



Risultati delle analisi su campioni prelevati presso il Comparto di HerAmbiente km 2,6 - SS 309 Romea Ravenna

Dati 2021

Novembre 2022



Arpae - Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia
Area Prevenzione Ambientale (APA) -Est)
Servizio Sistemi Ambientali
Sede di Ravenna, Via Alberoni 17 | 48121 Ravenna

Relazione redatta da:

Patrizia Luciali
Samuele Marinello
Giacomo Agrillo

Hanno collaborato:

- al campionamento e alla gestione delle postazioni, gli operatori del SSA –
Sede di Ravenna:

Giacomo Agrillo
Deborah Valbonetti
Maria Antonia Cavuoto
Roberto Tinarelli
Andrea Caccoli
Stefano Serra
Samuele Marinello

- alle analisi, gli operatori del Laboratorio Integrato:

Michela Comandini
Marilena Montalti
Claudia Zigola
Davide Verna
Alberto Santolini

Indice

INTRODUZIONE.....	2
2 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'IMPIANTO.....	3
3 – MONITORAGGIO AMBIENTALE: APPROCCIO METODOLOGICO.....	4
3.1 – Acque di falda (acque profonde)	4
3.2 – Aria	5
3.2.1 – Monitoraggio del particolato atmosferico	5
3.2.2 – Monitoraggio della deposizione atmosferica.....	7
3.3 – Indicatori di bioaccumulo.....	9
4 - MONITORAGGIO AMBIENTALE: RISULTATI.....	10
4.1 – Acqua di falda (acque profonde).....	10
4.2 – Aria.....	11
4.2.1 - Particolato atmosferico	11
4.2.2 - Metalli e microinquinanti nel particolato PM10	19
METALLI.....	19
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA).....	23
MICROINQUINANTI ORGANICI: POLICLOROBIFENILI (PCB) DIOSSINE (PCDD) E FURANI (PCDF)	28
4.2.3 - Deposizione atmosferica.....	35
METALLI.....	35
IPA, POLICLOROBIFENILI (PCB), DIOSSINE (PCDD) E FURANI (PCDF).....	37
4.3 – Bioaccumulo.....	41
5 – CONCLUSIONI.....	44
Acque di falda (profonda).....	44
Aria	44
Particolato atmosferico	44
Deposizione atmosferica.....	45
Bioaccumulo	46

INTRODUZIONE

Il Comparto di trattamento rifiuti HerAmbiente, realizzato a partire dall'anno 1989 e sito al km 2,6 - Via Romea Nord – Ravenna, si presenta come un sistema integrato di gestione dei rifiuti che ricopre l'intero ciclo di trattamento delle frazioni liquide, solide e fangose.

L'attività di campionamento e le analisi di laboratorio sono oggetto di contratti/protocolli triennali: l'ultimo è stato sottoscritto nel 2021 (2021-2023) e fa seguito ai due protocolli approvati nel 2015 (2015-2017) e nel 2018 (2018-2020).

L'obiettivo dell'attività svolta da Arpae è integrare la valutazione dell'impatto esercitato dal sito, attraverso la misura di alcuni parametri rappresentativi della qualità delle matrici analizzate, ampliando ed integrando il set di dati già previsti nei piani di monitoraggio prescritti dai provvedimenti di AIA ed effettuati dai gestori degli impianti coinsediati nel Comparto.

La presente relazione riporta i risultati delle analisi effettuate su campioni delle matrici acqua, aria e vegetali prelevati presso il Comparto nel corso dell'anno 2021.

Le matrici oggetto di indagine, le postazioni di misura ed il numero di campioni raccolti sono riportati in Tabella 1.

	Matrice	N. postazioni di misura	N. campioni all'anno
Acqua	<i>Acqua di falda (profonda)</i>	1 postazione	1
Aria	<i>Particolato atmosferico</i>	3 postazioni - campionatori Skypost	170
	<i>Deposizione atmosferica</i>	4 postazioni - campionatori bulk	96
Alimenti	<i>Indicatori di bioaccumulo</i>		3 (solo nel 2021)

Tabella 1 – Matrici, postazioni e numero di campioni indagati nel corso dell'annualità 2021

La matrice acqua è monitorata attraverso un unico campionamento di acque sotterranee prelevate nel pozzo sito in via Guiccioli, pozzo che consente l'accesso alle acque profonde fino a ~228 m dal piano di campagna. Sul campione prelevato sono ricercati gli analiti previsti dal protocollo per le acque freatiche (integrato con alcuni parametri storicamente ricercati in questo pozzo).

Per la matrice aria sono state condotte campagne di monitoraggio distribuite nell'arco dell'anno, così da consentire una valutazione dell'andamento dei parametri rilevati in relazione alle stagioni. In particolare, per il PM10 è stato raccolto un numero di campioni considerato sufficiente per avere un set "robusto" di dati (più di 54 giorni di campionamento) per le *misurazioni discontinue* definite dal DLvo 155/2010 per il PM10 (Allegato I).

La matrice alimenti è indagata solo per l'annualità 2021, così come convenuto nella nuova convenzione (2021-2023) anche a seguito del termine di esercizio dell'impianto IRE.

2 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'IMPIANTO

Il Comparto di HerAmbiente, situato nel territorio del comune di Ravenna, si trova a nord dell'abitato cittadino, al km 2,6 della Strada Statale Romea (S.S. 309 Romea).

Il polo integrato occupa un'area di circa 110 ettari confinante a est con la S.S. 309 Romea, a sud con la strada comunale via Guiccioli, a nord con lo scolo Cerba e ad ovest con lo scolo Tomba. Nelle immediate vicinanze del Comparto la densità abitativa è modesta, poiché occupata da terreni agricoli e ospita pochi edifici rurali isolati. Entro un raggio di circa 5 km sono presenti gli abitati di San Romualdo, Sant'Antonio e il quartiere "San Giuseppe" (immediatamente esterno al centro urbano della città di Ravenna), oltre all'area artigianale-industriale Bassette.

In prossimità del Comparto sono presenti aree di particolare pregio naturalistico-ambientale classificate come Zone di Protezione Speciale - ZPS e Siti di Importanza Comunitaria – SIC e tutelate dalla "Direttiva Habitat" e dalla "Direttiva Uccelli". A nord e ad est il Comparto confina con il Parco Regionale del Delta del Po.

Il contesto naturalistico in cui è inserito il complesso impiantistico di HerAmbiente (in verde chiaro) è riportato in Figura 1:

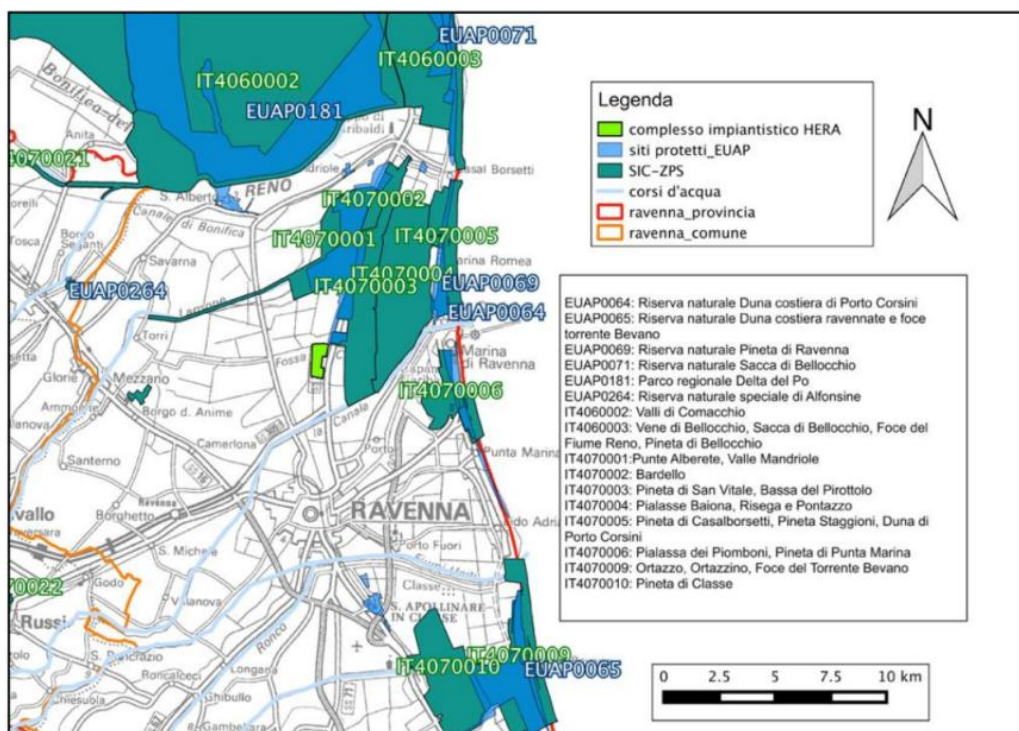


Figura 1 – Contesto territoriale in prossimità del Comparto HerAmbiente

Il Comparto comprende, oltre alla discarica per rifiuti non pericolosi, anche l'impianto di Trattamento Chimico Fisico (TCF) di rifiuti liquidi pericolosi e non pericolosi e l'impianto di trattamento fanghi DISIDRAT. Inoltre, nello stesso complesso, sono compresi l'impianto di trattamento rifiuti urbani, la discarica esaurita per rifiuti pericolosi, le discariche per rifiuti pericolosi e non pericolosi 1°, 2°, 3°, 4° stralcio ed il centro di stoccaggio provvisorio e pretrattamento di rifiuti urbani e speciali, pericolosi e non pericolosi.

Per le caratteristiche impiantistiche del sito di Ravenna si rimanda ai documenti aggiornati dell'Azienda (<https://ha.gruppohera.it/impianti/>).

3 – MONITORAGGIO AMBIENTALE: APPROCCIO METODOLOGICO

Anche nel corso del 2021 le matrici acqua, aria e alimenti sono state oggetto di attività di campionamento e di analisi, secondo quanto convenuto nel contratto 2021-2023.

Le metodologie di campionamento, di analisi e di valutazione fanno riferimento a quanto previsto dalla normativa nazionale (ove presente) e/o alle norme tecniche di settore.

In particolare, per la matrice aria la normativa presa a riferimento è il D.Lgs 155/2010 *“Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”*, sebbene le postazioni in cui sono stati effettuati i campionamenti (all'interno del Comparto ed in prossimità del confine con l'esterno) si configurino come ambiente di lavoro piuttosto che ambiente di vita. Anche se in ambito lavorativo i limiti relativi ai diversi inquinanti sono definiti in modo diverso e numericamente più elevati rispetto a quelli previsti per la valutazione dell'esposizione della popolazione in generale, in ottica cautelativa, si è ritenuto utile confrontare anche i dati rilevati all'interno del Comparto con i limiti, i riferimenti normativi o di bibliografia più restrittivi (ovvero quelli della qualità dell'aria) con l'avvertenza che, poiché le misure sono in ambito produttivo, le considerazioni sono da considerarsi prudenziali.

Le modalità e gli strumenti di indagine adottati per ciascuna matrice sono descritti di seguito.

3.1 – Acque di falda (acque profonde)

HerAmbiente, coerentemente con il piano di monitoraggio che costituisce parte integrante del provvedimento di AIA, conduce autocontrolli sulle acque per valutare la qualità della falda superficiale e verificare l'efficacia del sistema di contenimento del percolato delle discariche.

Pertanto, l'attività di Arpae sulla matrice “acqua” è limitata al controllo della falda profonda, che si trova al di sotto della falda superficiale già oggetto di controllo.

Il punto di campionamento/prelievo è il pozzo sito in via Guiccioli, a circa 1,5 km dal Comparto, che consente di accedere alle acque che si trovano a 228 m dal piano di campagna (Figura 2).

Si tratta di un pozzo monofalda, afferente all'acquifero A4, acquifero bene isolato rispetto a quelli superiori ed a quello superficiale. La canna del pozzo rappresenta, inoltre, l'unica struttura che, nei pressi della discarica, attraversa tutti gli acquiferi.



Figura 2 – Pozzo profondo di via Guiccioli (ex RA-1101) – circa 1,5 km dal Comparto

Il pozzo di via Guiccioli faceva parte della rete regionale delle acque sotterranee (il sito era identificato dal codice: RA-1101) e così è disponibile una cospicua serie storica di dati analitici utili a valutare la presenza di eventuali anomalie. Poiché la caratteristiche di qualità delle acque del pozzo non presentano repentini cambiamenti e non sono legate alla stagionalità, ai fini del controllo della tenuta della discarica, è sufficiente effettuare il campionamento con frequenza annuale: nel 2021 il campione è stato prelevato il 2 settembre.

In accordo con quanto previsto dal protocollo per le acque freatiche (integrato con alcuni analiti storicamente ricercati nel pozzo di via Guiccioli), i parametri quantificati per valutare la qualità delle acque sono i seguenti:

- metalli (Pb, Cd, Ni, Cr, Cu, As, Hg);
- ammonio, fosforo totale, zinco;
- cloruri;
- nitrati;
- piezometria;
- ossidabilità;
- pH.
- PCB / PCT;
- solventi FID / solventi clorurati;
- fenoli;
- pesticidi organo clorurati/ pesticidi organo fosforati;

3.2 – Aria

3.2.1 – Monitoraggio del particolato atmosferico

Tenendo conto dei risultati dei campionamenti effettuati negli anni passati (convenzioni 2015-2017 e 2018-2020) e dei cambiamenti nelle attività del Comparto (già avviati e previsti), dal 2021 il campionamento del particolato atmosferico PM10 è effettuato in 3 postazioni (Figura 3).



Post.1	In prossimità discarica rifiuti non pericolosi (7°-8° settore)
Post.2	Impianto di trattamento chimico-fisico (TCF)
Post.3	impianto di disidratazione fanghi (DISIDRAT)

Nota: Prima del 2021 la Postazione 2 era collocata nella posizione in grigio (circa 300 m a Nord)

Figura 3 – Postazioni di misura del PM10

Dal punto di vista temporale, le campagne di monitoraggio sono progettate per fornire una rappresentazione completa ed uniforme delle concentrazioni dell'intero anno, cogliendo l'andamento della variabilità stagionale, così come previsto dal DLgs 155/2010.

Complessivamente nelle tre postazioni, nel 2021, sono stati raccolti **170 campioni** (87 nel semestre invernale e 83 in quello estivo) che hanno fornito - previa doppia pesata e misurazione del flusso di aria campionato - la concentrazione giornaliera di PM10 (57 giorni nella postazione 1 e 56 e 57 nelle postazioni 2 e 3). Inoltre, sul particolato PM10 raccolto nella postazione 2 (impianto di Trattamento Chimico-Fisico TCF) sono state effettuate analisi per la ricerca di microinquinanti (IPA, PCB, PCDD, PCDF) e metalli (Piombo, Cadmio, Nichel, Cromo, Vanadio, Argento, Arsenico). La Tabella 2 riassume le campagne condotte nel 2021, indicando il periodo di monitoraggio ed il numero di campioni validi raccolti ed analizzati.

Stagione	Mese anno 2021	Periodo campionamento	Numero di campioni validi raccolti		
			Post. 1	Post. 2	Post. 3
Inverno	Gennaio	26 gen. ÷ 29 gen.	4	4	3
	Febbraio	1 feb. ÷ 17 feb.	10	10	11
	Marzo	Non campionato			
Estate	Aprile	1 apr. ÷ 11 apr.	7	7	7
	Maggio	20 ÷ 27 mag. mag.	7	7	7
	Giugno	Non campionato			
	Luglio	08 lug. ÷ 14 lug.	7	6	7
	Agosto	Non campionato			
	Settembre	03 set. ÷ 11 set.	7	7	7
	Ottobre	Non campionato			
	Novembre	24 nov. ÷ 30 nov.	3	7	7
Inverno	Dicembre	1 dic. ÷ 12 dic.	12	8	8
Totale campioni di PM10			57	56	57

Tabella 2 – Sintesi delle campagne di misura del particolato PM10

I campionamenti di PM10 sono effettuati utilizzando lo strumento Skypost (Figura 4), conforme alla norma Europea CEN 12341 richiesta dal D.Lgs. 155/2010.



Figura 4 – Strumento Skypost per il campionamento del PM10

I filtri, sui quali è raccolto il particolato, sono pesati in laboratorio prima e dopo il campionamento, previo condizionamento (determinazione gravimetrica). Noto il volume di aria campionato dallo strumento, la concentrazione di particolato in aria è data dal rapporto peso/volume campionato.

I dati delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 misurate nei tre siti di HerAmbiente sono confrontate con quelle rilevate – negli stessi giorni - dalla strumentazione installata nelle stazioni di misura della Rete Regionale di monitoraggio della Qualità dell'Aria (RRQA).

Analogo confronto è effettuato considerando i dati misurati nel periodo 2015-2021 (arco temporale di riferimento delle convenzioni triennali sottoscritte tra HerAmbiente e Arpa-e).

3.2.2 – Monitoraggio della deposizione atmosferica

Gli inquinanti emessi in aria, oltre a disperdersi, possono subire processi legati alla loro reattività chimica oppure processi di deposizione quando le sostanze inquinanti si “trasferiscono” dal *plume* al suolo.

Nei processi di deposizione si distingue fra:

- deposizione umida, meccanismo di eliminazione causato dall'azione delle acque meteoriche che catturano le particelle e le depongono al suolo;
- deposizione secca, un meccanismo sempre presente che elimina una parte dell'inquinante presente in aria e lo trasferisce al suolo, senza intervento dell'acqua presente in atmosfera.

Nello studio dei fenomeni di deposizione, si assume che il particolato:

- abbia una velocità di sedimentazione gravitazionale propria (proporzionale alla propria densità e alle sue dimensioni);
- non interagisca con la vegetazione;
- possieda la medesima resistenza aerodinamica dei gas.

Analizzando campioni di acqua piovana, raccolti mediante strumenti dedicati (*deposimetri bulk*), si può valutare quali-quantitativamente le sostanze che si depositano al suolo come *deposizioni totali secche* ed *umide*.

Dal 2021 nel Comparto di Ravenna le postazioni in cui si raccolgono le deposizioni atmosferiche totali (secche ed umide) sono quattro (Figura 5); sono state eliminate le postazioni 4 e 5 perché poste in aree in cui sono intervenuti cambiamenti nelle attività del Comparto¹ che le hanno rese poco rappresentative della situazione all'interno del Comparto.

Le postazioni indicate con i numeri 1,2 e 3 coincidono con i siti di misura del particolato atmosferico PM10.



Figura 5 – Postazioni di misura della deposizione atmosferica oggetto della convenzione 2021-2023 (in grigio le postazioni sopresse)

¹ - Chiusura dell'impianto IRE, autorizzato all'esercizio fino al 31/12/2019;
- termine dei conferimenti al 10° settore della discarica, per rifiuti non pericolosi, al 30/06/2021.

In corrispondenza di ciascuna postazione sono collocati due deposimetri bulk (Figura 6) di diverso materiale:



Figura 6 – Deposimetri bulk utilizzati per il campionamento della deposizione atmosferica

- un deposimetro in polietilene PEH per la misura dei metalli e
- un deposimetro in vetro pyrex per la misura dei microinquinanti organici IPA, PCB, PCDD, PCDF.

Mensilmente, nelle quattro postazioni di misura, sono raccolti i campioni di acqua piovana.

Il campione di acqua raccolta mensilmente viene estratta utilizzando un concentratore a membrana. Le membrane sono eluite con solvente e l'estratto mensile (relativo all'acqua raccolta in un mese in una postazione), è opportunamente conservato. Si procede ad un'ulteriore media temporale (trimestre) unendo 3 estratti mensili relativi alla medesima postazione.

Questi sono poi uniti in laboratorio e, successivamente analizzati, secondo questo schema:

accorpamento spaziale → unione dei campioni mensili raccolti nelle postazioni 1 e 6 (Nord + Nord-Est) e di quelli raccolti nelle postazioni 2 e 3 (Sud-Ovest + Sud);

accorpamento temporale → unione dei campioni mensili, accorpati spazialmente, ogni trimestre.

In questo modo, complessivamente (con quattro postazioni di misura e con 8 deposimetri bulk impiegati), nel corso del 2021 sono stati raccolti **96 campioni**, ridotti – dopo l'accorpamento spaziale e temporale, a:

- 8 campioni per IPA, PCB, PCDD, PCDF e
- 8 campioni per metalli (piombo, cadmio, nichel, cromo, vanadio, argento, arsenico).

La Tabella 3 riassume le campagne condotte, il periodo di monitoraggio ed il numero di campioni validi raccolti ed analizzati.

