



A.R.S.A.C.

Azienda Regionale per lo Sviluppo Agricolo Calabrese

Centro Sperimentale Dimostrativo Gioia Tauro

C.da Bettina 89013 GIOIA TAURO (RC)

Analisi dell'acqua piovana raccolta presso l' A.R.S.A.C. Centro Sperimentale e Dimostrativo di Gioia Tauro (RC).



A cura di Pietro Humberto Spirli

ARSAC Centro Sperimentale Dimostrativo Gioia Tauro

C.da Bettina - 89013 Gioia Tauro (RC)

A.R.S.A.C Azienda Regionale per lo Sviluppo Agricolo Calabrese
Viale Trieste n. 93 87100 Cosenza

Riproduzione di tabelle, grafici, diagrammi e fotografie autorizzata citando la fonte

In copertina

Fotografia: Ulivo cv Roggianella nella fase di mignolatura 26 aprile 2024. Presso A.R.S.A.C. Centro Sperimentale Dimostrativo Gioia Tauro (RC)

Foto della copertina di Crea Domenico – Pietro Humberto Spirli

Si ringraziano Domenico Emanuele Crea e Fortunato Crea, personale del A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro, per aver collaborato alla raccolta dei campioni.

Giugno 2024

Analisi dell'acqua piovana raccolta presso l' A.R.S.A.C. Centro Sperimentale e Dimostrativo di Gioia Tauro (RC).

A cura di **Pietro Humberto Spirli** ¹

Introduzione

L' Azienda Regionale per lo Sviluppo dell'Agricoltura Calabrese. -A.R.S.A.C.- è dotata di una rete di capannine meteorologiche per il rilievo dei dati termo-pluviometrici, automatizzate, tra queste vi è la capannina del Centro Sperimentale sito nel Comune di Gioia Tauro [Latitudine 38.412689; longitudine 15.938715].

La presenza del pluviometro ha permesso di raccogliere le acque piovane dagli eventi che si sono avuti da **marzo 2021** a **marzo 2024**. Dall'analisi si sono ricavati dei semplici dati sull'acidità (**pH**) e sulla conducibilità elettrica (**EC**), espressa sia in ppm che in $\mu\text{S}/\text{cm}$ dei sali minerali disciolti nell'acqua piovana.

Il presente lavoro cerca, senza eccessive pretese, di verificare la qualità delle piogge che insistono nella parte più ad ovest della Piana di Gioia Tauro, che è, geograficamente, più esposta alle perturbazioni provenienti dall'oceano Atlantico.

Si ritiene inquinata l'aria la cui composizione eccede i limiti stabiliti per legge. I principali effetti che gli inquinanti provocano nell'ambiente sono: l'effetto serra e le piogge acide. Il primo è un effetto climatico che consiste nel riscaldamento degli strati inferiori dell'atmosfera; il secondo è l'acqua piovana che ha un pH di 5.6 (**pH<5,6**).

A causa dell'inquinamento si disciolgono nelle piogge biossido di zolfo e vari ossidi di azoto rendendole ancora più acide. Nonostante i significativi miglioramenti degli ultimi decenni, l'inquinamento atmosferico in Italia ed in Europa continua a danneggiare la nostra salute e l'ambiente. In particolar modo l'inquinamento da particolato e da ozono pone seri rischi alla salute della popolazione, influenzando negativamente sulla qualità della vita e riducendone l'aspettativa.

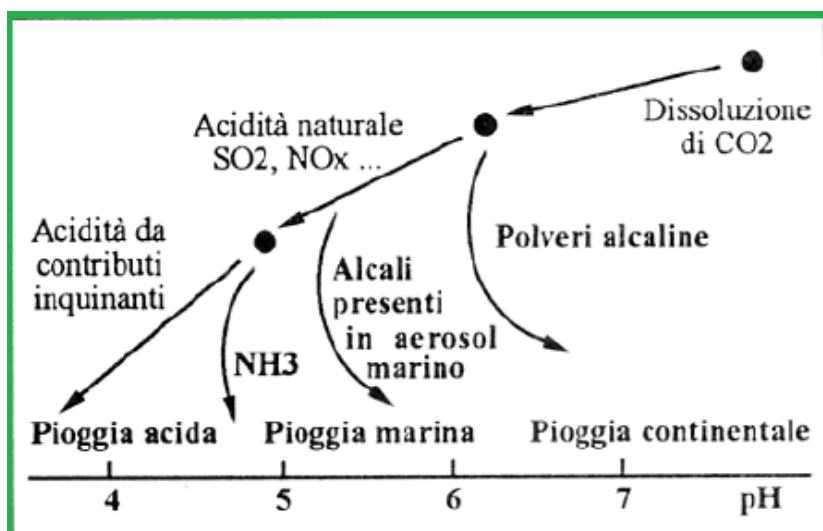


Fig. n. 01 -Caratteristiche chimiche delle piogge e sul pH relativo. Fonte Aloj E., et altri (1994)

Già agli inizi degli anni '70 era venuta alla ribalta la consapevolezza di conoscere il grado di purezza dell'aria. Negli anni successivi, lo studio e le ricerche più approfondite hanno portato al concetto di "**piogge acide**", legate al trasporto, anche, a grandi distanze degli inquinanti atmosferici appartenenti a sostanze chimiche, tra le quali SO_2 , NO_x , HCL . (Figura n. 01)

¹ Si ringraziano Domenico Emanuele Crea e Fortunato Crea, personale del A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro, per aver collaborato alla raccolta dei campioni.

Metodologia

La metodologia utilizzata è stata quella di recuperare l'acqua piovana all'uscita del pluviometro, tenendo conto di "una pioggia registrata".

Successivamente, attraverso il pH-metro ed il EC tester conduttimetro, si sono ricavati i vari valori di acidità (**pH**) e conducibilità elettrica (**EC**) misurata in *microsiemens* ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

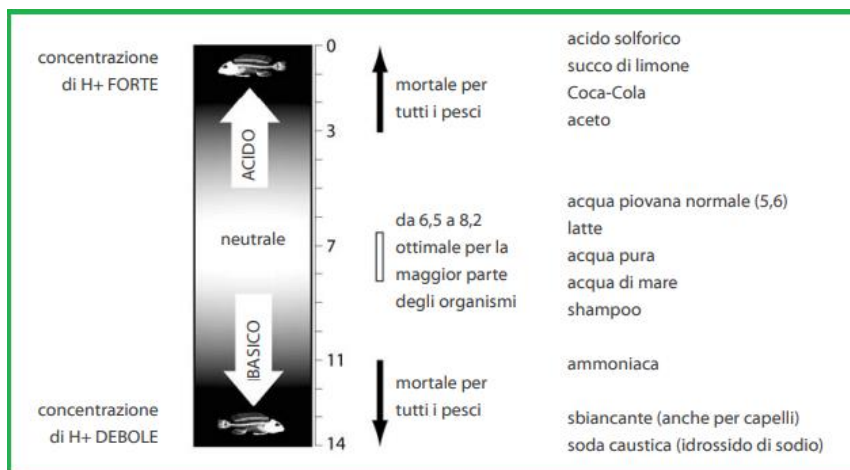


Fig. n. 02 - Scala del pH con esempi dalla vita di tutti i giorni. Un pH < 3 o > 11 è mortale per tutti i pesci. Fonte GLOBE Germania (leggermente adattato).

Il **pH**, determinato attraverso il **pH-metro**, dice su quanto acida o basica è una soluzione. La scala del pH va da 0 a 14; pH 7 è neutrale. Con valori di pH > 7 si parla di „soluzioni basiche“, per pH < 7 di „soluzioni acide“. L'acidità di una soluzione dipende dalla quantità di ioni H⁺ che contiene. Più ioni H⁺ ci sono in acqua, più l'acqua è acida e più basso è il pH.

La **conducibilità dell'acqua (EC)** è un parametro che serve a definire la capacità di un'acqua di condurre la corrente elettrica, ed è legata alla quantità di sali disciolti che essendo ioni carichi (positivi/negativi) permettono il passaggio della corrente elettrica nel liquido stesso.



