



fondazione  
museo civico  
di rovereto

borgo santa caterina 41  
38068 rovereto (tn) italia  
tel. +39 0464 452800  
fax +39 0464 439487  
P.IVA e C.F. 02294770223  
museo@fondazionemcr.it  
www.fondazionemcr.it

**Fondazione Museo Civico di Rovereto**

## **Attività monitoraggio ambientale 2018**

**Comprensiva delle analisi dei dati odorigeni dell'ultimo  
trimestre 2018**

Rovereto, gennaio 2019

A cura  
Fondazione Museo Civico di Rovereto

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. MONITORAGGIO AMBIENTALE .....</b>	<b>4</b>
2.1 MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA: MOLESTIA ODORIGENA .....	4
SEGNALAZIONI DEI NASI UMANI .....	7
SOPRALLUOGHI E INDIVIDUAZIONE DI NUOVE SORGENTI ODORIGENE.....	8
2.2 MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA: INQUINANTI E POLVERI SOTTILI.....	9
RILEVAZIONE POLVERI SOTTILI .....	9
BIOMONITORAGGIO LICHENICO .....	13
2.3 MONITORAGGIO DELLA PRIMA FALDA .....	15
2.4 MONITORAGGIO ENTOMOLOGICO DELLA ZANZARA TIGRE .....	16
2.5 MONITORAGGIO DELLA FLORA .....	17
2.6 MONITORAGGIO IPERSPETTRALE .....	17
<b>4. CONCLUSIONI.....</b>	<b>25</b>
<b>RINGRAZIAMENTI .....</b>	<b>25</b>

## 1. Premessa

La presente relazione costituisce un compendio delle attività di monitoraggio ambientale svolte dalla Fondazione MCR nel corso del 2018 sul territorio comunale della città di Rovereto e frutto del lavoro delle diverse Sezioni museali e dell'OpenLab che vi è trasversale.

Queste attività sono accomunate da una continuità temporale, seppur con diversa frequenza di raccolta del dato di interesse, e da un carattere di complementarietà, nell'intento di pervenire a una visione complessiva della situazione ambientale anche nella sua imprescindibile componente dinamica. I fenomeni naturali e antropici, nella loro reciproca influenza, per essere adeguatamente descritti e compresi hanno bisogno di uno studio nel tempo di parametri individuati come rappresentativi; serve quindi costruire e continuare una serie storica significativa indispensabile per confronti e modellazioni.

Da questo punto di vista il Museo, oggi Fondazione, in questi anni ha curato con continuità: il rilievo periodico della quota della prima falda sfruttando pozzi, pubblici e privati, presenti e accessibili in zona industriale di Rovereto; rilievi geofisici di tipo geoelettrico anche in chiave multitemporale; il monitoraggio della qualità dell'aria attraverso l'utilizzo di licheni bioaccumulatori (dal progetto pilota condotto negli anni 2000, vedi R. Zorer, 2002, alle campagne di rilevazione strutturate nel 2014 e nel 2016 su una rete di controllo, frutto del censimento lichenico svolto sul territorio roveretano nel 2013, fino alla campagna attualmente in corso). Inoltre dal 2016 grazie alla nuova attrezzatura messa a disposizione dal Comune di Rovereto è stato avviato un progetto di controllo della componente odorigena dell'aria, con postazione di rilevazione in zona industriale, e di misura delle polveri sottili.

Nel controllo ambientale vanno inoltre annoverati il monitoraggio entomologico di insetti molesti di interesse sanitario, quali la zanzara tigre (dal 1997 ad oggi) e i flebotomi (campagne di misura 2002 e 2004 con il supporto dell'Istituto Superiore di Sanità), e di insetti di interesse ecologico, come la *Vespa velutina* (2016; 2017) meglio nota come calabrone asiatico. Questa ricerca ha valenza sovracomunale, così come quella di mappatura della flora e dei suoi cambiamenti nella distribuzione spaziale e temporale, compresa la segnalazione di specie alloctone e aliene, aspetti fortemente collegati all'uso del suolo, alla qualità ambientale oltre che ai cambiamenti climatici. Le postazioni di controllo e/o i punti di rilievo sono consultabili nel sistema WebGis collegato al sito EMAS, [http://www.emasrovereto.it/emas\\_home.jsp](http://www.emasrovereto.it/emas_home.jsp), del Comune di Rovereto, che è costantemente aggiornato nei contenuti. Per il progetto di monitoraggio della zanzara tigre esiste inoltre un sito internet dedicato, sviluppato e mantenuto dalla Fondazione MCR, [http://www.zanzara.fondazionemcr.it/zanz\\_home.jsp](http://www.zanzara.fondazionemcr.it/zanz_home.jsp).

Di seguito verrà dedicato un paragrafo di approfondimento agli ambiti di ricerca portati avanti nel 2018.

## 2. Monitoraggio ambientale

Il monitoraggio ambientale ha riguardato nel 2018 le matrici aria (sia in termini di odore che di polveri sottili) e acqua, oltre alle componenti entomologiche e floristiche. Mentre la campagna di biomonitoraggio della qualità dell'aria tramite licheni epifiti è stata posticipata a gennaio 2019 per rendere il periodo di controllo confrontabile con quello delle precedenti campagne di indagine (2014; 2016).

### 2.1 Monitoraggio della qualità dell'aria: molestia odorigena

Per quanto riguarda la rilevazione della molestia odorigena nel 2018 con la strumentazione Pen3Meteo, detta “naso elettronico”, si rimanda, per i periodi gennaio–maggio e maggio–settembre, ai rispettivi report tematici consultabili on line nella pagina “DATI” del sito EMAS ([http://www.emasrovereto.it/emas\\_dati](http://www.emasrovereto.it/emas_dati)). Dalla stessa pagina si può accedere anche ai grafici costruiti col dato acquisito dalla strumentazione nei periodi di misura in continuo. La creazione di questi grafici non è automatizzata e richiede all'operatore molto tempo per l'assemblaggio manuale di migliaia di misure, e i nuovi grafici vengono aggiunti periodicamente; attualmente risultano scaricabili i grafici relativi alle rilevazioni 2016, 2017 e per il 2018 fino al mese di giugno compreso. Infine on line è presente anche una rappresentazione grafica di sintesi con gli eventi odorigeni caratterizzati da un'intensità relativa di odore pari o superiore a 2, e a breve sarà pubblicata la versione aggiornata (Fig. 2).

In generale la registrazione effettuata dalla strumentazione risente fortemente della posizione in cui la strumentazione stessa è installata, sia per il fatto di essere più vicina ad una sorgente rispetto ad un'altra, sia per l'andamento prevalente dei venti, tutto ciò influenza l'intensità di odore misurato e la eventuale prevalenza di alcune sorgenti rispetto ad altre. Dall'11 settembre 2018 (il report di settembre 2018 arrivava fino al 30 settembre) ad oggi (fine gennaio 2019) il naso elettronico ha eseguito le rilevazioni presso il campo da calcio di Lizzana (quota circa 172 m s.l.m.) dove è posizionato anche il laboratorio mobile (Fig. 1). La strumentazione ha lavorato e sta lavorando in continuo al di là di brevi interruzioni legate a problemi tecnici, in particolare a un guasto al sistema di alimentazione occorso in concomitanza con l'evento meteorico avverso di fine ottobre 2018.



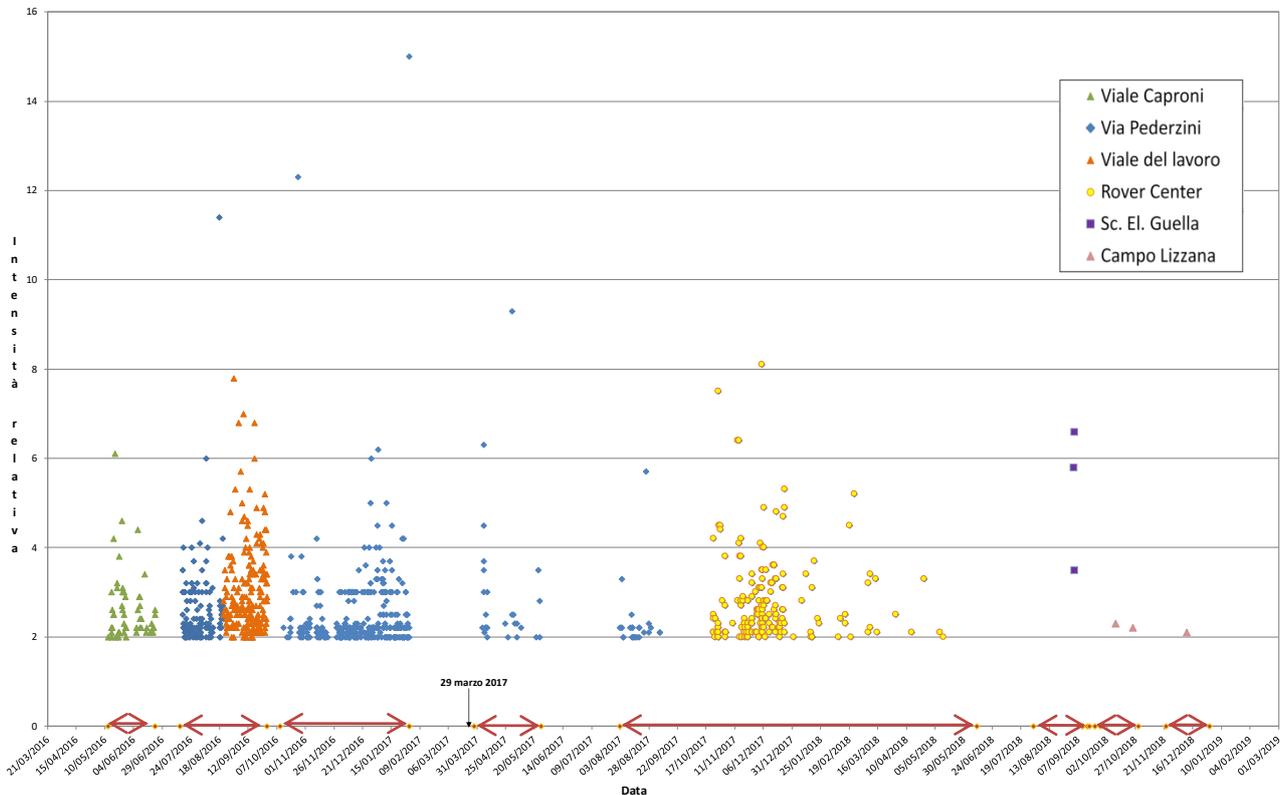
**Fig. 1.** Posizione della centralina di misura Pen3Meteo all'interno del Laboratorio mobile presso l'impianto sportivo di Lizzana.

Riassumendo dal primo di ottobre 2018 al 31 dicembre 2018 la quantità di dati raccolti è stata la seguente:

- Giorni di misura            69
- N. totale misure            9314
- N. misure al giorno        ca. 135

Le acquisizioni di odore sono state impostate per una durata di 100 s, ogni misura è preceduta e seguita da intervalli di pulizia dei sensori ciascuno di 500 s, ogni misura è quindi rappresentativa di un intervallo temporale di circa 600 s, vale a dire 10'.

Di seguito si riporta il grafico degli eventi odorigeni con intensità relativa pari o superiore a due aggiornato al 31 dicembre 2018 (Fig. 2). Comprende e considera tutti i periodi di rilevazione in continuo effettuati dal naso elettronico dal maggio 2016 a fine 2018. Da un periodo all'altro, avendo il naso elettronico cambiato postazione di misura, ciascuna collocazione è stata contraddistinta nel grafico da simboli diversi. Quando nel grafico si riusa lo stesso simbolo, in un periodo successivo, vuol dire che la strumentazione è stata riposizionata nel medesimo luogo.

