

# FIBRE DI AMIANTO IN AMBIENTE ESTERNO, UNO STUDIO ARPAE

IN ASSENZA DI RIFERIMENTI NORMATIVI SEPCIFICI SUL MONITORAGGIO DELLE FIBRE DI AMIANTO IN AMBIENTE OUTDOOR, ARPAE EMILIA-ROMAGNA HA CONDOTTO UNO STUDIO PER VALUTARE E MISURARE L'EVENTUALE PRESENZA DEL PERICOLOSO INQUINANTE IN ATMOSFERA, STABILENDO MODALITÀ DI PRELIEVO E PARAMETRI STRUMENTALI E ANALITICI.

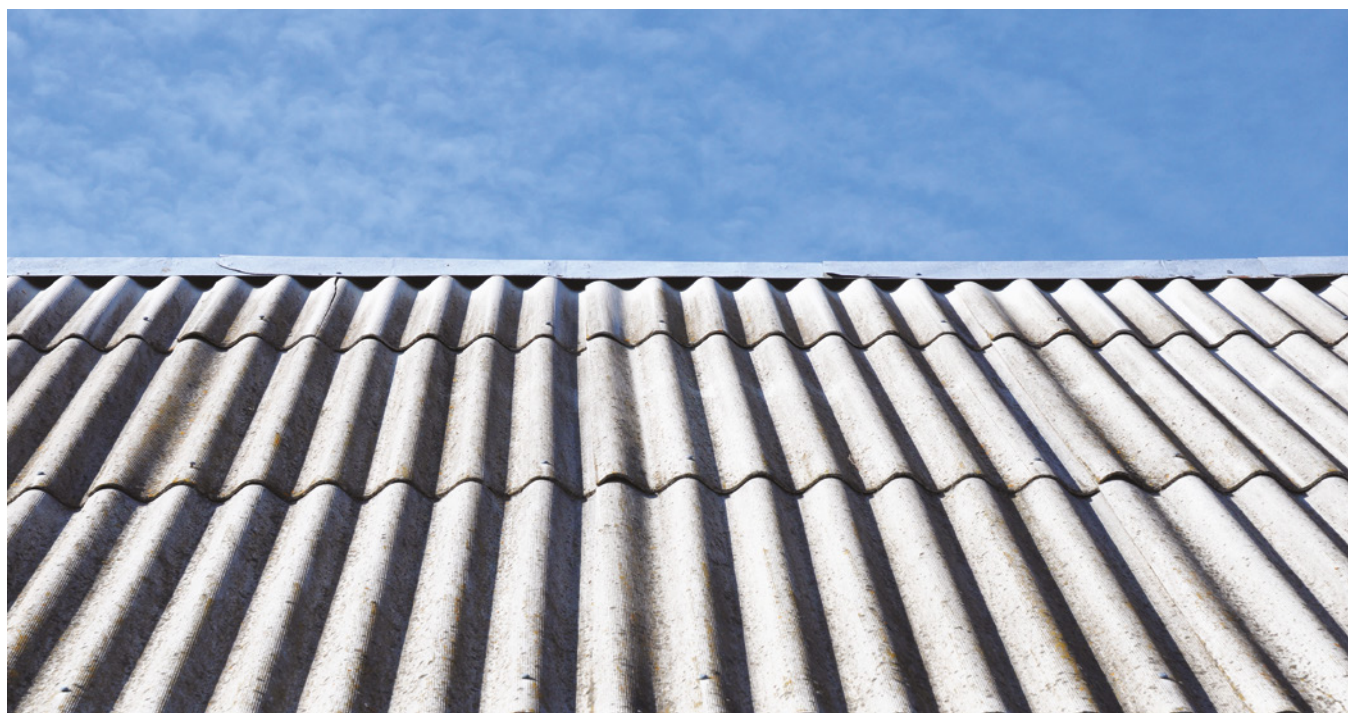
**L**e fibre di amianto rilevate nell'aria possono avere origine da sorgenti naturali sia antropiche. La presenza di amianto può derivare infatti da operazioni quali la rimozione, trasporto e stoccaggio di materiali contenenti amianto, siti contaminati e discariche, cave e movimentazione di materiali naturali estratti o da situazioni straordinarie come incendi, eventi atmosferici estremi, terremoti ecc. In tutti questi casi può accadere che le fibre di amianto si disperdano nell'aria.

## Piano regionale di protezione dall'amianto

La Regione Emilia-Romagna ha acquisito una conoscenza complessiva del proprio rischio amianto grazie al Piano regionale di protezione dall'amianto del 1996, integrato con l'attuazione del progetto "Mappatura amianto" adottato con Dgr n. 1302 del 2004. È infatti noto che in Emilia-



FIG. 1 STAZIONI DI MONITORAGGIO A REGGIO EMILIA  
Ubicazione delle centraline per la qualità dell'aria a Reggio Emilia utilizzate per il prelievo per l'analisi delle fibre di amianto in ambiente outdoor.



Romagna, come peraltro in molte zone d'Italia, è presente una notevole quantità di manufatti contenenti amianto (Mca) che con l'uso e l'invecchiamento possono rilasciare fibre nell'ambiente. Tuttavia a oggi non esistono specifiche norme europee o nazionali che indichino concentrazioni limite, né che definiscano la procedura di campionamento e analisi dei livelli di fibre di amianto in aria *outdoor*. Una valutazione può essere effettuata per confronto con il valore consigliato dall'Organizzazione mondiale della sanità, che dovrebbe essere inferiore a 0,1-1 fibra/litro (Who, *Air quality guidelines for Europe, 2nd edition*, 2000, [www.who.int/publications/item/9789289013581](http://www.who.int/publications/item/9789289013581)), valore tratto da studi di esposizione.

## Studio sulle fibre di amianto in ambiente outdoor

Sulla scorta di quanto sopra, il laboratorio di Arpa Emilia-Romagna che si occupa di misurare la presenza delle fibre di amianto in varie matrici ambientali e anche aria-ambiente ha svolto uno studio basato su 2 campagne nel periodo maggio-giugno 2015 con prelievi di fibre aerodisperse in aria di durata settimanale (24 ore al giorno per l'intera settimana)



TAB. 1  
MODALITÀ DI  
CAMPIONAMENTO

Specifiche tecniche degli strumenti e delle modalità di campionamento delle fibre amianto in ambiente outdoor.

Strumenti	Specifiche tecniche
Filtri di prelievo	membrana in policarbonato da 0,8 microm di porosità, 47 mm di diametro (per il deposito usare la faccia più lucida)
Portafiltri	portafiltri a 47 mm con supporto metallico filtrante
Preparazione del filtro	è altamente consigliato il posizionamento del filtro nel portafiltri in laboratorio
Pompa	deve essere in grado di garantire un flusso costante
Flusso di prelievo	Il flusso di prelievo è stato impostato a 10 l/m e mantenuto costante grazie a un controllo elettronico operato dallo strumento stesso con una incertezza non superiore al 2%, grazie al controllo continuo della variazione di pressione che avviene sul filtro ( <i>pressure drop on filter</i> ) oltre che della pressione atmosferica, temperatura e umidità
Volume di aria da prelevare	il metodo prevede un volume minimo di campionamento pari a circa 14.000 litri, su di un'area effettiva di 1.256 mm <sup>2</sup> (diametro effettivo di 40 mm). Per evitare l'eccessivo intasamento della membrana che potrebbe verificarsi nel periodo invernale in territori caratterizzati da elevate concentrazioni di particolato atmosferico come in pianura Padana si consiglia infatti di campionare non più di 14.000 - 15.000 l
Tempo di campionamento	Campionamento sequenziale continuativo di 24 ore per 7 giorni
Geometria di campionamento	Testa di prelievo senza taglio dimensionale a una altezza di 1,80 metri

Data	Velocità del vento (m/s)	Umidità relativa (%)	Temperatura (°C)	Precipitazione (mm)
12/05/2015	1,69	47,58	22,11	0
13/05/2015	1,49	39,88	23,31	0
14/05/2015	1,65	43,71	23,55	0,2
15/05/2015	2,62	80,71	18,07	7,6
16/05/2015	1,64	77,50	17,45	1,6
17/05/2015	1,30	60,25	22,06	0
18/05/2015	1,53	57,71	22,49	0
19/05/2015	1,65	49,96	22,97	0

TAB. 2 PRIMA CAMPAGNA  
Dati meteo rilevati durante la prima campagna di campionamento.

Data	Velocità del vento (m/s)	Umidità relativa (%)	Temperatura (°C)	Precipitazione (mm)
27/06/2015	1,78	48,79	25	0
28/06/2015	1,58	53,54	25,16	0
29/06/2015	1,86	51,42	24,88	0
30/06/2015	1,83	48,75	25,62	0
01/07/2015	1,55	45,96	27,19	0
02/07/2015	1,53	44,79	28,41	0
03/07/2015	1,77	47,5	29,08	0
04/07/2015	1,50	45	29,8	0

TAB. 3 SECONDA CAMPAGNA  
Dati meteo rilevati durante la seconda campagna di campionamento.

ciascuno. Le indagini sono state effettuate a Reggio Emilia campionando presso le stazioni di monitoraggio per la qualità dell'aria di "S. Lazzaro" e "Viale Timavo", indicate rispettivamente come stazione di fondo urbano e stazione di traffico (figura 1). La scelta di utilizzare le stazioni di monitoraggio per la qualità dell'aria è stata fatta per poter paragonare il livello di esposizione negli stessi luoghi in cui sono analizzati gli inquinanti tipici per la qualità dell'aria e dove si rilevano anche i parametri meteorologici. Scopo dello studio è stato innanzitutto definire il limite di rilevabilità e incertezza di misura del metodo analitico, nonché valutare il potenziale livello di esposizione in base al limite di rilevabilità fissato a una concentrazione inferiore a 0,1 fibre/litro (ff/l). Il limite di rilevabilità (*detection limit*) corrisponde al valore minimo rilevabile con lo strumento o sensibilità strumentale. Quando il risultato dell'analisi su un campione è inferiore al limite di rilevabilità, il dato è indicato con concentrazione <0,09 ff/l. È

importante che il limite di rilevabilità sia determinato per ogni singola analisi in funzione dei volumi di aria campionati, anche quando non si rilevi la presenza di fibre. Oltre al limite di rilevabilità è importante che sia indicata l'incertezza di misura espressa all'interno di un intervallo di confidenza prestabilito. Il calcolo dei limiti fiduciari della tecnica Sem è stato effettuato secondo la UNI EN ISO 16000 - 7:2008.

### Le campagne di monitoraggio a Reggio Emilia

In mancanza di un supporto normativo specifico per il monitoraggio in aria ambiente dell'amianto è stato preso a riferimento l'allegato 2 metodo B del Dm 6 settembre 1994 - *microscopia elettronica su campionamenti indoor di breve durata*. Per eseguire i prelievi di aria ambiente, 24 ore al giorno su sette giorni consecutivi, è stata utilizzata la

strumentazione presente in una stazione di misura per esterni per il monitoraggio continuo del particolato atmosferico con membrana filtrante (diametro 47 mm). Nella *tabella 1* sono indicate le modalità di campionamento.

Il prelievo è stato impostato in modo tale da raccogliere il volume di aria campionabile il più elevato possibile, compatibilmente con le condizioni di polverosità ambientale. Questo è stato stabilito sulla base del fatto che verosimilmente la concentrazione di fibre aerodisperse sia piuttosto bassa. I campioni ottenuti sono stati osservati con la tecnica della microscopia elettronica a scansione (Sem) e dotata di microanalisi Edx per valutare la composizione delle particelle prelevate presso il laboratorio di Arpa. L'indagine è stata condotta tenendo conto anche dei dati meteo rilevati dalle stazioni meteorologiche dell'Agenzia per l'ambiente emiliano-romagnolo. Il campionamento è stato eseguito in postazioni di fondo ambientale in modo da restituire dati affidabili per una valutazione dell'esposizione della popolazione in assenza di sorgenti note nelle immediate vicinanze. Per il progetto sono stati campionati in media 14.400 litri di aria su filtri con area effettiva di prelievo di 1.256 mm<sup>2</sup> che corrispondono a circa 11,5 l/mm<sup>2</sup>. Insieme al valore calcolato è infine stata fornita l'incertezza complessiva della metodica adottata espressa come intervallo di confidenza del 95% che rappresenta un indice della variabilità statistica della misura.

