



Rapporto preliminare

Caratterizzazione chimica del particolato atmosferico nel comprensorio di Civitavecchia: microinquinanti, metalli, carbonio elementare e organico

Dicembre 2019



Rapporto preliminare

Caratterizzazione chimica del particolato atmosferico nel comprensorio di Civitavecchia: microinquinanti, metalli, carbonio elementare e organico

Dicembre 2019

Caratterizzazione chimica del particolato atmosferico nel comprensorio di Civitavecchia: microinquinanti, metalli, carbonio elementare e organico

Rapporto a cura di:

ARPA Lazio

Dipartimento stato dell'ambiente

Servizio qualità dell'aria e monitoraggio ambientale degli agenti fisici

Unità centro regionale qualità dell'aria

Attività di monitoraggio e analisi dei dati:

Dipartimento stato dell'ambiente

Servizio qualità dell'aria e monitoraggio ambientale degli agenti fisici

Unità centro regionale qualità dell'aria

Unità aria e agenti fisici di Roma

Dipartimento prevenzione e laboratorio integrato, Servizio coordinamento attività di laboratorio

Unità laboratorio ambientale di Frosinone

Unità laboratorio di Rieti

INDICE

INDICE	4
LEGENDA	5
1 INTRODUZIONE	6
2 IL COMPENSORIO DI CIVITAVECCHIA.....	7
3 LA RETE DI MONITORAGGIO NEL COMPENSORIO DI CIVITAVECCHIA	9
4 MONITORAGGIO	11
5 RISULTATI DELLA CAMPAGNA	13
5.1 RISULTATI DEL MONITORAGGIO DEL PM10 GIORNALIERO E SUA CARATTERIZZAZIONE CHIMICA.....	13
5.1.1 DETERMINAZIONE DEI METALLI (NORMATI E NON).....	15
5.1.2 DETERMINAZIONE DEI MICROINQUINANTI ORGANICI.....	21
5.2 RISULTATI DELLA DETERMINAZIONE DI EC, OC SU FILTRI PM2,5.....	26
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	29

Indice delle illustrazioni

FIGURA 1 – MAPPA DEL TERRITORIO DEL COMPENSORIO DI CIVITAVECCHIA.....	8
FIGURA 2 - LOCALIZZAZIONE DELLE STAZIONI NELLA RETE DI MISURA REGIONALE.....	10
FIGURA 3 - STAZIONI DI MONITORAGGIO NEL COMPENSORIO DI CIVITAVECCHIA.....	11
FIGURA 4 - MAPPA DELLE CENTRALINE DELLA RETE REGIONALE COINVOLTE NELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO SUDETTA.	12
FIGURA 5 - VALORE DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO PM10 NELLE 7 STAZIONI COINVOLTE NEL MONITORAGGIO, DURANTE I 4 PERIODI DI CAMPIONAMENTO.	14
FIGURA 6 - VALORI DELLE CONCENTRAZIONI DI ANTIMONIO (A), MANGANESE (B), PIOMBO (C) E RAME (D) OTTENUTE NELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	17
FIGURA 7 -VALORI DELLE CONCENTRAZIONI DI BARIO (A), NICHEL (B) E VANADIO (D) OTTENUTE NELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.	20
FIGURA 8 - RISULTATI DELLE ANALISI DI IPA TOTALI SUI FILTRI DI PM10.	22
FIGURA 9 - RISULTATI DELLE ANALISI DEI 12 COGENERI DI IPA DETERMINATI SUI FILTRI DI PM10.	23
FIGURA 10 - RISULTATI DELLE ANALISI DI DIOSSINE E FURANI SUI FILTRI DI PM10.	24
FIGURA 11 - RISULTATI DELLE ANALISI DI PCB TOTALI (A) E PBDE (B) SUI FILTRI DI PM10.	25
FIGURA 12 – VALORI DI EC ED OC DEI CAMPIONI RACCOLTI DURANTE LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.	27

Indice delle tabelle

TABELLA 1 - DOTAZIONE STRUMENTALE E COORDINATE GEOGRAFICHE DELLE 7 CENTRALINE COINVOLTE NELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	12
TABELLA 2 - RISULTATI DELLE ANALISI DEI MICROINQUINANTI ORGANICI SUI FILTRI PM10 DURANTE I 4 PERIODI DI CAMPIONAMENTO NELLE 7 CENTRALINE COINVOLTE NELLA CAMPAGNA.....	21