Stagione	Mese 2021	Date di campionamento (inizio - fine)		Numero di campioni validi raccolti
Inverno	Gennaio	04/01/2021	01/02/2021	8
	Febbraio	01/02/2021	01/03/2021	8
	Marzo	01/03/2021	31/03/2021	8
Estate	Aprile	31/03/2021	03/05/2021	8
	Maggio	03/05/2021	01/06/2021	8
	Giugno	01/06/2021	23/06/2021	8
	Luglio	23/06/2021	21/07/2021	8
	Agosto	21/07/2021	02/09/2021	8
	Settembre	02/09/2021	28/09/2021	8
Inverno	Ottobre	28/09/2021	29/10/2021	8
	Novembre	29/10/2021	24/11/2021	8
	Dicembre	24/11/2021	28/12/2021	8
Totale campioni				96

Tabella 3 – Sintesi delle campagne di misura della deposizione atmosferica

3.3 – Indicatori di bioaccumulo

In generale l'analisi e la valutazione degli indicatori di bioaccumulo hanno l'obiettivo di determinare il possibile impatto delle attività sugli organismi di flora e fauna attraverso la ricerca di inquinanti in campioni di tessuti vegetali ed animali (latte).

Nell'ambito delle convenzioni con HerAmbiente questo tipo di ricerca è stata effettuata per diversi anni ma con il 2021 viene conclusa, sia per la difficoltà a reperire campioni significativi (in particolare di origine animale) sia perché le analisi fino ad oggi condotte non hanno mai evidenziato differenze significative fra bianco e campione prelevato in prossimità del Comparto.

Nel 2021 sono stati raccolti, nei siti indicati in Figura 7, 3 campioni vegetali: 2 campioni di grano (+ 1 bianco prelevato in una azienda agricola di Conselice) e 1 campione di pesche.

Non è stato invece possibile reperire in zona un campione animale (latte).

Su ciascun campione è stata quantificata analiticamente la presenza di metalli (piombo, cadmio, nichel, mercurio, rame, arsenico e cromo), PCB e PCDD.

Nella preparazione dei campioni per l'analisi, la frutta (pesche) è stata lavata, per evitare interferenze macroscopiche dall'eventuale pulviscolo atmosferico depositato sulla buccia.

Per la ricerca dei metalli, buccia e polpa sono state divise ed analizzate separatamente per evidenziare un eventuale effetto barriera della buccia, mentre i PCB e PCDD sono stati ricercati sul prodotto totale (buccia più polpa).

Sul grano sono state condotte le analisi per la ricerca di metalli e per i PCB.

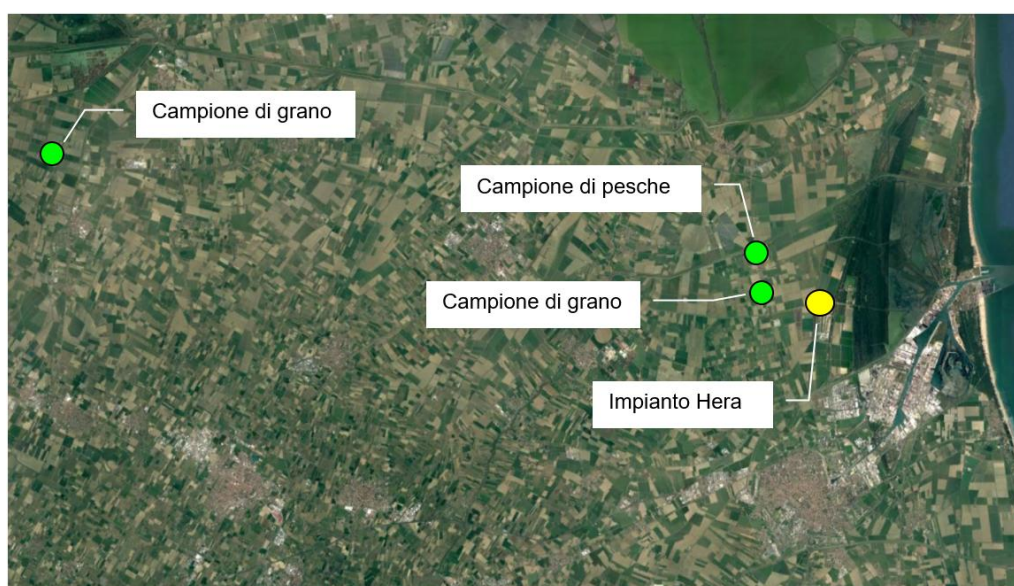


Figura 7 – Postazioni di raccolta dei campioni vegetali

4 - MONITORAGGIO AMBIENTALE: RISULTATI

Di seguito, per ciascuna matrice ambientale oggetto di valutazione, sono descritti i risultati relativi alla attività di monitoraggio e di analisi condotte nel corso dell'annualità 2021.

Inoltre, viene riportato un confronto con i risultati delle campagne condotte nel corso delle annualità precedenti oggetto delle convenzioni già concluse con l'obiettivo di evidenziare l'andamento temporale dei parametri rilevati.

4.1 – Acqua di falda (acque profonde)

In Tabella 4 sono riportati i valori della quota piezometrica, della temperatura delle acque e del PH misurati in campo nel pozzo di via Guiccioli, mentre in Tabella 5 sono indicati i risultati delle determinazioni analitiche condotte sul campione di acqua prelevato per rilevare la possibile presenza di PCB, PCT, metalli e pesticidi.

Risulta evidente come, per la maggior parte degli analiti indagati, i valori di concentrazione rilevati risultino inferiori ai limiti di rilevabilità.

Misure in campo		
Piezometria	[m]	7.4
Temperatura acqua	[°C]	15.2
PH		7.5

Tabella 4 – Dati misurati in campo nel pozzo di via Guiccioli – Anno 2021

Parametro			Metalli		
Ossidabilità	11.2	mg/l	Pb	< 1	µg/l
NH ₄ ⁺	8.98	mg/l	Cd	< 0.5	µg/l
Cl ⁻	49	mg/l	Ni	< 1	µg/l
NO ₃ ⁻	< 1	mg/l	Cr	< 1	µg/l
Ptot	0.70	mg/l	Cu	< 1	µg/l
Fenoli	< 0.01	µg/l	As	7	µg/l
Zn	107	µg/l	Hg	< 0.05	µg/l
PCB	< 0.005	µg/l			
PCT	< 0.05	µg/l			
Pesticidi organo fosforiti	< 0.5	µg/l			
Pesticidi organo clorurati	< 0.01	µg/l			
Solventi clorurati	< 1.3 (*)	µg/l			

(*) Dato ottenuto come somma della metà del limite di quantificazione di ciascuna sostanza identificata in modo univoco

Tabella 5 – Parametri analitici rilevati nel campione prelevato nel pozzo di via Guiccioli – Anno 2021

Per valutare l'andamento temporale delle concentrazioni degli analiti indagati, in Tabella 6 sono riportati i valori misurati nel periodo 2015-2021, annualità delle convenzioni sottoscritte per le attività di monitoraggio del Comparto di trattamento rifiuti.

I dati riportati non evidenziano condizioni particolari: la maggior parte dei valori sono inferiori al limite di rilevabilità e quando sono superiori risultano comunque in linea con quanto misurato in passato.

Parametro		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
pH		7.9	7.9	7.8	7.6	7.6	7.6	7.5
Ossidabilità	mg/l	10.2	12.0	15.3	15.1	14.3	10.2	11.2
NH ₄ ⁺	mg/l	10.16	8.24	8.80	9.11	16.52	8.60	8.98
Cl ⁻	mg/l	55	55	79	54	45	54	49
NO ₃ ⁻	mg/l	1.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	0.7	< 1.0	< 1.0
Ptot	mg/l	0.09	0.74	0.69	0.57	0.65	0.52	0.70
Fenoli	µg/l	< 0.0005	0.0074	< 0.0005	< 0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Zn	µg/l	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	107
PCB	µg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.005	< 0.005
PCT	µg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Pesticidi organo fosforiti	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Pesticidi organo clorurati	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Solventi clorurati	µg/l	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	< 1.3
Pb	µg/l	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1
Cd	µg/l	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Ni	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cr	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cu	µg/l	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1	< 1
As	µg/l	8	7	6	10	4	4	7
Hg	µg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.09	0.22	< 0.05

Tabella 6 – Trend nel periodo 2015-2021 dei parametri analitici rilevati nel pozzo di via Guiccioli

4.2 – Aria

4.2.1 - Particolato atmosferico

Per valutare la concentrazione di particolato PM10 in corrispondenza di ciascuna postazione di misura, la normativa presa a riferimento è il D.Lgs del 13 agosto 2010, n.155 *"Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"* e s.m.i. sebbene le postazioni all'interno del Comparto si configurino come ambiente di lavoro dove valgono limiti per il particolato calcolati in modo diverso e numericamente più elevati rispetto a quelli previsti per la valutazione dell'esposizione della popolazione in generale e la gestione della qualità dell'aria ambiente (DLvo 155/2010). I limiti indicati dal Decreto devono essere calcolati facendo riferimento ai valori delle concentrazioni degli inquinanti rilevati nel corso di un anno civile (dal 1° gennaio al 31 dicembre). La stessa norma, però, prevede per il PM10 (così come per il benzene e il piombo) la possibilità di effettuare misure *discontinue*² purché queste siano equamente distribuite nel corso dell'anno (per evitare di falsare i risultati), l'incertezza risponda all'obiettivo di qualità del 25% (come per le misure in continuo) e il periodo di copertura sia superiore al 14%. Inoltre, poiché il conteggio del numero di superamenti di 50 µg/m³ della concentrazione media giornaliera di PM10 è fortemente influenzato dalla copertura dei dati, si specifica che, per valutare il rispetto di tale limite, si deve calcolare il 90,4° percentile e questo deve essere inferiore o uguale a 50 µg/m³.

² **misurazioni discontinue** - Per il benzene, il piombo e il particolato è possibile applicare misurazioni discontinue invece delle misurazioni in continuo. A tal fine, le misurazioni discontinue devono essere equamente distribuite nel corso dell'anno per evitare di falsare i risultati e si deve dimostrare che l'incertezza risponde all'obiettivo di qualità del 25% e che il periodo di copertura rimane superiore al periodo minimo di copertura previsto per le misurazioni indicative. (...)Se le misurazioni discontinue sono utilizzate per valutare il rispetto del valore limite del PM10, occorre valutare il 90,4 percentile (che deve essere ≤ 50 g/m³) [nota 1 dell'Allegato I del DLgs 155/2010]

In ogni sito di campionamento del Comparto (postazioni n.1, n.2 e n.3), nel 2021, sono state effettuate otto campagne di misura per un totale di almeno 56 campioni di particolato (media giornaliera) distribuiti uniformemente durante l'anno, in conformità con quanto previsto dal D.Lgs. 155/2010 per le misure discontinue.

In Tabella 7 sono riportati i valori medi giornalieri delle concentrazioni di PM10 nelle tre postazioni:

Media giornaliera del particolato atmosferico PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] - 2021														
PERIODO INVERNALE					PERIODO ESTIVO					PERIODO INVERNALE				
DATA		Post. 1	Post. 2	Post. 3	DATA		Post. 1	Post. 2	Post. 3	DATA		Post. 1	Post. 2	Post. 3
26 gen	Mar	17	26	22	1 apr	Gio	31	68		24 nov	Mer	27	41	34
27 gen	Mer	22	43	35	2 apr	Ven	25	46	23	25 nov	Gio	27	26	24
28 gen	Gio	27	46	44	3 apr	Sab	17	14	31	26 nov	Ven	20	22	19
29 gen	Ven	47	62		4 apr	Dom	13	16	15	27 nov	Sab		12	12
1 feb	Lun			48	5 apr	Lun	13	20	8	28 nov	Dom		9	8
2 feb	Mar	33	39		6 apr	Mar	12	27		29 nov	Lun		13	13
3 feb	Mer	38	46		7 apr	Mer	15	40		30 nov	Mar		41	17
4 feb	Gio	45	57	61	8 apr	Gio				1 dic	Mer	25	36	110
5 feb	Ven	50	57		9 apr	Ven			27	2 dic	Gio	26	27	28
6 feb	Sab	32	36		10 apr	Sab			15	3 dic	Ven	20	19	22
7 feb	Dom	32	37		11 apr	Dom			17	4 dic	Sab	20	23	20
8 feb	Lun	13	27		20 mag	Gio	16			5 dic	Dom	25	25	28
9 feb	Mar	15	27	20	21 mag	Ven	15	10	13	6 dic	Lun	26	36	36
10 feb	Mer	12	14	14	22 mag	Sab	18	18	15	7 dic	Mar	47	57	50
11 feb	Gio	21	27	16	23 mag	Dom	22	20	20	8 dic	Mer	26	28	27
12 feb	Ven			25	24 mag	Lun	19	22	21	9 dic	Gio	24		
13 feb	Sab			13	25 mag	Mar	19	26	10	10 dic	Ven	24		
14 feb	Dom			12	26 mag	Mer	21	24	19	11 dic	Sab	23		
15 feb	Lun			35	27 mag	Gio		30	22	12 dic	Dom	24		
16 feb	Mar			31	8 lug	Gio	37	34	16					
17 feb	Mer			73	9 lug	Ven	20	34	20					
					10 lug	Sab	22	22	15					
					11 lug	Dom	16	22	22					
					12 lug	Lun	33	29	20					
					13 lug	Mar	35	30	25					
					14 lug	Mer	15		24					
					3 set	Ven	20	19	12					
					4 set	Sab	20	21	18					
					5 set	Dom	20	18	19					
					6 set	Lun	21	27	22					
					7 set	Mar		27	25					
					8 set	Mer		30	28					
					9 set	Gio	32	33	30					
					10 set	Ven	37							
					11 set	Sab	28							

Nota: la linea tratteggiata separa le diverse campagne

Tabella 7 – Concentrazioni medie giornaliere di PM10 – Anno 2021

Le concentrazioni medie giornaliere misurate nel 2021 sono comprese fra 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (lunedì 5 aprile e domenica 28 novembre c/o postazione n.3) e 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mercoledì 1 dicembre, sempre in postazione n.3), con un valore medio dell'intero periodo/anno di 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, rispettivamente presso le postazioni n.1, n.2 e n.3.

Il 90,4° percentile dei dati misurati – che corrisponde al valore superato per 35 volte su 365 dati – è, rispettivamente per le tre postazioni, pari a 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

In Figura 8 è rappresentato l'andamento temporale del PM10 misurato nel corso del 2021 nelle postazioni.

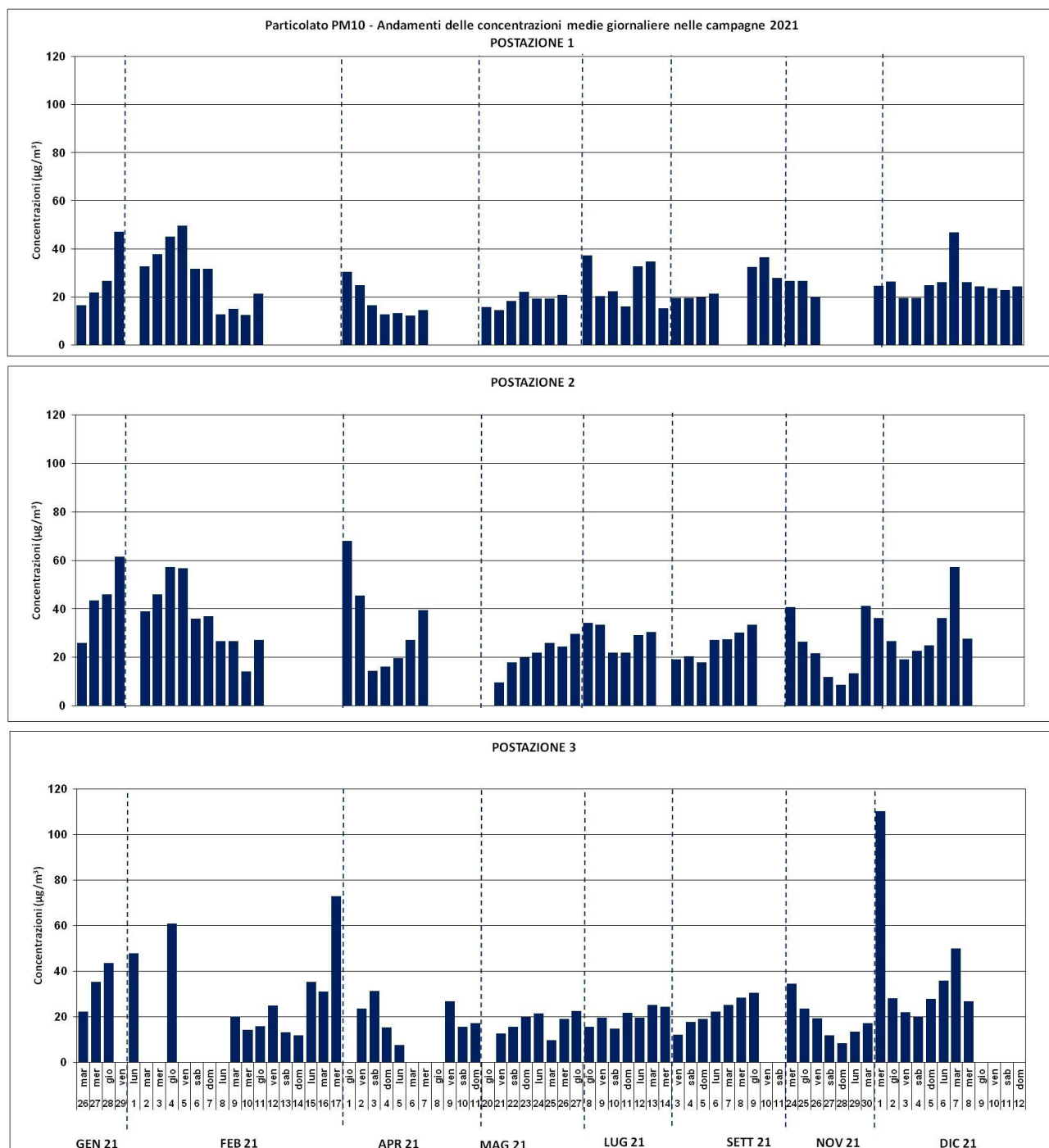


Figura 8 – Andamento delle concentrazioni medie giornaliere di particolato PM10 rilevate presso le 3 postazioni oggetto del campionamento

Si può osservare che:

- Il numero di giorni con concentrazione elevata, superiore a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, è diverso nelle 3 postazioni:
 - 5 giornate presso la postazione n.2 (con valori compresi tra $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$);
 - 3 giornate presso la postazione n.3 (con valori compresi tra $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$);
 - nessuna giornata nella postazione n.1;
- in generale l'andamento dei valori rilevati presso le tre postazioni è simile;
- ci sono, però, alcuni eventi "sito specifici". Ad esempio il picco di concentrazione rilevato presso la postazione n.3 in data 1 dicembre 2021 e il valore riscontrato presso la Postazione 2 il 1° aprile, che non sono stati rilevati nelle altre postazioni indagate e sono probabilmente riconducibile a particolari attività che si sono svolte in prossimità delle postazioni ma che non hanno interessato l'intero Comparto;
- si riscontra anche qui la caratteristica stagionalità del PM10, con valori maggiori in periodo invernale e più contenuti in estate.

Si evidenzia che le postazioni all'interno del Comparto si configurano come *ambiente di lavoro* dove valgono limiti per il particolato calcolati in modo diverso e numericamente più elevati rispetto a quelli previsti per la valutazione dell'esposizione della popolazione in generale e la gestione della qualità dell'aria ambiente (DLvo 155/2010). In ottica cautelativa, nella presente elaborazione, i dati misurati nel Comparto sono comunque confrontati con i limiti previsti dal Decreto 155/2010, con l'avvertenza che le misure sono in ambito produttivo e, pertanto, le valutazioni sono conservative. Per valutare la linearità delle misure del Comparto con le rilevazioni della rete è stato applicato un approccio statistico mettendo a confronto le concentrazioni misurate nelle campagne di monitoraggio con i dati ottenuti dalle stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria (RRQA) negli stessi giorni, e calcolando l'indice di correlazione di Pearson³ (Tabella 8). In questa elaborazione, per la Postazione 2 e 3 sono stati considerati come *outlier* i dati misurati rispettivamente il 1 aprile e il 1 dicembre.

