

ACQUA SU MISURA

NON ESISTE UN'ACQUA ADATTA A TUTTI MA UN'ACQUA GIUSTA PER OGNUNO



SOMMARIO

SOMMARIO	2
1.Introduzione	4
1.1 L'azienda	5
1.2 La scuola	6
2. FASE INIZIALE	8
2.1 Visita all'azienda Levico Acque	8
2.2 Ciclo industriale dell'acqua minerale: dalla sorgente alla tavola	10
3. FASE DUE	13
3.1 Il movimento continuo dell'acqua e i cambiamenti di stato	13
3.2 Falde acquifere	16
3.3 Struttura del suolo	17
3.4 Vulnerabilità degli Acquiferi	18
3.5 Le sorgenti e la loro tutela	19
3.6 Le Sorgenti di Levico Acque	21
4. FASE TRE	22
4. 1 Acqua e salute	22
4.2 Incontri con il nutrizionista	22
4.3 La disidratazione	23
4.4 Il bilancio idrico	24
4.5 Il fabbisogno idrico	25
4.6 Performance sportiva	30
4.7 Funzioni cognitive	31
4.8 Tipi di acque	31
4.9 Miti da sfatare	33
5. FASE QUATTRO	35
5.1 Il Valore analitico dell'Acqua potabile e la pratica di laboratorio	35
5.2 Mappatura territoriale e origine geologica delle acque	36
5.3 Mineralizzazione dell'acqua	38
5.4 Osservazioni	39
5.5 Indicatori di contaminazione antropica	40
5.6 Indicatori microbiologici	41
5.7 Metalli pesanti	45
5.8 Analisi delle acque potabili	46
5.9 Analisi microbiologiche di acque potabili	59
5.10 Visita Didattica alle Sorgenti di Levico Acque	60
5.11 Acque minerali	64
5.12 Analisi chimiche delle acque minerali	73

6. FASE CINQUE	86
6.1 Rappresentante di Levico Acque	86
6.2 L'esperto in comunicazione e marketing	87
6.3 Le classi al lavoro	88
6.4 La responsabile della qualità	90
7. FASE SEI	92
7.1 Elaborazione dati delle acque potabili	92
7.2 Elaborazione dati acque minerali naturali	98
8. FASE SETTE	115
8.1 Introduzione	115
8.2 Input (Problematiche analitiche)	116
8.3 Obiettivo	116
8.4 Materiali e metodi	117
8.5 Risultati	118
8.6 Legislazione e fonti	120
9. FASE OTTO	122
10. FASE NOVE	132
Fonti	136
ALLEGATI	138

1.Introduzione

La partnership tra l'Istituto Buonarroti e Levico Acque all'interno del progetto TU SEI patrocinato da Confindustria e la Provincia Autonoma di Trento nasce da un incontro di intenti, da una progettualità corale che ha visto azienda e scuola impegnate in un progetto che ha richiesto impegno, costanza, determinazione, studio e ingegno. Levico Acque è stata per noi un punto di riferimento costante, un supporto ma soprattutto una guida che ci ha consentito di realizzare uno studio divulgativo-scientifico. Uno studio che non ha messo al centro il prodotto Levico, ma che ha aperto gli orizzonti formativi ed esperienziali al mondo delle acque potabili più in generale, infatti non ci siamo soffermati sul mero confronto tra le etichette delle acque minerali commercializzate e le nostre analisi, ma questo approccio ci ha messo di fronte ad una sfida maggiore: campionare, analizzare ed elaborare i dati delle acque potabili provenienti da vari territori del trentino, confrontando i risultati con i parametri geologici del territorio. E' stato un lavoro complesso che è partito da una semplice domanda: l'acqua che beviamo è tutta uguale? Esiste un'acqua adatta a tutti?

I manager di Levico Acque e parte dei loro collaboratori ci hanno saputo indirizzare verso i giusti approfondimenti normativi e tecnici e sono stati di supporto nella scelta delle sessioni di approfondimento formativo, finalizzate a gettare le basi scientifiche per affrontare la tematica con giusta cognizione di causa. In sinergia con i nostri professori ci hanno accompagnato nel tutt'altro che banale mondo dell'acqua.

Tutto è partito dalla visita allo stabilimento di Levico Acque dove ci hanno accolto e trasmesso i valori e la storia su cui si fonda l'azienda. Insieme abbiamo visitato il reparto produzione e approfondito le varie fasi di imbottigliamento. Ci hanno aperto le porte dei loro laboratori di analisi e spiegato le minuziose procedure di controllo, a partire dalle sorgenti fino ai controlli del prodotto finito.

1.1 L'azienda

L'azienda nasce nel 1951 con il nome di Levico Casara, il nome deriva da una delle 5 sorgenti che si trovano all'altezza di 1660 metri sotto la cima Panarotta. Dal 1951 al 2005 la proprietà è stata in prevalenza della PAT.

Dal 2005 l'attività viene acquisita dalla famiglia Franzoni, imprenditori di Brescia che hanno deciso di investire nell'azienda. Ha inizio così un processo di innovazione dapprima per quanto riguarda il packaging (nuove casse, nuove bottiglie, introduzione della linea ristorazione e nuove etichette) nello stesso tempo sono stati acquistati nuovi macchinari con l'obiettivo di ottimizzare la resa produttiva e dell'efficientamento energetico. La consapevolezza con cui Levico Acque gestisce una risorsa così preziosa porta a imbottigliare l'acqua esclusivamente in vetro, l'unico materiale in grado di mantenere inalterate le sue preziose qualità. L'acqua in vetro è anche una scelta positiva per l'ambiente, perchè le bottiglie in vetro a rendere sono riutilizzabili fino a 30 volte e riciclabili al 100%.

Parallelamente a questo percorso Levico ha intrapreso un percorso interno che la maggior parte delle persone non conoscono e che riguarda la sostenibilità ambientale, sociale ed economica. Questo percorso ha il suo apice nel 2020 con la trasformazione della forma giuridica di impresa in Società Benefit. Che cosa significa essere Società Benefit?

Per definizione significa che una azienda integra nel proprio modello di business la responsabilità sociale; persegue, attraverso delle azioni concrete, degli obiettivi finalizzati a produrre un impatto positivo per ambiente, comunità e stakeholder.

Già impegnata in attività volte alla tutela dell'ambiente, Levico ha deciso di misurare, neutralizzare e ridurre l'impatto climatico dell'intero ciclo di vita del prodotto e ottiene nel 2019 la certificazione ambientale di prodotto EPD. Un altro importante riconoscimento arriva nel 2024 con la certificazione B-Corp. In linea con questo percorso decennale, nel 2025 decide di cambiare il proprio claim in The Human Positive Water, dove l'aggettivo Human vuole comunicare l'attenzione che l'azienda indirizza con sempre maggiore investimento al benessere emotivo e professionale della persona e per le relazioni che quotidianamente Levico intrattiene con tutti i suoi portatori di interesse.

1.2 La scuola

L'Istituto Tecnico Tecnologico Buonarroti di Trento è un istituto di istruzione secondaria superiore con indirizzo tecnico-scientifico. Ha sede a Trento e offre percorsi nell'ambito della chimica e delle biotecnologie.

L'offerta formativa include l'articolazione Chimica e Biotecnologie Sanitarie. Questo indirizzo è orientato allo studio dei sistemi biologici in ambito sanitario. Il piano di studi comprende discipline quali microbiologia, biochimica e anatomia. Vengono trattate tecniche analitiche per indagini cliniche e diagnostiche di laboratorio. Gli studenti acquisiscono competenze nell'utilizzo di strumentazione specifica. Sono previste attività pratiche finalizzate all'analisi di campioni biologici. L'articolazione Chimica e Biotecnologie Ambientali è invece focalizzata sui sistemi ambientali. Il percorso affronta tematiche legate all'inquinamento e alla gestione delle risorse. Il piano didattico include chimica analitica, ecologia e tecnologie di controllo ambientale. Gli studenti apprendono metodi di campionamento e analisi di matrici ambientali. Vengono utilizzate tecniche per la determinazione di contaminanti in aria, acqua e suolo. Entrambi gli indirizzi prevedono un approccio laboratoriale sistematico. Le attività sono svolte con strumentazioni per analisi chimiche e microbiologiche.

Sono inoltre previsti percorsi di Alternanza presso enti e strutture del settore.

Nel progetto sono coinvolte le classi 4 CSD e 4 CBA. Le due classi rappresentano rispettivamente i percorsi sanitario e ambientale. L'organizzazione didattica integra teoria, esercitazioni e attività applicative.

Il percorso formativo è finalizzato allo sviluppo di competenze tecnico-operative. In quest'ottica si inserisce la collaborazione con Levico Acque, scelta per consentire l'applicazione in contesti reali delle conoscenze acquisite in ambito teorico e laboratoriale. L'attività progettuale permette di integrare trasversalmente le principali discipline caratterizzanti i due indirizzi, tra cui chimica, microbiologia, anatomia ed ecologia. Le classi 4 CSD e 4 CBA hanno partecipato congiuntamente, favorendo un approccio interdisciplinare e collaborativo. Il lavoro condiviso promuove dinamiche di apprendimento peer to peer tra studenti con competenze differenti ma complementari. Il confronto con un contesto aziendale consente inoltre di acquisire metodologie operative e procedure tecniche proprie del settore. Parallelamente, il progetto

contribuisce allo sviluppo di competenze trasversali. Tra queste rientrano il public speaking, la comunicazione scientifica e la capacità di sintesi. Vengono inoltre potenziate abilità legate alla grafica, alla progettazione e alla creatività. Nel complesso, l'esperienza amplia il profilo formativo degli studenti, integrando competenze tecnico-scientifiche e competenze trasversali.

COERENZA DEL PROGETTO CON IL PROGETTO D' ISTITUTO BUONARROTI (allegato n. 1):

- c) Transizione green e sviluppo sostenibile pag. 27
- e) Apertura al Territorio e alleanze educative pag. 35
- g) Promozione delle discipline STEM pag. 39
- h) Orientamento permanente pg.41
- b) Competenze trasversali attese pag. 46

2. FASE INIZIALE

INCONTRO TRA SCUOLA E AZIENDA

2.1 Visita all'azienda Levico Acque

La visita presso lo stabilimento di Levico Acque è stata organizzata nell'ambito del Progetto "Tu Sei", un'iniziativa nata nel 2008 dalla sinergia tra la Provincia Autonoma di Trento e Confindustria Trento. L'obiettivo principale è creare un ponte tra istruzione e industria, permettendo a noi studenti di orientarsi nel mondo del lavoro e comprendere le competenze richieste dal mercato locale.

L'incontro si è focalizzato sulla visita in azienda principalmente nei reparti di imbottigliamento delle acque minerali e al laboratorio di analisi.

Durante il sopralluogo presso la linea di produzione e il reparto qualità, sono emersi dati significativi sulla capacità operativa dello stabilimento. L'azienda gestisce 5 sorgenti (3 destinate all'imbottigliamento e 2 ai processi interni) e dispone di due serbatoi da 150.000 litri. La capacità produttiva è di circa 200.000 bottiglie al giorno.



Stabilimento di Levico Acque

Aspetto cruciale è il controllo qualità, il laboratorio interno esegue costantemente analisi microbiologiche per la ricerca di cariche batteriche, streptococchi fecali, enterococchi e coliformi mentre le analisi chimiche, che necessitano di particolari strumentazioni e sono più

complesse, vengono affidate a laboratori esterni esterni specializzati nell'accreditamento di ogni metodo di analisi e una volta all'anno vengono effettuate per ogni singola sorgente dall'Arpav di Venezia per garantire la massima sicurezza alimentare.

Dal punto di vista della sostenibilità e di una economia rigenerativa, ci è stato spiegato che il cuore della filosofia aziendale attuale è proprio l'economia circolare. Levico Acque non si limita a compensare il proprio impatto, ma punta alla rigenerazione attraverso l'adozione di una serie di interventi responsabili, di sistemi di rispetto ambientale e di comportamenti virtuosi.

L'LCA (Life Cycle Assessment) è un approccio scientifico che misura l'impatto ambientale dell'intero ciclo di vita del prodotto. Grazie a questo e all'impegno in attività concrete volte alla tutela dell'ambiente, Levico Acque ottiene nel 2019 la certificazione ambientale di prodotto EPD.

Nel 2022 l'azienda si rivolge alla comunità con un progetto sfidante: Levico Spring. l'iniziativa pluriennale promossa da Levico Acque ha coinvolto anche altri partner del territorio ed è stata realizzata per favorire il ripristino e la cura della foresta locale, con tecniche di piantumazione diversificata, a seguito dei danni provocati dalla tempesta Vaia.

E se tutto questo non bastasse, l'azienda ha assunto lodevoli valori di responsabilità sociale riassunti nel nuovo claim "The Human Positive Water". Un messaggio che vuole comunicare la centralità delle persone e delle relazioni autentiche nella value proposition dell'azienda. Questo si traduce in etica del lavoro, rispetto delle regole e delle persone, divieto di ogni discriminazione e creazione di relazioni trasparenti con i partner.

La visita ci ha permesso di osservare come un'eccellenza industriale possa coniugare un modello di business con la responsabilità sociale, con il rispetto rigoroso dell'ambiente e della dignità umana. Il Progetto "Tu Sei" si conferma uno strumento fondamentale per comprendere che l'azienda del futuro non è solo un luogo di produzione, ma un attore sociale che investe nel benessere della comunità e del territorio.

2.2 Ciclo industriale dell'acqua minerale: dalla sorgente alla tavola

La captazione e l'origine della risorsa idrica in Levico Acque

Il processo di produzione dell'acqua minerale ha inizio con la fase di captazione, ovvero l'insieme delle operazioni tecniche necessarie per prelevare l'acqua dalla sorgente e convogliarla verso lo stabilimento di imbottigliamento. La qualità dell'acqua dipende strettamente dal bacino idrogeologico di provenienza. Le modalità con cui viene estratta devono garantire e preservare le caratteristiche chimico-fisiche originarie e la purezza microbiologica.

La captazione da falda è il metodo d'elezione per le acque minerali di alta qualità. L'acqua viene prelevata direttamente da depositi sotterranei alimentati dalle precipitazioni meteoriche che filtrano nel sottosuolo. Questo filtraggio naturale attraverso gli strati rocciosi arricchisce l'acqua di sali minerali e la protegge da contaminazioni antropiche.

L'incanalamento e la preparazione dei contenitori

Una volta prelevata, l'acqua deve essere trasportata all'interno dello stabilimento. Questa fase avviene attraverso condotte in acciaio Inox indicate per l'uso alimentare. Questo materiale è scelto per la sua elevata resistenza alla corrosione e per la capacità di garantire condizioni asettiche, impedendo qualsiasi interazione tra il liquido e l'ambiente esterno.

Parallelamente all'arrivo dell'acqua, lo stabilimento gestisce la linea, nel caso di Levico di imbottigliamento esclusivamente in bottiglie di vetro.

Contenitori in vetro: offrono una barriera totale ai gas e sono preferiti per la conservazione a lungo termine. Il vetro che giunge allo stabilimento viene sottoposto a cicli rigorosi di lavaggio ad alte temperature, sterilizzazione e risciacquo con acqua purificata per eliminare ogni residuo batterico. Levico acque imbottigliata solamente in bottiglie di vetro.



Fase di imbottigliamento

Riempimento, sigillatura ed etichettatura

La fase centrale del processo è il riempimento. Le bottiglie, una volta pulite e sterilizzate, vengono riempite con l'acqua di sorgente in un ambiente ad atmosfera controllata per evitare il contatto con l'aria esterna.



Fase post tappatura

Subito dopo il riempimento, si procede alla **tappatura**. Questo passaggio è critico: il sigillo impedisce la manomissione e la guarnizione interna deve essere ermetica per impedire l'ingresso di microrganismi. Segue l'**etichettatura**, che non ha solo scopo commerciale ma rappresenta la "carta d'identità" del prodotto. Scientificamente, l'etichetta riporta i parametri chimici analizzati di cui i principali sono:

- **Residuo fisso:** indica la quantità di sali minerali disciolti dopo l'evaporazione a 180°C.
- **Conducibilità elettrica:** legata alla concentrazione di ioni.
- **Durezza:** espressa in gradi francesi, indica il contenuto di calcio e magnesio.



Analisi chimica della durezza

Stoccaggio, logistica e impatto energetico

L'ultimo anello della catena è lo stoccaggio in magazzino e la successiva distribuzione. La logistica dell'acqua minerale è una sfida complessa a causa del peso del prodotto e della capillarità della distribuzione commerciale. Per questo motivo la pallettizzazione del prodotto (numero di casse e relative bottiglie per bancale) deve essere ottimizzata al massimo per evitare spedizioni con portata inferiore al carico consentito e quindi evitare inquinamento e sprechi.

3. FASE DUE

ACQUA E AMBIENTE

Al fine di mettere in evidenza l'importanza dell'acqua come risorsa primaria per l'uomo e l'ambiente, in questo capitolo presentiamo i contenuti teorici analizzati dalle classi 4 CSD e 4 CBA dell'Istituto Tecnico Tecnologico Buonarroti di Trento.

In particolare, sono stati approfonditi gli aspetti ambientali, chimici e idrogeologici delle acque, con riferimento al ciclo idrologico, alle falde acquifere e ai sistemi di tutela. L'analisi ha incluso lo studio dei processi naturali di distribuzione, filtrazione e accumulo dell'acqua, nonché delle principali criticità legate alla vulnerabilità degli acquiferi. Sono stati inoltre esaminati i meccanismi di protezione delle sorgenti e il quadro normativo vigente, con riferimento al Decreto legislativo 152/2006.

Di seguito viene riportata in modo sistematico la sintesi dei contenuti teorici sviluppati durante il percorso didattico.

3.1 Il movimento continuo dell'acqua e i cambiamenti di stato

Il ciclo idrologico rappresenta il movimento continuo dell'acqua sopra e sotto la superficie della Terra. Si tratta di un sistema chiuso in cui la massa totale dell'acqua rimane costante, ma la sua distribuzione e forma fisica variano incessantemente. Durante il ciclo, l'acqua cambia il suo stato di aggregazione (solido, liquido, gassoso) e il modo in cui è legata alle molecole di altre sostanze attraverso complessi processi chimico-fisici.

Questo dinamismo è alimentato principalmente dall'energia solare e dalla forza di gravità. Il sole fornisce il calore necessario per i passaggi di stato, come l'evaporazione, mentre la gravità guida il ritorno dell'acqua sulla superficie e la sua successiva penetrazione nel sottosuolo. Lo studio scientifico di questo fenomeno permette di comprendere come l'acqua venga purificata naturalmente e ridistribuita tra i vari serbatoi del pianeta, garantendo la vita in ogni ecosistema.



Dinamiche del sottosuolo: infiltrazione e stoccaggio

Il ciclo idrologico nel sottosuolo è un processo di filtrazione e stoccaggio vitale per l'equilibrio ambientale. Quando l'acqua precipita al suolo, si verifica l'infiltrazione: la pioggia penetra nel terreno e scende per gravità attraverso i pori del suolo. In questa fase, il terreno funge da vero e proprio filtro naturale, eliminando impurità e sostanze sospese prima che l'acqua raggiunga la zona di saturazione.

In questa regione si formano le falde acquifere, ovvero accumuli d'acqua sopra strati di roccia impermeabile che riempiono il sottosuolo come una spugna. Dal punto di vista idrogeologico, distinguiamo tra:

- Falde freatiche: libere e influenzate direttamente dalle piogge stagionali.
- Falde artesiane: confinate tra due strati impermeabili e mantenute sotto pressione naturale.

Questo immenso serbatoio invisibile si muove lentissimamente verso il mare o riaffiora nelle sorgenti, punti in cui l'acqua della falda emerge naturalmente dove il terreno incontra il livello idrico. Questo meccanismo garantisce la portata dei fiumi anche nei periodi di siccità, agendo come un regolatore idrico naturale.



Il viaggio della goccia: le quattro tappe fondamentali

Per analizzare in modo scientifico il percorso dell'acqua, possiamo riassumere il viaggio di una singola goccia in quattro tappe fondamentali che collegano l'atmosfera con la litosfera:

- **Evaporazione ed Evapotraspirazione:** Il calore solare riscalda l'acqua di mari, fiumi e laghi, trasformandola in vapore acqueo che sale nell'atmosfera. A questo si aggiunge la traspirazione delle piante, che rilasciano vapore attraverso le foglie (evapotraspirazione), contribuendo significativamente all'umidità atmosferica.
- **Condensazione:** Salendo di quota, il vapore incontra masse d'aria più fredde. Raffreddandosi, torna allo stato liquido formando minuscole goccioline. L'aggregazione di queste gocce attorno a nuclei di condensazione dà origine alle nuvole.
- **Precipitazione:** Quando le goccioline nelle nuvole diventano troppo grandi e pesanti per essere sostenute dalle correnti d'aria, cadono sulla Terra sotto forma di pioggia, neve o grandine.
- **Infiltrazione e Deflusso:** Una volta a terra, l'acqua segue due vie: l'infiltrazione (alimentazione delle falde) o il deflusso superficiale, ovvero lo scorrimento verso i bacini idrici superficiali dove il ciclo ricomincia.



Schema del ciclo dell'acqua

3.2 Falde acquifere

Le falde acquifere sono serbatoi idrici naturali sotterranei in grado di immagazzinare e trattenere le acque derivanti dalle infiltrazioni meteoriche. L'acqua piovana, infatti, filtra attraverso il suolo e si accumula nel sottosuolo, che può essere distinto in due principali zone: la zona satura, in cui tutti i pori delle rocce permeabili risultano completamente riempiti d'acqua, e la zona insatura, in cui una parte dei pori è occupata da aria. Le falde acquifere rivestono un ruolo fondamentale per l'approvvigionamento idrico, per il mantenimento della biodiversità e per l'alimentazione delle acque superficiali. L'inquinamento delle falde può avvenire attraverso diversi processi, tra cui l'infiltrazione di sostanze contaminanti dal suolo e l'immissione diretta di agenti inquinanti. Tale fenomeno può comportare gravi conseguenze sia per la salute umana sia per gli ecosistemi ambientali.



Formazione falda acquifera

L'immagine mostra come si forma una falda acquifera. La pioggia cade sul terreno e l'acqua si infiltra nel suolo. Scendendo, attraversa strati di terreno permeabile fino a incontrare uno strato di roccia impermeabile, che blocca l'acqua. A questo punto l'acqua si accumula formando la falda acquifera. Sopra la falda il terreno contiene sia aria che acqua, mentre sotto c'è uno strato che non lascia passare l'acqua. Nell'immagine si vedono anche alberi e il terreno in superficie, per indicare il collegamento tra pioggia, suolo e acqua sotterranea.

3.3 Struttura del suolo

La struttura del suolo è costituita da diversi strati, chiamati orizzonti, che si differenziano per composizione e caratteristiche. Lo strato superficiale è ricco di sostanza organica e ospita la maggior parte degli organismi viventi. Al di sotto si trovano strati più compatti, formati principalmente da minerali e frammenti di roccia. Scendendo in profondità, il suolo diventa sempre più povero di materia organica fino a raggiungere la roccia madre. Questa organizzazione a strati è importante perché influenza il passaggio dell'acqua, la fertilità del terreno e la presenza della falda acquifera.



Strati del terreno

L'immagine rappresenta una sezione del terreno vista in profondità. In superficie si vedono prati, campi coltivati e alberi. Sotto il suolo sono visibili diversi strati di terreno e rocce. Gli strati più profondi contengono acqua, che forma una falda acquifera. Questa acqua si trova sopra uno strato di roccia impermeabile, che impedisce all'acqua di scendere ancora più in basso. L'immagine mostra quindi come il terreno è composto da più livelli e come l'acqua sotterranea si accumula negli strati permeabili.

3.4 Vulnerabilità degli Acquiferi

La vulnerabilità di un acquifero indica la sua sensibilità a subire contaminazioni derivanti da attività umane. Il fattore principale che determina il grado di protezione naturale è la profondità:

Maggiore profondità = Maggiore spessore di terreno filtrante e protezione dai contaminanti.

Minore profondità = Esposizione diretta e rapida ai carichi inquinanti superficiali.

In base alla loro posizione stratigrafica e al grado di isolamento dalla superficie, gli acquiferi si dividono in tre categorie principali:

A. Acquiferi Superficiali (Freatici)

Si trovano a pochi metri dal piano di campagna. Non presentano strati protettivi superiori, il che li rende estremamente vulnerabili. Connessione diretta con la superficie. Rischi di elevata contaminazione da nitrati (fertilizzanti), pesticidi agricoli e scarichi civili o industriali.

B. Acquiferi Intermedi

Situati a una profondità di alcune decine di metri, questi corpi idrici godono di una protezione parziale fornita da strati di materiali poco permeabili, come l'argilla. Non sono direttamente esposti, ma non sono totalmente isolati. Sebbene più sicuri dei freatici, soffrono di una contaminazione lenta, gli inquinanti possono impiegare anni o decenni per filtrare, rendendo difficile il risanamento una volta compromessi.

C. Acquiferi Profondi (Confinati)

Localizzati a centinaia di metri di profondità, sono separati dalla superficie da uno o più strati impermeabili che agiscono come una barriera sigillante. Massima protezione naturale, l'inquinamento è spesso nullo o trascurabile, rendendo queste acque le più pregiate per il consumo umano.

3.5 Le sorgenti e la loro tutela

La sorgente è la zona dove l'acqua accumulata nelle falde acquifere fuoriesce naturalmente all'aperto e si forma quando la conformazione geologica del terreno costringe l'acqua a uscire.

Ci sono diverse tipologie di sorgenti, le principali sono quelle di deflusso dove l'acqua esce semplicemente perché lo strato impermeabile affiora in superficie. Poi le sorgenti di sbarramento nelle quali un ostacolo geologico blocca la falda, costringendo l'acqua a risalire. Le sorgenti carsiche sono tipiche delle zone calcaree, dove l'acqua scorre in vere e proprie grotte e gallerie sotterranee prima di sgorgare e le sorgenti termali dove l'acqua proviene da grandi profondità è arricchita di minerali.

Le sorgenti sono la fonte primaria di acqua potabile per l'uomo perché l'acqua viene filtrata naturalmente dal suolo e sono vitali per mantenere costante il flusso di fiumi e torrenti anche nei periodi senza pioggia.

Le sorgenti sono tutelate da un insieme di norme, generalmente di livello locale ma talvolta anche nazionale, finalizzate a garantire un approvvigionamento idrico di qualità, la protezione dell'ecosistema circostante, l'adattamento ai cambiamenti climatici e la promozione di un uso responsabile della risorsa idrica. In Italia, la principale normativa di riferimento è il Decreto legislativo 152/2006 (Testo Unico Ambientale), che disciplina la gestione integrata delle risorse idriche e impone la protezione delle acque superficiali e sotterranee. Tale normativa prevede l'obbligo di autorizzazioni specifiche per gli scarichi e l'istituzione di aree di salvaguardia intorno alle fonti. A essa si affiancano ulteriori disposizioni regionali e successive integrazioni legislative.