Fig. n. 03 A destra Conducimento (TDS e EC) e a sinistra pHmetro.

La conducibilità dell'acqua si misura con il **conduttimetro** e l'unità di misura è espressa in *microsiemens* per centimetro ad una data temperatura ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20 °C).

Altro parametro importante per l'acqua piovana è il **TDS** (Total Dissolved Solid), che rappresenta la quantità totale di sali minerali presenti nell'acqua da cui si ricava il residuo fisso (espresso in ml/lt). Dal TDS si ricava il valore del contenuto salino dell'acqua con cui si effettua la stima della conduzione dell'acqua, questa è la correlazione tra conducibilità elettrica dell'acqua (EC) e residuo fisso (TDS).

Partendo dall'acqua distillata, che generalmente ha una conducibilità elettrica (EC) molto bassa ($10 \mu\text{S}/\text{cm}$ a 20 °C), si può affermare che se il valore di EC è molto alto l'acqua è ricca di sali se è basso né risulta povera e/o priva.

Con l'utilizzo del pluviometro in dotazione alla stazione meteorologica del CSD di Gioia Tauro (RC) sono stati raccolti i campioni di acqua piovana, successivamente conservati in adatti contenitori con indicazione della data dell'evento piovoso. La metodologia per la campionatura

è stata quella di un campione per più giorni piovosi consecutivi in quanto si è considerato inutile avere un campione per ogni evento piovoso anche se prolungato per più giorni.

Analisi dei dati pH

L'analisi dei campione di pioggia ha portato ad avere una serie di dati sul **pH** e sulla conducibilità elettrica (**EC**).

I dati di **pH** per ogni campione sono riportati nel grafico n. 01.

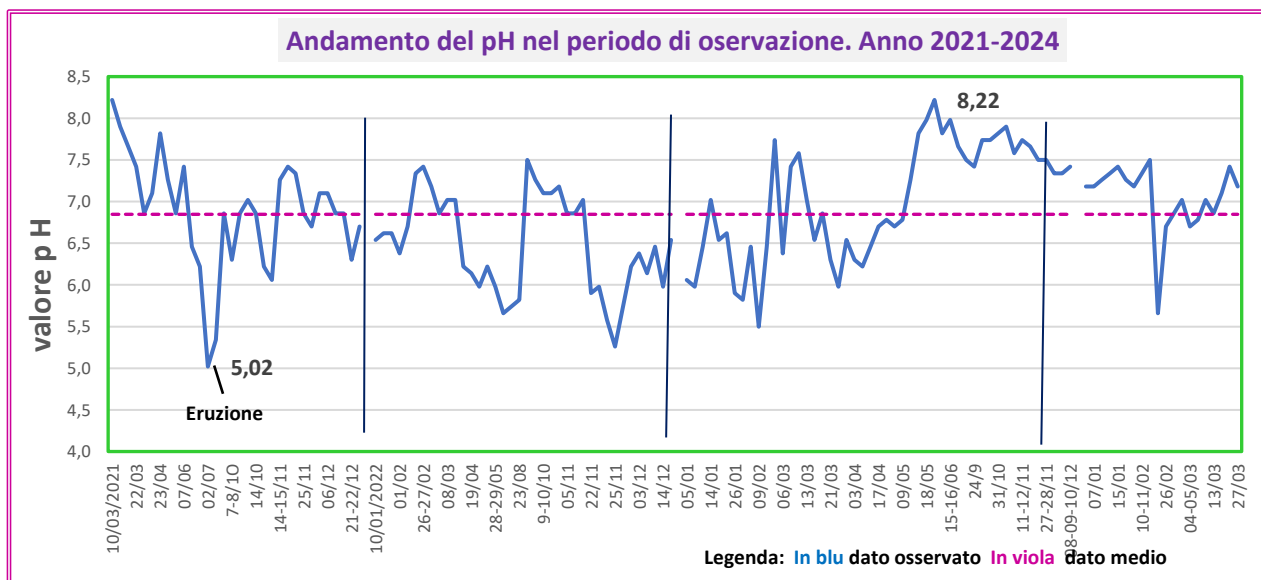


Grafico n.01. Valore del pH per ogni evento piovoso negli anni da marzo 2021 a marzo 2024. Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC)-.

Il valore del pH dei 139 campioni di precipitazione va da **5,02 a 8,22** con una media aritmetica di **6,85**. Statisticamente la dispersione dei valori calcolati con la deviazione standard $[\pm\sigma]^2$ è pari a $\pm 0,66$, che ci restituisce un dato concentrato intorno alla media (valore con poca dispersione)

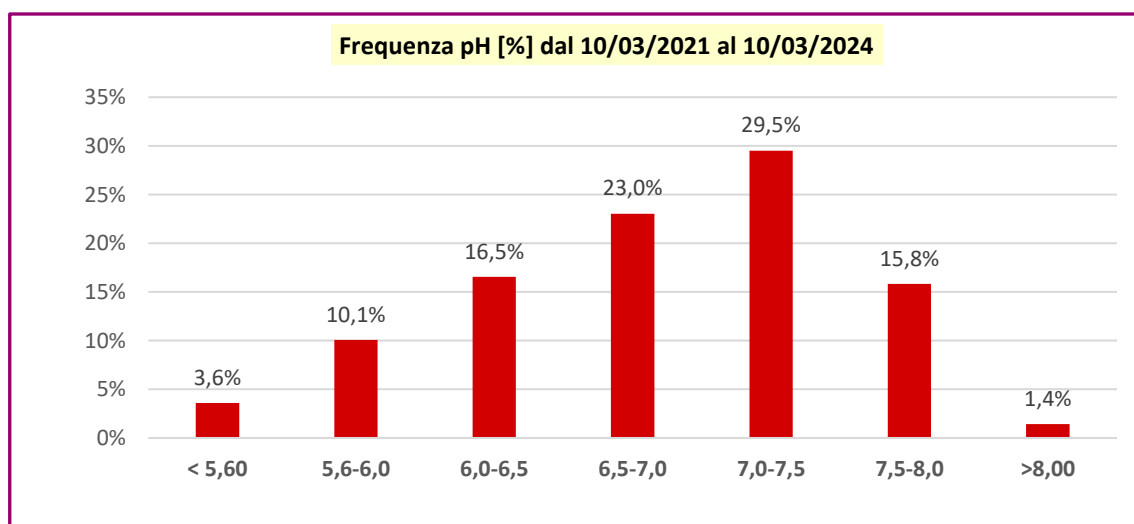


Grafico n. 02. Distribuzione del pH in base alla frequenza del campione. Elaborazione Pietro Humberto Spirli - A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC)-.

² In statistica la deviazione standard è un indicatore di dispersione di una distribuzione di valori. È anche detto scarto quadratico medio o scostamento quadratico medio ed è indicata con la lettera greca sigma (σ). Se la deviazione standard (σ) è grande, i valori della distribuzione sono dispersi. Viceversa, se la deviazione standard è piccola, i valori sono concentrati vicino alla media.

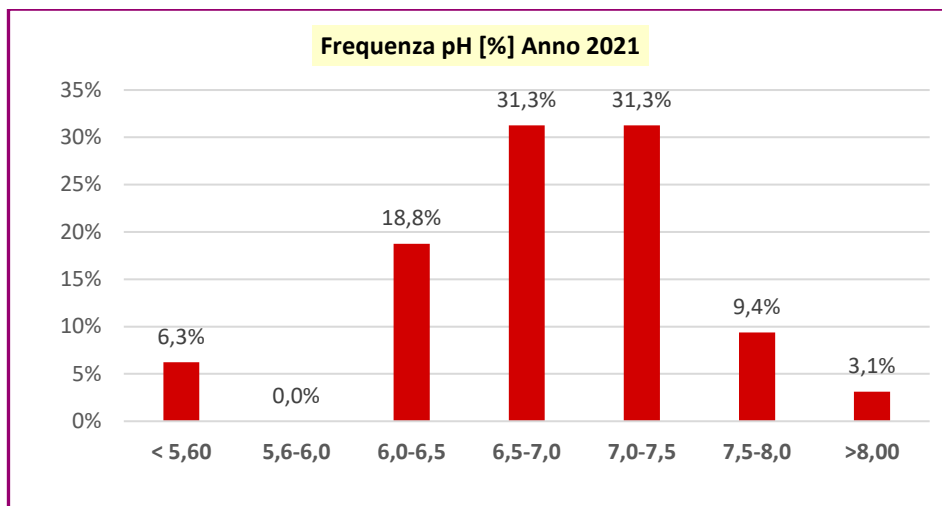


Grafico n.03. Anno 2021 Distribuzione del pH in base alla frequenza del campione. Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC).