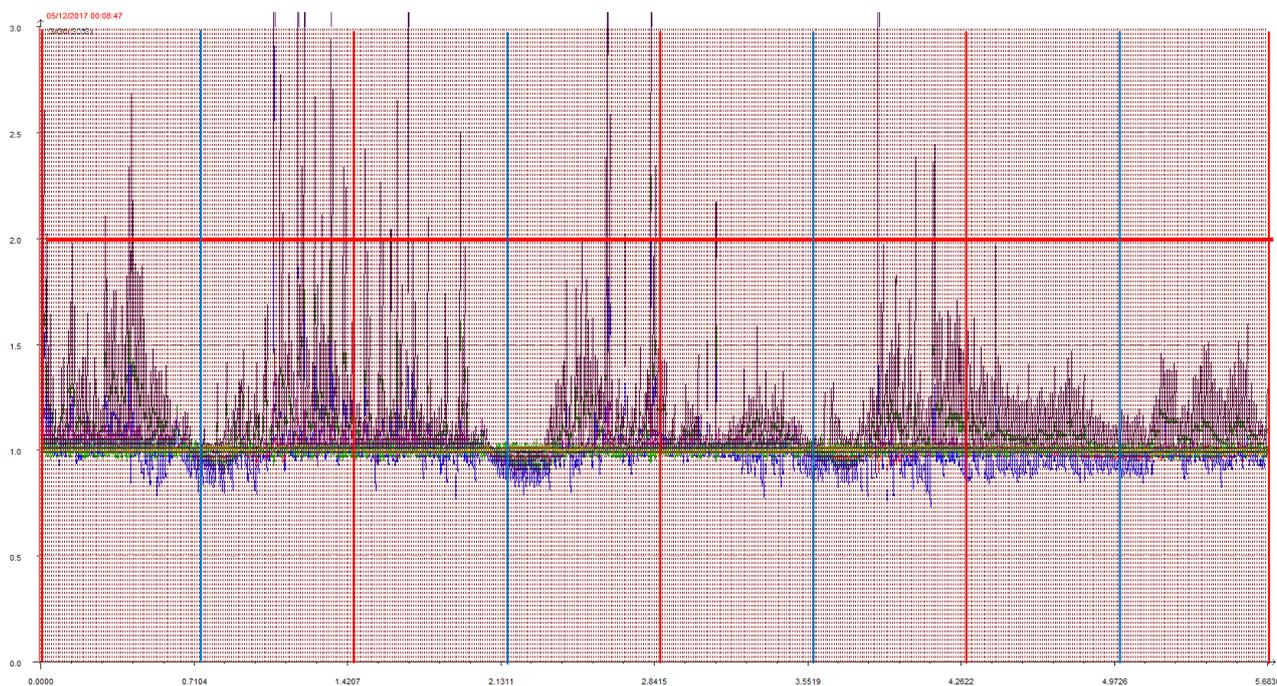


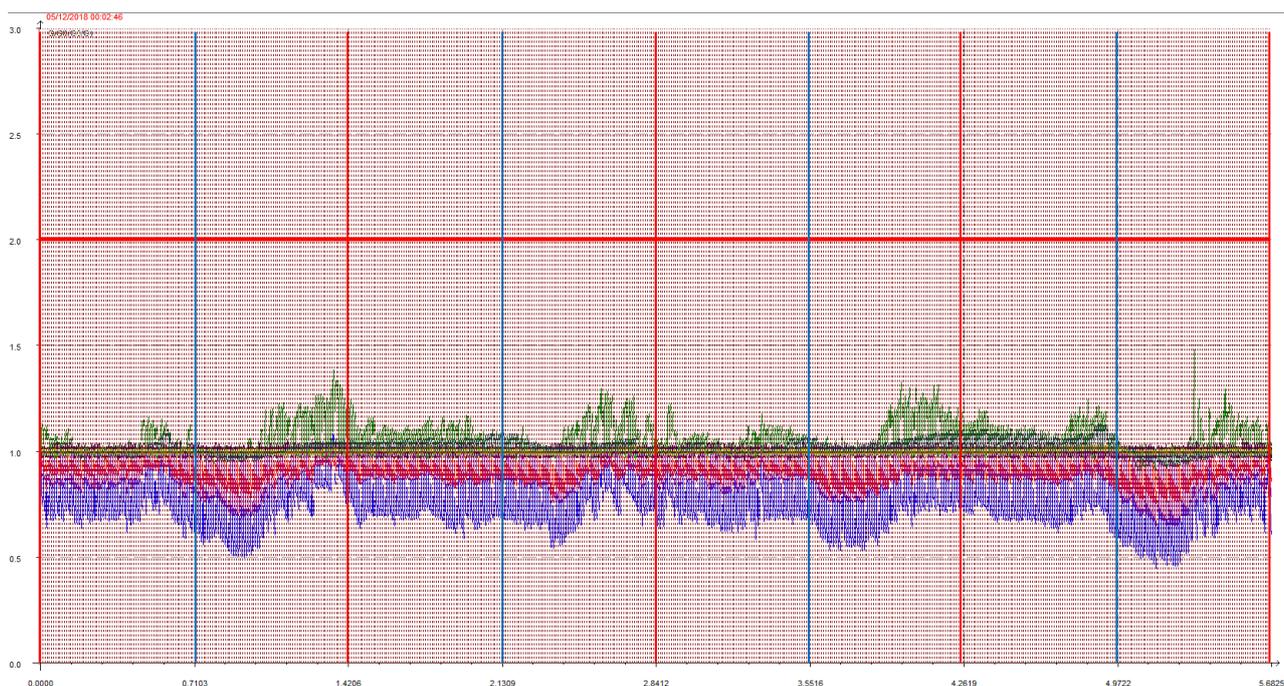
**Fig. 2.** Grafico dell'andamento nel tempo (dall'11 maggio 2016 al 31 dicembre 2018) dei periodi con intensità relativa dell'odore pari o superiore a 2. Si osserva che dal 29 marzo 2017 è divenuto operativo il sistema di abbattimento odori della Azienda Sandoz S.p.a. Le frecce orizzontali bordeaux rappresentano gli intervalli temporali in cui la strumentazione Pen3Meteo ha registrato in continuo.

Il grafico mostra per i periodi di acquisizione, compreso quello più recente, il diradarsi della molestia dopo l'entrata in funzione (fine marzo 2017) del sistema di abbattimento odori dell'azienda Sandoz S.p.A., pur non essendo mancati periodi in cui la molestia tornò a crescere

come tra fine ottobre e fine dicembre 2017 (pallini gialli nel grafico di Fig. 2). Con l'inizio del 2018 gli eventi si sono diradati con sporadici eventi intensi. Nelle rilevazioni estive, da fine luglio in poi, si sono registrati tre eventi sopra soglia, con la stazione presso le scuole "Guella". Poi da quando (11 settembre) la strumentazione è presso il campo sportivo di Lizzana fino a fine anno non si è avuto alcun evento "sopra soglia" ad eccezione di tre zaffate, con intensità relativa di odore di poco superiore a 2, rispettivamente il 10 e 25 ottobre e l'11 dicembre. È doveroso ricordare che nulla si può dire per quegli intervalli di tempo in cui il naso elettronico non è stato operativo, o per manutenzione o per problemi tecnici. In particolare, per l'ultimo quadrimestre, con la strumentazione presso il campo da calcio di Lizzana, non si dispone di misure nei seguenti periodi: tra il 15 e il 17 settembre 2018; tra il 22 e il 27 settembre 2018; tra il 31 ottobre e il 23 novembre 2018. Quest'ultimo intervallo è stato causato dal danno importante subito dal sistema di alimentazione a seguito dell'evento meteorico intenso che ha interessato Rovereto proprio il 30 ottobre 2018.

Come esempio si riporta di seguito un confronto (Fig. 3) fra due analoghe finestre temporali di misura 2017 e 2018, rappresentativo comunque di finestre più ampie (come supportato anche dalle segnalazioni dei nasi umani, Tab. 1, oltre che dalle rilevazioni elettroniche sintetizzate nel grafico di Fig. 2), di quanto la situazione in termini di odore della zona indagata sia ulteriormente migliorata nel corso del 2018.





**Fig. 3.** A confronto, a titolo di esempio, i grafici 2017 e 2018 dell'intensità relativa di odore registrata dal naso elettronico nei medesimi giorni, dal 5 all'8 dicembre. Per la lettura del grafico: la linea rossa orizzontale sta a indicare la soglia di intensità relativa pari a 2, questa soglia è stata ritenuta significativa e rappresentativa di condizioni di sicura molestia; le linee rosse verticali stanno a indicare la mezzanotte di ogni giornata mentre le linee azzurre verticali indicano il mezzogiorno.

Guardando infine al complesso dei dati misurati nel 2018 si riconosce ancora una certa ciclicità giornaliera nell'intensità relativa di odore, posto che si tratta di un andamento caratterizzato da valori che sono generalmente ben al di sotto della soglia di percezione.

#### *Segnalazioni dei nasi umani*

Come già scritto nel report di settembre 2018 la rete dei nasi umani si è contratta, attualmente quattro segnalatori su cinque contribuiscono in modo continuativo compilando le schede mensili mentre il quinto segnala direttamente eventuali eventi di molestia. Le segnalazioni dell'ultimo quadrimestre 2018 rispetto ai mesi precedenti sono ulteriormente diminuite sia per numero che per intensità di eventi segnalati, si tratta quasi esclusivamente di zaffate. Per i dettagli si rimanda alla tabella seguente (Tab. 1).

#### **Legenda segnalatori**

ID segnalatore	INDIRIZZO
4	Via Pederzini
5	Via dell'Artigiano
6	Via Caproni
8	Via Bracchetti
9	Via Pederzini

#### **Legenda intensità odore**

1	percepibile /distinguibile
2	forte
3	molto forte
4	fortissimo

Data	ID	Ora inizio	Ora fine	Intensità odore	Note
1-31/10/2019	8				nessun odore per l'intero mese di ottobre
1-31/10/2018	5				nessun odore per l'intero mese di ottobre
13/10/18	4			2	mattino
18/10/18	4			2	zaffate; variabile
20/10/18	4			2	pomeriggio; sereno
30/10/18	4	07.30		3	mattino, coperto
31/10/18	4			3	notte
1-30/11/2018	8				nessun odore per l'intero mese
1-30/11/2018	5				nessun odore per l'intero mese
02/11/18	4			3	mattino; piovè
03/11/18	4	08.30		3	variabile/coperto
18/11/18	4	14.30		3	sereno; zaffate forti
1-30/11/2018	9				nessun odore per l'intero mese
1-31/12/2018	8				nessun odore per l'intero mese
1-31/12/2018	5				nessun odore per l'intero mese
1-31/12/2018	4				nessun odore per l'intero mese
1-31/12/2018	9				nessun odore per l'intero mese

**Tab. 1.** Elenco delle segnalazioni pervenute dai nasi umani comprensivo dei mesi per cui i segnalatori non hanno riportato alcun evento di odore. Dove le date sono scritte in rosso il naso elettronico non era funzionante. Per il periodo qui considerato non sono pervenute segnalazioni ulteriori tramite l'Ufficio Ambiente del Comune di Rovereto.

Mentre le tre zaffate rilevate dalla misura elettronica non sono state percepite dai nasi umani (che potrebbero essere stati anche assenti in quel dato momento), per quanto riguarda invece le otto segnalazioni di odore prodotte dai nasi umani quattro sono riferite al periodo in cui il naso elettronico non era operativo causa guasto elettrico (vale a dire le segnalazioni dal 31 ottobre al 18 novembre compreso), mentre per le altre: le segnalazioni del 13 e 18 ottobre trovano riscontro nelle misure, si tratta di eventi brevi (zaffate) con intensità di odore relativa di poco inferiore a 1.4; per il 20 ottobre non si trova corrispondenza mentre per il 30 ottobre all'orario indicato si è registrato un evento decisamente piccolo e breve (intensità relativa inferiore a 1.2, vale a dire poco sopra il livello base strumentale, pari a 1).