		CAORLE	ROCCA BRANCALE- ONE	PORTO SAN VITALE	ZALAMELLA	POSTAZIONE 1	POSTAZIONE 2	POSTAZIONE 3
POST. 1	In prossimità discarica rifiuti non pericolosi (7°-8° settore)	0,87	0,82	0,41	0,80	1,00	0,80	0,70
POST 2	Impianto di trattamento chimico-fisico (TCF)	0,78	0,79	0,51	0,81	0,80	1,00	0,78
POST 3	impianto di disidratazione fanghi (DISIDRAT)	0,88	0,84	0,44	0,85	0,70	0,78	1,00

Tabella 8 – Tabella dei coefficienti di correlazione (Pearson) fra postazioni e stazioni della RRQA – Anno 2021

³ l'indice di correlazione di Pearson (o coefficiente di correlazione lineare) tra due variabili statistiche è un indice che esprime un'eventuale relazione di linearità tra esse (ovvero . all'aumentare (o al diminuire) dell'uno aumenta (diminuisce) l'altro – Proporzionalità diretta). Ha un valore compreso tra +1 e -1, dove +1 corrisponde alla perfetta correlazione lineare positiva, corrisponde a un'assenza di correlazione lineare e -1 corrisponde alla perfetta correlazione lineare negativa.. Pertanto ad un alto grado di correlazione (prossimo a 1) corrisponde un andamento simile (no valori uguali)

Le stazioni della RRQA di Ravenna hanno, in particolare, le seguenti caratteristiche:

- Rocca Brancaleone - stazione di traffico/industriale;
- Zalamella - stazione di traffico urbano;
- Caorle - stazione di fondo urbano residenziale;
- Porto San Vitale - stazione industriale collocata all'interno dell'area portuale e finalizzata al monitoraggio della specifica realtà industriale/portuale ravennate.

Le postazioni del Comparto hanno un buon coefficiente di correlazione - compreso fra 0,78 e 0,88 - con le stazioni della RRQA ad esclusione di Porto San Vitale: con questa stazione il coefficiente di correlazione raggiunge al massimo il valore 0.51. Una spiegazione può essere che la stazione Porto San Vitale risente fortemente delle attività che si svolgono in area portuale, mentre le postazioni del Comparto (una volta esclusi i dati relativi a particolari lavorazioni sito specifiche) sono in linea con l'andamento delle concentrazioni di PM10 presente nell'area più vasta monitorata dalla RRQA.

In Tabella 9 sono riportate alcune elaborazioni dei dati rilevati nelle postazioni del Comparto e dalle stazioni della RRQA.

Anno 2021		POSTAZIONE 1	POSTAZIONE 2	POSTAZIONE 3	CAORLE Fondo Urb-Res	ROCCA BRANCALEONE Traffico/Industriale	ZALAMELLA Traffico urbano	PORTO SAN VITALE Industriale
Dati	[n.]	57	56	57	359	355	358	357
Media	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	25	30	25	22	24	27	35
Min	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	12	9	8	6	2	2	7
Max	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	50	68	110	81	90	92	136
90,4 perc	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	37	46	41	43	47	50	59
>50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	[n.]				14	32	33	61

Tabella 9 – Parametri statistici del PM10 per le postazioni del Comparto HerAmbiente e per le stazioni della RRQA – Anno 2021

Le elaborazioni indicano che, nel 2021, in nessuna delle postazioni del Comparto sono stati superati i limiti del D.Lgs 155/2010 per la media annua ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e per il numero di giorni con concentrazione di PM 10 superiore a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (massimo 35 gg ovvero il 90.4° percentile superiore a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). In generale il 2021 non è stato, per l'area di Ravenna, un anno particolarmente critico per la qualità dell'aria ed anche nelle stazioni della RRQA è stato superato il limite di 35 giorni unicamente a Porto San Vitale (stazione industriale/portuale).

In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono riportate le medie e il 90.4° percentile del PM10 nelle postazioni del Comparto e nelle stazioni della RRQA.

I valori medi rilevati durante le campagne di misura presso le postazioni del Comparto sono comparabili ai valori misurati nelle stazioni della RRQA; inoltre, per queste ultime, le medie del periodo non differiscono in modo sostanziale da quelle annuali ed è plausibile che lo stesso avvenga per le postazioni all'interno del Comparto.

I valori del 90.4° percentile delle concentrazioni misurate durante le campagne di misura nelle postazioni sono comparabili con i percentili annuali calcolati per le stazioni della RRQA mentre, per questo parametro, nelle stazioni della RRQA il 90.4 perc. del periodo è decisamente più basso di quello annuale. Se lo stesso si verifica per le postazioni all'interno del Comparto, è probabile che alcuni percentili (in particolare quello della Postazione 2) siano superiori a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

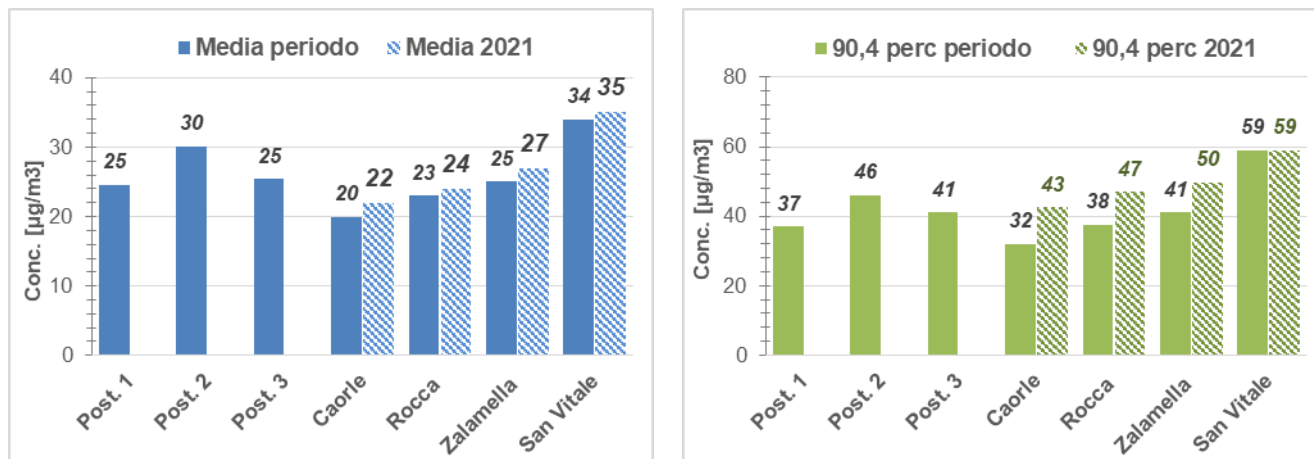


Figura 9 – Medie e 90,4° perc. delle concentrazioni di PM10 rilevate nel periodo di campionamento e nella intera annualità 2021

Il *box plot* (Figura 10) sintetizza in formato grafico alcuni dei valori statistici rappresentativi dei risultati delle campagne di monitoraggio:

- il valore minimo rilevato nel sito (barra a sinistra del box arancione);
- il 1° quartile dei valori (il 25% dei dati sono inferiori al valore del 1° quartile - bordo sinistro del box);
- la media dei dati (coincidente con il secondo quartile per distribuzioni gaussiane - linea posizionata all'interno del box);
- il 3° quartile (ovvero il 75% dei dati sono inferiori al 3° quartile - bordo destro del box);
- il valore massimo rilevato nella postazione (barra a destra del box).

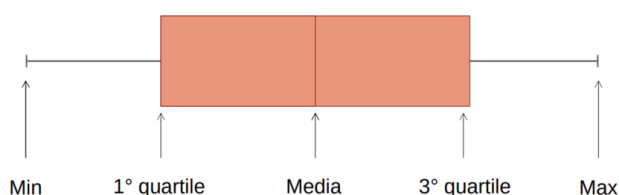


Figura 10 – Parametri statistici rappresentati dal box plot

Dai dati di monitoraggio presso il Comparto e con riferimento alle statistiche mensili ed annuali si ottengono i grafici a box di Figura 11 e di Figura 12. In Figura 11 (statistiche su base mensile) si nota che:

- **valori minimi.** I valori più bassi si riscontrano ad aprile (Postazione 1 = $12.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e Postazione 3 = $7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e a novembre (Postazione 2 = $8.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre i minimi più alti a gennaio (Post. 2 e Post.3) e a novembre (Post.1);
- **valori medi.** I mesi invernali (gennaio, febbraio e dicembre) sono quelli con le medie più elevate (Postazione 2 = $44.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Postazione 1 = $29.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Postazione 3 = $40.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

$\mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre aprile e maggio quelli con le medie più basse (Postazione 1 = $17,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Postazione 2 = $21,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Postazione 3 = $17,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$);

- **valori massimi.** Dicembre è il mese con il valore più elevato in assoluto ($110,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - Postazione 3), seguito da aprile ($68,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ presso la Postazione n.2) e da febbraio ($49,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ presso la Postazione n.1), mentre in maggio vengono rilevati i massimi più bassi (compresi fra $22,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $29,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

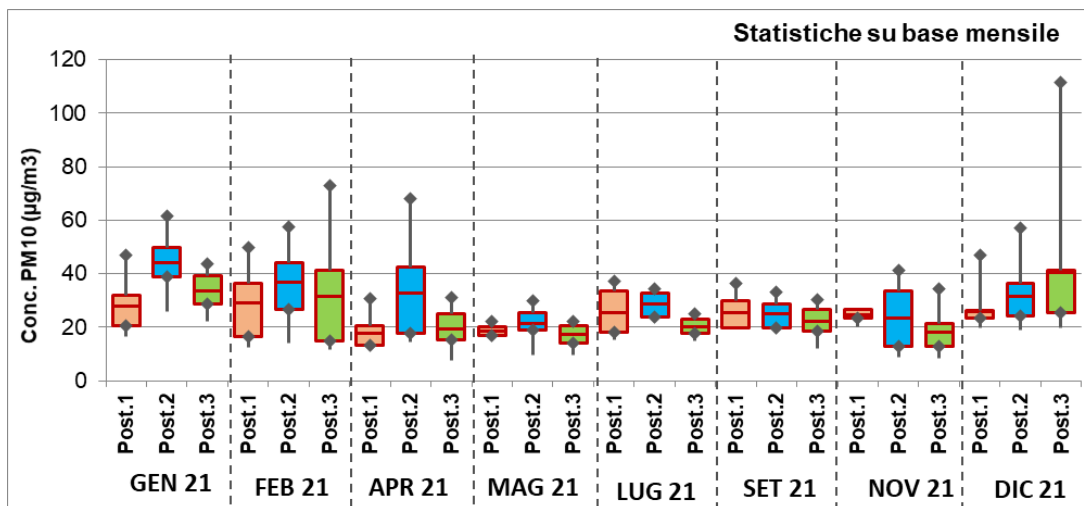


Figura 11 – Box plot delle concentrazioni mensili

Le elaborazioni su base annuale e stagionale (Figura 12) confermano le considerazioni già fatte: i valori sono più alti durante i mesi freddi e nella Postazione 2, eccetto per il valore massimo di $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ misurato presso la Postazione 3 nel periodo invernale.

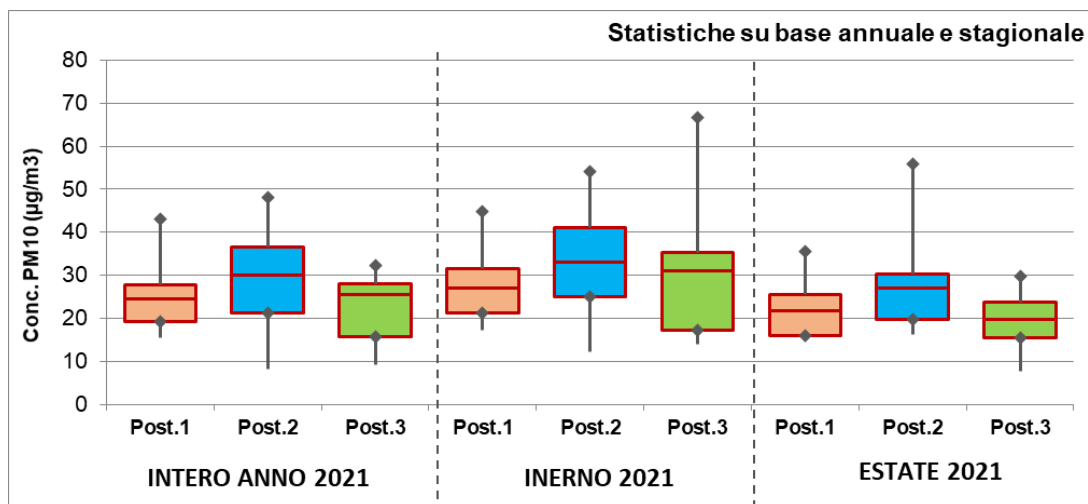
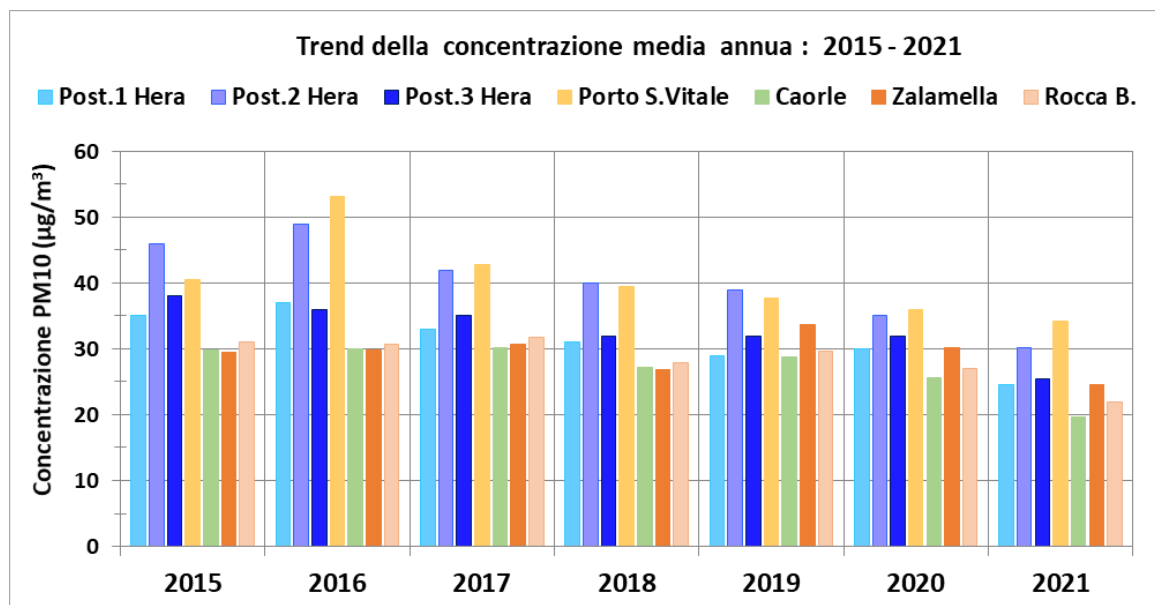


Figura 12 – Box plot delle concentrazioni stagionali e annuali

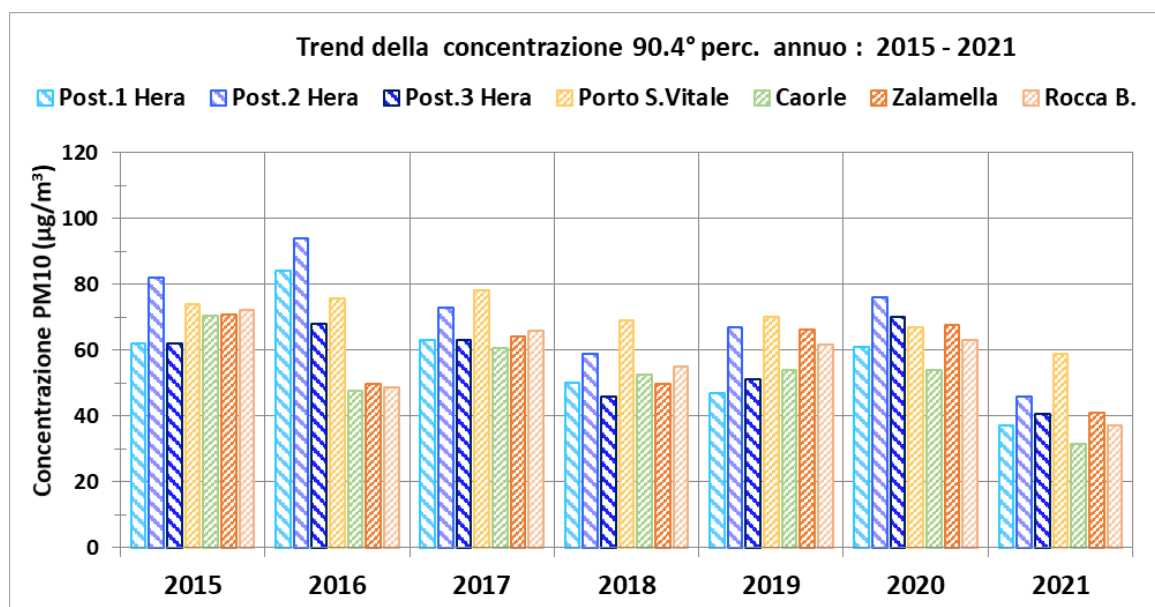
Per valutare il trend negli anni delle concentrazioni di particolato misurate presso il Comparto HerAmbiente e confrontarlo con quello delle stazioni della RRQA, i due successivi grafici a barre (Figura 13 e Figura 14) riportano il valore medio annuale e il 90.4° percentile delle concentrazioni di PM10 calcolati per gli anni dal 2015 al 2021.

Per il valore medio annuale si evidenzia una progressiva e costante riduzione all'interno del Comparto e nelle stazioni della RRQA, media che nel 2021 ha fatto registrare il valore più basso dal 2015. Anche il 90.4° percentile delle concentrazioni di PM10, nel 2021 risulta inferiore rispetto alle precedenti annualità ma, per questo indicatore – che scarta il 9,6% dei dati più alti - l'andamento è discontinuo e non si evidenzia un trend.



Nota: nel 2021 l'allocatione della Postazione 2 è stata modificata rispetto al posizionamento precedente (circa 300 metri a sud)

Figura 13 – Trend nel periodo 2015-2021 delle medie di PM10 del periodo di campionamento misurate nei siti del Comparto e nelle stazioni della RRQA



Nota: nel 2021 l'allocatione della Postazione 2 è stata modificata rispetto al posizionamento precedente (circa 300 metri a sud)

Figura 14 – Trend nel periodo 2015-2021 del 90.4° di PM10 del periodo di campionamento misurato nei siti del Comparto e nelle stazioni della RRQA

4.2.2 - Metalli e microinquinanti nel particolato PM10

I filtri campionati con lo Skypost nella postazione 2, dopo la determinazione gravimetrica delle concentrazioni del particolato in aria, sono stati poi oggetto di analisi chimica per la ricerca di metalli (piombo, cadmio, nichel, cromo, vanadio, argento, arsenico), IPA, PCB, PCDD e PCDF.

Per limitare e ottimizzare il numero di analisi, i filtri raccolti nella postazione nelle diverse mensilità, sono stati raggruppati e analizzati in forma aggregata (Tabella 10):

Periodo di campionamento	Campione
1 gennaio – 28 febbraio	Gen-Feb
1 aprile – 30 settembre	Apr-Sett
1 novembre – 31 dicembre	Nov-Dic

Tabella 10 – Aggregazione dei filtri per la determinazione dei metalli e dei microinquinanti

METALLI

Nel particolato atmosferico sono presenti metalli di varia natura provenienti da diverse fonti, sia naturali che antropiche. Quelli di maggior rilevanza sotto il profilo tossicologico, per i quali esiste un limite normativo (Valore limite/obiettivo DLgs 155/2010 - indicati in Tabella 11), sono: nichel, cadmio, arsenico e piombo.

In Tabella 11 sono riportate le concentrazioni dei metalli misurate nel corso del 2021: i valori medi del periodo e le medie annue sono abbondantemente inferiori ai valori limite e obiettivo stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 e dello stesso ordine di grandezza di quelle misurate nelle stazioni della RRQA (Figura 15).