### Inquadramento meteo

Per lo studio condotto sulla determinazione delle fibre di amianto sospese in aria, il parametro meteorologico di maggior interesse è la velocità del vento, poiché può agire sul risolleamento di fibre solide sospese dal sistema di campionamento utilizzato durante il prelievo. Nelle *tabelle 2 e 3* si riportano i dati meteorologici rilevati nelle settimane di campionamento (velocità del vento, umidità relativa, temperatura e precipitazioni). Si precisa che l'influenza della pioggia su questa tipologia di rilevamenti non è ancora sufficientemente documentata: precipitazioni abbondanti sono spesso favorevoli alla diminuzione delle polveri sospese, ma da alcuni recenti studi è emersa l'ipotesi che la pioggia produca un'azione meccanica sulla superficie del materiale contenente amianto favorendone la disgregazione.

Data	Concentrazione ff/mm <sup>2</sup>	Concentrazione ff/l	Limite di quantificazione ff/l	Intervallo fiduciario* ff/mm <sup>2</sup>	Intervallo fiduciario ff/l
12/05/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
13/05/2015	<b>0,5</b>	<b>0,04</b>	0,09	<b>0-4,66</b>	<b>0-0,41</b>
14/05/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
15/05/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
16/05/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
17/05/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
18/05/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
19/05/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26

\* Il calcolo dei limiti fiduciari della tecnica Sem è stato effettuato secondo la UNI EN ISO 16000-7:2008

TAB. 4 S. LAZZARO

Dati concentrazione fibre di amianto nella stazione di fondo urbano S. Lazzaro.

Data	Concentrazione ff/mm <sup>2</sup>	Concentrazione ff/l	Limite di quantificazione ff/l	Intervallo fiduciario* ff/mm <sup>2</sup>	Intervallo fiduciario ff/l
27/06/2015	<b>0,3</b>	<b>0,03</b>	0,09	<b>0-4,34</b>	<b>0-0,38</b>
28/06/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
29/06/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
30/06/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
01/07/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
02/07/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
03/07/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
04/07/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26

\* Il calcolo dei limiti fiduciari della tecnica Sem è stato effettuato secondo la UNI EN ISO 16000-7:2008

TAB. 5 VIALE TIMAVO

Dati concentrazione fibre di amianto nella stazione di traffico V.le Timavo.

## Analisi della concentrazione in aria di fibre di amianto normate

In tutto sono stati letti con il microscopio elettronico a scansione 300 campi a 3.000 ingrandimenti. Il risultato finale viene espresso in termini di numero di fibre per unità di volume di aria e l'unità di misura utilizzata per esprimere la concentrazione in aria delle fibre di amianto aerodisperse è fibre/litro.

Nelle *tabelle 4 e 5* sono riportati i risultati delle concentrazioni di fibre amianto disperse in ambiente rilevate durante lo studio. Per entrambe le due stazioni di monitoraggio prese a riferimento si è rilevata la presenza di fibre superiore al *detection limit* ma inferiore al limite stabilito dall'Organizzazione mondiale della sanità.

**Tiziana Bacci, Federica Paoli,  
Stefano Forti, Adriano Fava<sup>1</sup>**

Arpa Emilia-Romagna

1. Già responsabile laboratorio multisito sede secondaria Reggio Emilia

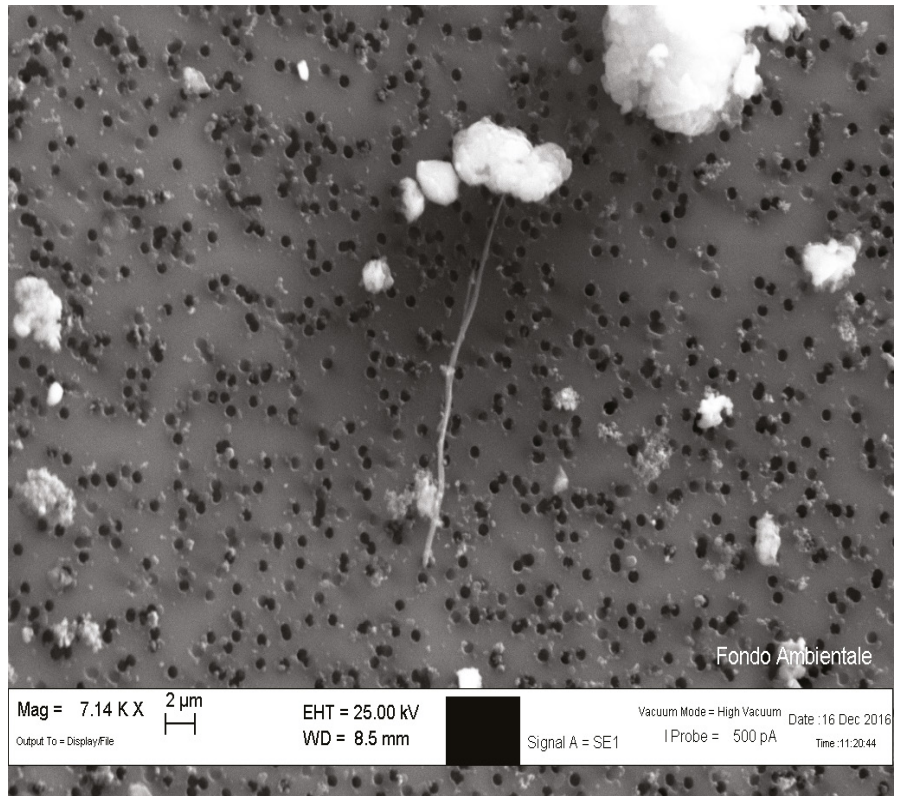


FIG. 2 SEM/EDX  
Fibre di amianto visibili al microscopio a scansione elettronica.



# QUALITÀ DELL'ARIA E SENSORI SMART, QUALE AFFIDABILITÀ

NELL'ULTIMO DECENNIO SONO COMPARI SUL MERCATO STRUMENTI PER LA MISURAZIONE DI INQUINANTI NELL'ARIA A BASSO COSTO E DI SEMPLICE UTILIZZO, IMPIEGATI SOPRATTUTTO IN PROGETTI DI RICERCA E ATTIVITÀ DI CITIZEN SCIENCE. TUTTAVIA I RISULTATI DEVONO ESSERE OPPORTUNAMENTE CONFRONTATI E TARATI RISPETTO A STRUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.

**I**l monitoraggio della qualità dell'aria è regolato dalla direttiva europea 2008/50/CE, con le successive modifiche e recepimenti da parte degli Stati membri, che definiscono anche i metodi di misura di riferimento che devono essere utilizzati, basati su norme tecniche internazionali emanate dagli enti di standardizzazione.

Nell'ultimo decennio sono comparsi sul mercato strumenti basati su metodologie alternative che, essendo a costo largamente inferiore a quelli di riferimento, sono stati impiegati in progetti di ricerca e attività di *citizen science* che hanno coinvolto istituti di ricerca, associazioni ambientaliste e cittadini, con ampia produzione di rapporti e di lavori di letteratura scientifica. Questi sensori, chiamati *smart sensor* (Ss) presentano anche ulteriori vantaggi, quali le dimensioni e il peso contenuti, il basso consumo di energia necessaria al funzionamento e l'apparente facilità di uso, che ne ha consentito l'utilizzo anche alle persone non esperte di tali tecnologie né di monitoraggio della qualità dell'aria o delle relative analisi dei dati.

Tuttavia l'uso di tali sensori presenta anche degli svantaggi. Nonostante il dispositivo di rilevazione, cuore dello *smart sensor*, sia il medesimo impiegato da diverse case produttrici, i risultati non sono confrontabili a causa della differenza dei metodi di taratura e degli algoritmi per l'elaborazione del risultato. Questo limite non permette di estendere le *performance* dimostrate tra tipologie di dispositivi di produttori di diverse aziende. Altre limitazioni riportate nella letteratura sono la modifica della risposta strumentale in funzione di variazioni di temperatura e di umidità atmosferica nella camera di rivelazione, scarsa selettività, deriva della misura e effetti dell'invecchiamento del sensore. Anche l'ampia quantità di sensori disponibili si ripercuote sulla qualità delle misurazioni effettuate, richiedendo



una verifica puntuale dell'adeguatezza dello strumento agli obiettivi dello studio della qualità dell'aria che si deve affrontare. Quindi diventa fondamentale la valutazione della *performance* del sensore impiegato, effettuata attraverso il confronto con gli analizzatori di riferimento.

Le tarature eseguite in condizioni controllate di laboratorio producono migliori prestazioni analitiche tra sensori e strumenti di riferimento rispetto a quelli ottenuti in campo dove la composizione atmosferica varia continuamente. La taratura in laboratorio non è sufficiente, il confronto in campo è considerato il metodo più appropriato per confrontare le diverse tipologie di sensori in situazioni reali, tenendo conto che la risposta analitica del sensore può variare da sito a sito. È fondamentale pertanto approntare le misure di taratura e le relative misure di monitoraggio in aree di studio della medesima tipologia.

Le attività svolte da Arpa Emilia-Romagna nell'ambito dell'utilizzo degli *smart sensor* hanno avuto come obiettivo

principale la valutazione della possibilità di utilizzo di tali strumenti per il monitoraggio ad alta risoluzione spaziale e temporale della qualità dell'aria sul territorio.

Tale valutazione è stata fatta confrontando le *performance* di questi strumenti rispetto agli strumenti di riferimento presenti nelle stazioni appartenenti alla Rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria (Rrqa) gestita da Arpa. Nello specifico, per valutare l'accuratezza, la precisione e la stabilità della misura nel tempo, è stata effettuata una serie di campagne di misura durante le quali gli *smart sensor* sono stati posizionati presso una o più stazioni Rrqa e si è cercato di definire le migliori funzioni di taratura basate su questi periodi di interconfronto. Le attività descritte nel seguito sono state svolte nell'ambito dei progetti europei Interreg-Ce Awair e Dynaxibility.

1 Sensore smart: punto 14 - San Romualdo.

## Verifiche in campo della performance degli smart sensor

Le prime analisi di precisione e di accuratezza condotte da Arpa su quattro smart sensor per la misura di ozono - O<sub>3</sub> (tipologia Ss1) e di biossido di azoto - NO<sub>2</sub> (tipologia Ss2) basati sul metodo elettrochimico sono relative al progetto Awair.

Durante questo progetto sono state realizzate alcune campagne di misura nel periodo invernale e nel periodo estivo con l'obiettivo di verificare l'affidabilità di una procedura basata sulla taratura in campo di questi strumenti e sul loro successivo spostamento e utilizzo in altre aree con caratteristiche simili.

Le campagne di misura sono state condotte presso le stazioni Rrqa nelle province di Parma e di Modena. Più precisamente ciascuno smart sensor, Ss1-Ss2, è stato lasciato per due settimane nella provincia di Parma presso le

stazioni di Cittadella (fondo urbano) e Montebello (traffico) nel comune di Parma, Badia (fondo rurale) nel comune di Langhirano e Saragat (fondo suburbano) nel comune di Colorno. I dati raccolti durante questa prima parte di attività sono stati usati per definire le funzioni di taratura di ciascuno smart sensor Ss1-Ss2. L'approccio statistico usato è basato su una regressione lineare ortogonale, considerata più appropriata rispetto alla classica regressione ai minimi quadrati, dato che sia le misure di tali sensori sia quelle delle stazioni di riferimento sono affette da errori.

## Attività nell'ambito del progetto Dynaxibility

Un'altra serie di attività nell'ambito dell'uso di strumenti basati su sensori a basso costo è stata condotta durante il progetto Dynaxibility, che può essere

considerato a tutti gli effetti come una prosecuzione di numerose attività intraprese durante il precedente progetto Awair.

In questo nuovo progetto è stato impiegato un numero maggiore di strumenti (la maggior parte è stata acquisita proprio grazie ai finanziamenti legati a Dynaxibility) in particolare 19 smart sensor di tipologia Ss3-Ss4-Ss5 e 8 smart sensor di tipologia Ss6-Ss7-Ss2. Entrambi i tipi di strumenti sono equipaggiati con sensori Opc (Optical particle counter) per la misura del particolato atmosferico (PM<sub>i</sub>), mentre per la misura di NO<sub>2</sub> sono equipaggiati con lo stesso sensore elettrochimico.