#### *Sopralluoghi e individuazione di nuove sorgenti odorogene*

Per il tipo di monitoraggio in corso, che può contare anche su una tecnica per il riconoscimento della sorgente in caso di evento molesto, è fondamentale l'aggiornamento periodico del database delle sorgenti odorigene, con eventuale ri-caratterizzazione delle stesse, eliminazione o aggiunta di nuove. Diviene dunque importante considerare le nuove realtà oltre a quelle esistenti dove la gestione dell'impianto ha subito o subirà modifiche rispetto alle condizioni finora considerate, contando sulla disponibilità delle aziende nel fornire informazioni agli uffici competenti del Comune. Il database delle sorgenti deve essere inteso come un'entità dinamica, che va aggiornata e ampliata, così come è dinamica la situazione della zona industriale di Rovereto o, in generale, della zona di influenza sotto monitoraggio.

Si ricorda inoltre che non è possibile misurare in continuo (come sta avvenendo attualmente) e al contempo analizzare nuove sorgenti; bisogna quindi sempre prevedere un programma di attività che alterni periodi dedicati al campionamento di fonti odorigene a periodi di monitoraggio ambientale. Per l'ultimo quadrimestre, dopo i rilievi estivi, non si sono effettuate altre campagne di campionamento di sorgenti potenzialmente odorigene, né se ne sono programmate di nuove non avendo ricevuto comunicazioni di variazioni nelle linee produttive esistenti o attivazioni di nuove in zona industriale. Quando invece saranno realizzati il biofiltro con copertura dell'impianto per l'umido nella discarica "Ai Lavini" e la modifica delle linee dell'impianto di depurazione provinciale al Navicello previsti per il 2019, si procederà ad aggiornare le relative sorgenti. Ciò non di meno sono stati condotti sia frequenti sopralluoghi in zona industriale per saggiare la situazione di odore dell'aria e incrociarla col dato elettronico, che il controllo remoto della strumentazione Pen3Meteo per verificare l'andamento delle misure e al contempo il corretto funzionamento della macchina (possibile per gli esperti del Museo anche nei weekend e da smartphone).

## **2.2 Monitoraggio della qualità dell'aria: inquinanti e polveri sottili**

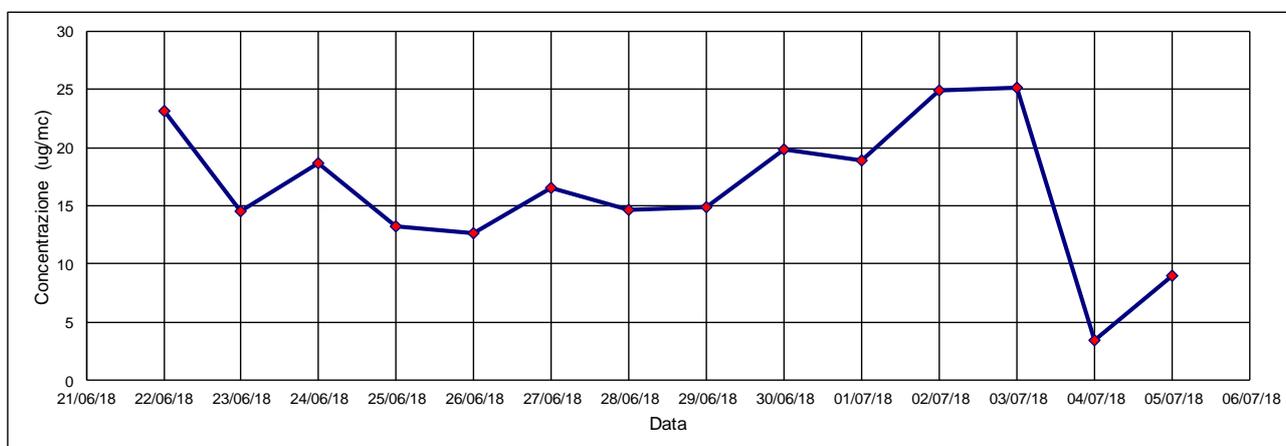
La qualità dell'aria, in termini di polveri sottili e inquinanti (metalli pesanti in primis), è stata saggiata nel corso del 2018 avviando l'utilizzo della strumentazione per il campionamento delle polveri sottili disponibile sul laboratorio mobile comunale e programmando la ripetizione dell'ultima campagna (2016) di biomonitoraggio per tramite di licheni epifiti, espantati ed esposti per i primi mesi del 2019, non essendo stato possibile svolgerla a inizio 2018 come sperato.

### *Rilevazione polveri sottili*

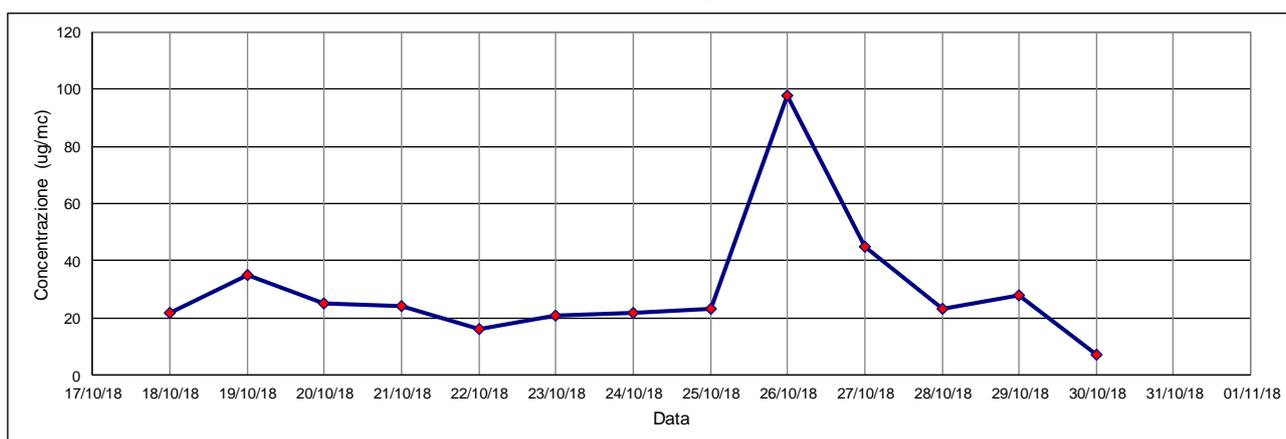
Dopo che il 22 giugno 2018 si è collocato e allestito il laboratorio mobile presso lo spazio libero, direttamente a nord del campo da calcio di Lizzana, sono state svolte due sessioni di misura delle polveri sottili, la prima iniziata a giugno 2018 e la seconda a ottobre 2018, quest'ultima interrotta dall'evento meteorico che ha messo fuori funzione il sistema di alimentazione del laboratorio mobile e quindi, tutta la strumentazione in funzione in quel momento al suo interno (naso elettronico; rilevazione vento; pompa di aspirazione aria e campionatore). In entrambi i periodi di misura si sono utilizzati filtri in fibra di vetro e nessuna testa di campionamento (es. PM10 o PM 2.5) volendo raccogliere la totalità della polvere atmosferica (polvere totale). Per le misure di giugno 2018 le doppie pesate dei filtri sono state effettuate direttamente dalla Fondazione MCR utilizzando una bilancia di precisione in dotazione, mentre per quelle di ottobre 2018 l'Unità Organizzativa Aria, Agenti Fisici e Bonifiche di APPA, per tramite del suo laboratorio, ha eseguito il condizionamento dei filtri e le pesate dei filtri stessi prima e dopo la rilevazione. Sempre APPA ha gentilmente fornito al gruppo di lavoro della Fondazione MCR, per operazioni di confronto, i dati di concentrazione di polveri sottili (PM10) rilevati, nella medesima finestra temporale, dalla propria stazione presente a Rovereto presso i giardini di v. Manzoni (nome identificativo della stazione "Rovereto LGP"). Guardando ai due siti messi a confronto, va osservato che la stazione di APPA ricade in contesto urbano mentre quella gestita dalla FMCR in ambito industriale. Ciò detto, il confronto con i dati di APPA ha mostrato buona concordanza nell'andamento generale, con valori tendenzialmente superiori – come atteso – trattandosi di misure di polveri totali (FMCR) verso PM10 (APPA), vale a dire una frazione delle polveri totali. Si segnala un'unica giornata in cui le

misure hanno mostrato un deciso scostamento, il 26 ottobre 2018, quando il valore di concentrazione di polveri totali è risultato dell'ordine di  $100 \text{ ug/m}^3$ , molto superiore anche ai valori giornalieri rilevati dalla strumentazione del laboratorio mobile nei giorni direttamente precedenti e successivi. Questa anomalia potrebbe essere stata dovuta ad un'anomalia locale (mancando un segnale analogo nella stazione urbana) oppure ad un errore umano o strumentale. Si nota che il picco si è verificato nella giornata in cui è iniziato l'episodio meteorico intenso che è perdurato per più giorni e che potrebbe aver influito sulla concentrazione di polveri sottili. Dal 26 ottobre in poi ha continuato a piovere e la concentrazione di polveri è andata progressivamente calando. In generale esiste una dipendenza dalle condizioni meteo-climatiche, date non solo da pioggia ma anche da direzione e velocità del vento, e dalla pressione.

Di seguito l'andamento grafico (Fig. 4), in termini di concentrazione espressa in microgrammi su metrocubo ( $\text{ug/m}^3$ ), della quantità di polvere rilevata nelle due sessioni di misura di giugno e ottobre 2018.