Postazione 2 HerAmbiente - METALLI (ng/m ³)							
Periodo	Piombo	Nichel	Arsenico	Cromo	Vanadio	Argento	Cadmio
Gen-Feb 2021	7.6	2.1	0.4	4.7	1.2	< 0.1	0.2
Apr-Sett 2021	4.6	2.1	0.4	3.9	2.5	0.1	< 0.1
Nov-Dic 2021	5.5	2.0	0.4	3.9	1	0.1	0.2
Media anno 2021⁴	5.9	2.1	0.4	4.2	1.6	0.1	0.2
Valore limite/obiettivo D.Lgs 155/2010 (espresso come concentrazione media annua)	500 Valore limite	20.0 Valore o-biettivo	6.0 Valore o-biettivo	//	//	//	5.0 Valore o-biettivo

Tabella 11 – Concentrazioni medie di metalli (esprese in ng/m³) rilevate nel 2021 presso la postazione n.2 interna al Comparto HerAmbiente di Ravenna

⁴ I valori di concentrazione inferiori al limite di rilevabilità sono stati considerati nei calcoli come ½ del limite di rilevabilità strumentale

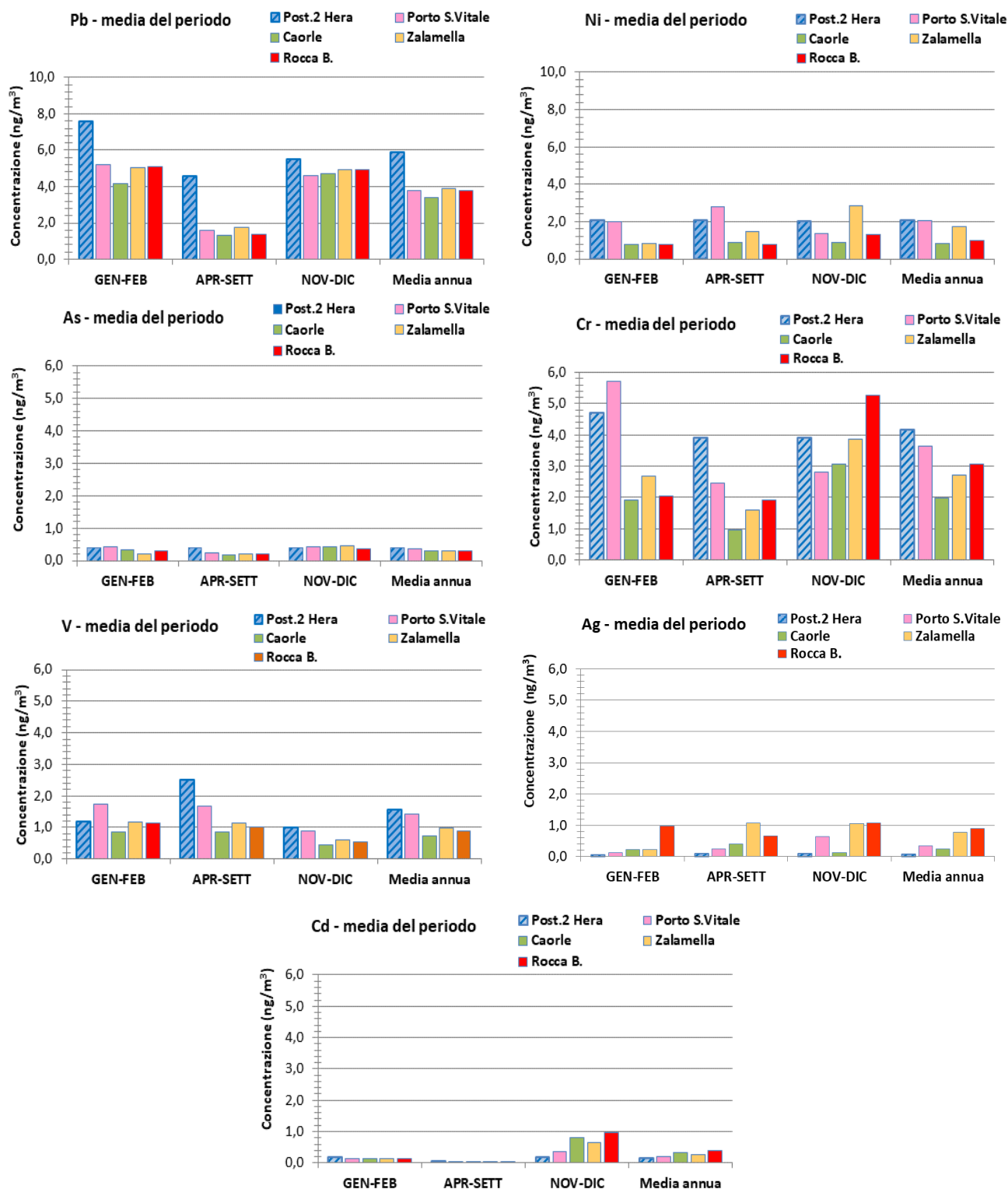


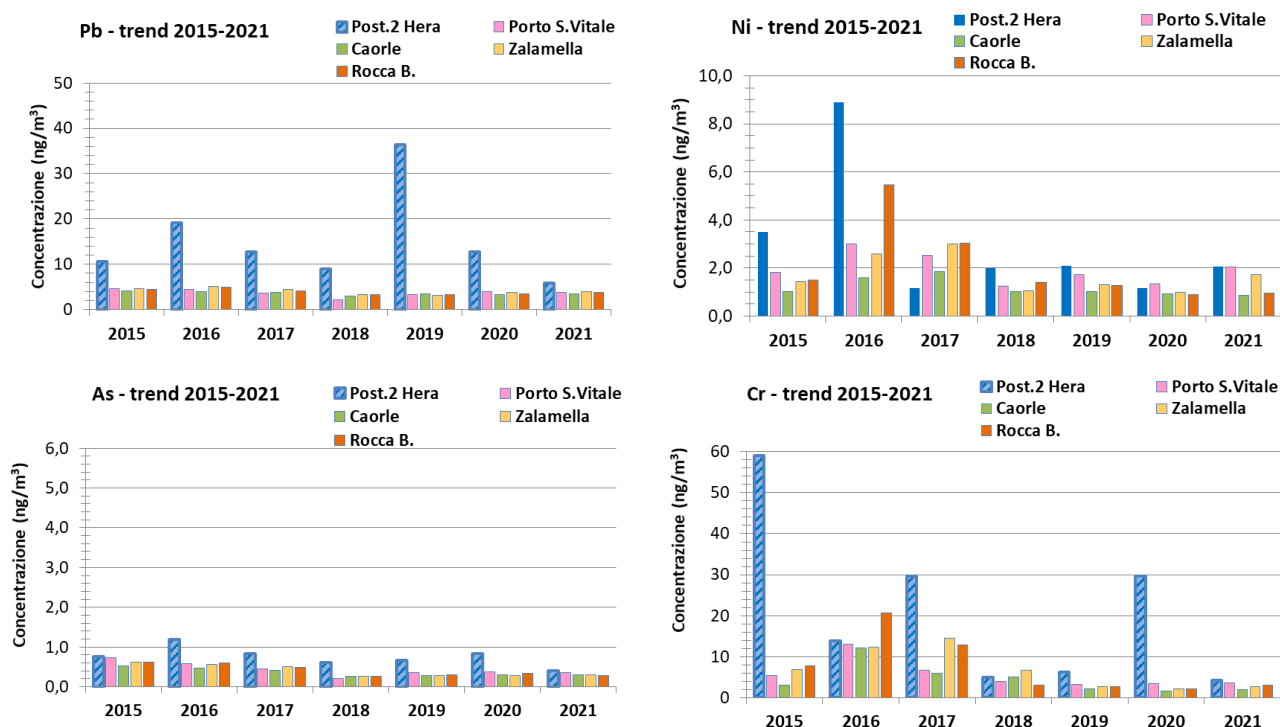
Figura 15 – Pb, Ni, As, Cr, V, Ag, Cd misurati all'interno del Comparto e nelle stazioni della RRQA Anno 2021

La Figura 15, oltre a comparare le medie annuali, confronta anche le medie dei tre periodi rilevate nella postazione 2 interna al Comparto HerAmbiente e nelle stazioni della RRQA.

Di seguito sono riportate alcune osservazioni relative alle concentrazioni dei metalli misurate nel corso del 2021:

- **Pb** – il valore medio annuo misurato nel Comparto HerAmbiente (5.9 ng/m³ nella postazione.2) è superiore a quello delle stazioni della RRQA (concentrazioni comprese nell'intervallo 3.4-3.9 ng/m³), ma più di 80 volte inferiore al valore limite;
- **Ni** – nella postazione del Comparto, nel 2021, le concentrazioni di Ni sono state inferiori o uguali a 2.1 ng/m³, simili a quelle misurate nella stazione Porto San Vitale. Caorle e Rocca hanno valori moderatamente inferiori;
- **As** – presso la postazione 2 la concentrazione, pressoché costante nell'arco dell'intera annualità 2021, è inferiore a 0.5 ng/m³ e comparabile con quanto rilevato presso la RRQA;
- **Cr** – nella postazione 2 la concentrazione media di Cr è 4.2 ng/m³ - piuttosto stabile nel corso dell' annualità (range di valori compresi tra 3.9 ng/m³ e 4.7 ng/m³) e con un valore della media annuale simile alla stazione Porto San Vitale;
- **V** – la concentrazione media annua di V nel Comparto è 1.6 ng/m³, con valori più elevati in estate ed inferiori in inverno. Tali dati risultano analoghi a quanto misurato presso la stazione Porto San Vitale (1.4 ng/m³ come valore medio annuo) e moderatamente superiore rispetto alle altre stazioni della RRQA;
- **Ag** – il valore medio rilevato presso la postazione n.2 è di 0.1 ng/m³, limite di rilevabilità strumentale per questo metallo. I valori misurati presso le stazioni della RRQA sono sempre superiori, in particolare presso Zalamella (0.8 ng/m³) e Rocca Brancaleone (0.9 ng/m³);
- **Cd** – il valore medio 2021 del Cd è 0.2 ng/m³ e non sono evidenti variazioni nella postazione nel corso dell'anno. Rispetto alla RRQA, i valori di Cd sono comparabili, eccetto il dato relativo al periodo novembre-dicembre quando, nelle stazioni della RRQA si è registrato un valore significativamente più alto rispetto alle altre mensilità e, anche, rispetto alla postazione HerAmbiente.

I trend temporali delle concentrazioni dei metalli misurate all'interno del Comparto e nelle stazioni della RRQA negli ultimi sette anni (2015-2021) sono riportati in Figura 16.



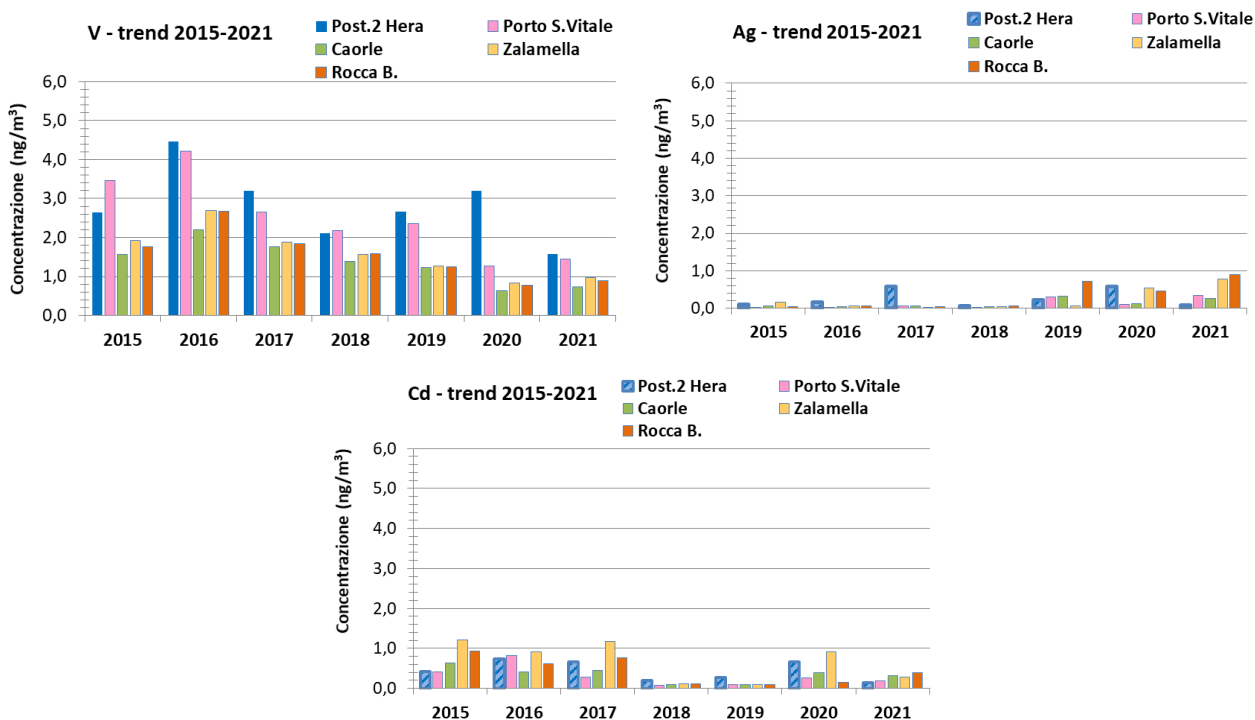


Figura 16 – Trend temporali delle concentrazioni di Pb, Ni, As, Cr, V, Ag, Cd misurati all'interno del Comparto e nelle stazioni RRQA – Anni 2015 ÷ 2021

Le principali evidenze, per i metalli ricercati, possono essere riassunte:

- **Pb** – all'interno del Comparto HerAmbiente il valore medio annuo risulta sempre superiore rispetto a quanto misurato presso le stazioni della RRQA anche se nel 2021 la concentrazione media annua nella postazione 2 è la più bassa del periodo 2015-2021 e risulta più allineata con quanto misurato nella RRQA;
- **Ni** – le concentrazioni di questo inquinante sono risultate stabili dal 2017 e inferiori a 3 ng/m³, sia nel Comparto HerAmbiente sia nelle stazioni della RRQA. A parte il 2016 (quando il valore misurato a HerAmbiente ha raggiunto 8.9 ng/m³), i valori del Comparto sono simili a quelli della RRQA, in particolare della centralina Porto San Vitale;
- **As** – nel Comparto l'As risulta generalmente più alto rispetto a quanto misurato nella RRQA e solo nel 2015 e nel 2021 i valori sono comparabili. Nel 2021 in HerAmbiente è stato misurato il valore più basso di As dell'intero periodo 2015-2021.
- **Cr** – il valore medio annuo del Cr misurato nel periodo 2015-2021 all'interno del Comparto risulta molto variabile: nel 2015, 2017 e 2020 i valori più alti (compresi fra 59,0 ng/m³ e 29.7 ng/m³) mentre nelle altre annualità le concentrazioni medie annue sono comprese fra 13.9 ng/m³ (nel 2016) e 4.2 ng/m³ (valore più basso del periodo misurato nel 2021). Rispetto ai dati misurati nelle stazioni della RRQA, i valori di Cr all'interno del Comparto HerAmbiente sono risultati superiori nel 2015, 2017 e 2020.
- **V** – la concentrazione di V nel Comparto risulta analoga a quella misurata nella stazione Porto San Vitale e moderatamente superiore alle altre stazioni della RRQA. Nel 2021, in HerAmbiente, è stato misurato il valore più basso del periodo 2015-2021;
- **Ag** – i valori di concentrazione dell'Ag nel periodo 2015-2021 sono ovunque molto bassi, compresi tra 0.1 ng/m³ e 0.9 ng/m³. Nella postazione 2, a parte il 2017 e il 2020, le concentrazioni medie annue sono sempre state inferiori a 0.2 ng/m³;

- **Cd** – infine, anche il cadmio presenta ovunque valori molto bassi e, in pratica, nel Comparto inferiori a quelli della rete, a parte nel 2018 e 2019 dove – comunque – non supera 0,3 ng/m³.

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)

In generale, la pericolosità di alcuni idrocarburi policiclici aromatici deriva principalmente dalla loro volatilità che li rende particolarmente mobili attraverso le varie matrici ambientali.

Tra gli IPA ad elevato peso molecolare, il composto più studiato e rilevato è il Benzo(a)Pirene (BaP): l'Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro (IARC) ne ha accertato la cancerogenicità per l'uomo e inserito nel Gruppo1.

La normativa vigente (D.Lgs 155/2010) fissa in 1.0 ng/m³ il valore obiettivo degli IPA espresso in funzione della concentrazione media annuale di BaP presente nella frazione PM10 del materiale particolato. Il Decreto, poi, sottolinea l'opportunità di misurare, contestualmente al Benzo(a)pirene, alcuni altri IPA di rilevanza tossicologica per verificare la costanza dei rapporti nel tempo e nello spazio tra il BaP e gli altri idrocarburi policiclici aromatici, in particolare:

- benzo(a)antracene,
- benzo(b)fluorantene,
- benzo(j)fluorantene,
- benzo(k)fluorantene,
- indeno(1,2,3-cd)pirene e
- dibenzo(a,h)antracene.

Il metodo analitico utilizzato per la determinazione degli IPA prevede l'estrazione del materiale particellare (PM10) con solvente e la successiva purificazione su colonna di gel di silice. L'eluato così raccolto viene ripreso con un volume noto di toluene. La determinazione analitica finale viene effettuata per gascromatografia ad alta risoluzione interfacciata ad un rilevatore costituito da uno spettrometro di massa a bassa risoluzione. Lo standard di riferimento utilizzato consente di determinare, oltre agli IPA riportati nel Decreto, altri 16 composti. La Tabella 12 riporta le concentrazioni dei 23 IPA ricercati nei filtri raccolti in ciascuna delle tre campagne del 2021 e, in ultima colonna, la media delle tre campagne. Nella tabella gli IPA indicati dal decreto sono in colore azzurro, il benzo(a)pirene in colore rosso.

Postazione 2 HerAmbiente	IPA (ng/m ³)			Media periodo anno 2021
	Gen-Feb	Apr-Set	Nov-Dic	
Naftalene	<0.0001	0.0031	0.0016	0.0016
Acenaftilene	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Acenaftene	<0.0001	0.0019	<0.0001	0.0006
Fluorene	<0.0001	0.0013	<0.0001	0.0005
Fenantrene	0.0237	0.0172	0.0232	0.0214
Antracene	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Fluorantene	0.1311	0.0219	0.1118	0.0883
Pirene	0.1445	0.0183	0.1104	0.0911
Benzo(a)antracene	0.1459	0.0085	0.1039	0.0861
Ciclopenta(c,d)pirene	0.0747	<0.0001	0.0958	0.0568
Crisene	0.2214	0.0176	0.1725	0.1371
Benzo (b)+(j)fluorantene	0.6877	<0.0001	0.7375	0.4751
Benzo(k)fluorantene	0.2127	<0.0001	0.2330	0.1486
Benzo(e)pirene	0.3528	0.0181	0.3465	0.2391
Benzo(a)pirene	0.2821	0.0110	0.3335	0.2088
Indeno(1,2,3,c,d)pirene	0.4885	0.0277	0.3708	0.2956
Dibenzo(ac+ah)antracene	0.0518	<0.0001	0.0322	0.0280
Benzo(g,h,i)perilene	0.4314	0.0243	0.3856	0.2804
Dibenzo(a,l)pirene	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Dibenzo(a,e)fluorantene	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Dibenzo(a,e)pirene	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Dibenzo(a,i)pirene	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Dibenzo(a,h)pirene	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Tabella 12 – Concentrazioni medie degli IPA (esprese in ng/m³) rilevate nel 2021

Oltre il 50% degli IPA hanno almeno un valore di concentrazione inferiore al limite di rilevabilità (LR, in particolare quelli non indicati dal D.Lgs. 155/2010).

Le concentrazioni più alte sono quelle relative ai composti: Benzo (b)+(j)fluorantene, Indeno(1,2,3,c,d)pirene e Benzo(g,h,i)perilene.

Il valore medio annuale del Benzo(a)pirene (~ 0.2 ng/m³) è circa un quinto del valore obiettivo stabilito dalla normativa, pari ad 1.0 ng/m³.

Nelle figure seguenti vengono riportati:

- i contributi percentuali di ciascun idrocarburo policiclico alle concentrazioni totali misurate presso la postazione 2 del Comparto HerAmbiente (Figura 17);
- le concentrazioni totali di IPA ed il relativo contributo degli IPA indicati dal D.Lgs 155/2010 (in rosso) e quelli non indicati (in blu) (Figura 18);
- il contributo relativo alle concentrazioni dei soli IPA indicati nel D.Lgs 155/2010 (Figura 19).

