

**DGR 1800 del 15 dicembre 2021**

**2° PERIODO DI PROGETTO –RELAZIONE FINALE PROGETTO INERTEX**

**WP 3**

**TITOLO DELIVERABLE**

**D12\_bis** - Report contenente i risultati della sperimentazione relativa alla inertizzazione dei residui di trattamento di rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche e descrizione del sistema prototipale strumentale di raccolta reflui funzionale alle attività di ricerca.

**CONTENUTI**

1. Obiettivi iniziali
2. Metodologia adottata
3. Risultati ottenuti
4. Ruoli e attività svolta dai partner
5. Allegati tecnici

**1. Obiettivi iniziali**

Il presente lavoro è stato svolto allo scopo di valutare la capacità adsorbente verso i metalli pesanti, presenti nelle acque di trattamento dei RAEE, di granulati (foto 1) composti da una malta idraulica a sua volta costituita da terre da fonderia esauste, provenienti dall'azienda Fonderia Zardo Spa, costituenti l'aggregato e da leganti capaci di sviluppare fasi idrate dotate di capacità adsorbenti.

La granulazione di queste malte idrauliche è stata eseguita, mediante l'utilizzo di un piatto granulatore (foto 2). Durante la granulazione è stato aggiunto alla miscela un additivo superfluidificante (ECO 1/B) al 2% in peso sul legante. La scelta dei leganti è stata effettuata durante uno studio preliminare nel quale sono state definite le loro composizioni.

**2. Metodologia adottata**

Nel secondo periodo è stato eseguito lo studio su altri campioni di liquido contenenti maggiori e diversi tipi di metalli al fine di valutare l'efficacia dei granulati su altri elementi, nonché ulteriori studi hanno riguardato le prove di adsorbimento per studiare la saturazione dei granulati, andando a valutare quanto volume di liquido può trattare una certa massa di granulato e quindi quanto tempo una "carica" può essere utilizzata prima di doverla sostituire. Si è infine condotto uno studio di fattibilità sulla rigenerazione del granulato filtrante, allo scopo di recuperare metalli pregiati e poterlo nuovamente reimpiegare nel ciclo di filtrazione.

La sperimentazione è stata impostata cercando di simulare le condizioni in cui i granulati adsorbenti potrebbero venire utilizzati, ossia come un letto attraversato da acque reflue contaminate: si è quindi posizionato un contenitore forato contenente i granuli all'interno di un recipiente, che a sua volta contiene l'acqua contaminata, in modo che essa possa essere in costante contatto con i granuli.

Il recipiente con all'interno l'acqua è stato posizionato su di un agitatore magnetico, il quale è stato impostato ad una velocità di rotazione di 800 giri/min, mentre un'ancora magnetica è stata posizionata sul fondo del suddetto, in modo da poter mettere e mantenere in movimento l'acqua per la durata di tutte le prove.

Durante le prove sono state analizzate due diversi tipi di acque contaminate, una di carattere acido proveniente da uno stabilimento che realizza cromature e l'altra di tipo alcalino, proveniente da un'azienda che produce zincature. Si è operato con un rapporto volumetrico liquido/solido pari a circa 8, utilizzando per ogni prova 3 litri di acqua da trattare e 750 gr di granulato, avente una densità di circa 2 gr/cm<sup>3</sup>.

Le prove sulle due tipologie di acque sono state realizzate utilizzando, per ognuna, 4 granulati di diversa composizione, mostrate nel successivo paragrafo. Per verificare l'efficacia dei granuli ad ogni prova sono stati quindi campionati e fatti analizzare circa 20 ml di liquido a cadenza di 1h, 2h, 4h e 24h, permettendo così di analizzare l'andamento nel tempo dell'eventuale adsorbimento degli elementi presenti, in particolare dei metalli pesanti. Ad ogni campionatura sono stati inoltre misurati pH e conducibilità elettrica (foto 3), in modo da poterli confrontare ed incrociare con gli andamenti della concentrazione di metalli in soluzione.

In seguito sono state eseguite le analisi in diffrazione da polveri (XRPD) nei laboratori CIRCe del Dipartimento di Geoscienze per individuare i minerali che si sono formati durante la presa del legante (tabella 3).

Per le prove a compressione è stata utilizzata una pressa Controls 70-T1182 e per ogni miscela sono stati preparati 3 provini per migliorare la statistica della misura. I risultati sono riportati in tabella 5.

### 3. Risultati ottenuti

È stata confermata l'efficacia adsorbente del granulato filtrante su acque contaminate di diversa natura, in particolare si conferma l'effigia nei confronti dei metalli pesanti, rimane oggetto di successivo approfondimento l'efficacia su contaminanti di natura organica.

I test di valutazione della capacità filtrante nel tempo ha dimostrato una perdita progressiva delle prestazioni a partire da un volume trattato di 5000 m<sup>3</sup> di refluo trattato, inizialmente con una riduzione del 10% e progressivamente fino a perdere il 70% della capacità filtrante a 10000 m<sup>3</sup>.

Lo studio di fattibilità sulla rigenerazione del granulato filtrante, allo scopo di recuperare metalli pregiati e poterlo nuovamente reimpiegare nel ciclo di filtrazione, conferma la duplice possibilità di rigenerazione e recupero: ovvero sia per trattamento idrometallurgico che per trattamento pirometallurgico. Dovranno essere approfondite le tecnologie di processo più idonee al fine di garantire la sostenibilità economica del processo di rigenerazione.

Per rendere operativo lo sfruttamento commerciale della soluzione sviluppata si è analizzato un possibile mercato target:

- settore delle costruzioni: il mercato edile offre ampie possibilità di applicazione, come la realizzazione di rilevati stradali e ferroviari, sottofondi stradali, argini e dighe.
- settore ambientale: la tecnologia è ideale per bonificare terreni contaminati e riutilizzarli in diversi contesti.
- settore minerario: il riempimento di vuoti di miniera è un'applicazione promettente per questa tecnologia, considerando i requisiti di stabilità e le normative ambientali.

In relazione ai possibili vantaggi competitivi, si può affermare che la tecnologia è interessante in quanto consente di recuperare e riutilizzare materiali di scarto, riducendo il conferimento in discarica e l'impatto ambientale. I costi di trattamento sono generalmente inferiori rispetto alle tecniche tradizionali di bonifica, come lo scavo e il conferimento in discarica. I tempi di intervento sono ridotti, consentendo di completare i progetti in modo efficiente. Infine, la tecnologia si adatta a diverse tipologie di terreno e di inquinanti.

In una logica di sviluppo di un portafoglio servizi, si può immaginare di offrire servizi di analisi del terreno, valutazione dei rischi e progettazione del trattamento di stabilizzazione. Inoltre è possibile collaborare con produttori di aggregati porosi e leganti idraulici per garantire la fornitura dei materiali necessari.

È fondamentale disporre di personale qualificato e attrezzature specifiche per l'esecuzione dei lavori di stabilizzazione, anche al fine di offrire servizi di monitoraggio del sito nel tempo per verificare l'efficacia del trattamento.

Nei grafici allegati sono riportati i risultati delle prove di calorimetria, da cui si può dedurre che:

- al rapporto magnesite/gesso di 2 all'aumentare della quantità di loppa, si riduce il primo picco (picco di presa rapida) e si accelera il secondo (picco di idratazione della loppa di altoforno). Il secondo picco con 25% di loppa arriva a 36h e con il 55% di loppa arriva a 6h
- al rapporto magnesite/gesso di 1 per le formulazioni con 20% e 40% di loppa il secondo picco è rispettivamente a 32h e 6h, mentre per quella con 80% di loppa i due picchi sono confusi
- la quantità di gesso non va a modificare praticamente nulla, è invece importante la quantità di loppa nella formulazione

Sulla base della formazione di fasi idrate, la formulazione migliore come capacità di adsorbimento di metalli pesanti risulta essere la numero 1 in quanto è presente idrotalcite ( $Mg_6Al_2(CO_3)OH_{16} \cdot 4H_2O$ ) ed una percentuale elevata di ettringite ( $Ca_6Al_2(SO_4)_3(OH)_{12} \cdot 26H_2O$ ), che hanno entrambe un elevato potere assorbente.

Si può notare c'è una notevole differenza delle resistenze meccaniche in base alla quantità di loppa nella miscela, infatti nella formulazione n. 2, ovvero la formulazione con 55% di loppa, la resistenza è molto più grande delle altre due, che ne contengono il 25% e 20%.