LEGENDA

ARPA	Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale
BENZ	Benzene
CO	Monossido di carbonio
D.LGS.	Decreto legislativo
EC	Carbonio elementare
IPA	Idrocarburi Policiclici Aromatici
LAT	Latitudine
LON	Longitudine
N	Nord
NO _x	Ossidi di azoto
NRO	Numero
O ₃	Ozono
OC	Carbonio organico
OMS	Organizzazione Mondiale della Sanità
PBDE	Polibromodifenileteri
PCB	Policlorobifenili
PCDD	Policlorodibenzodiossine
PCDF	Policlorodibenzofurani
PM	Particulate matter
PROV	Provincia
TVN	Torrevaldaliga Nord
TVS	Torrevaldaliga Sud
S.L.M.	sul livello del mare
SO ₂	Biossido di zolfo
STAZ	Stazione
UE	Unione Europea

Viene riportata la tabella di conversione dei sottomultipli di grammo utilizzati nel documento.

TABELLA DI CONVERSIONE DEI GRAMMI	
mg	10^{-3} g
μ g	10^{-6} g
ng	10^{-9} g
pg	10^{-12} g
fg	10^{-15} g

1 INTRODUZIONE

L'ARPA Lazio effettua il monitoraggio della qualità dell'aria nel territorio della regione attraverso una rete di centraline di rilevamento fisse e mobili e mediante l'utilizzo dei modelli di dispersione degli inquinanti.

Il monitoraggio della qualità dell'aria nel comprensorio di Civitavecchia è assicurato, oltre che dalle stazioni della rete regionale, anche da un'altra rete di centraline denominata "ex-ENEL", realizzata per il monitoraggio della centrale di Torrevaldaliga Nord. Questa rete è gestita da maggio del 2016 dall'ARPA Lazio a seguito di una convenzione con la Regione e il comune di Civitavecchia. Nell'ambito di tale convenzione l'ARPA Lazio ha realizzato tra luglio 2018 e marzo 2019 delle campagne di misura stagionali relative alla determinazione dei microinquinanti, metalli (normati e non), carbonio organico ed elementare. Il monitoraggio ha interessato 7 centraline localizzate sia all'interno che all'esterno del centro urbano di Civitavecchia in modo da avere un quadro conoscitivo ad un'adeguata scala spaziale.

Il rapporto illustra i risultati della campagna di monitoraggio.

2 IL COMPENSORIO DI CIVITAVECCHIA

L'area di Civitavecchia è stata fin dal passato interessata dalla presenza di significative sorgenti di emissione di inquinanti atmosferici.

Attualmente sono presenti due Centrali elettriche, Torrevaldaliga Sud (TVS) e Torrevaldaliga Nord (TVN), distanti circa 4 Km dal centro abitato.

TVS (attivata nel 1964) era una centrale petrolifera ma tra il 2004 e il 2005, è stata convertita in turbogas (alimentata esclusivamente a gas naturale). La Centrale è costituita da due unità a ciclo combinato, una da 800 MW e una 400 MW.

Poco più a Nord è situata la centrale elettrica TVN, attiva dal 1984 inizialmente era una centrale termoelettrica ad olio combustibile, nel 2010 è stata convertita in centrale elettrica a carbone (erogando una potenza di 2640 MW). È ubicata in un'area situata nel territorio del comune di Civitavecchia a circa 2 km a N-NW in linea d'aria dalla città, tra la costa tirrenica e la linea ferroviaria Roma-Pisa, che divide il sito in due parti; oltre il tracciato ferroviario sono situati l'ex parco serbatoi combustibili e la stazione elettrica, mentre l'impianto di produzione vero e proprio, fino ai trasformatori di macchina, occupa l'area prospiciente la costa tirrenica. Complessivamente l'area occupata dall'impianto è pari a circa 700.000 m², su un'area di proprietà di circa 975.000 m².

