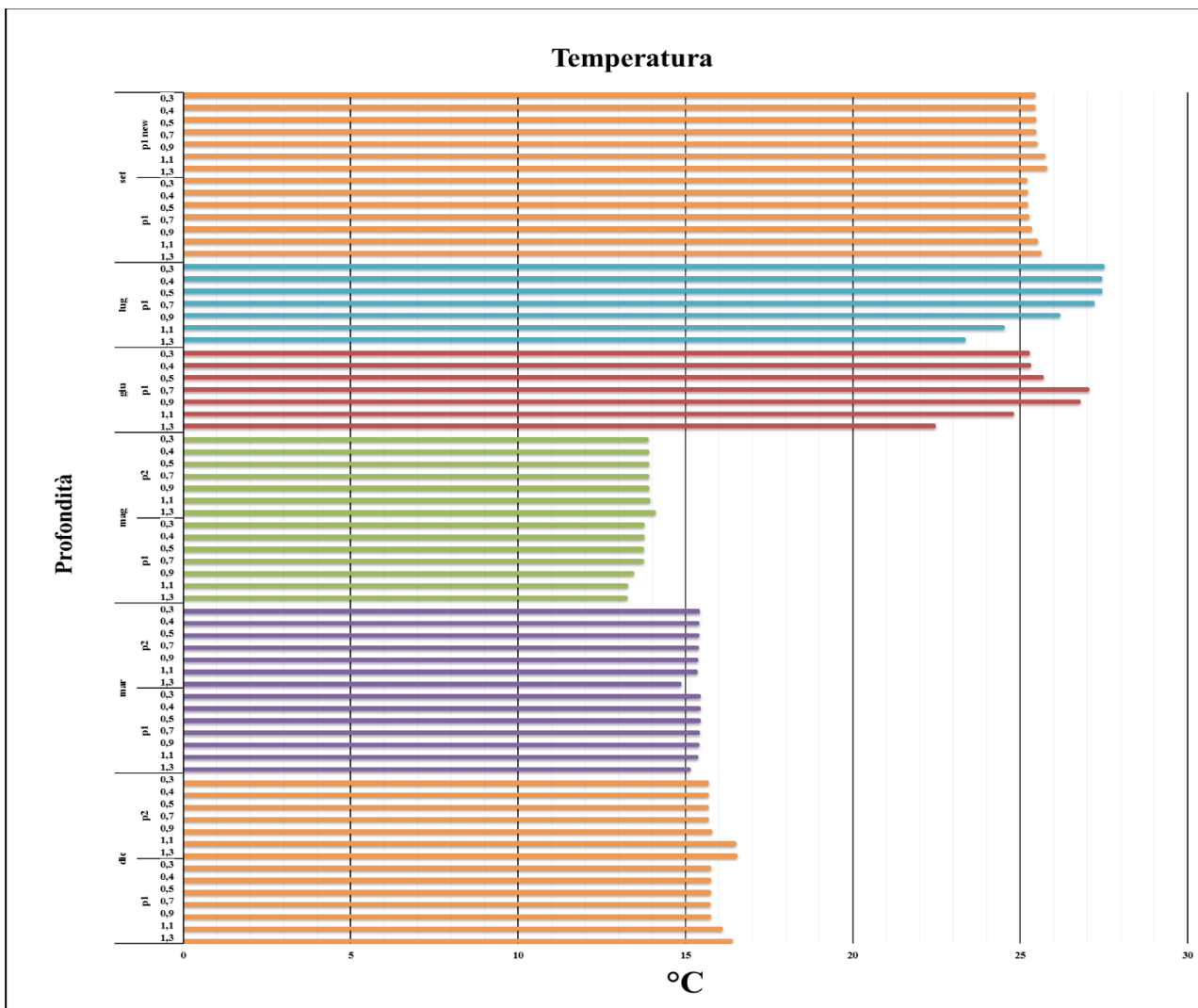
### 2.1. Parametri fisico-chimici da campo

Nel corso di ciascun prelievo sono stati eseguiti i profili di colonna mediante l'utilizzo di una sonda multiparametrica - modello EXO2 - YSI

Tale strumento permette di acquisire in continuo, lungo la verticale del profilo batimetrico, i valori dei principali parametri fisico-chimici che caratterizzano la matrice acqua. In particolar modo, nella seguente trattazione sono state prese in considerazione le seguenti grandezze fisico-chimiche:

- **Temperatura**

In generale le variazioni di temperatura influenzano la vita di ogni specie in quanto essa svolge le sue attività vitali entro il range termico al quale si è adattata. In questo modo, influenzando la quantità e la diversità della vita acquatica, la temperatura concorre in modo significativo ai cambiamenti stagionali che avvengono nel corpo idrico. In un ambiente come quello acquatico, in condizioni di contorno favorevoli al proliferare di organismi algali (es. disponibilità di nutrienti), il raggiungimento dell'optimum termico può corrispondere ad un incremento dello sviluppo del fitoplancton e delle macroalghe, con un conseguente maggior consumo di ossigeno e, nei casi più drammatici, alla comparsa di crisi distrofiche con morie di organismi acquatici. Il dettaglio dei rilievi termici eseguiti nel corso del progetto è raffigurato nell'istogramma di figura 1.



3

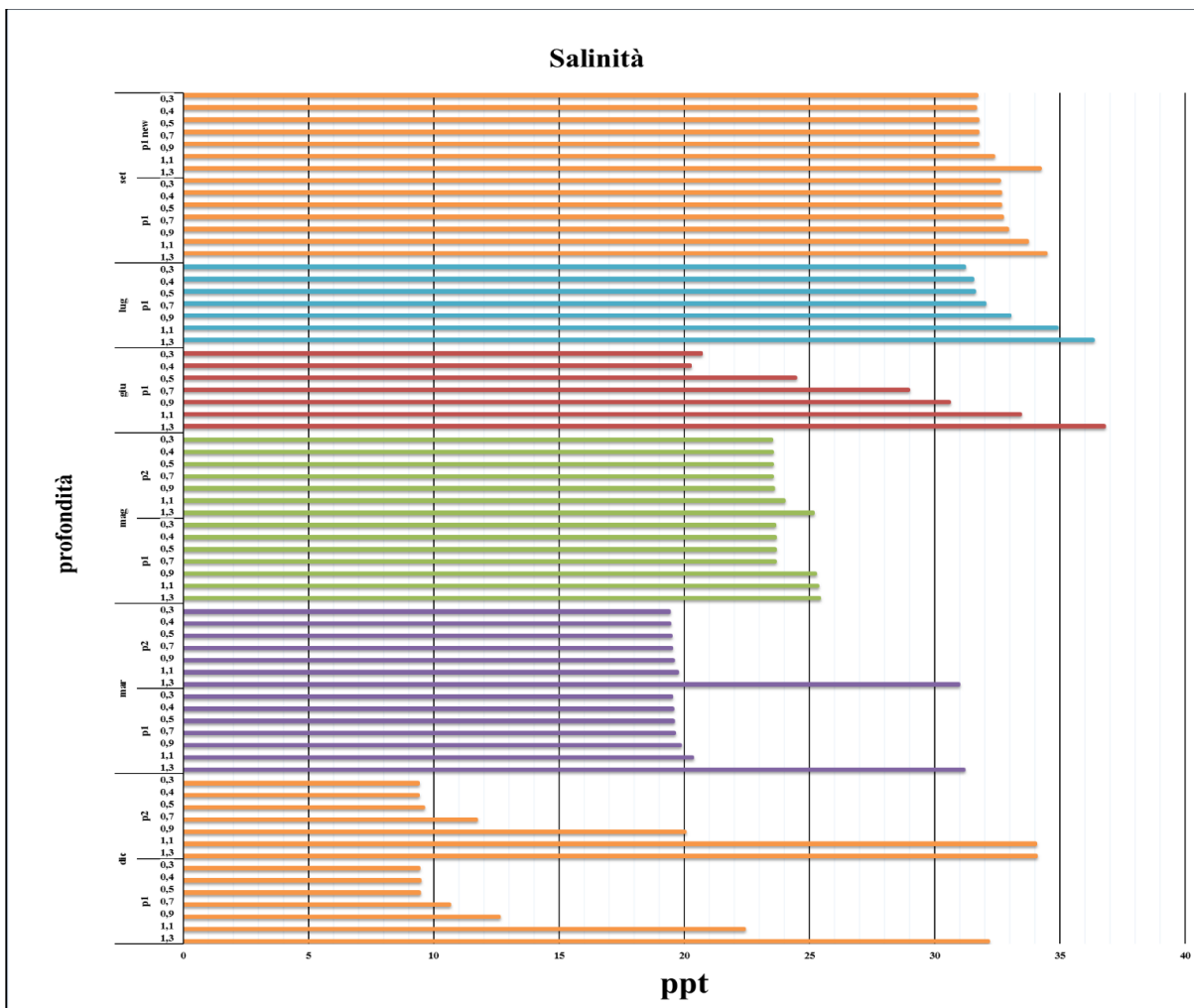
**Figura 1**

Risulta evidente una sostanziale omogeneità in colonna fino al mese di maggio, con temperature mai al di sopra dei 17 °C. Al contrario, nel corso dei mesi estivi, pur verificandosi un generale e prevedibile innalzamento termico, si evidenzia nella colonna d'acqua una diminuzione della temperatura procedendo dalla superficie verso il fondo, dovuta sia alla stratificazione termica, data dal riscaldamento degli strati superficiali a contatto con l'aria, sia dall'ingresso di acque più fresche e salate dal mare. I picchi massimi registrati sono risultati intorno ai 28°C nei mesi di giugno e luglio, in linea con quanto rilevato da ARPAS negli anni passati.