In base a questi dati sono state scelte due formulazioni definitive per le prove di trattamento acque. Le miscele sono state scelte in base ai risultati delle prove di compressione (la n.2) e in base alla composizione mineralogica per la presenza di ettringite e idrotalcite (n.1):

- 1) Magnesite 50% - loppa di altoforno 25% - gesso 25%
- 2) Magnesite 30% - loppa di altoforno 55% - gesso 15%

Nei grafici a seguire sono riportati inoltre gli andamenti nel tempo delle concentrazioni degli elementi di maggior interesse presenti nelle acque, contestualmente sono mostrati anche i valori di pH e conducibilità elettrica misurati durante i campionamenti. Alcuni elementi come Piombo e Cadmio non sono riportati perché con concentrazioni già molto basse ancor prima di subire il trattamento con i granulati o comunque venivano subito eliminati dagli stessi (già dopo un'ora di trattamento).

In generale si osservano delle buone performance da parte di tutti i granulati, con una sensibile diminuzione delle concentrazioni dei metalli pesanti. In particolare il Cromo presente in acqua acida viene adsorbito bene, così come lo Zinco nell'acqua alcalina che, inizialmente presente in quantità elevatissime (94000 mg/L), viene abbattuto in

maniera molto spinta. Anche Rame in acqua acida e Manganese in acqua alcalina vengono adsorbiti molto bene, mentre l'aumento della presenza del Sodio, del Potassio e dell'Alluminio è dovuto alla composizione dei granulati e quindi al loro rilascio nell'acqua nel tempo (fig.3). Il limite di 200 mg/L (D.Lgs. 31/2001) riportato per il Sodio è più di natura organolettica, essendo un minerale essenziale, che sanitaria o quantomeno di nocività, mentre il Potassio non presenta al momento limitazioni di legge ma viene mostrato per completezza di informazioni nonché per mettere in risalto il fatto che la concentrazione dello stesso aumenta nel tempo. Strano e poco chiaro risulta essere l'andamento del Mercurio che aumenta, pur rimanendo sempre nei limiti di legge.

Contestualmente si osservano gli andamenti del pH e della conducibilità (fig. 4), che mostrano un aumento del pH verso valori piuttosto basici. Questo è dovuto alla alcalinità dei leganti utilizzati.

Per quanto riguarda la conducibilità si vede come essa aumenti in acqua acida, molto probabilmente come descritto poc'anzi per la presenza del Sodio, Potassio ed Alluminio mentre in acqua alcalina l'andamento risulta essere pressoché costante, in quanto in concomitanza al rilascio dei suddetti elementi avviene la diminuzione di concentrazione di Zinco che era presente in quantità elevate, portando quindi ad un valore finale della conducibilità simile a quello iniziale

#### *Composizione dei granulati utilizzati*

Per la formatura dei granuli si è partiti da due diverse terre di fonderia esauste, provenienti dalla Fonderia Zardo Spa, di cui di seguito si riportano la composizione mineralogica in tabella 1 e i diagrammi di diffrazione. Queste terre di fonderia esauste costituiscono l'aggregato, che viene poi miscelato con un legante nel processo di granulazione.

Il legante è composto da 3 materie prime: magnesite, loppa di altoforno e gesso. Per scegliere la composizione della formulazione così da ottenere un legante con buone caratteristiche di idratazione e con proprietà adsorbenti verso i metalli pesanti, sono state eseguite delle prove di calorimetria semi-adiabatica, analisi di diffrazione da polveri sui prodotti di idratazione e misure di resistenza alla compressione semplice su provini 15x15x60 mm<sup>3</sup>.

Durante le prove di calorimetria isoperibolica (semiadiabatica) di reazione si è misurato il calore svolto dalla reazione di idratazione della miscela, in condizioni di flusso di calore scambiato costante tra la miscela di reazione e l'ambiente circostante. Nella tabella 2 sono riportate le formulazioni dei leganti presi in considerazione inizialmente. In tutte le misure si è utilizzato un rapporto acqua/legante pari a 0.5.

Sono state scelte poi, in base alle misure di calorimetria, altre due formulazioni, la n. 2 e la n. 3, (tabella 4) che sono state sottoposte a delle prove di compressione. Sono stati quindi preparati dei provini di dimensioni 15x15x60mm per verificare la resistenza meccanica delle diverse miscele. Gli impasti sono stati messi in casseri di teflon e fatti maturare per 7 giorni.

Il processo di granulazione è semplice: il materiale precedentemente mescolato a secco con un mixer viene gradualmente versato nel piatto granulatore per la formazione dei granuli. L'acqua viene aggiunta gradualmente mentre il piatto gira. La quantità di acqua viene aggiunta in base a come granula il materiale nel piatto. Quando i granuli si formano, vengono presi e depositati per lasciarli "maturare" in un contenitore chiuso per evitare l'evaporazione dell'acqua e la carbonatazione della malta.

I materiali miscelati sono l'aggregato terra di fonderia esausta ed il legante descritto sopra. È stato aggiunto il superfluidificante ECO 1/B al 2% in peso sul legante.

Si sono utilizzati due diversi rapporti aggregato/legante, 50/50 e 70/30, per vedere quale fosse il rapporto migliore e abbiamo osservato tempo di residenza, consistenza e dimensione dei granuli. La granulazione è avvenuta in modo corretto per tutte le miscele testate, ed i granuli sono risultati di dimensioni maggiori e di resistenza più elevata per le formulazioni realizzate con rapporto aggregato/legante 50/50.

L'esperimento preliminare e i dati danno risultati incoraggianti per l'applicazione di questi granulati nell'ambito dell'adsorbimento e conseguente riduzione di metalli pesanti eventualmente presenti in acque reflue.

Lo studio su altri campioni di liquido contenenti maggiori e diversi tipi di metalli potrebbe risultare necessario per valutare l'efficacia dei granulati su altri elementi mentre ulteriori studi futuri potrebbero riguardare prove di



adsorbimento per studiare la saturazione dei granulati, andando a valutare quanto volume di liquido può trattare una certa massa di granulato e quindi quanto tempo una “carica” può essere utilizzata prima di doverla sostituire.

#### **4. Ruoli e attività svolta dai partner**

L'attività è stata condotta da principalmente Opigeo, che ha condiviso e indirizzato la sperimentazione anche su indicazioni e contributi informativi offerti da Chemicambiente ed Elite Ambiente.

Opigeo, con la collaborazione di Elite Ambiente, ha realizzato lo studio e sviluppo della matrice legante e del mix design del materiale composito a matrice idraulica impiegato per la realizzazione dei filtri. Opigeo ha quindi proceduto inoltre alla prototipazione dei filtri e alla loro caratterizzazione.

Chemicambiente ha effettuato l'analisi dei reflui sia a valle che a monte del processo di trattamento con i filtri realizzati da Opigeo. Si allegano alcuni report esemplificativi delle analisi eseguite.

## 5. Allegati tecnici.

*Tab.1 fasi mineralogiche presenti nelle due terre di fonderia*

Campione	Fasi mineralogiche (%)
<b>Zardo TFD1</b>	quarzo 90,3%, cristobalite 1,9%, mullite 4,1%, corindone 3,8%
<b>Zardo TFD2</b>	quarzo 86,1%, cristobalite 1,3%, mullite 1,4%, corindone 6,8%, muscovite 1,9%, diopside 1,6%

*Tab.2 formulazioni del legante analizzate durante le prove*

campione	Magnesite (%)	loppa (%)	gesso (%)
<b>1</b>	50	25	25
<b>2</b>	30	55	15
<b>3</b>	40	20	40
<b>4</b>	30	40	30
<b>5</b>	10	80	10
<b>6</b>	50	0	50

*Tab.3 risultati analisi XRPD effettuate sulle formulazioni di calorimetria, con le fasi espresse in percentuale*

campione	quarzo (%)	gesso (%)	ettringite (%)	calcite (%)	cristobalite (%)	dolomite (%)	hydrotalcite (%)	mayenite (%)
<b>1</b>	7,6	13,7	68	1,2	0,2	/	0,4	8,8
<b>2</b>	20,9	21,6	36,9	20,5	0,1	/	/	/
<b>3</b>	5,9	42,8	47,5	/	0,3	/	/	3,4
<b>4</b>	12,4	43,7	35,5	/	0,5	4,5	/	/
<b>5</b>	36,9	/	50,3	/	/	12,8	/	/
<b>6</b>	1,6	38,2	56,5	/	0,5	/	/	2,9

*Tab.4 formulazioni di legante scelte per le prove di compressione*

<b>campione</b>	<b>magnesite</b>	<b>loppa</b>	<b>gesso</b>
<b>cal_1</b>	50	25	25
<b>cal_2</b>	30	55	15
<b>cal_3</b>	40	20	40

*Tab.5 risultati delle resistenze calcolate durante le prove di rottura a compressione*

<b>campione</b>	<b>N/mm2</b>	<b>Media (N/mm2)</b>
<b>cal_1</b>	4,73	<b>4,77</b>
	5,88	
	3,70	
<b>cal_2</b>	17,33	<b>16,97</b>
	18,61	
	14,98	
<b>cal_3</b>	5,56	<b>5,91</b>
	6,96	
	5,21	