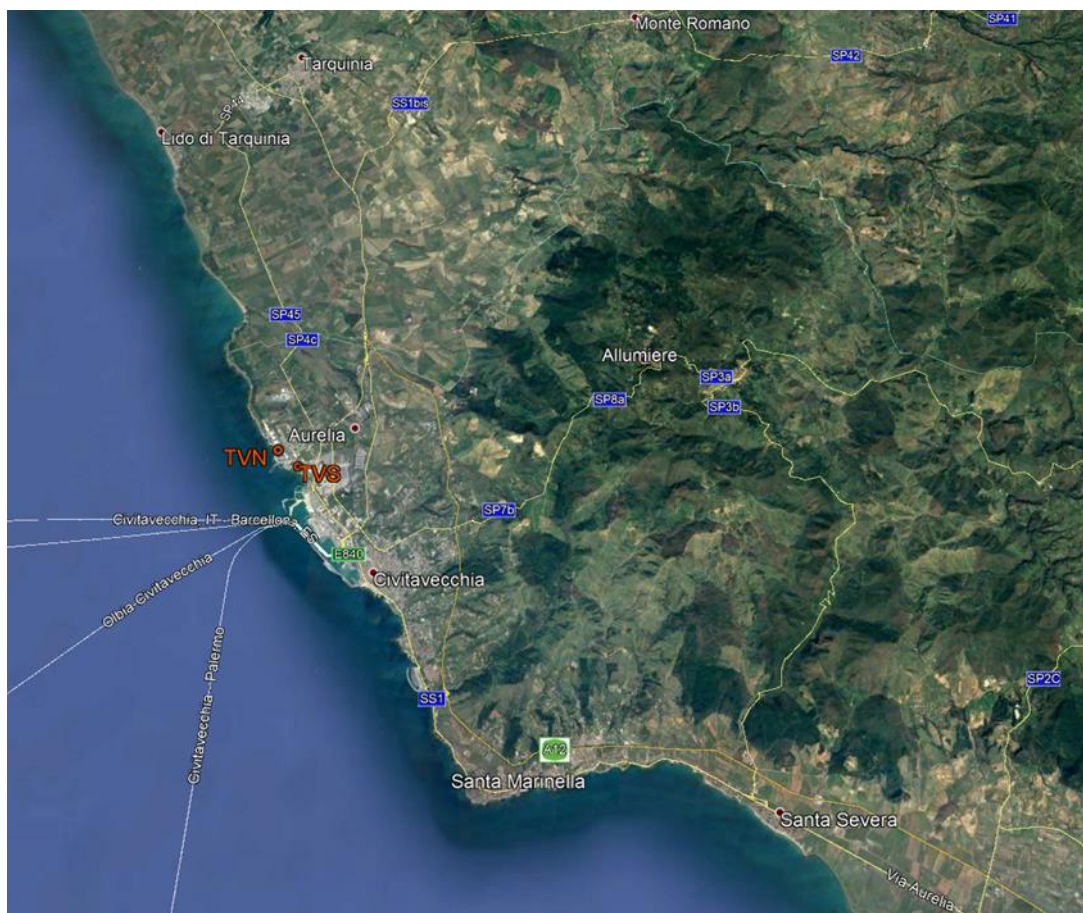


Figura 1 – Mappa del territorio del Comprensorio di Civitavecchia.

Oltre alle infrastrutture energetiche è presente nel comune di Civitavecchia un importante porto (241.000 m², 26 moli operativi, 23 ormeggi e 100 metri per gli yacht) diviso in due macro aree (turismo e commerciale).

A sud è localizzata la parte dedicata al turismo, al diportismo (principalmente con Sardegna e Corsica) ed alle crociere, a nord l'area per i traffici commerciali, la pesca e il cabotaggio.

A partire dagli anni '80 è in corso una ristrutturazione del porto di Civitavecchia come punto nodale del moderno traffico passeggeri e merci nazionale e internazionale. Il miglioramento delle banchine e delle strutture per i passeggeri nel corso degli anni ha permesso un incremento delle navi da crociera (da 50 navi nel 1996 a 950 nel 2013) e traghetti (1500 all'anno) con un numero medio annuale di passeggeri che raggiungono fino a 4 milioni negli ultimi anni e 11 milioni di tonnellate di merci.

Nell'area di Civitavecchia è inoltre presente anche una rete viaria autostradale (Roma-Tarquinia Nord A 12), una strada statale (Aurelia SS 1), oltre una rete ferroviaria (Roma-Pisa) a trazione elettrica, nonché un traffico locale di una città di oltre 50 mila abitanti. Nel 2012, un totale di 84.000 veicoli al giorno (65.000 automobili, 6.000 camion, 13.000 motocicli) sono stati stimati nell'area con una grande componente di veicoli in transito a causa del porto, soprattutto durante l'estate.

3 LA RETE DI MONITORAGGIO NEL COMPENSORIO DI CIVITAVECCHIA

L'ARPA Lazio gestisce per conto della Regione la rete di monitoraggio fissa della qualità dell'aria, costituita attualmente da 55 centraline in cui viene misurata la concentrazione in aria delle specie inquinanti previste dalla normativa (d. lgs. n. 155/2010).