**Salinità**

La cooperazione al cuore del Mediterraneo  
 La coopération au coeur de la Méditerranée

La salinità rappresenta uno dei parametri più rappresentativi di un ambiente come quello del Calich, definito di “transizione”. Tale fattispecie comprende quei corpi idrici salmastri, originati dal mescolamento tra le acque costiere e le acque dolci dei fiumi, quali lagune, stagni costieri, laghi salmastri e zone di delta ed estuario. Le acque di transizione sono definite nel D.Lgs. 152/2006 come *“corpi idrici superficiali in prossimità di una foce di un fiume, che sono parzialmente di natura salina a causa della loro vicinanza alle acque costiere, ma sostanzialmente influenzati dai flussi di acqua dolce”*. Questa peculiarità fa degli stagni\lagune costieri, ecosistemi ad elevata produttività nei quali si selezionano specie adattate ad ampie variazioni di salinità che, come la temperatura, variando in modo significativo durante l’anno, influenza anch’essa fortemente i cambiamenti stagionali all’interno del corpo idrico. Tipicamente i nutrienti arrivano dentro il sistema nel corso dei mesi piovosi e vengono utilizzati dagli organismi vegetali quando aumentano temperatura ed irraggiamento solare. Di seguito il grafico relativo alle misure di salinità eseguite presso l’impianto pilota.



**Figura 2**

Le variazioni di salinità maggiori in colonna si evidenziano nei mesi invernali e a giugno, a seguito delle abbondanti piogge. In particolare a dicembre si registrano i maggiori apporti di acqua dolce dal bacino imbrifero, con una conseguente stratificazione di acque a bassa salinità in superficie e acque salate sul fondo, con variazioni di quasi 25 ppt. Fatta eccezione per il prelievo di maggio, la costante presenza di acqua ad elevata salinità negli strati profondi è da ricondurre all'apporto delle acque saline in arrivo dalla foce a mare che si stratificano sul fondo, in virtù della loro maggiore densità rispetto alle acque dolci. In generale sono stati evidenziati aumenti di salinità anche in superficie con la fine del periodo piovoso e con il contestuale aumento di temperatura (strati superficiali intorno a 32 ppt a fronte di una salinità media dell'acqua di mare pari a circa 37-38 ppt).

- **Clorofilla "a"**

La clorofilla "a", pigmento fotosintetico comune a tutti gli organismi autotrofi, è un parametro fondamentale per la valutazione della produttività di un ecosistema acquatico. Essa aumenta nel mezzo con il proliferare del fitoplancton, ovvero il plancton vegetale in grado di compiere fotosintesi. Come accennato in precedenza, ciascuna specie presenta optimum in relazione ai diversi fattori ambientali; di conseguenza anche le differenti specie di fitoplancton all'interno di un corpo idrico di transizione verranno selezionate da temperatura, salinità, irraggiamento solare, disponibilità di nutrienti etc. Ciò implica che laddove una di queste variabili sia al di fuori dal range di tolleranza di una specie, eserciterà un effetto limitante sulla sua proliferazione. Nel grafico sottostante i rilievi di clorofilla eseguiti.