Le campagne di misura sono state condotte presso le stazioni di riferimento della provincia di Parma (Cittadella, Montebello, Saragat e Badia): in particolare sono state effettuate 3 campagne di misura nel periodo invernale che hanno coperto un periodo di circa quattro mesi tra il 2021 e il 2022

Inquinante	Marca	Numero	Periodo 1 (10/12/2021-9/1/2022)		Periodo 2 (29/1/2022-9/2/2022)		Periodo 3 (2/3/2022-21/3/2022)	
			R <sup>2</sup>	Rmse	R <sup>2</sup>	Rmse	R <sup>2</sup>	Rmse
			media (min;max)	media (min;max)	media (min;max)	media (min;max)	media (min;max)	media (min;max)
PM <sub>10</sub>	Ss6	4	0,887 (0,835;0,936)	3,55	0,794 (0,644;0,962)	4,675	0,896 (0,783;0,935)	2,85
	Ss4	17	0,899 (0,872;0,919)	4,3 (3,8;4,8)	0,726 (0,581;0,797)	7,3 (5,9;8,4)	0,88 (0,847;0,922)	2,9 (2,6;3,1)
	Opc Monitor	1	0,904	4,3	0,974	2,3	0,964	1,8
	Palas	1	0,963	5,2	0,959	3,1	0,972	4
PM <sub>2,5</sub>	Ss7	3	0,904 (0,828;0,971)	2,8 (1,6;3,7)	0,828 (0,741;0,984)	2,6 (1,3;3,5)	0,901 (0,886;0,909)	2 (1,8;2,3)
	Ss3	17	0,894	4,4 (4,4;9)	0,889 (0,808;0,967)	3,9 (1,9;5,1)	0,936 (0,878;0,977)	1,5 (0,9;2)
	Opc Monitor	1	0,892	4,6	0,878	4,2	0,767	2,9
	Palas	1	0,946	3,4	0,985	1,6	0,953	3,9

TAB. 1 DATI GIORNALIERI PM<sub>10</sub> E PM<sub>2,5</sub>  
Statistiche descrittive calcolate sui dati giornalieri di PM<sub>10</sub> e di PM<sub>2,5</sub> misurati dai diversi strumenti rispetto allo strumento di riferimento Skypost nei siti di Parma relativamente al progetto Dynaxibility.

Inquinante	Marca	Numero	Periodo 1 (10/12/2021-9/1/2022)		Periodo 2 (29/1/2022-9/2/2022)		Periodo 3 (2/3/2022-21/3/2022)	
			R <sup>2</sup>	Rmse	R <sup>2</sup>	Rmse	R <sup>2</sup>	Rmse
			media (min;max)	media (min;max)	media (min;max)	media (min;max)	media (min;max)	media (min;max)
PM <sub>10</sub>	Ss6	1	0,604	10,2	0,597	11,1	0,715	8,3
	Ss4	17	0,839 (0,815;0,854)	6,7 (6,4;7,2)	0,796	7,8	0,712 (0,684;0,761)	8,2 (7,8;8,5)
	Opc Monitor	1	0,969	3	0,881	6	0,857	5,9
PM <sub>2,5</sub>	Ss7	1	0,777	7,3	0,771	8,6	0,837	5,2
	Ss3	17	0,855 (0,836;0,878)	6,2 (5,7;6,6)	0,856	6,7	0,887 (0,868;0,902)	3,9 (3,5;4,6)
	Opc Monitor	1	0,968	2,9	0,82	7,5	0,832	5,1
NO <sub>2</sub>	Ss2	8	0,808 (0,577;0,902)	6,5 (4,3;13)	0,727 (0,524;0,852)	14,4 (8,6;22,9)	0,683 (0,154;0,835)	10,2 (8;16,1)
	Ss5	17	0,688 (0,279;0,826)	4,9 (3,7;7,6)	0,540 (0,147;0,759)	16,7 (9,8;22,8)	0,710 (0,578;0,857)	8 (5,7;9,2)

TAB. 2 DATI ORARI PM<sub>10</sub> PM<sub>2,5</sub> NO<sub>2</sub>  
Statistiche descrittive calcolate sui dati orari di PM<sub>10</sub>, di PM<sub>2,5</sub> misurati dai diversi strumenti rispetto al Palas e di NO<sub>2</sub> rispetto allo strumento di riferimento in cabina nei siti di Parma relativamente al progetto Dynaxibility.

(10/12/2021-9/1/2022, 29/1-9/2/2022 e 2-21/3/2022).

La stazione di riferimento della Rrqa Saragat (comune di Colorno) ha avuto un ruolo centrale durante le campagne di misura. Infatti in questo sito, oltre al valore giornaliero della concentrazione di particolato atmosferico ottenuto con la strumentazione automatica ad assorbimento beta Swam, sono disponibili anche i dati gravimetrici giornalieri ottenuti con Skypost della ditta Tecora e i dati orari misurati da strumenti ottici, quali l'Opc Monitor della ditta Fai e il Palas della ditta Fidas. Questa varietà di strumenti nello stesso sito permette un'ampia comparazione tra i dati ottenuti con i diversi strumenti di riferimento primario (gravimetrici per  $PM_x$  - Skypost - e chemiluminescenza per  $NO_2$ ) o secondario.

Per quanto riguarda il dato giornaliero di  $PM_{10}$  e di  $PM_{2,5}$  il riferimento è stato considerato il dato gravimetrico Skypost, rispetto al quale è stata fatta l'analisi statistica descrittiva relativa agli *smart sensor* mostrata nella *tabella 1*. Il confronto del Palas, strumento certificato sul dato giornaliero, rispetto allo Skypost raggiunge i risultati migliori per entrambe le dimensioni di particolato atmosferico in tutte e tre le campagne. Anche lo strumento Opc Monitor mostra correlazioni molto simili, mentre gli *smart sensor* di tipo Ss6-Ss7 e Ss3-Ss4 mostrano valori di correlazioni generalmente inferiori rispetto ai dati di riferimento soprattutto nella seconda campagna.

Un'analoga analisi è stata condotta per i dati orari di  $PM_{10}$  e di  $PM_{2,5}$  misurati dall'Opc Monitor e dagli *smart sensor* Ss6-Ss7 e Ss3-Ss4 rispetto al Palas (*tabella 2*).

Per il  $PM_{10}$  lo strumento Opc Monitor ha mostrato i valori più elevati del coefficiente  $R^2$  e valori inferiori di  $R_{mse}$ , mentre sia gli *smart sensor* Ss4 che quelli di tipo Ss6 hanno mostrato correlazioni sensibilmente inferiori e  $R_{mse}$  più elevati rispetto al Palas. Anche per il  $PM_{2,5}$  lo strumento Opc Monitor mostra una buona correlazione, anche se in modo meno evidente rispetto al  $PM_{10}$ . In ogni caso le *performance* degli *smart sensor* Ss3 rispetto a quelli di tipo Ss7 sono nel complesso più vicine a quelle ottenute dall'Opc Monitor, soprattutto in termini di  $R^2$ .

Nella terza campagna tutte e tre le tipologie di strumenti hanno mostrato affidabilità completamente confrontabili. Il dato relativo alle misure orarie di  $NO_2$  presso le varie centraline Rrqa di



FOTO: C. MACCONE - ARPAE

2

riferimento ha permesso un confronto tra gli *smart sensor* Ss2 e Ss5: i valori del coefficiente di determinazione nei tre periodi delle campagne di misura è generalmente inferiore a quello che si ottiene per i PM e gli errori quadratici medi sono generalmente più elevati. Il confronto relativo tra le due tipologie di strumenti mostra valori di  $R^2$  decisamente superiori per gli *smart sensor* Ss2 nelle prime due campagne e valori leggermente superiori per gli *smart sensor* Ss5 nel terzo periodo. Particolarmente soddisfacenti sono stati i risultati ottenuti dagli *smart sensor* Ss2 nei siti urbani, mentre le differenze maggiori rispetto agli strumenti di riferimento sono state riscontrate a Colorno e ancora di più nel fondo remoto di Badia.

## La stabilità delle calibrazioni nel tempo e nello spazio

Un aspetto essenziale legato alla possibilità di utilizzare effettivamente gli *smart sensor* per monitorare la qualità dell'aria dipende in larga misura dalla stabilità delle funzioni di taratura nel tempo: per questa ragione, parte delle attività realizzate nelle campagne di

misura durante i progetti Awair e Dynaxibility hanno avuto proprio questo focus.

Durante il progetto Awair è stata realizzata una campagna di misura prolungata (periodo 1/3-15/5/2019) per verificare la stabilità nel tempo delle tarature presso la centralina Rrqa di Parco Ferrari (fondo urbano della provincia di Modena). Gli andamenti dei valori di  $R^2$  e del  $R_{mse}$  hanno messo in evidenza nel tempo una leggera tendenza alla diminuzione della correlazione con le centraline di riferimento: in ogni caso, nei limiti del periodo tardo-invernale e primaverile in cui è stata fatta questa campagna, i parametri di taratura sono risultati ragionevolmente stabili nel tempo su scale temporali fino a 45 giorni. Per quanto riguarda invece le campagne di misura effettuate durante il progetto Dynaxibility, la valutazione della stabilità nel tempo della taratura è stata basata sul confronto di uno *smart sensor* Ss3-Ss4-Ss5 lasciato presso la centralina di Colorno e quattro *smart sensor* di tipo Ss6-Ss7-Ss2 presso le stazioni Rrqa

2 Sensore smart: punto 8 - Polynt Porto.

3 Sensore smart: punto 7 - Bunge Teodora Porto.

di Cittadella, Montebello, Colorno e Badia per un periodo di oltre tre mesi (10/12/2021-21/3/2022).

Lo *smart sensor* Ss6-Ss7 mostra una buona stabilità delle *performance* fino a oltre un mese per il PM, ma nel periodo successivo compare un *bias* rispetto al valore di riferimento, in particolare una sovrastima. Un comportamento simile si ricava dall'andamento nel tempo della differenza tra il dato orario di NO<sub>2</sub> del riferimento e lo *smart sensor* Ss2: per questo inquinante, però, nell'ultima fase del periodo di interconfronto lo strumento non mostra *bias*, ma variazioni casuali senza un andamento definito di deriva o intensità della misura. La misura di NO<sub>2</sub> degli *smart sensor* di tipo Ss2, posizionati presso le quattro stazioni di riferimento, mostra un degrado nel tempo della prestazione per tutti gli strumenti e un aumento progressivo del *bias*. Dal punto di vista della stabilità delle calibrazioni nello spazio le campagne Dynaxibility non sono state caratterizzate dalla pianificazione rigorosa definita per le attività durante il progetto Awair. Sulla base di alcune analisi esplorative comunque è emersa una buona correlazione per i dati orari di NO<sub>2</sub> misurati dagli *smart sensor* Ss2, calibrati a Montebello (centralina da traffico), e spostati circa un mese dopo a Cittadella (stazione di fondo urbano), pur in presenza di un *bias* piuttosto rilevante, che sembra difficile poter addebitare soltanto al progressivo peggioramento nel tempo della *performance*, ma anche a un funzionamento non ottimale. Un'analoga analisi condotta per gli *smart sensor* di tipo Ss5 (tutti calibrati a Colorno, cinque dei quali ricollocati a Montebello e undici a Cittadella) ha messo in evidenza una procedura di taratura meno efficace, con bassi valori di R<sup>2</sup> e valori relativamente alti di Rmse, che si ripercuote negativamente sulle prestazioni nei siti in cui gli *smart sensor* sono stati ricollocati.

## La rete di sensori a Parma durante il progetto Dynaxibility

La disponibilità di un numero rilevante di *smart sensor* ha reso possibile l'implementazione di una rete della qualità dell'aria usando questa tipologia di strumenti. Questa attività ha rappresentato un esperimento pilota nell'area di Parma per testare un possibile utilizzo e avere indicazioni degli andamenti della qualità dell'aria a scala urbana e suburbana. Due campagne di misura sono state



FOTO: C. MACCONE - ARPAE

3

e eseguite rispettivamente nei periodi 12-26/1/2022 e 12-27/2/2022; ciascuna campagna è stata preceduta e seguita da un periodo di interconfronto durante il quale gli strumenti sono stati posizionati presso una stazione Rrqa nella provincia di Parma. Questi periodi sono stati utilizzati per effettuare la taratura degli *smart sensor*, mantenendo la corrispondenza della tipologia del sito sia durante i periodi di interconfronto che durante la campagna di misura vera e propria.