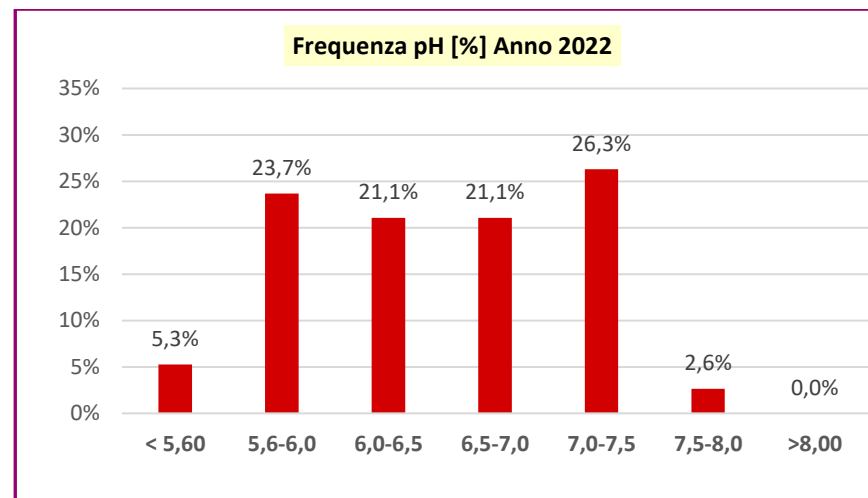


Grafico n.04. Anno 2022 Distribuzione del pH in base alla frequenza del campione. Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC).

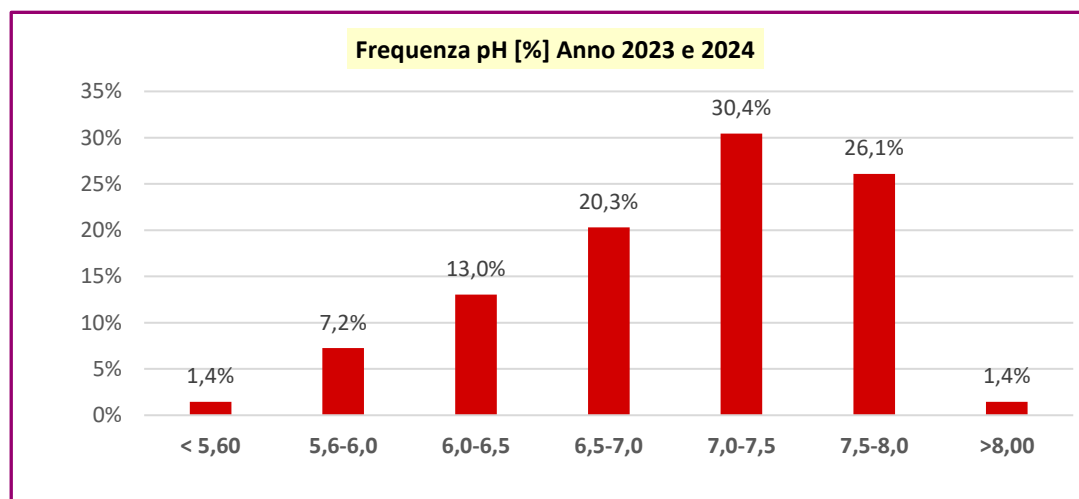


Grafico n.04. Anno 2023-2024 Distribuzione del pH in base alla frequenza del campione. Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC).

Solo il **3,6%** del totale dei campioni dell'acqua piovana raccolta può essere classificata come pioggia acida (**pH<5,6**). Nello specifico, analizzando annualmente la percentuale di piogge acide (pH<5,6), si rileva che i campioni con pH < 5,6 sono stati rispettivamente **del 6,3%**, (anno 2021) **del 5,3%** (anno 2022) e **del 1,4%** (anno 2023-2024).

Questi dati ci indicano le variazioni annuali non solo della frequenza delle piogge acide ma anche della qualità dell'acqua piovana. (Grafico n. 02, 03, 04 e 05).

Circa il **30,2%** della pioggia è compresa nel range “leggermente acida e/o sub-acida” (**pH ≤ 6,5**), mentre più del **68,3 %** delle precipitazioni campionate hanno mostrato valori di pH intermedi compresi tra $6,5 \geq \text{pH} \leq 8,0$ (Grafico n. 02). Infine solo l'**1,8%** ha un pH > 8,0.

Infatti da marzo 2021 a maggio 2023 si hanno valori di “sub-acidificazione” delle piogge senza andare sotto il limite di pH **5,02** registrato il 02/07/2021. Si potrebbe ipotizzare che questo valore potrebbe essere legato all'eruzione del vulcano Etna.

Diversamente sono i valori ottenuti per la campionatura che va da maggio 2023 e 2024 in quanto si collocano nell'area di “alcalinizzazione” con valori sopra la media che è di pH **6,84** (media $\pm\sigma = 7,52$).

Statisticamente si è analizzata la variazione del pH nelle diverse stagioni.

I dati riferiti ai **campioni invernali** ci indicano come la pioggia acida abbia avuto una intensità bassa pari al **2,3%** riconducibile ad un solo evento piovoso (Grafico n. 05).

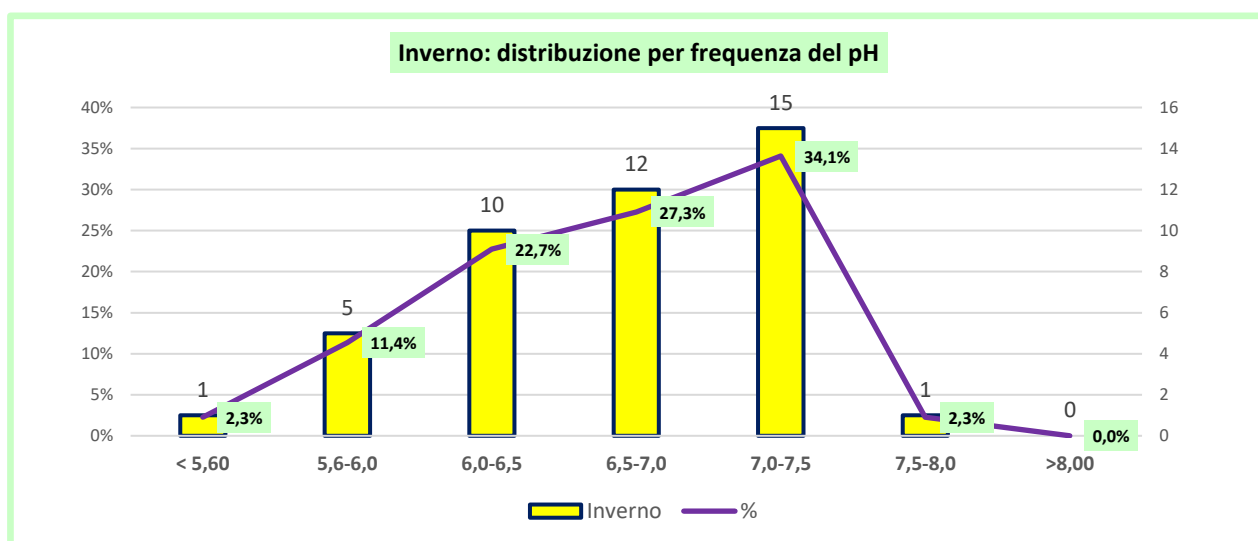


Grafico n.05. Inverno. Distribuzione del pH in base alla frequenza del campione. Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC).