Di queste 55 centraline di monitoraggio 46 sono inserite nel Programma di valutazione della qualità dell'aria regionale.

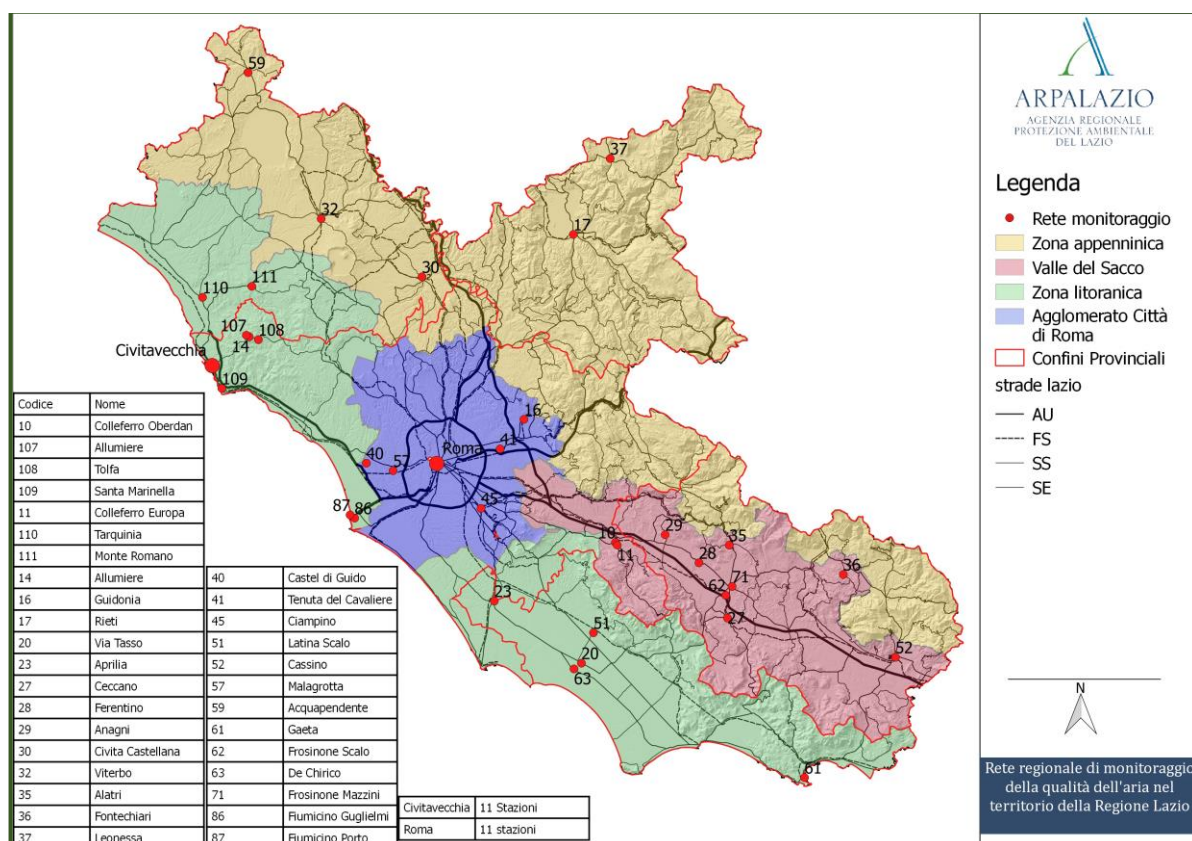


Figura 2 - Localizzazione delle stazioni nella rete di misura regionale.

Delle 9 restanti 7 si trovano nell'area del comprensorio di Civitavecchia, per approfondire la qualità dell'aria in una zona, in cui è attivo il maggior polo di produzione termoelettrica regionale ed un porto in espansione. Le 7 centraline presenti nel comprensorio sono: via Morandi, Porto, Aurelia, San Gordiano (localizzate nel comune di Civitavecchia) e Santa Marinella, Allumiere e Tolfa.

A maggio 2016, 11 centraline della rete ex-ENEL di Civitavecchia sono passate sotto la gestione dell'ARPA Lazio a seguito di una convenzione stipulata con la Regione e il comune di Civitavecchia. Le centraline ex-Enel sono gestite con le stesse modalità adottate per la rete regionale, sono state adeguate agli standard di qualità previsti dalla normativa, implementate attraverso la sostituzione della strumentazione obsoleta e l'inserimento di analizzatori di nuovi parametri. La centralina di Tarquinia della rete ex-ENEL non è attualmente attiva.