6

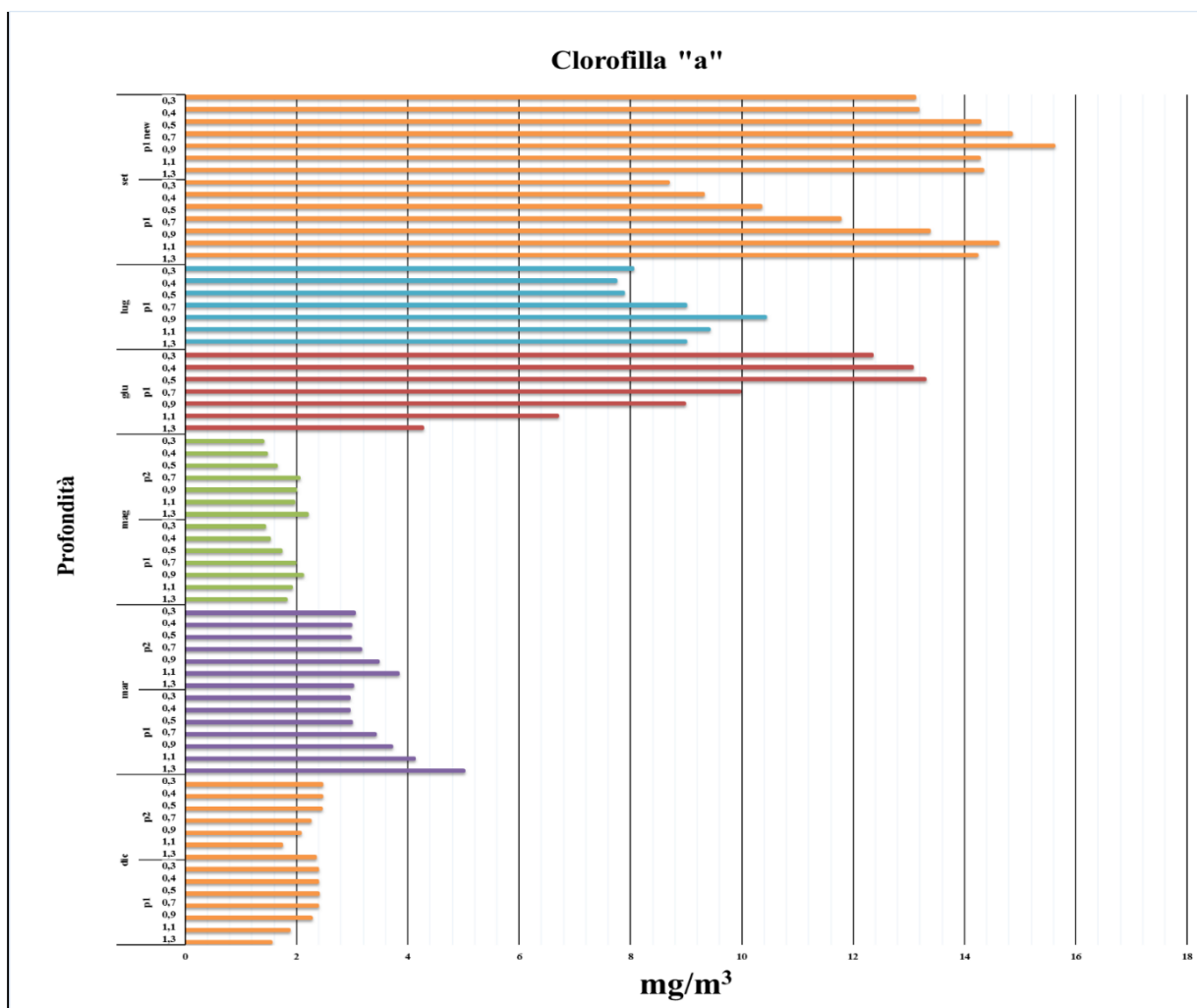


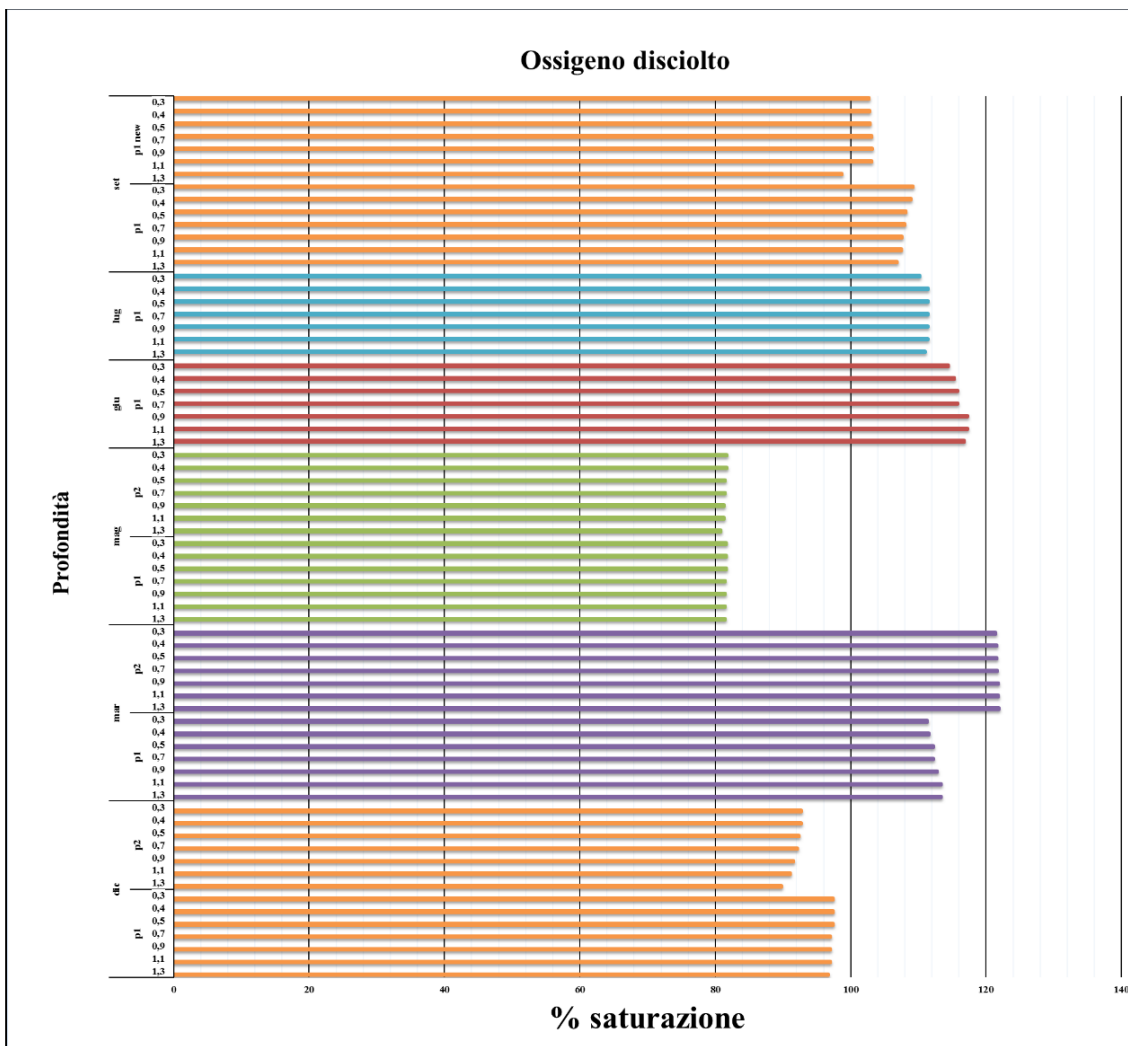
Figura 3

Nonostante i valori di clorofilla non siano mai scesi sotto livelli trascurabili, appare evidente come lo sviluppo della comunità fitoplanctonica sia avvenuto solo a seguito dell'aumento delle temperature occorso nel mese di giugno. Tuttavia, rispetto ai rilievi eseguiti da ARPAS in anni precedenti, le concentrazioni rilevate non hanno mai superato valori particolarmente elevati. Come vedremo successivamente, nonostante a dicembre i nutrienti siano stati rilevati in concentrazioni significative, le differenti specie microalgali non sono state in grado di utilizzarli efficacemente in quanto limitate dalle basse temperature.

- **Ossigeno disciolto**

L'ossigeno disciolto è un parametro strettamente correlato alla clorofilla in quanto prodotto attraverso il processo di fotosintesi. Valori ottimali si aggirano intorno al 100% di saturazione. Una biomassa fitoplanctonica elevata determinerà uno scostamento dall'equilibrio della saturazione di ossigeno, andando a determinare condizioni di sovrasaturazione\ipersaturazione. Viceversa, un consumo di ossigeno tale da determinare iposaturazione o addirittura anossia deriva dall'utilizzo dello stesso da parte delle popolazioni batteriche che proliferano in presenza di elevata materia organica da degradare, come nel caso di fioriture macroalgali o fitoplanctoniche. Anche in questo caso l'andamento dei rilievi eseguiti è schematizzato nel seguente grafico.





**Figura 4**

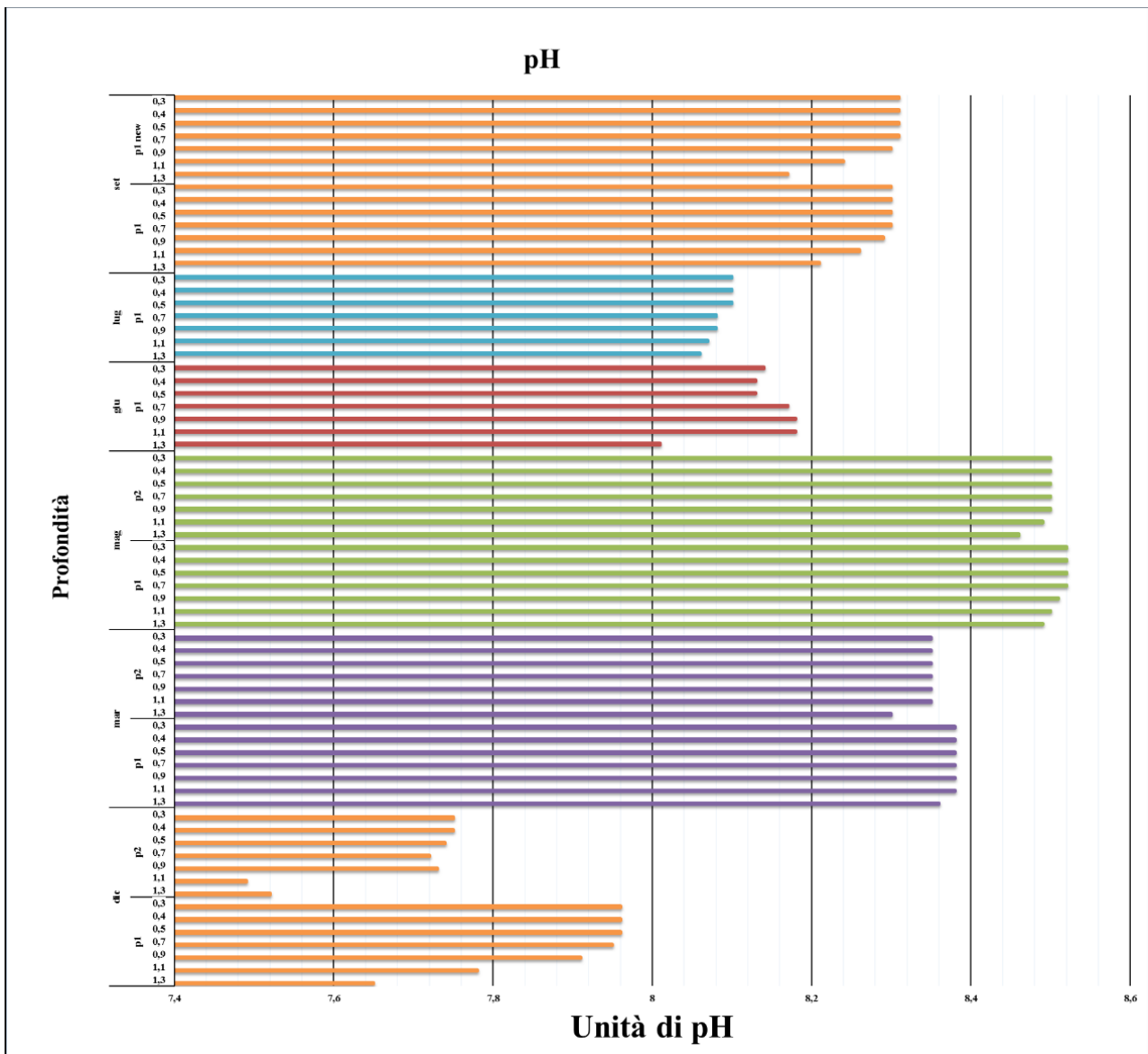
Non sono state rilevate particolari criticità a carico di questo parametro se non lievi aumenti sopra il livello del 120% a marzo e un abbassamento del tenore di ossigeno non particolarmente significativo nel mese di maggio. Entrambi gli eventi non trovano particolare riscontro nelle evidenze precedentemente discusse.

- **pH**

Il pH è un indice che fornisce una misura della concentrazione degli ioni idrogeno nell'acqua. In un generico corpo idrico tale grandezza varia sia in virtù di processi naturali (es. interazioni con le rocce circostanti) sia per fenomeni legati all'attività dell'uomo. Partendo dal presupposto che un'acqua di mare in un ambiente come quello del mar Mediterraneo presenta pH compreso tipicamente tra 8,1 e 8,3,



risulta evidente che in uno stagno costiero, gli scambi con il mare e gli apporti di acqua dolce saranno i due elementi che determineranno le fluttuazioni stagionali di questo parametro.