La frequenza dei campione nel range “leggermente acida e/o sub-acida” (pH ≤ 6,5) è pari al **36,4%**, mentre il **63,6 %** si colloca tra $6,5 \geq \text{pH} \leq 8,0$ (Grafico n. 05).

I campioni degli eventi piovosi **primaverili** (Grafico n. 06) non segnalano dati con pH <5,6. Il range “leggermente acida e/o sub-acida” (pH ≤ 6,5) ha una frequenza pari al **23,9%** mentre quelli tra $6,5 \geq \text{pH} \leq 8,0$ coprono il **73,9%** dei campioni. Infine, solo un campione ha pH>8 (**2,2%**).

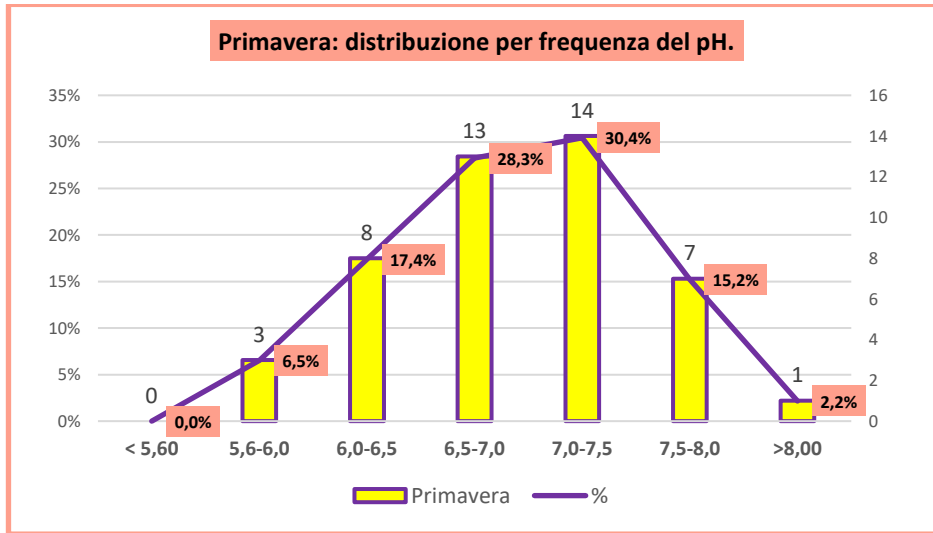


Grafico n. 06. Primavera Distribuzione del pH in base alla frequenza del campione. Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC).

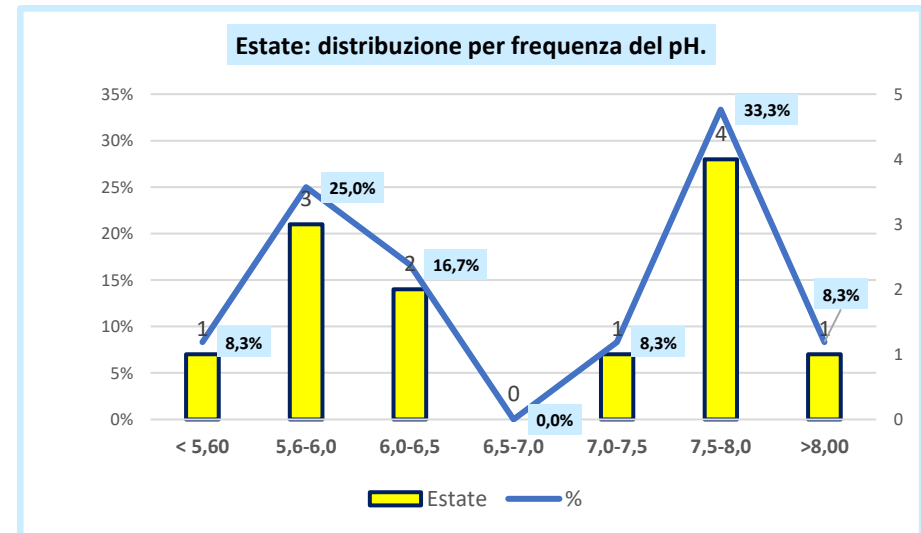


Grafico n.07. Estate Distribuzione del pH in base alla frequenza del campione. Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC).

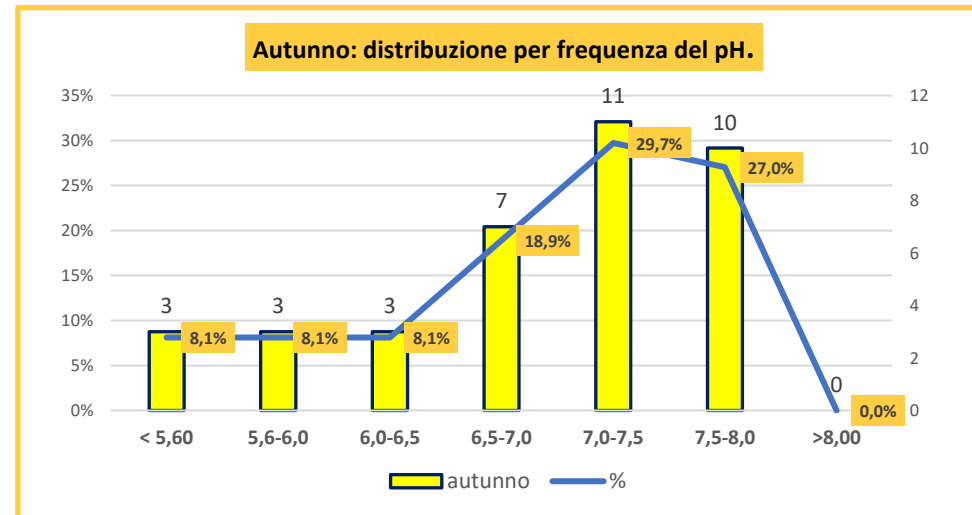


Grafico n.08. Autunno Distribuzione del pH in base alla frequenza del campione. Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC).

I campioni **estivi** sono stati soltanto 12 di cui soltanto 1 con $\text{pH} < 5,6$ (**8,3%**). Il range maggiormente rappresentativo è quello “leggermente acida e/o sub-acida” ($\text{pH} \leq 6,5$) con una frequenza pari al **50,0%**, mentre quelli tra $6,5 \geq \text{pH} \leq 8,0$ coprono il **41,7%** dei campioni. Infine, solo un campione ha $\text{pH} > 8$ (**8,3%**) (Grafico n. 07).

I campioni di acqua piovana raccolti nella **stagione autunnale** sono stati 3, di questi soltanto tre registrano un $\text{pH} < 5,6$ e rappresentano l’**8,1%**. Il range con $\text{pH} \leq 6,5$ ha 9 campioni ed è pari al **24,3%**. La frequenza maggiore si registra tra $6,5 \geq \text{pH} \leq 8,0$ con il **75,7%** di cui il **29,7%** ha una $7,0 \geq \text{pH} \leq 7,5$. Per il range $\text{pH} > 8,0$ non si registrano campioni. (Grafico n. 08)

In conclusione, l’andamento dei valori di pH ci indica come vi sia una variazione e una disomogeneità sia all’interno dell’anno che nell’arco del periodo di campionamento. Una variazione stagionale del pH medio in base al numero di eventi piovosi ed al loro valore delle piogge acide (mm pioggia), potrebbero essere influenzati dalle correnti umide e dalla loro direzione.