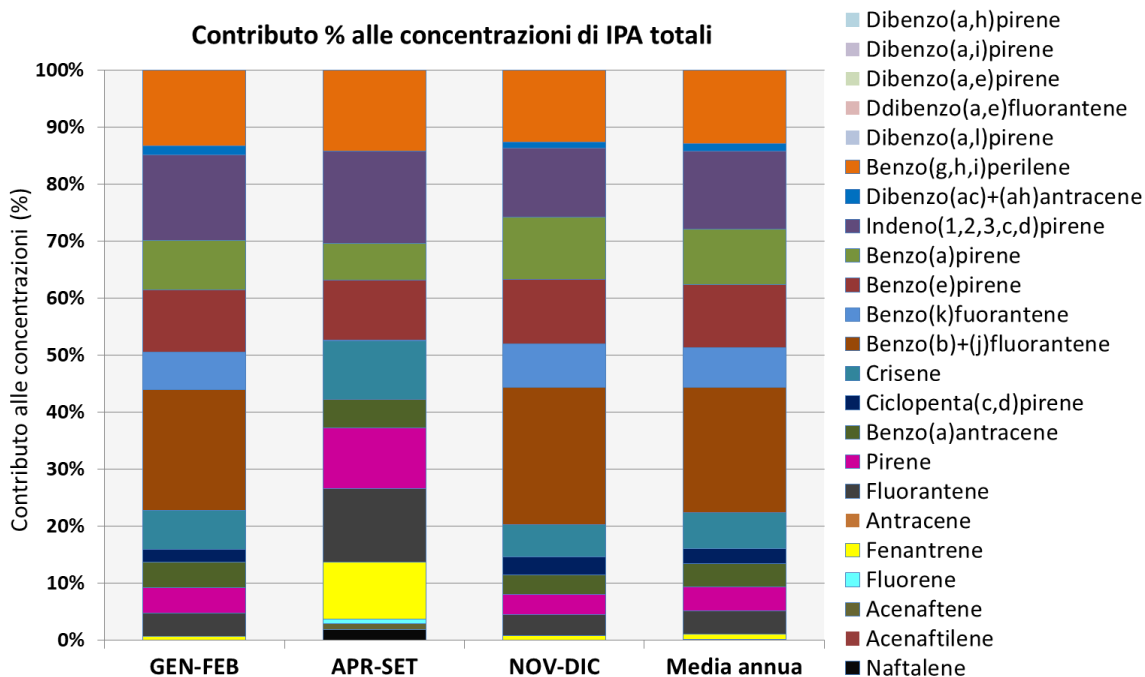


Figura 17 – Contenuto percentuale di IPA nelle concentrazioni totali misurate nel 2021 presso la postazione n.2 del Comparto HerAmbiente

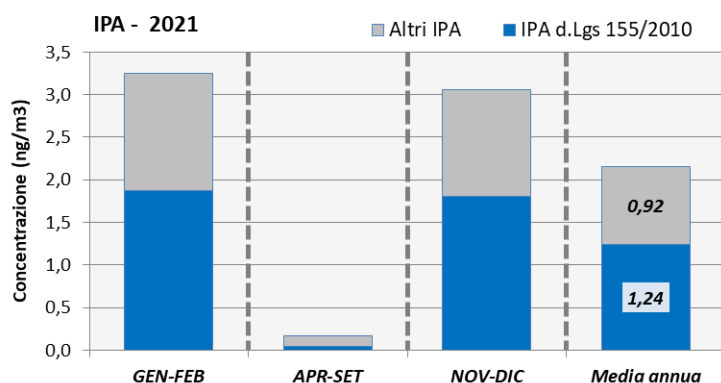


Figura 18 – IPA – Concentrazione totale di IPA nelle campagne 2021 presso la postazione n.2 del Comparto HerAmbiente suddivisa tra gli IPA indicati nel D.Lgs 155/2010 (in blu) e quelli non indicati (in grigio)

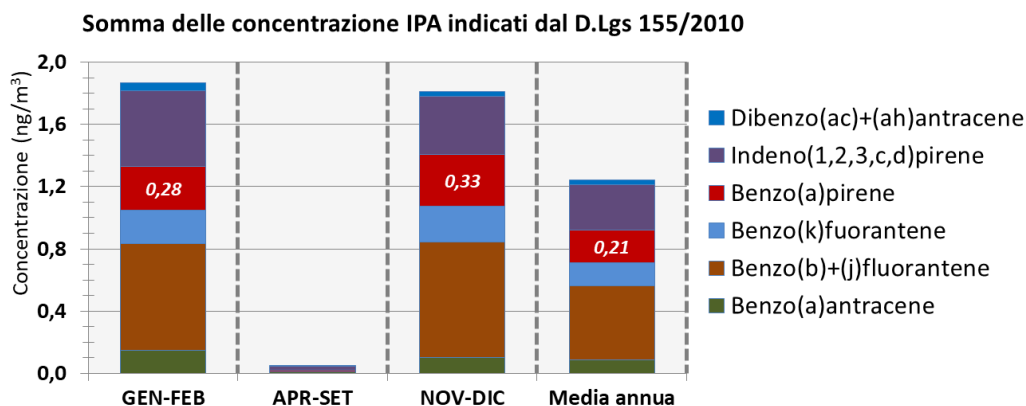


Figura 19 – Somma degli IPA indicati nel D.Lgs n. 155/2010 - concentrazioni medie nelle campagne del 2021 presso la postazione n.2 del Comparto HerAmbiente e valore di Benzo(a)pirene (etichetta)

I contributi percentuali alle concentrazioni totali di IPA rappresentati in Figura 17 sono comparabili nelle campagne invernali (gen-feb e nov-dic), mentre risultano diverse nel periodo estivo. Alcuni IPA sono presenti solo durante la stagione fredda ed assenti in primavera-estate (es. Ciclopenta(c,d)pirene, Benzo(b)+(j)fluorantene, Benzo(k)fluorantene e Dibenzo(ac)+(ah)antracene) e viceversa (es. Acenaftene e Fluorene).

Infine, alcuni IPA hanno contributi percentuali piuttosto costanti nell'arco dell'intera annualità (es. Benzo(g,h,i)perilene, Indeno(1,2,3,c,d)pirene, Benzo(e)pirene).

Il Benzo(b)+(j)fluorantene è l'IPA con il maggior contributo alle concentrazioni totali (22% come media annuale e oltre il 21% nel periodo invernale, mentre risulta completamente assente in primavera-estate).

L'Indeno(1,2,3,c,d)pirene ed il Benzo(g,h,i)perilene hanno un contributo circa del 14% alle concentrazioni totali di IPA, costante nell'arco dell'anno.

Il rapporto tra gli IPA indicati dal D.Lgs. 155/2010 e quelli non indicati dalla norma evidenzia una modesta prevalenza dei primi (circa 58% delle concentrazioni di IPA totali come media annuale). Questa percentuale è confermata nei mesi invernali (58% nel periodo gennaio-febbraio e 59% nel periodo novembre-dicembre), mentre durante i mesi caldi la percentuale si inverte: oltre il 72% degli IPA totali è dovuto ad idrocarburi non indicati dal Decreto.

Importante sottolineare anche la sostanziale differenza nei valori totali di concentrazione degli IPA: oltre 3 ng/m³ nei mesi freddi e inferiore a 0.2 ng/m³ in quelli caldi.

La Tabella 13 e la Figura 20 forniscono una rappresentazione delle concentrazioni medie degli IPA nel periodo di misura (indicato come valore medio annuo) rilevate presso il Comparto HerAmbiente (postazione n.2) e misurate nelle 3 postazioni della RRQA dell'area urbana di Ravenna e della stazione di Porto San Vitale. I valori risultano comparabili tra tutte le postazioni indicate.

Anche il contributo percentuale alle concentrazioni totali degli IPA risulta analogo in tutte le postazioni confrontate ad indicare una variabilità più legata alle caratteristiche degli IPA (sorgenti, volatilità, temperatura di degradazione, ecc.) piuttosto che della postazione di misura.

IPA (ng/m ³) - Media periodo - 2021					
	Post.2 HerAmbiente	Caorle	Zalamella	Rocca	Porto S.Vitale
Naftalene	0.0016	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Acenaftilene	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Acenaftene	0.0006	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Fluorene	0.0005	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Fenantrene	0.0214	0.0296	0.0343	0.0310	0.0526
Antracene	<0.0001	<0.0001	0.0008	<0.0001	0.0016
Fluorantene	0.0883	0.1043	0.1156	0.1072	0.1084
Pirene	0.0911	0.1444	0.1432	0.1715	0.1388
Benzo(a)antracene	0.0861	0.1242	0.1608	0.1045	0.0926
Ciclopenta(c,d)pirene	0.0568	0.0616	0.0729	0.0507	0.0376
Crisene	0.1371	0.2444	0.2698	0.1895	0.1797
Benzo (b)+(j)fluorantene	0.4751	0.6062	0.6005	0.4851	0.4342
Benzo(k)fuorantene	0.1486	0.1897	0.1903	0.1537	0.1344
Benzo(e)pirene	0.2391	0.3004	0.2943	0.2395	0.2131
Benzo(a)pirene	0.2088	0.2123	0.2641	0.2040	0.1698
Indeno(1,2,3,c,d)pirene	0.2956	0.3204	0.2989	0.2397	0.2531
Dibenzo(ac+ah)antracene	0.0280	0.0364	0.0206	0.0494	0.0233
Benzo(g,h,i)perilene	0.2804	0.3131	0.3245	0.2297	0.2398
Dibenzo(a,l)pirene	<0.0001	0.0502	0.0352	0.0345	0.0427
Dibenzo(a,e)fluorantene	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0035
Dibenzo(a,e)pirene	<0.0001	0.0047	0.0063	0.0039	0.0066
Dibenzo(a,i)pirene	<0.0001	0.0020	0.0038	<0.0001	<0.0001
Dibenzo(a,h)pirene	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Sommatoria Totale	2.159	2.744	2.836	2.294	2.132

Tabella 13 – Concentrazioni medie degli IPA (esprese in ng/m³) rilevate nel 2021 presso il Comparto HERA e presso le stazioni della RRQA

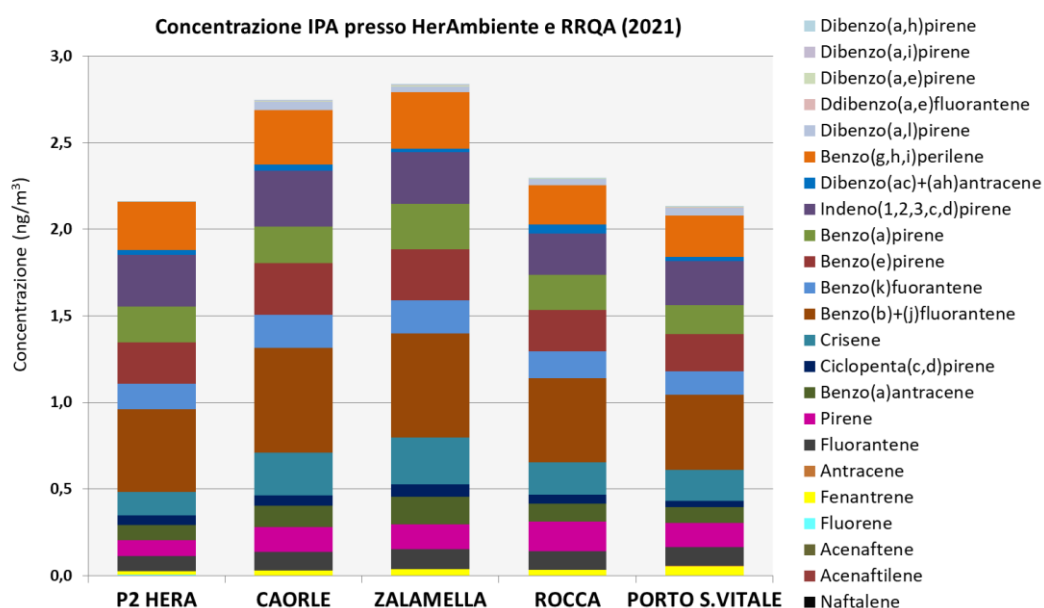


Figura 20 – Concentrazione media annuale misurata nella postazione del Comparto e nelle stazioni della RRQA - 2021

Infine, in Figura 21 è riportato l'andamento delle concentrazioni di IPA misurate nel Comparto HerAmbiente e nelle stazioni della RRQA per il periodo 2015-2021: in ogni barra è indicato il contributo di ciascun IPA alla concentrazione totale media dell'anno

A parte il 2015 e il 2018, nelle altre annualità l'andamento tra le postazioni è abbastanza omogeneo mentre tra le annualità sussiste una maggiore variabilità, con concentrazioni ridotte negli ultimi due anni (2020 e 2021).

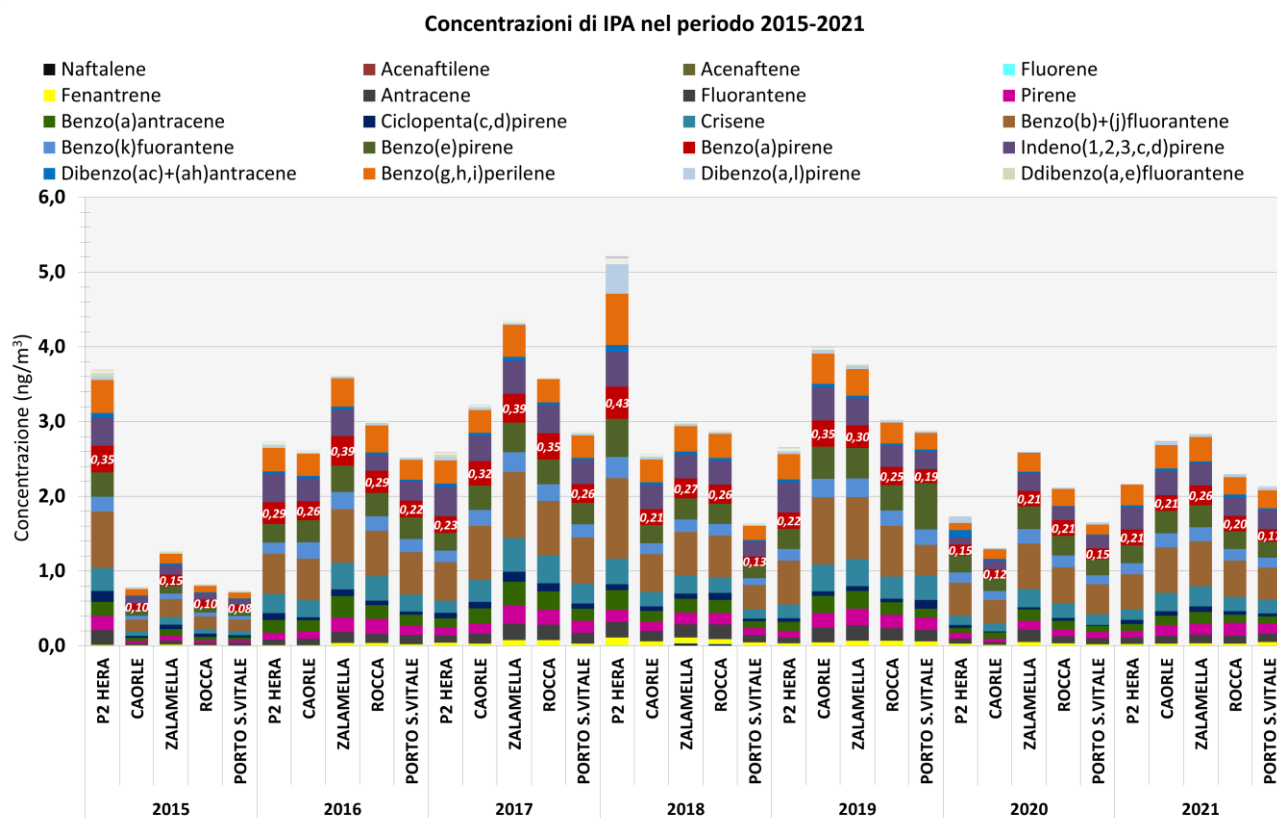


Figura 21 – Trend nel periodo 2015-2021 delle concentrazioni di IPA totali misurate durante il periodo di campionamento presso il Comparto e dalle stazioni della RRQA

MICROINQUINANTI ORGANICI: POLICLOROBIFENILI (PCB) DIOSSINE (PCDD) E FURANI (PCDF)

Policlorobifenili (PCB), Diossine (PCDD) e Furani (PCDF) fanno parte della più ampia famiglia dei Composti Organici Persistenti (POPs). I POPs sono sostanze chimiche molto resistenti che, una volta immesse nell'aria, nell'acqua o nel terreno, a causa della loro scarsa degradabilità, permangono nell'ambiente per lungo tempo.

I PCB comprendono 209 congeneri, mentre i PCDD/F sono una famiglia composta da 210 congeneri. Da sottolineare che non tutti i congeneri sono tossici, e non lo sono alla stessa maniera.

Per esprimere la tossicità dei singoli congeneri e della totalità del campione analizzato si introduce il concetto di «fattore di tossicità equivalente (TEF)». I TEF si basano sulla considerazione che PCB, PCDD e PCDF sono composti che producono effetti tossici simili ed esprimono la tossicità di un determinato congenere rispetto al congenere più tossico – la 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina) – a cui è assegnato il valore di tossicità uguale a 1. In pratica, il valo-

re di concentrazione di “diossina-equivalente” di un campione è ottenuto sommando i valori di concentrazione dei singoli congeneri dopo averli moltiplicati per i rispettivi TEF. Per i TEF sono stati proposti due schemi di classificazione, l'International TEF (I-TEF) ed il WHO TEF (WHO-TEF). Non esistono riferimenti normativi né a livello nazionale, né a livello europeo che regolamentino la presenza di PCB, diossine e furani in aria.

POLICLOROBIFENILI (PCB)

Le concentrazioni dei congeneri di PCB ricercati nel particolato PM10 campionato presso il Comparto HerAmbiente, espresse in pg/m^3 , sono riportate in Tabella 14 dove, in blu sono indicati i congeneri di tipo coplanare (#118 e #105); per questi – nella parte inferiore della tabella - si riportano i “*fattori di tossicità equivalente I-TEF*” e le concentrazioni espresse come *PCB-Dioxin Like I-TEF* in 10^{-3} pg/m^3 ovvero fg/m^3 .

Postazione 2 HerAmbiente - PCB (pg/m^3)				
	Gen-Feb	Apr-Set	Nov-Dic	Media 2021
#28	0.10	0.28	0.26	0.21
#52	0.04	0.02	0.16	0.07
#95	0.13	0.01	0.01	0.05
#101	0.20	0.26	0.28	0.24
#99	0.07	0.06	0.07	0.07
#110	0.17	0.20	<0.02	0.13
#151	0.04	0.07	0.06	0.06
#149	0.14	0.45	<0.02	0.20
#118	0.09	<0.01	<0.02	0.04
#146	0.04	<0.01	0.38	0.14
#153	0.13	0.24	0.33	0.23
#105	0.04	0.07	<0.02	0.04
#138	0.21	0.32	0.39	0.31
#187	0.04	0.08	0.11	0.08
#183	<0.02	0.03	<0.02	0.02
#177	<0.02	<0.01	0.04	0.02
#180	0.09	0.14	0.22	0.15
#170	0.04	0.04	0.13	0.07
Sommatoria	1.59	2.30	2.48	2.12

Postazione 2 HerAmbiente - PCB (WHO-TEF fg/m^3)					
PCB Dioxin like	WHO-TEF	Gen-Feb	Apr-Set	Nov-Dic	Media 2021
#118	$3 \cdot 10^{-5}$	0.0027	<0.0003	<0.0006	0.0012
#105	$3 \cdot 10^{-5}$	0.0012	0.0021	<0.0003	0.0012
Sommatoria		0.0039	0.0024	0.0009	0.0024

Tabella 14 – Concentrazioni medie dei PCB espresse in pg/m^3 e concentrazioni medie espresse in WHO-TEF fg/m^3 - 2021

5

10^0			Uno	1
10^{-1}	deci	d	Decimo	0,1
10^{-2}	centi	c	Centesimo	0,01
10^{-3}	milli	m	Millesimo	0,001
10^{-6}	micro	μ	Millesimo	0,000 001
10^{-9}	nano	n	Millesimo	0,000 000 001
10^{-12}	pico	p	Bilionesimo	0,000 000 000 001
10^{-15}	femto	f	Bilionesimo	0,000 000 000 000 001

Complessivamente, i valori di concentrazione dei PCB misurati all'interno del Comparto HerAmbiente risultano costanti nel corso delle campagne del 2021 con un valore medio di 2.12 pg/m^3 . I contributi percentuali di ciascun congenere alla concentrazione totale di PCB misurata nel Comparto HerAmbiente nel corso di ciascuna campagna e come valore medio annuo sono in Figura 22.

Alcune considerazioni ricavabili dal grafico:

- #138, #101 e #153 sono i congeneri con il contributo maggiore alle concentrazioni totali;
- il congenere #118 è presente solo nel periodo invernale gen-feb;
- i congeneri #95, #110 e #105 sono presenti nel periodo gen-feb e risultano assenti nel periodo nov-dic;
- i congeneri #52 e #170 hanno valori più elevati nel periodo nov-dic rispetto alle altre mensilità;
- il congenere #149 risulta molto marcato in termini di concentrazione nel periodo estivo (rispetto ai valori assunti nell'arco dell'intera annualità) ed è assente nel periodo nov-dic;
- i congeneri #180, #138 e #101 hanno valori di concentrazione costanti nell'arco dell'intera annualità.