In Figura 3 è rappresentata la distribuzione spaziale delle centraline nel comprensorio di Civitavecchia.

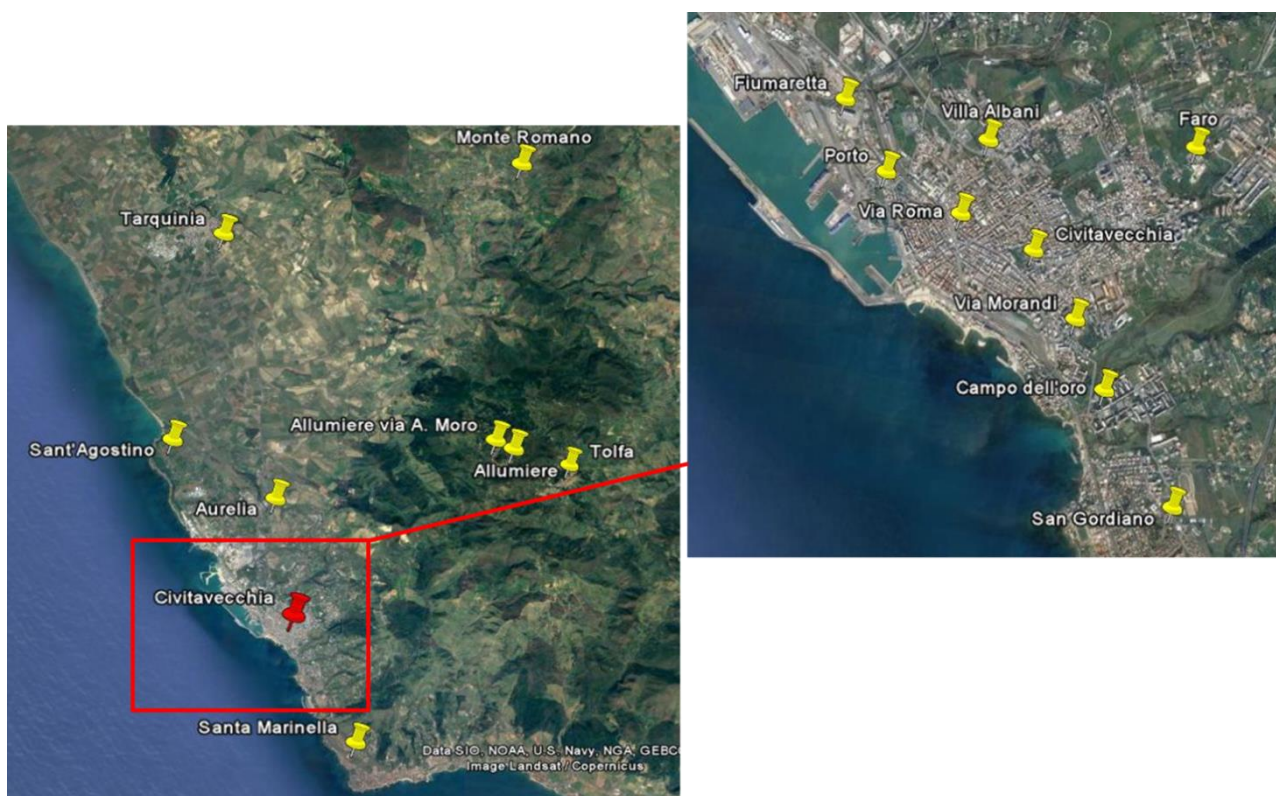


Figura 3 - Stazioni di monitoraggio nel comprensorio di Civitavecchia.

4 MONITORAGGIO

Al fine di approfondire la conoscenza dello stato della qualità dell'aria nel comprensorio di Civitavecchia sono state effettuate 4 campagne di misura stagionali (luglio, settembre, dicembre 2018 e marzo 2019) per la caratterizzazione chimica del particolato atmosferico (PM10 e PM2,5), determinando la concentrazione di alcuni microinquinanti, metalli (normati e non), carbonio elementare ed organico. Le campagne di misura sono state realizzate utilizzando i filtri di particolato (PM10 e PM2,5) in 7 centraline della rete di monitoraggio gestita dall'ARPA Lazio. Cinque centraline fanno parte del comprensorio di Civitavecchia: Allumiere V. Aldo Moro, Campo Oro, Faro, Fiumaretta, Civitavecchia Via Togliatti. Le restanti due centraline sono state scelte come centraline di riferimento: una di background rurale (Leonessa-Rieti) ed una da traffico (Corso Francia-Roma) (Figura 4).