Le zone di tutela delle sorgenti sono organizzate in fasce concentriche caratterizzate da vincoli decrescenti man mano che ci si allontana dal punto di emergenza. La zona di tutela assoluta comprende un raggio di circa dieci metri intorno alla sorgente, all'interno del quale sono consentiti esclusivamente interventi strettamente necessari alla protezione e alla manutenzione. La zona di rispetto vieta attività potenzialmente inquinanti, come scarichi, attività industriali o agricoltura intensiva, ammettendo solo usi compatibili con la salvaguardia della qualità dell'acqua. La zona di protezione, più estesa, include l'intero bacino imbrifero e ha l'obiettivo di pianificare le attività territoriali in modo da preservare nel lungo periodo la risorsa idrica.

Il monitoraggio e i controlli periodici rappresentano strumenti fondamentali per le amministrazioni locali, poiché consentono di verificare l'efficacia delle misure di tutela adottate e di prevenire fenomeni di inquinamento. Attraverso queste attività è possibile valutare la disponibilità idrica senza compromettere la sostenibilità della fonte e intervenire tempestivamente qualora emergano criticità o alterazioni nei parametri qualitativi e quantitativi della sorgente.

3.6 Le Sorgenti di Levico Acque

Le sorgenti di Levico Acque si trovano in Trentino, nel territorio di Levico Terme, un'area alpina ricca di risorse idriche naturali. Queste acque hanno origine nelle falde acquifere situate sulle pendici della catena del Lagorai, in Alta Valsugana. Le falde sono alimentate dalle precipitazioni e dallo scioglimento delle nevi. L'acqua penetra lentamente nel terreno attraversando rocce porose e fratturate. Durante questo percorso avviene una naturale filtrazione che garantisce purezza.

Le rocce alpine arricchiscono l'acqua di sali minerali in modo equilibrato. Le falde profonde sono protette da strati impermeabili che impediscono contaminazioni, questo rende l'acqua particolarmente pura e sicura.

Acqua Levico nasce da 5 sorgenti incontaminate: Casara, Fruet, Sgrizzole, Baita Anna, e Rosatti. L'acqua di tre di queste sorgenti è impiegata per l'imbottigliamento, mentre la restante risorsa idrica viene utilizzata per operazioni legate al processo.

Queste sorgenti si trovano tra i boschi di conifere della Valsugana. La quota di origine è di circa 1660 metri. Le acque emergono da bacini sotterranei naturali. La captazione avviene direttamente alla sorgente per preservare la qualità; le aree di captazione sono protette e lontane da fonti di inquinamento.

4. FASE TRE

4. 1 Acqua e salute

Insieme a Levico Acque siamo partiti da una domanda semplice ma fondamentale: è davvero tutta uguale l'acqua che beviamo? E soprattutto, esiste un'acqua più adatta alle esigenze di ciascuno di noi? Questi interrogativi hanno guidato il nostro percorso di studio e analisi, portandoci ad approfondire il ruolo dell'acqua nella vita quotidiana e per il benessere umano.

Per sviluppare al meglio il progetto, in collaborazione con i referenti e i tecnici del comparto qualità di Levico Acque, abbiamo deciso di approfondire la funzione dell'acqua nel corpo umano, ritenendo questo aspetto un valore aggiunto per raggiungere i nostri obiettivi. A tal fine sono stati organizzati due incontri formativi con il nutrizionista Dr. Sinigoi, che attraverso una presentazione ha illustrato l'importanza dell'acqua per la salute.

4.2 Incontri con il nutrizionista

Durante gli incontri sono stati affrontati diversi temi fondamentali: la disidratazione e le sue cause e conseguenze, il bilancio idrico, la distribuzione dell'acqua nel corpo, il fabbisogno giornaliero, gli stati patologici legati a un'idratazione non adeguata, il ruolo dell'acqua nella performance sportiva e nelle funzioni cognitive, oltre alle diverse tipologie di acqua e ai principali miti da sfatare.

A questi interventi sono seguite le nostre riflessioni, sintesi e valutazioni, che si sono rivelate momenti formativi molto significativi. Abbiamo compreso come il nostro organismo abbia bisogni specifici, ma anche limiti legati all'età e allo stato di salute. L'acqua è un elemento essenziale: costituisce circa il 60% del corpo umano adulto, trasporta nutrienti, regola la temperatura corporea e contribuisce al mantenimento della struttura cellulare.

Per questo motivo è importante riconoscere che non tutte le acque sono uguali e che una scelta consapevole può influire positivamente sul nostro benessere fisico e mentale. Superare l'idea

che “acqua è acqua” significa iniziare a considerare l’esistenza di un’acqua più adatta alle esigenze individuali.

Al termine di questo percorso, abbiamo realizzato alcuni approfondimenti digitali sugli argomenti trattati, condividendoli con i referenti di Levico Acque: Andrea Libardi, Vania Cusinato e Thomas Martinelli. Questo confronto finale ha contribuito a consolidare le conoscenze acquisite e a valorizzare ulteriormente il lavoro svolto.



Incontri con Dr. Sinigoi

4.3 La disidratazione

Noi possiamo sopravvivere senza bere acqua per tre giorni.

I segnali della disidratazione sono:

- la bocca e labbra diventano secche;
- la lingua presenta un colore biancastro;
- si sente un bisogno forte di bere;
- l’urina è in quantità ridotta, è più scura e concentrata.

Le conseguenze della disidratazione possono portare a problemi cardiovascolari, difficoltà di regolazione termica e a spossatezza, affaticamento, minor energia e affaticamento dei muscoli e crampi muscolari. A livello cardiovascolare si possono verificare ipotensione e tachicardia. Per quanto riguarda la regolazione termica il corpo fa fatica a regolare la temperatura, ostacolando la sudorazione.



Disidratazione

4.4 Il bilancio idrico

Lo stato di idratazione dipende dal bilancio idrico. L'organismo umano mantiene un equilibrio dinamico tra l'acqua assunta e quella eliminata, fondamentale per l'omeostasi metabolica. Le entrate idriche provengono principalmente da alimenti e bevande, con un contributo minore ma significativo dalla produzione metabolica, ovvero l'acqua generata dall'ossidazione dei nutrienti. Le uscite idriche avvengono attraverso diverse vie, tra cui urine, sudorazione, respirazione e feci. È importante notare che alcune perdite, come la perspirazione cutanea, sono insensibili, ovvero non percepite consapevolmente, e la loro entità può variare in base a fattori come attività fisica, temperatura ambientale e stato di salute.

3.1.4 La distribuzione dell'acqua

Nel nostro corpo l'acqua è distribuita:

- 24% ossa
- 80% pelle
- 85% sangue
- 75% cervello
- 90% polmoni

- 75% muscoli

L'acqua intracellulare (ICW) è correlata alla massa cellulare attiva. Un suo calo è sintomo di disidratazione o perdita di massa grassa.

L'acqua extracellulare (ECW) se è eccessiva indica spesso ritenzione idrica, infiammazione o ridotta massa muscolare

La IVF sono i liquidi interstiziali e i EVF sono i liquidi intra vascolari.



Composizione corporea

4.5 Il fabbisogno idrico

Il fabbisogno idrico varia in base a età, sesso e condizioni fisiologiche. Secondo i livelli di assunzione di riferimento per la popolazione italiana (LARN), i bambini necessitano di circa 1200–2100 ml di acqua al giorno, mentre negli adolescenti il fabbisogno può arrivare fino a 2500 ml. Negli adulti, l'assunzione adeguata è generalmente di circa 2500 ml al giorno per gli uomini e 2000 ml per le donne. Durante gravidanza e allattamento il fabbisogno aumenta rispettivamente di circa 350 ml e 700 ml al giorno.

3.1.6 Gli stati patogeni

A seconda della quantità di acqua che introduciamo nel nostro corpo possiamo avere degli stati di patogenicità: insufficienza renale, calcolosi renale, scompenso cardiaco, diabete e rischio di disidratazione.

L'insufficienza renale

L'insufficienza renale è una condizione in cui i reni non riescono più a svolgere in modo efficace le loro funzioni principali. Quando la funzione renale è ridotta, l'organismo diventa più sensibile alle variazioni della quantità di liquidi introdotti, per cui l'idratazione deve essere gestita con particolare attenzione.

In generale, nei soggetti con insufficienza renale si consiglia un'idratazione moderata, solitamente intorno a 1–1,5 litri di acqua al giorno, soprattutto quando non è presente ritenzione di liquidi. Questo perché una quantità adeguata di acqua aiuta l'organismo a mantenere l'equilibrio idrico senza sovraccaricare i reni, che in questa condizione lavorano già con una capacità ridotta.

È molto importante evitare la disidratazione, perché la carenza di liquidi riduce il volume di sangue che arriva ai reni e può peggiorare ulteriormente la loro funzione. La disidratazione può quindi favorire un ulteriore deterioramento della filtrazione renale e aumentare il rischio di complicazioni.

Allo stesso tempo, è necessario evitare anche un eccesso di liquidi. Bere troppo può portare ad un accumulo di acqua nell'organismo, causando edemi (gonfiore soprattutto a gambe e caviglie) e aumento della pressione arteriosa.

Per questo motivo si consiglia di bere a piccoli sorsi durante la giornata, evitando di assumere grandi quantità di acqua in una sola volta, così da non sovraccaricare i reni e mantenere un'idratazione più stabile.

È inoltre importante controllare l'alimentazione, soprattutto gli alimenti ricchi di sale o sodio, perché aumentano la sete e possono portare a bere più del necessario. Una dieta equilibrata e il controllo dei liquidi aiutano a gestire meglio l'insufficienza renale.

La calcolosi renale



Calcoli renali

La *calcolosi renale* è la formazione di un calcolo a livello renale.

I sintomi sono: dolore intenso al fianco o al basso ventre, nausea, vomito, sangue nelle urine, minzione frequente e dolorosa e febbre. Ci possono essere varie cause:

- Disidratazione: è la causa più frequente
- Eccesso di ossalati: come spinaci, bietole, cacao, frutta secca, tè nero e rabarbaro
- Dieta iperproteica
- Obesità e familiarità

L'obiettivo del trattamento è quello di urinare 2-2,5 L al giorno; quindi bisogna idratarsi molto per diluire le urine. Si assume il Citrato per aumentare il pH urinario impedendo la formazione di cristalli di acido urico (riduce l'aggregazione di cristalli).

Lo scompenso cardiaco

Lo *scompenso cardiaco* è una sindrome clinica in cui il cuore non è in grado di garantire un'adeguata gittata cardiaca per soddisfare le necessità metaboliche dell'organismo, a causa di alterazioni della contrattilità. Questa patologia aumenta la pressione venosa. I liquidi migrano nei tessuti causando edemi, dispnea e versamenti.



Liquidi accumulati

Come possiamo vedere dall'immagine, per riconoscere questa patologia basta osservare se si possiedono dei buchi detti "segno della fovea".

Bisogna stare attenti perchè se si beve troppi liquidi il cuore si sovraccarica di più, mentre se si bevono pochi si causa ipotensione e problemi renali. Bisogna bere 1-1,5 L al giorno, non di più.

Il diabete

Il *diabete* è una malattia cronica caratterizzata da livelli elevati di glucosio nel sangue (iperglicemia), dovuti a una produzione insufficiente di insulina o a un suo cattivo funzionamento. Quando la glicemia supera la soglia renale, il glucosio non viene più completamente riassorbito dai reni e compare nelle urine (glicosuria).



Sintomi del diabete

Esistono diversi tipi di diabete, tra cui diabete di tipo 1, diabete di tipo 2, diabete gestazionale e forme più rare come il MODY (diabete monogenico autosomico).

- I segni e i sintomi principali sono: Poliuria (aumento della quantità di urina)
- Polidipsia (aumento della sete)
- Stanchezza e debolezza

Ci possono essere delle complicanze:

- Chetoacidosi diabetica
- Stato iperglicemico iperosmolare
- Disidratazione severa

Nel diabete può verificarsi la diuresi osmotica: il glucosio presente nelle urine trattiene acqua per osmosi, aumentando il volume urinario. Questo provoca poliuria e una conseguente perdita significativa di liquidi ed elettroliti (come sodio e potassio).

La perdita continua di acqua può portare facilmente a disidratazione. Inoltre si può creare un circolo vizioso: la disidratazione riduce la capacità dei reni di eliminare il glucosio in eccesso, causando un ulteriore aumento della glicemia.

Nei casi più gravi, la disidratazione può diventare molto importante e contribuire allo sviluppo di chetoacidosi diabetica o stato iperglicemico iperosmolare, condizioni che richiedono un intervento medico urgente.

In caso di disidratazione lieve o moderata, è necessario:

- Ripristinare il bilancio idrico, bevendo acqua o soluzioni reidratanti a basso contenuto di zuccheri
- Ripristinare gli elettroliti, controllando soprattutto sodio e potassio

Per prevenire la disidratazione è importante:

- Bere regolarmente durante la giornata
- Mantenere un buon controllo della glicemia
- Aumentare l'idratazione in caso di febbre, diarrea, ondate di calore o attività fisica intensa.

4.6 Performance sportiva



Distribuzione dell'acqua

Un adulto sportivo con il 2% di disidratazione può avere un calo del 10% della prestazione. Questo causa problemi nella coordinazione, nella forza e nei tempi di reazione.

Se la disidratazione è del 5% la prestazione può avere un calo del 30%, tale disidratazione causa problemi alla frequenza cardiaca e crampi muscolari.

Qua sotto verranno indicati gli stati di disidratazione cosa comportano a uno sportivo.

Calo di peso corporeo per la perdita di liquidi	Conseguenze
2%	Aumento della frequenza cardiaca e della temperatura corporea
3%	Riduzione della performance muscolare
4-6%	Riduzione della forza muscolare e della coordinazione
7%	Svenimento, collasso cardiocircolatorio

Perdita dei liquidi e calo del peso

Per gestire l'idratazione bastano delle semplici soluzioni:

- PRE-workout: arrivare già idratati prima dell'attività sportiva (bere 300-500 mL nelle 2 ore prima dell'allenamento)

- INTRA-workout: idratazione durante l'allenamento. Bere 150-250 mL di acqua a piccoli sorsi (nei primi 60 minuti). Bere bevande con sodio (300-500 mg/L) in caso di sudorazione eccessiva. In caso di sforzo prolungato ed intenso (ciclismo) è possibile integrare con miscele di maltodestrine.
- POST-workout: bisogna reintegrare i liquidi persi con acqua (1,2-1,5 L) e mangiare frutta secca per il potassio.

4.7 Funzioni cognitive

Come variano le funzioni cognitive in base al nostro stato di idratazione?

La capacità di concentrazione e la memoria diminuiscono; si può provare confusione mentale, sonnolenza e irritabilità. La disidratazione può influenzare negativamente le funzioni cognitive come attenzione, concentrazione e memoria. Il cervello è composto per circa il 75% di acqua, quindi anche una riduzione dei liquidi può alterarne il funzionamento. Quando si è disidratati diminuisce il volume plasmatico, riducendo l'apporto di ossigeno al cervello e rendendolo meno reattivo. Inoltre, la disidratazione può ridurre l'efficienza di alcuni neurotrasmettitori, come acetilcolina e dopamina, rendendo più difficile mantenere il focus su un compito. La carenza di acqua può anche attivare la risposta allo stress, aumentando i livelli di cortisolo e provocando sensazioni di ansia e nervosismo. In queste condizioni si può avere anche una percezione distorta delle difficoltà, che fa apparire i compiti più impegnativi di quanto siano realmente.

4.8 Tipi di acque

Le analisi chimiche delle acque sono molto importanti anche dal punto di vista della salute. Attraverso queste analisi è possibile controllare la presenza di sostanze che potrebbero essere dannose per l'organismo. Tra queste sostanze ci sono i nitrati, i nitriti e l'ammonio, che, come detto in precedenza, possono derivare da fertilizzanti agricoli o da contaminazioni di origine organica animale o antropica.

I nitrati sono particolarmente pericolosi per i neonati perché possono causare una malattia chiamata metaemoglobinemia. Per questo motivo D.Lgs. 18/2023 stabilisce un limite massimo 50 mg/L per la concentrazione di nitrati nell'acqua potabile. Altri minerali invece possono essere utili per la salute. Il calcio contribuisce alla formazione e al mantenimento delle ossa e dei denti. Il magnesio è importante per il funzionamento dei muscoli e del sistema nervoso. Il sodio deve invece essere controllato perché quantità troppo elevate possono essere problematiche per le persone che soffrono di ipertensione.

Tipologie di acque e rispettive caratteristiche minerali

Esistono varie tipologie di acque a seconda delle esigenze fisiche di ognuno di noi.

MAGNESIACHE: contengono più di 50 mg/L di magnesio. Il magnesio è coinvolto in più di trecento reazioni enzimatiche e metaboliche. Può avere un effetto lassativo.

Il magnesio è un minerale importante per molte funzioni dell'organismo. Contribuisce alla salute muscolare e ossea, perché è coinvolto nella contrazione e nel rilassamento dei muscoli e aiuta a fissare calcio e fosforo nelle ossa, prevenendo crampi e dolori muscolari.

Svolge anche un ruolo nel sistema nervoso, aiutando a ridurre stress, nervosismo, irritabilità e insonnia, oltre a migliorare la trasmissione degli impulsi nervosi e il tono dell'umore.

Infine, contribuisce al buon funzionamento del sistema cardiovascolare, aiutando a regolare pressione sanguigna e battito cardiaco, e supporta la digestione, favorendo la motilità intestinale e risultando utile in caso di stipsi. Inoltre è importante per la sintesi proteica, fondamentale per la crescita e la riparazione dei tessuti.

CALCICHE: sono ricche di calcio (più di 150 mg/L). Il calcio è fondamentale per la salute di ossa, denti, funzionalità muscolari, funzionalità nervosa e nella digestione.

Salute delle ossa: contribuisce a rafforzare ossa e denti, riducendo il rischio di osteoporosi.

Funzioni muscolari e nervose: favorisce la contrazione muscolare e la trasmissione degli impulsi nervosi.

Digestione: la presenza di bicarbonati, spesso associata al calcio, aiuta a contrastare l'acidità gastrica e migliora la digestione.

Consigliata a persone con carenze di calcio, osteoporosi, intolleranza ai latticini o in chi segue diete vegane o molto ipocaloriche.

IPOSODICHE: hanno un basso contenuto di sodio (Na^+) tipicamente inferiore a 20 mg/L.

E' ideale nelle diete iposodiche, per gestire o prevenire ipertensione arteriosa, ritenzione idrica o nella fase del controllo del sodio.

Dal punto di vista nutrizionale non apporta specifici minerali in quantità rilevanti, ma può essere molto utile per limitare l'apporto di sale totale.

FERRUGINOSE: contiene ferro bivalente (in quantità superiori a 1 mg/L). Utile per integrare ferro nel nostro organismo, ma se viene introdotto in grandi quantità può alterare gusto e colore dell'acqua.

ARSENICALI FERRUGINOSE: usate nelle terme per esempio di Levico e Vetriolo. Viene introdotta per via Topica e Inalatoria. Usata per patologie della pelle (psoriasi), per l'apparato respiratorio (sinusiti), per il sistema nervoso e

4.9 Miti da sfatare

A seguito dell'intervento del dott. Sinigoi, abbiamo svolto un confronto tra studenti durante il quale sono stati analizzati alcuni falsi miti legati al consumo e alla qualità dell'acqua.

Bisogna bere sempre 2 litri di acqua al giorno!

Non è una regola fissa. Il fabbisogno di acqua varia in base a attività fisica, clima, sudorazione e alimentazione. Per alcune persone possono bastare circa 1,5 litri, mentre per altre possono essere necessari anche 3 litri.

Se non ho sete significa che sono idratato!

Non sempre. La sete è un segnale tardivo e compare spesso quando l'organismo ha già perso circa l'1–2% dei liquidi.

Bere molta acqua fa dimagrire!

Non direttamente. L'acqua può aumentare il senso di sazietà, aiutare la gestione della glicemia e supportare il metabolismo, ma da sola non provoca dimagrimento.

Più acqua si beve, meglio è!

Non necessariamente. Bere troppa acqua in poco tempo può causare, in casi rari, iponatriemia (riduzione del sodio nel sangue), soprattutto durante attività sportive intense.

Tè e caffè disidratano?

Solo in parte. La caffeina è leggermente diuretica, ma la quantità di liquidi introdotta con queste bevande è comunque superiore alla perdita.

Le bevande zuccherate idratano come l'acqua?

No. Le bevande zuccherate non idratano in modo efficace come l'acqua e possono favorire un eccesso di zuccheri nell'alimentazione.

5. FASE QUATTRO

ANALISI DELLE ACQUE

5.1 Il Valore analitico dell'Acqua potabile e la pratica di laboratorio

Come visto nei capitoli precedenti, l'acqua è un elemento essenziale per la vita e rappresenta una delle sostanze più importanti per il corretto funzionamento del nostro organismo. Ogni giorno una persona deve assumere una quantità adeguata di acqua per mantenere l'equilibrio idrico, favorire le reazioni chimiche cellulari e regolare la temperatura corporea.

Tuttavia, l'acqua che beviamo non è composta esclusivamente da molecole di H_2O , ma contiene anche numerose sostanze disciolte, in particolare sali minerali. Per questo motivo è fondamentale analizzare l'acqua potabile, al fine di conoscerne la composizione chimica e verificarne la sicurezza per il consumo umano.

Mentre le acque minerali naturali sono caratterizzate da una composizione chimica relativamente costante nel tempo, protetta alla sorgente da vincoli normativi e geologici rigorosi, lo studio delle acque potabili di rete rappresenta un banco di prova più complesso. Analizzare non solo campioni *commerciali*, ma anche l'acqua che scorre quotidianamente dai rubinetti, consente infatti di passare dalla teoria alla pratica analitica, confrontandosi con un sistema idrico dinamico.

L'acqua potabile, infatti, subisce numerose trasformazioni lungo il suo percorso: dal prelievo in falda o in bacini superficiali, ai processi di potabilizzazione e disinfezione, fino alla distribuzione attraverso le reti idriche. Questo comporta la presenza di variabili aggiuntive rispetto alle acque minerali, come l'influenza dei materiali delle condutture o l'efficacia dei trattamenti di clorazione, che possono modificare alcune caratteristiche del campione.

Questo approccio ci ha permesso di mettere in pratica diversi aspetti fondamentali della nostra formazione tecnica fin qui studiata e condividere i nostri metodi di analisi con i tecnici di Levico

Acque. In primo luogo, abbiamo verificato la conformità dei parametri chimico-fisici ai limiti di legge (D.Lgs. 18/2023), entrando nell'ottica di un controllo qualità a tutela della salute pubblica. Inoltre, il confronto tra campioni provenienti da diverse zone del Trentino ha richiesto capacità di interpretazione critica dei dati, gestione dell'incertezza analitica e risoluzione di eventuali discrepanze.

L'integrazione tra lo studio delle acque minerali naturali sul mercato, utili per comprendere l'influenza della geologia in base ai parametri indicati in etichetta, e quello delle acque potabili, più sensibili ai fattori antropici e tecnologici, ha consentito di ottenere una visione complessiva del ciclo idrico integrato. Questo percorso ha contribuito non solo allo sviluppo delle competenze pratiche di laboratorio, ma anche alla comprensione del ruolo fondamentale del tecnico ambientale nel monitoraggio di una risorsa essenziale.

Le analisi chimiche delle acque permettono di determinare numerosi parametri fondamentali. Tuttavia, la composizione chimica di un'acqua, sia essa minerale naturale o potabile, non può essere interpretata senza considerare il contesto geologico dei terreni attraversati e i possibili interventi antropici che possono influenzarla lungo il suo percorso fino al laboratorio.

5.2 Mappatura territoriale e origine geologica delle acque

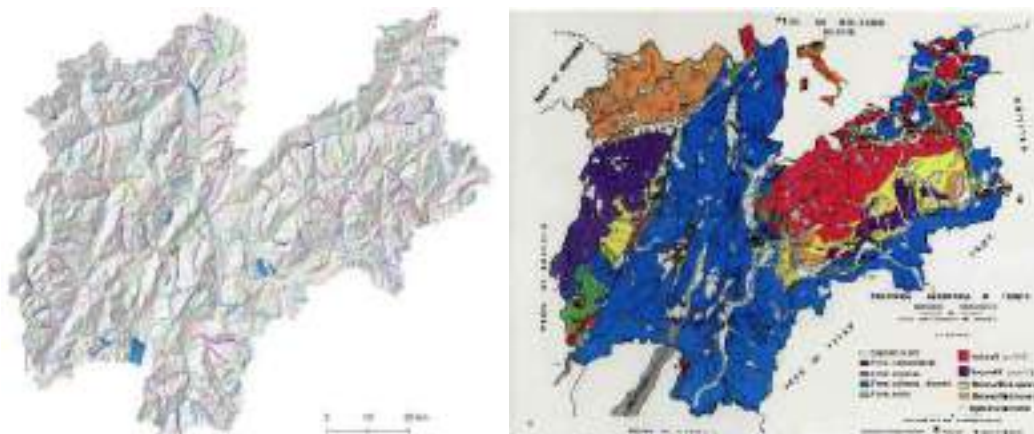
La comprensione della qualità delle acque naturali richiede un'analisi integrata del territorio, delle sue caratteristiche geologiche e delle influenze antropiche. In questo documento vengono illustrati i concetti di mappatura territoriale e di origine geologica dei minerali disciolti nell'acqua, fondamentali per interpretare correttamente i risultati delle analisi chimico-fisiche.

Mappatura territoriale

La mappatura territoriale consiste nella localizzazione geografica dei punti di campionamento delle acque. Ogni punto viene analizzato in relazione alle caratteristiche del territorio circostante. In particolare, vengono considerate:

- le caratteristiche geologiche (tipologia di rocce e suoli);
- le caratteristiche idrologiche (fiumi, falde, laghi, sorgenti);
- le influenze antropiche (attività agricole, industriali, urbane).

Collegare i punti di campionamento a questi elementi consente di interpretare meglio i dati analitici e di individuare eventuali cause naturali o antropiche delle variazioni nella composizione dell'acqua.



377 corpi idrici fluviali ed i 21 corpi idrici lacustri della e Cartina Geologica della Provincia Autonoma di Trento

Origine geologica dei minerali disciolti

I minerali disciolti nell'acqua derivano principalmente dall'interazione tra l'acqua e le rocce attraversate durante il suo percorso nel sottosuolo.

Comprendere l'origine geologica di questi minerali permette di ricostruire la "storia" dell'acqua, ovvero il suo percorso e il tempo di contatto con le diverse formazioni rocciose. Ad esempio, acque che attraversano rocce calcaree saranno ricche di calcio e bicarbonati, mentre acque in contatto con rocce vulcaniche potranno presentare concentrazioni più elevate di sodio o potassio.

Importanza dell'analisi integrata

L'integrazione tra mappatura territoriale e analisi dell'origine geologica dei minerali disciolti è fondamentale per una corretta interpretazione dei risultati analitici.

Questo approccio consente di distinguere tra contributi naturali e antropici, supportando decisioni in ambito ambientale, sanitario e di gestione delle risorse idriche.

5.3 Mineralizzazione dell'acqua

I parametri geologici delle acque sotterranee costituiscono un ambito di studio di primaria importanza nell'idrogeologia e nella gestione sostenibile delle risorse idriche, poiché consentono di analizzare in modo dettagliato le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua e di comprendere i processi naturali e antropici che ne influenzano la composizione. L'acqua sotterranea, infatti, rappresenta una risorsa fondamentale per il consumo umano, l'agricoltura e l'industria, e la sua qualità dipende strettamente dalle interazioni che avvengono durante il suo percorso nel sottosuolo.