I valori medi della concentrazione di NO<sub>2</sub> nei due periodi dedicati alle campagne di misura hanno mostrato una rilevante variabilità spaziale, con valori compresi nel range 25-70 µg/m<sup>3</sup>, e gradienti pronunciati all'interno dell'area urbana, anche fra siti distanti solo qualche decina di metri. I siti di traffico sono generalmente quelli in cui si sono riscontrate le concentrazioni medie più alte, come era prevedibile, essendo il traffico la forzante principale di questo inquinante, mentre nei siti rurali le concentrazioni sono state mediamente inferiori. Una generale lieve sovrastima

del valore medio dei due periodi di campagna rispetto alle stazioni Rrqa è presente sia per i siti di traffico che per quelli nelle zone verdi dell'area urbana. La variabilità spaziale del PM<sub>10</sub> è decisamente meno pronunciata, con concentrazioni medie comprese tra 39 e 55 µg/m<sup>3</sup> nella prima campagna di misura e tra 35 e 42 µg/m<sup>3</sup> nella seconda. Inoltre le concentrazioni associate agli *smart sensor* posizionati nelle strade più trafficate rispetto ai siti nelle aree residenziali e nelle aree verdi sono solo leggermente più alte. Infine è presente un'ottima corrispondenza del valore medio degli *smart sensor* rispetto a quello delle stazioni di riferimento.

**Stefano Marchesi, Silvia Ferrari, Stefano Zauli**

Arpae Emilia-Romagna

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Zauli Sajani S., Marchesi S. et al., "Assessment of air quality sensor system performance after relocation", *Atmospheric Pollution Research*, 12 (2021), 282-291.



# UNO STUDIO SULL'EFFICACIA DEI SENSORI LOW COST DI PM<sub>10</sub>

IL CIRCOLO DI LEGAMBIENTE ALTA PADOVANA E ARPA VENETO HANNO CONDOTTO UNO STUDIO PER VALUTARE L'EFFICACIA TECNICA DEL MONITORAGGIO DEL PM<sub>10</sub> CON I SENSORI LOW COST, STRUMENTI DI MISURA PER LA QUALITÀ DELL'ARIA, ACCESSIBILI ALLA CITTADINANZA. IMPORTANTI SONO LA TEMPERATURA E L'UMIDITÀ RELATIVA.

Una pratica sempre più diffusa di *citizen science*, promossa anche dall'Agenzia europea per l'ambiente [1] riguarda la misura di alcuni parametri della qualità dell'aria mediante l'impiego di sensori a basso costo. Tali iniziative, sempre più numerose in ambito nazionale ed europeo, rappresentano un utile strumento informativo di integrazione dei dati ufficiali di qualità dell'aria, nonché un mezzo di sensibilizzazione dei cittadini al tema ambientale attraverso la partecipazione diretta.

Tra i sensori a basso costo più diffusi per la matrice aria vi sono certamente quelli deputati alla misura del particolato atmosferico (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>), basati su principi ottici e i cui dati sono spesso visibili in rete in piattaforme dedicate alla *citizen science*.

Uno dei limiti di questo tipo di sensori per il particolato riguarda la tendenza alla sovrastima delle misure quando l'umidità dell'aria supera il 75% [2], condizione piuttosto frequente nei mesi invernali in pianura Padana.

Il presente articolo riporta gli esiti della sperimentazione condotta da Legambiente circolo Alta padovana con l'Unità organizzativa monitoraggio aria dell'Arpav per valutare l'efficacia di alcuni accorgimenti tecnici, in particolare legati al controllo dell'umidità relativa in ingresso al sensore, finalizzati al miglioramento delle prestazioni di questi monitor *low cost*. I dati di tali sensori, basati sul principio ottico del laser *scattering*, sono stati confrontati con uno strumento di riferimento certificato ai sensi del Dlgs 155/2010, e attivo in una centralina della rete di monitoraggio regionale di Arpav.

Per la valutazione dei risultati ci si è avvalsi anche degli esiti dello studio condotto da Arpav [3] su sensori *low cost* della stessa



1

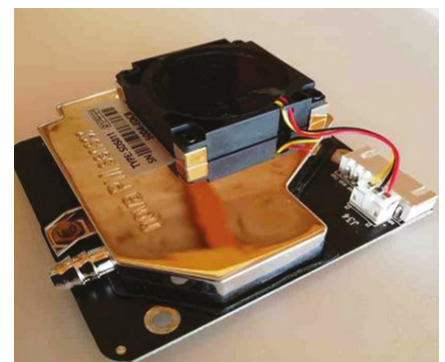
tipologia di quelli impiegati nella presente sperimentazione.

## Materiali e metodi

Ai fini della presente sperimentazione sono stati utilizzati come sensori *low cost* per la determinazione delle polveri PM<sub>10</sub>, alcuni dispositivi molto diffusi nelle piattaforme di *citizen science*. Ogni sensore è stato accoppiato a un misuratore di temperatura e umidità relativa.

I sensori, acquistati e gestiti da Legambiente, a seguito di un accordo stipulato con Arpav, sono stati affiancati a un campionario sequenziale Tecora Skypost che utilizza il metodo di riferimento per la determinazione del particolato previsto dal Dlgs 155/2010, ovvero il metodo EN 12341:2014 (metodo gravimetrico).

Nel presente studio, per migliorare le prestazioni dei sensori, riducendo l'umidità in prossimità della camera di misura, sono stati utilizzati due dispositivi uguali, equipaggiati uno con



2

un riscaldatore standard (costituito da un Ptc5 volt 40 °C, da ora in poi sensore sonda riscaldata 1) e l'altro munito di un riscaldatore "pilotato", in grado di mantenere l'umidità relativa approssimativamente al di sotto del 70% (Nettigo Air Monitor versione Nam 0.3.2, da ora in poi sensore sonda riscaldata 2).

Dopo una prima fase di controllo, per verificare il funzionamento e la risposta in concentrazione dei sensori, si è proceduto con la campagna di misura, effettuata dal

1 Stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di Alta Padovana dove si è svolta la sperimentazione.

2 Il sensore di polveri acquistato da Legambiente.

26 ottobre 2021 al 31 dicembre 2022, che ha visto impiegati in parallelo lo strumento gravimetrico Tecora e i sensori *low cost* (equipaggiamento standard e con sistema riscaldante). La sperimentazione è stata effettuata presso la stazione Arpav di "Alta Padovana" ubicata nel comune di Santa Giustina in Colle (PD).

di umidità relativa dei sensori con sonda riscaldata, rispetto al sensore standard. Quest'ultimo infatti fa registrare, in circa 3 giorni su 4, un massimo di umidità relativa maggiore del 75%, cioè al di fuori del range ottimale di misura dello strumento. Al contrario, nei due sensori muniti di sonda riscaldata, in oltre 3 giorni su 4 si misura una umidità relativa

percentuale di picco inferiore al 75%. L'efficienza delle due sonde riscaldate è quindi buona e piuttosto comparabile tra i due strumenti in parallelo poiché le distribuzioni relative ai due sensori con la sonda riscaldata sono confrontabili. Per quanto concerne le misure, effettuate dai sensori ogni 5 minuti, si è anche indagato sulla possibilità che la sonda

## Risultati

La prima verifica in campo è stata quindi relativa alla effettiva capacità dei due sensori equipaggiati con la sonda riscaldata di abbassare l'umidità relativa dell'aria all'ingresso della camera di misura, rispetto a un sensore dello stesso tipo, sprovvisto di tale accessorio (cioè nella sua configurazione di base, come viene venduto sul mercato). Il grafico in figura 1 evidenzia, per ciascun monitor, la distribuzione dei valori di umidità relativa massima giornaliera determinati nel corso della campagna.

Dal grafico in figura 1 è possibile osservare una differenza, piuttosto marcata, tra le distribuzioni dei massimi

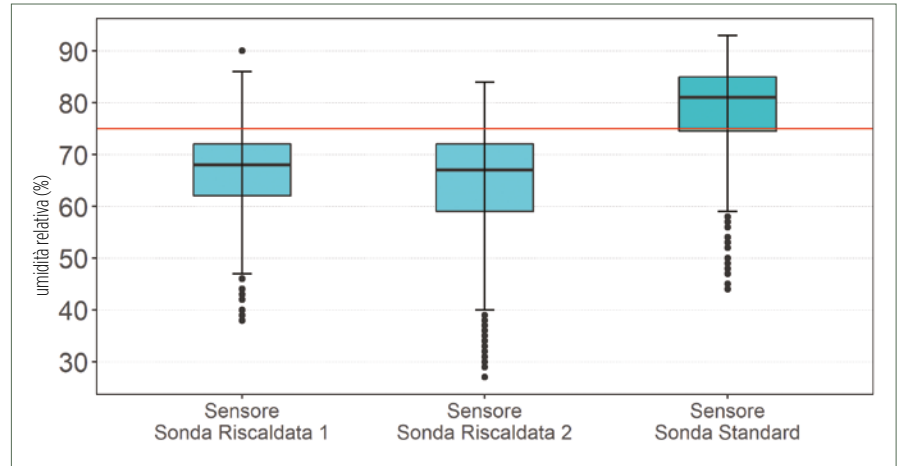


FIG. 1 UMIDITÀ RELATIVA  
Confronto tra le diverse sonde di prelievo, distribuzione dei massimi giornalieri di umidità relativa misurata da tre diversi sensori, uno standard e due con sonda riscaldata.

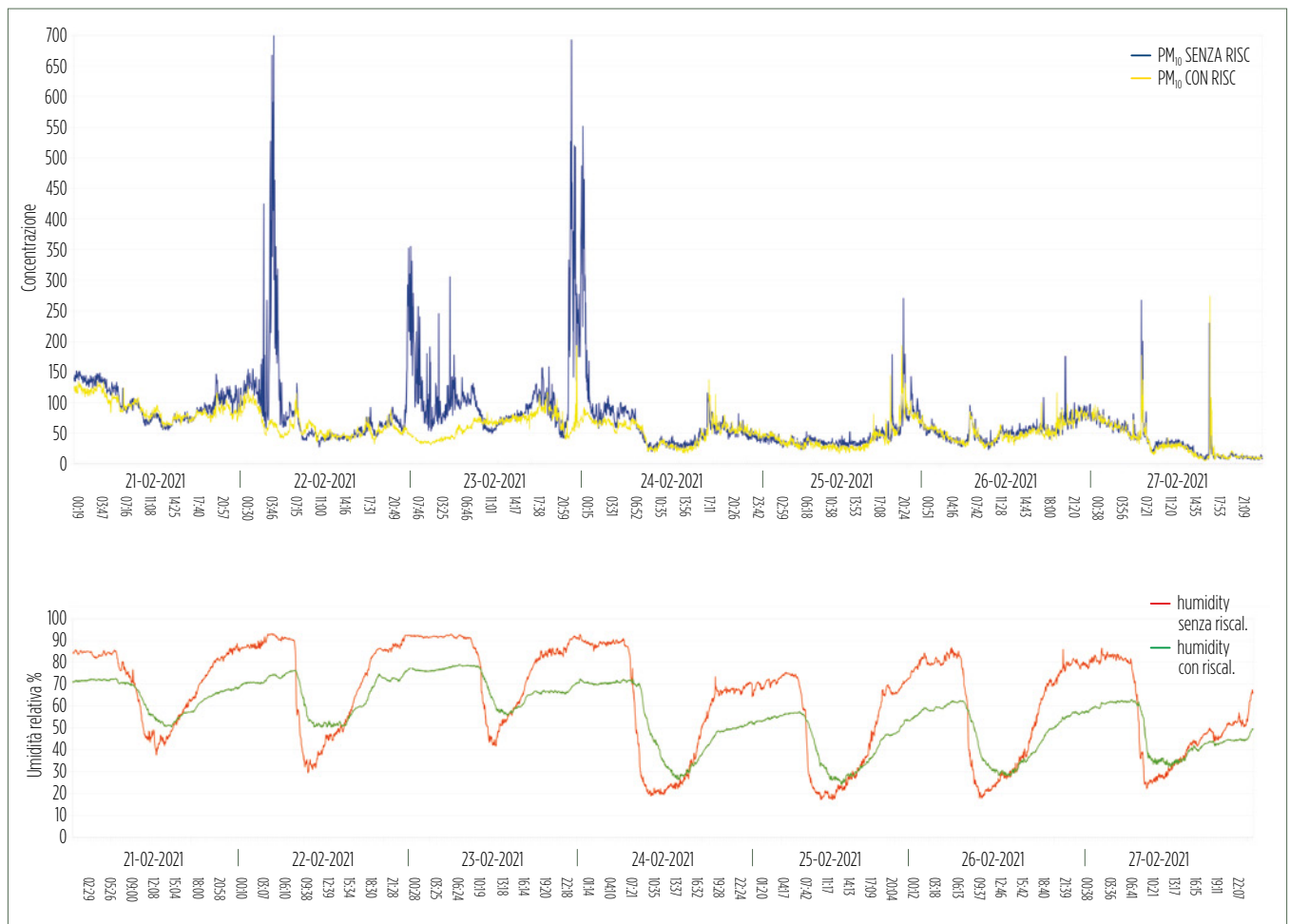


FIG. 2 PM<sub>10</sub> E UMIDITÀ RELATIVA  
Andamenti del PM10 (sopra) e dell'umidità relativa (sotto) misurati dal sensore con sonda riscaldata (linea gialla in alto, linea verde in basso) e da quello non riscaldata (linea blu in alto, linea rossa in basso).

riscaldata potesse ridurre la sovrastima del  $PM_{10}$  in corrispondenza di valori di umidità molto elevati. In figura 2, nella parte superiore, sono riportate le concentrazioni di  $PM_{10}$  registrate in un periodo di circa una settimana da due sensori in parallelo, uno con sonda riscaldata (linea gialla) e uno senza (linea blu). Nella parte bassa della figura sono riportati i valori di umidità relativa misurati rispettivamente dal sensore con sonda riscaldata (in verde) e senza sonda riscaldata (in rosso).