Figura 4 - Mappa delle centraline della rete regionale coinvolte nella campagna di monitoraggio suddetta.

In Tabella 1 vengono elencate le centraline coinvolte nei monitoraggi e la relativa dotazione strumentale.

Tabella 1 - Dotazione strumentale e coordinate geografiche delle 7 centraline coinvolte nella campagna di monitoraggio

CENTRALINE															
COMUNE	PROV.	NOME STAZIONE	NRO STAZ.	LAT.	LON.	S.L.M. (M)	PM10	PM2,5	NO _x	BENZ.	SO ₂	CO	O ₃	IPA	METALLI
CIVITAVECCHIA	RM	CIVITAVECCHIA TOGLIATTI	15	42,091629	11,802466	26	X	-	X	-	X	X	X	X	X
CIVITAVECCHIA	RM	FIUMARETTA*	103	42,102158	11,784358	1	X	X	X	X	X	X	-	X	X
CIVITAVECCHIA	RM	FARO*	104	42,098903	11,817692	174	X	X	X	-	X	-	-	-	-
CIVITAVECCHIA	RM	CAMPO DELL'ORO*	105	42,081825	11,809336	74	X	X	X	-	X	-	-	-	-
ALLUMIERE	RM	ALLUMIERE VIA A. MORO*	107	42,160972	11,900022	467	X	X	X	-	X	-	X	-	-
LEONESSA	RI	LEONESSA	37	42,57259	12,96198	948	X	X	X	-	-	-	X	-	-
ROMA	RM	CORSO FRANCIA	3	41,94744	12,46958	43	X	X	X	X	-	-	-	X	X

* centraline ex-ENEL gestite dall'ARPA Lazio

Il programma di monitoraggio effettuato si è svolto nell'arco di un anno solare per ogni stagione. E' durato per totali 9 giorni di campionamento analizzando gli inquinanti su filtri di PM10 e PM2,5. La dotazione strumentale di Civitavecchia Togliatti non prevede un campionatore gravimetrico PM2,5. E' stato quindi collocato, per l'intero periodo delle campagne, un campionatore PM2,5 dedicato. I filtri di PM10 e PM2,5 sono stati raccolti e le determinazioni degli inquinanti sono state effettuate seguendo il seguente schema:

TIPO DI FILTRO	INQUINANTE	NUMERO DI FILTRI RACCOLTI	NUMERO DI ANALISI
PM2,5	CARBONIO ELEMENTARE ED ORGANICO	156	156
PM10	MICROINQUINANTI ORGANICI (IPA, PCB, PCDD/F, PBDE)	132	33
	METALLI	162	162

5 RISULTATI DELLA CAMPAGNA

Il 2 luglio 2018 l'Agenzia ha avviato l'attività di caratterizzazione chimica del PM10 e PM2,5 in 5 centraline del comprensorio di Civitavecchia (Allumiere V. Aldo Moro, Campo Oro, Faro, Fiumaretta, Civitavecchia Via Togliatti) e 2 centraline di riferimento (Leonessa-Rieti e Corso Francia-Roma).

I periodi di campionamento sono stati i seguenti:

- 1° campionamento: dal 2 al 10 luglio 2018;
- 2° campionamento: dal 3 all'11 settembre 2018;
- 3° campionamento: dal 3 all'11 dicembre 2018;
- 4° campionamento: dal 4 al 12 marzo 2019.

Per ogni periodo di campionamento (9 giorni consecutivi) sono stati raccolti quotidianamente filtri di PM10. Su 5 filtri di PM10 raccolti in giorni consecutivi nelle 7 centraline coinvolte, sono state effettuate analisi per la determinazione chimica dei metalli (normati e non). I restanti 4 filtri di PM10 raccolti, hanno permesso la caratterizzazione del particolato dei microinquinanti organici (IPA, PCB, PCDD/F, PBDE) ottenendo un campione per ciascuna centralina interessata.

La determinazione di carbonio elementare ed organico è stata effettuata su 5 giorni nel medesimo periodo, raccogliendo quotidianamente filtri di PM2,5.

5.1 Risultati del monitoraggio del PM10 giornaliero e sua caratterizzazione chimica

Nella Figura sottostante sono riportati le concentrazioni di PM10 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (campionamento e analisi mediante UNI EN 12341:2014 o metodo equivalente) presso le 7 centraline coinvolte nei 4 periodi di campionamento (indicati nel paragrafo precedente).