Nel corso del ciclo idrologico, l'acqua non si presenta mai come una sostanza pura: a partire dalla fase di precipitazione, essa entra in contatto con l'atmosfera, incorporando gas come l'anidride carbonica, e successivamente interagisce con il suolo e con le rocce attraversate durante l'infiltrazione e la circolazione sotterranea. Queste interazioni determinano un progressivo arricchimento in sali minerali e ioni disciolti, attraverso processi di dissoluzione, scambio ionico e alterazione chimica dei minerali. Tale fenomeno prende il nome di mineralizzazione ed è un elemento chiave per la definizione della qualità e della tipologia delle acque sotterranee.

Il grado e la natura della mineralizzazione dipendono da molteplici fattori. Tra questi, riveste un ruolo fondamentale la natura litologica dei terreni e delle rocce attraversate: ad esempio, rocce calcaree favoriscono la presenza di calcio e bicarbonati, mentre rocce evaporitiche possono contribuire ad elevate concentrazioni di solfati e cloruri. Anche il tempo di permanenza dell'acqua nel sottosuolo è determinante, poiché un contatto prolungato con i materiali geologici consente una maggiore dissoluzione dei minerali. Ulteriori fattori influenti sono la temperatura, che accelera le reazioni chimiche, la pressione e le condizioni redox, che possono modificare la solubilità di alcune specie chimiche.

Tra i parametri geologici più significativi per le acque potabili si distinguono la conducibilità, il pH e la durezza. La conducibilità è correlata ai sali presenti, con l'aumentare della concentrazione dei sali in soluzione: acque ricche di sali presentano valori elevati di

conducibilità mentre acque povere di sali presentano bassi valori di conducibilità. Il pH è correlato alla sua composizione chimica, in particolare ai sali e ai gas disciolti. Indica quanto l'acqua è acida, basica o neutra. Acque ricche di bicarbonati, calcio, magnesio sono leggermente basiche, acque ricche di solfati e cloruri leggermente acide. La durezza dell'acqua legata principalmente alla presenza di ioni calcio e magnesio, rappresenta un indicatore diretto dell'interazione con rocce carbonatiche e ha importanti implicazioni sia per l'uso domestico sia per quello industriale.

L'analisi integrata di questi parametri consente di ricostruire il percorso evolutivo dell'acqua sotterranea e di comprendere i processi che ne hanno determinato la composizione attuale. Inoltre, essa permette di individuare eventuali anomalie o variazioni rispetto alle condizioni naturali, che possono essere indicative di fenomeni di contaminazione, intrusione salina o alterazioni ambientali. Per questo motivo, lo studio dei parametri geologici non è solo uno strumento conoscitivo, ma anche un elemento fondamentale per la tutela e la gestione delle risorse idriche, nell'ottica di garantirne la qualità e la disponibilità nel lungo periodo.

5.4 Osservazioni

Dopo un confronto tra classi abbiamo dedotto che lo studio dei principali parametri ha evidenziato che conducibilità, pH e durezza non devono essere considerati singolarmente, ma come parte di un sistema integrato di indicatori in grado di descrivere lo stato e l'evoluzione delle acque sotterranee. L'integrazione di tali parametri con ulteriori dati chimici e fisici consente di sviluppare modelli interpretativi utili per la gestione delle risorse idriche e la prevenzione di fenomeni di inquinamento.

L'analisi di questi parametri permette di valutare la qualità e l'idoneità delle acque per i diversi utilizzi, oltre a fornire informazioni sui processi naturali che regolano il ciclo idrico nel sottosuolo. Attraverso tali dati è possibile individuare le interazioni tra le diverse componenti ambientali e interpretare le variazioni osservate nei campioni analizzati.

In un contesto caratterizzato da una crescente pressione sulle risorse idriche, dovuta a fattori naturali e antropici, il monitoraggio costante assume un ruolo fondamentale. Le variazioni climatiche e le attività umane possono infatti influenzare la composizione delle acque, rendendo necessario un controllo continuo dei principali parametri.

Il monitoraggio e l'analisi dei dati consentono di individuare eventuali fenomeni di contaminazione o alterazione delle falde e di adottare, se necessario, misure correttive adeguate. Inoltre, tali informazioni risultano utili per una pianificazione territoriale più consapevole e per una gestione delle risorse idriche basata su criteri scientifici.

In conclusione, lo studio integrato dei parametri delle acque rappresenta uno strumento fondamentale per la valutazione della qualità delle risorse idriche e per la loro gestione sostenibile nel tempo.

5.5 Indicatori di contaminazione antropica

Il monitoraggio della qualità delle risorse idriche rappresenta oggi una sfida cruciale per la salvaguardia dell'ambiente a livello globale. In un contesto di crescente pressione sulle risorse naturali, gli indicatori di contaminazione antropica si configurano come gli strumenti analitici fondamentali che permettono di misurare e quantificare con rigore scientifico l'impatto delle attività umane sui corpi idrici superficiali e sotterranei. Tali parametri non sono semplici valori numerici isolati, ma veri e propri segnali biochimici che riflettono in tempo reale lo stato di salute dell'ecosistema, permettendo di trasformare osservazioni empiriche in dati oggettivi per la gestione del territorio. L'importanza di questi indicatori risiede nella loro capacità di agire come una "bussola" ambientale: attraverso la loro analisi, è possibile non solo valutare lo stato di degradazione di un bacino idrico, ma anche individuare con precisione le sorgenti di inquinamento, distinguendo tra sorgenti puntiformi e diffuse. Questo approccio analitico è alla base di ogni strategia di monitoraggio ambientale moderna, poiché fornisce le prove scientifiche necessarie per pianificare interventi mirati di bonifica, prevenzione e protezione delle riserve idropotabili, garantendo la sostenibilità a lungo termine degli ecosistemi.

Origine e funzione degli indicatori di contaminazione

La comprensione dei meccanismi di contaminazione richiede un'analisi dettagliata delle sorgenti antropiche, che possono essere classificate in tre macro-settori principali. Il primo riguarda gli scarichi civili, strettamente legati ai processi di urbanizzazione; questi introducono nei corpi idrici residui domestici, nutrienti come fosforo e azoto, e tensioattivi. Il secondo settore è quello delle attività agricole, dove l'uso intensivo di fertilizzanti chimici, pesticidi e la gestione dei reflui zootecnici possono portare a fenomeni di eutrofizzazione e contaminazione da nitrati. Infine, i siti industriali rappresentano una fonte critica per l'immissione di inquinanti persistenti, quali metalli pesanti (piombo, mercurio, cromo) o composti organici complessi derivanti dai processi di produzione.

Sviluppare l'argomento in modo scientifico significa riconoscere che la presenza di questi contaminanti altera l'equilibrio chimico-fisico dell'acqua (pH, ossigeno disciolto, conducibilità), compromettendo la biodiversità e la salute pubblica. La funzione degli indicatori è quindi quella di tradurre queste alterazioni in un linguaggio comprensibile per i decisori politici e i tecnici ambientali, consentendo di attuare protocolli di sicurezza e di ripristino ambientale basati su evidenze certe e misurabili.

5.6 Indicatori microbiologici

Grazie ai docenti di microbiologia e alla Responsabile del Laboratorio di Levico Acque abbiamo osservato come i parametri microbiologici rappresentano uno degli aspetti più importanti nella valutazione della qualità dell'acqua destinata al consumo umano. Essi sono utilizzati per individuare la presenza di microrganismi potenzialmente pericolosi per la salute oppure per rilevare eventuali contaminazioni, in particolare di origine fecale. La loro analisi è fondamentale perché l'acqua, pur apparendo limpida e priva di odori o sapori sgradevoli, può comunque essere contaminata da agenti patogeni invisibili a occhio nudo. Quando i parametri microbiologici risultano conformi ai limiti stabiliti dalla normativa vigente, significa che l'acqua è sicura dal punto di vista igienico-sanitario e può essere consumata senza rischi per la salute. Al contrario, la presenza anche di piccole quantità di determinati microrganismi può indicare un

problema nella captazione, nel trattamento o nella distribuzione dell'acqua, e richiede interventi immediati per evitare possibili conseguenze sanitarie.

Escherichia coli (E. coli)

Si tratta di batteri normalmente presenti nell'intestino dell'uomo e degli animali a sangue caldo. La loro presenza nell'acqua è un indicatore diretto e specifico di contaminazione fecale recente. Questo significa che l'acqua potrebbe essere stata contaminata da scarichi fognari, liquami o altre fonti di origine fecale. Alcuni ceppi di E. coli possono essere patogeni e causare disturbi gastrointestinali anche gravi. Per questo motivo, la normativa stabilisce che l'Escherichia coli deve essere completamente assente in 100 ml di acqua potabile.



Escherichia coli (E. coli) al microscopio

Enterococchi intestinali

Gli enterococchi sono anch'essi batteri presenti nella flora intestinale di esseri umani e animali. Rispetto all'E. coli, sono più resistenti alle condizioni ambientali e ai trattamenti di disinfezione, come la clorazione. Per questo motivo vengono considerati indicatori molto affidabili, soprattutto per contaminazioni meno recenti o persistenti. La loro presenza può indicare un rischio sanitario significativo, in quanto alcuni enterococchi possono causare infezioni, specialmente in soggetti immunodepressi. Anche per questi microrganismi è richiesto il valore di assenza totale nell'acqua destinata al consumo umano.



Enterococchi intestinali micrografia al microscopio

Batteri coliformi

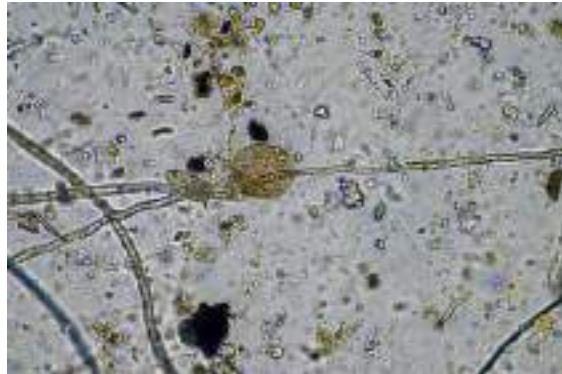
I coliformi costituiscono un gruppo più ampio di batteri, che include specie presenti sia nell'intestino umano e animale sia nell'ambiente (suolo, vegetazione, acque superficiali). A differenza dell'E. coli, la loro presenza non indica necessariamente una contaminazione fecale recente, ma rappresenta comunque un importante indicatore della qualità igienico-sanitaria dell'acqua e dell'efficienza dei processi di trattamento e distribuzione. La presenza di coliformi può suggerire problemi come infiltrazioni, contaminazioni nella rete idrica o inefficienze nella disinfezione. Anche in questo caso, l'acqua potabile deve essere priva di batteri coliformi.



Batteri Coliformi al microscopio

La presenza di Escherichia coli, enterococchi o coliformi suggerisce quindi una possibile contaminazione fecale. Questo aspetto è particolarmente importante perché tali batteri, pur non essendo sempre direttamente responsabili di malattie, fungono da “campanello d'allarme” per la possibile presenza di altri microrganismi patogeni più pericolosi, come virus (ad esempio

quelli responsabili di epatiti o gastroenteriti) o parassiti (come protozoi e altri organismi intestinali). Di conseguenza, il loro riscontro nelle analisi dell'acqua richiede interventi tempestivi e approfondimenti, al fine di individuare e rimuovere la fonte della contaminazione.



Batteri coliformi nell'acqua

Per questo motivo, nei controlli moderni sulla qualità dell'acqua, gli acquedotti effettuano monitoraggi regolari e sistematici proprio su questi indicatori microbiologici. Le analisi vengono eseguite con frequenza stabilita dalle normative e servono a garantire che l'acqua distribuita alla popolazione mantenga costantemente elevati standard di sicurezza.

Per quanto riguarda invece l'acqua confezionata, la legge stabilisce requisiti ancora più rigorosi: l'acqua in bottiglia deve essere microbiologicamente pura, cioè completamente priva di microrganismi patogeni. Inoltre, queste caratteristiche devono essere mantenute nel tempo, fino alla data di scadenza indicata sulla confezione. Ciò implica controlli accurati non solo alla fonte, ma anche durante le fasi di imbottigliamento, trasporto e conservazione.

In conclusione, il controllo dei parametri microbiologici è essenziale per garantire la sicurezza dell'acqua che beviamo quotidianamente. Attraverso analisi periodiche e rigorose, è possibile prevenire rischi per la salute pubblica e assicurare che l'acqua distribuita sia conforme agli standard di qualità previsti dalla legge. La totale assenza di questi microrganismi rappresenta quindi una condizione indispensabile per definire un'acqua realmente potabile, sicura e adatta al consumo umano.

5.7 Metalli pesanti

È importante distinguere tra metalli essenziali e non essenziali. Il ferro, manganese e rame sono elementi biologicamente richiesti dal corpo umano in concentrazioni controllate, essenziali per funzioni metaboliche critiche quali il trasporto dell'ossigeno, la produzione di energia e la sintesi di enzimi. Il piombo, diversamente, non svolge alcuna funzione biologica ed è classificato come elemento tossico in qualsiasi concentrazione superiore ai limiti di sicurezza.

Limiti per metalli nelle acque potabili

Confronto tra standard internazionali e nazionali

Metallo	WHO (µg/L o mg/L)	Italia - D.Lgs 31/2001	USA - EPA
Argento (Ag)	10 µg/L	10 µg/L	10 µg/L
Cadmio (Cd)	3-5 µg/L	5 µg/L	5 µg/L
Piombo (Pb)	10 µg/L	10 µg/L	15 µg/L (azione)
Rame (Cu)	2.0 mg/L	1.0 mg/L	1.3 mg/L
Ferro (Fe)	0.3 mg/L guida	200 µg/L	0.3 mg/L SMCL
Manganese (Mn)	0.4 mg/L	50 µg/L	0.05 mg/L SMCL

Parametri limite dei metalli nelle acque potabili

I principali metodi di rimozione dei metalli dalle acque comprendono processi fisico-chimici e tecniche a membrana. Lo scambio ionico utilizza resine che trattengono gli ioni metallici sostituendoli con ioni innocui, risultando particolarmente efficaci per metalli come piombo e cadmio. La precipitazione chimica trasforma i metalli disciolti in composti insolubili che vengono rimossi tramite sedimentazione e filtrazione, mentre l'adsorbimento su carboni attivi e zeoliti sfrutta materiali porosi in grado di trattenere i metalli sulla loro superficie, rappresentando una soluzione economica e priva di sottoprodotti tossici. Le tecniche a membrana includono l'osmosi inversa, che rimuove fino al 99% dei metalli pesanti producendo acqua di elevata

purezza, e l'ultrafiltrazione, che elimina particelle e metalli associati a precipitati ma non gli ioni disciolti, risultando utile come trattamento successivo alla precipitazione.

5.8 Analisi delle acque potabili

Scelta dei parametri per l'analisi delle acque potabili e minerali

Come precedentemente annunciato, in accordo con Levico Acque, abbiamo deciso di analizzare le acque provenienti dalle nostre zone di origine, con l'obiettivo di realizzare una mappatura delle acque potabili del Trentino. Questo studio è stato finalizzato a comprendere le caratteristiche di tali acque e la loro correlazione con l'ambiente in cui scorrono.

Dal punto di vista chimico si è scelto di analizzare residuo fisso, pH, conducibilità e vari tipi di durezza perché rappresentano parametri fondamentali, semplici da misurare e altamente significativi sia dal punto di vista sanitario che ambientale.

Il residuo fisso è la quantità di sostanze solide disciolte che rimane dopo l'evaporazione completa di un litro d'acqua a una temperatura costante (solitamente 180 °C). Il pH consente di valutare l'acidità o la basicità dell'acqua, influenzando la sua potabilità e la compatibilità con l'organismo umano. La conducibilità elettrica fornisce una stima della quantità totale di sali disciolti, permettendo di valutare il grado di mineralizzazione. La durezza, legata alla presenza di calcio e magnesio, è importante sia per la salute sia per gli effetti sulle tubazioni e sugli usi domestici.

Questi parametri sono facilmente determinabili con la strumentazione disponibile in un laboratorio scolastico, garantendo risultati affidabili. Inoltre, permettono di mettere in relazione le caratteristiche dell'acqua con il contesto geologico e con eventuali influenze antropiche. Dal punto di vista della salute, consentono di verificare la conformità ai limiti di legge e la qualità per il consumo umano. Dal punto di vista ambientale, offrono indicazioni sul ciclo dell'acqua e sulle interazioni con il territorio. Attraverso queste analisi è inoltre possibile confrontare diverse tipologie di acqua e individuare quelle più adatte a specifiche esigenze, come il consumo quotidiano o l'attività sportiva. Per questi motivi rappresentano una scelta efficace per un'analisi comparativa.

Di seguito verranno descritte le tecniche di analisi adottate, a partire dal campionamento (trattato nel paragrafo successivo) fino all'elaborazione dei dati, che sarà approfondita nei capitoli seguenti.

Campionamento della acque potabili

Per prelevare l'acqua potabile dai rubinetti di casa abbiamo utilizzato due bottiglie da 1L in HDPE/PP/PC, guanti monouso, etichette, schede di campionamento, uno smartphone e il termometro.

La scelta per il punto di prelievo è stata il rubinetto di casa, quindi con acqua potabile.



Bottiglie per il prelievo.

Procedura per il prelievo

Prima del prelievo del campione di acqua di rubinetto sono state adottate tutte le precauzioni necessarie per evitare contaminazioni e garantire la rappresentatività del campione. Le bottiglie destinate alla raccolta sono state mantenute chiuse fino al momento dell'utilizzo, al fine di preservare la sterilità. Al momento dell'apertura, i tappi sono stati rimossi evitando accuratamente il contatto con le superfici interne del contenitore e del tappo stesso.

Il contenitore è stato successivamente avvinato con l'acqua da analizzare, risciacquando con una piccola aliquota di campione, poi eliminata, così da rimuovere eventuali residui e adattare il recipiente alle caratteristiche dell'acqua. Dopo questa operazione, il contenitore è stato

riempito completamente fino all'orlo, evitando la formazione di bolle d'aria, e chiuso immediatamente.

Per il prelievo è stato selezionato un rubinetto frequentemente utilizzato, in buone condizioni strutturali e costituito interamente da materiale metallico. In presenza di eventuali residui superficiali, il rubinetto è stato preliminarmente pulito mediante utilizzo di alcol etilico al 70%. Successivamente, sono stati rimossi il filtro terminale e la relativa guarnizione, al fine di eliminare possibili fonti di contaminazione.

Il rubinetto è stato aperto gradualmente e l'acqua è stata lasciata scorrere per circa 2–3 minuti, fino al raggiungimento di una temperatura costante, per eliminare l'acqua stagnante presente nelle tubazioni. Dopo una breve interruzione del flusso, l'erogazione è stata ripristinata e mantenuta per circa un ulteriore minuto, quindi si è proceduto al prelievo del campione.

Durante tutte le operazioni è stato evitato il contatto con le superfici interne del contenitore e del tappo. Il campione è stato infine chiuso ermeticamente subito dopo il riempimento, al fine di garantire l'integrità e l'affidabilità per le successive analisi.



Prelievo

Identificazione dei campioni

Prima del prelievo, è stato assegnato un codice identificativo al campione, costruito a partire da cognome, nome, classe e numero di registro degli studenti, al fine di garantire la tracciabilità. È stato inoltre indicato con precisione il punto di prelievo, riportando l'indirizzo completo del luogo in cui il campione è stato raccolto.

Sull'etichetta del campione sono state annotate la data e l'ora del prelievo, così da documentare il momento esatto della raccolta. È stata inoltre registrata la temperatura dell'acqua al momento del campionamento, parametro importante per la corretta interpretazione dei risultati analitici.

Per quanto riguarda la conservazione, i campioni sono stati mantenuti in condizioni refrigerate, a una temperatura di circa 4 °C, al fine di limitare eventuali alterazioni chimiche o microbiologiche. Infine, i campioni sono stati trasportati e consegnati in laboratorio entro 24 ore dal prelievo, così da garantire l'idoneità alle successive analisi.



Campioni e scheda di campionamento.

Scheda di campionamento

In fase preliminare è stato assegnato al campione un codice identificativo, costruito a partire da cognome, nome, classe e numero di registro dello studente, al fine di garantire la tracciabilità. Sono state successivamente registrate la data e l'ora del prelievo.

Nella sezione relativa ai dati geografici sono stati indicati il comune e l'indirizzo preciso (via o frazione) del punto di prelievo. È stato inoltre specificato il tipo di fonte dell'acqua, selezionando tra rubinetto domestico, fontana pubblica, sorgente naturale o altra tipologia opportunamente descritta.

Per quanto riguarda le caratteristiche del campione, sono state annotate la temperatura dell'acqua e la temperatura dell'aria, entrambe espresse in gradi Celsius, insieme alle condizioni meteorologiche presenti al momento del prelievo.

È stata poi compilata la sezione relativa alle osservazioni organolettiche, riportando le caratteristiche percepibili attraverso i sensi. In particolare, è stato indicato il colore dell'acqua (incolore o diverso), l'eventuale presenza di odori, il sapore (nel caso di acqua potabile) e l'aspetto, specificando se il campione risultava limpido o torbido.

Infine, sono state annotate eventuali osservazioni aggiuntive ritenute utili. È stata inoltre segnalata la presenza di eventuale documentazione fotografica relativa al punto di prelievo e al campione. La scheda è stata completata riportando il nome dello studente che ha effettuato il campionamento.

SCHEDA CAMPIONAMENTO DA COMPILARE:

CODICE CAMPIONE: **4CSD** _ COGNOME NOME _ NUMERO REGITRO

DATA: __/__/2025 ORA: __:__

DATI GEOGRAFICI:

Comune: _____

Frazione/Via: _____

Tipo di fonte:

☐ Rubinetto domestico

☐ Fontana pubblica

☐ Sorgente naturale

☐ Altro: _____

CARATTERISTICHE:

Temperatura acqua: ____ °C

Temperatura aria: ____ °C

Condizioni meteo: _____

OSSERVAZIONI ORGANOLETTICHE:

Colore: ☐ Incolore ☐ Altro: _____

Odore: ☐ Nessuno ☐ Presente: _____

Sapore (se potabile): _____

Aspetto: ☐ Limpida ☐ Torbida

ALTRE NOTE:

Foto punto prelievo: ☐ Sì ☐ No

Foto acqua: ☐ Sì ☐ No

Nome studente: _____

Scheda di campionamento.

Procedure di analisi

Nei prossimi paragrafi tratteremo quanto svolto in laboratorio con i docenti di chimica analitica.

Residuo fisso



Studenti in laboratorio durante la fase di analisi

Uno dei parametri più importanti per l'analisi delle acque potabili è il residuo fisso, che indica la quantità totale di sali minerali disciolti nell'acqua. Tali sali, tra cui calcio, magnesio, sodio, potassio, bicarbonati, cloruri e solfati, dipendono dalla geologia del territorio di provenienza. È stato osservato che acque che attraversano rocce ricche di minerali tendono a presentare un residuo fisso più elevato, a causa della dissoluzione di tali componenti durante il percorso nel sottosuolo.

Il residuo fisso è stato determinato mediante metodo gravimetrico. In laboratorio è stata inizialmente pesata una capsula vuota con una bilancia analitica, registrandone il peso iniziale. Successivamente sono stati aggiunti 100 mL di campione d'acqua e la capsula è stata posta in stufa a circa 180 °C. Durante il riscaldamento, l'acqua è evaporata completamente, mentre i sali minerali sono rimasti come residuo solido sul fondo della capsula.

Dopo il raffreddamento, la capsula è stata nuovamente pesata e la differenza tra il peso finale e quello iniziale ha permesso di determinare la massa del residuo. Il valore è stato quindi espresso in mg/L.

Sulla base della normativa vigente (D.Lgs. 176/2011), le acque sono state classificate in minimamente mineralizzate (<50 mg/L), oligominerali (50–500 mg/L), mediominerali (500–1500 mg/L) e ricche di sali minerali (>1500 mg/L). Tale classificazione è risultata utile anche dal punto di vista nutrizionale, poiché acque a basso residuo fisso sono indicate per specifiche esigenze dietetiche, mentre quelle più ricche possono contribuire al reintegro dei sali minerali.



Evaporazione dell'acqua

Durezza

La durezza dell'acqua, come già accennato, è determinata principalmente dalla concentrazione di ioni calcio e magnesio. Essa rappresenta un parametro fondamentale non solo per la classificazione delle acque (dolci, mediamente dure, dure, molto dure), ma anche per la comprensione dei processi geochimici che avvengono nel sottosuolo. Le acque che scorrono in ambienti ricchi di rocce carbonatiche tendono ad assumere valori elevati di durezza a causa della dissoluzione del carbonato di calcio e del carbonato di magnesio. Questo processo è

favorito dalla presenza di anidride carbonica disciolta nell'acqua, che aumenta la capacità solvente nei confronti delle rocce calcaree.

La distinzione tra durezza temporanea e permanente assume un significato non solo pratico, ma anche interpretativo. La durezza temporanea indica generalmente un sistema in equilibrio con i bicarbonati e può suggerire condizioni relativamente recenti di infiltrazione e circolazione dell'acqua. Al contrario, la durezza permanente, legata alla presenza di solfati e cloruri, può essere indicativa di un'evoluzione più avanzata dell'acqua nel sottosuolo, con un maggior grado di interazione con minerali diversi e, quindi, un percorso più lungo o più complesso. Inoltre, lo studio della durezza può fornire indicazioni sulla vulnerabilità degli acquiferi e sulla loro capacità di tamponare variazioni di pH, aspetto fondamentale per la stabilità chimica delle acque.



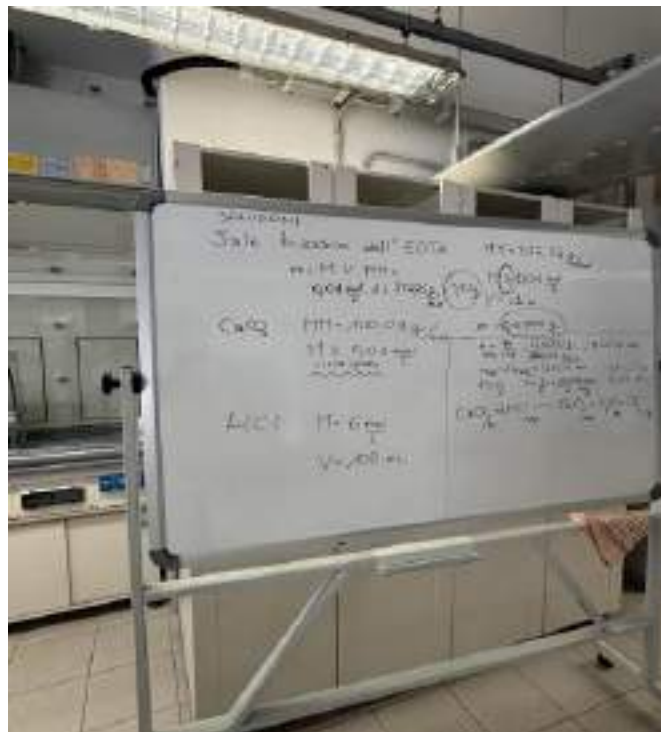
GRAD ^f (francesi)	VALUTAZIONE
0 - 7	Acqua molto dolce
8 - 14	Acqua dolce
15 - 24	Acqua media durezza
25 - 32	Acqua abbastanza dura
33 - 42	Acqua dura
> 42	Acqua molto dura

Classificazione delle acque in base alla durezza

È stata inoltre determinata la durezza dell'acqua, parametro legato principalmente alla presenza di ioni calcio e magnesio. La durezza, espressa in gradi francesi (°F), è stata misurata mediante titolazione complessometrica con EDTA.