Ne deriva che il pH ottenuto dai campioni primaverili/estivi è inferiore a quello dei campioni autunno/ inverno. Infatti, le piogge con $\text{pH} < 5,6$ si sono registrate prevalentemente nella stagione autunnale con una frequenza del 60%. Questo dato è comparabile ai risultati in molte regioni nel nord della Cina (Shen et al. 2012; Zhang et al. 2012)

Analisi dei dati sulla conducibilità elettrica (EC)

La conducibilità elettrica (EC) delle precipitazioni rappresenta un buon indicatore della quantità di componenti ionici solubili nell’atmosfera. L’EC è un parametro importante utilizzato per valutare e monitorare la qualità dell’acqua. È una misura della capacità dell’acqua di condurre una corrente elettrica ed è influenzata dalla concentrazione di ioni disciolti nell’acqua. **L’EC è misurato in Siemens per distanza (microsiemens per centimetro $\mu\text{S}/\text{cm}$).**

IL TDS indica la concentrazione totale di sostanze organiche e inorganiche presenti nell’acqua. Valori EC elevati indicano generalmente livelli di TDS più elevati, che possono influenzarne il gusto, l’odore e l’appetibilità complessiva dell’acqua. (Tabella n. 01 Tipologia delle acque in base a EC)

Tipi di acqua	Intervallo di conduttanza ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Acqua distillata	0-3
Acqua da neve sciolta	02-42
Acqua del rubinetto:	50-800
Acqua potabile (standard USA)	30-1.500
Ruscelli d’acqua dolce	100-2.000
Acque reflue industriali	10.000
Acqua di mare	55.000

Tabella n. 03 Tipologia delle acque in base a EC

I cambiamenti nella conducibilità elettrica indicano la presenza di sostanze inquinanti o contaminanti nell’acqua. Livelli elevati di EC possono suggerire la presenza di sostanze disciolte come metalli pesanti, prodotti chimici industriali, deflussi agricoli o contaminazione delle acque reflue.

Il monitoraggio della EC può aiutare a identificare potenziali fonti di inquinamento e valutare la qualità complessiva dell’acqua (Lakrout et al. 2022).

Dal grafico 9 si evince come il valore medio sia pari a **174,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$** e i valori minimo/massimo siano stati **27 a 828 $\mu\text{S}/\text{cm}$** .

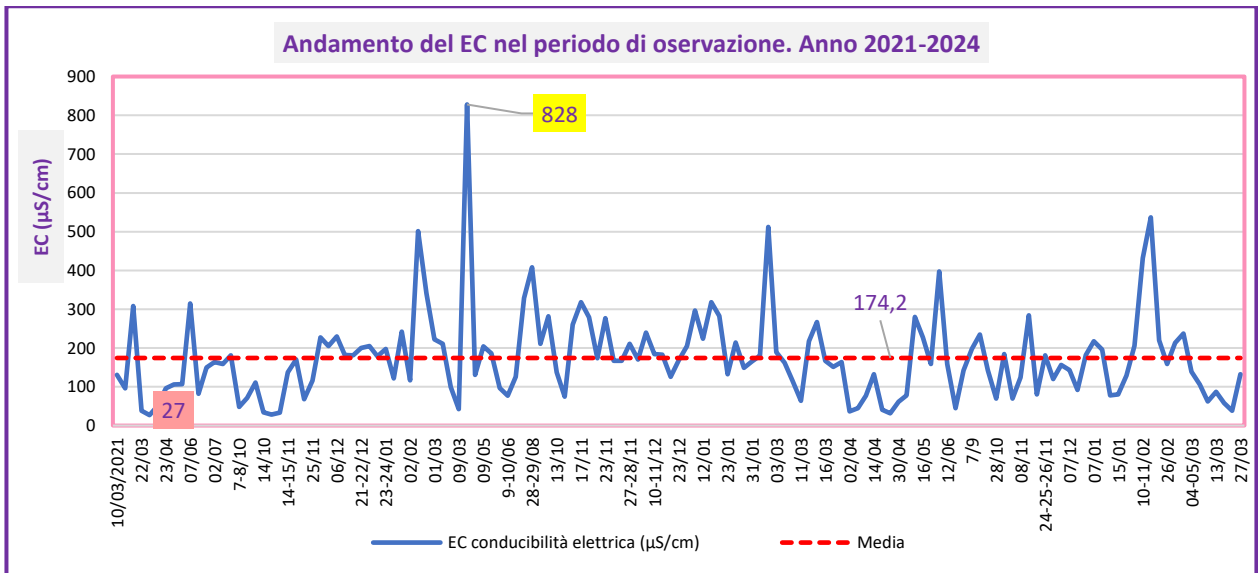


Grafico n.09. Valore dell'EC per ogni evento piovoso negli anni da marzo 2021 a marzo 2024. Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC)-.

Statisticamente la dispersione dei valori calcolati con la deviazione standard [$\pm\sigma$] è pari a $\pm 112 \mu\text{S/cm}$.

Importante è la frequenza EC all'interno dei diversi range in cui sono stati suddivisi i campioni di pioggia raccolti. Il range $\text{EC} \geq 150 \mu\text{S/cm}$ rappresenta il 55% del totale, all'interno del quale la frazione > 225 è del 21%. Importante è l'incidenza dell'EC ≤ 100 pari a 27%.

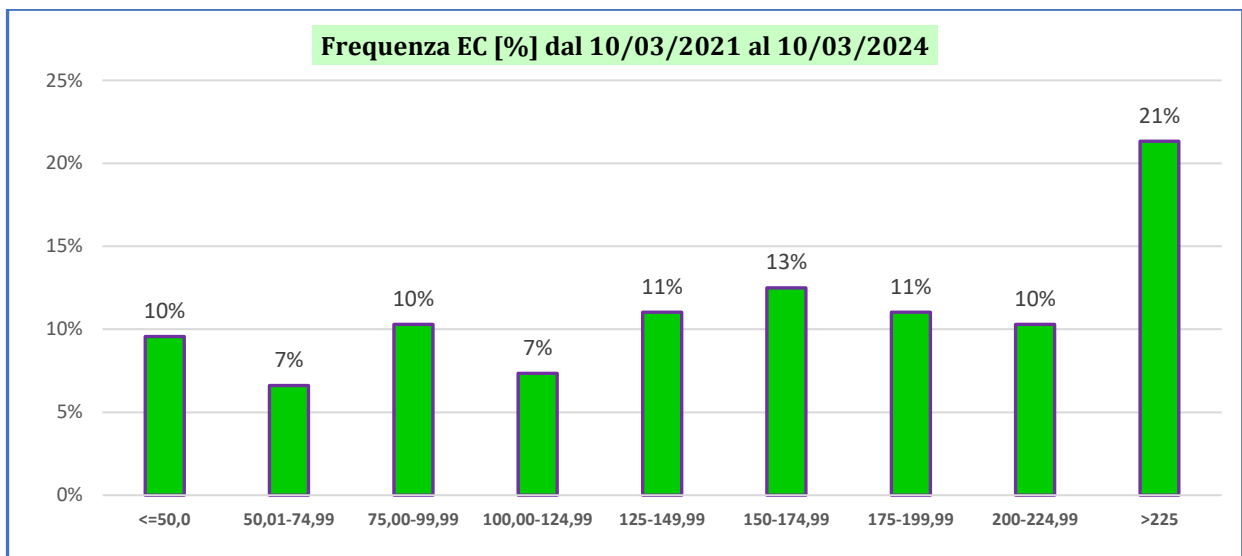


Grafico n. 10. Distribuzione del EC in base alla frequenza del campione. Elaborazione Pietro Humberto Spirli - A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC)-.