Nel grafico si possono osservare, nei primi giorni di misura, in corrispondenza con valori di umidità ambientale vicini al 90%, dei picchi di concentrazione di  $PM_{10}$  fino a diverse centinaia di  $\mu g/m^3$ , rilevati dal sensore senza sonda riscaldata. Tali picchi di  $PM_{10}$  sono praticamente assenti nelle rilevazioni del monitor con sonda riscaldata, che ha mantenuto l'umidità in entrata alla camera di misura sempre sotto l'80%. Nei giorni successivi, come si può vedere nella parte destra della figura, quando l'umidità relativa massima ambientale era leggermente più bassa, il fenomeno dei picchi elevati è sostanzialmente assente e i due monitor hanno avuto un andamento quasi totalmente sovrapponibile. Questo fa supporre che la sovrastima del  $PM_{10}$  si possa rilevare per valori effettivamente molto elevati di umidità, oltre l'80%, e che, in questi casi, l'utilizzo della sonda riscaldata sia efficace. Al contrario, per valori inferiori di umidità la presenza o l'assenza della sonda riscaldata non sembra incidere la *performance* di misura dei sensori.

Un ulteriore obiettivo della sperimentazione era indagare se i monitor con sonda riscaldata, tenendo conto dei dati mediati sulle 24 ore, presentassero delle distribuzioni di concentrazione significativamente diverse dal monitor senza sonda riscaldata; inoltre è stato verificato se tutti e tre i monitor mostrassero delle distribuzioni del dato medio giornaliero confrontabili con lo strumento certificato di Arpav. Il grafico in figura 3 mostra il confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni medie giornaliere misurate per circa un anno di funzionamento in parallelo dei 3 sensori *low cost*, rispetto a quella dello strumento certificato di riferimento.

I tre monitor *low cost*, indipendentemente dal tipo di sonda, mostrano una distribuzione dei dati piuttosto confrontabile. Si osserva tuttavia che, in particolare i due sensori con la sonda riscaldata, hanno distribuzioni sovrapponibili, mentre il sensore con la sonda standard (non riscaldata) presenta

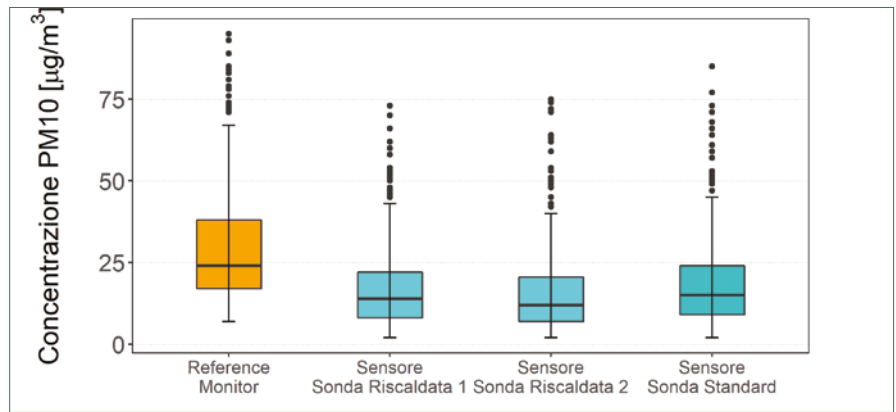


FIG. 3  $PM_{10}$   
Distribuzione delle concentrazioni medie giornaliere di  $PM_{10}$ , confronto tra i diversi monitor.

una distribuzione lievemente spostata verso valori più alti.

Se si confrontano i dati dei sensori *low cost* con quelli del campionario gravimetrico di riferimento, si osserva invece una significativa differenza nelle distribuzioni: le misure secondo il metodo certificato del campionario gravimetrico mostrano indicatori statistici visibilmente più elevati di quelli dei sensori. Dal presente studio emerge quindi, per tutti i sensori *low cost* utilizzati in campo, con e senza sonda riscaldata, una sottostima delle concentrazioni di  $PM_{10}$  rispetto allo strumento di riferimento, pur mantenendo, nel breve periodo, una buona potenzialità nel monitorare gli andamenti (incrementi e diminuzioni) delle concentrazioni del particolato.

## Conclusioni

La sperimentazione ha previsto l'uso di tre sensori *low cost*, di cui due equipaggiati con sonda di prelievo riscaldata con il fine di abbassare l'umidità atmosferica del campione e migliorare la lettura del laser *scattering*, impiegato come principio di funzionamento di tali sensori.

Nel corso del presente studio, è stata innanzitutto verificata e confermata

l'efficacia della sonda riscaldata nel mantenere l'umidità dell'aria all'interno dell'intervallo di funzionamento ottimale dei sensori. Questi ultimi hanno dimostrato delle buone potenzialità nel monitorare gli andamenti delle concentrazioni di  $PM_{10}$ , mentre hanno presentato ancora delle criticità nell'accuratezza delle misure, la quale risente, significativamente, delle condizioni di elevata umidità relativa. I sensori con la sonda riscaldata, mantenendo l'umidità relativa controllata (<75%), possono presentare, in ogni caso, delle potenzialità nella misura di fenomeni di breve durata. Inoltre, l'utilizzo di un numero elevato di tali sensori in una stessa area può contribuire a incrementare le informazioni riguardo i livelli di inquinanti in situazioni specifiche, per emissioni localizzate e per comprendere meglio le fluttuazioni delle concentrazioni di particolato nell'arco delle 24 ore (variazioni giorno/notte).

Silvia Rebeschini<sup>1</sup>, Giovanna Marson<sup>1</sup>,  
Luca Zagolin<sup>1</sup>, Franco Sarto<sup>2</sup>,  
Felice Cervellin<sup>2</sup>

1. Arpa Veneto

2. Legambiente Circolo Alta Padovana

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] Eea, European environment agency, *Assessing air quality through citizen science*, Eea Report No. 19/2019, [www.eea.europa.eu/publications/assessing-air-quality-through-citizen-science](http://www.eea.europa.eu/publications/assessing-air-quality-through-citizen-science).

[2] Wang Y., Li J., Jing H., Zhang Q., Jiang J., Biswas P., "Laboratory evaluation and calibration of three low-cost particle sensors for particulate matter measurement", *Aerosol Science and Technology*, vol. 49, no. 11, pp. 1063-1077, 2015.

[3] Zagolin L., Marson G., De Bortoli A., "Potenzialità e limiti nell'utilizzo di sensori low-cost per la misura del particolato atmosferico  $PM_{10}$  in aria ambiente", Arpav - Servizio Osservatorio regionale aria, novembre 2020, [www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2020/12/Aria-Sensori-lowcost\\_Report-2020.pdf](http://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2020/12/Aria-Sensori-lowcost_Report-2020.pdf)

# L'INDIVIDUAZIONE DEL SOGGETTO OBBLIGATO ALLA BONIFICA

L'IMPORTANZA DELLA CORRETTA INDIVIDUAZIONE DEL RESPONSABILE DELLA CONTAMINAZIONE E IL CANONE DEL "PIÙ PROBABILE CHE NON" ALLA LUCE DELLA RECENTE GIURISPRUDENZA E DEL PRINCIPIO EUROPEO "CHI INQUINA PAGA". IL RUOLO E L'INTERVENTO DELLE PROVINCE PER GARANTIRE UNA CORRETTA GESTIONE DELLE RISORSE PUBBLICHE.

L'intero sistema di responsabilità ambientale delineato dalla normativa eurounitaria e statale è imperniato sul principio "chi inquina paga", che implica che sia lo stesso soggetto al quale è imputabile l'inquinamento a dover sopportare i costi per la relativa eliminazione. L'intervento in via sostitutiva dell'amministrazione deve rappresentare una *extrema ratio* poiché, in tal caso, le esternalità negative dell'inquinamento ricadrebbero sulla collettività.

Pertanto, assume fondamentale rilevanza nel procedimento di bonifica la corretta individuazione del responsabile della contaminazione, ovvero sia quel soggetto alla cui condotta attiva od omissiva è da attribuire eziologicamente la contaminazione di un sito. Tale incombenza – a cui è tenuta l'amministrazione provinciale, con il coinvolgimento degli enti preposti all'accertamento – non è esente da difficoltà operative: una su tutte la dimostrazione del nesso di causalità tra contaminazione e condotta. Sul livello probatorio richiesto per l'individuazione del responsabile della contaminazione si possono riscontrare negli ultimi anni orientamenti consolidati da parte della giurisprudenza. Non sono mancate, tuttavia, alcune oscillazioni.

## Responsabile della contaminazione e proprietario incolpevole

La bonifica di un sito – alla cui disciplina è dedicato il titolo V della parte IV del Dlgs 152/2006 (c.d. codice dell'ambiente) – comporta l'attivazione di un procedimento complesso, composto da diverse fasi alcune delle quali meramente eventuali, e vede il coinvolgimento di più amministrazioni con ruoli e competenze diversi, tra cui anche le Agenzie regionali o provinciali per la protezione dell'ambiente, le quali sono chiamate



a un ruolo principalmente di supporto tecnico-scientifico a Regioni, Province e Comuni.

Il procedimento ordinario di bonifica ex art. 242 è incentrato sulla figura del responsabile della contaminazione: costui è tenuto, a titolo d'esempio, all'effettuazione delle comunicazioni informative di cui al comma 1, all'esecuzione delle misure di prevenzione

e di messa in sicurezza d'emergenza, alla presentazione di documenti quali piano di caratterizzazione e analisi di rischio, nonché all'esecuzione del progetto di bonifica ovvero di messa in sicurezza operativa o permanente.

Il responsabile della contaminazione non è, tuttavia, l'unico soggetto citato dalle disposizioni del codice dell'ambiente.

Vi è altresì la figura del proprietario incolpevole (art. 245), al quale è riservato un trattamento sensibilmente differente: egli, infatti, ha la facoltà di attivare spontaneamente la bonifica (con diritto di rivalsa per i relativi costi nei confronti del responsabile), ma non può esserne obbligato dall'amministrazione. Per il proprietario incolpevole gli effetti di legge sono limitati a quanto previsto dall'art. 253 in materia di onere reale e di privilegio speciale immobiliare in caso di effettuazione della bonifica da parte dell'amministrazione: in particolare, costui può essere tenuto a rimborsare le spese per gli interventi, ma solo nei limiti del valore di mercato del sito determinato a seguito dell'esecuzione degli interventi stessi (art. 253, comma 4). La recente giurisprudenza ha confermato – dopo non poche oscillazioni – che l'obbligo a carico del proprietario incolpevole, oltre a quello di informare gli enti competenti relativamente alla contaminazione rilevata, è quello di porre in essere le sole misure di prevenzione e non anche le misure di messa in sicurezza d'emergenza (Cass. Sez. Un. Civ., sent. 1° febbraio 2023, n. 3077).