*Tab.6 composizioni utilizzate per le prove di granulazione*

	<b>Aggregato</b>	<b>Tipo legante</b>	<b>Rapporto aggregato/legante</b>	<b>Additivo ECO1/B Mapei</b>	<b>Rapporto acqua/cemento</b>
Prova 1	Zardo TDF 1	Legante 1	70/30	2%	0.4
Prova 2	Zardo TDF 1	Legante 2	70/30	2%	0.42
Prova 3	Zardo TDF 2	Legante 1	50/50	2%	0.43
Prova 4	Zardo TDF 2	Legante 2	50/50	2%	0.37

*Foto 1. Campioni di granuli contenenti terre esauste della Fonderia Zardo Spa dopo la maturazione*



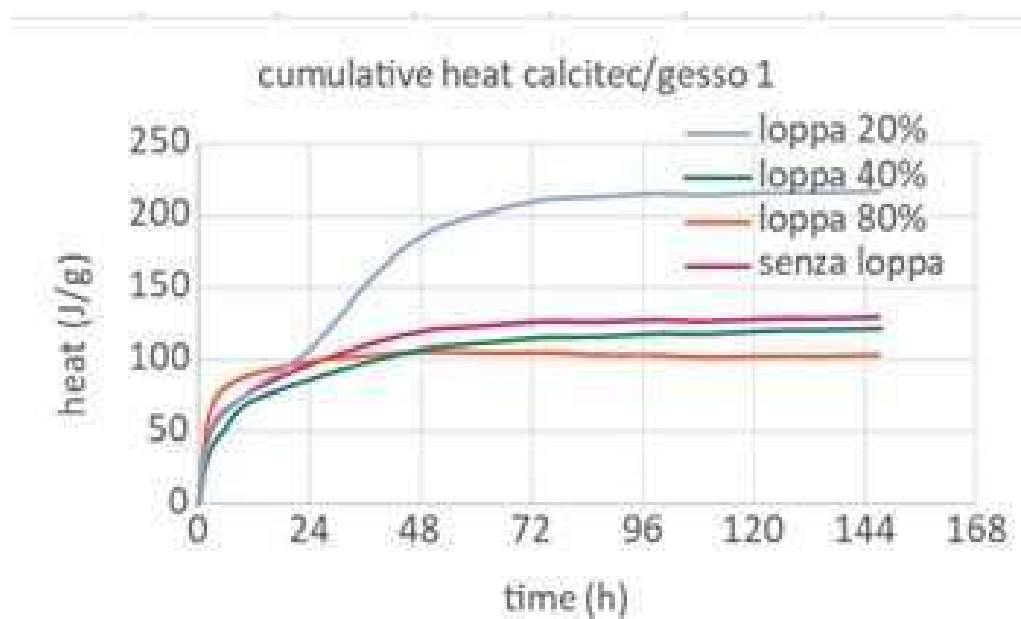
*Foto 2. Processo di granulazione in laboratorio presso TEV S.r.l.*



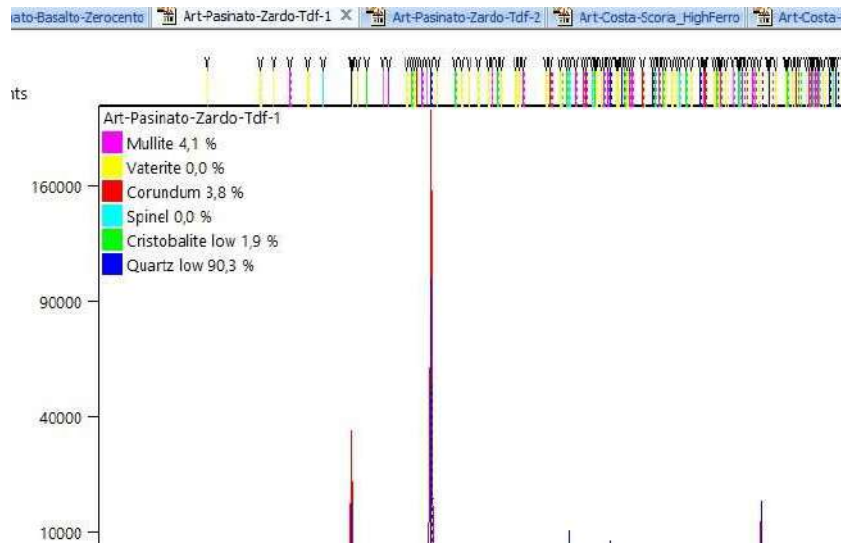
*Foto 3. Strumento utilizzato per la misura del pH e della conducibilità*



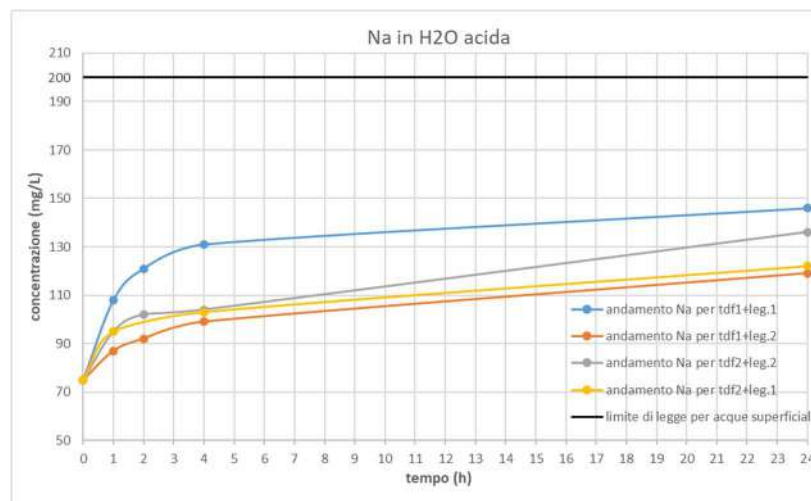
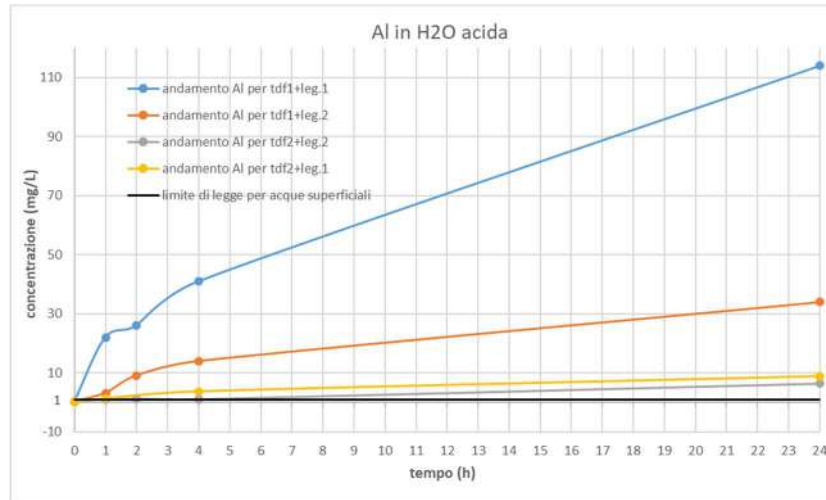
*Fig.1 grafici ottenuti dalle analisi di calorimetria rappresentanti le curve cumulative di calore)*