A tale scopo, il campione è stato trattato con una soluzione tampone per mantenere il pH intorno a 10 e con l'indicatore nero eriocromo T, che in presenza di Ca^{2+} e Mg^{2+} conferisce una colorazione rosso-violacea. Durante la titolazione, l'EDTA ha complessato progressivamente gli ioni metallici fino al viraggio dell'indicatore al blu, che ha indicato il punto finale.

Dal volume di EDTA impiegato è stata quindi calcolata la durezza totale dell'acqua. È stato osservato che acque più dure possono favorire la formazione di incrostazioni calcaree, ma rappresentano anche una fonte di minerali utili dal punto di vista nutrizionale.



Calcoli per la durezza

Per garantire l'accuratezza dei risultati, la soluzione di EDTA è stata preventivamente standardizzata utilizzando una soluzione standard di calcio ottenuta da carbonato di calcio puro. Il CaCO_3 è stato pesato con precisione e successivamente sciolto in presenza di HCl, ottenendo ioni calcio in soluzione.

La soluzione è stata quindi portata a volume e sottoposta a titolazione con EDTA in presenza di tampone e indicatore. Dal volume di titolante impiegato è stata determinata la concentrazione reale dell'EDTA, passaggio fondamentale per garantire l'affidabilità delle successive analisi.



Titolazione con EDTA

pH

È stata quindi effettuata la misura del pH, parametro fondamentale per la caratterizzazione chimica dell'acqua. La determinazione è stata eseguita mediante pH-metro, preventivamente calibrato con soluzioni tampone a pH noto.

Il campione è stato analizzato in condizioni di temperatura controllata, immergendo l'elettrodo nella soluzione ed evitando la formazione di bolle d'aria. Dopo la stabilizzazione del segnale, il valore di pH è stato letto direttamente sul display.

I valori ottenuti sono risultati generalmente compresi tra 6 e 8, in funzione della composizione del campione analizzato.



Analisi con il pH metro

Conducibilità

Infine, è stata misurata la conducibilità elettrica mediante conduttimetro. Questo parametro, strettamente correlato alla concentrazione di ioni disciolti, fornisce indicazioni sulla quantità di sali presenti nell'acqua.

La misura è stata effettuata utilizzando una sonda dotata di sensore di temperatura, poiché la conducibilità risulta influenzata da tale parametro. Il campione è stato analizzato in condizioni controllate, immergendo la sonda nella soluzione fino alla stabilizzazione del valore.

È stato osservato che acque provenienti da terreni ricchi di minerali presentano valori di conducibilità più elevati.



Conduttimetro e la sonda di temperatura.

In conclusione, le analisi effettuate hanno permesso di caratterizzare in modo completo la composizione chimica dell'acqua esaminata. Attraverso la determinazione del residuo fisso,

della durezza, del pH e della conducibilità è stato possibile ottenere informazioni fondamentali sulla qualità dell'acqua e sulla sua idoneità al consumo umano, evidenziando anche l'importanza di tali parametri dal punto di vista nutrizionale e ambientale che saranno analizzati nel capitolo di elaborazione dei dati.

5.9 Analisi microbiologiche di acque potabili

Come già trattato precedentemente nel corso del progetto abbiamo capito che la valutazione microbiologica delle acque potabili è fondamentale per verificare la presenza di microrganismi potenzialmente dannosi per l'uomo.

Protocollo di analisi

Per eseguire l'analisi microbiologica dell'acqua, in laboratorio abbiamo innanzitutto preparato tutto il materiale necessario operando in condizioni il più possibile sterili. Abbiamo predisposto la rampa di filtrazione, collegandola alla pompa a vuoto tramite un tubo di gomma, verificando che il sistema fosse ben chiuso e funzionante.

Successivamente, utilizzando pinzette sterili, abbiamo posizionato i filtri sugli appositi supporti, prestando attenzione a non contaminarli, e abbiamo montato sopra di essi gli imbuti. Abbiamo quindi versato il campione d'acqua negli imbuti e attivato la pompa a vuoto: l'acqua è stata aspirata attraverso il filtro, trattenendo sulla sua superficie i microrganismi presenti.

Al termine della filtrazione, abbiamo effettuato un risciacquo con soluzione fisiologica per recuperare eventuali batteri rimasti aderenti alle pareti dell'imbuti, facendola passare attraverso il filtro.

Successivamente, con pinzette sterili, abbiamo trasferito i filtri sui diversi terreni di coltura precedentemente preparati, appoggiandoli delicatamente sulla superficie dell'agar, evitando la formazione di bolle d'aria e garantendo un buon contatto. Ogni filtro è stato collocato su un terreno specifico in base al tipo di analisi da eseguire.

Le piastre sono state quindi chiuse, etichettate e incubate in stufa a temperatura controllata per un tempo definito, al fine di permettere ai microrganismi eventualmente presenti di crescere e formare colonie visibili.

Al termine dell'incubazione, abbiamo osservato le piastre e contato le colonie sviluppate utilizzando una griglia di riferimento. Questo conteggio ha permesso di determinare il numero di unità formanti colonia (UFC) presenti nel campione analizzato. Infine, i dati raccolti sono stati registrati e utilizzati per valutare la qualità microbiologica dell'acqua.

5.10 Visita Didattica alle Sorgenti di Levico Acque

In data 31 marzo 2026, si è svolta l'uscita didattica presso le sorgenti in prossimità del paese di Vetriolo dell'Azienda Levico Acque per approfondire il ciclo produttivo e le metodologie di monitoraggio delle acque minerali. L'attività è iniziata con il raggiungimento della sede delle sorgenti Casara e Sgrizzole, situate a oltre 1600 metri di altitudine, dove si è proceduto al campionamento diretto. Per ciascuna sorgente sono state prelevate tre bottiglie di acqua, effettuando contestualmente le prime misurazioni relative alla temperatura e alla conducibilità elettrica, parametri fondamentali per identificare la stabilità minerale dell'acqua alla sorgente.

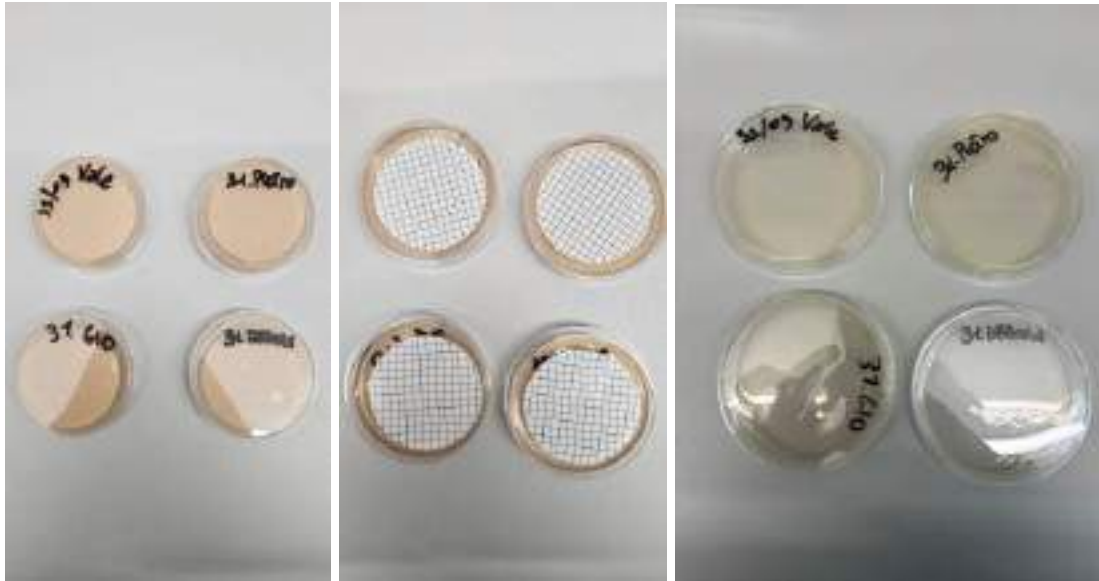
Durante il prelievo è stato possibile osservare il sistema di captazione e decantazione, basato su un'ingegnosa struttura a caduta naturale per gravità che non richiede l'utilizzo di pompe elettriche. Il complesso idraulico si articola in due vasche principali, suddivise ciascuna in tre sotto vasche comunicanti poste a diversi livelli di quota. Questa configurazione è studiata per sfruttare la forza di gravità e permettere lo sghiaimento naturale: rallentando il flusso, i residui solidi si depositano progressivamente sul fondo di ogni comparto, garantendo che nelle condotte di adduzione in acciaio inox, collocate sul fondo delle ultime vasche, entri solo acqua limpidissima diretta allo stabilimento di imbottigliamento.



Uscita alla sorgente

Analisi Microbiologiche

Conclusa la fase di campionamento e la spiegazione tecnica del sistema di filtraggio naturale delle rocce granitiche, che conferisce all'acqua il suo caratteristico residuo fisso di 37 mg/L, ci siamo recati nel laboratorio dell'azienda per le verifiche analitiche. La fase sperimentale è stata focalizzata sulla ricerca di indicatori di contaminazione microbiologica, nello specifico per determinare la presenza di coliformi, *Escherichia coli* e streptococchi fecali. Attraverso le tecniche di semina e incubazione, è stata verificata anche la carica microbica totale. Le analisi si sono concluse con esito negativo per tutti i patogeni ricercati, confermando l'eccellente stato di purezza microbiologica delle sorgenti Casara e Sgrizzole e l'efficacia delle aree di salvaguardia che proteggono l'intero bacino idrico di Vetriolo.



Le piastre delle analisi microbiologiche della sorgente Casara

Approfondimento: prospettiva di Recupero Energetico dal “troppo pieno” delle sorgenti Casara e Sgrizzole tramite micro-idroelettrico: un'operazione di smart water management

L'installazione di una centralina idroelettrica sulla condotta di adduzione di un acquedotto, rappresenta una delle forme più efficienti e sostenibili di produzione energetica che permette di produrre energia pulita.

A differenza degli impianti idroelettrici tradizionali, non richiede dighe o invasi e produce 24 ore su 24 rispetto al solare.

Visitando le sorgenti dell'Acqua Levico situate a 1.600 metri di quota sulla Panarotta, abbiamo individuato una straordinaria opportunità: installare una centralina idroelettrica sulla condotta del troppo pieno.

Con questo sistema la produzione di energia elettrica non utilizza l'acqua già immessa in condotta, destinata all'imbottigliamento, ma quella parte di risorsa che la sorgente produce in eccesso che viene rilasciata direttamente nell'ambiente.

Sfruttamento del "Troppo Pieno"

Mentre la turbina "in linea" lavora sulla pressione della condotta, la turbina sul troppo pieno lavora a pressione atmosferica all'uscita. L'acqua eccedente il livello massimo delle vasche di sedimentazione della sorgente opportunamente incanalata scenderà a valle fino a una turbina di tipo Pelton, ideale per alti salti e portate variabili.

La portata non sarà costante, ma soggetta a variazioni stagionali, di conseguenza lo sarà anche il potenziale energetico. Sarà massimo in primavera per il disgelo e minimo in estate, ma rappresenta un recupero di energia "gratuita" che andrebbe persa.

La potenza elettrica teorica (P) sarà quindi proporzionale alla portata (Q) e al dislivello (H):

$$P = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

P (potenza), η (rendimento), ρ (densità dell'acqua), g (acc. di gravità), Q (portata), H (dislivello)

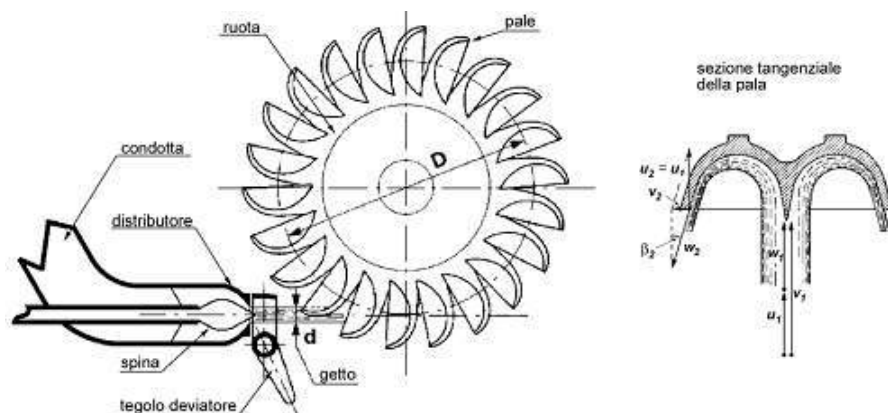
Elementi Costitutivi del Sistema

A differenza dei sistemi in linea, il troppo pieno delle sorgenti dell' Acqua Levico scarica a dispersione e a pressione atmosferica. L'acqua dovrà quindi essere convogliata mediante una condotta forzata, dimensionata per minimizzare le perdite di carico, verso una turbina posta a una quota inferiore.

Il gruppo turbina - generatore prevede l'installazione sulla tubazione di un ugello che regola il getto d'acqua che colpisce la girante. Nei sistemi a troppo pieno con portate variabili, è consigliabile un ugello regolabile per mantenere alto il rendimento. La turbina usata potrebbe essere la Pelton perché diventerà elevato (> 50-100m) e la portata relativamente bassa. L'alternatore o generatore poi, trasformerà l'energia meccanica della turbina in energia elettrica.

Importanti saranno anche le componenti di controllo, il quadro elettrico, la sensoristica per il monitoraggio, il sistema di regolazione della pressione e l'inverter che trasforma la corrente continua in corrente alternata, utilizzabile nella rete.

L'acqua, dopo aver ceduto la sua energia alla turbina, viene restituita all'ambiente o a un corso d'acqua naturale, impatto ambientale zero, non si sottrae acqua all'ambiente, l'acqua passa e prosegue il suo corso.



Turbina Pelton:schema costruttivo

https://lnx.itimarconinocera.org/mi/energia_pulita/energia.php?pag=contenuti/idroelettrica/tecnologia/descriz_turbine

5.11 Acque minerali

Nel corso del progetto, abbiamo svolto un'attività di analisi e confronto guidati da un'esperta del settore, la dott.ssa Briganti, in collaborazione con Levico Acque, con l'obiettivo di comprendere come la scelta di un'acqua minerale non sia casuale, ma dipenda da specifiche caratteristiche chimico-fisiche e dai "claim" riportati in etichetta.

L'attività si è basata sull'osservazione e sull'interpretazione delle informazioni presenti sulle etichette di diverse acque minerali, selezionate in base al residuo fisso e alla loro destinazione d'uso dichiarata, in particolare per bambini, sportivi o anziani. Le acque prese in esame sono state: San Benedetto, Panna, Sant'Anna, Rocchetta, Lete, Uliveto, Ferrarelle, San Pellegrino e Levico.

Guidati dall'esperta, abbiamo analizzato come il residuo fisso rappresenti un parametro fondamentale per classificare le acque e influenzare direttamente le loro indicazioni d'uso. In

questo modo è stato possibile mettere in relazione i dati riportati in etichetta con le reali esigenze fisiologiche dei diversi consumatori, comprendendo come ogni tipologia di acqua risponda a bisogni specifici.

L'esperienza ha permesso di sviluppare una maggiore consapevolezza critica nella lettura delle etichette e nella scelta consapevole dei prodotti, evidenziando il ruolo della comunicazione commerciale e scientifica nel settore delle acque minerali e l'importanza di un'informazione corretta e trasparente per il consumatore.

Etichettatura e Claim delle Acque minerali naturali

La collaborazione con l'azienda Levico Acque ha permesso di approfondire in modo diretto il processo produttivo e la regolamentazione relativa alle acque destinate al consumo umano.

Grazie alla lente di ingrandimento con la quale abbiamo potuto osservare da vicino una realtà industriale come Levico Acque, si è ritenuto pertinente e congruo con il progetto attivare un ulteriore incontro formativo finalizzato ad analizzare gli aspetti tecnici e normativi che regolano l'etichettatura e la classificazione delle acque minerali. Le lezioni tenute dalla dott.ssa Briganti, esperta di comunicazione e packaging, si sono articolate in due ore di formazione teorico-pratica ed hanno offerto una panoramica completa sul concetto di "etichetta" intesa come carta d'identità sanitaria e commerciale del prodotto.

La qualità dell'acqua viene garantita attraverso analisi microbiologiche, chimiche e fisiche, volte a controllare la purezza, l'assenza di contaminanti e la stabilità delle caratteristiche organolettiche.

Con la dott.ssa Briganti abbiamo avuto l'occasione di confrontarci sulle principali caratteristiche chimico-fisiche delle acque destinate al consumo e la loro rappresentazione in etichetta.



Gli incontri con la dott.ssa Briganti.

L'etichetta: informazioni obbligatorie e facoltative

L'etichetta costituisce un elemento essenziale per la trasparenza e la tutela del consumatore. Riporta informazioni obbligatorie e facoltative, regolamentate dal D.Lgs. 25 gennaio 1992 n. 105 e successivamente aggiornate dal D.Lgs. 8 ottobre 2011 n. 176, che recepiscono le direttive europee in materia di acque minerali naturali.

Gli elementi obbligatori da riportare in etichetta sono:

1. Denominazione di vendita: specifica la tipologia di acqua:
 - *Acqua minerale naturale*
 - *Acqua di sorgente*
 - *Acqua potabile trattata o da tavola*
2. Fonte e luogo di origine: indicano il nome della sorgente e la località di captazione; garantiscono la tracciabilità e il legame con le peculiarità geologiche e territoriali.
3. Composizione chimica: rappresenta il cuore dell'etichetta, espressa in mg/L, e riporta i principali ioni disciolti:
 - Calcio (Ca^{2+})
 - Magnesio (Mg^{2+})
 - Sodio (Na^+)

- Bicarbonati (HCO_3^-)
- Solfati (SO_4^{2-})
- Nitrati (NO_3^-)

Questi dati consentono di valutare l'idoneità a regimi alimentari specifici e la compatibilità con un uso quotidiano.

www.levicoacque.it

IDENTIFICAZIONE / IDENTIFIKATION:
LEVICO ACQUE S.p.A. - RACCOMANDA S.p.A.
BREMEN - LEVICO TRENTO (TN) - ITALIA - TRENTO

ACQUA MINERALE NATURALE
MINERALWASSER MINERALIZZATO
NATURALGETS MINERALWASSER
MIT MINIMALEM MINERALGEHALT

RESIDUO FISSO 37 mg/l
TDS MERTE 37 mg/l bei 180°C

pH / pH-WERT 6,3

ANIDRIDE CARBONICA / BESI /
Kohlensäure / ANHIDRIDULI
DUREZZA / HÄRTE [°d] 3

SALDO / CALCIUM [Ca²⁺] mg/l 0
MAGNESIO / MAGNESIUM [Mg²⁺] mg/l 0,8
SODIO / NÄTRIUM [Na⁺] mg/l 1,2
CLORURO / CHLORID [Cl⁻] mg/l 1,0

ANALISI PERFEZIONATA DA ARPAV - VENEZIA
ÜBERPRÜFUNG ANALYSE DURCHFÜHRT VON DER
ARPAV - VENEZIG
04/2010/0003

BOTTIGLIA IN PETROLIO - KAMPFENGEHÖRIG
FAHRE AL DASHEN SCHLITZ
ALUMINUMKORB (TASCHEN) - DURCHSCHNITTSTÄRKE

MADE IN ITALY TRENTO

CONVERTIRE AL RIFUGIO DALLA LUCE SOLARE
UMSTELLEN IN LUGO ANSCHUTZ. FREISCHUTZ PULLEN
VORSTELLUNG UND FREISCHUTZ UND AN LUGO
SALBERN UND FREISCHUTZ UND AN LUGO

VEITRO / KLEBENDE
NIMMER FREISCHUTZ UND AN LUGO
FREISCHUTZ UND AN LUGO
NIMMER FREISCHUTZ UND AN LUGO

PER IL RICICLO COMPLETO LASCARE
SULLA BOTTIGLIA IL TAPPO
PER IL RICICLO COMPLETO LASCARE
SULLA BOTTIGLIA IL TAPPO

DEUTLICH LA BOTTIGLIA RESULTIERE
DIE FÜR DEN RICICLO COMPLETO LASCARE
DIE FÜR DEN RICICLO COMPLETO LASCARE
DIE FÜR DEN RICICLO COMPLETO LASCARE

SULLA BOTTIGLIA LASCARE
SULLA BOTTIGLIA LASCARE
SULLA BOTTIGLIA LASCARE

CONSUMARE PRODOTTO IN BOTTIGLIA
MINIMALEM MINERALGEHALT
MINIMALEM MINERALGEHALT

ALL. T. MIN. 2007/46/CE LUGO 1000 /
ALL. T. MIN. 2007/46/CE LUGO 1000 /

Levico

NATURALE
NATURELL

100cle

Etichetta di Levico Acque

Indicatori di classificazione

Come abbiamo già visto il Residuo fisso a 180 °C è un parametro fondamentale che misura la quantità totale di sali minerali disciolti nell'acqua, espressa in mg/L. Consente di classificare le acque minerali in quattro categorie principali:

Categoria	Residuo (mg/L)	fisso	Descrizione
Minimamente mineralizzate	< 50		Molto leggere, favoriscono la diuresi, ideali per l'infanzia e per diete povere di sali
Oligominerali	50–500		Leggere, le più diffuse in Italia, adatte al consumo quotidiano
Mediominerali	500–1500		Ricche di sali, ideali per reintegrare minerali dopo attività fisica
Ricche di sali minerali	> 1500		Ad alto contenuto minerale, da consumare con moderazione e su parere medico

Non esiste un'acqua “migliore” in senso assoluto: la scelta dipende dalle necessità fisiologiche individuali.

I nitrati rappresentano un parametro sanitario chiave; il limite previsto è di 50 mg/L, con attenzione particolare per neonati e donne in gravidanza, per i quali è preferibile un contenuto inferiore.

Indicazioni facoltative e claims

Le indicazioni facoltative (claim) devono essere scientificamente dimostrate e conformi alla normativa vigente. Alcuni esempi consentiti includono:

- “Può favorire la digestione”
- “Indicata per diete povere di sodio” (se $\text{Na}^+ < 20 \text{ mg/L}$)
- “Può avere effetti diuretici”

Queste affermazioni non conferiscono all'acqua valore terapeutico, ma descrivono proprietà funzionali comprovate.

Tipologia e contenitori

L'etichetta può riportare indicazioni aggiuntive come:

- *Naturale*
- *Effervescente naturale*
- *Addizionata di CO₂*

La presenza di anidride carbonica (CO₂) contribuisce a migliorare la conservazione e a stimolare la digestione, sebbene possa risultare fastidiosa per soggetti sensibili.

Il materiale del contenitore (PET o vetro) è riportato in etichetta con simbologia specifica per favorire il corretto smaltimento e valutare gli aspetti igienico-sanitari del materiale.

Infine, sono sempre indicati la data di imbottigliamento, il termine minimo di conservazione e il lotto di produzione, parametri essenziali per la rintracciabilità e sicurezza alimentare.

Classificazione delle acque minerali naturali: alcuni marchi rappresentativi

Abbiamo selezionato degli esempi di acque minerali appartenenti alle diverse categorie.

1. Acque minimamente mineralizzate

Residuo fisso: < 50 mg/L

- Caratteristiche: estremamente leggere, diuretiche, adatte a neonati e diete iposodiche.
- Esempi di marca: Sant'Anna (22 mg/L), Lauretana (14 mg/L), San Bernardo, Acqua Panna, Nepi, Eva.

2. Acque oligominerali (leggermente mineralizzate)

Residuo fisso: 50–500 mg/L

- Caratteristiche: leggere, equilibrate, ideali per uso quotidiano.
- Esempi di marca: Levissima (80 mg/L), Panna (150 mg/L), Rocchetta, Vera, San Benedetto, Dolomia, Vita Snella.

3. Acque mediamente mineralizzate (minerali)

Residuo fisso: 500–1500 mg/L

- Caratteristiche: più ricche di sali, utili per reintegrare i minerali persi con sudorazione o attività fisica.
- Esempi di marca: San Pellegrino (850 mg/L), Uliveto, Ferrarelle, Nerea, Lete.

4. Acque ricche di sali minerali

Residuo fisso: > 1500 mg/L

- Caratteristiche: molto mineralizzate, con effetti specifici (talvolta lassativi), da assumere con moderazione.
- Esempi di marca: Fiuggi, Sangemini, Donat.

Claim

Valutato il residuo fisso e i claim, le acque che abbiamo selezionato per le analisi chimiche sono le seguenti:

San Benedetto

- “Acqua leggera”
- “Adatta a tutta la famiglia”
- Spesso associata a “equilibrio e benessere quotidiano”

Panna

- “Acqua povera di sodio”
- “Indicata per diete povere di sodio”
- “Leggera e adatta ai neonati”

Sant’Anna

- “Acqua tra le più leggere d’Europa”
- “Indicata per l’infanzia”
- “Basso residuo fisso”

Rocchetta

- “Acqua leggera e diuretica”
- “Favorisce il drenaggio dei liquidi”
- “Benessere e leggerezza quotidiana”

Lete

- “Acqua effervescente naturale”
- “Ricca di bicarbonato”
- “Favorisce la digestione”

Uliveto

- “Acqua minerale bicarbonato-calcica”
- “Favorisce la digestione”
- “Indicata per il benessere dello stomaco”

Ferrarelle

- “Effervescente naturale”
- “Acqua ricca di minerali”
- “Favorisce la digestione e l’equilibrio minerale”

San Pellegrino

- “Frizzante naturale”
- “Equilibrio minerale”
- “Gusto elegante e fine mineralità”



Etichette delle acque minerali.

In conclusione, l'etichetta delle acque minerali rappresenta un elemento informativo e sanitario di fondamentale importanza, poiché permette al consumatore di effettuare una scelta consapevole basata su dati oggettivi relativi alla composizione chimica, all'origine e alle caratteristiche funzionali dell'acqua.



Acque minerali analizzate

All'interno del nostro progetto, l'obiettivo principale è stato quello di verificare che le analisi svolte a scuola con la strumentazione di laboratorio risultassero ripetibili, oggettive e confrontabili con i dati riportati in etichetta. In questo modo è stato possibile valutare l'affidabilità delle metodiche utilizzate e comprendere il legame tra analisi chimiche sperimentali e informazioni dichiarate dai produttori, evidenziando l'importanza della coerenza tra dato analitico e comunicazione al consumatore.

5.12 Analisi chimiche delle acque minerali

A seguito degli incontri sulle etichette, confrontandoci con la responsabile del laboratorio di analisi dell'azienda Levico Acque abbiamo effettuato la scelta di analizzare calcio, magnesio, sodio, potassio, nitrati e cloruri in quanto questi ioni rappresentano i principali costituenti della componente salina disciolta e rivestono un ruolo fondamentale sia dal punto di vista chimico sia nutrizionale. La loro concentrazione è strettamente legata alla natura geologica dei terreni attraversati dall'acqua e consente di caratterizzare l'origine e le proprietà.