**Figura 5**

Anche in questo caso le fluttuazioni maggiori tra superficie e fondo sono state rilevate nel mese di dicembre, durante il quale l'acqua dolce in arrivo dai fiumi attraverso le piogge ha stratificato sopra la massa di acqua più salata del fondo. Nei mesi estivi invece, quando anche la salinità ha raggiunto i valori più alti, sono stati registrati pH pressoché sovrapponibili all'acqua di mare.

## 2.2. Nutrienti

In generale, la valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici è disciplinata dal testo unico sull'ambiente, il D.lgs 152/06. Per le acque di transizione come il Calich è prevista la determinazione di una serie di indicatori tra cui il DIN, ovvero l'azoto inorganico disciolto dato dalla somma dell'azoto derivante da nitriti, nitrati ed ammoniaca. Nella procedura di classificazione dello stato ecologico, i valori medi annuali di DIN devono essere minori della soglia di 420 µg/l stabilita dal DM 260/2010, attuativo del TUA, per le acque con salinità media inferiore a 30 ppt come il Calich.

In Tabella 2 sono riportati i valori di ciascuna analita utilizzato nel calcolo del DIN e, nell'ultima colonna i valori di azoto totale. Nei casi in cui le concentrazioni siano risultate inferiori al limite di rilevanza corrispondente, è stata loro attribuita di default una concentrazione pari alla metà di tale valore (in blu).

Tabella 2

Anno	mese	punto	N-NH4 (µg/l)	N-NO2 (µg/l)	N-NO3 (µg/l)	DIN (µg/l)	Ntot (µg/l)
2018	dicembre	1	161,0	13,8	545,0	719,8	910,0
		2	163,0	13,8	550,0	726,8	872,0
2019	marzo	1	23,0	18,0	430,0	471,0	517,0
		2	< LR	18,0	499,0	524,5	541,0
	maggio	1	30,0	< LR	144,0	175,0	175,0
		2	35,0	< LR	125,0	163,0	163,0
	giugno	1	202,0	16,0	276,0	494,0	495,0
	luglio	1	35,0	< LR	< LR	42,0	179,0
	settembre	1	25,0	< LR	< LR	30,0	30,0
1 new		16,0	< LR	< LR	20,0	20,0	

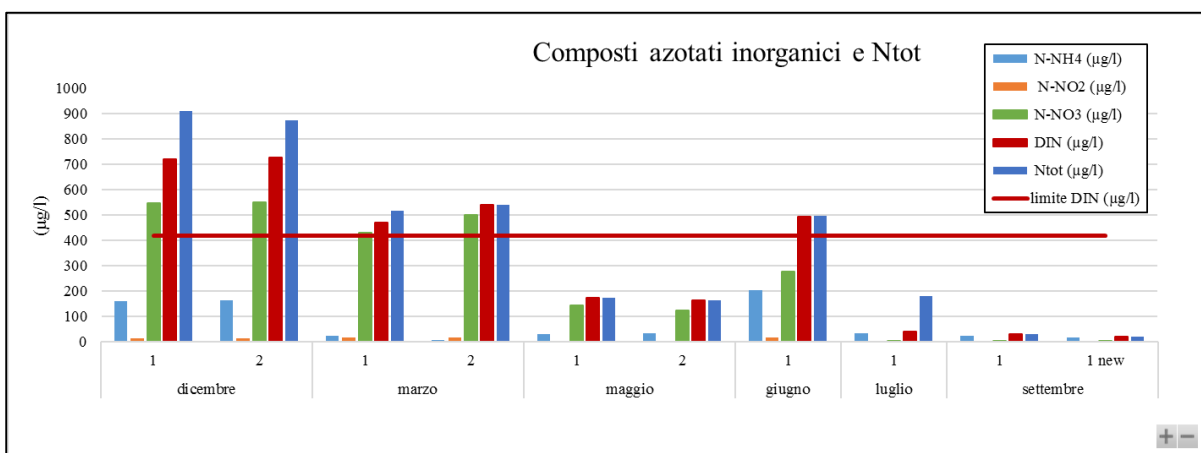


Figura 6

Il grafico in figura 6 evidenzia chiaramente l'andamento temporale dei parametri in esame. Nei periodi di maggiore apporto di acque piovane dal bacino imbrifero, si può notare come la quota prevalente del DIN sia relativa alla percentuale di nitrati, la forma di azoto inorganico immediatamente disponibile per l'assimilazione da parte degli organismi vegetali. L'andamento annuale complessivo di azoto totale, azoto organico e DIN ha mostrato come l'apporto dei nutrienti sia stato legato prevalentemente al periodo delle piogge (il valore del DIN aumenta al diminuire della salinità) e il loro utilizzo all'aumento della temperatura e dell'irraggiamento solare (diminuzione del DIN e contestuale aumento di azoto organico). Gli alti valori di ammoniaca rilevati a dicembre e a giugno fanno invece ipotizzare criticità legate all'apporto di reflui non depurati.

Anche nel caso degli ortofosfati, anch'essi nutrienti essenziali per lo sviluppo degli organismi vegetali, si evidenzia un picco nel mese di giugno che appare abbastanza isolato rispetto al trend generale.

**Tabella 3**

anno	mese	punto	P-PO4 (µg/l)	Ptot (µg/l)
2018	dicembre	1	192	195
		2	192	195
2019	marzo	1	22	51
		2	20	44
	maggio	1	201	237
		2	102	117
	giugno	1	761	770
	luglio	1	62	129
	settembre	1	3,5	3,5
		1 new	3,5	3,5

### 2.3. indagini batteriologiche

Alla stregua di quanto richiesto dalla normativa di riferimento per le acque adibite all'allevamento di molluschi bivalvi, ARPA ha eseguito analisi in riferimento ad *E. coli* e *Salmonella spp.*, entrambi indicatori di inquinamento organico tipico di reflui fognari.

A conferma di quanto ipotizzato in precedenza, concentrazioni significative di *E. coli* sono state rilevate solo contestualmente ai picchi di ammoniaca di dicembre e giugno, confermando l'ipotesi di criticità legate all'apporto di reflui fognari. Si sottolinea inoltre la presenza di *Salmonella spp.* nel campionamento di dicembre nel solo punto 1, ad indicare una criticità al limite della rilevabilità.

**Tabella 4**

Anno	mese	punto	<i>E. coli</i> (ufc/100ml)	<i>Salmonella spp.</i> (pres-ass/l)
2018	dicembre	1	660	presente
		2	350	assente
2019	marzo	1	0	assente
		2	0	assente
	maggio	1	0	assente
		2	6	assente
	giugno	1	130	ND
	luglio	1	4	ND
	settembre	1	0	assente
		1 new	0	assente

## 2.4. Metalli

Sempre in riferimento a quanto stabilito dalla normativa di riferimento per la caratterizzazione delle acque adibite alla molluschicoltura, è stata eseguita una caratterizzazione preliminare relativa alla presenza di metalli disciolti, con particolare riferimento a quelli indicati dal D.Lgs 172/15 per lo stato di qualità ambientale dei corpi idrici. I risultati non hanno mostrato alcuna criticità, con concentrazioni dei differenti analiti pressoché sempre al di sotto dei rispettivi limiti di rilevabilità, fatta eccezione per l'arsenico, comunque sempre sotto gli standard di qualità medi annui stabiliti dalla norma.

**Tabella 5**

Anno	mese	punto	Cd (µg/l)	Pb (µg/l)	Cr tot (µg/l)	Hg (µg/l)	Ni (µg/l)	As (µg/l)
2018	dicembre	1	< 0.2	< 0.4	< 1.2	< 0.01	< 2.5	< 1
		2	< 0.2	< 0.4	< 1.2	< 0.00	< 2.5	< 1
2019	marzo	1	< 0.2	< 0.4	< 1.2	< 0.01	< 2.5	1,06
		2	< 0.2	< 0.4	< 1.2	< 0.01	< 2.5	1,80
	maggio	1	< 0.2	< 0.4	< 1.2	< 0.01	< 2.5	1,84
		2	< 0.2	< 0.4	< 1.2	< 0.01	< 2.5	1,11
	settembre	1	< 0.2	0,95	< 1.2	< 0.01	< 2.5	1,67
		1 new	< 0.2	< 0.4	< 1.2	< 0.01	< 2.5	1,63
<b>Standard di qualità ambientale_Media Annua</b>			0.2	1,3	4	/	8.6	5
<b>Standard di qualità ambientale_Concentrazione Massima Ammissibile</b>			0.45	14	/	0.07	34	/

## Rapport de l'ARPAS Sardaigne

### 1. Préambule

Comme indiqué dans le protocole d'accord signé entre les organismes participant à l'action pilote T2.1.2. - "CONSTRUCTION D'UNE STATION EXPÉRIMENTALE D'ÉLEVAGE BIVALVE", ARPAS exerce des fonctions de contrôle des sources de pression environnementales déterminées par les activités humaines, surveille l'état de l'environnement par des contrôles de qualité de différentes matrices (eau, air, sol, etc.) et fournit un soutien technique à l'administration publique.