Dunque, l'obbligo di procedere alla bonifica è in capo solamente a colui al quale sia imputabile la contaminazione. Tale assunto è espressione del principio "chi inquina paga" di derivazione eurounitaria (cfr. art. 191, comma 2, del Trattato sul funzionamento dell'Unione europea e considerando n. 2 della direttiva 2004/35/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 21 aprile 2004), che permea tutto il sistema di responsabilità ambientale. Ciò implica che il peso economico relativo alle azioni per l'eliminazione di qualsiasi danno (o rischio di danno) all'ambiente debba ricadere sul soggetto responsabile dell'inquinamento. Se così non fosse, gli oneri ripristinatori verrebbero esternalizzati sulla collettività, a

tutto svantaggio – anche in termini concorrenziali – degli operatori virtuosi.

La normativa statale sulle bonifiche si inserisce nell'alveo dei suddetti principi, definendo una netta demarcazione tra il soggetto responsabile della contaminazione – unico destinatario degli obblighi di bonifica – e il proprietario di un sito, sul quale non è possibile far ricadere, per il solo fatto di essere proprietario, l'obbligo di rimozione degli effetti di un inquinamento da egli non causato. In tal senso si è espresso di recente il Consiglio di Stato, il quale ha affermato che *"non è (...) configurabile in via automatica, in maniera oggettiva, per posizione o per fatto altrui, una responsabilità in capo al proprietario dell'area inquinata e, quindi, l'obbligo di bonificare per il solo fatto di rivestire tale qualità, ove non si dimostri il suo apporto causale colpevole al danno ambientale riscontrato"* (Consiglio di Stato, sent. 7 marzo 2022, n. 1630).

La coerenza di un siffatto sistema normativo è stata confermata dalla Corte di giustizia dell'Unione europea che, con la sentenza del 4 marzo 2015 (causa C-534/2013), ha stabilito che il diritto comunitario *"non osta a una normativa nazionale (...), la quale, nell'ipotesi in cui sia impossibile individuare il responsabile della contaminazione di un sito o ottenere da quest'ultimo le misure di riparazione, non consente all'autorità competente di imporre l'esecuzione delle misure di prevenzione e di riparazione al proprietario di tale sito, non responsabile della contaminazione, il quale è tenuto soltanto al rimborso delle spese relative agli interventi effettuati dall'autorità competente nel limite del valore di mercato del sito, determinato dopo l'esecuzione di tali interventi"*.

Pertanto, ai fini della bonifica e del relativo procedimento, la corretta individuazione del responsabile della contaminazione assume rilevanza centrale.

## La rilevanza pubblicistica dell'individuazione del responsabile

L'art. 244, comma 2, del codice dell'ambiente attribuisce alla Provincia la competenza a svolgere le indagini volte all'identificazione del responsabile della contaminazione e a diffidare il medesimo ad attivare la procedura di bonifica di cui all'art. 242. Peraltro, si osserva che le attività propedeutiche previste dall'art. 244 (individuazione del responsabile e diffida a provvedere) rimangono in capo alla Provincia anche se il sito da bonificare è un sito di interesse nazionale.

L'importanza di una corretta individuazione del soggetto cui ascrivere la contaminazione si comprende alla luce di quanto previsto all'art. 250:

*"qualora i soggetti responsabili della contaminazione non provvedano direttamente agli adempimenti (...) ovvero non siano individuabili e non provvedano né il proprietario del sito né altri soggetti interessati, le procedure di cui all'art. 242 sono realizzate d'ufficio dal Comune territorialmente competente"*. In termini analoghi, l'art. 252, comma 5, pone in capo al Ministero dell'Ambiente gli interventi sostitutivi per la bonifica dei siti di interesse nazionale.

Da ciò discende, dunque, che l'individuazione del responsabile rileva non solo ai fini dell'applicazione del principio "chi inquina paga" – e, dunque, per scongiurare di riversare sulla collettività il costo degli interventi di ripristino – ma anche per garantire una corretta gestione delle risorse pubbliche dal momento che, in assenza del responsabile, la via principale è quella dell'esecuzione d'ufficio degli interventi da parte dell'amministrazione.

In tal senso, infatti, la Provincia è tenuta alla ricerca del responsabile anche qualora il soggetto non responsabile



attivi spontaneamente il procedimento di bonifica (art. 245, comma 2, del codice dell'ambiente): ciò, anche al fine di permettere a quest'ultimo di esercitare il diritto di rivalsa sul responsabile per i relativi costi di ripristino.

## Il nesso di causa tra condotta ed evento di contaminazione e il criterio di accertamento

Identificare il soggetto al quale imputare l'inquinamento significa, innanzitutto, dover individuare un nesso di causa tra una condotta (attiva od omissiva) e l'evento di contaminazione riscontrato. In particolare, in base all'art. 40 del codice penale una condotta si considera causa di un evento se quest'ultimo non si sarebbe verificato in assenza della condotta oppure, nel caso di condotta omissiva, in presenza della c.d. "condotta salvifica". La necessità che il criterio d'imputazione della responsabilità sia basato sul nesso eziologico è sottolineata dalla giurisprudenza, che ne ha sempre evidenziato l'importanza ai fini dell'efficacia del sistema di responsabilità ambientale. In particolare, il Consiglio di Stato ha affermato che il sistema del codice dell'ambiente "reca un preciso criterio di imputazione della responsabilità da inquinamento (...) la quale si innesta sulla più volte richiamata sussistenza di un nesso eziologico" (Consiglio di Stato, sent. 7 marzo 2022, n. 1630). In termini analoghi si è espressa la Corte di giustizia che ha precisato che "affinché il regime di responsabilità ambientale sia efficace, è necessario che sia accertato dall'autorità competente un nesso causale tra l'azione di uno o più operatori individuabili e il danno ambientale concreto e quantificabile al fine dell'imposizione a tale operatore o a tali operatori di misure di riparazione, a prescindere dal tipo di inquinamento di cui trattasi" (sent. 4 marzo 2015, causa C-534/2013, punto 54). Si pone, quindi, per l'amministrazione il problema dell'accertamento del legame eziologico tra una determinata attività esercitata su un sito e un certo evento di contaminazione rilevato. A tal riguardo, in tema di responsabilità ambientale è da escludere l'applicazione del canone penalistico dell'alto grado di probabilità logica ("oltre ogni ragionevole dubbio") sancito dall'art. 533 del codice di procedura penale, a favore del meno rigoroso canone civilistico del "più probabile che non" in base al quale è sufficiente dimostrare che il legame eziologico tra condotta ed evento è più



probabile del suo contrario, secondo la regola di cui al brocardo latino "*id quod plerumque accidit*".

Nei predetti termini si è espressa costantemente la giurisprudenza amministrativa, che ha affermato come "*in materia ambientale, l'accertamento del nesso fra una determinata presunta causa di inquinamento e i relativi effetti (...) si basa sul criterio del 'più probabile che non', ovvero richiede che il nesso eziologico ipotizzato dall'autorità competente sia più probabile della sua negazione (in questo senso la costante giurisprudenza, per tutte Cons. Stato, Ad. plen. n. 10 del 2019; successivamente sez. IV, 7 gennaio 2021 n.172)*" (Consiglio di Stato, 21 febbraio 2023, n. 1776).

## Il canone del "più probabile che non" e la prova liberatoria

In passato la giurisprudenza si era dimostrata talvolta scettica rispetto alla possibilità di avvalersi di elementi di carattere indiziario ai fini dell'individuazione del soggetto cui ascrivere la contaminazione, ritenendo che l'accertamento del nesso di causa implicasse "*la ricerca di prove certe e inequivoche, non potendo (...) basarsi su mere presunzioni*" (Consiglio di Stato, sent. 37056 del 30 luglio 2015). Oggi, invece, risulta pressoché pacificamente ammesso il ricorso a presunzioni (cfr. art. 2727 del codice civile) quali, ad esempio, la vicinanza dell'operatore all'inquinamento accertato, la corrispondenza tra le sostanze inquinanti rinvenute e quelle impiegate dall'operatore, nonché l'assenza di cause concorrenti (cfr. Corte di giustizia dell'Unione europea, causa C-378/2008

del 4 marzo 2010). Tuttavia, rimane ferma la necessità per l'amministrazione di porre in essere un'istruttoria puntuale e, dunque, gli eventuali elementi indiziari posti alla base dell'individuazione del responsabile non devono essere connotati da genericità, pena il potenziale contrasto con il principio "chi inquina paga". Dev'essere altresì tenuto in considerazione che si tratta pur sempre di presunzioni relative, per le quali, dunque, è ammessa la prova contraria. In particolare, la prova liberatoria da parte del soggetto ritenuto responsabile deve consistere nella dimostrazione della reale dinamica degli eventi, con la specifica indicazione dei fattori cui debba addebitarsi la contaminazione; non è sufficiente, invece, la generica affermazione della responsabilità di terzi o della sussistenza di concause (cfr. Tar Lombardia-Brescia, Sez. I, sent. 14 giugno 2023, n. 522). Infine, il ricorso a presunzioni non è d'aiuto nel caso di fattispecie complesse, come quelle dei grandi siti industriali con un inquinamento diffuso ove, nel corso del tempo, diversi operatori abbiano svolto la loro attività: infatti, stante la necessità che l'amministrazione effettui un accertamento rigoroso e puntuale circa il soggetto o i soggetti cui è imputabile la contaminazione, in queste situazioni è difficile riuscire a circoscrivere il novero delle responsabilità con elementi indiziari. Si pensi, ad esempio, alla ricerca di una corrispondenza tra la contaminazione riscontrata e molteplici attività industriali succedutesi nel corso degli anni in un'area relativamente circoscritta.

**Luca Tomasetto**

Avvocato

# IL PROGETTO CIRCOTRONIC E IL RECUPERO DEI RAEE

LA GESTIONE DEI RIFIUTI DI APPARECCHIATURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE VA IMPRONTATA SU PREVENZIONE E RECUPERO, PER FAVORIRE LA CIRCOLARITÀ DELLA PRODUZIONE, L'EFFICIENZA DELL'UTILIZZO DELLE RISORSE E LA RIDUZIONE DEGLI IMPATTI AMBIENTALI. L'ESPERIENZA DI UN IMPIANTO DI SMALTIMENTO DI PANNELLI FOTOVOLTAICI IN EMILIA-ROMAGNA.

**I**l progetto Circotronic<sup>1</sup>, finanziato dal bando Interreg Central Europe, si prefigge di promuovere una crescita sostenibile trasformando la produzione delle Aee (apparecchiature elettriche ed elettroniche) attraverso processi, prodotti e servizi circolari ed efficienti dal punto di vista dell'utilizzo delle risorse, riducendo al contempo al minimo gli impatti negativi delle Aee derivanti dall'utilizzo dei materiali, dalle sostanze inquinanti in esse contenute e dalla produzione dei Raee (rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche). Nello specifico, Circotronic vuole attuare misure di economia circolare a sostegno della produzione delle Aee e della gestione dei Rarr. Capitanati dalla Camera di commercio della Slovenia, il progetto riunisce 12 partner provenienti da regioni con una forte vocazione al manifatturiero dell'Europa centrale e attive in ambito accademico, politico, di supporto alle imprese e dello sviluppo regionale:

- Camera di commercio della Slovenia (Slovenia)
- Regione Emilia-Romagna<sup>2</sup> (Italia)
- Bavarian Research Alliance (Germania)
- Technical University di Košice (Slovacchia)
- Business Upper Austria (Austria)
- t2i – Technology transfer and innovation (Italia)
- Academy of Arts in Szczecin (Polonia)
- Slovenian Tool and die development centre (Slovenia)
- Vienna University of Technology (Austria)
- Agency for the support of regional development Košice (Slovacchia)
- Radex Zbigniew i Tomasz Nagay sp. j. (Polonia)
- Elvez, Manufacture of cable harnesses and processing of plastic, d.o.o (Slovenia).

Questi partner collaboreranno come rete transnazionale di laboratori di economia circolare regionali, adottando soluzioni sviluppate e testate congiuntamente per migliorare la circolarità all'interno delle



1

Pmi produttrici di Aee e gestrici di Raee sui temi dell'eco-design, del recupero dei materiali e dei modelli di business circolari.

## I Raee

Parlando nello specifico dei rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche, essi derivano da dispositivi che per il loro funzionamento dipendono da correnti elettriche o da campi elettromagnetici. Secondo il Dlgs 9/2014, la norma che regola a livello nazionale la gestione dei Raee, questi vengono classificati in due grandi categorie, a seconda della loro provenienza:

- *Raee domestici*: provenienti da abitazioni e singoli cittadini, nonché quelli di origine commerciale, industriale, istituzionale o di altro tipo, analoghi per natura e quantità, a quelli originati dai nuclei domestici

- *Raee professionali*: sono rifiuti diversi da quelli provenienti dai nuclei domestici.