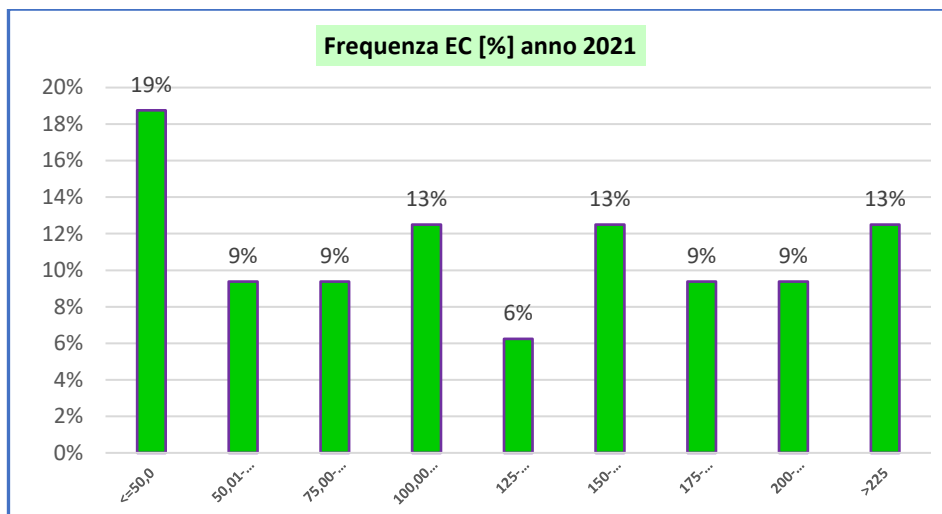


Grafico n. 11. Anno 2021 Distribuzione del EC in base alla frequenza del campione. Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC).

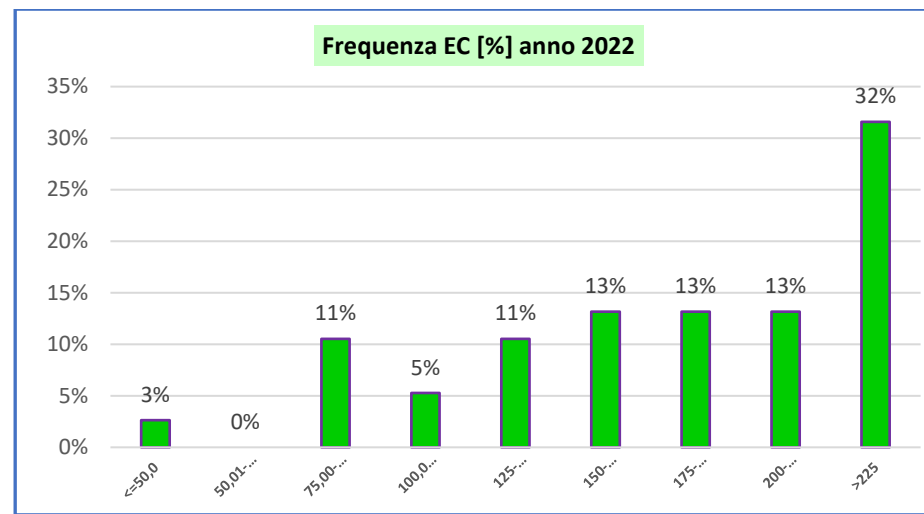


Grafico n. 12. Anno 2022 Distribuzione del EC in base alla frequenza del campione. Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC).

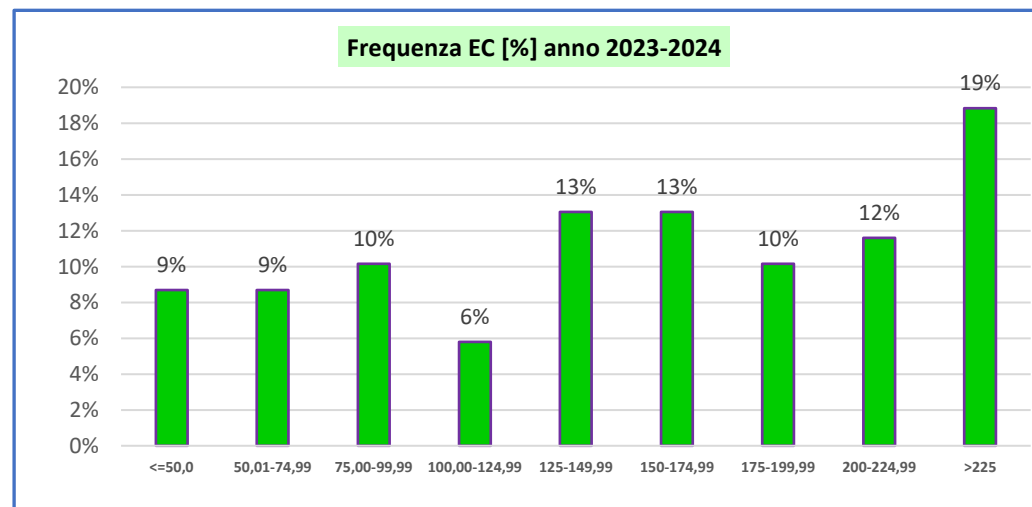


Grafico n.13. Anno 2023-2024 Distribuzione del EC in base alla frequenza del campione. Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC).

Il **21,6%** del totale dei campioni dell'acqua piovana raccolta ha una **EC >225 $\mu\text{S}/\text{cm}$** . Di contro il **10% EC <50 $\mu\text{S}/\text{cm}$** ed entra nel range della classificazione come "Acqua da neve sciolta".

Le frequenze dei vari range negli anni presentano un andamento diversificato; il range **EC >225 $\mu\text{S}/\text{cm}$** nei campione dell'anno 2022 ha la frequenza maggiore con il 32%, mente quelli del 2021 con il 13%. (Grafico n. 10, 11, 12 e 13).

L'osservazione principale è che negli anni in cui range EC >225 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ha un valore alto, il range EC <50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ha un valore basso.

Prendendo come esempio anno 2022 si osserva che:

EC >225 $\mu\text{S}/\text{cm}$ = 32%; **EC <50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ = 3%.**

Di contro abbiamo che per l'anno 2021 si osserva che:

EC >225 $\mu\text{S}/\text{cm}$ = 13%; **EC <50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ = 19%.**

Analogamente per come si è proceduto all'analisi statistica del pH, si è analizzata la variazione del **EC** nelle diverse stagioni.

I dati riferiti ai **campioni invernali** indicano come la conduttività elettrica (EC) abbia avuto una frequenza del 40,5% per il range i **EC >200 $\mu\text{S}/\text{cm}$** (Grafico n. 14). Non si sono osservati eventi piovoso con EC **EC <75 $\mu\text{S}/\text{cm}$** .

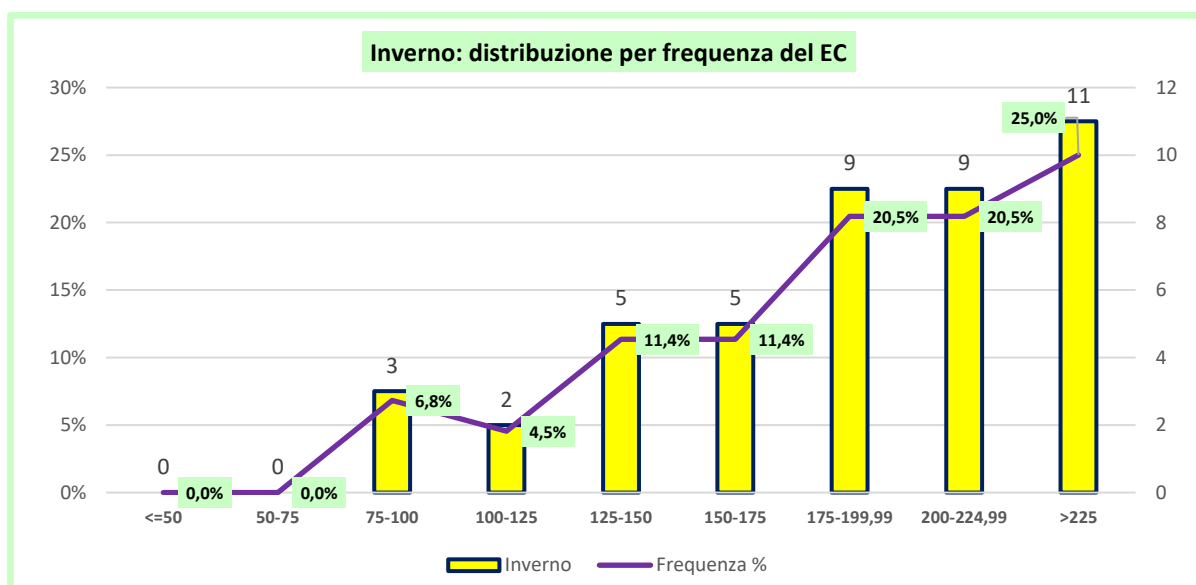


Grafico n.14. Inverno. Distribuzione del EC in base alla frequenza del campione. Elaborazione Pietro Humberto Spirli - A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC).