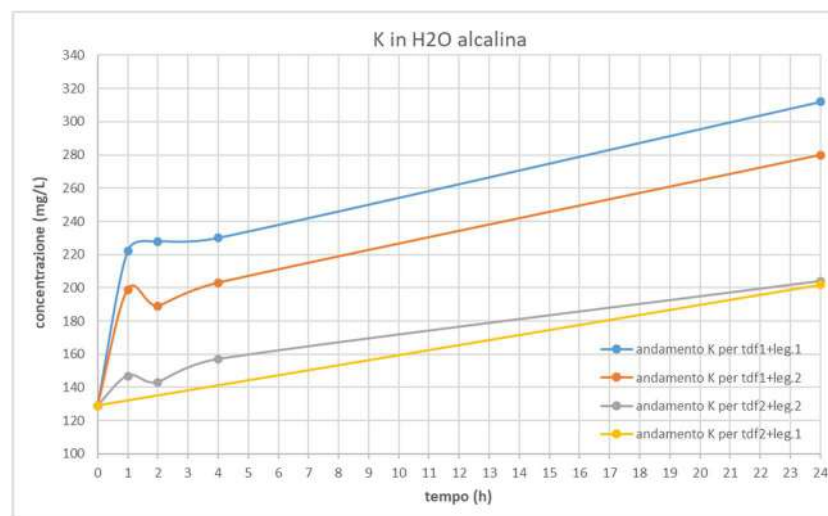
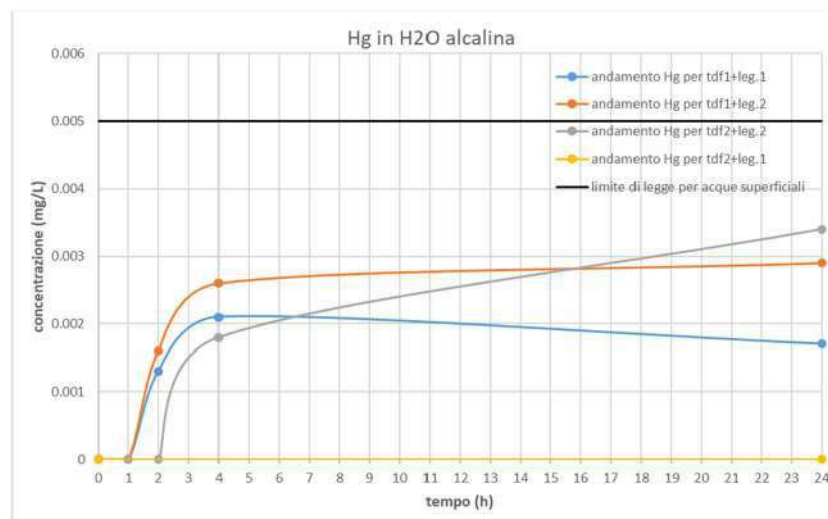
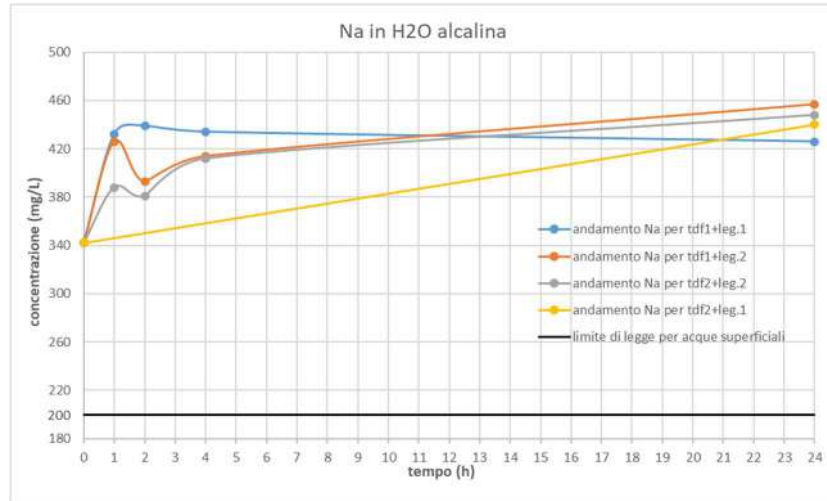


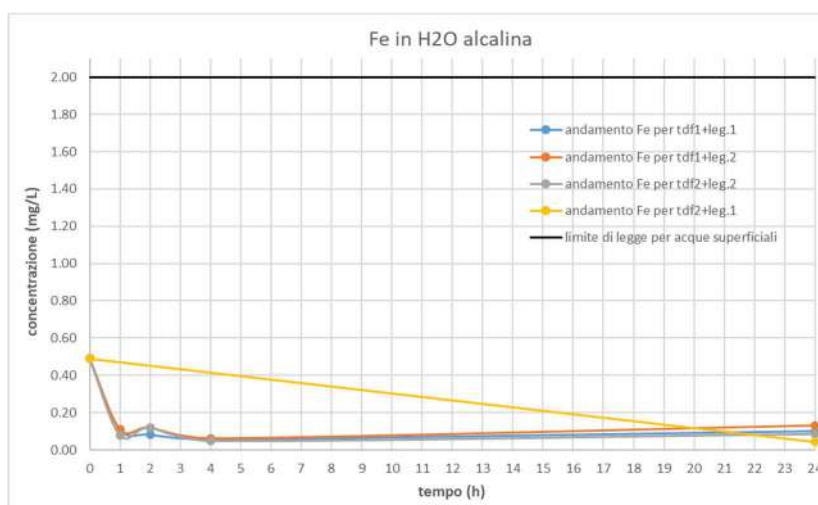
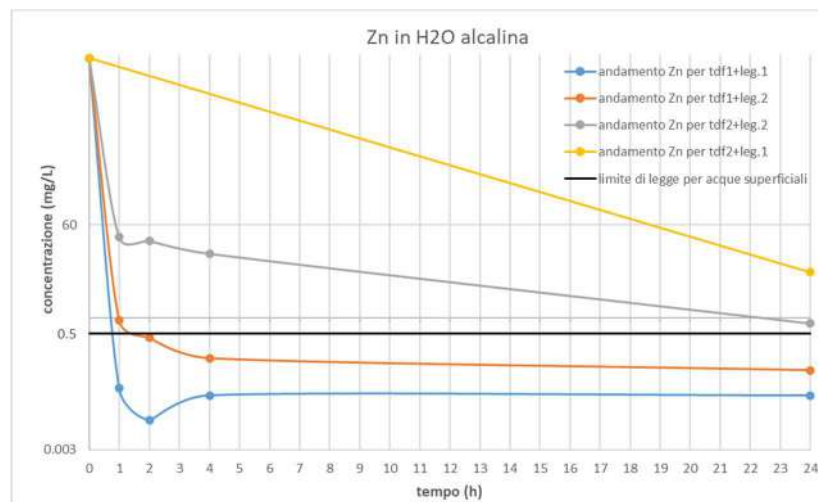
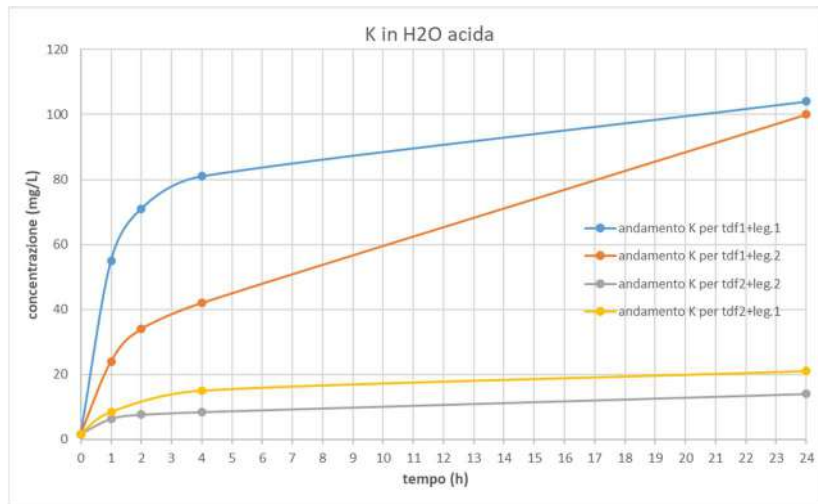
*Fig.2 Spettrogramma della composizione mineralogica da analisi XRPD*

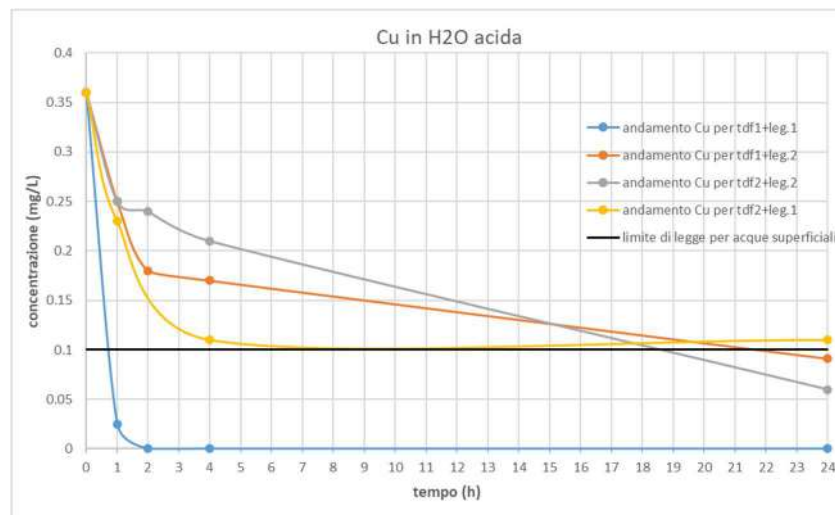
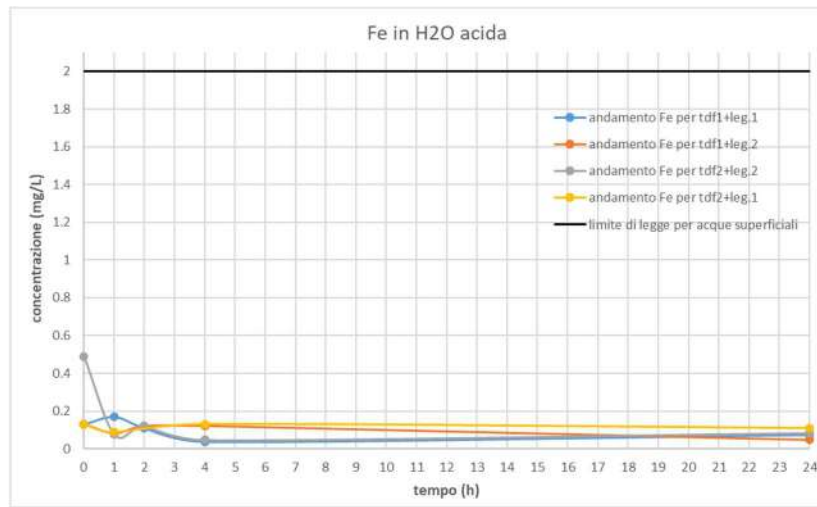