En particulier, dans le cadre du projet suivant, le Département de Sassari et Gallura a effectué une caractérisation préliminaire de la matrice eau en effectuant des échantillonnages trimestriels pour la recherche de métaux, nutriments et marqueurs bactériologiques tels que *Escherichia coli* et *Salmonella* spp.

Les données recueillies ont ensuite été complétées par les résultats de la campagne d'été annuelle pour le Plan de gestion des effluents traités de la station d'épuration municipale d'Alghero "S. Marco".

Le tableau ci-dessous montre le détail des échantillonnages effectués.

Tableau 1 - Profil analytique

Data	AMBITO	TRIMESTRE	Stazione	Acqua				
				<i>E. coli</i>	Salmonella	Nutriments	Metalli	Sonda
Dicembre 2018	RETRALAGS	I	Punto 1	X	X	X	X	X
			Punto 2	X	X	X	X	X
Marzo 2019	RETRALAGS	II	Punto 1	X	X	X	X	X
			Punto 2	X	X	X	X	X
Maggio 2019	RETRALAGS	III	Punto 1	X	X	X	X	X
			Punto 2	X	X	X	X	X
Giugno 2019	Pdg S. Marco		Punto 1	X	X	X		X
Luglio 2019			Punto 1	X	X	X		X
Settembre 2019	RETRALAGS	IV	Punto 1	X	X	X	X	X
			Punto 1 new	X	X	X	X	X

## 2. Résultats

### 2.1. Paramètres physicochimiques de terrain

Au cours de chaque prélèvement, les profils de colonne ont été exécutés à l'aide d'une sonde multiparamétrique - modèle EXO2 - YSI

Cet instrument permet d'acquérir en continu, le long de la verticale du profil bathymétrique, les valeurs des principaux paramètres physicochimiques qui caractérisent la matrice eau. En particulier, les grandeurs physico-chimiques suivantes ont été prises en compte dans le traitement suivant:

- Température

En général, les variations de température affectent la vie de chaque espèce, car elle exerce ses activités vitales dans la plage thermique à laquelle elle s'est adaptée. De cette façon, en influençant la quantité et la diversité de la vie aquatique, la température contribue de manière significative aux changements saisonniers qui se produisent dans la masse d'eau. Dans un environnement tel que le milieu aquatique, dans des conditions favorables à la prolifération d'organismes d'algues (par ex. disponibilité de nutriments), la réalisation de l'optimum thermique peut correspondre à une augmentation du développement du phytoplancton et des macroalgues, et, dans les cas les plus dramatiques, l'apparition de crises dystrophiques entraînant la mort d'organismes aquatiques. Le détail des relevés thermiques réalisés au cours du projet est représenté dans l'histogramme de la figure 1.

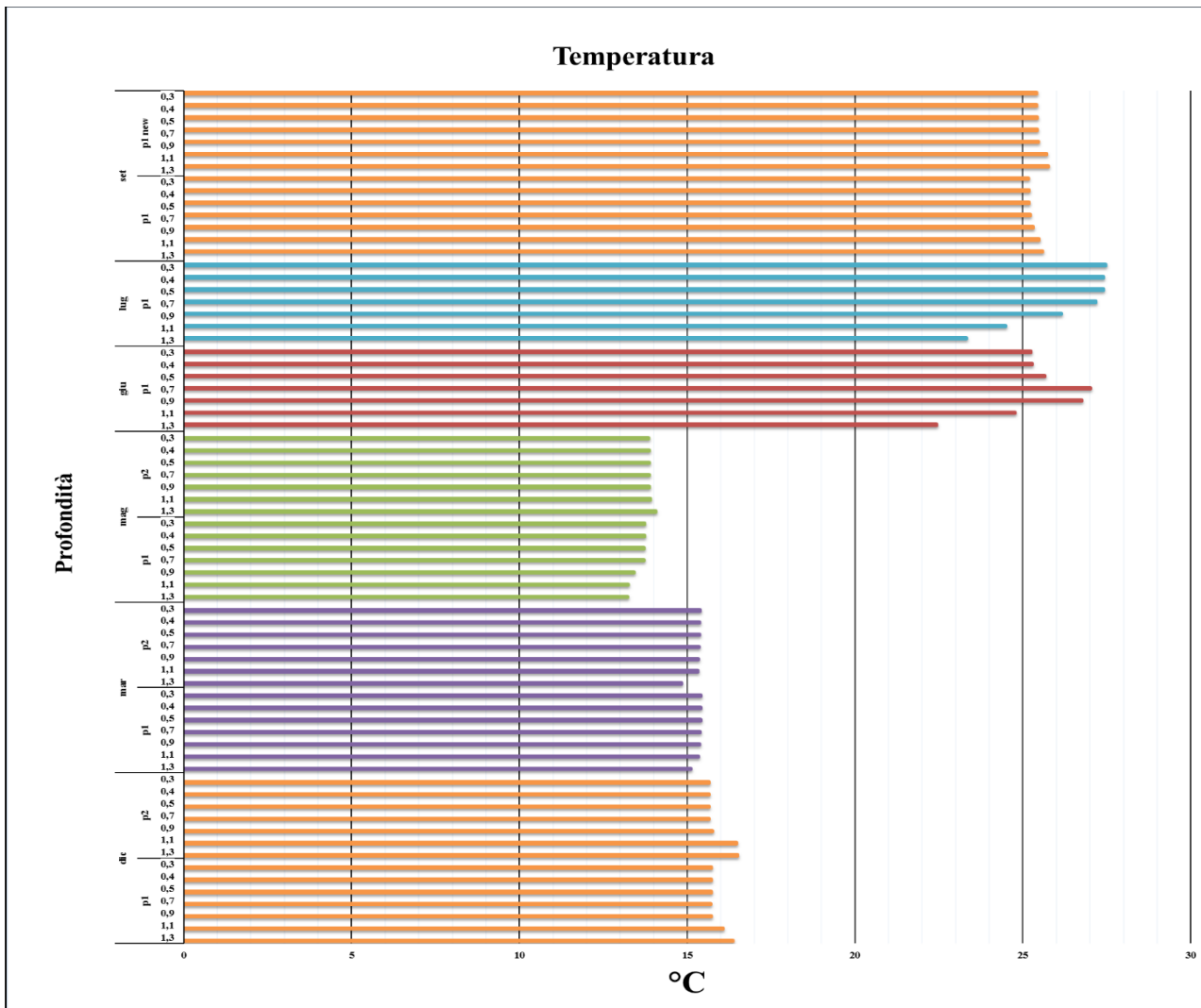


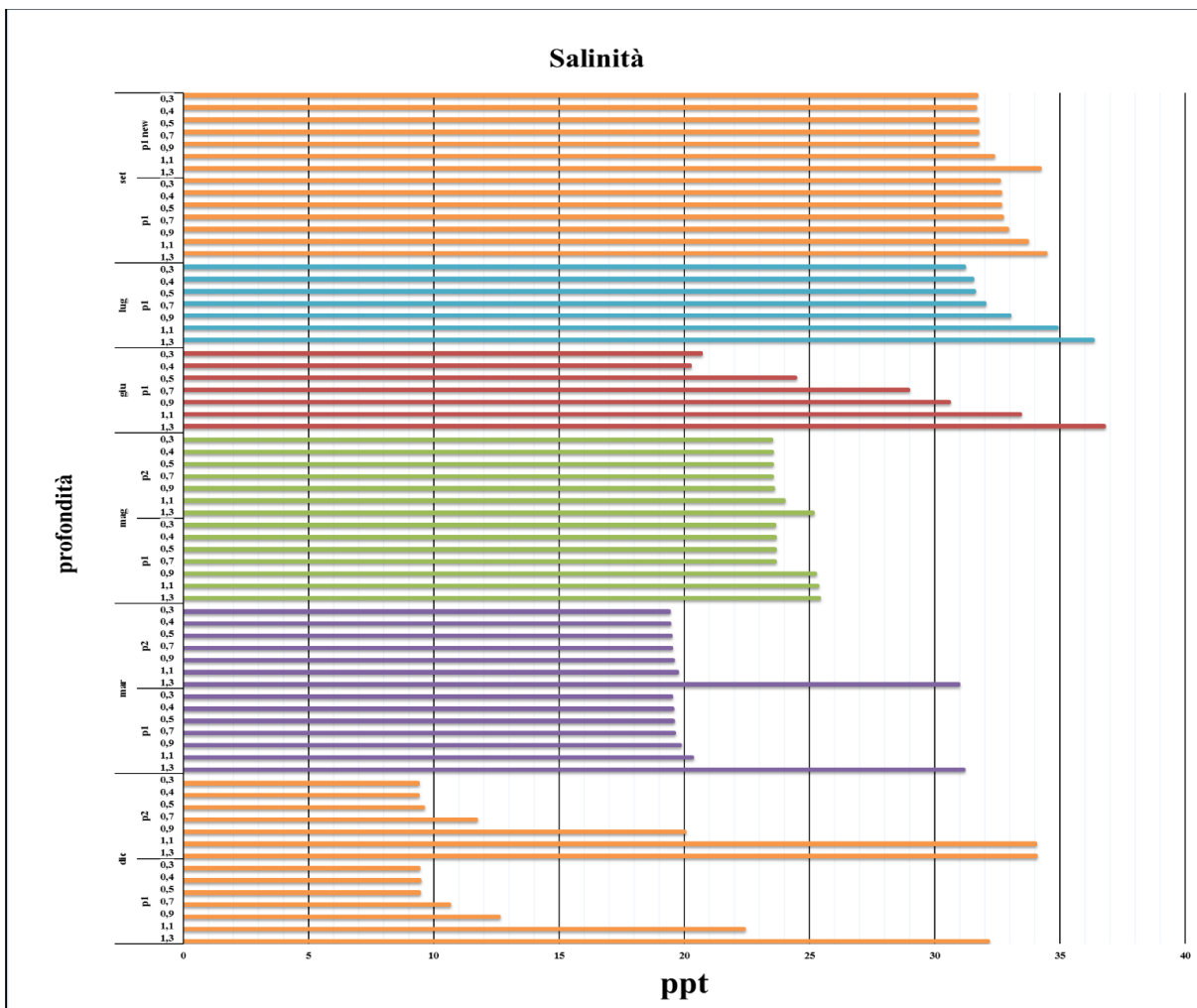
figure 1.