I campioni degli eventi piovosi **primaverili estivi ed autunnali** (Grafico n. 15, 16 e 17) danno un valore della frequenza della EC oscillante e discontinuo, tanto da non poter effettuare una distinzione per i diversi range.

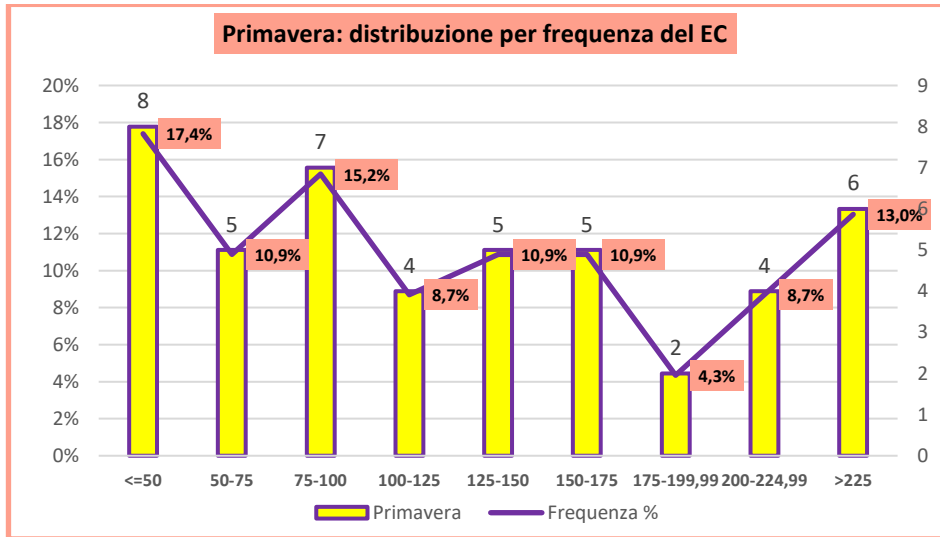


Grafico n. 15. Primavera Distribuzione del EC in base alla frequenza del campione. Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC).

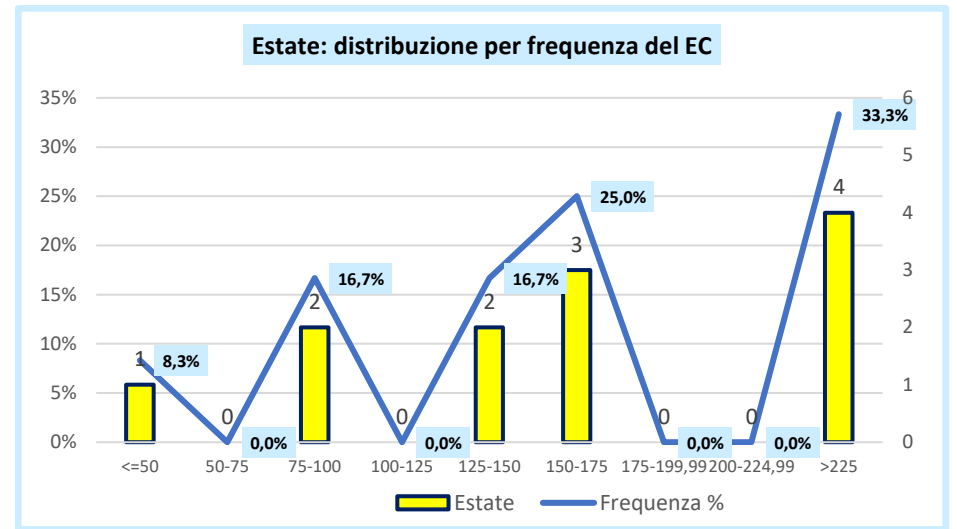


Grafico n.16. Estate Distribuzione del EC in base alla frequenza del campione. Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC).

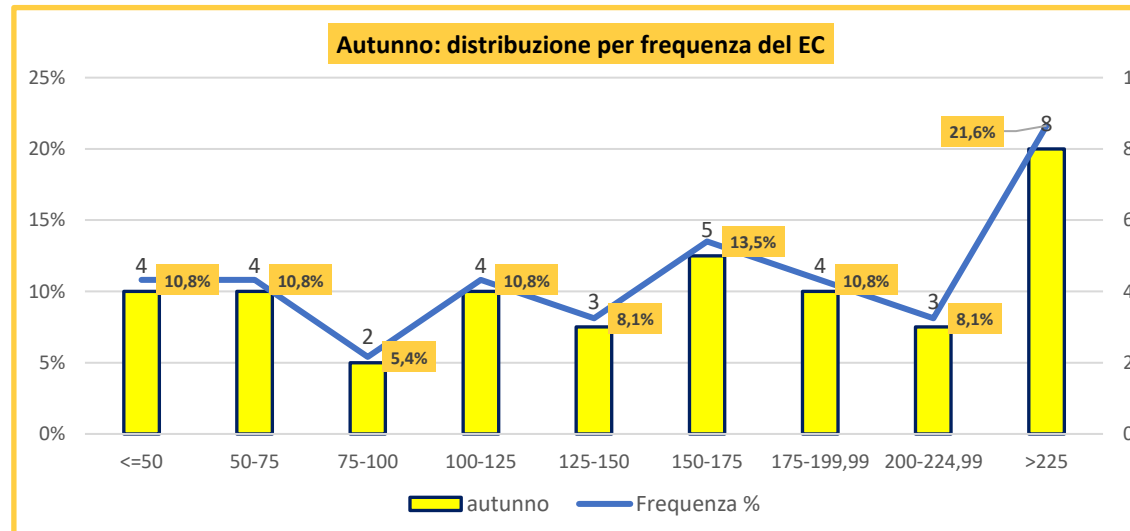


Grafico n.17 Autunno Distribuzione del EC in base alla frequenza del campione. Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC).

Conclusioni

L'analisi dei campioni di pioggia caduta dell'area del Centro Sperimentale e Dimostrativo A.R.S.A.C. di Gioia Tauro (RC) ha dato una serie di risultati positivamente inattesi.

L'evento piovoso classificato come **pioggia acida (pH <5,6)** è stato riscontrato soltanto in 5 campioni e rappresenta il **3,6%**. Di questi solo 3 si sono verificati in autunno. In generale possiamo affermare che i valori più bassi del pH si sono registrati nelle stagioni estivo-autunnali.

Mentre i campioni invernali e primaverili si sono collocati, prevalentemente, nel range $6,5 \geq \text{pH} \leq 7,50$.