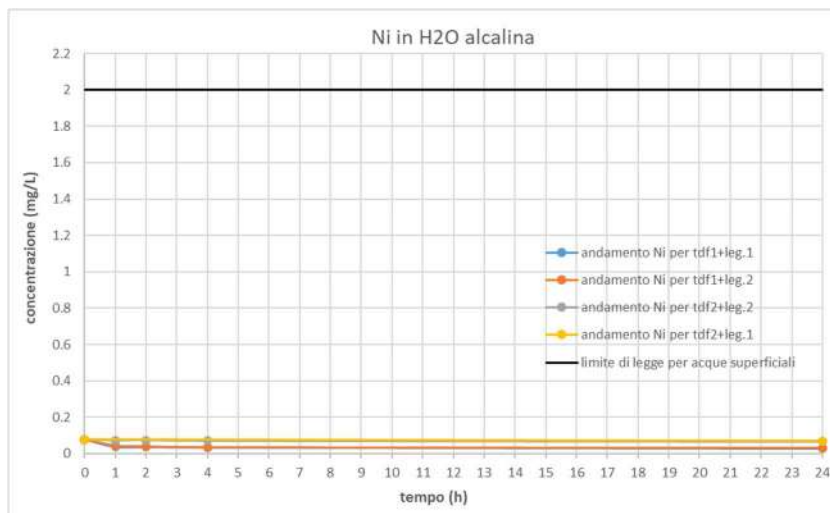
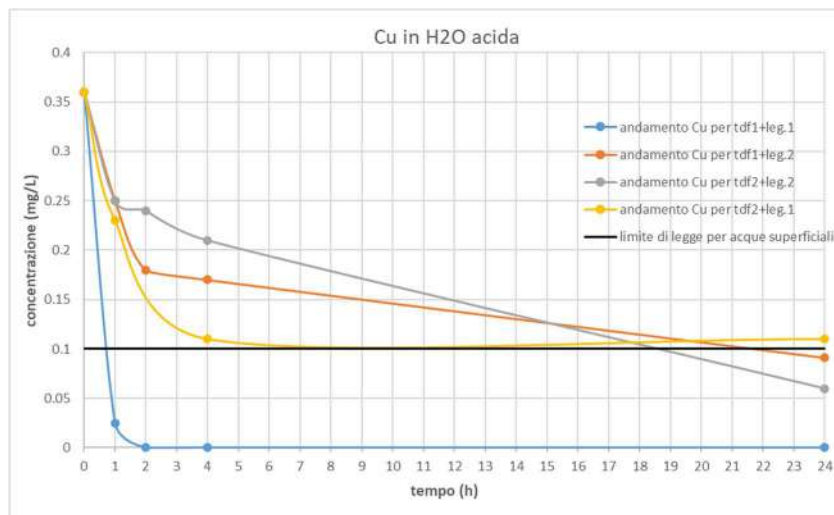
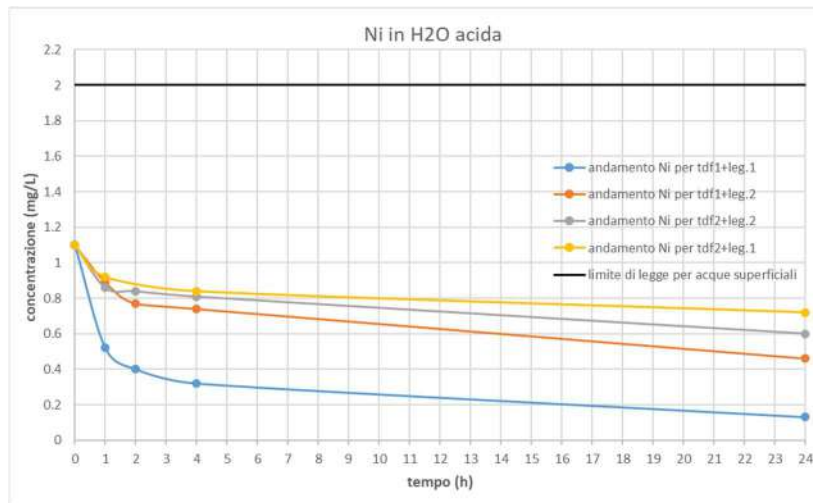
*Fig.3 andamenti delle concentrazioni degli elementi di maggior interesse*