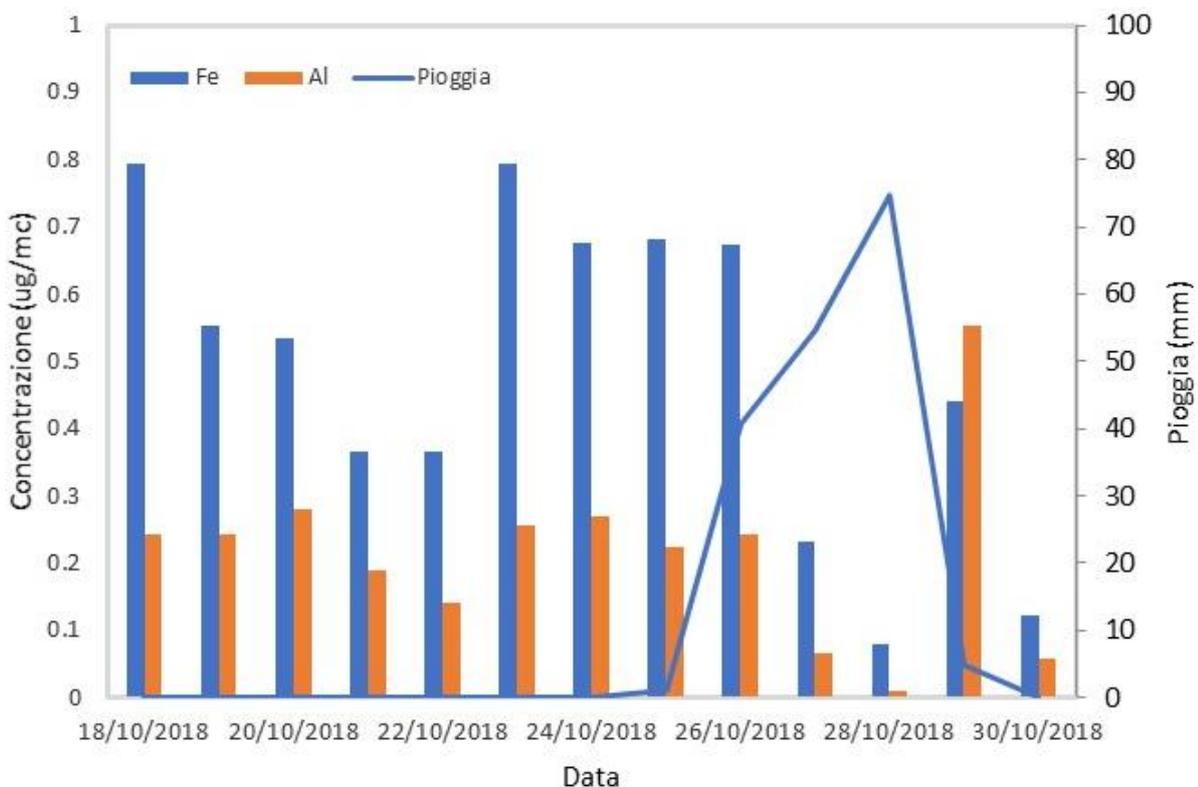


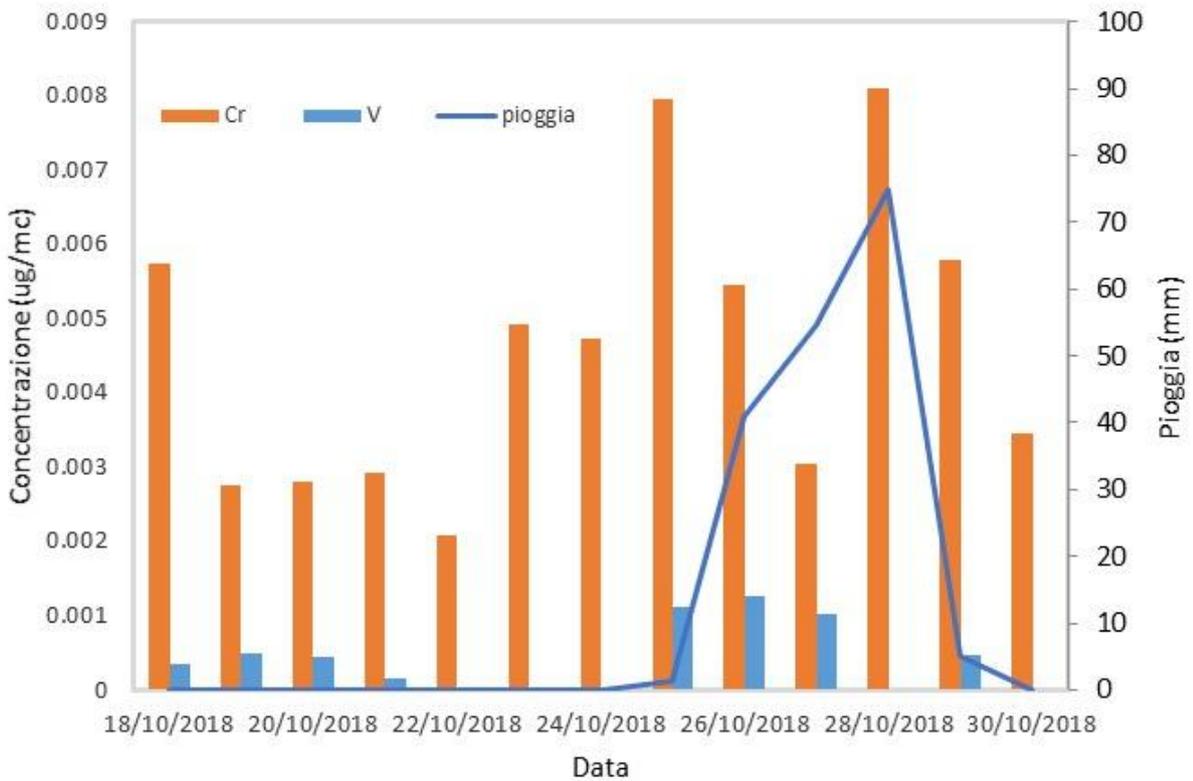
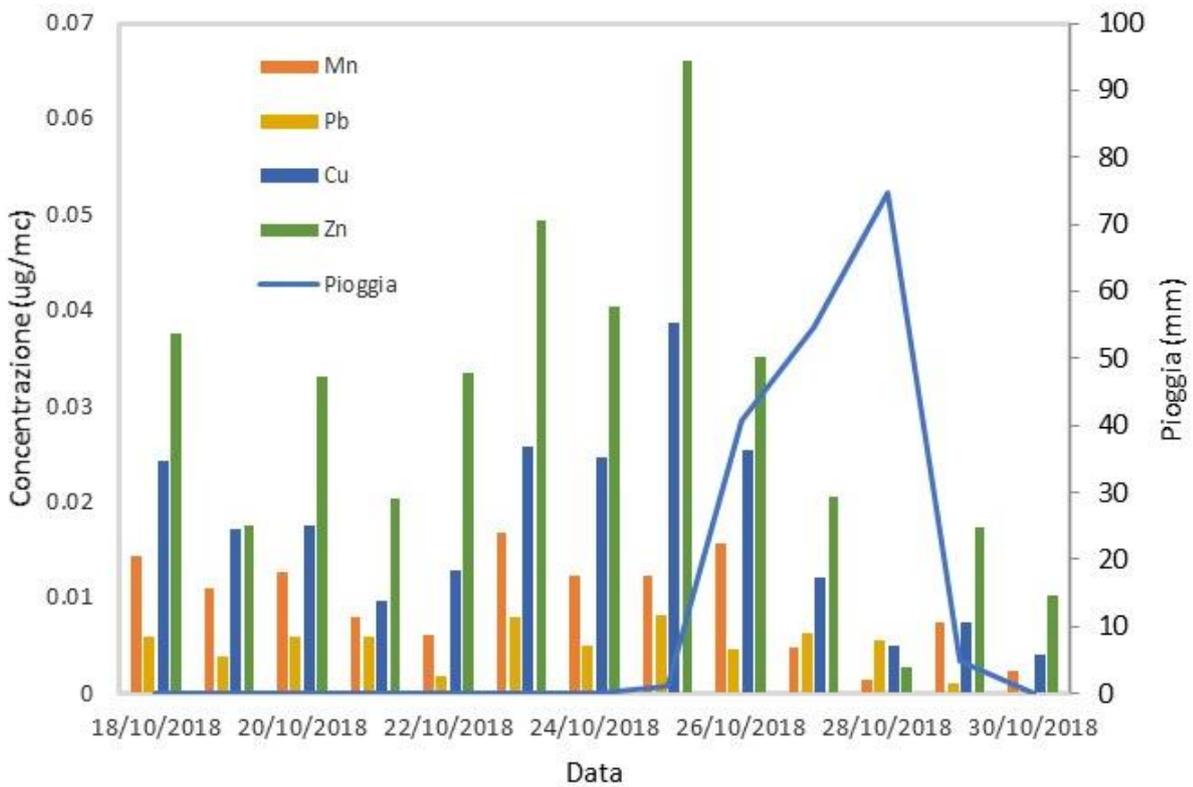
**Fig. 4.** Grafico delle rilevazioni giornaliere delle polveri totali ( $\text{ug/m}^3$ ): sopra a giugno 2018; sotto a ottobre 2018.

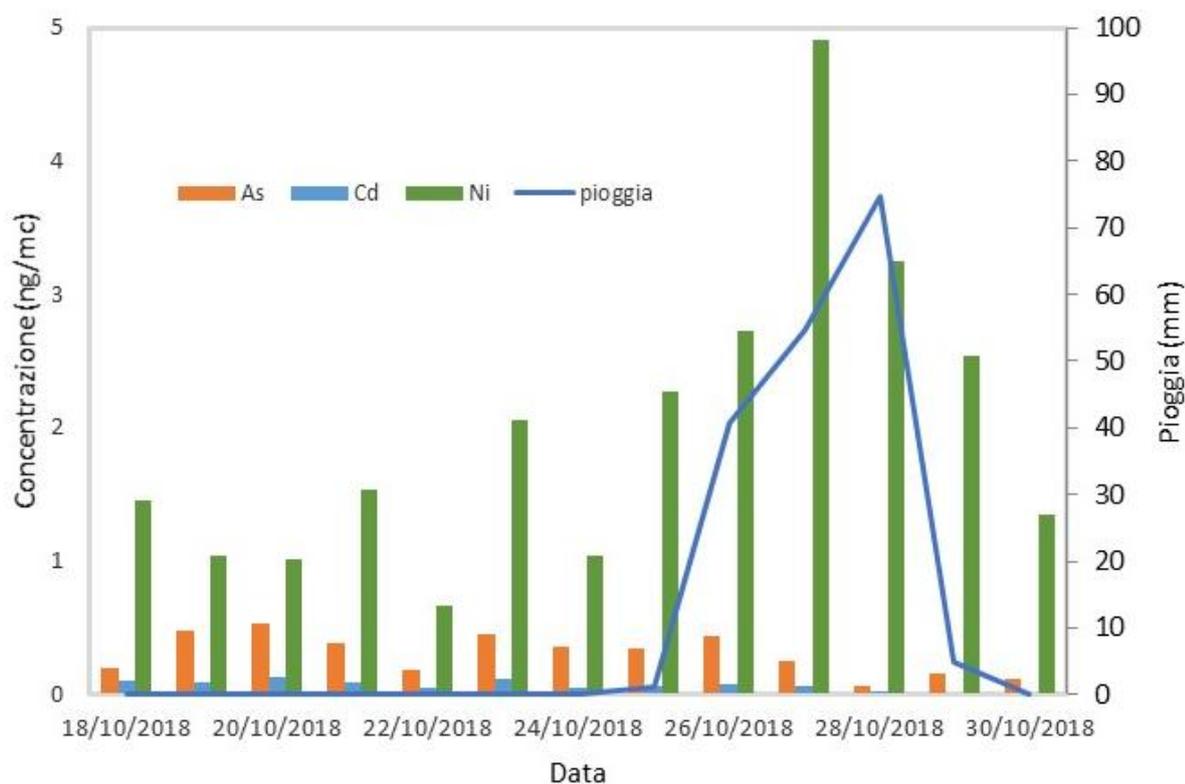


Il valore giornaliero medio di polveri totali rilevato nelle due settimane di controllo a giugno 2018 è stato di  $16 \text{ ug/m}^3$  mentre a ottobre 2018 di  $30 \text{ ug/m}^3$  (senza considerare il valore anomalo di  $98 \text{ ug/m}^3$  rilevato il 26/10/2018, la media scende a  $24 \text{ ug/m}^3$ ). Si ricorda che la Norma (D.Lgs. 155/2010) indica come valore limite sulle 24 h per la protezione della salute umana  $50 \text{ ug/m}^3$  riferito però alla sola frazione PM10.