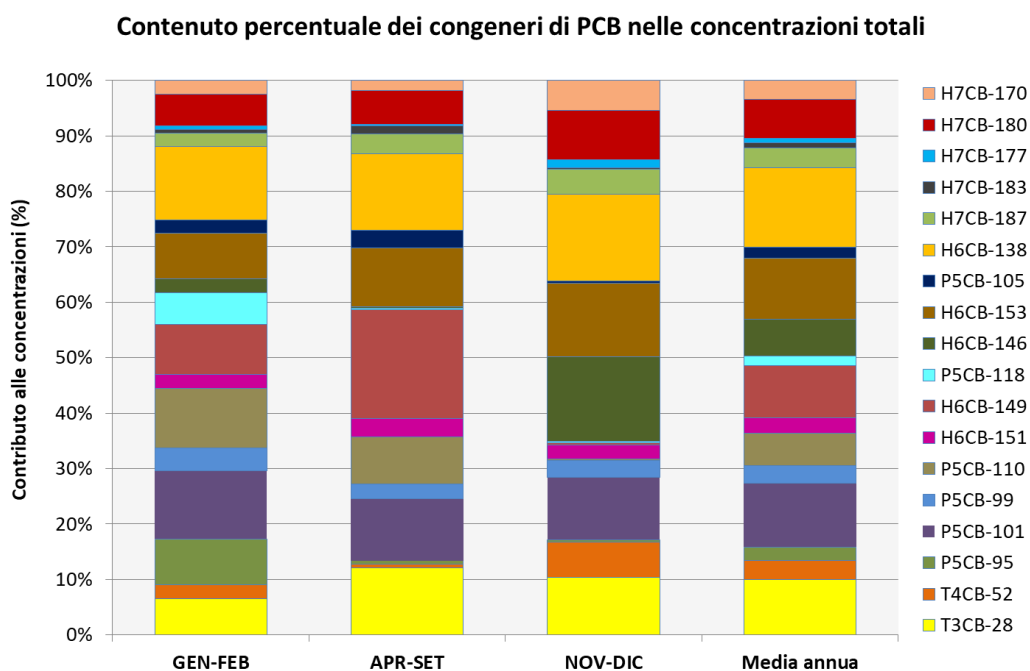


Figura 22 – Contenuto percentuale dei congeneri di PCB nelle concentrazioni totali misurate presso la postazione n.2 del Comparto HerAmbiente - 2021

Il confronto delle concentrazioni medie (in pg/m^3) di PCB del 2021, nel Comparto e nelle tre stazioni della rete privata (Marani, Germani e Agip29) interessate dalle ricadute della zona industriale, è riportato in Tabella 15 ed in Figura 23. La stazione Agip29 presenta valori di PCB inferiori a Germani e Marani ma più elevati rispetto al Comparto HerAmbiente (Agip 29 = 5.88 pg/m^3 e Comparto = 2.12 pg/m^3).

Questa generale tendenza viene confermata anche dal trend del periodo 2015-2021 (Figura 24): le concentrazioni di PCB del Comparto HerAmbiente risultano sempre inferiori (annualità 2015, 2018, 2020 e 2021) o analoghe (annualità 2016, 2017 e 2019) a quanto misurato presso le stazioni della rete privata (Marani, Germani e Agip29) e la stazione Agip 29, fra le tre stazioni, è quella con valori quasi sempre più bassi.

PCB (pg/m ³) - Media periodo - 2021				
	Post.2 HerAmbiente	Germani	Agip29	Marani
#28	0.21	0.35	0.22	0.35
#52	0.07	0.18	0.15	0.15
#95	0.05	0.51	0.31	0.37
#101	0.24	0.80	0.55	0.66
#99	0.07	0.18	0.15	0.19
#110	0.13	0.57	0.45	0.54
#151	0.06	0.32	0.20	0.32
#149	0.20	0.81	0.49	0.35
#118	0.04	0.58	0.53	0.67
#146	0.14	0.19	0.11	0.13
#153	0.23	1.21	0.72	1.02
#105	0.04	0.21	0.22	0.26
#138	0.31	1.22	0.79	1.04
#187	0.08	0.41	0.24	0.34
#183	0.02	0.16	0.10	0.13
#177	0.02	0.20	0.10	0.19
#180	0.15	0.61	0.40	0.47
#170	0.07	0.23	0.16	0.19
Sommatoria Totale	2.12	8.74	5.88	7.37

Tabella 15 – Concentrazioni medie dei PCB (esprese in pg/m³) rilevate nel 2021 presso il Comparto HERA e presso le stazioni della rete privata (Marani, Germani e Agip29)

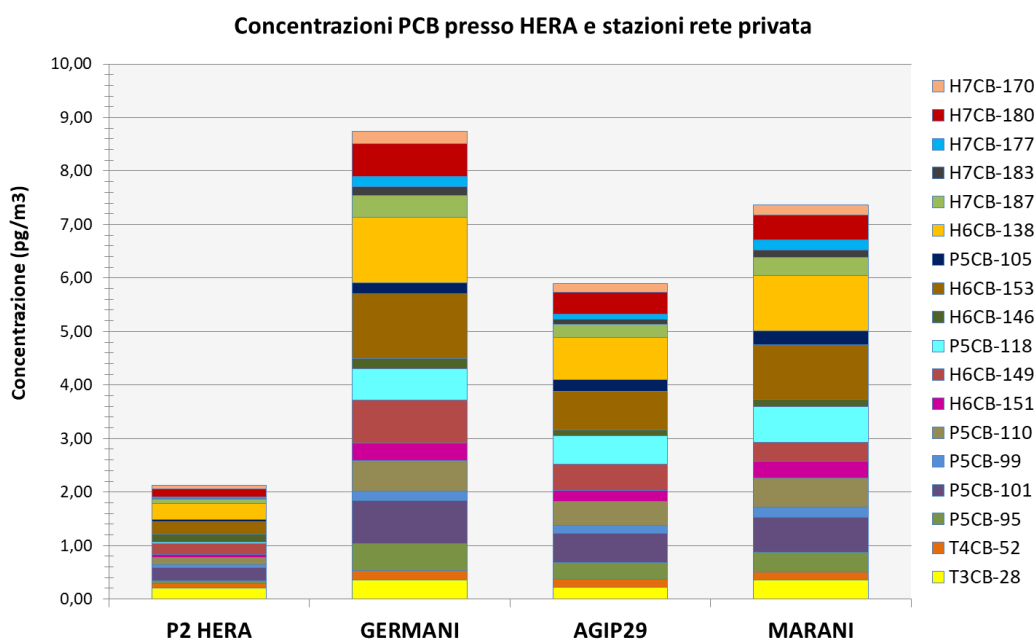


Figura 23 – Concentrazioni medie dei PCB (esprese in pg/m³) rilevate nel 2021 presso il Comparto HERA e presso le stazioni della rete privata (Marani, Germani e Agip29) - 2021

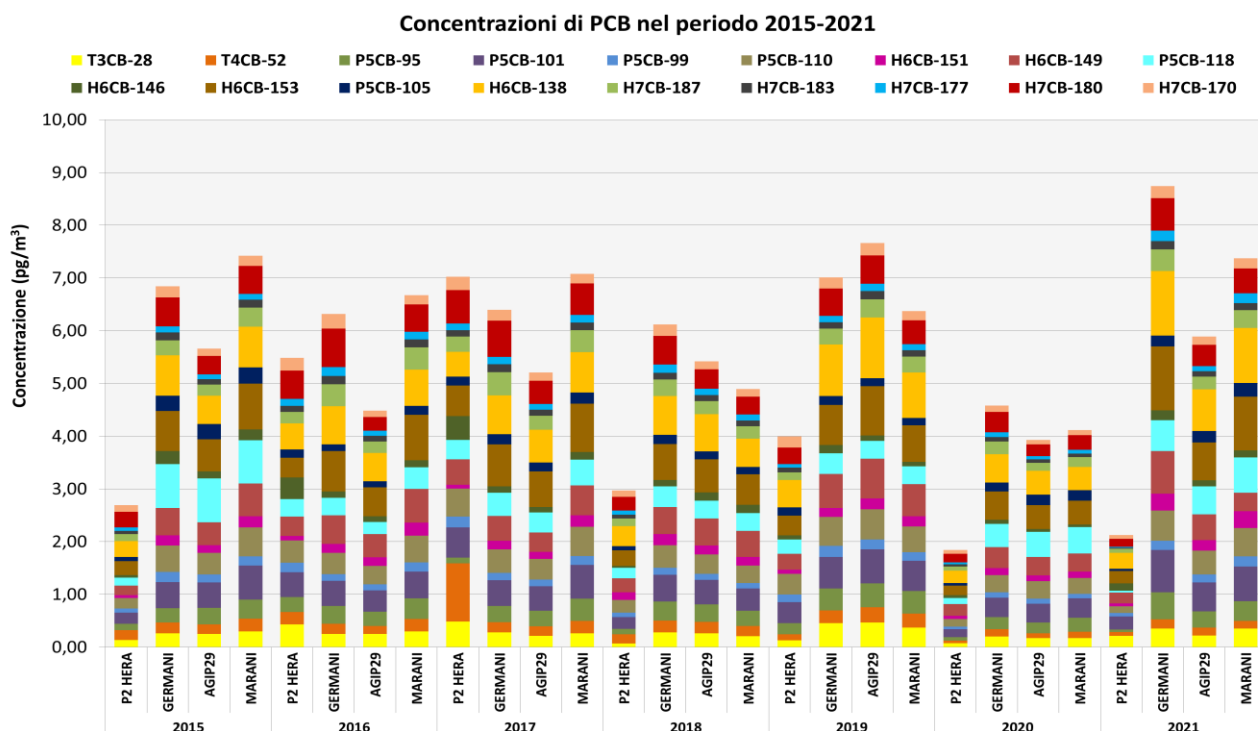


Figura 24 – Trend 2015-2021 delle concentrazioni medie di PCB del periodo di campionamento misure presso il Comparto HERA e presso le stazioni della rete privata (Marani, Germani e Agip29)

Diossine e Furani (PCDD/F)

In Tabella 16 sono riportate le concentrazioni dei congeneri di PCDD/F nel particolato PM₁₀ (espressi in fg/m³) e, nella parte inferiore della tabella, le stesse concentrazioni ma espresse come “diossina-equivalente” (*dioxin like*) ovvero tenendo conto del relativo valore I-TEF.

Postazione 2 HerAmbiente – PCDD/F (fg/m ³)					
	I-TEF	Gen-Feb	Apr-Set	Nov-Dic	Media 2021
2.3.7.8 T4CDD	1.0	0.91	0.47	0.85	0.75
1.2.3.7.8 P5CDD	0.5	4.00	0.47	0.85	1.78
1.2.3.4.7.8 H6CDD	0.1	0.91	0.47	4.62	2.00
1.2.3.6.7.8 H6CDD	0.1	0.91	0.47	0.85	0.75
1.2.3.7.8.9 H6CDD	0.1	0.91	0.47	5.18	2.19
1.2.3.4.6.7.8 H7CDD	0.01	27.5	7.4	28.9	21.3
OCDD	0.001	57.9	20.3	69.9	49.4
2.3.7.8 T4CDF	0.1	0.91	0.47	2.18	1.19
1.2.3.7.8 P5CDF	0.05	0.91	0.47	8.80	3.40
2.3.4.7.8 P5CDF	0.5	5.60	0.47	7.66	4.58
1.2.3.4.7.8 H6CDF	0.1	24.4	1.14	7.22	10.9
1.2.3.6.7.8 H6CDF	0.1	2.24	0.47	5.28	2.67
2.3.4.6.7.8 H6CDF	0.1	6.81	0.47	8.97	5.42
1.2.3.7.8.9 H6CDF	0.1	0.91	0.47	0.85	0.75
1.2.3.4.6.7.8 H7CDF	0.01	16.6	1.68	15.4	11.2
1.2.3.4.7.8.9 H7CDF	0.01	0.91	0.47	4.95	2.11
OCDF	0.001	6.83	0.47	13.5	6.94
Sommatoria		159.2	36.7	186.0	127.3

Postazione 2 HerAmbiente - PCDD/F (I-TEF fg/m ³)				
	Gen-Feb	Apr-Set	Nov-Dic	Media 2021
2.3.7.8 T4CDD	0.91	0.47	0.85	0.75
1.2.3.7.8 P5CDD	2.00	0.24	0.43	0.89
1.2.3.4.7.8 H6CDD	0.09	0.05	0.46	0.20
1.2.3.6.7.8 H6CDD	0.09	0.05	0.09	0.07
1.2.3.7.8.9 H6CDD	0.09	0.05	0.52	0.22
1.2.3.4.6.7.8 H7CDD	0.27	0.07	0.29	0.21
OCDD	0.06	0.02	0.07	0.05
2.3.7.8 T4CDF	0.09	0.05	0.22	0.12
1.2.3.7.8 P5CDF	0.05	0.02	0.44	0.17
2.3.4.7.8 P5CDF	2.80	0.24	3.83	2.29
1.2.3.4.7.8 H6CDF	2.44	0.11	0.72	1.09
1.2.3.6.7.8 H6CDF	0.22	0.05	0.53	0.27
2.3.4.6.7.8 H6CDF	0.68	0.05	0.90	0.54
1.2.3.7.8.9 H6CDF	0.09	0.05	0.09	0.07
1.2.3.4.6.7.8 H7CDF	0.17	0.02	0.15	0.11
1.2.3.4.7.8.9 H7CDF	0.01	0.00	0.05	0.02
OCDF	0.01	0.00	0.01	0.01
Sommatoria Totale	10.1	1.53	9.64	7.08

Nota: Per i composti inferiori al LR è stato considerato la metà del LR stesso (dato in verde)

Tabella 16 – Concentrazioni medie dei PCDD/F espresse in fg/m³ (parte superiore della tabella) e concentrazioni medie espresse in I-TEF fg/m³ (parte inferiore della tabella) - 2021

I valori delle campagne invernali delle concentrazioni dei PCDD/F sono fra loro comparabili (valore medio nel periodo gen-feb = 10.1 I-TEF fg/m³ e nel periodo nov-dic = 9.64 I-TEF fg/m³), mentre quelli del periodo primavera-estate sono decisamente inferiori (1.53 I-TEF fg/m³).

I congeneri con concentrazioni maggiori sono: OCDD, 1,2,3,4,6,7,8 H7CDD, 1,2,3,4,7,8 H6CDF ed 1,2,3,4,6,7,8 H7CDF ma se si tiene conto della tossicità (ovvero dopo il prodotto per il relativo valore I-TEF), i congeneri che hanno una maggiore rilevanza in termini percentuali sono, nell'ordine, 2,3,4,7,8 P5CDF, 1,2,3,4,7,8 H6CDF, 1,2,3,7,8 P5CDD e 2,3,7,8 T4CDD (Figura 25).

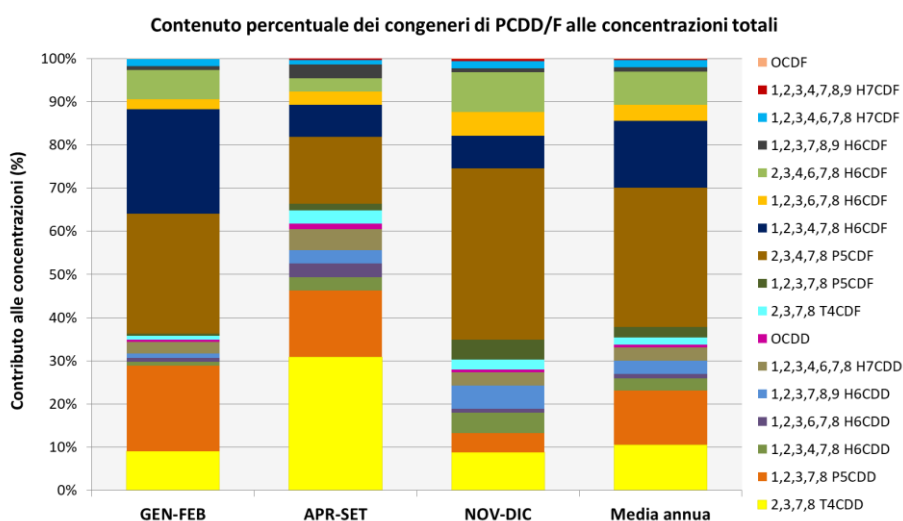


Figura 25 – Contenuto percentuale dei congeneri di PCDD/F alle concentrazioni totali misurate presso la postazione n.2 del Comparto HerAmbiente - 2021

Il confronto tra i dati misurati presso la postazione n.2 del Comparto HerAmbiente e le medie annuali rilevate in tre stazioni della rete privata (Marani, Germani e Agip29) sono riportati in Tabella 17 ed in Figura 26. Anche per i PCDD/F si osserva come il Comparto HerAmbiente abbia concentrazioni analoghe a quanto misurato presso le stazioni Germani e Marani e inferiori rispetto ad Agip29. Nel periodo 2016 – 2021 i valori del Comparto HerAmbiente sono analoghi a quelli delle stazioni della rete privata (Figura 27), fa eccezione il 2015.

PCDD/F (I-TEF fg/m ³) – Media Anno 2021				
	POST.2 HERA	GERMANI	AGIP29	MARANI
2.3.7.8 T4CDD	0.75	0.33	0.37	0.35
1.2.3.7.8 P5CDD	0.89	0.17	1.22	0.44
1.2.3.4.7.8 H6CDD	0.20	0.03	0.06	0.06
1.2.3.6.7.8 H6CDD	0.07	0.10	0.36	0.32
1.2.3.7.8.9 H6CDD	0.22	0.09	0.12	0.07
1.2.3.4.6.7.8 H7CDD	0.21	0.27	0.29	0.26
OCDD	0.05	0.06	0.07	0.06
2.3.7.8 T4CDF	0.12	0.34	0.58	0.54
1.2.3.7.8 P5CDF	0.17	0.17	0.23	0.18
2.3.4.7.8 P5CDF	2.29	3.35	3.18	2.49
1.2.3.4.7.8 H6CDF	1.09	0.40	0.69	0.44
1.2.3.6.7.8 H6CDF	0.27	0.33	0.59	0.28
2.3.4.6.7.8 H6CDF	0.54	0.52	1.14	0.69
1.2.3.7.8.9 H6CDF	0.07	0.16	0.19	0.07
1.2.3.4.6.7.8 H7CDF	0.11	0.15	0.31	0.21
1.2.3.4.7.8.9 H7CDF	0.02	0.01	0.02	0.01
OCDF	0.01	0.01	0.01	0.01
SOMMATORIA	7.08	6.49	9.43	6.47

Tabella 17 – Concentrazioni medie dei PCDD/F (esprese in I-TEF fg/m³) rilevate nel 2021 presso il Comparto HERA e presso le stazioni della rete privata (Marani, Germani e Agip29)

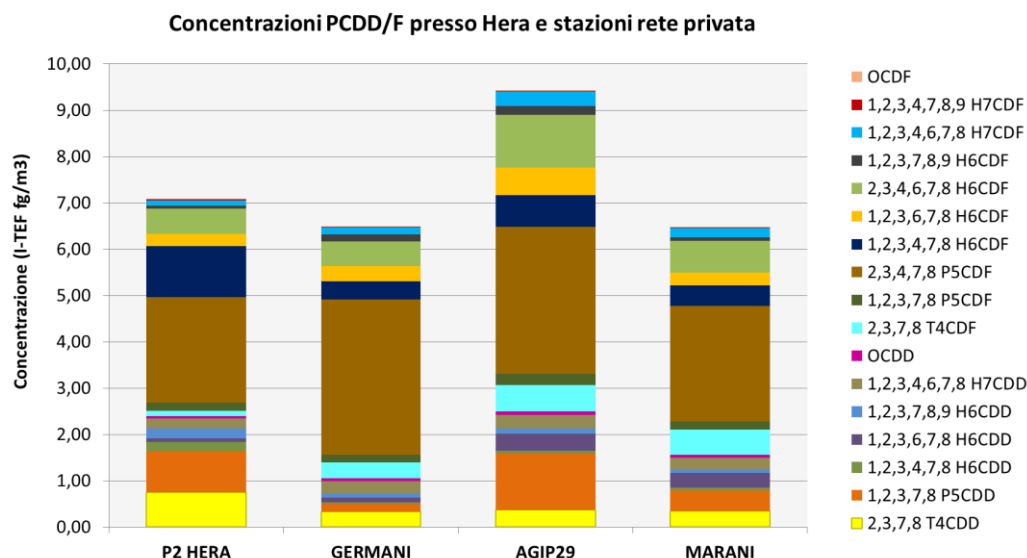


Figura 26 – Concentrazioni medie annuali misurate nella postazione del Comparto HerAmbiente e nelle stazioni della rete privata (Marani, Germani e Agip29) espresse in I-TEF fg/m³ - 2021