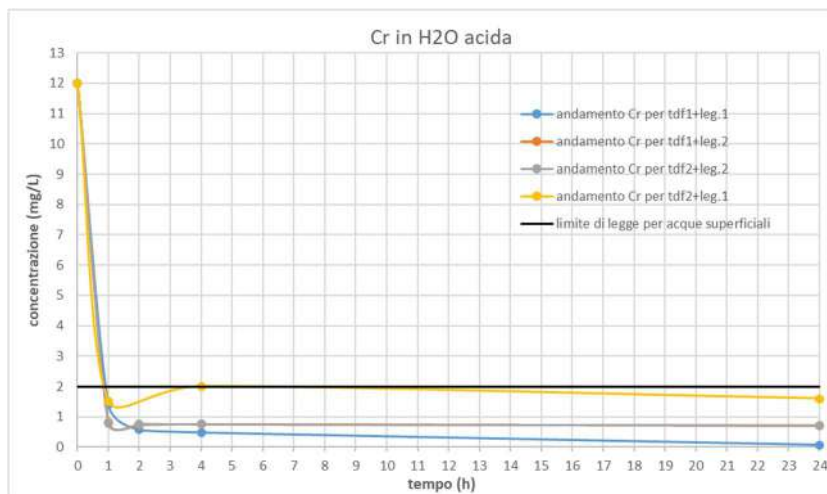
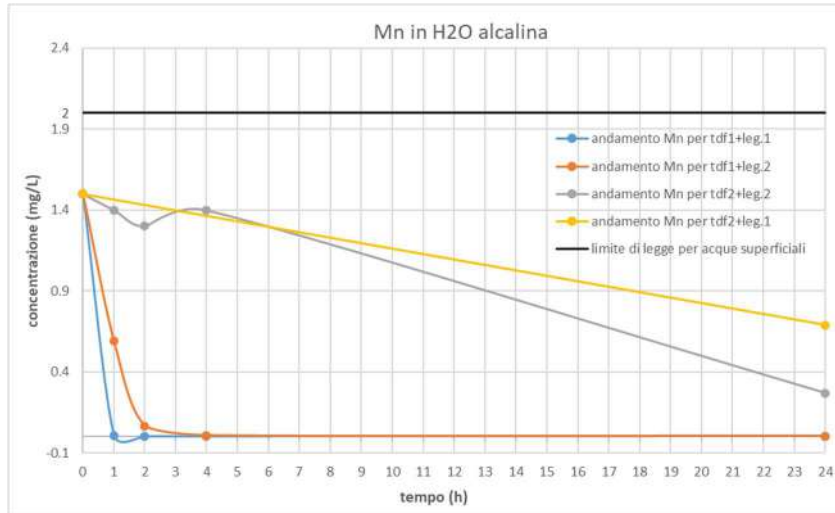
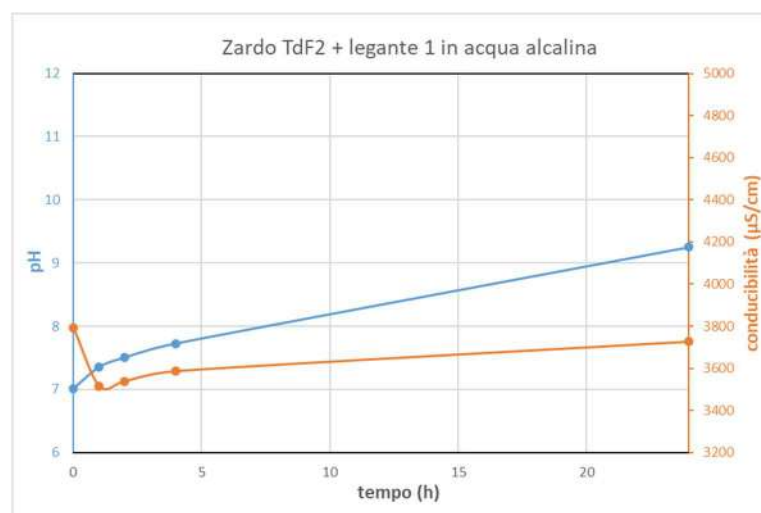
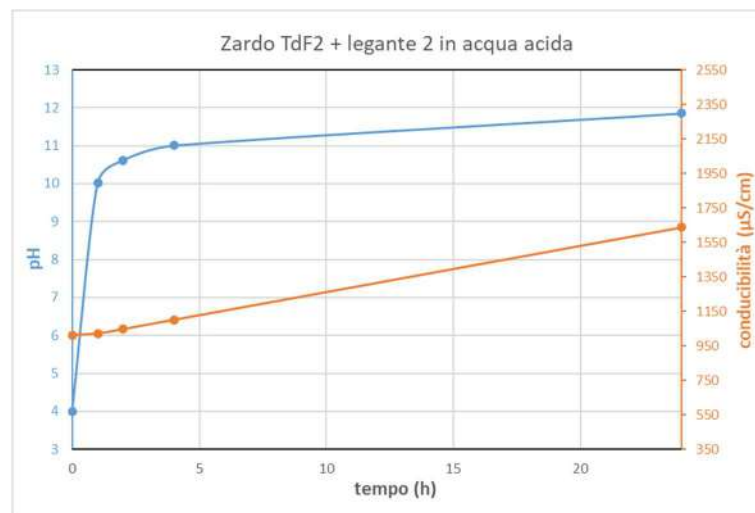
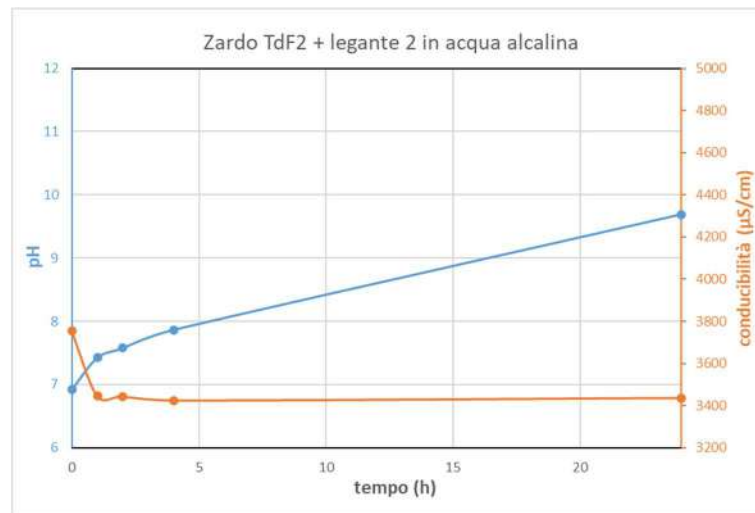
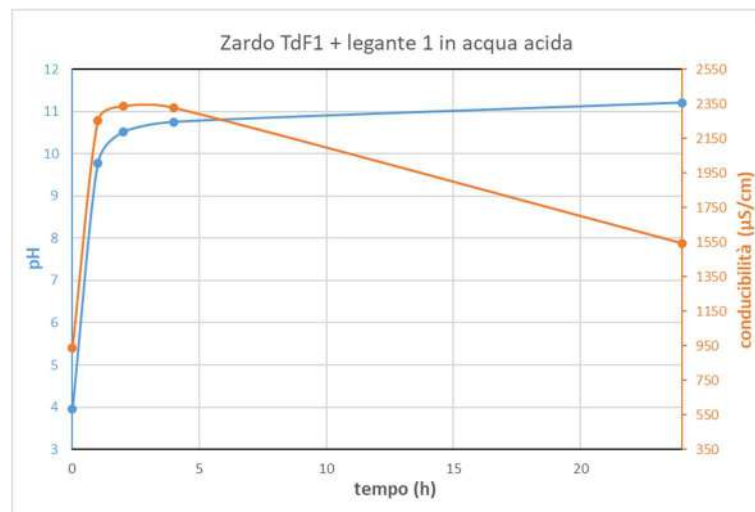
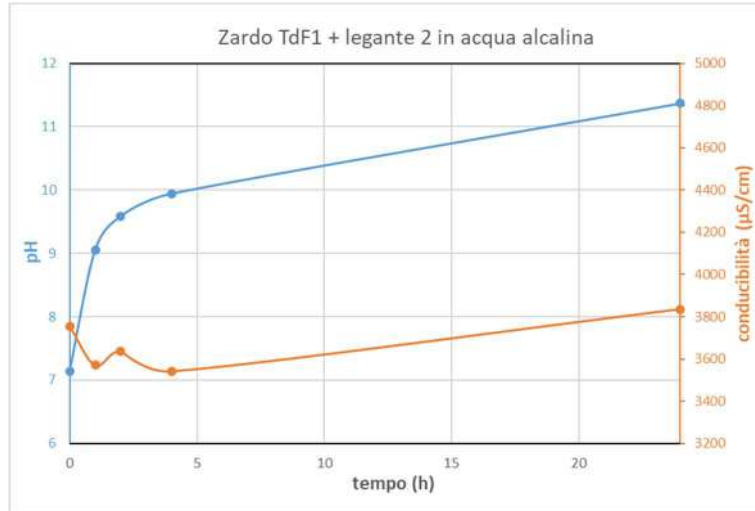
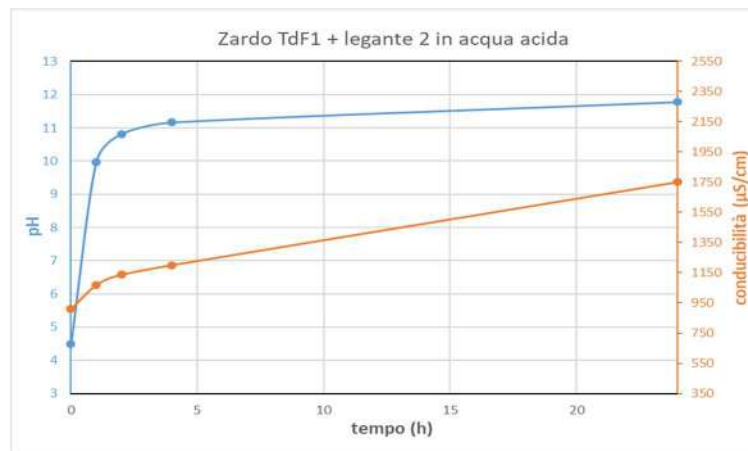
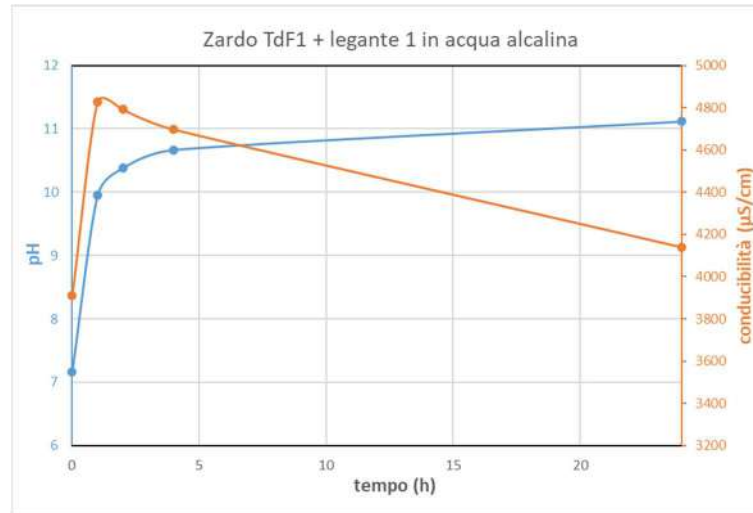


Fig.4 Andamenti pH (curva blu) e conducibilità elettrica (curva arancione) durante le varie prove dei granulati