Per le rilevazioni di ottobre 2018 oltre alla determinazione della concentrazione della polvere totale si sono eseguite anche analisi chimiche sulle polveri per una selezione di metalli pesanti potenzialmente dannosi per la salute o per l'ambiente (ecotossici). Si tratta degli stessi considerati per le analisi sui talli lichenici, vale a dire: Alluminio, Al; Arsenico, As; Cadmio, Cd; Cromo, Cr; Ferro, Fe; Manganese, Mn; Nichel, Ni; Piombo; Pb; Rame, Cu, Vanadio, V e Zinco, Zn. I relativi valori vengono normalmente espressi in microgrammi su metrocubo (Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, V e Zn) e in nanogrammi su metrocubo (As, Cd, Ni). Si è osservata anche in questo caso una certa dipendenza dalle condizioni meteorologiche, in particolare dalla piovosità giornaliera, anche se questo richiederebbe di essere esaminato e verificato in modo indipendente per ciascun metallo. Per il resto, posto che non si dispone di misure di confronto e queste analisi rappresentano quindi il primo tassello di una serie multitemporale da costruire, si osserva che i valori di Cromo e Vanadio – guardando ai valori di riferimento sulle polveri totali indicati nelle “Air Quality Guidelines” dell’Organizzazione Mondiale per la Sanità (OMS) – rientrano nell’intervallo di valori tipici di aree urbane mentre i valori del Manganese (sempre rispetto alle medesime linee guida) sono decisamente al di sotto del valore di riferimento (si è verificato inoltre che fra Manganese e Ferro esiste una buona correlazione lineare, come atteso, in virtù del loro uso spesso congiunto nell’attività industriale). Di seguito i risultati delle analisi, affidate al Laboratorio di Dolomiti Energia Holding S.p.A., rappresentate per tramite di quattro grafici di sintesi (Fig. 5). Si è infatti scelto di raggruppare i vari metalli in base all’ordine di grandezza delle concentrazioni rilevate, per rendere più leggibile la variabilità di ciascuno.







**Fig. 5.** Grafico delle concentrazioni giornaliere dei metalli a confronto con l'andamento della piovosità: il primo in alto per Al e Fe espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; poi il secondo per Mn, Pb, Cu, Zn sempre in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ma si osservi come in tal caso i valori stiano al di sotto di  $0.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; quindi il terzo per Cr e V sempre in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ma si osservi come i valori stiano al di sotto di  $0.009 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; e infine il quarto e ultimo per As, Cd, Ni espressi in  $\text{ng}/\text{m}^3$ . Non si è rappresentata la misura di V per il giorno 24 ottobre poiché completamente fuori scala e quindi probabilmente non attendibile.

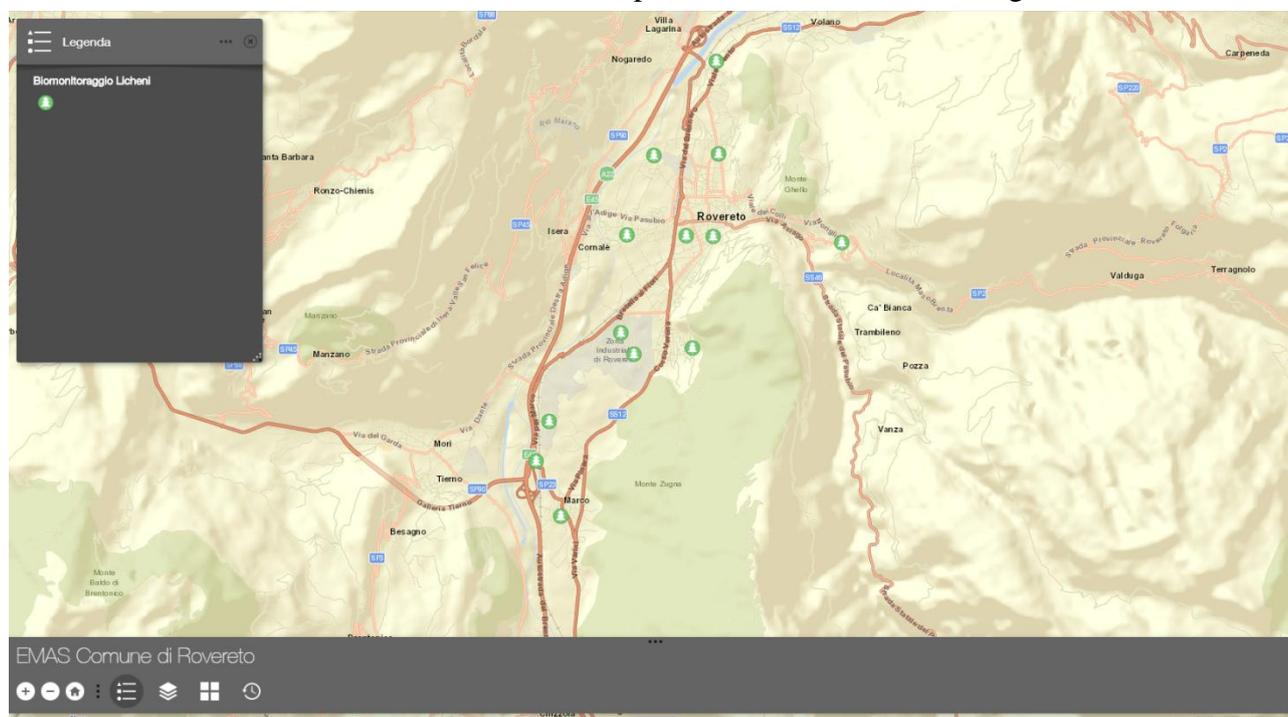
### Biomonitoraggio lichenico

Per la valutazione della qualità dell'aria in termini di inquinanti e polveri sottili la Fondazione MCR, dopo alcune applicazioni sviluppate negli anni 2000 avvalendosi di deposimetri e bioaccumulo lichenico (si veda R. Zorer, 2002), nel 2013-2014, in collaborazione col Dottor Juri Nascimbene, ha ripreso l'attività di ricerca partendo dal censimento delle stazioni di presenza nel territorio comunale roveretano del lichene *Xanthoria parietina* (lichene resistente che colonizza l'ambito urbano e ben si presta a studi di bioaccumulo). Su una selezione rappresentativa di queste stazioni sono stati effettuati a febbraio 2014 campionamenti di talli lichenici che, opportunamente predisposti, sono stati analizzati presso un laboratorio accreditato per la ricerca di metalli pesanti. Tale attività di campionamento e analisi è stata ripetuta tra febbraio e marzo 2016 affiancando per due mesi - nella stessa stazione - al lichene in posto anche talli di licheni espianati (*Pseudevernia furfuracea*) raccolti presso il Lago di Calaita. Queste due campagne hanno consentito di evidenziare alcune stazioni, tra Rovereto città e zona industriale, caratterizzate da un indice di alterazione maggiore rispetto alle altre; in particolare nel 2016 le stazioni potenzialmente più critiche sono risultate essere la 7, la 9, la 19 e la 20, per la relativa posizione si rimanda alla seguente Tab. 2.

ID	QUOTA (s.l.m.)	NOTE
2	234 m	Rovereto, Corso Bettini (dal civico 6 al 10)
7	191 m	Rovereto, parco San Giorgio, via Europa
8	192 m	Rovereto, Borgo Sacco, parco di fronte al complesso ex Manifattura
9	184 m	Rovereto, Viale dell'Industria
11	402 m	Rovereto, Noriglio, davanti alla Chiesa
12	191 m.	Rovereto, Sant'Illario, nel parcheggio ITIS
13	144 m	Rovereto, Marco, giardino esterno scuole elementari
14	236 m	Rovereto, Lizzana alta, giardini di Corna Calda
15	166 m	Rovereto, parcheggio della piscina
17	254 m	Rovereto, via Prima Armata, oratorio
18	164 m	Rovereto, Parcheggio A22; attiva dal 2016
19	180 m	Rovereto, Viale del Lavoro; attiva dal 2016
20	187 m	Rovereto, Via alle Fornaci; attiva dal 2016

**Tab. 2.** Distribuzione e posizione delle tredici stazioni per il monitoraggio lichenico del Comune di Rovereto.

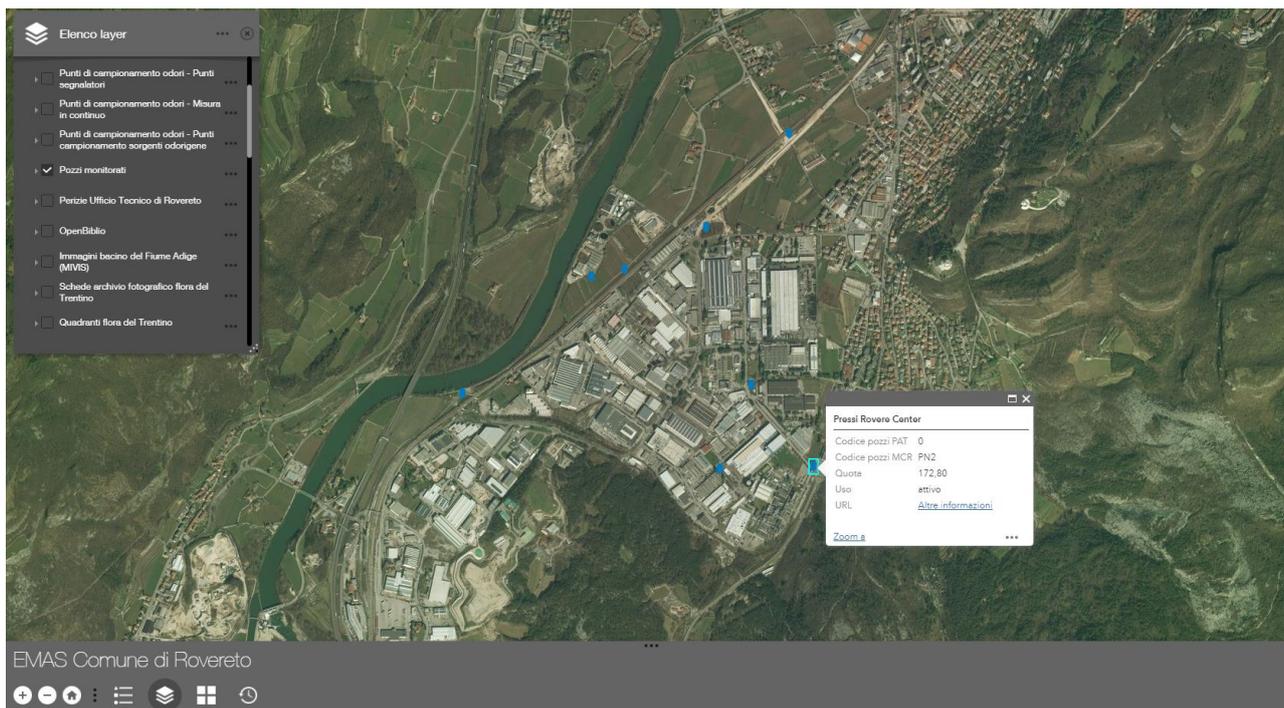
Dopo aver eseguito il 2 gennaio 2019 la raccolta dei talli lichenici di *Pseudevernia furfuracea* presso la località Lago di Calaita (difficoltosa per la poca abbondanza), il 21 gennaio 2019, si è proceduto alla loro esposizione nelle tredici stazioni roveretane usate nel 2016. Del materiale da Calaita una parte è stata conservata per usarla come bianco di riferimento. Il ritiro dei talli esposti nelle vie cittadine avverrà il 21 marzo, seguirà la predisposizione dei materiali per le analisi di laboratorio volte alla misura dei metalli pesanti di interesse e, su una selezione di stazioni (in base alla disponibilità residua di materiale lichenico esposto), di alcuni composti idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Le stazioni di biomonitoraggio lichenico e i relativi dati, espressi tramite indici sintetici di naturalità, alterazione e tossicità, sono disponibili on line sul sito EMAS del Comune all'interno della piattaforma WebGis (Fig. 6) da cui si può passare, cliccando sulla singola stazione, anche al database dedicato della Fondazione MCR, [http://www.fondazionemcr.it/extendedsearch\\_banchedati.jsp?id\\_schema=239&ID\\_LINK=114099&area=153](http://www.fondazionemcr.it/extendedsearch_banchedati.jsp?id_schema=239&ID_LINK=114099&area=153), in cui sono consultabili le schede complete di documentazione fotografica.