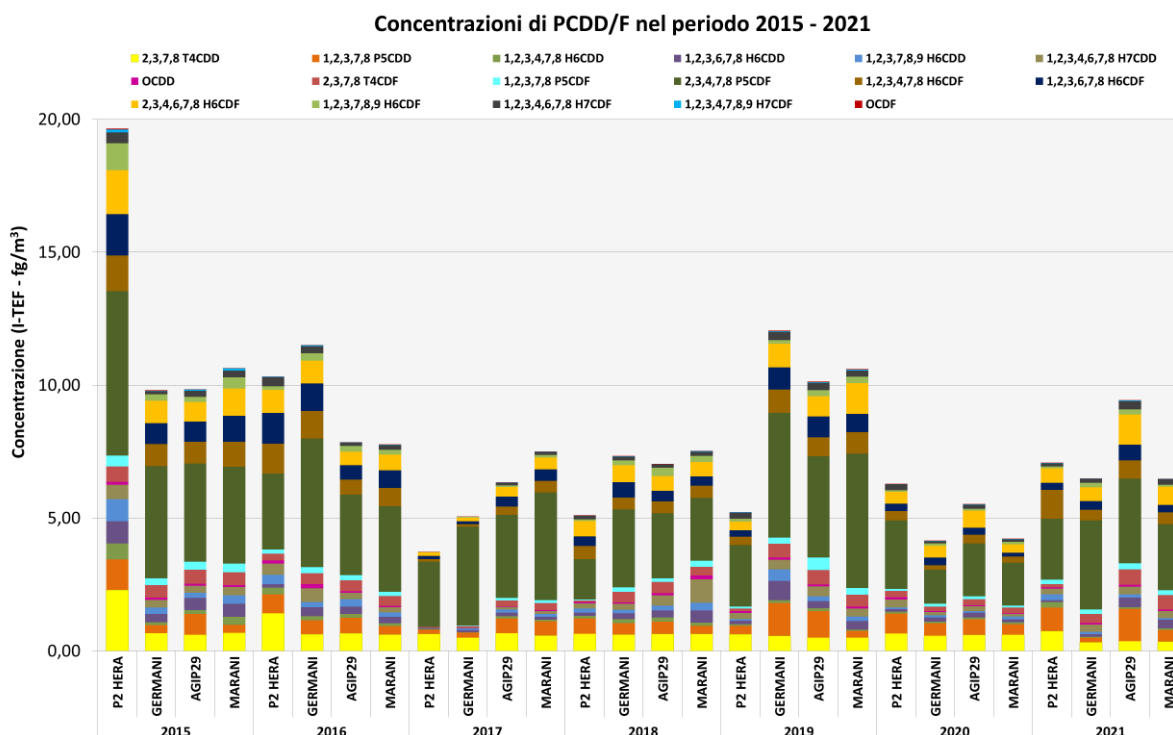


Figura 27 – Trend nel periodo 2015-2021 delle concentrazioni medie di PCDD/F del periodo di campionamento misurate nel Comparto e dalle stazioni della rete privata (Marani, Germani e Agip29)

4.2.3 - Deposizione atmosferica

METALLI

Le deposizioni totali (in $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$) minime e massime di metalli rilevate nei due accorpamenti (accorpamento 1: postazione 1 + 6 e accorpamento 2: postazione 2 + 3, come descritto nel paragrafo 4.2.2) e le medie del periodo di monitoraggio sono riportate in Tabella 18.

Deposizioni totali	Range di variabilità (min – max) ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$)		Media del periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$)	
	Post.1-6	Post-2-3	Post.1-6	Post-2-3
Pb	0.1 – 2.4	1.1 – 6.5	0.7	2.7
Cd	0.2 – 1.9	0.2 – 0.8	0.7	0.5
Cr	0.1 – 2.9	0.7 – 3.1	1.0	1.5
Ni	0.3 – 1.8	0.4 – 1.7	0.9	1.0
V	0.1 – 2.4	0.2 – 1.5	1.0	0.8
As	0.1 – 0.5	0.1 – 0.4	0.2	0.3
Ag	< 0.1	0.0 – 0.1	< 0.1	< 0.1

Tabella 18 – Deposizioni totali di metalli – concentrazioni minime, massime e medie annuali rilevate nel 2021

Questi valori possono essere confrontati con:

- i limiti della normativa tedesca (TA LUFT 24/07/02) per le deposizioni totali di alcuni metalli, espressi come flussi giornalieri mediati durante l'anno;
- con i valori descritti in bibliografia espressi come range di variabilità in diversi contesti territoriali (aree rurali, aree urbane, aree industriali) (Tabella 19).

Deposizioni totali	Limiti Germania ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$)	Aree rurali ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$)	Aree urbane ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$)	Aree industriali ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$)
Pb	100	3.3 – 10.3 ⁽²⁾	0.4 – 106 ⁽²⁾	--
Cd	2	0.011 – 0.14 ⁽¹⁾	0.16 – 0.9 ⁽¹⁾	0.12 – 4.6 ⁽¹⁾
Cr	--	6.19 ⁽³⁾	--	--
Ni	15	0.03 – 4.3 ⁽¹⁾	5 – 11 ⁽¹⁾	2.3 – 22 ⁽¹⁾
V	--	--	--	--
As	4	0.082 – 0.43 ⁽¹⁾	0.22 – 3.4 ⁽¹⁾	2.0 – 4.3 ⁽¹⁾

(1) Position paper UE "Ambient air pollution by AS, CD and NI compounds"

(2) Francia "Air Pays de la Loire - 2009"

(3) Provincia di Lucca – ISS 2011

Tabella 19 – Deposizioni totali di metalli – limiti della normativa tedesca e dati bibliografici di riferimento

Piombo, Cromo e Nichel sono i metalli che presentano le concentrazioni maggiori.

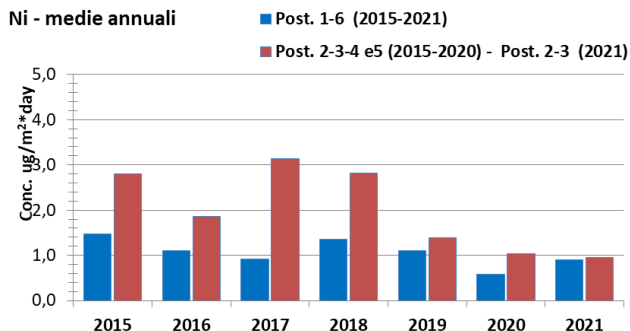
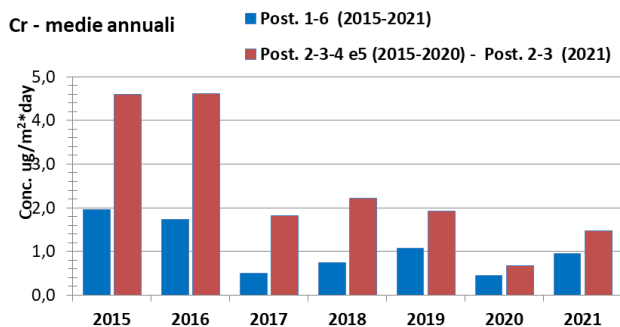
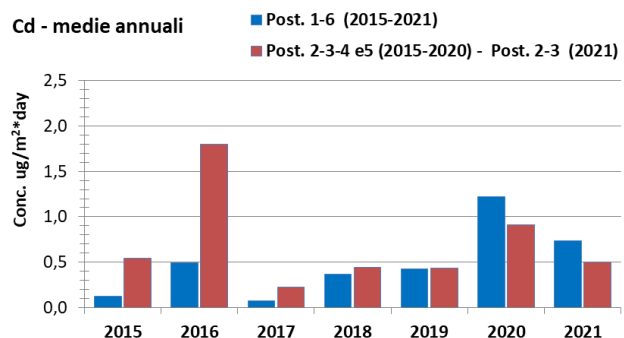
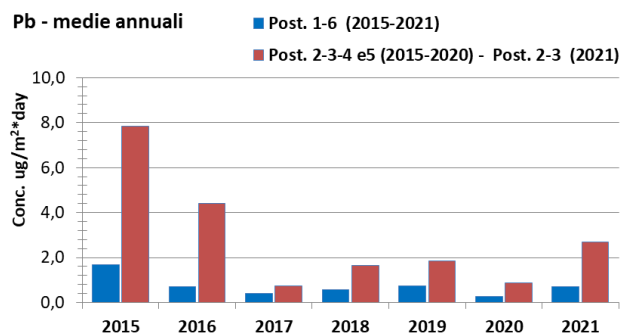
In generale, le deposizioni misurate in corrispondenza delle postazioni 2+3 (accorpamento 2) risultano sempre superiori rispetto a quelle misurate nelle postazioni 1 +6 (accorpamento 1).

L'unica eccezione è rappresentata dal Vanadio, superiore nell'accorpamento 1.

I dati di Argento sono quasi sempre inferiori al limite di rilevabilità, eccetto nei trimestri aprile-giugno e ottobre-dicembre nell'accorpamento 2.

In Figura 28 sono rappresentati i trend delle concentrazioni medie annuali di metalli all'interno del Comparto del periodo 2015 – 2021, con l'avvertenza che i campioni dal 2015 al 2020 - sempre prelevati all'interno del Comparto - fanno riferimento ad accorpamenti diversi rispetto al 2021.

Non sono state riportate le deposizioni di argento, poiché risultate sempre prossime a valori nulli e quasi sempre inferiori al limite di rilevabilità (valore più alto, registrato nel 2015, pari a $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$).



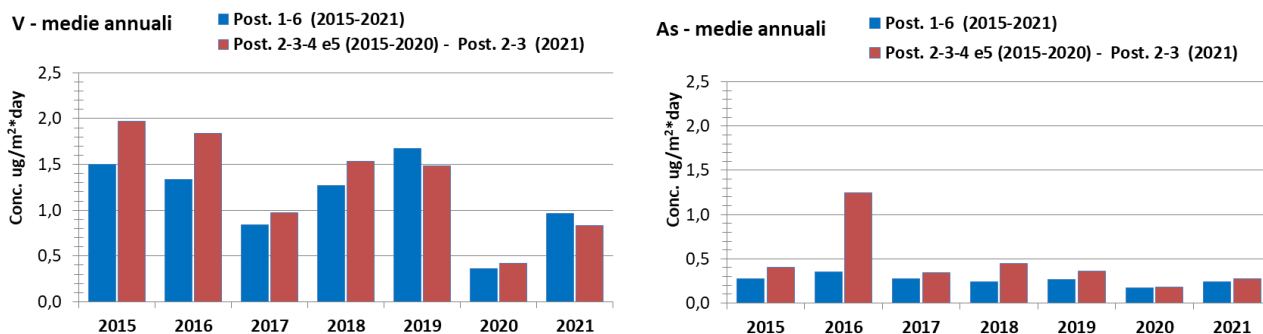


Figura 28 – Trend temporali delle concentrazioni di Pb, Cd, Cr, Ni, V e As misurati all'interno del Comparto – 2015 - 2021

Come si può osservare:

- il Pb, il Ni, il Cr e l'As nelle deposizioni raccolte nelle postazioni 1-6 (area nord del Comparto) sono inferiori rispetto a quanto rilevato presso le postazioni a sud;
- per il Cd ed il V tale andamento è confermato fino al 2018, poi sembra invertito nelle annualità seguenti;
- per la maggior parte dei metalli considerati vi è una riduzione delle concentrazioni nelle deposizioni, in particolare rispetto ai valori misurati nel 2015 e 2016;
- i range di flusso calcolati rientrano nei valori tipici misurati in aree industriali.

IPA, POLICLOROBIFENILI (PCB), DIOSSINE (PCDD) E FURANI (PCDF)

Nelle tabelle seguenti (Tabella 20 ÷ Tabella 25) sono riportati i flussi di deposizione dei diversi microinquinanti (minimi e massimi) misurati nelle postazioni, oltre al flusso massimo annuale calcolato a partire dal flusso massimo giornaliero misurato nel 2021.

Il calcolo dei flussi di deposizione consente, in mancanza di una normativa specifica, il confronto con i dati di bibliografia. In particolare:

- IPA e PCB sono confrontati con i dati della rete SAMANET⁶, rete costituita da deposimetri dislocati lungo la laguna di Venezia per valutare i carichi di microinquinanti in laguna;
- Diossine e Furani vengono confrontati con valori guida tedeschi (LAI 2004) definiti come limiti di flusso delle deposizioni totali giornaliere da non superare, sul territorio nazionale.

⁶ La Rete di Monitoraggio **SAMANET**, realizzata e gestita dalla Sezione Antinquinamento del Magistrato alle Acque (SAMA), consiste in un sistema di stazioni fisse per il monitoraggio in continuo dei principali parametri chimico-fisici delle acque e di una rete di deposimetri, dislocati all'interno della laguna di Venezia, per il monitoraggio delle deposizioni totali. Il programma di campionamento delle deposizioni prevede cicli di raccolta di circa sessanta giorni, corrispondenti a sei campagne nel corso di un anno...

IPA	Post. 1-6 (ng/m ² *day)	Post. 2-3 (ng/m ² *day)	Stima Flusso max/anno (µg/m ² *anno)	Rete SAMANET (µg/m ² *anno)
BaP	0.01 – 0.91	0.01 – 1.77	0.65	--
BaA	0.01 – 0.84	0.01 – 1.20	0.44	--
Bb+jF	0.01 – 1.56	1.58 – 3.82	1.39	--
BkF	0.01 – 0.73	0.01 – 0.99	0.36	--
Indeno	0.01 – 1.22	< 0.01 – 3.47	1.27	--
Da+hA	0.01 – 0.43	< 0.01 – 0.34	0.16	--
IPA tot	13.53 – 31.71	19.32 – 51.11	18.66	8.2 – 362.7

Tabella 20 – Flussi minimi e massimi giornalieri IPA e flusso massimo annuale stimato – anno 2021. Rete SAMANET valori min-max periodo 2007-2017

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	Post. 1-6 (ng/m ² *day)				Post. 2-3 (ng/m ² *day)			
	GEN-MAR	APR-GIU	LUG-SET	OTT-DIC	GEN-MAR	APR-GIU	LUG-SET	OTT-DIC
Naftalene	0,29	0,41	0,01	0,62	0,24	0,01	0,01	0,64
Acenaftilene	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Acenaftene	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fluorene	0,01	0,78	0,01	0,24	0,01	0,99	0,01	0,01
Fenantrene	1,80	10,61	6,62	2,02	5,82	12,70	8,43	1,96
Antracene	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
Fluorantene	3,58	2,83	16,81	2,39	10,54	3,40	0,01	3,49
Pirene	1,85	2,26	2,94	1,31	6,89	3,07	7,13	2,31
Benzo(a)antracene	0,84	0,01	0,01	0,01	1,08	0,44	0,01	1,20
Ciclopenta(c,d)pirene	0,01	0,01	0,01	0,36	1,52	0,01	0,01	0,47
Crisene	1,52	0,01	0,84	1,14	3,02	1,01	1,10	1,61
Benzo (b)+(j)fluorantene	1,43	0,01	0,01	1,56	3,82	1,59	1,58	1,65
Benzo(k)fuorantene	0,40	0,01	0,01	0,73	0,99	0,01	0,43	0,62
Benzo(e)pirene	0,66	0,01	1,25	0,90	4,57	1,23	1,55	1,19
Benzo(a)pirene	0,41	0,01	0,91	0,57	1,77	0,01	1,11	0,59
Indeno(1,2,3,cd)pirene	0,01	0,01	0,01	1,22	3,47	0,01	1,14	1,34
Dibenzo(ac+ah)antracene	0,01	0,01	0,01	0,43	0,01	0,01	0,01	0,34
Benzo(g,h,i)perilene	0,64	0,01	2,22	1,41	7,32	0,01	2,36	1,85
Dibenzo(a,l)pirene	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Dibenzo(a,e)fluorantene	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Dibenzo(a,e)pirene	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Dibenzo(a,i)pirene	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Dibenzo(a,h)pirene	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
IPA totali	13.53	17.03	31.71	14.97	51.11	24.55	24.91	19.32

Tabella 21 – Flussi giornalieri di IPA nel Comparto – anno 2021

PCB	Post. 1-6 (ng/m²*day)	Post. 2-3 (ng/m²*day)	Stima Flusso max/anno (µg/m²*anno)	Rete SAMANET (µg/m²*anno)
PCB totali	0.35 – 2.11	0.33 – 0.86	0.77	0.05 - 2.55

Tabella 22 – Flussi minimi e massimi giornalieri PCB nel Comparto e flusso massimo annuale stimato – anno 2021. Rete SAMANET valori min-max periodo 2007-2017

POLICLOROBIFENILI	Post. 1-6 (ng/m²*day)				Post. 2-3 (ng/m²*day)			
	GEN-MAR	APR-GIU	LUG-SET	OTT-DIC	GEN-MAR	APR-GIU	LUG-SET	OTT-DIC
#28	0,01	0,01	0,03	0,04	0,02	0,01	0,04	0,01
#52	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
#95	0,02	0,02	0,04	0,00	0,04	0,03	0,03	0,00
#101	0,02	0,03	0,09	0,06	0,07	0,06	0,06	0,04
#99	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01
#110	0,03	0,03	0,08	0,00	0,07	0,05	0,06	0,03
#151	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
#149	0,05	0,04	0,07	0,00	0,08	0,06	0,06	0,00
#118	0,05	0,03	0,07	0,04	0,05	0,05	0,05	0,03
#146	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
#153	0,27	0,06	0,07	0,01	0,11	0,08	0,07	0,01
#105	0,02	0,02	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00
#138	0,40	0,07	0,09	0,06	0,13	0,10	0,09	0,07
#187	0,16	0,02	0,02	0,02	0,05	0,03	0,03	0,02
#183	0,07	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01
#177	0,08	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00
#180	0,69	0,04	0,03	0,03	0,09	0,07	0,06	0,05
#170	0,22	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02
PCB totali	2,11	0,45	0,70	0,35	0,86	0,65	0,64	0,33

Tabella 23 – Flussi giornalieri di PCB nel Comparto – anno 2021

PCDD/F	Post. 1-6 (pg I-TE/m ² *day)	Post. 2-3 (pg I-TE/m ² *day)	Linee guida Germania (pg I-TE/m ² *day)
PCDD/F	0.26 – 0.39	0.27 – 0.70	4

Tabella 24 – Flussi minimi e massimi giornalieri di PCDD/F nel Comparto – anno 2021

DIOSSINE E FURANI	Post. 1-6 (ng/m ² *day)				Post. 2-3 (ng/m ² *day)			
	GEN-MAR	APR-GIU	LUG-SET	OTT-DIC	GEN-MAR	APR-GIU	LUG-SET	OTT-DIC
2.3.7.8 T4CDD	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10
1.2.3.7.8 P5CDD	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
1.2.3.4.7.8 H6CDD	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1.2.3.6.7.8 H6CDD	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1.2.3.7.8.9 H6CDD	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1.2.3.4.6.7.8 H7CDD	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00
OCDD	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
2.3.7.8 T4CDF	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1.2.3.7.8 P5CDF	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00
2.3.4.7.8 P5CDF	0,05	0,05	0,04	0,05	0,26	0,05	0,04	0,05
1.2.3.4.7.8 H6CDF	0,01	0,03	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01
1.2.3.6.7.8 H6CDF	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	0,01	0,01	0,01
2.3.4.6.7.8 H6CDF	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01
1.2.3.7.8.9 H6CDF	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1.2.3.4.6.7.8 H7CDF	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00
1.2.3.4.7.8.9 H7CDF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OCDF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PCDD/F tot	0,31	0,39	0,26	0,28	0,70	0,33	0,27	0,28

Tabella 25 – Flussi giornalieri di PCDD/F nel Comparto – anno 2021

Confrontando il flusso massimo annuale di IPA e di PCB con i dati della rete SAMANET è possibile osservare come i valori risultino all'interno del "range SAMANET".

I flussi giornalieri di diossine e furani (espressi in pg I-TE/m²*giorno) stimati all'interno del Comparto risultano inferiori al valore limite (flusso giornaliero) indicato dalla linea guida tedesca, precisando che quest'ultimo valore guida considera anche il contributo di PCB DL.

In Figura 29 sono riportati i grafici riassuntivi dei flussi massimi stimati per l'intero arco temporale 2015-2021 per IPA, PCB e PCDD/F all'interno del Comparto HerAmbiente.