*Esempi di report di analisi dei reflui eseguite dal partner Chimicambiente srl*



LAB N° 0763 L

Rapporto di prova n°: 23RP01691 del 06/03/2023

Parametro - Specifiche <i>Metodo - Note</i>	U.M.	Risultato <i>Nota</i>	Incertezza	LoQ	LoD	Inizio prova Fine prova
* Screening degli 8 metalli maggiormente presenti nel campione: EPA 6020B:2014	mg/l	-				01/03/23 03/03/23
Alluminio (come Al) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,010</b>	±0,005	0,01		03/03/23 06/03/23
Arsenico (come As) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>6,4</b>	±1,0	0,01		03/03/23 06/03/23
* Boro (come B) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,37</b>		0,01		03/03/23 06/03/23
Bario (come Ba) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,042</b>	±0,011	0,01		03/03/23 06/03/23
* Berillio (come Be) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,001		03/03/23 06/03/23
* Bismuto (come Bi) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		03/03/23 06/03/23
* Calcio (come Ca) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>211</b>		0,01		03/03/23 06/03/23
Cadmio (come Cd) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,001		03/03/23 06/03/23
* Cobalto (come Co) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,005		03/03/23 06/03/23
Cromo (come Cr) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		03/03/23 06/03/23
Rame (come Cu) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		03/03/23 06/03/23
Ferro (come Fe) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,023</b>	±0,007	0,01		03/03/23 06/03/23
* Mercurio (come Hg) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,013</b>		0,0005		03/03/23 06/03/23
* Potassio (come K) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>51</b>		0,01		03/03/23 06/03/23
* Litio (come Li) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,090</b>		0,01		03/03/23 06/03/23
* Magnesio (come Mg) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>47</b>		0,01		03/03/23 06/03/23
Manganese (come Mn) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,018</b>	±0,004	0,001		03/03/23 06/03/23
* Molibdeno (come Mo) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		03/03/23 06/03/23
* Sodio (come Na) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>422</b>		0,01		03/03/23 06/03/23
Nichel (come Ni) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,009</b>	±0,006	0,005		03/03/23 06/03/23

CHIMICAMBIENTE SRL - Sede operativa: Via dell'Economia 62 | 36100 Vicenza (VI) - Sede legale ed unità locale: Via Leonardo da Vinci, 2 - 35042 ESTE (PD)  
Tel. 0444 1583131 - CF P.IVA, n° Iscr. Reg. Imp. 04856580289 R.E.A. 424206 - SDI: M5UXCR1  
www.chimicambiente.net - e-mail: info@chimicambiente.net - pec: chimicambientesrl@pec.it  
Azienda con sistema di gestione certificato da DNV - ISO 9001:2015 (n° 192359) - ISO 14001:2015 (n° 195708)

SR04 P01 ANL R01

Stampato in data: 06/03/2023

Pagina 2 di 4

Rapporto di prova n°: **23RP01691** del **06/03/2023**

Parametro - Specifiche <i>Metodo - Nota</i>	U.M.	Risultato <i>Nota</i>	Incertezza	LoQ	LoD	Inizio prova <i>Fine prova</i>
Fosforo Totale (come P) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,05		03/03/23 06/03/23
Piombo (come Pb) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,005		03/03/23 06/03/23
* Antimonio (come Sb) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,014</b>		0,01		03/03/23 06/03/23
Selenio (come Se) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,026		03/03/23 06/03/23
* Silice (come SiO <sub>2</sub> ) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>21</b>		0,5		03/03/23 06/03/23
* Stagno (come Sn) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,031</b>		0,005		03/03/23 06/03/23
* Stronzio (come Sr) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>1,2</b>		0,01		03/03/23 06/03/23
* Tellurio (come Te) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		03/03/23 06/03/23
* Titanio (come Ti) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		03/03/23 06/03/23
* Tallo (come Tl) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		03/03/23 06/03/23
* Vanadio (come V) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,028</b>		0,01		03/03/23 06/03/23
Zinco (come Zn) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,033</b>	±0,014	0,01		03/03/23 06/03/23
* Zirconio (come Zr) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		03/03/23 06/03/23

Qualora il campionamento non sia a carico di Chimicambiente S.r.l., quest'ultima declina ogni responsabilità in merito alle informazioni relative al campionamento in quanto fornite dal Cliente/Committente; i risultati delle prove si riferiscono esclusivamente al campione così ricevuto. Quando questi dati comprendono misurazioni che impattano sull'unità di misura, i risultati espressi sono ottenuti dall'elaborazione degli stessi. I dati di accettazione sono di responsabilità del Laboratorio mentre i dati relativi al campione sono contrassegnati con una "C" se di responsabilità del Cliente/Committente.

Qualora il campione fosse non idoneo ma il Cliente/Committente scegliesse di proseguire ugualmente, il laboratorio declina ogni responsabilità sui risultati che potrebbero essere influenzati dallo scostamento.

**LEGENDA:** U.M. = unità di misura; (**sup**) = Limite superiore; (**inf**) = Limite Inferiore; **LoQ** = limite di quantificazione, è il limite inferiore di concentrazione sopra al quale è possibile ottenere strumentalmente una misura di tipo quantitativo; in microbiologia il LoQ è di natura teorica; **LoD** = limite di rilevabilità, è il limite inferiore di concentrazione sotto il quale il campione non può essere rilevato; nelle analisi qualitative rappresenta la minima concentrazione alla quale è possibile determinare o meno la presenza di un analita; **NQ** = non quantificabile, indica un valore inferiore a LoQ; **NR** = non rilevabile, indica un valore inferiore a LoD; "<x" o ">x" indicano rispettivamente un valore inferiore o superiore all'intervallo di misura della prova, dove x è il risultato; **N.A.** = non applicabile alla prova; **M.I.** = Metodo Interno.

(**m**): Indica una modifica rispetto alla versione precedente del Rapporto di prova.  
(**e**): Indica che la prova/attività è stata eseguita in subappalto.

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova.  
La riproduzione parziale del presente rapporto di prova non è consentita senza autorizzazione scritta del laboratorio.  
I campioni vengono conservati presso il laboratorio per 2 settimane dalla data di fine prova, salvo diverse indicazioni.  
Le registrazioni delle prove effettuate vengono conservate dal laboratorio per 5 anni dall'emissione del rapporto di prova.

**SE NON DIVERSAMENTE SPECIFICATO:** i risultati del presente rapporto di prova non risultano corretti per i fattori di recupero (R) in quanto i valori del recupero rientrano nella tolleranza indicata nel metodo di prova; le sommatorie sono calcolate mediante il criterio del lower bound (L.B.); il verbale di campionamento viene identificato ed archiviato con il medesimo codice di accettazione del campione oppure con il relativo numero d'ordine.

(\*) Prova/attività non accreditata da ACCREDIA

Rapporto di prova n°: **23RP05823** del 17/07/2023

Parametro - Specifiche <i>Metodo - Note</i>	U.M.	Risultato <i>Note</i>	Incertezza	LoQ	LoD	Inizio prova <i>Fine prova</i>
• Screening degli 8 metalli maggiormente presenti nel campione: EPA 6020B:2014	mg/l	-				07/07/23 10/07/23
Alluminio (come Al) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>6,9</b>	±1,1	0,01		07/07/23 10/07/23
Arsenico (come As) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>0,15</b>	±0,02	0,01		07/07/23 10/07/23
• Boro (come B) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>0,25</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
Bario (come Ba) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>0,044</b>	±0,011	0,01		07/07/23 10/07/23
• Berillio (come Be) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,001		07/07/23 10/07/23
• Bismuto (come Bi) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
• Calcio (come Ca) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>241</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
Cadmio (come Cd) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,001		07/07/23 10/07/23
• Cobalto (come Co) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,005		07/07/23 10/07/23
Cromo (come Cr) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
Rame (come Cu) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
Ferro (come Fe) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>0,029</b>	±0,009	0,01		07/07/23 10/07/23
• Mercurio (come Hg) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>0,0027</b>		0,0005		07/07/23 10/07/23
• Potassio (come K) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>123</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
• Litio (come Li) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>0,20</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
• Magnesio (come Mg) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>0,030</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
Manganese (come Mn) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,001		07/07/23 10/07/23
• Molibdeno (come Mo) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>0,017</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
• Sodio (come Na) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>848000</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
Nichel (come Ni) EPA 3010A:1992 + EPA 6010Q:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,005		07/07/23 10/07/23

Rapporto di prova n°: **23RP05823** del 17/07/2023

Parametro - Specifiche Metodo - Nota	U.M.	Risultato Nota	Incertezza	LoQ	LoD	Inizio prova Fine prova
Fosforo Totale (come P) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,05		07/07/23 10/07/23
Piombo (come Pb) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,005		07/07/23 10/07/23
*Antimonio (come Sb) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,027</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
Selenio (come Se) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,026		07/07/23 10/07/23
*Silice (come SiO <sub>2</sub> ) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>22</b>		0,5		07/07/23 10/07/23
*Stagno (come Sn) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,009</b>		0,005		07/07/23 10/07/23
*Stronzio (come Sr) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>2,2</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
*Tellurio (come Te) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,024</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
*Titanio (come Ti) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
*Tallio (come Tl) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
*Vanadio (come V) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,014</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
Zinco (come Zn) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>0,066</b>	+0,028	0,01		07/07/23 10/07/23
*Zirconio (come Zr) EPA 3010A:1992 + EPA 6010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		07/07/23 10/07/23

Qualora il campionamento non sia a carico di Chemicambiente S.r.l., quest'ultima declina ogni responsabilità in merito alle informazioni relative al campionamento in quanto fornite dal Cliente/Committente; i risultati delle prove si riferiscono esclusivamente al campione così ricevuto. Quando questi dati comprendono misurazioni che impattano sull'unità di misura, i risultati espressi sono ottenuti dall'elaborazione degli stessi. I dati di accettazione sono di responsabilità del Laboratorio mentre i dati relativi al campione sono contrassegnati con una "C" se di responsabilità del Cliente/Committente. Qualora il campione fosse non idoneo ma il Cliente/Committente scegliesse di proseguire ugualmente, il laboratorio declina ogni responsabilità sui risultati che potrebbero essere influenzati dallo scostamento.