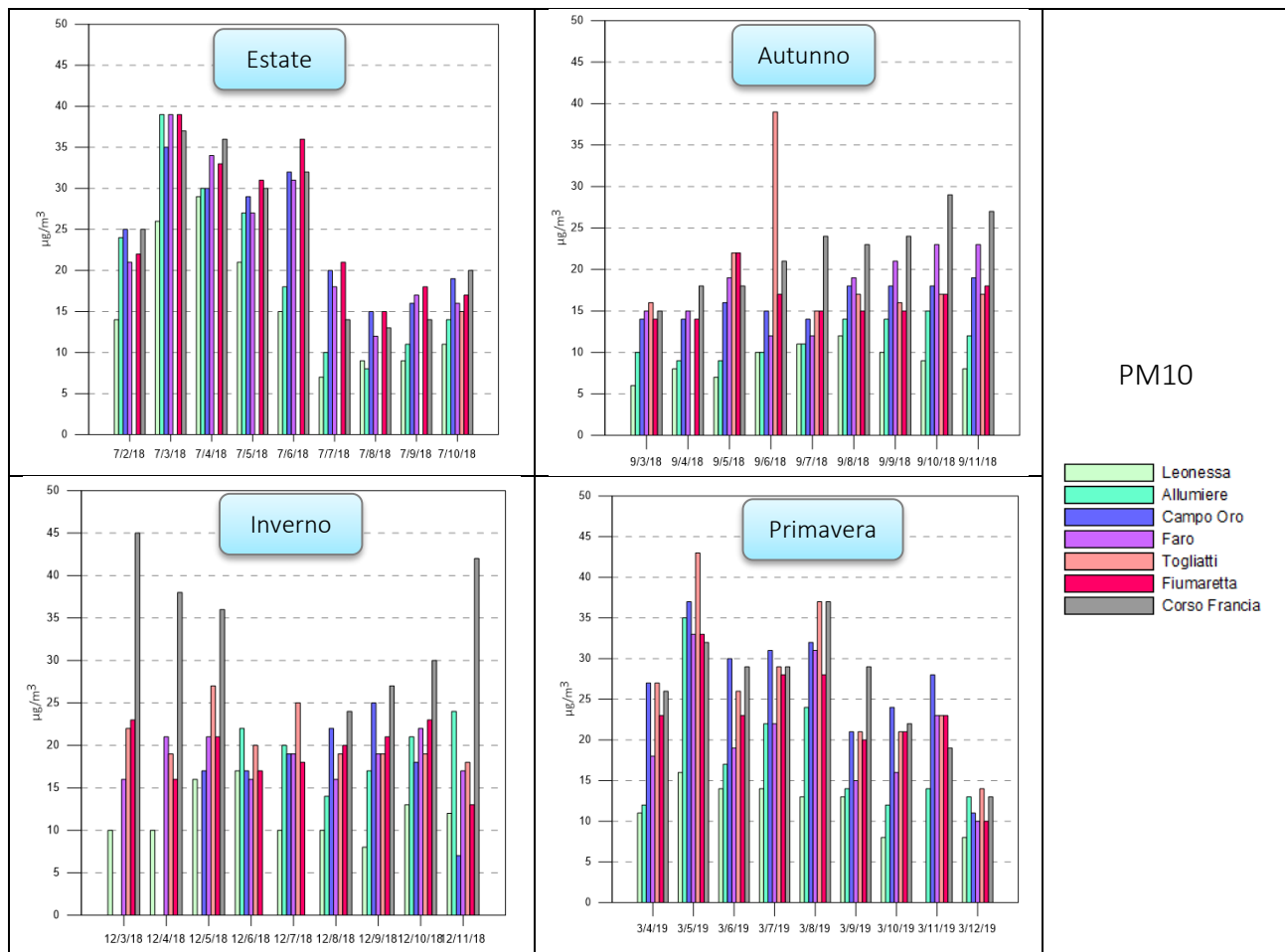


Figura 5 - Valore del particolato atmosferico PM10 nelle 7 stazioni coinvolte nel monitoraggio, durante i 4 periodi di campionamento.

L'andamento del particolato atmosferico nei siti messi a confronto è molto simile e in nessuna centralina si è registrato superamento del valore limite giornaliero di PM10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) definito dal d.lgs. 155/2010. Nel periodo invernale le concentrazioni di PM10 registrate nella centralina di Corso Francia (Comune di Roma) sono quelle più elevate (media del periodo $\sim 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Questo è in linea con l'andamento atteso, considerato che la centralina di Corso Francia è stata scelta come stazione da traffico di riferimento. I dati di Civitavecchia sono dentro l'intervallo dei valori di riferimento (Leonessa come background rurale; e Corso Francia Roma come Background da traffico Urbano).