Il est évident une homogénéité substantielle dans la colonne jusqu'au mois de mai, avec des températures jamais au-dessus de 17 ° C. Au contraire, au cours des mois d'été, tout en se produisant une élévation générale et prévisible de la température, On remarque dans la colonne d'eau une diminution de la température en procédant de la surface vers le fond, due soit à la stratification thermique, donnée par le chauffage des couches superficielles en contact avec l'air, soit à l'entrée d'eaux plus fraîches et salées de la mer. Les pics maximaux enregistrés ont été aux alentours des 28 dB C en juin et juillet, en ligne avec ce relevé de ARPAS dans les ans passés.



## Salinité

La salinité est l'un des paramètres les plus représentatifs d'un environnement comme celui du Calich, appelé "transition". Cela inclut les masses d'eau saumâtre résultant du mélange des eaux côtières et des eaux douces des fleuves, telles que les lagunes, les étangs côtiers, les lacs saumâtres et les zones du delta et de l'estuaire. Les eaux de transition sont définies dans D.Lgs. 152/2006 comme des "masses d'eau de surface à proximité d'une embouchure de rivière, qui sont partiellement salines en raison de leur proximité avec les eaux côtières, mais qui sont essentiellement influencées par les flux d'eau douce". Cette particularité fait des étangs lagunes côtiers, des écosystèmes à haute productivité dans lesquels on sélectionne des espèces adaptées à de grandes variations de salinité qui, comme la température, en variant de manière significative tout au long de l'année, influence également fortement les changements saisonniers au sein de la masse d'eau. Généralement, les nutriments pénètrent dans le système au cours des mois pluvieux et sont utilisés par les organismes végétaux lorsqu'ils augmentent la température et le rayonnement solaire. Voici le graphique des mesures de salinité effectuées dans l'installation pilote.

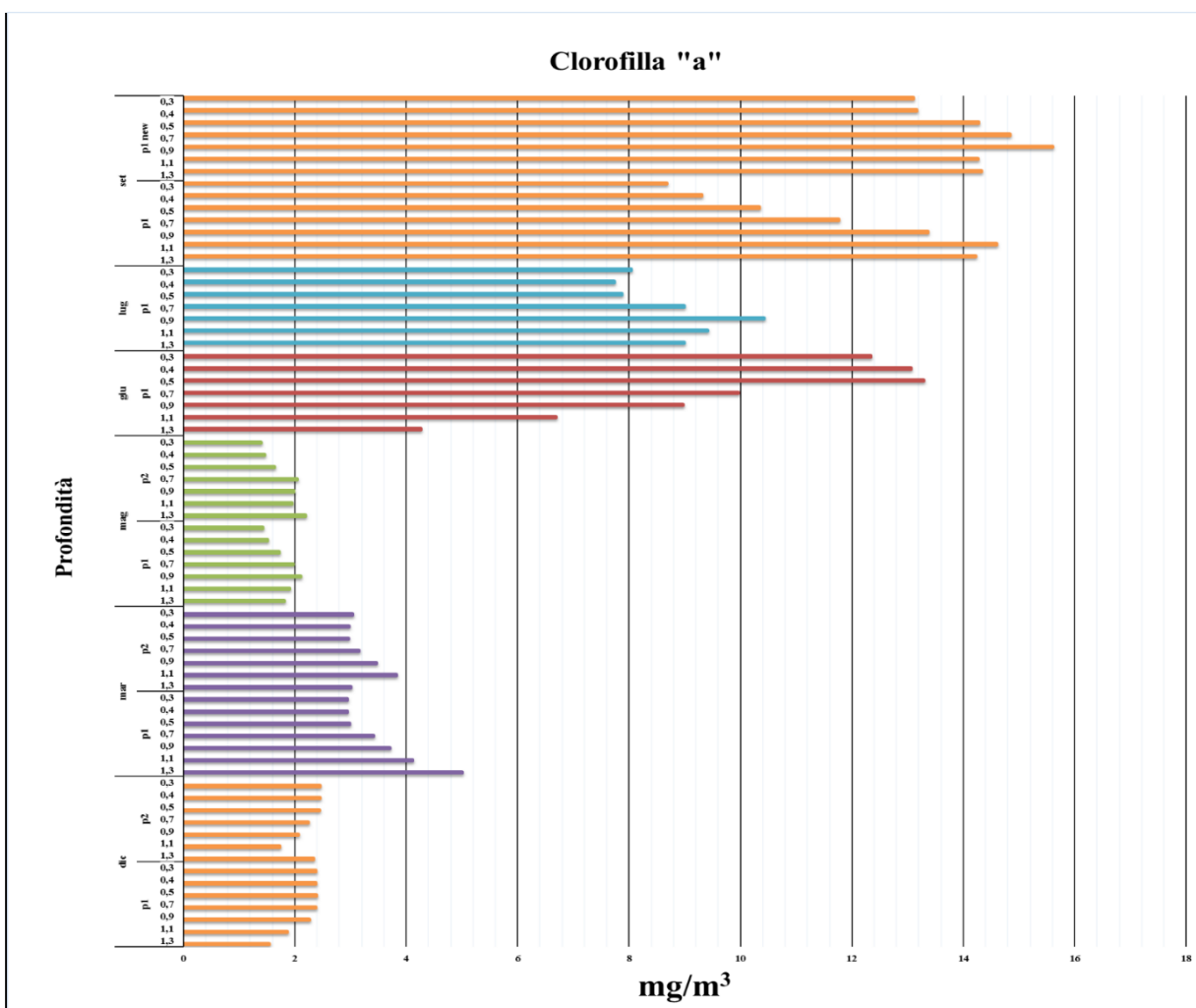


Les variations de salinité les plus importantes en colonne se manifestent en hiver et en juin, à la suite des pluies abondantes. En particulier, en décembre, on enregistre les plus grands apports d'eau douce du bassin versant, avec une stratification des eaux à basse salinité en surface et des eaux salées sur le fond, avec des variations de près de 25 ppt. A l'exception du prélèvement de mai, la présence constante d'eau à haute salinité dans les couches profondes est due à l'apport des eaux salines à l'arrivée de l'embouchure à la mer qui se stratifient sur le fond, en raison de leur plus grande densité que les eaux douces. En général, des augmentations de la salinité ont également été mises en évidence en surface à la fin de la période pluvieuse et avec l'augmentation concomitante de la température (couches superficielles autour de 32 ppt contre une salinité moyenne de l'eau de mer d'environ 37-38 ppt).

La cooperazione al cuore del Mediterraneo  
La coopération au coeur de la Méditerranée

## • Chlorophylle "a"

La chlorophylle "a", pigment photosynthétique commun à tous les organismes autotrophes, est un paramètre fondamental pour l'évaluation de la productivité d'un écosystème aquatique. Elle augmente au milieu avec la prolifération du phytoplancton, c'est-à-dire le plancton végétal capable de réaliser la photosynthèse. Comme indiqué ci-dessus, chaque espèce présente des optimums en fonction des différents facteurs environnementaux; par conséquent, les différentes espèces de phytoplancton à l'intérieur d'une masse d'eau de transition seront également sélectionnées par la température, la salinité, le rayonnement solaire, disponibilité de nutriments, etc. Cela implique que lorsque l'une de ces variables est en dehors de la plage de tolérance d'une espèce, elle exerce un effet limitant sur sa prolifération. Dans le graphique ci-dessous les relevés de chlorophylle effectués.