LEGENDA: **U.M.** = unità di misura; **(sup)** = Limite superiore; **(inf)** = Limite Inferiore; **LoQ** = limite di quantificazione, è il limite inferiore di concentrazione sopra al quale è possibile ottenere strumentalmente una misura di tipo quantitativo, in microbiologia il LoQ è di natura teorica; **LoD** = limite di rilevabilità, è il limite inferiore di concentrazione sotto il quale il campione non può essere rilevato; nelle analisi qualitative rappresenta la minima concentrazione alla quale è possibile determinare o meno la presenza di un analita; **NQ** = non quantificabile, indica un valore inferiore a LoQ; **NR** = non rilevabile, indica un valore inferiore a LoD; "**<x**" o "**>x**" indicano rispettivamente un valore inferiore o superiore all'intervallo di misura della prova, dove x è il risultato; **N.A.** = non applicabile alla prova; **M.I.** = Metodo Interno. **(m)**: Indica una modifica rispetto alla versione precedente del Rapporto di prova. **(e)**: Indica che la prova/attività è stata eseguita in subappalto.

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova.  
La riproduzione parziale del presente rapporto di prova non è consentita senza autorizzazione scritta del laboratorio.  
I campioni vengono conservati presso il laboratorio per 2 settimane dalla data di fine prova, salvo diverse indicazioni.  
Le registrazioni delle prove effettuate vengono conservate dal laboratorio per 5 anni dall'emissione del rapporto di prova.

**SE NON DIVERSAMENTE SPECIFICATO:** i risultati del presente rapporto di prova non risultano corretti per i fattori di recupero (R) in quanto i valori del recupero rientrano nella tolleranza indicata nel metodo di prova; le sommatorie sono calcolate mediante il criterio del lower bound (L.B.); il verbale di campionamento viene identificato ed archiviato con il medesimo codice di accettazione del campione oppure con il relativo numero d'ordine.

(\*): Prova/attività non accreditata da ACCREDIA

Rapporto di prova n°: **23RP05826** del 17/07/2023

Parametro - Specifiche Metodo - Nota	U.M.	Risultato Nota	Incertezza	LoQ	LoD	Inizio prova Fine prova
Fosforo Totale (come P) EPA 3010A:1992 + EPA 8010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,05		07/07/23 10/07/23
Piombo (come Pb) EPA 3010A:1992 + EPA 8010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,005		07/07/23 10/07/23
*Antimonio (come Sb) EPA 3010A:1992 + EPA 8010D:2018	mg/l	<b>0,018</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
Selenio (come Se) EPA 3010A:1992 + EPA 8010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,026		07/07/23 10/07/23
*Silice (come SiO <sub>2</sub> ) EPA 3010A:1992 + EPA 8010D:2018	mg/l	<b>30</b>		0,5		07/07/23 10/07/23
*Stagno (come Sn) EPA 3010A:1992 + EPA 8010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,005		07/07/23 10/07/23
*Stronzio (come Sr) EPA 3010A:1992 + EPA 8010D:2018	mg/l	<b>3,1</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
*Tellurio (come Te) EPA 3010A:1992 + EPA 8010D:2018	mg/l	<b>0,033</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
*Titanio (come Ti) EPA 3010A:1992 + EPA 8010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
*Tallio (come Tl) EPA 3010A:1992 + EPA 8010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
*Vanadio (come V) EPA 3010A:1992 + EPA 8010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
Zinco (come Zn) EPA 3010A:1992 + EPA 8010D:2018	mg/l	<b>0,087</b>	+0,014	0,01		07/07/23 10/07/23
*Zirconio (come Zr) EPA 3010A:1992 + EPA 8010D:2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		07/07/23 10/07/23

Qualora il campionamento non sia a carico di Chimicambiente S.r.l., quest'ultima declina ogni responsabilità in merito alle informazioni relative al campionamento in quanto fornite dal Cliente/Committente; i risultati delle prove si riferiscono esclusivamente al campione così ricevuto. Quando questi dati comprendono misurazioni che impattano sull'unità di misura, i risultati espressi sono ottenuti dall'elaborazione degli stessi. I dati di accettazione sono di responsabilità del Laboratorio mentre i dati relativi al campione sono contrassegnati con una "C" se di responsabilità del Cliente/Committente.

Qualora il campione fosse non idoneo ma il Cliente/Committente scegliesse di proseguire ugualmente, il laboratorio declina ogni responsabilità sui risultati che potrebbero essere influenzati dallo scostamento.

LEGENDA: **U.M.** = unità di misura; **(sup)** = Limite superiore; **(inf)** = Limite Inferiore; **LoQ** = limite di quantificazione, è il limite inferiore di concentrazione sopra al quale è possibile ottenere strumentalmente una misura di tipo quantitativo; in microbiologia il LoQ è di natura teorica; **LoD** = limite di rilevabilità, è il limite inferiore di concentrazione sotto il quale il campione non può essere rilevato; nelle analisi qualitative rappresenta la minima concentrazione alla quale è possibile determinare o meno la presenza di un analita; **NQ** = non quantificabile, indica un valore inferiore a LoQ; **NR** = non rilevabile, indica un valore inferiore a LoD; "**<x**" o "**>x**" indicano rispettivamente un valore inferiore o superiore all'intervallo di misura della prova, dove x è il risultato; **N.A.** = non applicabile alla prova; **M.I.** = Metodo Interno.

**(m)**: Indica una modifica rispetto alla versione precedente del Rapporto di prova.

**(e)**: Indica che la prova/attività è stata eseguita in subappalto.

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova.

La riproduzione parziale del presente rapporto di prova non è consentita senza autorizzazione scritta del laboratorio.

I campioni vengono conservati presso il laboratorio per 2 settimane dalla data di fine prova, salvo diverse indicazioni.

Le registrazioni delle prove effettuate vengono conservate dal laboratorio per 5 anni dall'emissione del rapporto di prova.

**SE NON DIVERSAMENTE SPECIFICATO**: i risultati del presente rapporto di prova non risultano corretti per i fattori di recupero (R) in quanto i valori del recupero rientrano nella tolleranza indicata nel metodo di prova; le sommatorie sono calcolate mediante il criterio del lower bound (L.B.); il verbale di campionamento viene identificato ed archiviato con il medesimo codice di accettazione del campione oppure con il relativo numero d'ordine.

(\*): Prova/attività non accreditata da ACCREDIA

Rapporto di prova n°: **23RP05826** del **17/07/2023**

Parametro - Specifiche Metodo - Note	U.M.	Risultato Nota	Incertezza	LoQ	LoD	Inizio prova Fine prova
• Screening degli 8 metalli maggiormente presenti nel campione: EPA 820B.2014	mg/l	-				07/07/23 10/07/23
Alluminio (come Al) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>11</b>	±2	0,01		07/07/23 10/07/23
Arsenico (come As) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>0,020</b>	±0,005	0,01		07/07/23 10/07/23
• Boro (come B) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>0,020</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
Bario (come Ba) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>0,044</b>	±0,011	0,01		07/07/23 10/07/23
• Berillio (come Be) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,001		07/07/23 10/07/23
• Bismuto (come Bi) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
• Calcio (come Ca) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>86</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
Cadmio (come Cd) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,001		07/07/23 10/07/23
• Cobalto (come Co) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,005		07/07/23 10/07/23
Cromo (come Cr) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
Rame (come Cu) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>0,016</b>	±0,005	0,01		07/07/23 10/07/23
Ferro (come Fe) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>0,032</b>	±0,010	0,01		07/07/23 10/07/23
• Mercurio (come Hg) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>0,0028</b>		0,0005		07/07/23 10/07/23
• Potassio (come K) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>212</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
• Litio (come Li) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>0,35</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
• Magnesio (come Mg) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
Manganese (come Mn) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,001		07/07/23 10/07/23
• Molibdeno (come Mo) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>0,027</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
• Sodio (come Na) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>1255000,00</b>		0,01		07/07/23 10/07/23
Nichel (come Ni) EPA 3010A.1992 + EPA 60100.2018	mg/l	<b>NQ</b>		0,005		07/07/23 10/07/23