I Raee sono poi suddivisi in 10 diverse categorie:

- grandi elettrodomestici
- piccoli elettrodomestici
- apparecchiature informatiche e per telecomunicazioni
- apparecchiature di consumo e pannelli fotovoltaici
- apparecchiature di illuminazione
- utensili elettrici ed elettronici (a eccezione degli utensili industriali fissi di grandi dimensioni)
- giocattoli e apparecchiature per il tempo libero e lo sport
- dispositivi medici (a eccezione di tutti i prodotti impiantati e infettati)

1 Sogliano Ambiente, impianto di trattamento pannelli fotovoltaici.

2 Sogliano Ambiente, impianto di preselezione materiali ferrosi.

- strumenti di monitoraggio e di controllo
- distributori automatici.

La normativa individua inoltre 5 raggruppamenti di Raee in base alle tecnologie necessarie al loro corretto trattamento:

- R1 – Grande bianco freddo – grandi elettrodomestici per la refrigerazione: frigoriferi, congelatori, condizionatori
- R2 – Grande bianco non freddo – grandi elettrodomestici come lavatrici, lavastoviglie
- R3 – Tv monitor a tubo catodico
- R4 – Elettronica di consumo, telecomunicazioni, informatica, piccoli elettrodomestici, elettrodomestici, giocattoli, apparecchi di illuminazione, dispositivi medici
- R5 – Sorgenti luminose a scarica: lampade fluorescenti e sorgenti luminose compatte.

Fondamentali quando si parla di Raee sono i temi del recupero e della prevenzione. La legislazione stabilisce infatti che si devono privilegiare le operazioni di riutilizzo e preparazione per il riutilizzo dei Raee o dei loro componenti in attuazione dei principi di precauzione e prevenzione nella produzione di rifiuti al fine di consentire un efficiente utilizzo delle risorse. L'Unione europea ha promosso iniziative di sensibilizzazione e informazione per i consumatori che vadano a influenzare sia le loro decisioni d'acquisto sia il corretto trattamento dei dispositivi. A oggi, la consapevolezza sull'importanza di raccogliere e gestire adeguatamente i Raee è ancora limitata, e lo sono anche i servizi di riparazione disponibili. Un segnale positivo riguardo agli acquisti proviene tuttavia dal mercato in crescita dei prodotti ricondizionati a livello globale. L'acquisto di dispositivi ricondizionati offre vantaggi sia dal punto di vista economico sia ambientale, poiché oltre a costare meno, contribuisce a ridurre l'uso di materie prime critiche e, di conseguenza, gli impatti ambientali legati alla produzione di nuovi dispositivi. Per quanto riguarda invece la durata utile degli apparecchi elettrici ed elettronici, la promozione del diritto alla riparazione, attraverso la rimozione di ostacoli tecnici, economici e normativi, rappresenta un elemento chiave nella gestione sostenibile dei Raee. L'eco-design, che integra considerazioni ambientali fin dalla fase iniziale della progettazione dei prodotti, può contribuire a creare apparecchiature più resistenti, con una vita utile più lunga e facilmente riparabili. Per questo serve anche creare una cultura fra i consumatori

per prediligere l'acquisto di oggetti riparabili, riutilizzabili e potenziabili.

## Iniziative sul territorio: l'impianto di Sogliano Ambiente

Anche sul territorio emiliano-romagnolo sono presenti iniziative di recupero e smaltimento Raee; una di queste, presente a Sogliano sul Rubicone, in Romagna, è l'impianto di smaltimento di Sogliano Ambiente.

Sogliano Ambiente, che da oltre 25 anni si occupa di smaltimento e trattamento rifiuti, ha recentemente realizzato un innovativo impianto di recupero dei pannelli fotovoltaici fuori uso e di altri Raee. L'obiettivo di questo nuovo impianto è quello di massimizzare la separazione delle varie frazioni che compongono le varie apparecchiature elettriche ed elettroniche e di trasformare i rifiuti in un'opportunità di crescita e di sviluppo socio-economica per il territorio e per la comunità.

L'impianto di Sogliano Ambiente è specializzato nello smaltimento dei pannelli fotovoltaici e la sua linea di trattamento, completamente meccanica, riesce a lavorare i pannelli a fine vita realizzati in silicio mono e policristallino, che rappresentano circa il 90% del parco fotovoltaico italiano, fornendo inoltre assistenza per la corretta gestione del rifiuto in tutte le sue fasi e nel rispetto della normativa vigente: a partire dal corretto deposito presso il produttore, alla corretta modalità di trasporto fino al corretto trattamento e recupero pannelli fotovoltaici.

L'azienda è stata la prima in Italia a ottenere l'Eow (*end-of-waste*) sul vetro prodotto dal trattamento del pannello fotovoltaico in base al Regolamento Ue n.1179 del 2012, dove il termine *end-of-waste* significa "cessazione della



2

qualifica di rifiuto" e indica il processo al termine del quale un rifiuto perde tale qualifica per acquisire quella di prodotto o materia prima secondaria. La linea di recupero pannelli fotovoltaici di Sogliano Ambiente separa e recupera ogni singola frazione che compone il pannello per essere successivamente parte di un progetto di riciclo in diversi settori industriali (fabbricazione e trasformazione di vetro, ceramiche e smalti, fonderie d'alluminio, produzione di manufatti ecc.).

Irene Sabbadini, Guido Croce, Marco Ottolenghi

Art-Er

### NOTE

<sup>1</sup> <https://energia.regione.emilia-romagna.it/piani-programmi-progetti/politiche-europee/progetti-europei-1/circotronic-2>

<sup>2</sup> Per le attività di progetto la Regione si avvale del supporto tecnico operativo di Art-Er.



FIG. 1 SMALTIMENTO FOTOVOLTAICO

Il processo di smaltimento dei pannelli fotovoltaici ([www.soglianoambienteraee.it/smaltimento-pannelli-fotovoltaici](http://www.soglianoambienteraee.it/smaltimento-pannelli-fotovoltaici)).



# UN TERMOMETRO DELLA SALUTE ORGANIZZATIVA

SPUNTI DI RIFLESSIONE DALL'INDAGINE 2023 DI BENESSERE ORGANIZZATIVO DI ARPAE EMILIA-ROMAGNA, UN MONITORAGGIO AD AMPIO SPETTRO DELL'ANDAMENTO DI ALCUNE DIMENSIONI DI PARTICOLARE IMPORTANZA PER LA VITA ORGANIZZATIVA. LE AZIONI SUCCESSIVE DOVRANNO AFFRONTARE LE SOLLECITAZIONI PER IL MIGLIORAMENTO.

**I**l “clima” interno di un'organizzazione ne racconta lo stato di salute generale e conoscere lo stato di salute di un'organizzazione permette di mettere a fuoco quali sono gli ambiti di eccellenza, così come quelli in cui è necessario intervenire per apportare miglioramenti. Come un termometro, le indagini di clima (o benessere) organizzativo raccolgono, in un determinato momento, il punto di vista dei dipendenti sugli elementi che caratterizzano la propria organizzazione, le sue criticità e i suoi punti di forza. Esattamente come un termometro, queste indagini non hanno l'ambizione di spiegare in profondità le cause di ciò che si osserva, ma più semplicemente di consentire un monitoraggio ad ampio spettro dell'andamento di alcune dimensioni di particolare importanza per la vita organizzativa: in altre parole, di costruire una mappa complessiva di “come vanno le cose” all'interno di un'organizzazione. Resta poi alle azioni successive – basate sulle evidenze raccolte in fase di osservazione e analisi – la responsabilità di intervenire puntualmente per



introdurre cambiamenti in linea con l'orientamento strategico dell'ente.

Arpae Emilia-Romagna, tra la fine del 2022 e l'inizio del 2023, ha deciso di utilizzare questo strumento di lettura della dinamica organizzativa per fotografare lo stato di salute dell'Agenzia e, di conseguenza, progettare gli interventi necessari a migliorarla. I

risultati dell'indagine rivelano molte luci e qualche ombra: buona notizia, sia perché il tessuto organizzativo è solido, sia perché le criticità evidenziate dal personale indicano, in maniera piuttosto convergente, ambiti di miglioramento specifici.

Il primo aspetto rassicurante che emerge dall'analisi riguarda l'adesione all'indagine: il 68,9% del personale



FIG. 1  
BENESSERE ORGANIZZATIVO

Macro-aree di indagine del questionario sul benessere organizzativo in Arpa Emilia-Romagna.

ha deciso di partecipare all’iniziativa, rispondendo al questionario. Questo tasso di risposta conferisce alle considerazioni che si possono trarre dai dati una ragionevole affidabilità statistica, peraltro confermata dal fatto che la distribuzione dei rispondenti rispecchia sostanzialmente quella della popolazione aziendale (se si considerano, ad esempio, il sesso, le classi di età e le categorie di inquadramento contrattuale). In altre parole, i dati riflettono uno spaccato fedele della composizione del personale dell’Agenzia.

Forse ancora più importante, però, è il segnale che una partecipazione così estesa trasmette: quando le persone decidono di dedicare del tempo per raccontare il proprio punto di vista sull’esperienza nel posto di lavoro, segnalano nei confronti dell’organizzazione fiducia nella capacità di quest’ultima di ascoltare e recepire le indicazioni raccolte, anche nei casi in cui i giudizi espressi siano critici o, comunque, non del tutto positivi.

Tra i molti punti di forza dichiarati dal personale dell’Agenzia, i più significativi riguardano gli impatti del lavoro agile e la chiarezza dell’orientamento strategico. Con riferimento al primo, un approfondimento di ricerca<sup>1</sup> ha permesso di mettere meglio a fuoco le dinamiche di buon funzionamento delle forme di flessibilità lavorativa in Arpae. A fronte di condizioni tecnologiche e formative adeguate ad abilitare forme di lavoro flessibili, la soddisfazione lavorativa del personale dell’Agenzia sembra spiegarsi soprattutto a fronte della combinazione di due fattori: un certo grado di autonomia professionale e un adeguato supporto – in termini di indirizzo operativo e motivazionale – da parte del responsabile diretto. Tale dinamica sembra riferirsi in modo peculiare al contesto organizzativo di un’Agenzia regionale per la protezione ambientale, in cui la particolare natura del lavoro – ad alta intensità di conoscenza – richiede spazi adeguati di esercizio della propria *expertise* professionale.

In merito alla dimensione strategica, la chiarezza di obiettivi e risultati risulta tanto più sfumata quanto più ci si allontana dal proprio contesto quotidiano di lavoro: in altre parole, se il dato è estremamente positivo a livello di unità di appartenenza (7,66 su scala 1-10), lo è un po’ meno a livello di area di appartenenza (7,06) e ancora meno a livello di Agenzia nel suo complesso (6,79). Questa dinamica – di per sé piuttosto fisiologica sia perché si tratta di un’organizzazione di elevate

TAB. 1  
BENESSERE  
ORGANIZZATIVO

Sintesi dei risultati dell’indagine di benessere organizzativo in Arpae Emilia-Romagna, media di tutti i voti espressi in vari ambiti di indagine.

Indicatore	Valutazione media (tutta l’Agenzia) da 1 a 10
Strategia (Agenzia nel complesso)	6,79
Strategia (area di appartenenza)	7,06
Strategia (unità di appartenenza)	7,66
Senso di appartenenza	6,57
Organizzazione ed equità di trattamento	4,67
Adeguatezza delle competenze	6,43
Collaborazione	6,41
Comunicazione	5,47
Valorizzazione delle differenze	7,65
Valutazione del contributo lavorativo	6,08
Impatto percepito del lavoro agile	7,67
Soddisfazione per il lavoro agile	7,42
Chiarezza del ruolo	7,59
Soddisfazione lavorativa	7,02
Autonomia lavorativa	6,96
Strumenti di sviluppo professionale	5,91
Disponibilità al cambiamento	7,33
Rapporto con il responsabile	6,76

complessità e dimensioni, sia perché è naturale conoscere meglio il contesto più quotidiano – dev’essere letta in parallelo con le criticità segnalate in merito al tema della comunicazione interna (5,47 su scala 1-10). Tale campanello d’allarme viene confermato anche nella sezione del questionario dedicata alle priorità di intervento: il 36% dei rispondenti, infatti, indica la circolazione e la chiarezza delle informazioni tra diverse strutture come uno dei tre ambiti sui quali è più urgente un intervento migliorativo da parte dell’Agenzia. Infine, le percezioni sull’equa distribuzione di risorse e competenze nelle varie parti dell’organizzazione fanno registrare il valore più critico a livello complessivo (4,67 su scala 1-10): il dato sembra riverberarsi, a cascata, anche sulle percezioni di adeguatezza degli strumenti di sviluppo professionale (5,91) e di riconoscimento del contributo lavorativo (6,08).