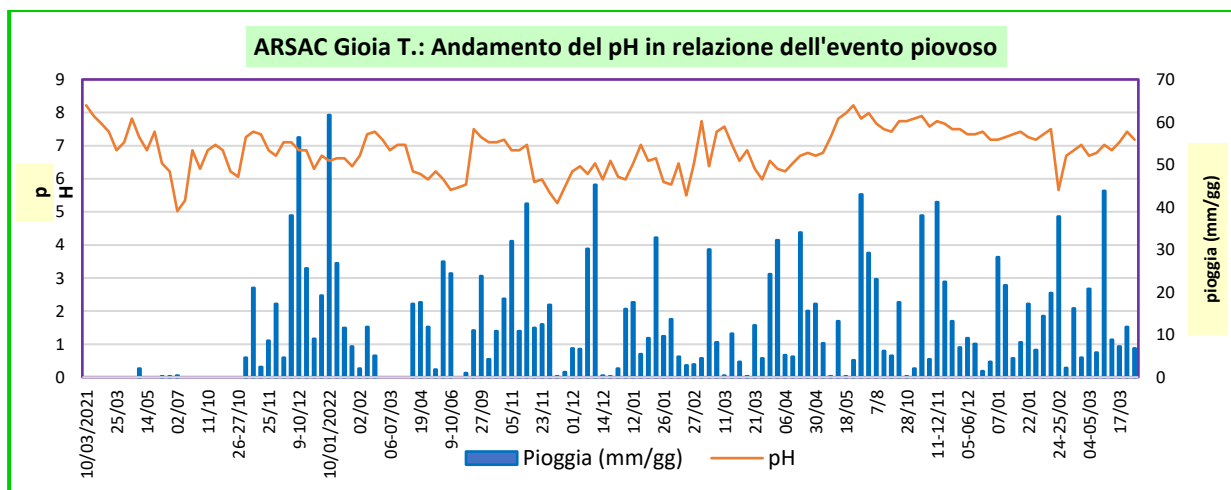


Grafico n.18 Andamento del pH in relazione dell'evento piovoso presso ARSAC CSD Gioia Tauro (RC). Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC)

Infine possiamo dire che il pH degli eventi piovosi **non è correlato³** alla quantità di pioggia (mm/giorno), ma risulta totalmente indipendente avendo $r = 0,04416$ (Grafico n. 18 e 19).

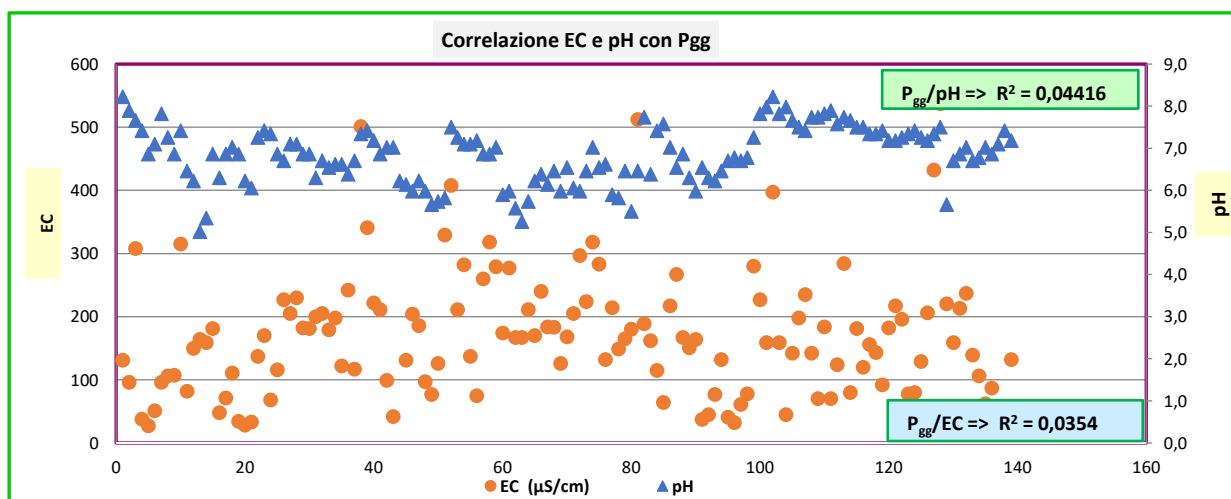


Grafico n.19 Correlazione EC e pH con P_{gg} presso ARSAC CSD Gioia Tauro (RC). Elaborazione Pietro Humberto Spirli -A.R.S.A.C. CSD Gioia Tauro (RC)

³ La correlazione è una misura statistica che esprime la relazione lineare tra due variabili. Non è dotato di un'unità di misura specifica e viene chiamato coefficiente di correlazione (r) ed è compreso tra -1 e +1. Più r si avvicina a zero, più la correlazione lineare è debole.

Anche la EC ha avuto un andamento (frequenza) oscillante ed il dato di maggior rilevanza è che il 21% degli eventi piovosi hanno un **EC >225 $\mu\text{S}/\text{cm}$** . La frequenza del 21% rappresenta 29 eventi piovosi o campioni e di questi 19 si sono registrate nelle stagioni autunnale ed invernale.

Anche la conduttività elettrica (EC) non è correlata alla quantità di pioggia, avendo **$r = 0,0354$** .

In definitiva la qualità delle acque piovane campionati presso A.R.S.A.C. Centro Sperimentale e Dimostrativo di Gioia Tauro (RC), si può considerata medio-alta.

Bibliografia

- Aloj E., Ferrillo R., Gallo T., Lucadamo L., (1994) Rete di monitoraggio delle piogge in provincia di Cosenza, grazie all'utilizzo di modelli previsionali- Inquinamento Atmosferico- *Biologia Ambientale* n. 5/1994.
- A.R.S.A.C. (Azienda Regionale per lo Sviluppo Agricolo Calabrese) ARSAC Centro Sperimentale Dimostrativo Gioia Tauro e Oppido Mamertina. Campionatura acqua piovana da marzo 2021 a marzo 2024.
- Bassan B. (2013-2014) Tetti e pareti verdi come possibile difesa dall'inquinamento urbano Tesi di Laurea Università degli Studi di Padova. Dipartimento Territorio e Sistemi Agro – Forestali Corso di laurea in Paesaggio Parchi e Giardini.
- Beysens D., Lekouch I., Muselli M., Mileta M., Milimouk-Melnitshouk I., Šojat V. (2010) Physical and chemical properties of dew and rain water in the Dalmatian coast, Croatia. 5th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew Münster, Germany, 25–30 July 2010
- Cianflone G., Vespasiano G., De Rosa R., Dominici R., Apollaro C., Vaselli O., Pizzino L., Tolomei C., Capecchiacci F., Polemio M., (2021) Hydrostratigraphic Framework and Physicochemical Status of Groundwater in the Gioia Tauro Coastal Plain (Calabria—Southern Italy) *Water* 2021, 13, 3279.
- Fontanella Luca Ugo, et altri (2021) Characterization of Rome's rainwater in the early of 2018 aiming to find correlations between chemical-physical parameters and sources of pollution: a statistical study. *Journal of Atmospheric Chemistry* (2021) 78:1–16
- Garetto M. (2009) - Laboratorio di Statistica con Excel -Corso di Laurea in Biotecnologie A.A. 2009/2010 Quaderno # 46 – Dicembre 2009.
- GLOBE Germania, leggermente adattato Capire il tema: pH delle precipitazioni.
- Guangxu Zhu, Qingjun Guo, Tongbin Chen, Yunchao Lang, Marc Peters, Liyan Tian, Hanzhi Zhang, Chunyu Wang. (2016), Chemical and sulfur isotopic composition of precipitation in Beijing, China. *Scienze ambientali e ricerca sull'inquinamento*. Marzo 2016
- Lakrouf A, Meddah B, Ali Rahmani SE (2022) Geochemical assessment of thermal water in Bouhanifia aquifer system: suitability for touristic therapeutic treatment. *Appl Water Sci* 12:204.
- Onofri A. (2005) Metodologia Sperimentale in Agricoltura- Appunti dalle lezioni. Dipartimento di Scienze Agroambientali e della Produzione Vegetale Sezione di Agronomia e Coltivazioni erbacee. Settembre 2005.
- Shen ZX, Zhang LM, Cao JJ, Tian J, Liu L, Wang GH, Zhao ZZ, Wang X, Zhang RJ, Liu SX (2012) Chemical composition, sources, and deposition fluxes of water-soluble inorganic ions obtained from precipitation chemistry measurements collected at an urban site in northwest China. *J Environ Monit* 14:3000–3008
- Zhang XY, Jiang H, Jin JX, Xu XH, Zhang QX (2012) Analysis of acid rain patterns in northeastern China using a decision tree method. *Atmos Environ* 46:590