Dal punto di vista sanitario, calcio e magnesio contribuiscono alla durezza dell'acqua e risultano importanti per il metabolismo umano, mentre sodio e potassio sono coinvolti nella regolazione dell'equilibrio elettrolitico. L'analisi di questi parametri permette quindi di valutare la qualità dell'acqua e la sua idoneità per diversi utilizzi.

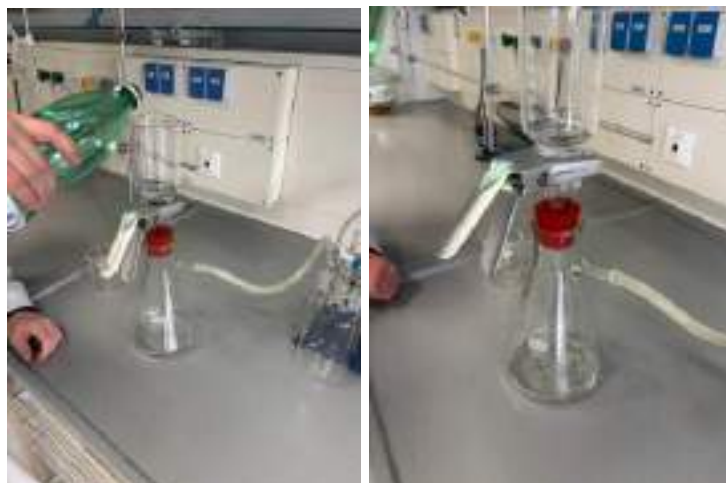
La determinazione di tali ioni è stata resa possibile grazie alla strumentazione disponibile nel laboratorio scolastico, che ha consentito di applicare diverse tecniche analitiche. In particolare, sono stati utilizzati spettrofotometri UV-Vis, strumenti di assorbimento atomico e metodi di titolazione conduttimetrica, ciascuno dei quali ha permesso di quantificare specifici componenti con adeguata precisione.

Questa scelta ha quindi consentito di integrare conoscenze teoriche e competenze pratiche, sfruttando al meglio le risorse disponibili e permettendo un'analisi completa e significativa della composizione delle acque minerali.

Nei prossimi paragrafi tratteremo quanto svolto in laboratorio con i docenti di chimica analitica.

Rimozione CO₂ dalle acque gasate

Per le analisi delle acque minerali in bottiglia è stata effettuata la rimozione della CO₂ dalle acque gasate. A tale scopo è stato utilizzato un sistema di filtrazione sotto vuoto.



Processo di rimozione CO₂

È stata predisposta una beuta da vuoto, collegata mediante un tubo di plastica a un polmone in vetro, a sua volta connesso alla pompa a vuoto. Successivamente è stato posizionato il filtro sulla beuta, sopra il quale è stato collocato il contenitore in vetro, fissato con apposita pinza.

La pompa a vuoto è stata quindi attivata e si è proceduto alla filtrazione del campione. Durante questa fase, la CO₂ disciolta è stata rimossa dal campione.

Per evitare contaminazioni, è stato sostituito il filtro a ogni filtrazione, utilizzando un filtro pulito per ciascun campione analizzato.

Calcio, Magnesio, Sodio e Potassio

La spettrofotometria di assorbimento atomico a fiamma (FAAS, Flame Atomic Absorption Spectrometry) è una tecnica analitica quantitativa ampiamente utilizzata per la determinazione di elementi metallici in soluzione, in particolare nelle acque naturali, potabili e di scarico. Si basa sul principio che gli atomi liberi di un elemento, prodotti dalla nebulizzazione del campione in una fiamma, sono in grado di assorbire radiazione elettromagnetica a lunghezze d'onda caratteristiche e specifiche per ciascun elemento.

La sorgente di radiazione è una lampada a catodo cavo (HCL, Hollow Cathode Lamp), costruita con il metallo da analizzare: essa emette la radiazione alla lunghezza d'onda di risonanza

dell'elemento, che viene assorbita selettivamente dagli atomi del campione presenti in fiamma. La quantità di luce assorbita è direttamente proporzionale alla concentrazione dell'elemento secondo la legge:

$$A = k \cdot l \cdot N$$

dove A è l'assorbanza, N è il coefficiente di assorbimento specifico, k coefficiente di assorbimento specifico e l è il cammino ottico.

Calcio e magnesio vengono determinati in modalità assorbimento atomico: si utilizzano rispettivamente le lunghezze d'onda di 422,7 nm (Ca) e 285,2 nm (Mg), con fiamma aria/acetilene.

Sodio e potassio vengono invece determinati in modalità emissione a fiamma: questi elementi, una volta portati allo stato atomico dalla fiamma, vengono eccitati termicamente ed emettono radiazione a 589,0 nm (Na) e 766,5 nm (K) con intensità molto elevata già a basse temperature. In questo caso non è necessaria una lampada esterna e il rivelatore misura l'intensità della radiazione emessa, proporzionale alla concentrazione.

La quantificazione avviene tramite retta di calibrazione esterna: si preparano soluzioni standard a concentrazione nota, si misura il segnale strumentale per ciascuna e si costruisce un grafico di calibrazione. Il segnale del campione incognito viene interpolato sulla retta per risalire alla concentrazione.

Elemento	Modalità	λ (nm)	Fiamma
Ca	Assorbimento atomico	422,7	Aria / C ₂ H ₂
Mg	Assorbimento atomico	285,2	Aria / C ₂ H ₂
Na	Emissione a fiamma	589,0	Aria / C ₂ H ₂
K	Emissione a fiamma	766,5	Aria / C ₂ H ₂

Analisi con Assorbimento atomico

Procedimento

Preparazione delle soluzioni intermedie (100 mg/L, 10 mg/L)

Le soluzioni intermedie vengono preparate per diluizione seriale a partire dalla soluzione stock a 1000 mg/L, utilizzando pipette tarate e matracci di classe A per garantire la massima precisione:

Soluzione da 100 mg/L: si prelevano 10 mL della soluzione stock e si portano a volume in un matraccio da 100 mL con acqua distillata (diluizione 1:10).

Soluzione da 10 mg/L: si prelevano 10 mL dalla precedente soluzione a 100 mg/L e si portano a volume in un secondo matraccio da 100 mL (diluizione ulteriore 1:10, fattore totale 1:100).

Si ripete l'operazione per ciascuno dei quattro elementi (Ca, Mg, Na, K) utilizzando le rispettive soluzioni stock e matracci separati.

Preparazione degli standard di retta di calibrazione

Utilizzando come base le soluzioni intermedie (100 mg/L o 10 mg/L), si procede alla preparazione di cinque soluzioni standard nel range di linearità dello strumento. La procedura prevede il prelievo dei volumi calcolati tramite pipette tarate o graduate di precisione e il loro trasferimento in matracci tarati da 100 mL. Ogni matraccio viene quindi portato a volume con acqua distillata e omogeneizzato accuratamente. Tale sequenza garantisce la costruzione di una retta di calibrazione affidabile, necessaria per la successiva quantificazione degli analiti nei campioni incogniti.

Calcio

Soluzione standard	ppm [mg/L]	V prelevato da 100 mg/L [mL]	V matraccio [mL]
1	0,30	0,30	100,00

2	1,00	1,00	100,00
3	2,00	2,00	100,00
4	4,00	4,00	100,00
5	5,00	5,00	100,00

Magnesio

Soluzione standard	ppm [mg/L]	V prelevato da 10 mg/L [mL]	V matraccio [mL]
1	0,03	0,30	100,00
2	0,10	1,00	100,00
3	0,20	2,00	100,00
4	0,30	3,00	100,00
5	0,50	5,00	100,00

Sodio

Soluzione standard	ppm [mg/L]	V prelevato da 10 mg/L [mL]	V matraccio [mL]
1	0,10	1,00	100,00
2	0,25	2,50	100,00
3	0,50	5,00	100,00

4	0,75	7,50	100,00
5	1,00	10,00	100,00

Potassio

Soluzione standard	ppm [mg/L]	V prelevato da 10 mg/L [mL]	V matraccio [mL]
1	0,05	0,50	100,00
2	0,50	5,00	100,00
3	1,00	10,00	100,00
4	1,50	15,00	100,00
5	2,00	20,00	100,00

Il bianco è costituito da acqua distillata leggermente acidificata con HCl diluito (stesso trattamento dei campioni).



Assorbimento atomico

Preparazione dei campioni d'acqua

Le acque minerali contengono tipicamente 50–60 mg/L di Ca^{2+} , un valore che eccede il range della retta di taratura (1–5 mg/L). È quindi necessario procedere a una diluizione sistematica dei campioni (ad esempio 1:20) prima dell'analisi strumentale. Tale procedura è fondamentale non solo per il calcio, ma rappresenta una prassi consolidata anche per la determinazione degli altri macroelementi nelle acque minerali, dove le concentrazioni possono essere ancora più elevate.

Per ciascuna campione (quando necessario): si preleva con pipetta tarata precedentemente avvinata il volume di campione, si trasferisce in un matraccio da 100 mL, si aggiungono alcune gocce di HCl diluito e si porta a volume con acqua distillata (diluizione).

Analisi strumentale

Parametri	
Calcio	
Lampada	a catodo cavo multi elemento (Ca, Mg)
lunghezza d'onda λ	422,7 nm
Fenditura monocromatore	0,7
Magnesio	
Lampada	a catodo cavo multi elemento (Ca, Mg)
lunghezza d'onda λ	285,2 nm
Fenditura monocromatore	0,7
Sodio	
lunghezza d'onda λ	589,0 nm

Fenditura monocromatore	2,0
Potassio	
lunghezza d'onda λ	766,5 nm
Fenditura monocromatore	2,0

L'analisi inizia con la preparazione della sorgente luminosa (analisi in assorbimento Ca, Mg) per l'analisi in emissione non si usa la lampada. È necessario inserire la lampada a catodo cavo specifica per l'elemento da analizzare nell'apposito supporto, collegandola allo spinotto di alimentazione. Si imposta quindi una corrente di esercizio della lampada, lasciando riscaldare il sistema per un intervallo di 10–15 minuti al fine di stabilizzare l'emissione del raggio. Durante questa fase, si procede all'allineamento ottico: agendo sulle viti di regolazione micrometrica, si sposta la lampada fino a massimizzare l'intensità del segnale che raggiunge il rivelatore.

Una volta stabilizzata la parte ottica, si passa alla gestione del sistema di combustione. Dopo aver attivato la cappa di aspirazione (fondamentale per la sicurezza), si aprono in sequenza le valvole dei gas: prima l'aria comburente e successivamente l'acetilene (combustibile). Contemporaneamente, si configurano i parametri del monocromatore, impostando la fenditura (slit) e selezionando la lunghezza d'onda analitica caratteristica dell'elemento in esame.

La fase di accensione e calibrazione prevede l'apertura dello sportello di protezione e l'accensione manuale della fiamma tramite accendigas. Con la fiamma attiva, si immerge il tubicino di pescaggio del nebulizzatore nel "bianco" (solitamente acqua distillata acidificata) e si effettua l'azzeramento dello strumento.

L'analisi quantitativa vera e propria avviene attraverso la misurazione degli standard di calibrazione, procedendo preferibilmente in ordine crescente di concentrazione per minimizzare i fenomeni di trascinamento. È essenziale, tra una misura e l'altra, far pescare il tubicino nel bianco per detergere il sistema e azzerare nuovamente lo strumento; questa pratica permette di compensare eventuali derive o variazioni nell'intensità della fiamma.

Infine, si procede alla misura dei campioni (precedentemente diluiti). I campioni vengono analizzati mantenendo le medesime condizioni sperimentali utilizzate per la retta di taratura, avendo cura di intercalare ogni lettura con l'aspirazione del bianco e il relativo azzeramento, garantendo così la massima riproducibilità del dato analitico.

Elaborazione dei dati

Con Excel, riportare in un grafico l'assorbanza (per Ca e Mg) o l'intensità di emissione (per Na e K) in ordinata e la concentrazione in ppm [mg/L] in ascissa. Eseguire la regressione lineare e verificare che il coefficiente di correlazione $R^2 \geq 0,98$ (considerato il requisito minimo accettabile)

Dalla retta di taratura ($y = m \cdot x + q$, $Abs = m \cdot ppm + q$), ricavare la concentrazione del campione diluito:

$$ppm_{\text{diluito}} \text{ (mg/L)} = (Abs - q) / m$$

Poiché i campioni sono stati diluiti, la concentrazione reale nell'acqua originale si calcola moltiplicando per il fattore di diluizione:

$$ppm \text{ (mg/L)} = ppm_{\text{diluito}} \times 20$$

Nota:

Smaltimento

Le soluzioni contenenti metalli devono essere raccolte negli appositi contenitori per rifiuti speciali e smaltite secondo la normativa vigente (D.Lgs. 152/2006).

Interferenze

Le analisi in assorbimenti ed emissione sono soggette a interferenze chimiche (formazione di sali stabili di Ca e Mg con fosfati/solfati) e di ionizzazione (per Na e K), ma non sono state

applicate tecniche correttive, come l'aggiunta di agenti di rilascio o soppressori, a causa della mancanza di reagenti specifici nel laboratorio scolastico.

Nitrati

Per determinare l'azoto nitrico (N-NO_3^-) nelle acqua abbiamo utilizzato il metodo spettrofotometrico UV- vis. I nitrati assorbono radiazione ultravioletta, con un massimo di assorbimento intorno ai 200-220 nm. Questa proprietà consente di quantificare la loro concentrazione mediante la legge di Beer-Lambert, che correla l'assorbanza alla concentrazione.



Spettroscopia uv-vis nel nostro laboratorio

Preparazione dei reagenti

Per preparare una soluzione standard concentrata di azoto nitrico (N-NO_3^-) con concentrazione pari a 200 mg/L, sono stati pesati con precisione 1,44 g di nitrato di potassio (KNO_3), precedentemente essiccato in stufa a 105 °C per circa due ore, al fine di eliminare eventuali tracce di umidità che avrebbero potuto alterare la massa.

Il solido pesato è stato quindi sciolto in acqua distillata, mescolando fino a completa dissoluzione. La soluzione è stata trasferita quantitativamente in un matraccio tarato da 1 L e portata a volume con acqua distillata, ottenendo così la soluzione standard desiderata. In

alternativa, la preparazione è stata effettuata utilizzando un matraccio da 500 mL, riducendo proporzionalmente i volumi.

Una volta preparata la soluzione, la concentrazione in termini di azoto nitrico (N-NO_3^-) è stata calcolata utilizzando la relazione prevista dalla metodica, che tiene conto del rapporto tra la massa molare del nitrato di potassio e quella dell'azoto contenuto nel gruppo nitrato.

È stata preparata la soluzione standard diluita di N-NO_3^- (10 mg/L) prelevando 25 mL della soluzione standard concentrata e portando a volume a 500 mL con acqua distillata in un matraccio tarato.

È stata preparata la soluzione di acido cloridrico 1 M diluendo 80 mL di HCl al 37% in 1 L di acqua distillata.



Studenti durante i lavori in laboratorio

Per la preparazione del bianco reagenti, sono stati introdotti 50 mL di acqua distillata in un matraccio e sono stati aggiunti 1 mL di HCl 1 M. Questa soluzione è stata utilizzata per azzerare lo strumento durante le misure spettrofotometriche.

Per la costruzione della retta di taratura, sono stati preparati diversi matracci da 50 mL nei quali sono stati introdotti volumi variabili, compresi tra 1 e 20 mL, di una soluzione standard diluita avente concentrazione pari a 10 mg/L. Ciascun matraccio è stato quindi portato a volume con

acqua distillata e successivamente sono stati aggiunti 1 mL di HCl 1 M. Le soluzioni così ottenute hanno presentato concentrazioni note e crescenti, utili per la calibrazione dello strumento.

Le misure spettrofotometriche sono state eseguite azzerando inizialmente lo strumento con il bianco reagenti. Successivamente sono state misurate le assorbanze delle soluzioni standard preparate e, a partire dai dati ottenuti, è stata costruita la retta di taratura.

Per quanto riguarda il campione, sono stati prelevati 50 mL della soluzione da analizzare e sono stati aggiunti 1 mL di HCl 1 M. Il campione è stato quindi sottoposto alle misure spettrofotometriche nelle stesse condizioni utilizzate per gli standard.

L'elaborazione dei dati ha previsto la determinazione della concentrazione del campione mediante interpolazione sulla retta di taratura.

Cloruri

Prima di iniziare l'esperienza, è stata eseguita una corretta preparazione generale della strumentazione e della vetreria. Tutta la vetreria è stata accuratamente sciacquata con acqua distillata, al fine di evitare contaminazioni ioniche che avrebbero potuto alterare i risultati. Si è quindi proceduto all'accensione del conduttimetro e dell'agitatore magnetico. La cella conduttimetrica è stata anch'essa risciacquata con acqua distillata prima dell'uso. È stato inoltre fondamentale verificare che la temperatura delle soluzioni rimanesse costante durante l'analisi, poiché la conducibilità dipende fortemente da questo parametro.

La soluzione di KCl 0,1 M, utilizzata come standard, è stata preparata per pesata, garantendo così un'elevata precisione nella concentrazione.

La standardizzazione della soluzione di nitrato d'argento (AgNO_3) ha avuto lo scopo di determinare la concentrazione reale del titolante. A tal fine, è stata riempita una buretta con la soluzione di AgNO_3 e, mediante pipetta tarata, è stato prelevato un volume noto di soluzione di KCl 0,1 N, trasferito in un becher. All'interno del becher sono state inserite la cella conduttimetrica e un'ancoretta magnetica, quindi è stata avviata l'agitazione. È stata misurata la conducibilità iniziale della soluzione e si è proceduto aggiungendo dalla buretta piccoli volumi di

AgNO₃. Dopo ogni aggiunta si è atteso il raggiungimento della stabilizzazione del valore di conducibilità e sono stati annotati sia il volume aggiunto sia il valore misurato. La titolazione è stata proseguita anche oltre il punto di equivalenza, in modo da poter individuare con precisione l'andamento della curva conduttimetrica.

Successivamente si è proceduto con la determinazione dei cloruri presenti nell'acqua di rubinetto. A tale scopo sono stati prelevati 200 mL di campione, trasferiti in un becher. Sono state inserite la cella conduttimetrica e il magnete e si è avviata l'agitazione. Dopo aver misurato la conducibilità iniziale, è stata effettuata la titolazione utilizzando la soluzione di AgNO₃ precedentemente standardizzata. Anche in questo caso il titolante è stato aggiunto a piccoli volumi, registrando dopo ogni aggiunta il volume e la conducibilità, seguendo lo stesso procedimento utilizzato nella standardizzazione. La titolazione è stata portata oltre il punto di equivalenza per ottenere dati completi.

Osservazioni

Le prove pratiche di determinazione dei cloruri mediante metodo conduttimetrico non hanno permesso una quantificazione affidabile dell'analita. La concentrazione di cloruri nel campione è risultata estremamente bassa, rendendo il segnale strumentale non distinguibile dal rumore di fondo e impedendo l'individuazione netta del punto di equivalenza.

A vanificare la misura è stata principalmente l'interferenza degli ioni idrogenocarbonato (HCO₃⁻): la loro massiccia presenza nelle acque minerali conferisce una conducibilità basale così elevata da "mascherare" le variazioni ioniche prodotte durante la titolazione. Questo eccesso di elettroliti estranei ha appiattito la curva sperimentale, rendendo impossibile isolare il contributo dei cloruri e confermando l'inadeguatezza della metodica per acque a bassa mineralizzazione in presenza di interferenti salini così predominanti.

6. FASE CINQUE

Incontro con Levico Acque presso Istituto Buonarroti



Rappresentante di Levico Acque

Il 28 gennaio abbiamo partecipato a un incontro presso la nostra scuola con Levico Acque che ci ha dato l'opportunità di confrontarci con l'azienda sull'attività svolta fino a fine gennaio e sulle attività da sviluppare nei mesi successivi.

6.1 Rappresentante di Levico Acque

Nella prima parte della mattinata si è tenuta una sessione plenaria presso l'aula magna, durante la quale i rappresentanti di Levico Acque hanno presentato il progetto, illustrandone gli obiettivi e le principali tematiche legate all'analisi delle acque.

Il Referente di progetto dott. Andrea Libardi ha aperto i lavori esponendo le attività previste dal piano progettuale, evidenziando la centralità di una pianificazione strutturata e condivisa tra tutti i soggetti coinvolti. È stato rimarcato come il conseguimento degli obiettivi dipenda in misura determinante dalla collaborazione tra i membri del team, incluse le due classi partecipanti e le figure professionali di riferimento, in un clima orientato alla fiducia e alla condivisione delle informazioni.

Sono stati definiti stati di avanzamento periodici finalizzati al monitoraggio del progresso progettuale e all'individuazione tempestiva di eventuali criticità. Per ciascuna fase sono state stabilite scadenze precise, pianificate in modo realistico in funzione delle risorse disponibili. Il project manager ha ribadito l'importanza di mantenere il focus sugli obiettivi comuni, promuovendo una comunicazione continua e trasparente tra tutti i partecipanti, e ha sottolineato come il progetto costituisca un'opportunità di crescita professionale e personale per l'azienda e per i soggetti coinvolti.

La sessione si è conclusa con un allineamento generale sulle azioni da intraprendere nelle fasi successive e con la pianificazione dei successivi incontri formativi, che vedranno la partecipazione di ulteriori collaboratori di Levico Acque. Sono state inoltre annunciate attività di formazione esterna presso enti e laboratori di analisi specializzati, con l'obiettivo di approfondire le metodologie di ricerca e analisi nel settore idrico.

6.2 L'esperto in comunicazione e marketing

Nella seconda parte della mattinata, Levico Acque ha messo a disposizione della classe un consulente esterno specializzato in produzione video e fotografia, con il compito di fornire supporto metodologico per la corretta documentazione delle attività svolte. Si è tenuto pertanto un incontro formativo condotto dal Sig. Sebastiano Bampi, consulente di Levico Acque nell'ambito della comunicazione e del marketing, nel corso del quale sono state illustrate le principali linee guida per la produzione e la gestione efficace del materiale multimediale connesso al progetto.

Il consulente ha preliminarmente evidenziato il ruolo fondamentale della documentazione visiva all'interno di un progetto a carattere scientifico e tecnico, sottolineando come il materiale fotografico e video non assolva esclusivamente una funzione narrativa, bensì costituisca uno strumento operativo indispensabile per garantire la tracciabilità delle attività, la chiarezza espositiva e la valorizzazione dei risultati conseguiti. È stato inoltre illustrato come una comunicazione visiva strutturata consenta di rendere accessibili, anche a un pubblico non specializzato, le diverse fasi del processo analitico condotto in laboratorio.

Sono state fornite indicazioni metodologiche operative, articolate nei seguenti punti:

Selezione delle inquadrature: è stata raccomandata un'attenta selezione delle riprese, privilegiando i momenti maggiormente rappresentativi delle attività laboratoriali, quali le fasi di titolazione, le misurazioni strumentali e l'utilizzo delle principali apparecchiature, al fine di valorizzare sia il processo analitico sia la strumentazione impiegata.

Realizzazione di sequenze video strutturate: è stato suggerito di produrre brevi video organizzati in sequenza logica, in grado di illustrare in modo chiaro e coerente l'intero processo analitico, evitando riprese frammentarie, così da conferire al contenuto un carattere fluido e professionale.

Gestione e archiviazione del materiale multimediale: è stata rimarcata la necessità di adottare un sistema di archiviazione ordinato, basato su cartelle strutturate e nomenclature univoche, al fine di agevolare la consultazione, la condivisione e il trasferimento del materiale sia all'interno del gruppo di lavoro sia verso Levico Acque.

L'incontro ha consentito di acquisire la consapevolezza che la componente comunicativa e documentativa costituisce parte integrante del lavoro scientifico, contribuendo a rendere il progetto più completo, trasparente e fruibile anche da parte di interlocutori esterni.

6.3 Le classi al lavoro



Presentazione progetto e lavori tecnici

Successivamente le due classi hanno presentato i lavori teorici e pratici svolti nel corso del progetto. In particolare, la classe dell'indirizzo sanitario ha illustrato il laboratorio realizzato in precedenza, relativo al prelievo e all'analisi dell'acqua potabile proveniente dalle abitazioni degli studenti.

Durante l'esposizione sono state descritte le principali fasi operative, dalla raccolta dei campioni fino all'esecuzione delle analisi in laboratorio, evidenziando le metodiche utilizzate e gli obiettivi dell'attività. È stato inoltre approfondito il significato dei parametri analizzati e l'importanza del controllo della qualità dell'acqua in ambito domestico, sottolineando il valore delle procedure analitiche per la tutela della salute e dell'ambiente.



Presentazione progetto e lavori tecnici

Anche la classe dell'indirizzo ambientale ha presentato il proprio lavoro, consentendo a tutti di conoscere le diverse attività svolte nel campo delle scienze ambientali e le relative applicazioni pratiche. L'esposizione ha permesso un confronto tra i due percorsi formativi, mettendo in evidenza sia le differenze sia i punti di contatto tra le attività svolte.

Successivamente, ci siamo spostati in laboratorio, dove sono state mostrate alcune delle titolazioni effettuate durante le analisi. In questa fase è stato possibile osservare direttamente le procedure sperimentali, ripercorrendo i passaggi principali delle determinazioni analitiche e approfondendo l'utilizzo della strumentazione e delle tecniche impiegate.



Laboratorio con Levico acque

La classe è stata divisa in gruppi: mentre un gruppo eseguiva le attività pratiche di laboratorio, l'altro si occupava di scattare foto e documentare il lavoro. In seguito abbiamo fatto uno scambio con l'altra classe, in modo che tutti potessero partecipare sia alla parte pratica sia alla documentazione.



Laboratorio con Levico acque

6.4 La responsabile della qualità

Al termine delle attività di laboratorio, tutte le informazioni raccolte, i dati analitici ottenuti e il materiale fotografico e video prodotto sono stati organizzati e condivisi con Levico Acque, in particolare con la Responsabile Qualità, Vania Cusinato. Questa fase ha rappresentato un momento fondamentale del progetto, in quanto ha permesso di instaurare un confronto diretto

con figure professionali del settore e di valutare la qualità del lavoro svolto sia dal punto di vista tecnico sia dal punto di vista documentale.

Durante questo scambio, abbiamo ricevuto feedback professionali sulle metodologie di analisi adottate, con suggerimenti utili per migliorare l'accuratezza delle procedure sperimentali, la gestione dei campioni e l'interpretazione dei dati. Allo stesso tempo, è stata sottolineata l'importanza di una corretta organizzazione del materiale raccolto, evidenziando come una struttura ordinata e facilmente consultabile dei dati sia essenziale per garantire la riproducibilità e la verifica dei risultati.

Il confronto con la Responsabile Qualità ha inoltre permesso di approfondire alcuni aspetti fondamentali legati alla comunicazione scientifica in ambito industriale e ambientale. È emersa con forza l'importanza di una comunicazione chiara e rigorosa, di un reporting accurato e della tracciabilità completa di ogni fase del processo analitico, elementi indispensabili soprattutto nel settore del controllo delle acque, dove l'affidabilità del dato è un requisito essenziale.

Questa fase conclusiva ha quindi contribuito non solo a migliorare la qualità del lavoro svolto, ma anche a far comprendere il valore della collaborazione tra scuola e azienda, mettendo in evidenza come competenze tecniche, organizzative e comunicative siano strettamente interconnesse all'interno di un progetto reale.