**Fig. 6.** Estratto dal WebGis collegato al sito EMAS del Comune di Rovereto; in evidenza il solo *layer* dedicato ai punti del tematismo “Biomonitoraggio licheni”.

### 2.3 Monitoraggio della prima falda

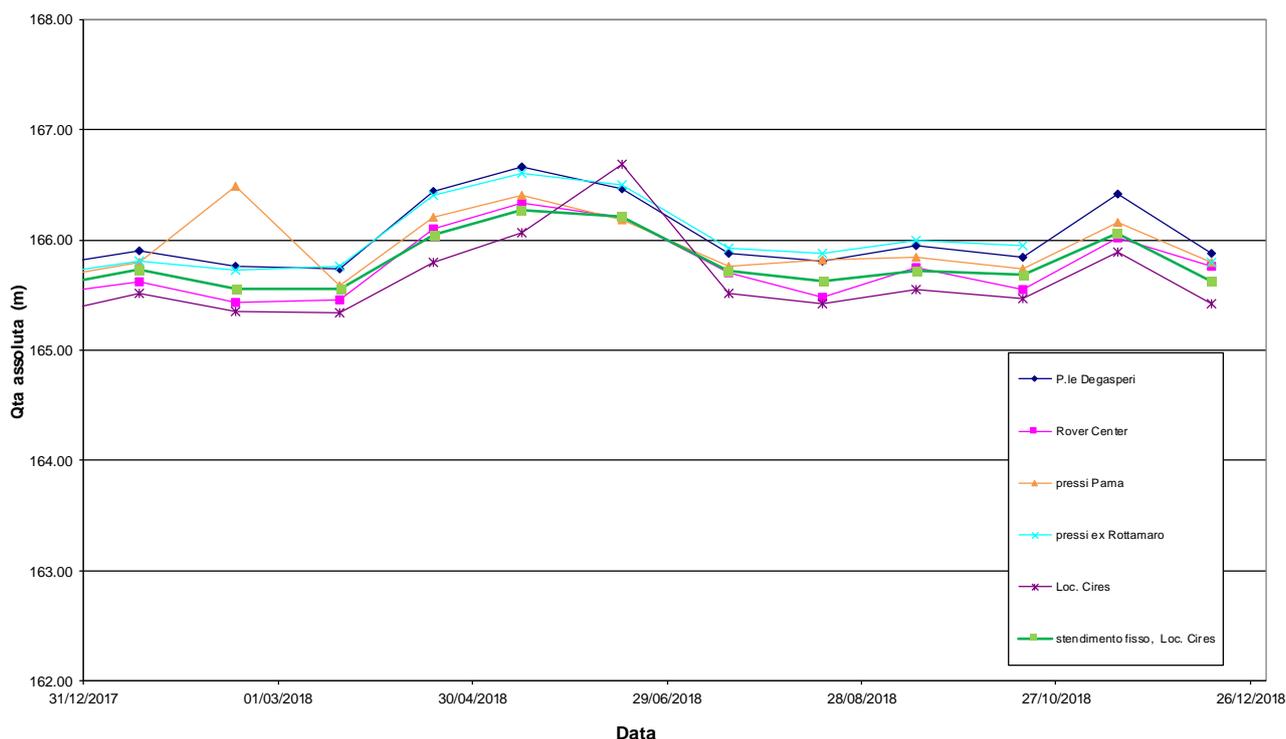
Dal 2004 l'andamento della tavola d'acqua della prima falda della zona industriale di Rovereto è monitorato dal Museo Civico per tramite di rilevazioni mensili su una serie di pozzi, una decina, individuati in proprietà sia privata che pubblica. Alcuni di questi sono divenuti nel tempo non più utilizzabili a causa, ad esempio, del loro ricoprimento a seguito di nuove opere di infrastrutturazione del territorio; è questo il caso dei due piezometri intercettati dalla bretella "Ai Fiori". La posizione dei punti usati per il controllo della falda è consultabile on line nel sito EMAS selezionando il relativo layer nella piattaforma WebGis (Fig. 7) dove è anche indicato se il pozzo è attivo o meno.



**Fig. 7.** Estratto dal WebGis collegato al sito EMAS del Comune di Rovereto; in evidenza il solo layer dedicato ai punti "Pozzi monitorati".

Nel 2018 questo lavoro di rilevazione mensile (grossomodo condotta a metà mese, in un unico giorno) della profondità della prima falda è proseguito su sei pozzi, distribuiti tra la porzione di monte della zona industriale (lungo e attorno il Viale del Lavoro nei pressi dell'azienda Pama, del Rovercenter e piazzale Degaspero) e quella di valle (ex Rottamaro e due in Loc. Cires), spostandosi verso l'asta del F. Adige.

I dati di quota assoluta della prima falda nei vari punti di misura, mese per mese, sono riportati nel grafico di Fig. 8. La tavola d'acqua, tra dicembre 2017 e dicembre 2018, ha oscillato mediamente attorno alla quota di 166 m s.l.m. (per la precisione attorno a 165.9 m s.l.m.) con una forte omogeneità nella risposta mensile fra i diversi punti di controllo, fatta eccezione per un paio di scostamenti attribuibili a effetti locali, come ad esempio per sfruttamento della falda. L'andamento generale che si legge riflette la dinamica stagionale della falda superficiale, con falda ribassata in inverno (minimo a fine inverno, verso metà marzo) quando gli apporti sono bloccati in quota sotto forma di neve, massimo in primavera (scioglimento delle coltri nevose) e quindi di nuovo minimo in estate (periodo di apporti meteorici scarsi o nulli) e un massimo in autunno, a novembre (ripresa eventi meteorici).



**Fig. 8.** Grafico dell'andamento della quota assoluta della falda freatica della piana alluvionale di Rovereto in pozzi di controllo distribuiti all'interno della zona industriale omonima.

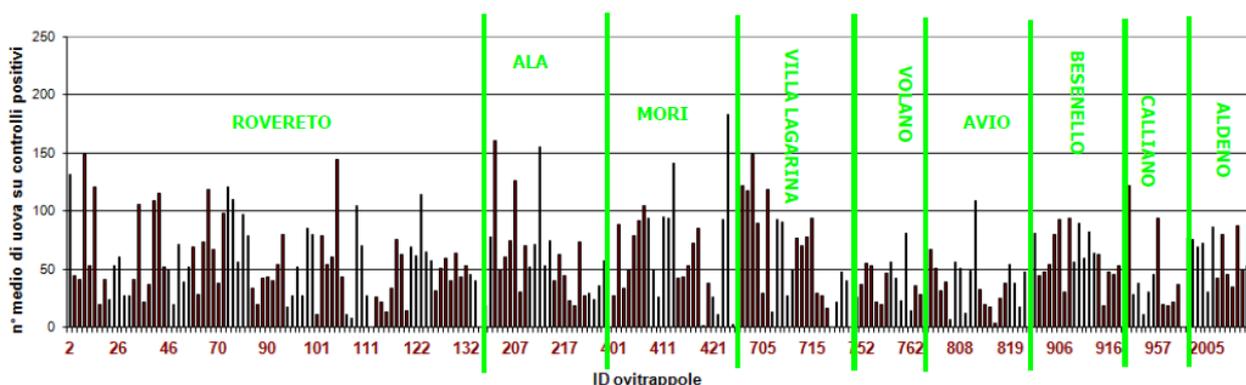
## 2.4 Monitoraggio entomologico della zanzara tigre

Dal 1997 il Museo Civico ha affiancato il Comune di Rovereto nel controllo della zanzara tigre al fine del contenimento dell'infestazione e della molestia oltre che del rischio sanitario. Nel 2018 l'attività di controllo di questo insetto di interesse sanitario è perseguita abbracciando, come avviene ormai dal 2011, anche i territori dei Comuni limitrofi, con un areale di studio che va da Aldeno a nord ad Avio a Sud. Gli esiti di questo lavoro, i raffronti con le stagioni precedenti e le valutazioni complessive sono in fase di organizzazione in una relazione dedicata. Per quanto attiene alle relazioni degli anni precedenti sono presenti e liberamente scaricabili dal sito curato dalla Fondazione MCR, [www.zanzara.fondazionemcr.it](http://www.zanzara.fondazionemcr.it), dedicato al progetto di monitoraggio della zanzara tigre, alla pagina dedicata:

[http://www.zanzara.fondazionemcr.it/zanz\\_context.jsp?ID\\_LINK=113248&area=227](http://www.zanzara.fondazionemcr.it/zanz_context.jsp?ID_LINK=113248&area=227)).

Il grafico seguente (Fig. 9), frutto delle rilevazioni dell'intera stagione di controllo (dal 15 maggio al 30 ottobre 2018 per venticinque settimane di controllo), mostra un andamento dell'infestazione in termini di intensità (espressa come numero medio di uova per ovitrappola positiva) molto variabile da Comune a Comune. I dati raccolti dal 2011 a oggi sono consultabili anche su piattaforma Webgis dove sono visibili tutti i punti di controllo (ovitrappole) utilizzati in questi anni o nell'archivio dedicato dove ogni ovitrappola è presente con la relativa scheda (<http://www.zanzara.fondazionemcr.it/>) mentre la selezione per il solo Comune di Rovereto è presente al link

[http://www.zanzara.fondazionemcr.it/zanz\\_extsearch.jsp?ID\\_LINK=113252&area=227&id\\_schema=92&C\\_OL0098=Rovereto,+](http://www.zanzara.fondazionemcr.it/zanz_extsearch.jsp?ID_LINK=113252&area=227&id_schema=92&C_OL0098=Rovereto,+)).



**Fig. 9.** Grafico del numero medio di uova su controlli positivi registrato per ciascun punto di controllo (ovitrappola) presente nei dieci Comuni indagati nel 2018. Complessivamente, da inizio maggio a fine ottobre 2018, si sono monitorate per 25 settimane quasi 200 ovitrappole, di cui oltre settanta nel comune di Rovereto, distribuite dal fondovalle fin sui versanti a costituire una rete a maglie fitte.

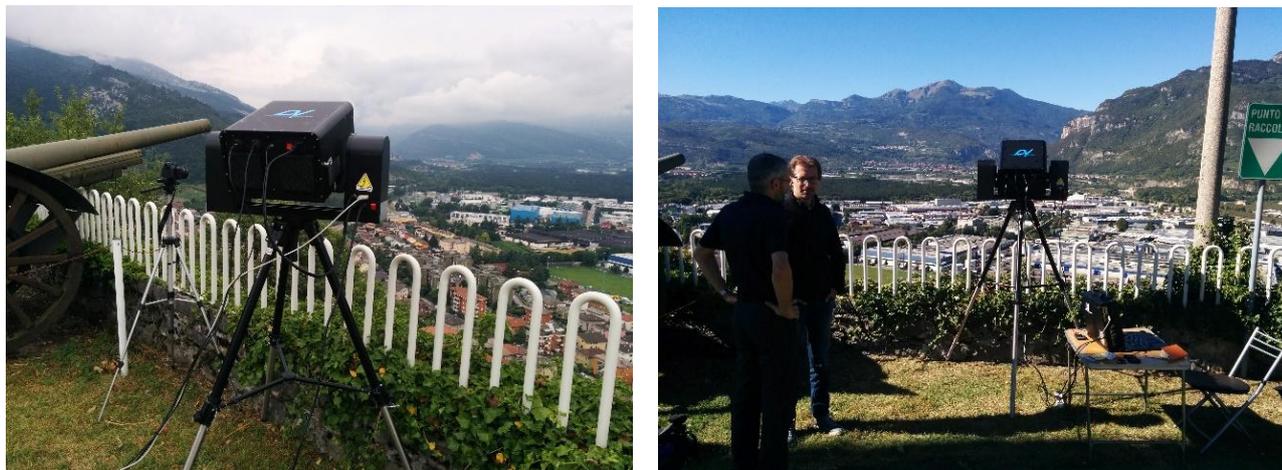
## 2.5 Monitoraggio della flora

Dal 1991 la Sezione di botanica del Museo Civico di Rovereto, oggi Fondazione, ha avviato il progetto di Cartografia Floristica del Trentino al fine di raccogliere dati distributivi di tutte le piante vascolari spontanee (autoctone, naturalizzate o casuali) su tutta la Provincia di Trento. L'attività di censimento, che considera gran parte della componente vegetale, ha considerato e coinvolto il territorio del Comune di Rovereto anche nel 2018, con più uscite per un totale di 771 record floristici raccolti.