La cooperazione al cuore del Mediterraneo  
La coopération au coeur de la Méditerranée

Bien que les valeurs de chlorophylle n'aient jamais été inférieures à des niveaux négligeables, il est évident que le développement de la communauté phytoplanctonique n'a eu lieu qu'à la suite de l'augmentation des températures survenue au mois de juin. Toutefois, par rapport aux constatations effectuées par l'ARPAS au cours des années précédentes, les concentrations mesurées n'ont jamais dépassé des valeurs particulièrement élevées. Comme nous le verrons plus tard, bien que les nutriments aient été détectés en décembre à des concentrations significatives, les différentes espèces de microalgues n'ont pas été en mesure de les utiliser efficacement en raison de leur faible température.

### • Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un paramètre étroitement lié à la chlorophylle en tant que produit par le processus de photosynthèse. Les valeurs optimales sont d'environ 100% de saturation. Une biomasse phytoplanctonique élevée entraînera un écart par rapport à l'équilibre de la saturation en oxygène, ce qui entraînera des conditions de sursaturation. En revanche, une consommation d'oxygène telle qu'elle entraîne une hyposaturation, voire une anoxie, résulte de l'utilisation de l'oxygène par les populations bactériennes qui prolifèrent en présence de matières organiques élevées à dégrader, comme dans le cas de fleurs macroalgales ou phytoplanctoniques. Dans ce cas également, l'évolution des relevés effectués est schématisée dans le graphique suivant.

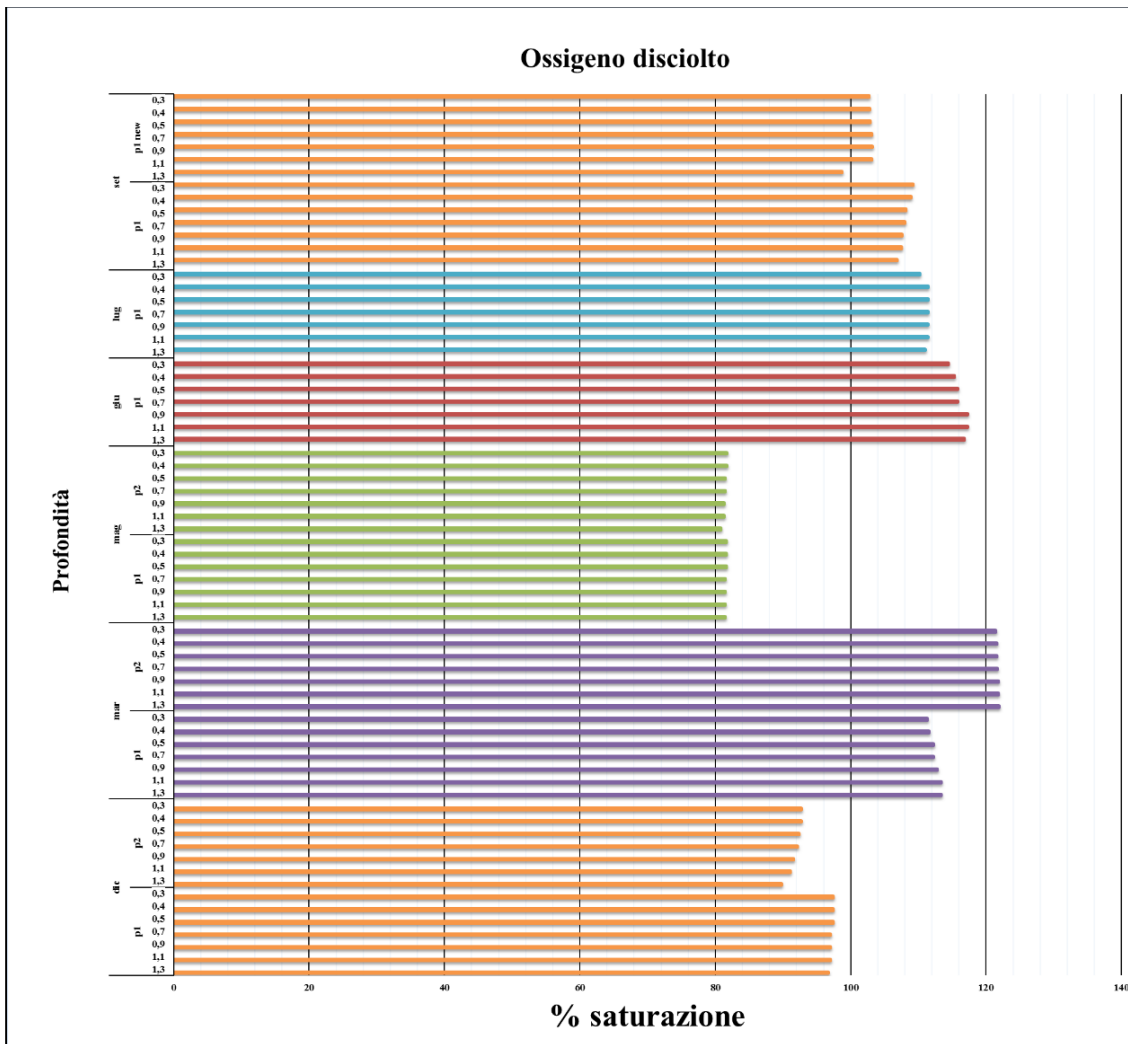


Figure 4

Aucune critique particulière n'a été relevée pour ce paramètre, si ce n'est une légère augmentation au-dessus du niveau de 120% en mars et une baisse de la teneur en oxygène qui n'était pas particulièrement significative en mai. Les deux événements ne sont pas particulièrement reflétés dans les données précédemment discutées.

• pH

Le pH est un indice qui fournit une mesure de la concentration des ions hydrogène dans l'eau. Dans une masse d'eau générale, cette taille varie en fonction des processus naturels (par ex. interactions avec les roches environnantes) et des phénomènes liés à l'activité humaine. Si l'on part du principe qu'une eau de mer présente, dans un environnement comme celui de la mer Méditerranée, un pH généralement

compris entre 8,1 et 8,3, il est évident que, dans un étang côtier, les échanges avec la mer et les apports d'eau douce seront les deux éléments qui détermineront les fluctuations saisonnières de ce paramètre.

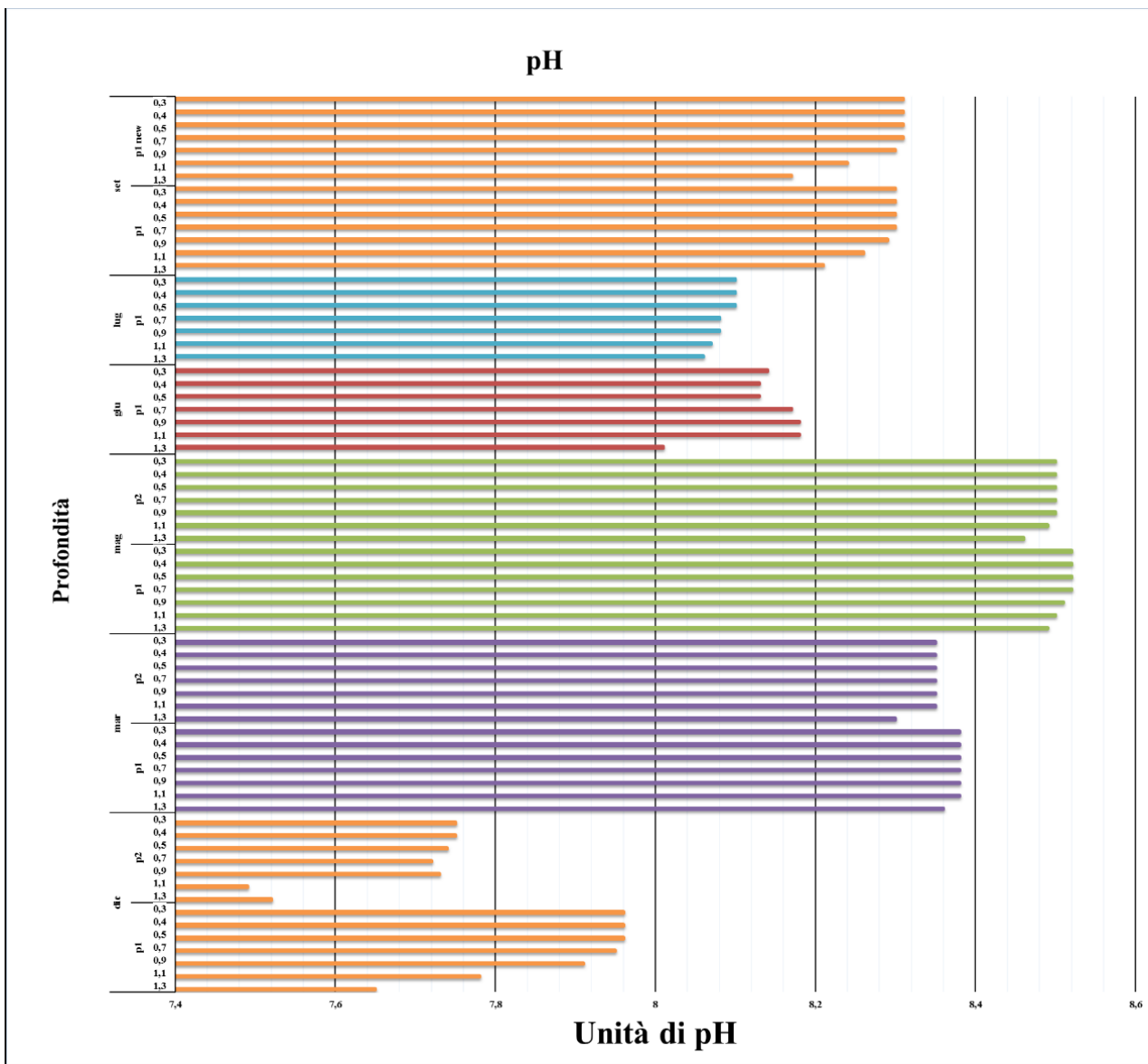


Figure 5

Là encore, les plus grandes fluctuations entre la surface et le fond ont été relevées au mois de décembre, au cours duquel l'eau douce entrant des fleuves par les pluies a stratifié au-dessus de la masse d'eau la plus salée du fond. En revanche, pendant les mois d'été, quand même la salinité a atteint les valeurs les plus élevées, on a enregistré des pH presque identiques à l'eau de mer.