7. FASE SEI

Elaborazione dati

7.1 Elaborazione dati delle acque potabili

Come abbiamo visto nei precedenti capitoli abbiamo prelevato le acque di varie zone del Trentino e le abbiamo analizzate.



Punti di prelievo delle acque

Durante le analisi abbiamo raccolto i dati delle analisi dei campioni in un foglio google.

CALCOLO DEI VALORI

Sui vari campioni abbiamo svolto le analisi per determinare durezza totale in ppm e in gradi francesi, durezza permanente in ppm e in gradi francesi, durezza temporanea in ppm e in gradi francesi e residuo fisso.

Conducibilità

La conducibilità dipende dalla temperatura del campione, si è rilevata la temperatura con una sonda e si è ricalcolato la conducibilità con l'apposito fattore. I valori ottenuti sono riportati di seguito.

	TEMPERATURA	CONDUCIBILITA'	CONDUCIBILITA' 20°	pH
Roncafort	18,7	483	496	7,42
Trento	18,3	482	499	7,20
Cavedine	18,8	451	462	7,42
Lon	19,7	288	290	7,42
Pergine	18,7	278	285	7,01
Volano	18,9	528	540	7,05
Isera	19,4	312	316	7,26
Fornace	18,3	275	285	7,13
Cembra	18,5	175	180	7,09
Roncegno	19,5	214	216	7,30
Villamontagna	18,8	422	432	7,46
Trento	19,5	328	331	7,35
Vigolo Vattaro	18,7	381	391	7,60
Cortesano	18,6	407	419	6,82
Pomarolo	19,0	54	54	6,89
Cavedine	18,4	519	536	7,13
Vigolo Vattaro	18,0	479	499	7,30
Vetriolo	15,2	73	81	6,45

Valori di conducibilità e pH

Residuo fisso

Abbiamo versato 100 g di campione d'acqua in una capsula di porcellana, procedendo poi all'evaporazione fino a secchezza e alla successiva pesata del residuo. Dai risultati ottenuti è

emerso che tutte le acque analizzate presentano un residuo fisso molto basso. Questo ha portato a riflettere sull'incertezza della misura, in particolare sull'errore introdotto dalla capsula, la cui massa risulta nettamente superiore rispetto alla quantità di sali rimasti dopo l'evaporazione. Tale squilibrio può influenzare significativamente la precisione della determinazione. Alla luce di queste considerazioni, abbiamo approfondito l'analisi delle possibili fonti di errore e riportato le conclusioni nel capitolo dedicato al residuo fisso.

Luoghi	residuo fisso mg/L
Roncafort	0,03
Trento	0,03
Lon	0,01
Pergine	0,02
Volano	0,04
Isera	0,02
Fornace	0,03
Villamontagna	0,03
Trento	0,03
Cortesano	0,02
Pomarolo	0,03
Cavedine	0,05
Vigolo Vattaro	0,04

Valori di residuo fisso

Durezza totale in gradi francesi per titolazione con EDTA.

Si riportano i calcoli eseguiti per trovare la durezza totale.

$$n \text{ CaCO}_3 = M \times V$$

$$m \text{ CaCO}_3 = n \times \text{MM massa di CaCO}_3 \text{ in } 100 \text{ mL di acqua campione}$$

$$m \text{ in } 1 \text{ L di acqua campione} = m \text{ CaCO}_3 / 0,1 \text{ L}$$

$(\text{mg CaCO}_3 / 1\text{L}) \text{ ppm} = m \text{ CaCO}_3 \times 1000 / 1 \text{ L}$

$^\circ\text{F} = \text{ppm} / 10$

n=moli

M=molarità

V=volume

m=massa

Per ottenere gli altri tipi di durezza abbiamo svolto dei calcoli:

Durezza permanente in gradi francesi: abbiamo diviso la durezza permanente in ppm per 10.

Durezza temporanea in ppm: si ottiene per differenza tra la durezza totale e quella permanente.

<i>Luoghi</i>	durezza a totale ppm	durezza totale °F	durezza permanent e ppm	durezza permanent e °F	durezza temporane a ppm	durezza temporane a °F
Roncafort	164	16,4	92,5	9,3	71,3	7,1
Trento	250	25,0	121,6	12,2	128,4	12,8
Cavedine	12	1,2	8,0	0,8	4,0	0,4
Lon	155	15,5	50,5	5,1	104,5	10,5
Pergine	250	25,0	43,0	4,3	207,0	20,7
Volano	248	24,8	43,0	4,3	205,0	20,5
Fornace	117	11,7	40,1	4,0	77,0	7,7
Cembra	112	11,2	39,0	3,9	73,0	7,3
Roncegno	20	2,0	4,0	0,4	15,98	1,6
Cortesano	200	20,0	101,4	10,1	98,78	10,0
Pomarolo	200	20,0	50,0	5,0	150	15,0
Vigolo Vattaro	250	25,0	100,5	10,1	149,6	15,0

I Valori relativi ai diversi tipi di durezza

L'acqua con una durezza maggiore è risultata nella zona di Pergine-Trento, mentre presenta valori di durezza molto bassi l'acqua di Cavedine. Il dato di Cavedine risulta con una conducibilità è 462 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e con un valore di durezza di 1,2 °F ciò risulta incoerente poiché durezza e conducibilità sono strettamente correlate. Il valore reale atteso per una conducibilità di 460-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ è circa 22 - 26 °F. Il campione di Cavedine presenta quindi un'anomalia: una conducibilità elevata a fronte di una durezza bassissima, il che suggerisce l'utilizzo di un addolcitore a scambio ionico che sostituisce Ca^{2+} e Mg^{2+} con Na^+ , mantenendo alta la conducibilità e riducendo la durezza.

Conclusione

Nel corso dell'analisi delle acque minerali è stato possibile mettere in relazione alcuni parametri chimico-fisici, come durezza, conducibilità e pH, con la natura delle rocce attraversate dall'acqua durante il suo percorso sotterraneo. Questo collegamento è fondamentale per comprendere l'origine della composizione chimica delle acque.

La durezza dell'acqua, legata principalmente alla presenza di calcio (Ca^{2+}) e magnesio (Mg^{2+}), dipende in larga parte dal tipo di roccia con cui l'acqua entra in contatto. In presenza di rocce carbonatiche, come calcari e dolomie, si ha una maggiore dissoluzione di sali di calcio e magnesio, con conseguente aumento della durezza. Le acque che attraversano questi litotipi risultano quindi più dure e ricche di sali minerali. Al contrario, in aree caratterizzate da rocce silicee o granitiche, meno solubili, l'acqua tende a essere più povera di minerali e quindi più dolce.

La conducibilità elettrica è un parametro direttamente correlato alla quantità totale di ioni disciolti nell'acqua. Essa aumenta con l'aumentare della mineralizzazione e, quindi, è generalmente più elevata nelle acque che attraversano rocce facilmente solubili, come quelle carbonatiche o evaporitiche (ad esempio gessi e salgemma). In questi casi, l'acqua si arricchisce di ioni come calcio, magnesio, sodio e cloruri, determinando valori elevati di conducibilità. Al

contrario, acque provenienti da terreni silicei presentano valori di conducibilità più bassi, proprio per la minore presenza di sali disciolti.

Il pH dell'acqua è anch'esso influenzato dalla composizione delle rocce. Le acque che attraversano rocce carbonatiche tendono ad avere un pH neutro o leggermente alcalino, grazie alla presenza di bicarbonati derivanti dalla dissoluzione del carbonato di calcio. Al contrario, acque che scorrono in ambienti ricchi di rocce silicee o in presenza di sostanze organiche possono presentare un pH leggermente acido, a causa della minore capacità tampone e della possibile presenza di acidi naturali.

In sintesi, le caratteristiche chimico-fisiche delle acque potabili sono strettamente legate alla geologia del territorio:

- rocce carbonatiche causano acque dure, maggiore conducibilità, pH neutro-alcalino;
- rocce silicee portano ad acque dolci, bassa conducibilità, pH leggermente acido;
- rocce evaporitiche dove scorrono acque molto mineralizzate, conducibilità elevata.

Le analisi hanno evidenziato come la composizione dell'acqua sia il risultato di un lungo processo naturale di interazione tra acqua e substrato geologico, confermando ancora una volta che ogni acqua ha caratteristiche uniche e specifiche.

Microbiologia

Per le analisi microbiologiche dei campioni di acqua potabile provenienti dalle nostre abitazioni, abbiamo applicato le stesse metodologie viste nei laboratori di Levico Acque. Analizzando le piastre abbiamo notato che sui terreni di coltura è possibile quantificare le colonie sviluppate di batteri che sono identificati come dei piccoli puntini. Nel caso in cui ci fossero degli ammassi di microrganismi, non riusciamo a identificare la quantità di batteri (specificato in tabella come *non contabile*). In questo caso le colonie sono proliferate tutte vicine, rendendo impossibile individuarle una ad una.

Nelle analisi microbiologiche effettuate in laboratorio abbiamo utilizzato tre terreni differenti per verificare gli eventuali microrganismi presenti che possono contaminare l'acqua. Di seguito riportiamo le tipologie di terreno utilizzati:

- PCA (terreno universale): utilizzato per la crescita e conta di microrganismi eterotrofi aerobici e mesofili totali
- Mconkey (terreno specifico e differenziale): mette in evidenza i gram negativi come l'*Escherichia coli*
- MFC (terreno specifico e differenziale): usato per Isolamento e conta specifica dei *Coliformi fecali* e altre *Enterobacteriaceae*.

	conta colonie per tipo di piastre petri utilizzate			
zone trentine	bianco	PCA	MFC	MC
Val di Cembra	non presenti	53+4 non contabili (buoni)	72+ 5 non contabili ma no E.Coli	0
Valsugana	non presenti	non contabile	non contabile	non presenti
Valle dei laghi	non presenti	70+ 1 grande	28 + 1 enorme (nc)	1
Trento	non presenti	80	69	non presenti
Rovereto	non presenti	119	non contabile	2
Con la colorazione di gram abbiamo visto che nel PCA i batteri sono buoni per l'acqua, stessa cosa per MC.				

Risultati ottenuti nelle analisi microbiologiche

7.2 Elaborazione dati acque minerali naturali

CALCOLO DEI VALORI

Nel corso del progetto è stata approfondita l'analisi dei principali parametri chimico-fisici riportati nelle etichette delle acque minerali, con particolare attenzione a conducibilità, pH,

calcio, magnesio, potassio, nitrati e sodio, al fine di comprenderne il significato, le funzioni e le implicazioni per la salute umana. Di seguito riportiamo le tabelle riassuntive con i principali parametri chimici delle acque minerali scelte estrapolati dalle etichette. I valori sono indicativi (possono variare leggermente in base al lotto e alla fonte) e sono espressi in [mg/L], salvo diversa indicazione.

Acqua minerale	Residuo fisso [mg/L]	Durezza (°F)
San Benedetto	260	25
Panna	140	11
Sant'Anna	22	2
Rocchetta	180	14
Lete	900	60
Uliveto	780	50
Ferrarelle	1300	100
San Pellegrino	1100	80
Levico	37	8

Residuo fisso e durezza

NOME ACQUA MINERALE	ppm CALCIO [mg/L]	ppm SODIO [mg/L]	ppm MAGNESIO [mg/L]	ppm POTASSIO [mg/L]	ppm NITRATI [mg/L]
Rocchetta	55,85	4,24	4,01	0,29	1,47
Ferrarelle	400	50	23	49	4

San Pellegrino	174	31	49,6	2,4	29
Lete	302	5,3	12,4	1,8	4,7
Sant'Anna	3,3	1,5			0,89
Panna	32,3	7	6,7	0,9	22,4
San Benedetto	49,8	5,9	28,5	0,99	9
Uliveto	171	64	26	7,3	6,4
Levico	9	1,7	1,8	0,6	1,8

Parametri chimici etichetta

CONDUCIBILITA', TEMPERATURA E pH DI ACQUE MINERALI

L'obiettivo è stato analizzare alcune proprietà fondamentali dell'acqua minerale, in particolare conducibilità, temperatura e pH, per confrontare diversi campioni presenti in commercio. Queste grandezze ci hanno permesso di ottenere informazioni importanti sulla composizione chimica dell'acqua: la conducibilità ha indicato la quantità di sali minerali disciolti (ioni); il pH ha fornito indicazioni sul grado di acidità o basicità; la temperatura è risultata utile sia come parametro ambientale sia per correggere e interpretare correttamente gli altri valori misurati. Attraverso il confronto tra diversi campioni, abbiamo evidenziato differenze legate alla provenienza e alla composizione delle acque minerali.

Conducibilità:

Abbiamo versato un campione di acqua minerale in un becher. Successivamente abbiamo immerso il conduttimetro nel campione, attendendo la stabilizzazione del valore, e abbiamo riportato il dato finale. Dopo aver misurato la temperatura, abbiamo individuato il fattore di correzione necessario per riportare la conducibilità a 20 °C e lo abbiamo moltiplicato per la conducibilità misurata.

CONDUCIBILITA' rispetto a CAMPIONE ACQUA

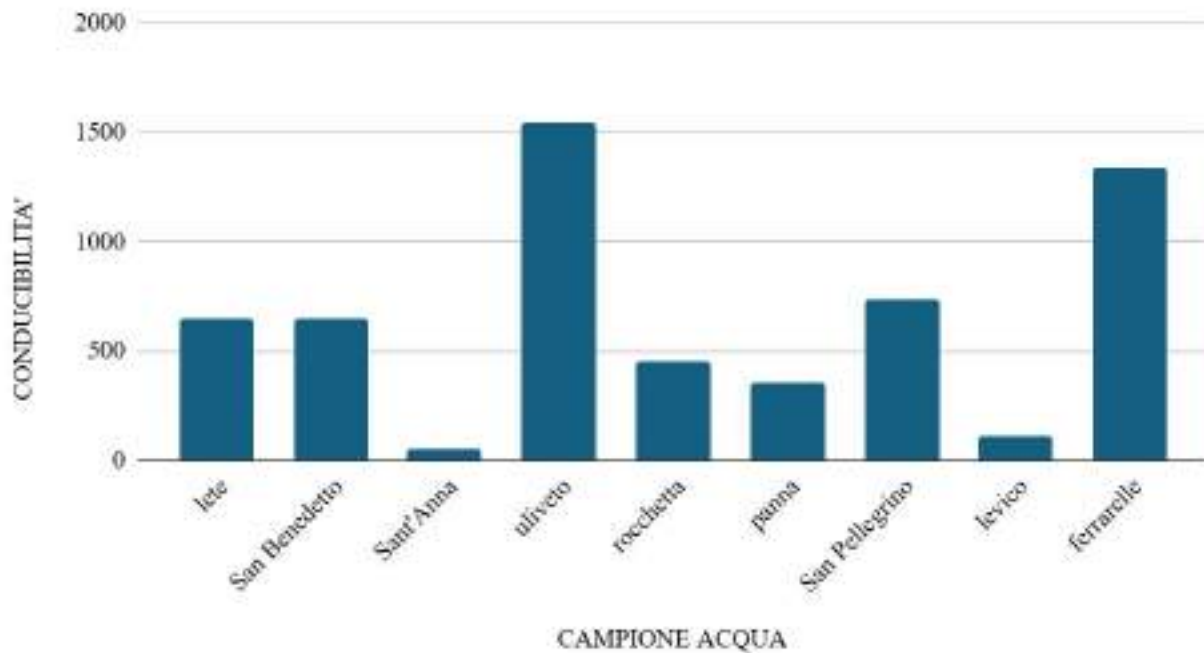


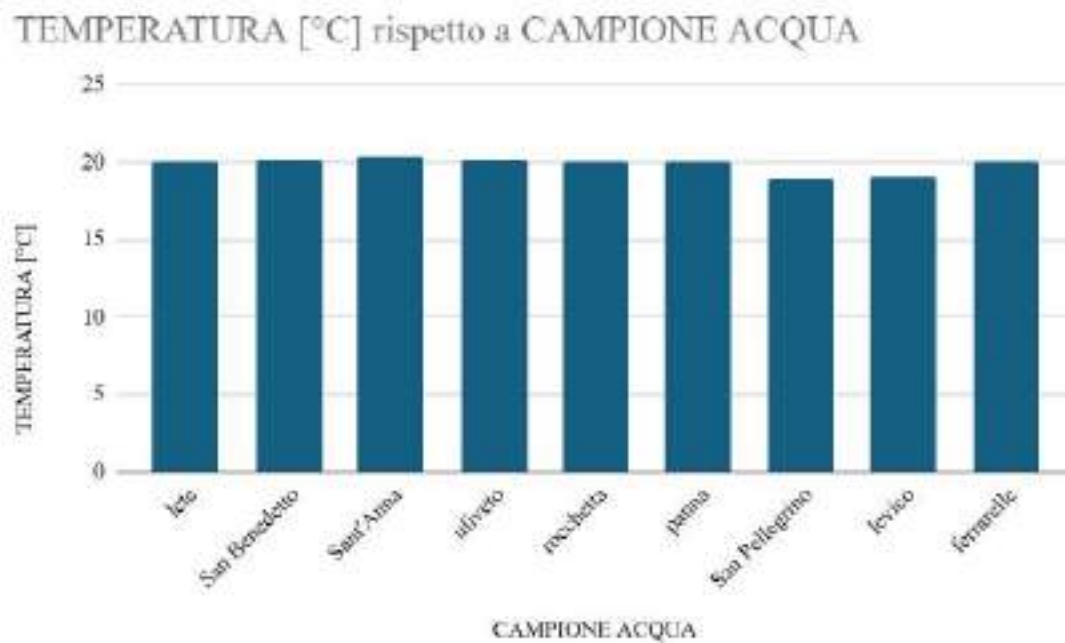
Grafico conducibilità moltiplicata per il fattore di correzione

Osservazioni: Si osservano differenze molto marcate tra i campioni. Alcune acque hanno valori molto elevati a causa della maggiore presenza di sali minerali. Altre presentano valori bassi, quindi sono più povere di ioni disciolti.

TEMPERATURA

Abbiamo versato un campione di acqua minerale in analisi in un becher. Successivamente abbiamo immerso il termometro nel campione, attendendo la stabilizzazione del valore, e abbiamo riportato il dato finale.

Grafico temperatura



Osservazioni: I valori risultano molto simili per tutti i campioni (intorno ai 19–21 °C), quindi non ci sono differenze significative. Questo indica che le misure sono state effettuate in condizioni ambientali simili.

pH

Abbiamo versato un campione di acqua minerale in analisi in un becher. Successivamente abbiamo immerso il pHmetro nel campione, attendendo la stabilizzazione del valore, e abbiamo riportato il dato finale.

pH rispetto a CAMPIONE ACQUA

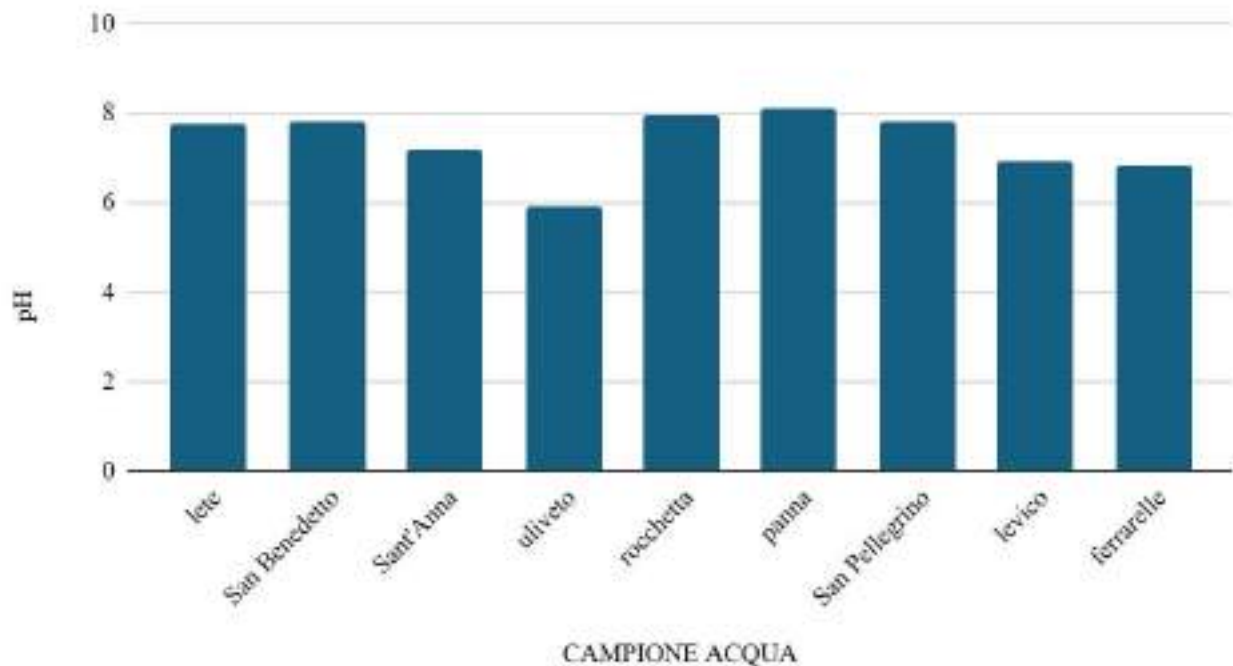


Grafico pH

Osservazioni: I campioni mostrano valori generalmente compresi tra circa 6 e 8.

- Alcune acque sono leggermente acide (pH vicino a 6).
- Altre risultano neutre o debolmente basiche (pH vicino a 7–8).

Le differenze, anche se non enormi, indicano una diversa composizione chimica.

IPOTESI FINALI:

- Le differenze di conducibilità sono dovute alla diversa quantità di sali minerali presenti nelle acque, che dipende dalla provenienza geologica delle sorgenti.
- I valori di pH possono essere influenzati dalla presenza di anidride carbonica disciolta o da specifici minerali (come bicarbonati o solfati).

- Le piccole variazioni di temperatura non hanno influenzato in modo significativo i risultati, ma sono state comunque importanti per correggere correttamente la conducibilità.

CAMPIONE ACQUA	CONDUCIBILITA' [μS/cm]	pH	TEMPERATURA [°C]	CONDUCIBILITA' a 20 gradi [μS/cm]
Lete	650	7,76	20,0	650
San Benedetto	643	7,81	20,1	642
Sant'Anna	54	7,18	20,4	54
Uliveto	1541	5,92	20,1	1539
Rocchetta	455	7,96	20,0	455
Panna	355	8,1	20,0	355
San Pellegrino	715	7,81	18,9	733
Levico	113	6,91	19,0	116
Ferrarelle	1334	6,83	20,0	1334

Valori di conducibilità, pH, temperatura

I valori di pH e conducibilità misurati in ambito scolastico presentano spesso scostamenti rispetto ai dati dichiarati in etichetta (riferiti alla sorgente). Tali variazioni non indicano necessariamente un errore di misura, ma sono il risultato di dinamiche chimico-fisiche legate alla conservazione e all'esposizione del campione.

Il pH dell'acqua minerale è un parametro estremamente dinamico. Il valore più basso riscontrato in laboratorio rispetto alla fonte è riconducibile principalmente all'assorbimento di anidride carbonica (CO₂) atmosferica. Una volta aperta la bottiglia, la CO₂ ambientale si scioglie nell'acqua formando acido carbonico (H₂CO₃), che rilascia ioni idrogeno abbassando il pH.

Sebbene i dati siano stati corretti in base alla temperatura per renderli confrontabili con lo standard di riferimento (solitamente 20°C o 25°C), la conducibilità può risultare inferiore a quella di imbottigliamento. Le cause principali risiedono nei fenomeni di micro-precipitazione: durante lo stoccaggio, alcuni ioni (come il Calcio e il Carbonato) possono aggregarsi in micro-cristalli insolubili, riducendo la concentrazione di ioni liberi responsabili del trasporto di corrente. Infine, la diversa sensibilità tra la strumentazione industriale certificata e i conduttimetri scolastici può generare scostamenti sistematici nella lettura finale.

Calcio, magnesio, sodio, potassio e nitrati

Come descritto in precedenza, per questi parametri abbiamo elaborato le rette di calibrazione e, a partire da esse, abbiamo determinato i valori di concentrazione. Successivamente, tali valori sono stati ricalcolati tenendo conto del fattore di diluizione applicato ai campioni e si sono confrontati con i valori reali.

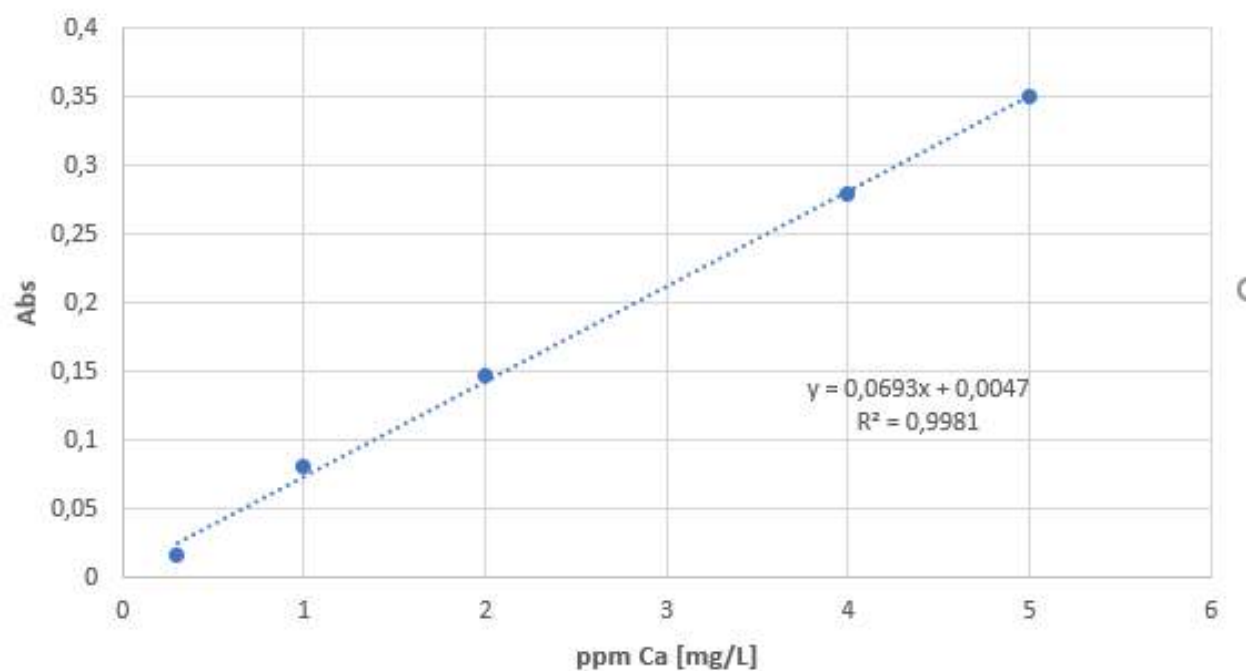
Si riporta l'elaborazione dati effettuata in Excel con i grafici rappresentanti le rette di calibrazione degli strumenti.