## 2.6 Monitoraggio iperspettrale

Per un quadro generale ambientale, multi temporale, del territorio roveretano (vegetazione e indicazioni indirette sul primo sottosuolo; coperture e atmosfera) si sta invece sperimentando la possibilità di sfruttare la tecnologia iperspettrale raccogliendo da alcune postazioni (veri e propri affacci sulla valle) già individuate (Sacriario di Castel Dante; Lenzima di Isera; strada per lo Zugna all'altezza di Malga Tof) delle immagini rappresentative della zona di interesse. La strumentazione a disposizione (spettrometro HYPERSPECTRAL imaging system "PAN & TILT" for remote sensing, DV Optich) è equipaggiata con due sensori e consente di acquisire informazioni per immagini nelle bande di lunghezza d'onda 400-1000 nm e 900-1700 nm, vale a dire dal visibile al primo infrarosso. Il sistema è definito iperspettrale poiché è in grado di misurare oltre 100 bande spettrali grazie alla buona risoluzione spettrale (10 nm).

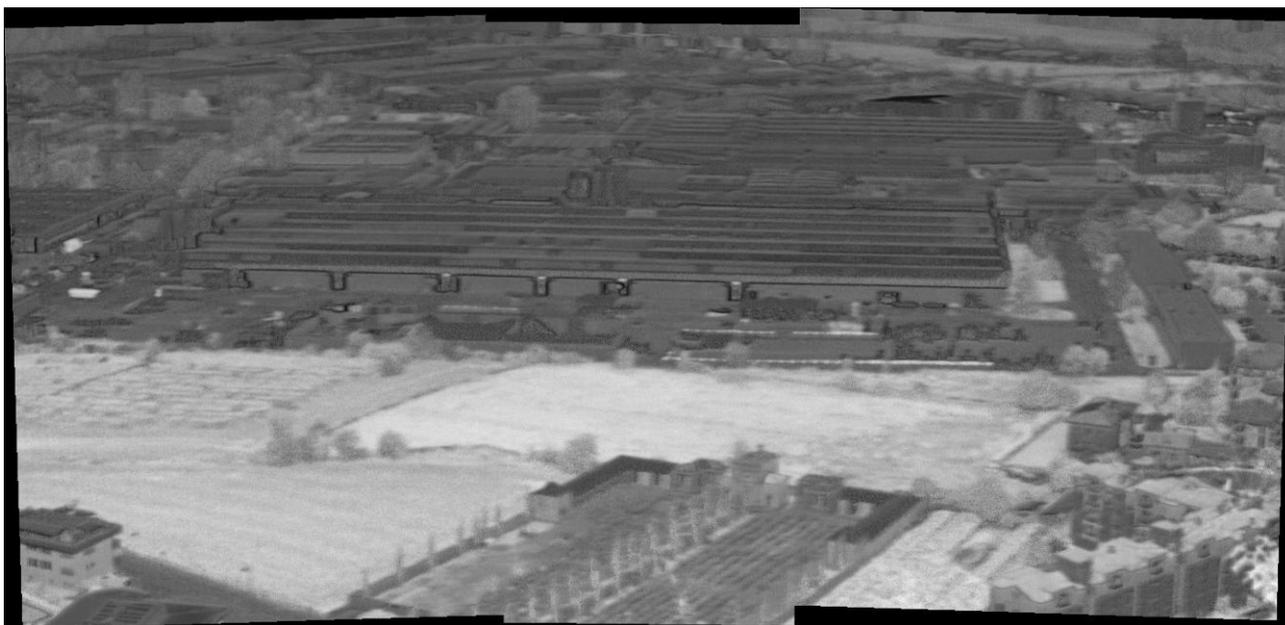
Nel 2018 si sono effettuate due campagne di rilevazione (Fig. 10), l'11/07 e il 25/09, usando in entrambi i casi la postazione presso l'area verde all'esterno del Sacriario militare di Castel Dante (accessibile solo previa autorizzazione e in giorno concordato) e il 25/09 anche quella dello Zugna. A luglio le condizioni meteo-climatiche sono risultate non buone (la giornata era stata individuata in periodo analogo a quella effettuata nel 2017 e quindi fissata con il Direttore del Sacriario, Ten. Col. Giuseppe Margon) mentre a settembre la giornata fissata era tersa.



**Fig. 10.** Sopra, la strumentazione iperspettrale in fase di rilevazione immagini della zona industriale roveretana dalla postazione del Sacario Militare di Rovereto l'11 luglio 2018 (a sinistra) e il 25 settembre 2018 (a destra). Sotto invece la strumentazione in fase di misura dalla postazione lungo la strada che sale sullo Zugna, il 25 settembre 2018.



Si propongono di seguito (Figg. 11÷19) alcuni esempi di elaborazione usando i dati raccolti con tecnica iperspettrale. Si tratta di elaborazioni mutuare dal telerilevamento facendo ricorso ai concetti di tessitura, stato delle superfici, stato vegetazionale, etc. al fine di ottenere un quadro informativo delle condizioni del territorio alla data della ripresa e confrontabile nel tempo.



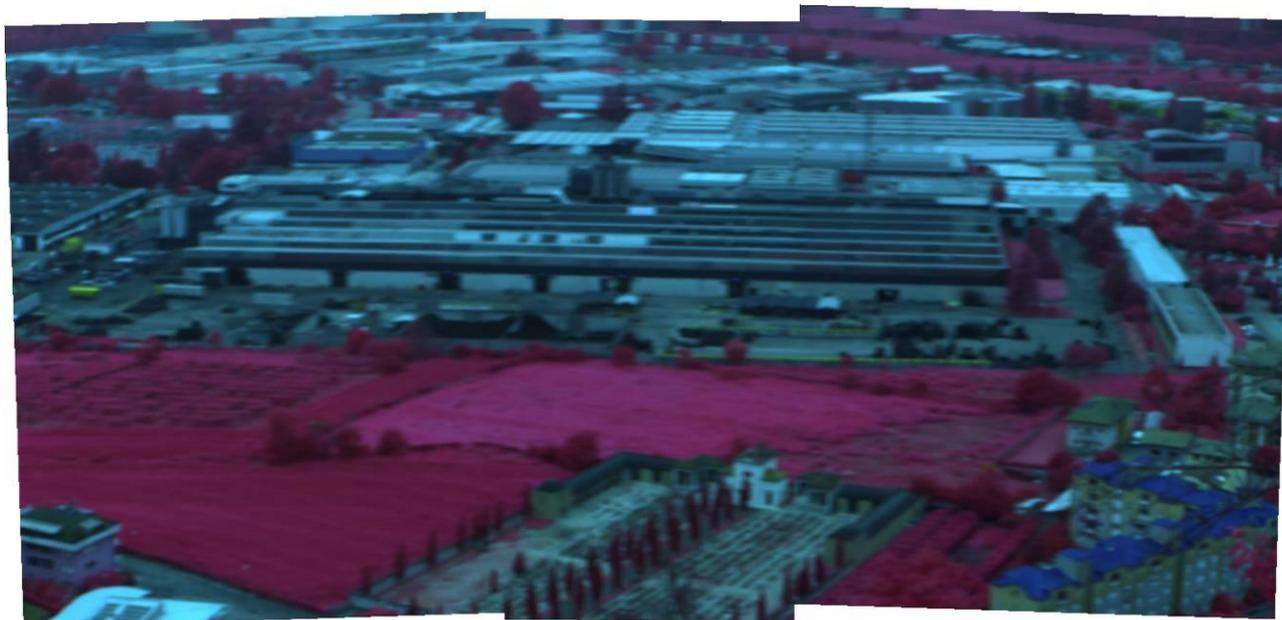
**Fig. 11.** Mosaico di immagini (luglio 2018, postazione Sacratio Castel Dante) nel visibile dove si rappresentano, in toni di grigio, differenti classi di superfici. È il risultato del confronto fra i parametri di luminanza e di brillantezza. La luminanza, detta anche albedo, è rappresentativa dell'energia complessivamente riflessa da una superficie mentre la brillantezza è l'intensità massima dei componenti della radiazione visibile analizzata.



**Fig. 12.** Rappresentazione come mosaico di immagini (luglio 2018, postazione Sacratio Castel Dante) del parametro INDV (Normalized density vegetation index), ottenuto come rapporto fra differenza e somma di infrarosso e rosso (fra 760 e 730 nm e 660 e 630 nm). Le superfici inerti sono rappresentate col nero mentre lo stato della vegetazione comprese alterazioni nella copertura vegetale sono esaltate in toni di grigio via via più chiari (grigio chiaro corrisponde allo stato vegetativo migliore). Questa elaborazione consente anche di fare considerazioni sulla situazione del primo sottosuolo in termini di disomogeneità da cui dipende (granulometria e struttura del terreno, capacità di trattenere l'umidità) la risposta vegetazionale. Ad esempio individuare strutture sepolte naturali (paleoalvei) e artificiali (resti archeologici, sottoservizi, riporti, ...).



**Fig. 13.** Mosaico di immagini (luglio 2018, postazione Sacratio Castel Dante) costruito combinando in sintesi additiva le seguenti tre bande: blu, 450-460; verde, 550-560 e rosso, 630-640 nm. Usando volutamente tre bande strette (vale a dire ampie solo 10 nm) rispetto ai 100 nm di una immagine a colori convenzionale si ottiene un'immagine dalla risoluzione radiometrica, e quindi dal contrasto cromatico, molto spinta, con maggior dettaglio per il fotointerprete.



**Fig. 14.** Mosaico di immagini (luglio 2018, postazione Sacratio Castel Dante) corrispondente alla ripresa precedente ma in falso colore ottenuto quindi combinando in sintesi additiva le seguenti tre bande: verde, 550-560 e rosso, 630-640 nm e primo infrarosso, 730-740 nm. Questa operazione consente di esaltare, in maniera diversa rispetto all'NDVI, la parte vegetata.