## 2.2. Nutriments

En général, l'évaluation de l'état de qualité des masses d'eau est régie par le texte unique sur l'environnement, le D.lgs 152/06. Pour les eaux de transition telles que le Calich, il est prévu de déterminer une série d'indicateurs, dont le DIN, c'est-à-dire l'azote inorganique dissous donné par la somme de l'azote provenant des nitrites, des nitrates et de l'ammoniac. Dans la procédure de classification de l'état écologique, les valeurs moyennes annuelles de DIN doivent être inférieures au seuil de 420 µg/l établi par le DM 260/2010, actuariel du TUA, pour les eaux avec salinité moyenne inférieure à 30 ppt comme le Calich.

Le tableau 2 indique les valeurs de chaque analyte utilisé dans le calcul du DIN et les valeurs d'azote total dans la dernière colonne. Lorsque les concentrations sont inférieures à la limite de détection correspondante, on leur attribue par défaut une concentration égale à la moitié de cette valeur (en bleu).

Tableau 2

Anno	mese	punto	N-NH4 (µg/l)	N-NO2 (µg/l)	N-NO3 (µg/l)	DIN (µg/l)	Ntot (µg/l)
2018	dicembre	1	161,0	13,8	545,0	719,8	910,0
		2	163,0	13,8	550,0	726,8	872,0
2019	marzo	1	23,0	18,0	430,0	471,0	517,0
		2	< LR	18,0	499,0	524,5	541,0
	maggio	1	30,0	< LR	144,0	175,0	175,0
		2	35,0	< LR	125,0	163,0	163,0
	giugno	1	202,0	16,0	276,0	494,0	495,0
	luglio	1	35,0	< LR	< LR	42,0	179,0
	settembre	1	25,0	< LR	< LR	30,0	30,0
		1 new	16,0	< LR	< LR	20,0	20,0

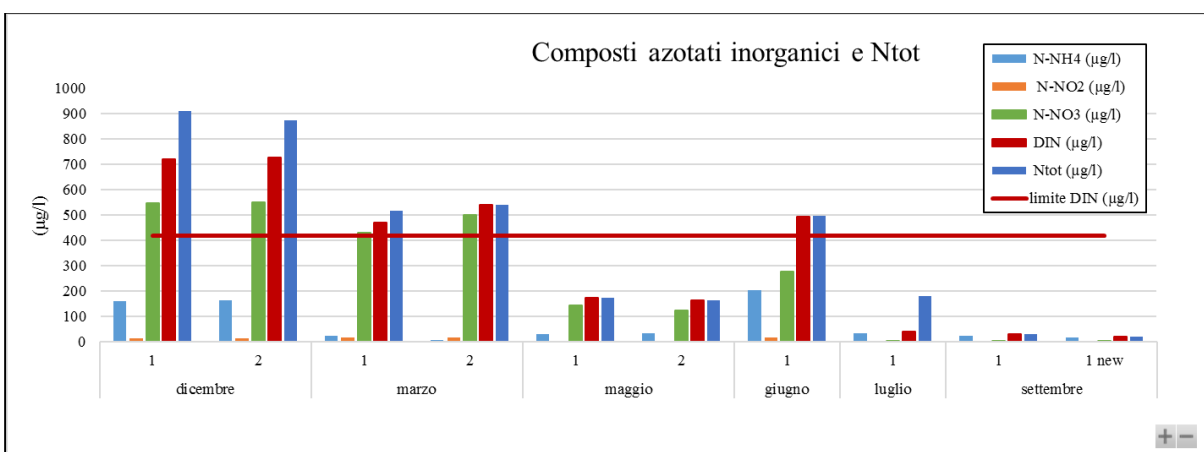


Figure 6



Le graphique 6 montre clairement l'évolution dans le temps des paramètres examinés. Pendant les périodes où les eaux de pluie sont les plus puissantes, on peut remarquer que la part prédominante du DIN est liée au pourcentage de nitrates, la forme d'azote inorganique immédiatement disponible pour l'assimilation par les organismes végétaux. L'évolution annuelle globale de l'azote total, de l'azote organique et des DIN a montré que l'apport en nutriments était principalement lié à la période des pluies (la valeur du DIN augmente à la baisse de la salinité) et leur utilisation lors de l'augmentation de la température et du rayonnement solaire (diminution du DIN et augmentation concomitante de l'azote organique). Les valeurs élevées d'ammoniac observées en décembre et en juin font par contre supposer des criticités liées à l'apport de déchets non épurés.

Même dans le cas des orthophosphates, eux aussi nutriments essentiels pour le développement des organismes végétaux, on remarque un pic en juin qui apparaît assez isolé par rapport à la tendance générale.

Tableau 3

anno	mese	punto	P-PO4 (µg/l)	Ptot (µg/l)
2018	dicembre	1	192	195
		2	192	195
2019	marzo	1	22	51
		2	20	44
	maggio	1	201	237
		2	102	117
	giugno	1	761	770
	luglio	1	62	129
	settembre	1	3,5	3,5
		1 new	3,5	3,5

### 2.3. Études bactériologiques

À l'instar des exigences de la législation de référence pour les eaux d'élevage de mollusques bivalves, l'ARPA a réalisé des analyses pour E. coli et Salmonella spp. , les deux indicateurs de pollution organique typique des eaux usées.

Des concentrations significatives d'E. coli n'ont été détectées que lors des pics d'ammoniac de décembre et juin, confirmant l'hypothèse de criticités liées à l'apport de déchets d'égout. La présence de Salmonella spp. lors de l'échantillonnage de décembre au seul point 1, pour indiquer une criticité à la limite de la détectabilité.

Tableau 4

Anno	mese	punto	<i>E. coli</i> (ufc/100ml)	<i>Salmonella spp.</i> (pres-ass/l)
2018	dicembre	1	660	presente
		2	350	assente
2019	marzo	1	0	assente
		2	0	assente
	maggio	1	0	assente
		2	6	assente
	giugno	1	130	ND
	luglio	1	4	ND
	settembre	1	0	assente
		1 new	0	assente

## 2.4. Métaux

Toujours en référence aux dispositions de la législation de référence pour la caractérisation des eaux conchylicoles, une caractérisation préliminaire de la présence de métaux dissous a été effectuée, en particulier ceux indiqués par D.Lgs 172/15 pour l'état de qualité environnementale des masses d'eau. Les résultats n'ont montré aucune criticité, les concentrations des différents analytes étant presque toujours inférieures aux limites de détection respectives, à l'exception de l'arsenic, mais toujours en dessous des normes de qualité annuelles moyennes établies par la norme.

Tabella 6

Anno	mese	punto	Cd (µg/l)	Pb (µg/l)	Cr tot (µg/l)	Hg (µg/l)	Ni (µg/l)	As (µg/l)
2018	dicembre	1	< 0.2	< 0.4	< 1.2	< 0.01	< 2.5	< 1
		2	< 0.2	< 0.4	< 1.2	< 0.00	< 2.5	< 1
2019	marzo	1	< 0.2	< 0.4	< 1.2	< 0.01	< 2.5	1,06
		2	< 0.2	< 0.4	< 1.2	< 0.01	< 2.5	1,80
	maggio	1	< 0.2	< 0.4	< 1.2	< 0.01	< 2.5	1,84
		2	< 0.2	< 0.4	< 1.2	< 0.01	< 2.5	1,11
	settembre	1	< 0.2	0,95	< 1.2	< 0.01	< 2.5	1,67
		1 new	< 0.2	< 0.4	< 1.2	< 0.01	< 2.5	1,63
<b>Standard di qualità ambientale_ Media Annuia</b>			0.2	1,3	4	/	8.6	5
<b>Standard di qualità ambientale_Concentrazione Massima Ammissibile</b>			0.45	14	/	0.07	34	/