Calcio

ppm [mg/L]	Abs (intensità di emissione)
0,3	0,017
1,0	0,081
2,0	0,148
4,0	0,28
5,0	0,35

Tabella raccolta dati per la determinazione della retta di calibrazione

DETERMINAZIONE DEL CALCIO IN ASSORBIMENTO ATOMICO



Retta di calibrazione del CALCIO (concentrazione vs intensità di emissione)

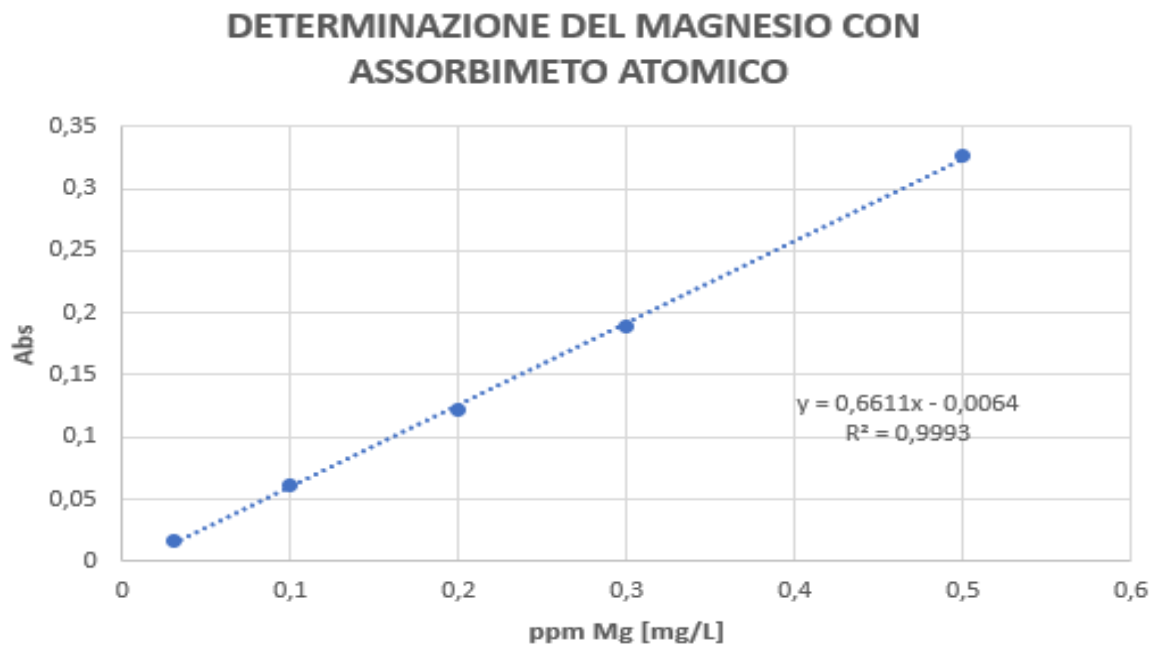
Nome acqua	Abs (intensità di emissione)	ppm Ca diluito [mg/L]	ppm Ca acqua [mg/L]	ppm Ca etichetta [mg/L]
San Pellegrino	0,192	2,69	135	174
Lete	0,206	2,89	289	302
Ferrarelle	0,277	3,91	391	400
Rocchetta	0,200	2,81	56	55,85
Uliveto	0,198	2,78	185	190,1
Panna	0,115	1,59	31	30,2
San Benedetto	0,164	2,29	46	48,2
Levico	0,150	2,09	8	9

Elaborazione dati: determinazione delle concentrazioni mediante retta di calibrazione e correzione per i fattori di diluizione.

Magnesio

ppm [mg/L]	Abs (intensità di emissione)
0,03	0,016
0,10	0,063
0,20	0,127
0,30	0,195
0,50	0,327

Tabella raccolta dati per la determinazione della retta di calibrazione



Retta di calibrazione del MAGNESIO (concentrazione vs intensità di emissione)

Nome acqua	Abs (intensità di emissione)	ppm Mg diluito [mg/L]	ppm Mg acqua [mg/L]	ppm Mg etichetta [mg/L]
Lete	0,160	0,25	13	12,4
Ferrarelle	0,145	0,23	23	23
Rocchetta	0,280	0,43	4	4,01
Uliveto	0,165	0,26	26	26
Panna	0,220	0,34	7	6,7
San Benedetto	0,185	0,29	29	28,5
s. Pellegrino	0,323	0,50	50	49,6
Levico	0,101	0,16	2	1,8

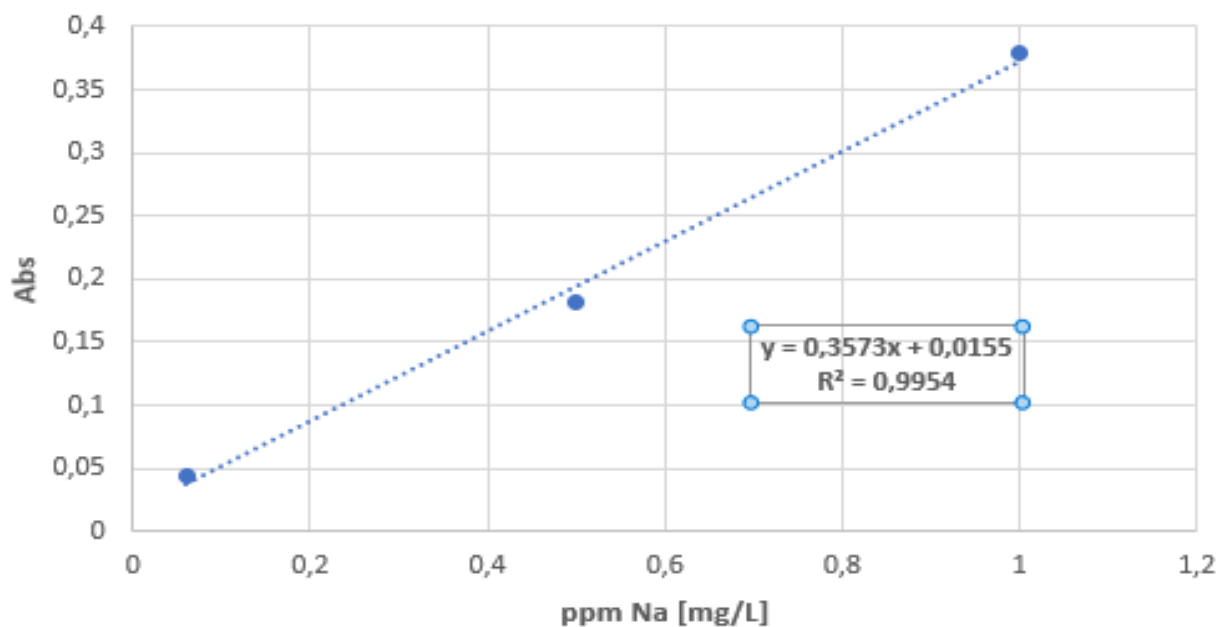
Elaborazione dati: determinazione delle concentrazioni mediante retta di calibrazione e correzione per i fattori di diluizione.

Sodio

ppm [mg/L]	Abs (intensità di emissione)
0,06	0,069
0,05	0,123
1,00	0,212

Tabella raccolta dati per la determinazione della retta di calibrazione

DETERMINAZIONE IN EMISSIONE DEL SODIO



Retta di calibrazione del SODIO (concentrazione vs intensità di emissione)

Nome acqua	Abs (intensità di emissione)	ppm Na diluito [mg/L]	ppm Na acqua [mg/L]	ppm Na etichetta [mg/L]
Lete	0,191	0,49	5	5,3
Ferrarelle	0,175	0,45	45	50
Rocchetta	0,293	0,78	4	4,2
Uliveto	0,222	0,58	58	64
Panna	0,235	0,61	6	7
San Benedetto	0,211	0,55	5	5,9
S. Pellegrino	0,11	0,26	26	31

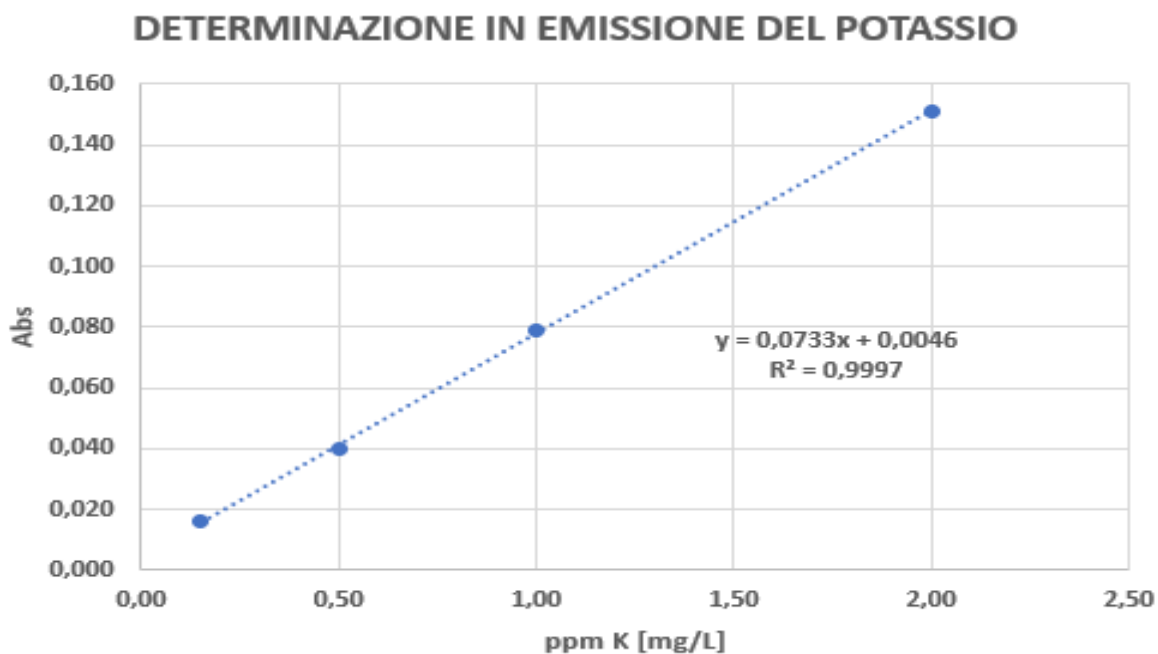
Levico	0,065	0,14	1	1,7
--------	-------	------	---	-----

Elaborazione dati: determinazione delle concentrazioni mediante retta di calibrazione e correzione per i fattori di diluizione.

Potassio

ppm [mg/L]	Abs (intensità di emissione)
0,15	0,016
0,50	0,040
1,00	0,079
2,00	0,151

Tabella raccolta dati per la determinazione della retta di calibrazione



Retta di calibrazione del POTASSIO (concentrazione vs intensità di emissione).

Nome acqua	Abs (intensità di emissione)	ppm K diluito [mg/L]	ppm K acqua [mg/L]	ppm K etichetta [mg/L]
Lete	0,110	1,44	1	1,8
Ferrarelle	0,350	4,71	47	49
Rocchetta	0,023	0,26	0,3	0,3
Uliveto	0,100	1,30	7	7,3
Panna	0,062	0,78	1	0,9
San Benedetto	0,066	0,84	1	0,99
S. Pellegrino	0,087	1,12	2	2,4
Levico	0,038	0,46	0,5	-

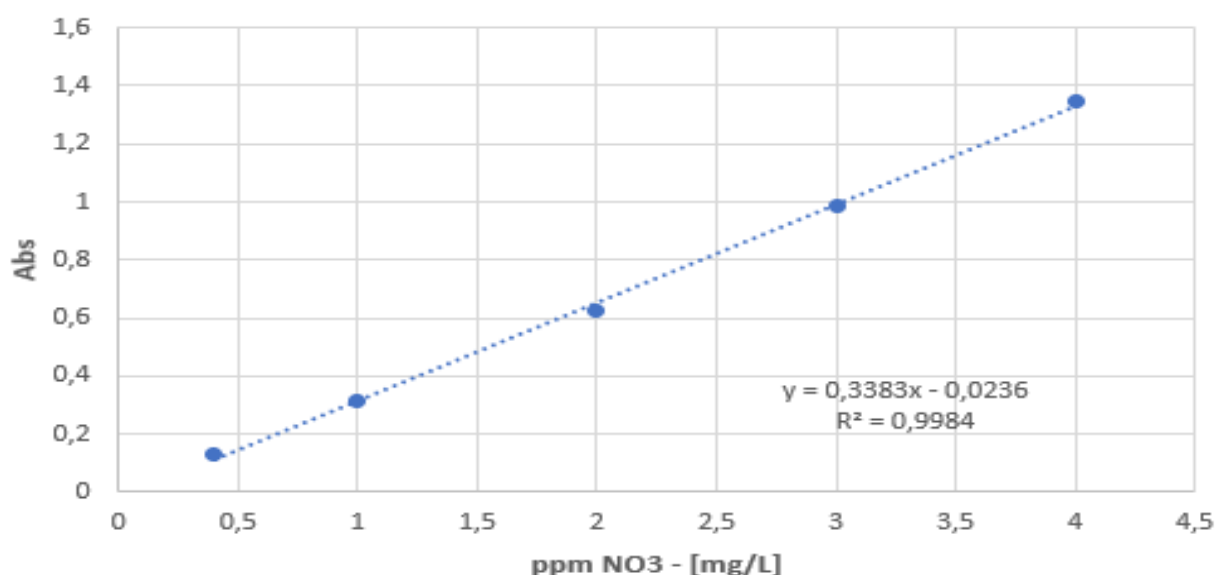
Valori ottenuti di concentrazione vs valori reali moltiplicati per le diluizioni del campione effettuate.

Nitrati

ppm [mg/L]	Abs (intensità di emissione)
0,40	0,1318
1,00	0,3121
2,00	0,6235
3,00	0,9867
4,00	1,3469

Tabella raccolta dati per la determinazione della retta di calibrazione

DETERMINAZIONE SPETTROFOTOMETRICA UV-VIS NITRATI



Concentrazione ottenuta alle diverse assorbanze.

CAMPIONE ACQUA	Abs	ppm N-NO3 [mg/L]	diluizioni campion e	ppm N-NO3 campione[mg/L]	ppm NO3 [mg/L]	ppm NO3 etichetta
Ferrarelle	0,104	0,377	2	0,754	3,3	4
San Benedetto	0,08	0,306	5	1,531	6,8	9
Uliveto	0,107	0,386	4	1,544	6,8	6,4
Rocchetta	0,075	0,291	1	0,291	1,3	1,47
Panna	0,083	0,315	1	0,315	1,4	2,4
S. Pellegrino	0,154	0,525	1	0,525	2,3	2,9
Sant'Anna	0,022	0,135	1	0,135	0,6	0,89
Lete	0,144	0,495	2	0,991	4,4	4,7
Levico	0,263	0,847	1	0,847	3,8	1,3

Elaborazione dati: determinazione delle concentrazioni mediante retta di calibrazione e correzione per i fattori di diluizione.

Osservazioni

Calcio (Ca^{2+}) e magnesio (Mg^{2+}) sono due elementi fondamentali per l'organismo. Il calcio contribuisce alla salute delle ossa e dei denti, mentre il magnesio supporta il corretto funzionamento dei muscoli e del sistema nervoso. Le acque con contenuti elevati di calcio e magnesio forniscono un maggiore apporto di questi minerali e risultano particolarmente indicate per gli anziani, per la prevenzione dell'osteoporosi, e per gli sportivi. Al contrario, acque a bassa durezza risultano più leggere e digeribili, quindi adatte a un consumo quotidiano più delicato.

Il sodio (Na^+) è un elettrolita essenziale che svolge numerose funzioni nell'organismo: contribuisce al mantenimento dell'equilibrio idrico, regola la pressione osmotica delle cellule, favorisce la trasmissione degli impulsi nervosi e supporta la contrazione muscolare. Tuttavia, un eccesso di sodio può risultare dannoso, in particolare per l'apparato cardiovascolare, poiché può contribuire all'aumento della pressione arteriosa. Per questo motivo, acque con basso contenuto di sodio sono consigliate per il consumo quotidiano, soprattutto per bambini, anziani e soggetti ipertesi (generalmente con valori inferiori a 20 mg/L). Al contrario, acque con contenuto medio-alto di sodio possono risultare utili per gli sportivi o per persone che operano in condizioni di elevata sudorazione poiché favoriscono il reintegro dei sali minerali e il mantenimento dell'equilibrio elettrolitico.

Il potassio (K^+) contribuisce alla regolazione dell'equilibrio idrico, alla trasmissione degli impulsi nervosi e alla contrazione muscolare, inclusa quella cardiaca. Un apporto adeguato di potassio è utile per contrastare gli effetti del sodio e per mantenere stabile la pressione arteriosa. In genere, il potassio assunto tramite l'acqua minerale è in quantità ridotte rispetto a quello introdotto con la dieta, ma può comunque contribuire al fabbisogno giornaliero. Le acque con contenuto moderato di potassio sono generalmente considerate adatte a tutti, ma risultano particolarmente indicate per gli sportivi, che attraverso la sudorazione perdono sali minerali. Per

bambini e anziani, invece, è preferibile scegliere acque con contenuti minerali equilibrati e non eccessivamente ricchi di sali, per non sovraccaricare l'organismo, soprattutto in presenza di eventuali problemi renali o cardiovascolari.

I nitrati (NO_3^-) sono composti dell'azoto che possono essere presenti nelle acque a causa di contaminazioni ambientali, ad esempio derivanti da attività agricole. Essi non svolgono alcuna funzione benefica diretta per l'organismo, ma rappresentano un importante indicatore di qualità e sicurezza dell'acqua. È fondamentale che i nitrati siano presenti in quantità molto basse, soprattutto nelle acque destinate ai bambini e ai neonati, per i quali valori elevati possono risultare dannosi. Negli adulti, i nitrati sono tollerati entro i limiti di legge, ma valori ridotti indicano comunque una migliore qualità dell'acqua. In generale, più basso è il contenuto di nitrati, maggiore è la sicurezza del prodotto.

In conclusione, l'attività svolta ha evidenziato come la scelta dell'acqua minerale debba essere effettuata in modo consapevole, considerando non solo il gusto o la pubblicità, ma soprattutto i dati chimici riportati in etichetta. È emerso chiaramente che non esiste un'acqua "migliore" in assoluto, ma un'acqua più adatta alle specifiche esigenze individuali. Questo principio può essere sintetizzato nell'idea che "non esiste un'acqua adatta a tutti, ma un'acqua per ognuno", che rappresenta il risultato principale del nostro percorso di analisi e riflessione.

8. FASE SETTE

Conducibilità e residuo fisso: valutazione della correlazione lineare tra conducibilità elettrica specifica e residuo fisso in acque potabili e minerali: un approccio predittivo.

8.1 Introduzione

La caratterizzazione chimico-fisica delle acque destinate al consumo umano rappresenta un elemento fondamentale per la tutela della salute pubblica, oltre che per il controllo della qualità e della stabilità delle fonti idriche nel tempo. Un monitoraggio accurato consente infatti di individuare tempestivamente eventuali variazioni nella composizione dell'acqua e di garantire il rispetto degli standard normativi.

Come già trattato tra i parametri più significativi per valutare il grado di mineralizzazione di un'acqua figurano la conducibilità elettrica specifica e il residuo fisso a 180°C. Entrambi forniscono informazioni indirette sulla quantità di sali minerali disciolti, tra cui calcio, magnesio, sodio, potassio e bicarbonati, che influenzano sia le caratteristiche organolettiche sia l'impatto fisiologico dell'acqua sull'organismo.

La conducibilità elettrica esprime la capacità di una soluzione di condurre corrente grazie alla presenza di ioni liberi, risultando quindi direttamente proporzionale alla concentrazione ionica totale e si misura in $\mu\text{S}/\text{cm}$. Il residuo fisso, invece, rappresenta la quantità di sostanze solide residue dopo evaporazione dell'acqua a 180°C ed è una misura gravimetrica del contenuto salino complessivo e si misura in mg/L .

Dal punto di vista analitico, il residuo fisso è considerato un parametro altamente accurato ma richiede tempi lunghi e procedure laboriose, come stabilito dalle metodiche ufficiali IRSA-CNR. Al contrario, la conducibilità è facilmente misurabile in tempo reale mediante sensori elettrochimici, rendendola particolarmente adatta per il monitoraggio continuo.

Dal punto di vista normativo, per le acque potabili il D.Lgs. 18/2023 (integrato dal D.Lgs. 102/2025) classifica entrambi i parametri come indicatori, fissando per la conducibilità un valore massimo di 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Per le acque minerali, invece, il D.Lgs. 176/2011 e il D.M. 10 febbraio 2015 ne regolamentano la classificazione principalmente in base al residuo fisso.

8.2 Input (Problematiche analitiche)

Durante le fasi sperimentali, la determinazione gravimetrica del residuo fisso ha evidenziato alcune criticità operative. Sebbene il principio analitico sia semplice e teoricamente robusto, le procedure sperimentali risultano lunghe e richiedono elevata precisione.

In particolare, l'evaporazione in stufa e la preparazione delle capsule comportano tempistiche prolungate che rallentano significativamente l'attività di laboratorio, limitando il numero di campioni analizzabili nell'unità di tempo. Inoltre, il metodo risulta sensibile a errori sistematici legati alla pesata: l'elevato rapporto tra la massa della capsula (tara) e quella del residuo solido può influenzare la precisione della misura, soprattutto per acque a bassa mineralizzazione.

Questi aspetti rendono il metodo meno efficiente in contesti di monitoraggio continuo o ad alta frequenza di campionamento, evidenziando la necessità di parametri alternativi più rapidi ma altrettanto affidabili.

8.3 Obiettivo

L'ipotesi alla base del presente studio è l'esistenza di una correlazione lineare molto forte tra conducibilità elettrica e residuo fisso. In particolare, si suppone che all'aumentare della concentrazione ionica aumentino in modo proporzionale entrambi i parametri.

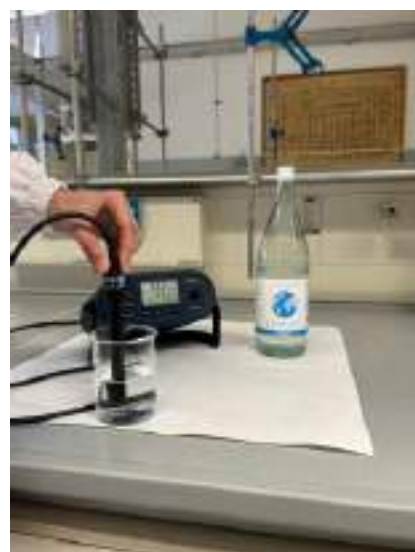
L'obiettivo principale è quindi verificare sperimentalmente tale relazione attraverso l'analisi di grafici a dispersione e regressioni lineari, confrontando i risultati ottenuti per acque potabili e acque minerali.

Se la correlazione risultasse sufficientemente solida, la conducibilità potrebbe essere utilizzata come indicatore predittivo del residuo fisso, consentendo di stimare rapidamente il contenuto salino senza ricorrere a metodi gravimetrici complessi.

Un ulteriore obiettivo è valutare il rapporto tra questi due parametri come indicatore di stabilità della composizione chimica. In acque con composizione costante, come le acque minerali naturali, eventuali deviazioni dalla relazione lineare attesa potrebbero indicare anomalie, contaminazioni o variazioni nella sorgente.



*Misura della massa della capsula con
con bilancia analitica*



*Misura della conducibilità
conduttimetro*

8.4 Materiali e metodi

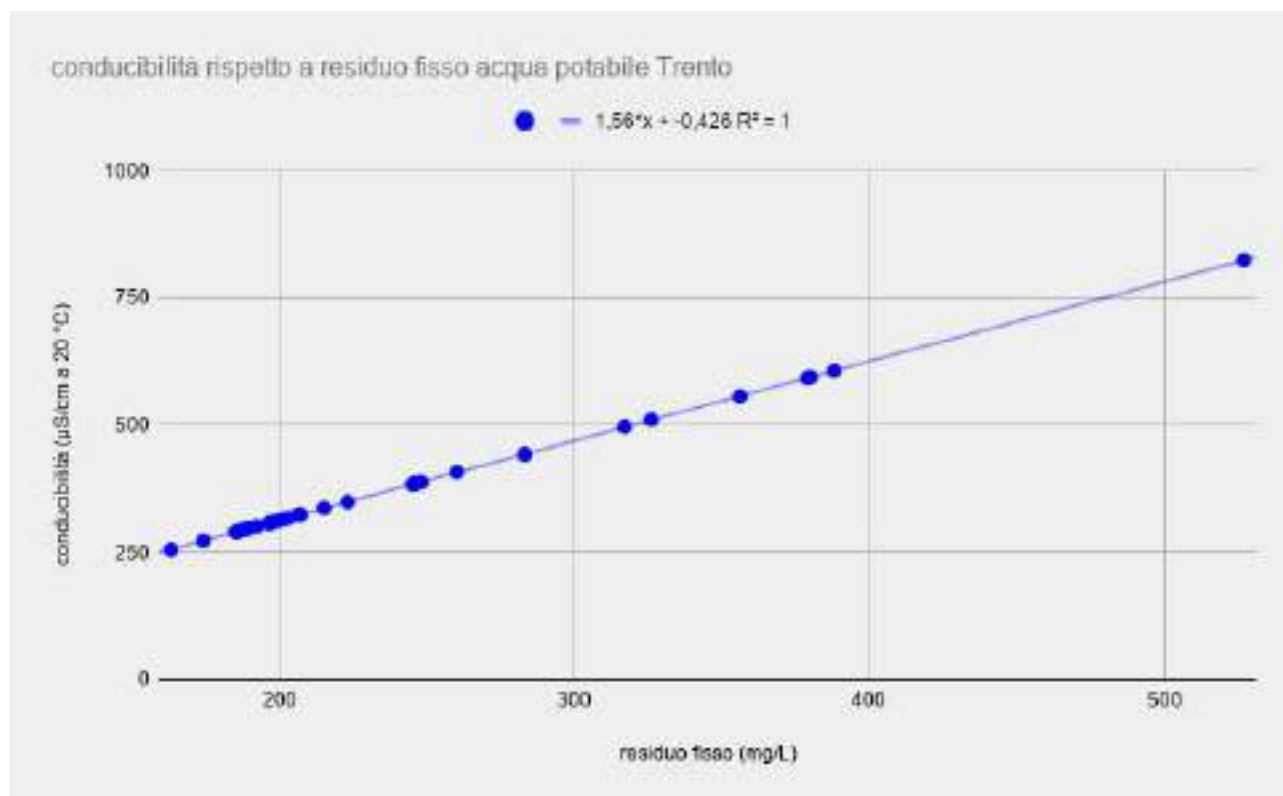
Per la caratterizzazione delle acque potabili, sono stati analizzati i parametri di conducibilità elettrica specifica e residuo fisso a 180°C utilizzando dati provenienti da monitoraggi periodici effettuati da Dolomiti Energia S.p.A., gestore del servizio idrico.

Il dataset comprende circa 40 punti di campionamento distribuiti tra il centro urbano di Trento e le aree suburbane limitrofe, garantendo una buona rappresentatività territoriale. I dati sono stati reperiti da fonti ufficiali pubblicate online.

Per le acque minerali confezionate, invece, i valori di conducibilità e residuo fisso sono stati raccolti direttamente dalle etichette dei prodotti in commercio. Questo approccio consente di confrontare acque di diversa origine geologica e composizione chimica.

L'analisi statistica è stata condotta mediante costruzione di grafici a dispersione e calcolo della retta di regressione lineare, valutando il coefficiente di determinazione (R^2) come indicatore della bontà del modello.