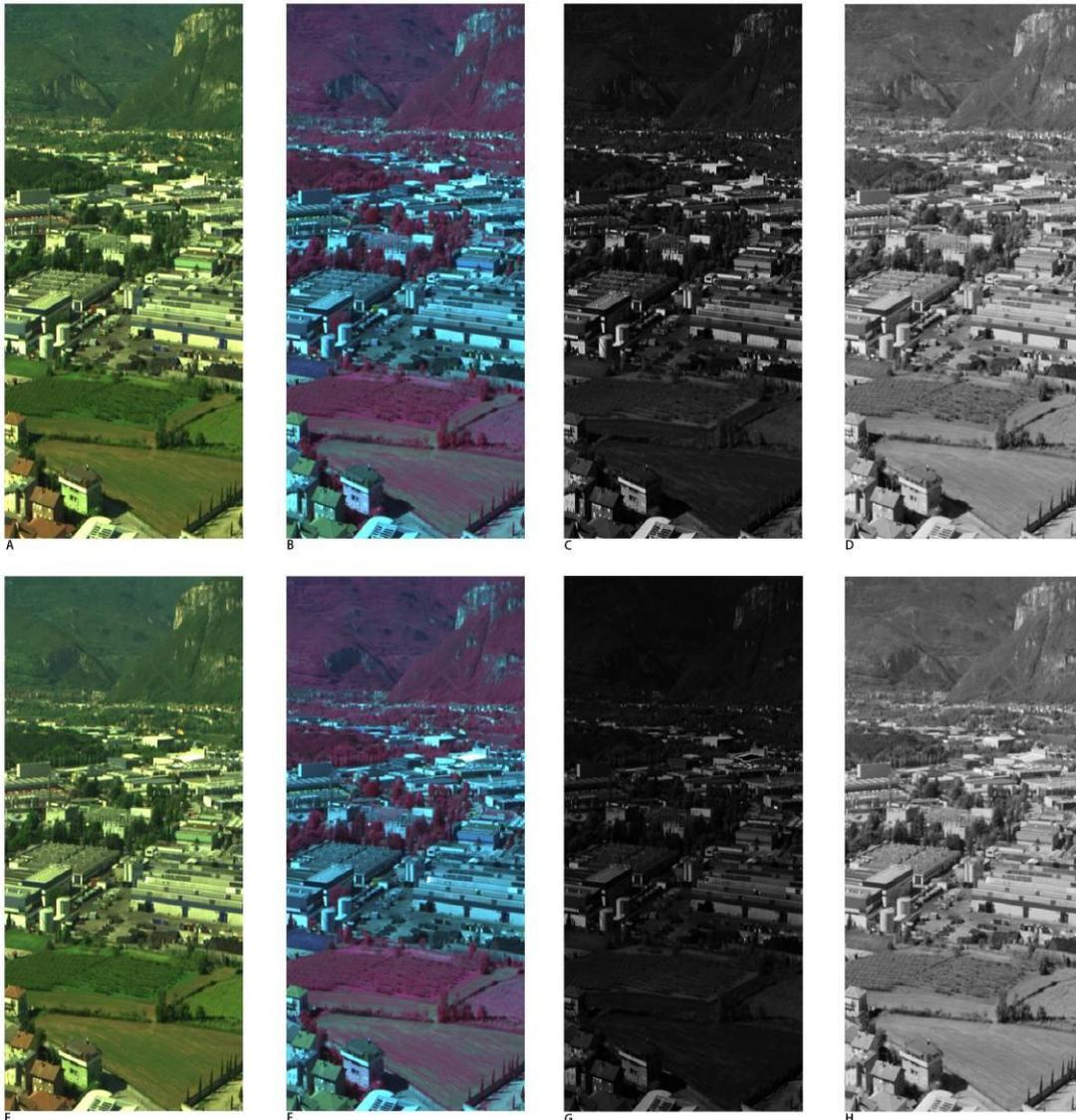
**Fig. 15.** Composizione di immagini di settembre 2018 (postazione Sacratio Castel Dante) ciascuna identificata da una lettera (in basso a sinistra) e rappresentante rispettivamente:

- A. sintesi a colori reali delle bande (centro) 450,550,650 nm;
- B. sintesi in falsi colori delle bande (centro) 550, 650, 700 nm;
- C. confronto di due intervalli nel visibile, tra 650 e 450 nm, reso in toni di grigio;
- D. confronto di due intervalli nel primo infrarosso, tra 650 e 700 nm, reso in toni di grigio;
- E. saturazione,  $S_1^1$ , come dal modello HLS<sub>1</sub> (tinta, luminanza e saturazione) della sintesi di immagine A;
- F. saturazione,  $S_2^2$ , dal modello HSB<sub>2</sub> (tinta, saturazione, brillantezza) della sintesi di immagine B.

Questo quadro risulta interessante supporto per lo studio delle caratteristiche dell'ambiente costruito o, in generale, inerte. L'obiettivo è quello di disporre di dati utili per considerazioni sulla zona industriale, in particolare per coperture, pareti e strade.

<sup>1</sup> Dove  $S_1 = 255 (1 - (\min(B,V,R))/(B+V+R))$

<sup>2</sup> Dove  $S_2 = 255 (1 - (\min(B,V,R))/\max(B,V,R))$



**Fig. 16.** Confronto della stessa inquadratura (settembre 2018 postazione Sacratio Castel Dante) acquisita in orari diversi (A, B, C, D alle ore 10.50 mentre le corrispondenti E, F, G, H alle ore 11.25), resa rispettivamente come:

- A, E.** sintesi additiva a colori reali delle bande (centro) 450,550,650 nm;
- B, F.** sintesi additiva in falsi colori delle bande (centro) 550, 650, 700 nm;
- C, G.** contrasto spettrale, somma di  $|b_n - b_{n+1}|$ , da 450 nm a 750 nm con passo 50 nm;
- D, H.** centro di radianza reso come baricentro della riflettanza:  $\sum_i ((L_i \times B_i)/B_i)$  con:  $L_i = 40, 80, 120, 160, 200, 240$  e  $B_i = 450 \text{ nm}, 500 \text{ nm}, 550 \text{ nm}, 600 \text{ nm}, 650 \text{ nm}, 700 \text{ nm}, 750 \text{ nm}$ .

Scopo del confronto (Figg. 16 e 17) in orari diversi di immagini rilevate in differenti intervalli spettrali è l'analisi della riflettanza delle superfici stimulate dalla diversa intensità dell'ultravioletto. Imponendo la stessa risposta nel visibile su un dato bersaglio (corpo "nero" e corpo "bianco" diffusore), le variazioni rilevate (I, L, M, N) si possono accogliere come informazione additiva (dove il grigio è più scuro non è cambiato nulla o molto poco nell'arco dell'ora di osservazione, altrove invece, al di là dei picchi luminosi dovuti a trascinarsi di ombre e spigoli, si evidenziano variazioni potenzialmente interessanti dovute a luminescenza per eccitazione da ultravioletto). La variazione di riflettanza viene messa in relazione alla stimolazione di luminescenza indotta dal diverso contenuto di ultravioletto dell'irraggiamento solare al variare dell'ora. La Fig. 17 offre un

altro esempio di descrizione dell'area indagata attraverso l'individuazione di diverse classi di risposta.



**Fig. 17.** Partendo dalla Fig. 16, la stessa inquadratura è resa come:

**I.** differenza della saturazione,  $S_2$  (dal modello HSB), delle sintesi additive di A e E;

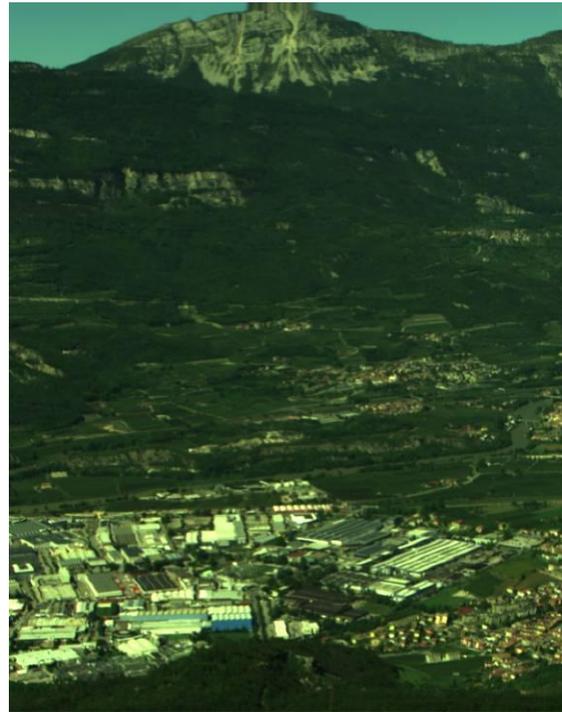
**L.** differenza della saturazione  $S_2$  (dal modello HSB) delle sintesi additive di B e F;

**M.** logaritmo del confronto fra la matrice-immagine C e G, quindi confronto fra il contrasto spettrale delle ore 10.50 e 11.25;

**N.** confronto fra la matrice-immagine D e E, quindi confronto fra i centri di radianza calcolati dalle riprese delle ore 10.50 e 11.25.



**Fig. 18.** Immagine in scala di grigi rappresentante il centro di radianza ottenuto con un passo di 20 nm partendo da una serie di riprese (settembre 2018, postazione Monte Zugna) nel visibile e primo infrarosso (fra 430 e 760 nm). In tal caso i toni di grigio corrispondono alla lunghezza d'onda prevalente e crescono (da più scuri a più chiari) verso la lunghezza d'onda maggiore. Si può così notare come la risposta prevalente della zona industriale sia nell'infrarosso prossimo. Si tratta di un'ulteriore tipo di elaborazione possibile, utile per il lavoro di fotointerpretazione.



**Fig. 19.** In entrambe le immagini, relative a due differenti angolature di presa della sessione di misura di settembre 2018 dalla postazione Monte Zugna, si rappresenta la sintesi additiva a colori delle bande spettrali 460 nm, 550 nm e 640 nm.

Il dato iperspettrale, il cui valore aggiunto sta – oltre che nella sua ricchezza e articolazione di informazione grazie alla ampia banda elettromagnetica esplorata – nell’approccio multi temporale con cui è acquisito, vale a dire nella ripetizione nel tempo a costruire una vera e propria serie storica, è a disposizione di privati e professionisti per elaborazioni mirate o per la risoluzione di problematiche specifiche.

#### **4. Conclusioni**

Quanto qui sinteticamente descritto è andato a costituire il tassello più recente di un impianto conoscitivo multitemporale e interdisciplinare della situazione del territorio roveretano; strumento informativo utile per gli amministratori ma a disposizione anche della cittadinanza interessata alle tematiche ambientali.

Le ricerche svolte negli anni vanno a costruire una serie storica informatizzata costituita da una mole di dati imponente che consente la valutazione comparata di aspetti diversi tra loro potenzialmente connessi.

Per il futuro si ritiene importante continuare su questa strada, potenziando ulteriormente le linee di monitoraggio collegate alla qualità dell'aria, integrando biomonitoraggio e misura delle polveri da un lato e mappatura degli odori dall'altro.

#### **Ringraziamenti**

Si ringrazia il Direttore del Sacratio Militare di Asiago, Tenente Colonnello Giuseppe Margoni, Ministero della Difesa, Commissariato Generale per le Onoranze ai Caduti, per aver autorizzato l'accesso, in due distinte occasioni, allo spazio esterno del Sacratio Militare di Rovereto per l'esecuzione delle riprese iperspettrali. Si ringraziano anche gli addetti alla custodia per la disponibilità dimostrata.

Si ringrazia l'Unità Organizzativa Aria, Agenti Fisici e Bonifiche di Appa nella figura del Sostituto Direttore Gabriele Tonidandel e del Funzionario Elisa Mallocci, per aver curato il condizionamento dei filtri utilizzati nella sessione di campionamento polveri sottili di ottobre 2018, per gli utili e fattivi consigli tecnici e ancora, per aver fornito i dati delle polveri sottili nelle finestre temporali di interesse rilevate dalla stazione APPA collocata in centro a Rovereto.

Si ringraziano il Dottor Franco Finotti e il Dottor Arnaldo Tonelli per aver messo a disposizione a titolo gratuito esperienza e tempo, per lo svolgimento della sessione di acquisizione iperspettrale di luglio 2018 (F. Finotti; A. Tonelli) e di settembre 2018 (A. Tonelli), e per le fasi di analisi dei dati (A. Tonelli).

Si ringraziano, per il Laboratorio di Dolomiti Energia Holding S.p.A., Marianna Gabrielli e Marco Visintainer, per la estrema gentilezza e disponibilità, oltre che professionalità, anche nel fornire informazioni e supporto.