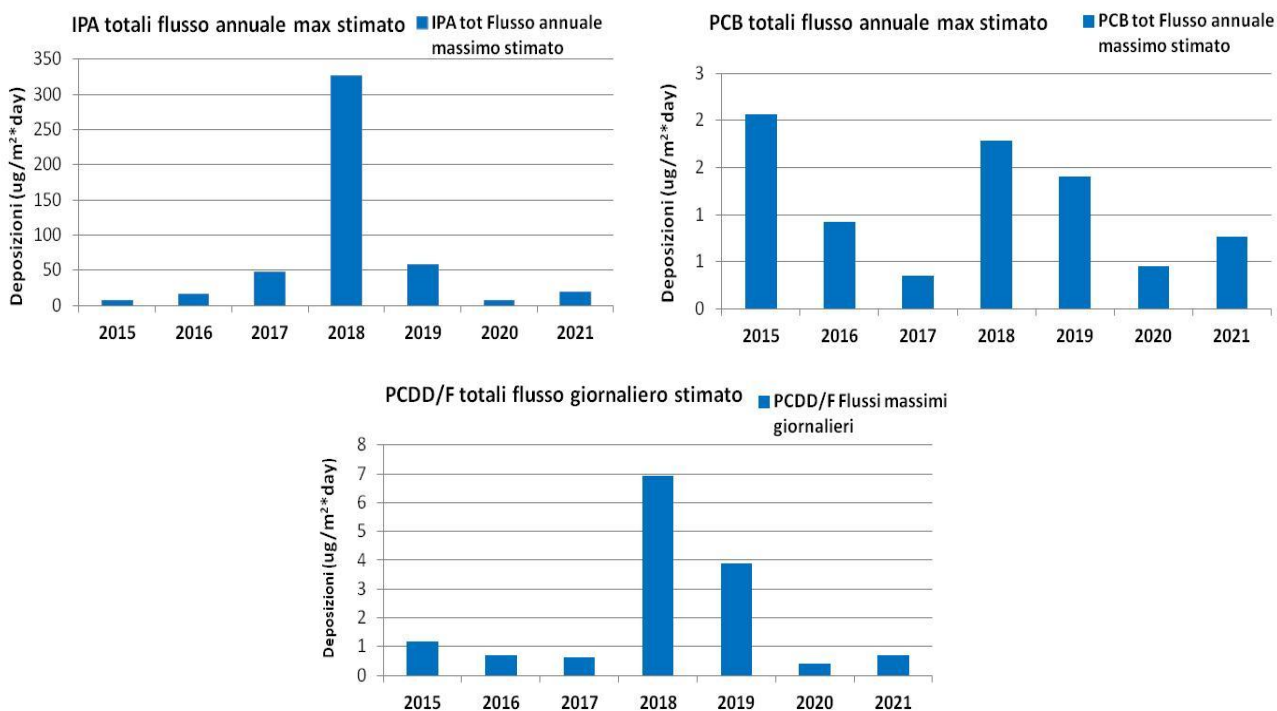


Figura 29 – Flussi stimati massimi annuali (IPA e PCB) e giornalieri (PCDD/F) nel Comparto – 2015 - 2021

IPA e PCDD/F hanno un andamento analogo: nel 2018 e nel 2019 sono stati rilevati i valori più elevati, mentre nelle altre annualità i dati sono sempre modesti.

Per i PCB si può riscontrare una sorta di ciclicità: al 2015 – quando sono stati misurati i valori più elevati del periodo – sono seguite due annualità con flussi in progressiva riduzione; di nuovo un valore più elevato nel 2018 (seppur meno marcato rispetto a quello del 2015) e poi una diminuzione nelle due annualità successive. Nuovamente, nel 2021, è osservabile un incremento rispetto all'anno precedente.

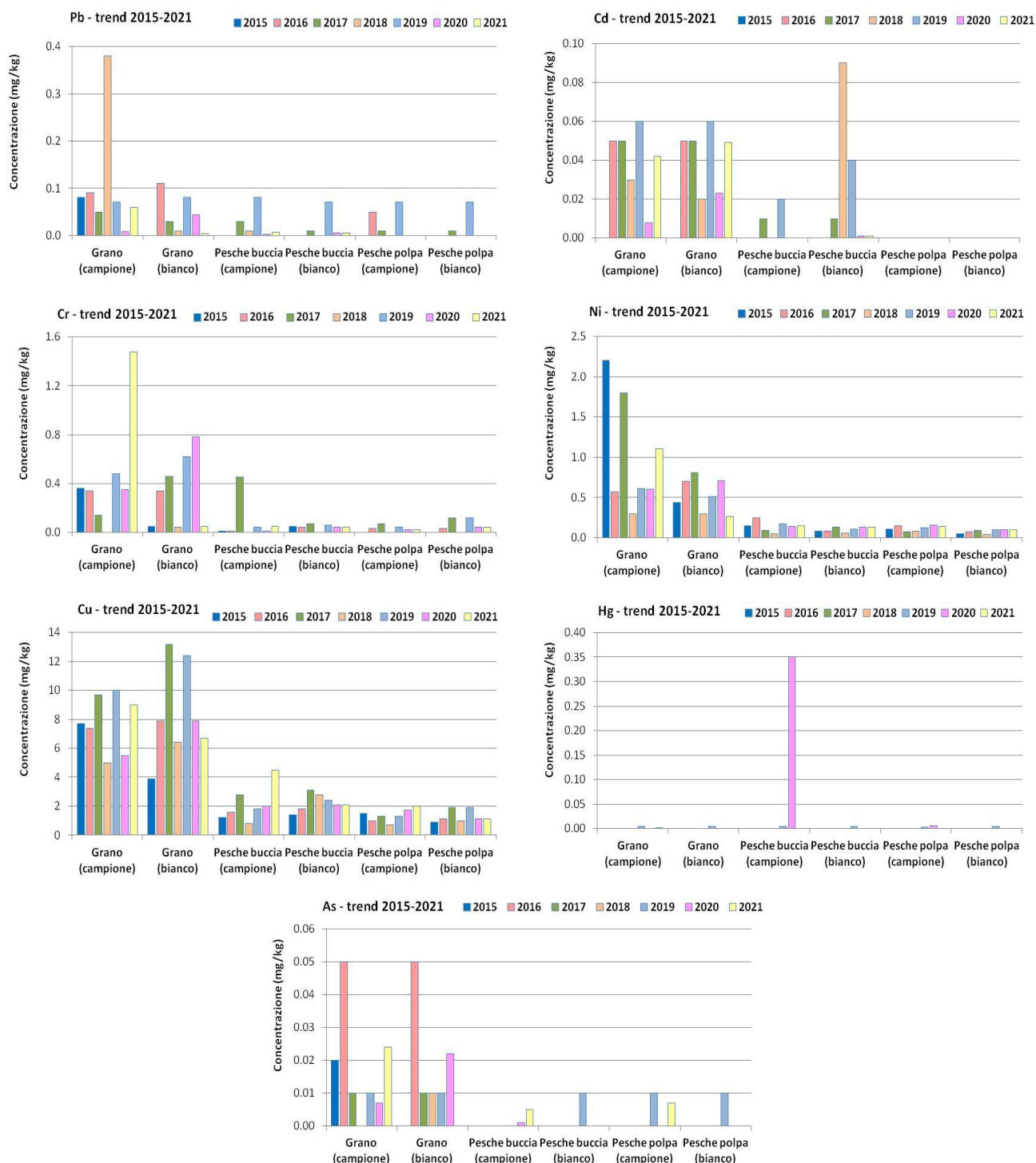
4.3 – Bioaccumulo

In Tabella 26 sono riportati i risultati delle analisi dei metalli condotte sui campioni vegetali: i dati evidenziano la sovrapposibilità fra campione e bianco.

Matrice		Pb mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	As mg/kg
Grano	Campione	0.06	0.042	1.48	1.11	9.0	<0.001	0.024
	Bianco	0.004	0.049	0.05	0.26	6.7	<0.001	<0.002
Pesche	Buccia	Campione	0.007	<0.002	0.050	0.15	4.5	<0.001
		Bianco	0.005	0.001	0.041	0.13	2.1	<0.003
	Polpa	Campione	<0.002	<0.002	0.018	0.14	2.0	<0.001
		Bianco	<0.001	<0.001	0.04	0.10	1.1	<0.003

Tabella 26 – Contenuto in metalli pesanti (mg/Kg) negli indicatori di bioaccumulo – 2021

La Figura 30 riporta, per ogni metallo, il grafico a barre con l'andamento temporale delle concentrazioni misurate nei campioni vegetali dal 2015 al 2021 (ultimo anno di campionamento).



NOTA: non sono riportati in grafico i valori risultati inferiori al LR

Figura 30 – Trend 2015-2021 delle concentrazioni di Pb, Cd, Cr, Ni, Cu, Hg e As quali indicatori di bioaccumulo nei tessuti vegetali

Alcune osservazioni relative alle concentrazioni dei metalli nel periodo 2015-2021:

- **Pb** – nel 2021 la concentrazione più elevata, pari a 0.06 mg/kg, è stata rilevata nel campione di grano. Tale valore è confrontabile con quanto rilevato nelle precedenti annualità (range di concentrazione compreso tra 0.008 mg/kg e 0.38 mg/kg). Il trend, considerando i tanti valori inferiori al limite di rilevabilità (in particolare nel corso del 2015), non evidenzia andamenti caratteristici;
- **Cd** – solo nei campioni di grano (campione e bianco) e nella buccia delle pesche è stato rilevato questo metallo, mentre risulta inferiore ai limiti di rilevabilità nei campioni di polpa. I valori del 2021 nel grano sono comparabili con le precedenti annualità, in particolare con quanto misurato negli anni 2016 e 2017. Il valore più elevato misurato nel 2021 è nel bianco di grano (0.049 mg/kg), ed anche il valore più alto dell'intero periodo è stato misurato su un bianco (buccia di pesca = 0.09 mg/kg);
- **Cr** – i valori più elevati di cromo sono stati misurati nel grano (campione e bianco), con il valore massimo rilevato nel 2021 (1.48 mg/kg). Sui campioni di pesche, il cromo è sempre risultato inferiore a 0.45 mg/kg (valore misurato nel 2017);
- **Ni** – nei campioni di pesche i valori di nichel sono sempre risultati inferiori a 0.25 mg/kg, e il dato 2021 è del tutto comparabile ai risultati ottenuti nei monitoraggi precedenti. Nel grano i valori di concentrazioni sono risultati più elevati rispetto alle pesche, con valori massimi pari a 2.2 mg/kg e 1.8 mg/kg misurati, rispettivamente, nel 2015 e nel 2017;
- **Cu** – anche per questo metallo i valori più elevati sono stati misurati nei campioni di grano, con concentrazioni massime misurate nel 2017 e nel 2019 (rispettivamente 13.2 mg/kg e 12.4 mg/kg). I risultati delle misure condotte nel 2021 sono comparabili con quanto rilevato nelle annualità precedenti; l'unica eccezione è il campione di buccia di pesca che, nel 2021, presenta valori di rame (4.5 mg/kg) superiori rispetto alle annualità precedenti quando i valori sono risultavano inferiori a 2.8 mg/kg;
- **Hg** – i valori di concentrazione, per tutti i campioni e per tutte le annualità, sono sempre inferiori o prossimi al limite di rilevabilità. L'unica eccezione è la concentrazione di 0.35 mg/kg misurata nel 2020 sulla buccia del campione di pesca;
- **As** – le concentrazioni sono spesso inferiori o prossime al limite di rilevabilità. Nel corso del 2016 sono state misurate le concentrazioni più elevate (0.05 mg/kg) nei campioni di grano. I dati del 2021 sono o inferiori al limite di rilevabilità o comparabili a quanto misurato negli anni precedenti.

I campioni raccolti sono stati analizzati anche per determinare la possibile presenza di PCB e PCDD/F ma non si riportano i risultati in quanto tutti i congeneri di PCB ricercati sono inferiori ai limiti di rilevabilità e così i PCDD/F. L'unico composto superiore al LR è l'O8CDD per il quale è stata determinata una concentrazione pari a 7 ng/g.

5 – CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati descritti ed analizzati i risultati dei monitoraggi delle matrici acqua, aria e tessuti vegetali condotti presso il Comparto HerAmbiente di Via Romea Nord a Ravenna nel corso dell'annualità 2021. L'obiettivo dei monitoraggi è valutare - attraverso la misura dei principali parametri rappresentativi della qualità delle matrici analizzate - l'impatto ambientale esercitato dal sito, integrando i piani di monitoraggio che sono parte integrante dei provvedimenti di AIA agli impianti coinsediati nel Comparto.

I risultati descritti hanno evidenziato i seguenti aspetti:

Acque di falda (profonda)

Il campionamento e l'analisi delle acque di falda è stato condotto, anche nel corso del 2021, presso il pozzo sito in via Guiccioli a Ravenna. Sul campione è stata determinata la presenza di metalli, PCB, PCT e pesticidi.

I dati della campagna 2021 hanno evidenziato valori di concentrazione spesso inferiori ai limiti di rilevanza e, quando superiori, coerenti con i valori misurati nel corso del periodo 2015-2021 (periodo di riferimento delle convenzioni volontarie sottoscritte da HerAmbiente con Arpae per il monitoraggio ambientale del Comparto).

Aria

Particolato atmosferico

Nel 2021 sono stati raccolti complessivamente 170 campioni di particolato (media giornaliera), distribuiti nell'arco dell'annualità, in corrispondenza di tre postazioni di misura interne al Comparto di HerAmbiente (post n.1, post n.2, post n.3).

La concentrazione media per l'intero periodo analizzato risulta pari a $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rispettivamente presso le postazioni n.1, n.2 e n.3), con un range nei valori compreso tra un valore minimo pari a $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed un valore massimo pari a $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$, misurati entrambi in periodo invernale (novembre e dicembre 2021). Il 90,4° percentile misurati delle concentrazioni giornaliere – che corrisponde al valore superato per 35 volte su 365 dati – è, rispettivamente per le tre postazioni, pari a $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nella postazione n.2 è stata misurata la concentrazione media di periodo più elevata ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre nella postazione n.3 il valore massimo giornaliero dell'intero Comparto ($110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il 1° dicembre).

La media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è stata superata 5 volte nel corso del campionamento nella postazione 2 e 3 volte nella postazione 3. In nessuna postazione del Comparto è stato superato il valore limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il 90,4° percentile delle medie giornaliere di un anno e il valore limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media annua.

Dal confronto con le concentrazioni misurate dalle stazioni fisse della RRQA risulta una buona correlazione con le postazioni dell'area urbana (Coefficiente di Pearson maggiore di 0.80) e una soddisfacente comparabilità del valore delle concentrazioni medie con la postazione Porto San Vitale (stazione di tipo industriale).

Il confronto sul trend temporale del periodo 2015-2021 evidenzia, all'interno del Comparto HerAmbiente, una progressiva e costante riduzione delle concentrazioni medie presso tutte le postazioni di misura che, nel 2021 hanno registrato il valore più basso dell'intero periodo.

I soli filtri campionati dagli skypost presso la postazione n.2, dopo la determinazione gravimetrica delle concentrazioni del particolato in aria, sono stati oggetto di analisi chimica per la ricerca di metalli (piombo, cadmio, nichel, cromo, vanadio, argento, arsenico), IPA, PCB, PCDD e PCDF.

I valori di concentrazione dei metalli misurati nel 2021 risultano generalmente più bassi rispetto a quanto misurato nelle annualità precedenti e sono coerenti con le misure condotte presso la RRQA (in particolare con la stazione Porto San Vitale). Nel caso del piombo, vanadio ed arsenico si misurano valori di concentrazione media più elevati all'interno del Comparto rispetto a quanto misurato dalla RRQA.

Tra gli IPA, il valore medio annuale del Benzo(a)pirene (unico IPA per il quale il D.Lgs 155/2010 fissa un valore obiettivo, pari a 1.0 ng/m^3) risulta conforme a quanto stabilito dalla normativa (0.21 ng/m^3 all'interno del Comparto, circa un quinto dell'obiettivo). I valori risultano comparabili nelle postazioni di misura. Questa generale coerenza viene confermata anche nel periodo 2015-2021, con le uniche eccezioni rappresentate dalle annualità 2015 e 2018 quando, presso il Comparto, le concentrazioni totali di IPA sono risultate superiori rispetto alla RRQA.

I valori di concentrazione dei PCB misurati all'interno del Comparto HerAmbiente risultano costanti nel corso delle campagne del 2021 con un valore medio di 2.12 pg/m^3 . Il maggior contributo alle concentrazioni totali è dato dai congeneri #138, #101 e #153. Le concentrazioni di PCB misurate all'interno del Comparto HerAmbiente sono inferiori rispetto a quelle rilevate nelle stazioni dell'area industriale, con le stazioni Germani e Marani che presentano i valori più elevati rispetto alla stazione Agip29. Questa generale tendenza viene confermata anche dal trend del periodo 2015-2021: le concentrazioni di PCB del Comparto HerAmbiente risultano sempre inferiori (annualità 2015, 2018, 2020 e 2021) o analoghe (annualità 2016, 2017 e 2019) a quanto misurato presso le stazioni della rete privata.

Nel 2021, i valori di concentrazione dei PCDD/F delle campagne invernali sono fra loro comparabili (valore medio nel periodo gen-feb = $10.1 \text{ I-TEF fg/m}^3$ e nel periodo nov-dic = $9.64 \text{ I-TEF fg/m}^3$), mentre quelli del periodo primavera-estate sono decisamente inferiori ($1.53 \text{ I-TEF fg/m}^3$). Nonostante in termini di concentrazione (fg/m^3), i congeneri che apportano un maggiore contributo alle concentrazioni totali risultino essere, nell'ordine, OCDD, 1,2,3,4,6,7,8 H7CDD, 1,2,3,4,7,8 H6CDF ed 1,2,3,4,6,7,8 H7CDF, per effetto della loro tossicità (dopo il prodotto per il relativo valore I-TEF), i congeneri che hanno una maggiore rilevanza in termini percentuali sono, nell'ordine, 2,3,4,7,8 P5CDF, 1,2,3,4,7,8 H6CDF, 1,2,3,7,8 P5CDD e 2,3,7,8 T4CDD. Dal confronto con i dati rilevati dalla RRQA, il Comparto HerAmbiente ha concentrazioni analoghe a quanto misurato presso le stazioni Germani e Marani e inferiori rispetto ad Agip29. Eccetto nel 2015, nel corso del periodo 2016-2021 i valori del Comparto HerAmbiente sono analoghi a quelli delle stazioni della rete privata.

Deposizione atmosferica

Nel 2021 sono stati raccolti complessivamente 96 campioni di acqua piovana in quattro postazioni raggruppate a coppie: 1-6 nell'area nord del Comparto e 2-3 nell'area sud. Sui campioni è stata determinata la presenza di metalli, IPA, PCB e PCDD/F.

Le deposizioni di metalli, raccolte nelle acque piovane dell'area nord del Comparto, sono generalmente inferiori a quelle raccolte nelle postazioni più a sud. Ad ogni modo, in tutte le postazioni del Comparto, i range di flusso calcolati rientrano comunque nei limiti tipici ammessi in aree industriali. Rispetto ai primi anni delle passate convenzioni, è rilevabile un generale calo nelle deposizioni di tutti i metalli considerati.

Le deposizioni di IPA e PCB sono entro i valori riscontrati per la rete SAMANET. Per quanto riguarda PCDD/F i valori delle deposizioni sono inferiori al valore guida tedesco, tenendo comunque presente che quest'ultimo considera anche il contributo di PCB DL. Sull'intero arco temporale 2015-2021 è stato riscontrato un andamento analogo per IPA e PCDD/F: i valori più elevati sono stati rilevati nel 2018 e nel 2019, mentre nelle altre annualità sono risultati modesti. I PCB presentano un andamento "ciclico": ai massimi osservati nel 2015 e nel 2018 sono seguiti due anni con concentrazioni in progressiva riduzione rispettivamente nel 2016-2017 e nel 2019-2020; nel 2021 è stato osservato un incremento rispetto al 2020 ma non rispetto al valore del 2019.

Bioaccumulo

La valutazione degli indicatori di bioaccumulo è stata condotta su campioni vegetali di grano e pesche, confrontati con i rispettivi campioni di "bianco". I metalli indagati (Pb, Cd, Cr, Ni, Cu, Hg e As) evidenziano concentrazioni maggiori nei campioni di grano, ma senza particolari anomalie. I campioni raccolti sono stati analizzati anche per determinare la possibile presenza di PCB e PCDD/F. Tutti i congeneri ricercati risultano inferiori ai limiti di rilevabilità.