8.5 Risultati

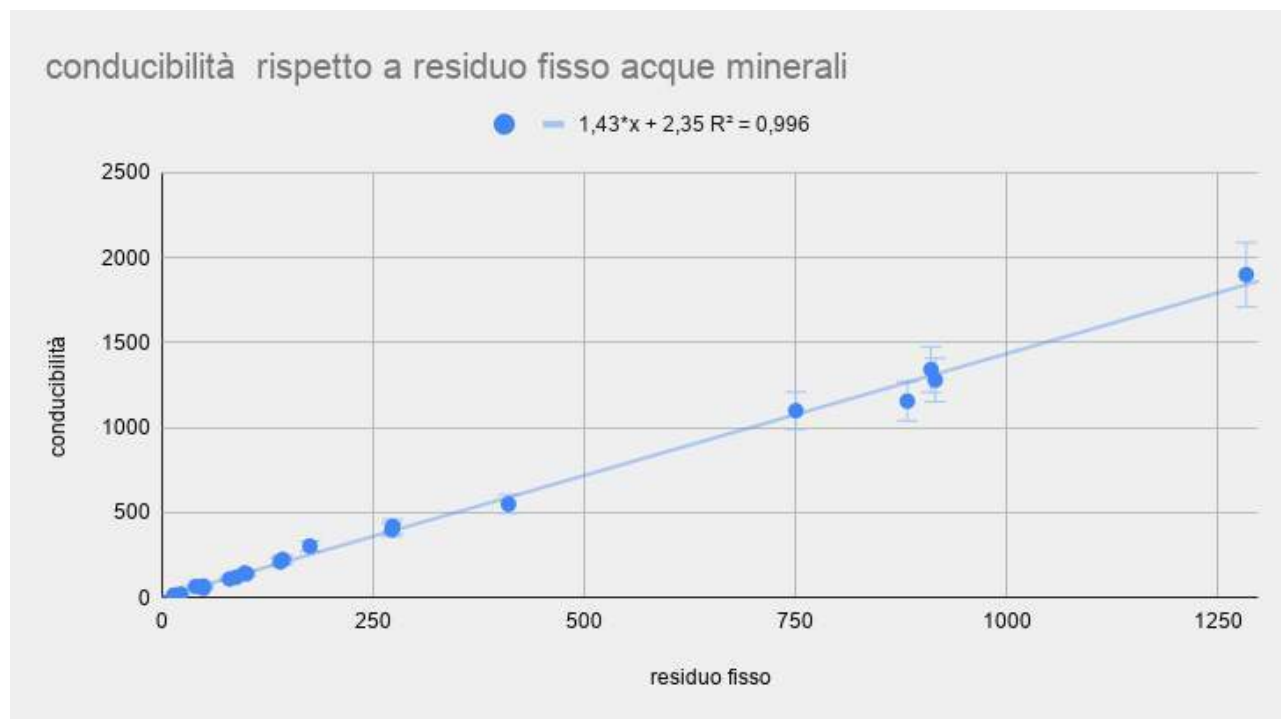


Analisi della correlazione lineare tra conducibilità elettrica specifica ($\mu\text{S/cm}$) e residuo fisso a 180°C (mg/L) per la rete idrica di Trento.

I risultati evidenziano una relazione lineare molto stretta tra i due parametri. L'elevato valore del coefficiente di determinazione (R^2) indica che i dati sperimentali si distribuiscono in modo molto vicino alla retta di regressione, confermando una forte dipendenza lineare.

Questo suggerisce che la conducibilità può essere utilizzata come parametro affidabile per stimare il contenuto di sali minerali nelle acque potabili. Inoltre, la validità del modello, pur basandosi su dati locali, risulta potenzialmente estendibile ad altri sistemi idrici caratterizzati da stabilità compositiva.

Dall'equazione otteniamo: $R_{\text{(residuo fisso) mg/L}} = (C_{\text{(conducibilità) } \mu\text{S/cm}} - 0,426) / 1,56$



Correlazione tra conducibilità e residuo fisso in un set di acque minerali confezionate.

Dall'equazione otteniamo: $R_{\text{(residuo fisso) mg/L}} = (C_{\text{(conducibilità) } \mu\text{S/cm}} - 2,35) / 1,43$

Anche nel caso delle acque minerali, il grafico mostra una chiara correlazione lineare. Nonostante la diversa origine delle sorgenti e le differenti composizioni chimiche, la pendenza della retta rimane relativamente costante.

Questo risultato rafforza l'ipotesi dello studio: la conducibilità rappresenta un indicatore affidabile non solo del contenuto salino, ma anche della stabilità della sorgente. Eventuali scostamenti significativi dalla retta di tendenza possono infatti essere interpretati come segnali di alterazioni nella composizione ionica.

Utilizzando l'equazione, abbiamo ricavato il residuo fisso misurando agevolmente la conducibilità, dell'acqua dell'acqua prelevata da noi il giorno 31 marzo 2026 dalla sorgente Casara di Acqua Levico:

$$R_{\text{(residuo fisso)}} = (C_{\text{(conducibilità)}} - 2,35) / 1,43 = (58,8_{\mu\text{S/cm}} - 2,35) / 1,43 = 39,5 \text{ mg/L}$$

8.6 Legislazione e fonti

Acque potabili (destinate al consumo umano)

- **D.Lgs. 18/2023:** recepisce la Direttiva (UE) 2020/2184 e rappresenta il riferimento normativo principale. Introduce un approccio basato sulla gestione del rischio lungo tutta la filiera idrica.
- **D.Lgs. 102/2025:** decreto correttivo che aggiorna e integra il precedente, rafforzando i sistemi di controllo e monitoraggio.

Acque minerali naturali

- **D.Lgs. 176/2011:** definisce i requisiti per la classificazione delle acque minerali naturali, inclusa l'origine e la stabilità della composizione.
- **D.M. 10 febbraio 2015:** stabilisce i criteri analitici e chimico-fisici per la loro valutazione.

Classificazione in base al residuo fisso:

- Minimamente mineralizzate: < 50 mg/L
- Oligominerali: 50 – 500 mg/L
- Ricche di sali minerali: > 1500 mg/L

Metodi analitici

I metodi IRSA-CNR rappresentano lo standard di riferimento per l'analisi delle acque in Italia.

- **Residuo fisso a 180°C:** metodo gravimetrico che prevede evaporazione controllata del campione e successiva pesata del residuo. Garantisce elevata accuratezza ma richiede tempi lunghi e condizioni operative rigorose.
- **Conducibilità elettrica:** metodo elettrochimico basato sulla misura della capacità della soluzione di trasportare carica elettrica. È rapido, riproducibile e facilmente automatizzabile.

L'integrazione tra questi due approcci, uno diretto e uno indiretto, consente una valutazione completa della qualità dell'acqua.

9. FASE OTTO

Creazione delle brochure

L'obiettivo principale di questo lavoro è stato quello di trasmettere in modo chiaro ed efficace il messaggio chiave del progetto: non esiste un'acqua adatta a tutti, ma esiste un'acqua giusta per ognuno.

Grazie infatti all'attività di analisi e ai successivi approfondimenti tecnico-scientifici sopra esposti siamo riusciti a confluire il lavoro in un vademecum informativo (brochure), volto a orientare il consumatore verso una scelta consapevole delle acque minerali e potabili in base alle specifiche esigenze fisiologiche. Per raggiungere questo scopo, abbiamo unito competenze tecniche e capacità comunicative, trasformando dati scientifici in contenuti accessibili a un pubblico più ampio.

La realizzazione delle brochure è partita da una fase di analisi delle informazioni raccolte durante le attività di laboratorio e lo studio delle etichette delle acque minerali.

Sono stati selezionati i parametri più significativi, come residuo fisso, durezza, sodio, potassio e nitrati, considerati fondamentali per comprendere le caratteristiche delle diverse acque.

Successivamente, i dati sono stati rielaborati in forma semplificata, mantenendo però un linguaggio corretto dal punto di vista scientifico. Un aspetto centrale è stato quello di rendere comprensibili concetti complessi anche a chi non possiede una formazione specifica.

Per questo motivo, sono state utilizzate frasi brevi, schemi riassuntivi e collegamenti diretti tra parametri chimici ed effetti sull'organismo. Le brochure sono state progettate con una struttura chiara, suddivisa in sezioni facilmente leggibili.

Una prima parte introduttiva spiegava l'importanza della scelta consapevole dell'acqua minerale.

Successivamente venivano presentati i principali parametri chimici e il loro significato. Un'altra sezione era dedicata alla classificazione delle acque in base al residuo fisso.

Particolare attenzione è stata posta nel collegare ogni tipologia di acqua ai diversi target: bambini, sportivi e anziani. Questo collegamento ha rappresentato il fulcro del messaggio comunicativo. Abbiamo inoltre inserito esempi concreti di acque minerali analizzate durante il

progetto. In questo modo, il lettore può riconoscere prodotti reali e comprendere meglio le differenze tra le varie tipologie.

Dal punto di vista grafico, le brochure sono state curate per risultare accattivanti e intuitive.

Sono stati utilizzati colori diversi per distinguere le categorie di acque. Sono state inserite icone e simboli per rappresentare i diversi target di riferimento. L'organizzazione visiva ha avuto un ruolo fondamentale nel facilitare la comprensione dei contenuti.

È stata sottolineata l'importanza di una comunicazione semplice ma rigorosa: abbiamo imparato a selezionare le informazioni essenziali evitando sovraccarichi informativi. È stato inoltre evidenziato il valore rilevante delle immagini e delle infografiche nella divulgazione scientifica.

Durante la realizzazione, abbiamo lavorato in gruppi, suddividendo i compiti tra ricerca, scrittura e progettazione grafica.

Questo ha favorito il lavoro di squadra e la collaborazione. Ogni gruppo ha contribuito alla costruzione del prodotto finale. Le bozze delle brochure sono state successivamente condivise con Levico Acque. In particolare, la Responsabile Qualità ha fornito feedback utili per migliorare la precisione dei contenuti. Sono state apportate correzioni per garantire coerenza tra dati scientifici e messaggio divulgativo. Questa fase di revisione ha permesso di aumentare l'affidabilità del lavoro svolto e dell'importanza della verifica e della validazione delle informazioni.

Le brochure finali rappresentano quindi il risultato di un processo articolato e collaborativo.

Esse non sono solo un prodotto grafico, ma uno strumento di educazione scientifica.

Attraverso questo lavoro, è stato possibile sensibilizzare sul tema della scelta consapevole dell'acqua. È emerso chiaramente che ogni acqua ha caratteristiche specifiche. La scelta deve quindi basarsi sulle esigenze individuali e non su criteri generici. Il messaggio principale è stato comunicato in modo diretto ed efficace. Le brochure sono state pensate per essere utilizzate anche in contesti educativi e divulgativi. Possono infatti essere condivise con altri studenti o con il pubblico.

L'attività ha permesso di sviluppare competenze trasversali importanti. In particolare, abbiamo avuto un primo approccio nell'affrontare la competenza di comunicare contenuti scientifici. Abbiamo acquisito maggiore consapevolezza critica nella lettura delle etichette inoltre l'intero

progetto ha dimostrato come la collaborazione tra scuola e azienda possa arricchire il percorso formativo e le conoscenze per entrambi gli attori.

Levico Acque ha fornito un supporto concreto e professionale. Questo ha reso l'esperienza più vicina alla realtà lavorativa attraverso un approccio pratico e multidisciplinare. La realizzazione delle brochure ha rappresentato la sintesi di tutte le attività svolte. In conclusione, questo lavoro ha rafforzato il messaggio che non esiste un'acqua migliore in assoluto. Esiste invece un'acqua più adatta alle esigenze di ciascun individuo. Proprio questo concetto ha guidato l'intero progetto fino alla realizzazione delle brochure.



Studenti impegnati nella realizzazione delle brochure



LEVICO
 THE HUMAN POSITIVE WATER



L'ACQUA È LA MIA SUPER AMICA !



Ciao, io sono Gocciolina e ti accompagnerò a scoprire l'importanza di bere l'acqua





SONO UN VERO ALIMENTO



Con me ti nutri e così giochi meglio, cresci sano e ti senti forte



PERCHÈ SONO IMPORTANTE



L'acqua è come un supereroe silenzioso, aiuta il nostro corpo a vivere, crescere, avere energia e stare bene





Brochure bambini



IDRATAZIONE = PERFORMANCE

Bere correttamente non serve solo a dissetarsi, ma a mantenere forza, concentrazione e continuità durante l'attività sportiva



PROFILO IDEALE DELL'ACQUA

Acqua fresca con residuo fisso medio (800-1200 mg/L), ricca di bicarbonati (>600 mg/L) e con sodio moderato: aiuta idratazione, performance e recupero durante l'allenamento.

PRESTAZIONI SOTTO CONTROLLO

Anche una lieve disidratazione incide sui risultati:

- 2% disidratazione → fino al 10% di calo delle prestazioni (*coordinazione, forza, reattività*)
- 5% disidratazione → fino al 30% di calo (*frequenza cardiaca, crampi, affaticamento*)

L'ACQUA PIÙ ADATTA ALLO SPORTIVO?

Un'acqua medio-minerale con un **residuo fisso 500-1500 mg/L** aiuta a reintegrare i sali persi con il sudore, contrastare la fatica e favorire il recupero.



SEMPLICE STRATEGIA DI IDRATAZIONE

Prima:

300-500 ml nelle 2 ore prima dell'attività

Durante:

<1h: 150-250 ml ogni 15-20 min
>1h / sudorazione elevata: acqua con sodio (300-500 mg/L)

Dopo:

1,2-1,5 L per ogni kg perso

COS'È IL RESIDUO FISSO?

Il **residuo fisso** è la quantità di sali minerali disciolti in un litro d'acqua (mg/L), misurata dopo evaporazione a 180°C.

Indica il grado di mineralizzazione:
valori bassi = acqua più leggera
valori alti = acqua più ricca di minerali

ELETTROLITI CHE FANNO DIFFERENZA

Gli elettroliti supportano muscoli ed energia:



Sodio → equilibrio dei liquidi



Potassio → contrazione muscolare, meno stanchezza



Magnesio → meno crampi e affaticamento



Calcio → ossa e funzione neuromuscolare



L'ACQUA È LA TUA LINFA VITALE

Idrata la tua voglia di fare

Idratarsi ogni giorno aiuta a mantenere energia, lucidità mentale e benessere generale.

Bere regolarmente protegge ossa, cuore e digestione: un gesto semplice per vivere meglio.



DIGESTIONE E REGOLARITÀ

Le acque bicarbonatate e magnesiate:
favoriscono la digestione
contrastano pesantezza e acidità
aiutano la regolarità intestinale
Molto utili in caso di digestione lenta
o stipsi.



CUORE E PRESSIONE

Magnesio e potassio
sostengono:
funzione muscolare e
cardiaca
equilibrio della pressione
riduzione dell'affaticamento
Preferisci acque povere di
sodio



IL RESIDUO FISSO

la carta d'identità di un'acqua

Conoscere questo valore è fondamentale per scegliere l'acqua più adatta alla propria salute



Acqua Minimamente Mineralizzata
(residuo fisso inferiore a 50 mg/L)

Stimola molto la diuresi ed è indicata per chi deve seguire diete poverissime di sodio.

Acqua Oligominerale
(residuo fisso tra 50 e 500 mg/L)

È l'acqua da tavola ideale. Aiuta i reni e previene la formazione di calcoli

Acqua Medio-minerale
(residuo fisso tra 500 e 1500 mg/L)

Utile per integrare Calcio (per le ossa) e Magnesio (per il cuore e l'intestino)

OSSA FORTI

Scegli acque ricche di calcio: supportano la densità ossea aiutano nella prevenzione dell'osteoporosi apportano calcio senza grassi

Indicazione chiave: calcio elevato (>300 mg/L)



PROFILO IDEALE DELL'ACQUA

"Non c'è un'acqua giusta per tutti, ma c'è un'acqua giusta per te"

- Residuo fisso: 500-800 mg/L
- Calcio: >300 mg/L (ossa)
- Sodio: <10 mg/L (pressione)
- Bicarbonati: >600 mg/L (digestione)
- Magnesio: >50 mg/L (sistema nervoso)
- pH leggermente alcalino (~7,5)

L'attività si è conclusa con un momento di confronto tra le due classi, durante il quale sono stati discussi i risultati ottenuti e condivise le diverse esperienze maturate nel corso del progetto. Questo scambio finale ha permesso di riflettere in modo critico sul lavoro svolto, mettendo in evidenza sia gli aspetti positivi sia le eventuali difficoltà incontrate durante le attività pratiche e organizzative.

L'esperienza è risultata particolarmente significativa perché ha consentito di applicare concretamente le conoscenze teoriche acquisite in laboratorio, lavorando in un contesto reale e in collaborazione con un'azienda del settore idrico. Inoltre, oltre all'approfondimento delle tecniche di analisi chimica dell'acqua, è stato possibile sviluppare competenze trasversali legate alla gestione dei dati, alla documentazione delle attività e alla comunicazione dei risultati in un contesto professionale.

La collaborazione con Sebastiano di Levico Acque ha contribuito in modo determinante a far comprendere l'importanza dell'integrazione tra competenze tecniche, capacità comunicative e gestione della qualità. In particolare, è stato evidenziato come il lavoro di squadra, la precisione operativa e la corretta tracciabilità dei dati rappresentino elementi fondamentali in qualsiasi attività di analisi e controllo. Questa esperienza ha quindi rafforzato il senso di responsabilità individuale e collettiva, oltre a migliorare la capacità di collaborazione all'interno del gruppo.

10. FASE NOVE

Conclusioni

Il progetto TU SEI e il relativo percorso che ha portato alla realizzazione di questo report e alla stesura delle tre brochure informative sulle caratteristiche delle acque minerali e potabili, rappresenta per noi studenti dell'indirizzo chimico, sanitario e ambientale molto più di un semplice elaborato scolastico. È stato il risultato concreto di una cospicua sinergia tra la nostra scuola e l'azienda Levico Acque. Un dialogo tra formazione e mondo produttivo che ci ha permesso di toccare con mano la complessità e la bellezza del nostro indirizzo di studi.

Portiamo a casa la consapevolezza che il nostro indirizzo non forma solo tecnici, ma cittadini capaci di collegare sapere scientifico, salute pubblica e sostenibilità. L'entusiasmo con cui abbiamo affrontato ogni fase del lavoro testimonia quanto sia fondamentale, per noi studenti, uscire dall'aula e misurarci con progetti reali. Questo progetto ci ha fatto apprezzare e valorizzare l'importanza della trasversalità formativa nell'approccio allo studio di una tematica nuova: abbiamo messo in pratica nozioni di chimica analitica, microbiologia, normativa sanitaria e tutela ambientale, integrandole con competenze comunicative e grafiche necessarie per rendere l'informazione accessibile a tutti.

Ringraziamo Levico Acque e i nostri docenti per averci dato questa opportunità: un'esperienza che ha dato sapore nuovo al nostro percorso e ci ha fatto sentire, per la prima volta, davvero parte attiva del mondo professionale che ci aspetta.

Di seguito alcune considerazioni finali personali:

Veronica

Questo progetto svolto in collaborazione con Acqua Levico ha avuto per me un grande valore formativo, perché mi ha permesso di applicare concretamente le conoscenze teoriche apprese a scuola. Analizzare acque minerali e potabili del territorio di Trento mi ha fatto comprendere quanto sia importante il controllo della qualità dell'acqua, un elemento fondamentale per la salute e la vita quotidiana. Ho anche capito meglio come funziona il lavoro in laboratorio e quanto siano importanti precisione, metodo e collaborazione.

Questo progetto può trasmettere l'importanza della tutela dell'ambiente e delle risorse idriche,

oltre alla consapevolezza di ciò che consumiamo ogni giorno. È rivolto principalmente agli studenti, per avvicinarli al mondo del lavoro, ma anche ai cittadini, perché li sensibilizza sulla qualità dell'acqua e sui controlli necessari per garantirla. Inoltre, mostra come la collaborazione tra scuola e azienda possa essere utile per sviluppare competenze pratiche e orientare le scelte future.

Durante questa esperienza ho interiorizzato valori come la responsabilità, la precisione e il lavoro di squadra. Collaborare con un'azienda reale mi ha fatto sentire più coinvolta e motivata, facendomi percepire l'importanza di ciò che stavo facendo. Ho provato soddisfazione nel vedere risultati concreti e maggiore fiducia nelle mie capacità. Inoltre, ho sviluppato curiosità verso il mondo professionale e una maggiore consapevolezza del legame tra studio e lavoro.

Diaa

Questo progetto mi ha aiutato a capire meglio il settore in cui potrei lavorare dopo aver concluso gli studi. ho avuto anche l'opportunità di approfondire il funzionamento di un'azienda e di mettere alla prova le mie competenze pratiche in laboratorio. Questo progetto mi ha aiutato a capire meglio il settore in cui potrei lavorare dopo aver concluso gli studi. Ho avuto anche l'opportunità di approfondire il funzionamento di un'azienda e di mettere alla prova le mie competenze pratiche in laboratorio, collaborando attivamente con i miei compagni.

Ritengo che questo progetto sia pensato principalmente per noi studenti, con l'obiettivo di avvicinarci alle realtà aziendali presenti nel nostro territorio e legate al nostro percorso di studi. Trasmette l'importanza di continuare a imparare anche al di fuori dell'ambiente scolastico, evidenziando come impegno e curiosità possano portare soddisfazione anche nel mondo del lavoro.

Sicuramente ho compreso meglio il valore del lavoro di squadra in un contesto lavorativo. Durante il progetto ho spesso collaborato con i miei compagni, capendo quanto sia importante unire le diverse competenze per raggiungere un obiettivo comune in modo più efficace.

Questo progetto mi ha permesso di mettermi alla prova in un contesto che richiede precisione, rispetto delle scadenze e collaborazione. È stata un'esperienza utile anche per sviluppare un

maggiore senso di responsabilità. Il risultato finale, ben riuscito, mi ha dato soddisfazione e rappresenta una prova concreta dell'impegno che abbiamo messo come gruppo classe.

Giorgia

All'inizio ero un po' in ansia perché non sapevo cosa aspettarmi dai tutor di Acqua Levico, ma poi mi sono sentito fiero quando ho visto che ascoltavano davvero le nostre idee e le apprezzavano. Questo mi ha fatto sentire più sicura di me.

Per me questa esperienza è stata molto bella e stimolante, nonostante l'impegno richiesto. Rappresenta il ponte necessario tra quello che studiamo sui libri e come funziona davvero il mondo del lavoro. Analizzare da vicino realtà importanti come Acqua Levico mi ha fatto capire che la teoria serve, ma la pratica è ciò che permette di leggere i bisogni reali di un'azienda.

Questo progetto trasmette un messaggio di apertura: dimostra che la scuola non è un mondo a parte, ma può collaborare con il territorio. Si rivolge a noi studenti per farci capire che l'apprendimento continua anche fuori dalla classe attraverso lo scambio con i professionisti. Ho imparato il valore della precisione e della puntualità: in azienda, un piccolo errore può avere conseguenze su tutto il team.

Elia

Questa esperienza ha rappresentato molto più di una semplice attività scolastica; è stata un'occasione di maturazione individuale e professionale. Il progetto è stato l'anello di congiunzione tra le nozioni teoriche apprese sui libri e la loro applicazione pratica in un contesto aziendale reale. Ho compreso che la conoscenza accademica acquista valore solo quando diventa uno strumento per risolvere problemi concreti.

Abbiamo dimostrato che l'istruzione non è un processo statico che termina in classe, ma un dialogo costante e dinamico con il mondo dei professionisti.

Il percorso mi ha permesso di fare miei alcuni "pilastri" etici fondamentali per ogni ambiente lavorativo. Precisione e responsabilità collettiva. Ho maturato la consapevolezza che l'accuratezza del singolo è un tassello fondamentale per l'efficacia del gruppo, ogni contributo individuale ha un impatto diretto sulla qualità del risultato finale collettivo. La puntualità e l'attenzione ai dettagli non sono più solo regole scolastiche, ma necessità operative. Il successo

finale è stato il frutto di un reale gioco di squadra. Ho imparato a valorizzare le opinioni altrui e a integrare competenze differenti per raggiungere un obiettivo comune.

Il contatto diretto con la realtà aziendale ha generato un forte impatto emotivo e un significativo senso di realizzazione. L'aver trasformato un'intuizione nata tra i banchi di scuola in un progetto concreto è stata per me la fonte di gratificazione più grande.

Fonti

Normativa e legislazione

- D.Lgs. 18/2023 – Qualità delle acque destinate al consumo umano, recepimento Direttiva UE 2020/2184
- D.Lgs. 30/2009 – Attuazione italiana della Direttiva 2006/118/CE sulle acque sotterranee
- D.Lgs. 152/2006 (Testo Unico Ambientale) – Gestione risorse idriche, scarichi, zone di salvaguardia, corpi idrici
- D.Lgs. 176/2011 – Attuazione Direttiva 2009/54/CE su acque minerali naturali
- D.M. 6 luglio 2012 e successivi (es. DM FER 1) – Incentivi produzione energia elettrica da fonti rinnovabili
- D.M. 10 febbraio 2015 – Criteri di valutazione delle caratteristiche delle acque minerali naturali
- D.M. 10 febbraio 2026 – Criteri tecnici per perimetrazione aree di salvaguardia sorgenti
- D.M. 131/2008 – Criteri tecnici per tipizzazione corpi idrici
- Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro sulle Acque)
- Direttiva 2006/118/CE – Protezione acque sotterranee
- Direttiva 2007/2/CE (INSPIRE) – Interoperabilità dati geografici e geologici
- Direttiva 2007/60/CE (Direttiva Alluvioni) – Mappatura zone a rischio idraulico
- Direttiva 80/777/CEE – Acque minerali naturali
- Direttiva 91/271/CEE e revisione UWWTD 2024 – Acque reflue urbane
- R.D. 1775/1933 (Testo Unico sulle acque e impianti elettrici)
- Regolamento (UE) 2020/741 e aggiornamenti 2024 – Riutilizzo acque reflue urbane in agricoltura

Siti web e portali istituzionali

- Agenda 2030 – Obiettivo 6 (documentazione ufficiale ONU)
- ARERA (Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente)
- EEA (Agenzia Europea dell'Ambiente) – Sezioni Water Resources e Water Quality
- Federidroelettrica

- GSE (Gestore Servizi Energetici)
- In a Bottle (magazine specializzato)
- ISPRA – Portale Geologico d'Italia (Servizio Geologico)
- ISPRA – Rapporti qualità e risorse idriche, linee guida monitoraggio acque superficiali e sotterranee
- ISPRA – SINTAI
- ISS Portale Acque
- Legambiente – Osservatorio Città Clima 2024
- Mineracqua (Federazione Italiana Industrie Acque Minerali)
- Ministero della Salute – Acque Minerali
- ONU Italia – SDG 6
- Parlamento Europeo – Politica Idrica
- RSE (Ricerca sul Sistema Energetico)

Altro (dispense, manuali, ricerche)

- Agricoltura 4.0 e Irrigazione – Ricerche accademiche su sensori IoT e irrigazione di precisione
- Geologia Applicata – Dispense universitarie sul ciclo idrogeologico
- Manuale di chimica ambientale e tecnologie di monitoraggio (testo scientifico)
- Norme CEI (CEI 0-16, CEI 0-21) – Regole tecniche connessione impianti alla rete elettrica

ALLEGATI

N.1 Progetto d'Istituto