L’analisi delinea un quadro non privo di criticità, ma ricco di segnali incoraggianti per le traiettorie di consolidamento della salute organizzativa dell’Agenzia: a fronte di un appello piuttosto esplicito alla valorizzazione e al rafforzamento delle competenze, peraltro in linea con il più generale movimento culturale

che la pubblica amministrazione in Italia sta vivendo in questi ultimi anni, si registrano un’elevata disponibilità al cambiamento e all’assunzione di responsabilità nuove (7,33), un solido senso di appartenenza e adesione alla missione istituzionale (6,57) e una cultura interna di tutela e valorizzazione delle differenze (7,65). Guardando al futuro, rilevata la temperatura, possiamo sicuramente dire di essere di fronte a un’organizzazione in salute, attenta a mantenersi tale e pertanto già all’opera per individuare le migliori risposte alle sollecitazioni che i dipendenti hanno offerto.

**Giorgio Giacomelli, Marta Barbieri**

Sda Bocconi School of Management - Area Government, health and not for profit (Ghnp)

**NOTE**

<sup>1</sup> Giacomelli G., Annesi N., Barbieri M., 2023, “Telework and job satisfaction in knowledge-intensive public organizations: a qualitative quantitative analysis from an environmental protection agency in Italy”, *Journal of Public Budgeting, Accounting & Financial Management*, <https://doi.org/10.1108/JPBAFM-07-2023-0134>.

# CONFRONTO GENERAZIONALE NELLA DINAMICA AMBIENTALE

IL CONFRONTO INTERGENERAZIONALE, SE COSTRUITO E APPLICATO CON LOGICHE RELAZIONALI PARITARIE, PUÒ RAPPRESENTARE UNA RISORSA STRATEGICA PER L'ACCREDITAMENTO DI UNA NARRATIVA AMBIENTALE MENO POLARIZZATA E CONFLITTUALE E PIÙ COESA, NEGLI OBIETTIVI COME NELLE STRATEGIE.

**L**a premessa di partenza: alcuni dati per perimetrare l'ampiezza e per inquadrare la complessità del fenomeno in oggetto. A oggi, complice l'allungamento della vita media, coabitano in Italia sette generazioni differenti, di cui cinque attive nella sfera professionale<sup>1</sup>. Ognuna di queste generazioni presenta caratteristiche peculiari; rimanendo alla dinamica ambientale, la generazione Z (i nati tra il 1995 e il 2010) è certamente la più consapevole e proattiva nel contrasto a quei comportamenti insostenibili percorsi dalle generazioni precedenti, con un atteggiamento molto più netto rispetto alle posizioni dei *baby boomers* (nati tra il 1946 e il 1964), della generazione X (nati tra il 1965 e il 1979) e della generazione Y (nati tra il 1980 e il 1994).

Un dato, questo, che traspare in maniera evidente dalle cronache di azioni sempre più eclatanti (e talvolta, spiace ammetterlo, sempre più sguaiate) per ripristinare, più che un senso di attenzione, un senso di reazione netto e inequivocabile rispetto ai cambiamenti in atto. Queste cronache, nel contempo, ci dicono anche altro. Ci restituiscono l'immagine plastica di un confronto generazionale che, per quanto formalmente auspicato, non riesce a essere sostanzialmente impattante, progressivamente depotenziato dall'incardinarsi (qualcuno direbbe dall'incancrenirsi) di due posizioni polarizzate e isolate. Da una parte, il senso di urgenza manifestato dai "nativi della sostenibilità" con la richiesta di condotte radicalmente trasformative dell'esistente; dall'altra, la prudenza e il pragmatismo nei confronti di cambiamenti così trasversalmente impattanti, spesso risolto con condotte e scelte interlocutorie.

Il tutto, con la contestuale emersione di due distinte contro narrative che, non casualmente, poggiano i propri pilastri proprio sui punti di debolezza (reali o percepiti) dell'altrui comportamento,



bollando come imprudenti e poco mature le rivendicazioni dei junior e come inutilmente attendiste e funzionali a un eterno differimento decisionale quelle dei senior. Questo è il presente. Si tratta, ora, di capire se questo presente cristallizzato può trasformarsi in altro, e come.

## Verso un confronto generazionale rinnovato

Un confronto – a prescindere dall'età, dalle posizioni assunte o dalle esperienze progressse dei suoi interpreti – è tale se si realizza all'interno di un ambiente paritetico, al cui interno le parti dispongano delle stesse possibilità di spiegare le proprie tesi. L'alternativa a questo assunto, come già raccontato a proposito dei processi negoziali<sup>2</sup>, è quella di un ambiente fortemente caratterizzato da punti di forza contrapposti a punti di debolezza, in cui a emergere – quale risultanza finale del confronto stesso – non è lo scopo più giusto o aderente alle

necessità contingenti quanto, piuttosto, quello di chi è stato in grado di far valere i propri punti di eccellenza con più veemenza. Magari, utilizzando le debolezze altrui per screditare la tesi concorrente. Alimentando, di fatto, una persistente conflittualità di fondo. Accreditarne una parità relazionale vuole dire, innanzitutto, tenere in debita considerazione proprio quel passato fiacco di cui abbiamo letto nella premessa. In tal senso, proprio per sanare ferite relazionali non ancora pienamente cicatrizzate, occorre una fase preliminare di ascolto, capace di riconoscere nell'interlocutore un soggetto perfettamente credibile e di ripristinare, così, un senso di fiducia reciproco che oggi appare decisamente compromesso. Ad aiutarci, le 7 regole dell'ascolto<sup>3</sup> elaborate dall'etnografa e attivista Marianella Scavi, con particolare riferimento alla regola 1 ("Non avere fretta di arrivare a delle conclusioni. Le conclusioni sono la parte più effimera della ricerca") e alla regola 3 per cui "se vuoi comprendere quel che un

altro sta dicendo, devi assumere che ha ragione e chiedergli di aiutarti a capire come e perché”. Due “avvertenze” che dovrebbero ammantare qualsiasi confronto ma che diventano ancora più centrali e strategiche rispetto a un tema – il confronto generazionale in ambito ambientale – in cui proprio lo stile di conduzione sempre più dissennatamente veloce e le certezze di parte, mai messe realmente in discussione, hanno spesso inibito l’inizio di un dialogo possibile e costruttivo.

È chiaro che questa fase di ascolto, per quanto oggi strettamente necessaria, da sola non può bastare. La stessa natura di un confronto – che non è mai statico ma segue idealmente e operativamente i cambiamenti del presente, intercettando e rappresentando istanze profondamente mutevoli – necessita di una coerenza che da teorica si fa operativa e comportamentale, prevedendo spazi di co-progettazione e gestione che si dipanano nel tempo.

E che, in qualche modo, certificano la bontà e l’efficacia del processo generale. Disattendere questo momento di perfezionamento e di messa a terra di una concreta collaborazione generazionale significherebbe, in molti casi, vanificare quanto di buono è già stato realizzato. Tuttavia, nel caso e nella materia in esame, stante un pregresso conflittuale conclamato, il farlo condannerebbe definitivamente la tematica ambientale a una serie di narrazioni profondamente slegate, poco sinergiche e in perenne opposizione.

Un proposito utopico? No, le esperienze in tal senso esistono. Ne ho scelta una,

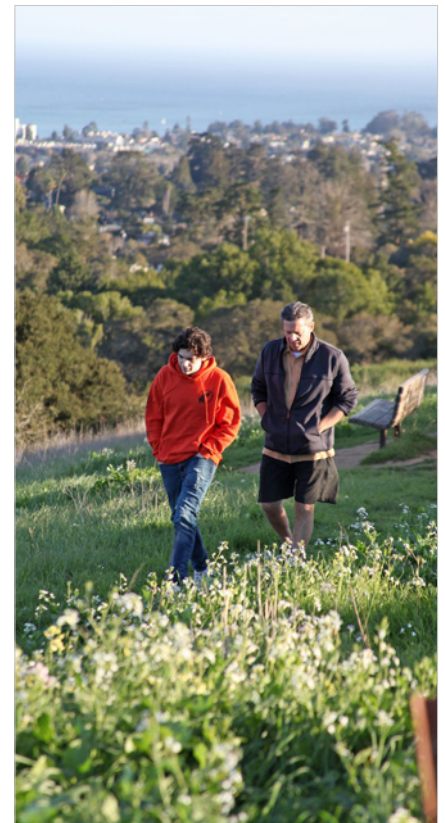
tra le tante, per il solo fatto di averla, in parte, costruita e vissuta quotidianamente. Il laboratorio di comunicazione Comm to Action<sup>4</sup>, nato dall’intuizione di Biagio Oppi per colmare il gap tra teoria e pratica comunicativa, oggi integralmente gestito da studenti e studentesse con meno di 30 anni, con il supporto di senior e junior mentor nella cornice di un confronto generazionale realmente paritario. In cui, per dirla tutta, a imparare è anche il senior. *Mutual mentoring* per dirla con un po’ di enfasi.

## L’utilità e la necessità del vivaio

Nella mia vita ho molto amato la dimensione sportiva che ha contribuito alla formazione del mio carattere. Sui campi da gioco ho imparato il rispetto che convive con l’agonismo. Sono passati più di 30 anni da quando un giocatore, osservando il mio allenamento, mi chiamò da parte e mi dedicò un paio d’ore per farmi vedere come andava fatto un certo passaggio. Gli chiesi, un po’ scettico, il perché di quell’interesse e mi rispose, semplicemente, che voleva che la sua squadra, in cui aveva militato tanti anni, rimanesse competitiva anche dopo il suo abbandono, ormai prossimo. Credo fermamente che quello che vale per una squadra valga, in egual misura, anche per una comunità. Soprattutto rispetto a un tema così universale, che ci riguarda tutti.

### Stefano Martello

Componente tavolo “Ambiente e Sostenibilità”, Pa Social



### NOTE

<sup>1</sup> Giulia Armuzzi, “La comunicazione ambientale al crocevia delle generazioni”, in Stefano Martello, Sergio Vazzoler (a cura di), *L’anello mancante. La comunicazione ambientale alla prova della transizione ecologica*, Pacini, 2022.

<sup>2</sup> Stefano Martello, 2022, “La mitigazione della conflittualità ambientale”, *Ecoscienza*, n. 5/6.

<sup>3</sup> [www.ascoltoattivo.net](http://www.ascoltoattivo.net)

<sup>4</sup> [www.commtoaction.it](http://www.commtoaction.it)

## LE SETTE REGOLE DELL’ARTE DELL’ASCOLTARE

1

Non avere fretta di arrivare a delle conclusioni. Le conclusioni sono la parte più effimera della ricerca

2

Quel che vedi dipende dalla prospettiva in cui ti trovi. Per riuscire a vedere la tua prospettiva, devi cambiare prospettiva.

3

Se vuoi comprendere quel che un altro sta dicendo, devi assumere che ha ragione e chiedergli di aiutarti a capire come e perché.

4

Le emozioni sono degli strumenti conoscitivi fondamentali se sai comprendere il loro linguaggio. Non ti informano su cosa vedi, ma su come guardi. Il loro codice è relazionale e analogico.

5

Un buon ascoltatore è un esploratore di mondi possibili. I segnali più importanti per lui sono quelli che si presentano alla coscienza come al tempo stesso trascurabili e fastidiosi, marginali e irritanti perché incongruenti con le proprie certezze.

6

Un buon ascoltatore accoglie volentieri i paradossi del pensiero e della comunicazione. Affronta i dissensi come occasioni per esercitarsi in un campo che lo appassiona: la gestione creativa dei conflitti.

7

Per divenire esperto nell’arte di ascoltare devi adottare una metodologia umoristica. Ma quando hai imparato ad ascoltare, l’umorismo viene da sé.

di Marianella Sclavi  
[ascoltoattivo.net](http://ascoltoattivo.net)