5.1.1 Determinazione dei metalli (normati e non)

Cinque filtri di PM10 raccolti durante le 4 campagne sono stati utilizzati per determinare la concentrazione di 14 metalli selezionati (Ag, As, Ba, Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Se, Sb, Tl, U, V). La tecnica analitica utilizzata è l'ICP-MS, secondo la normativa europea UNI EN 14902.

I 5 giorni specifici nei diversi periodi di campionamento sono di seguito riportati:

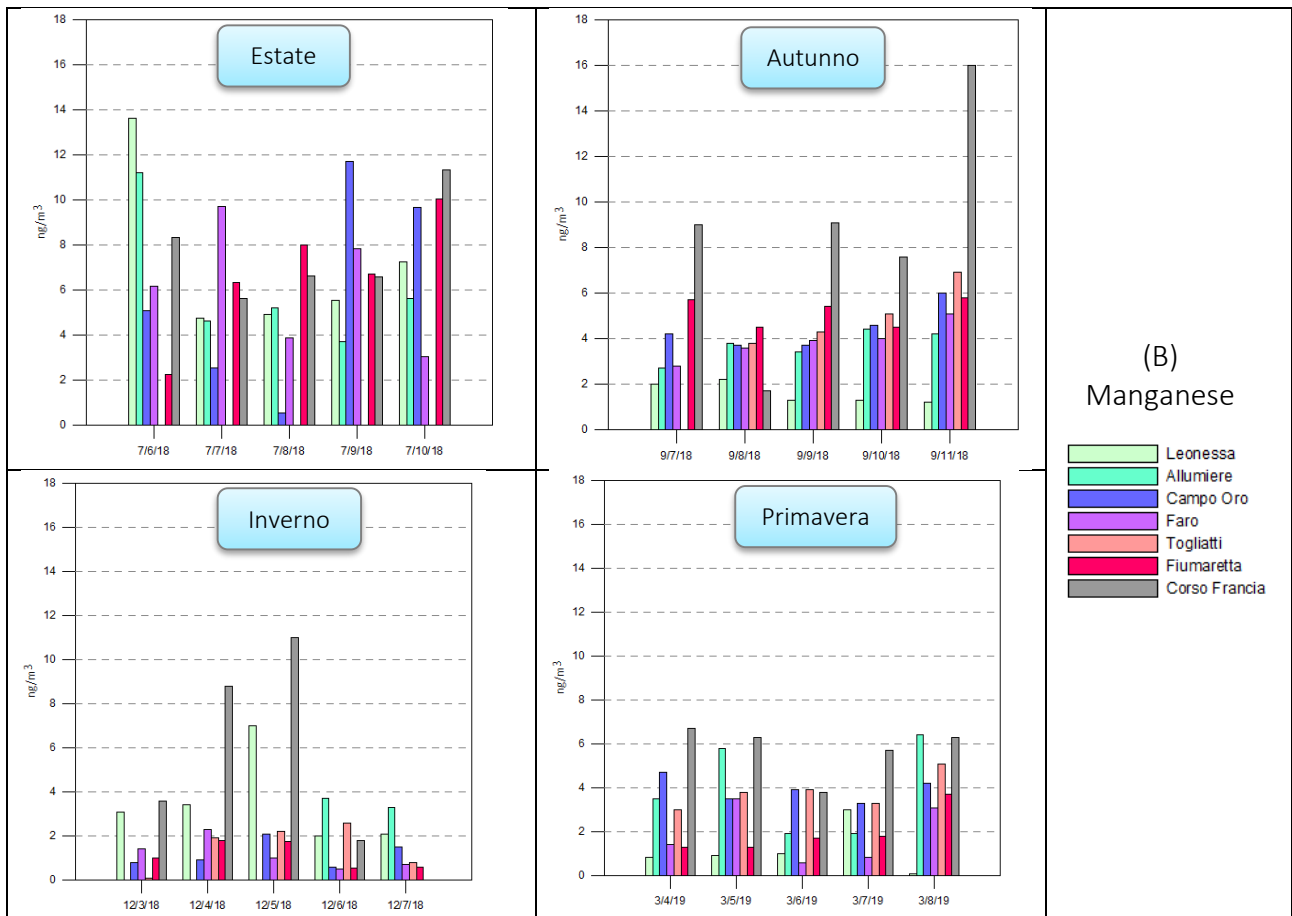
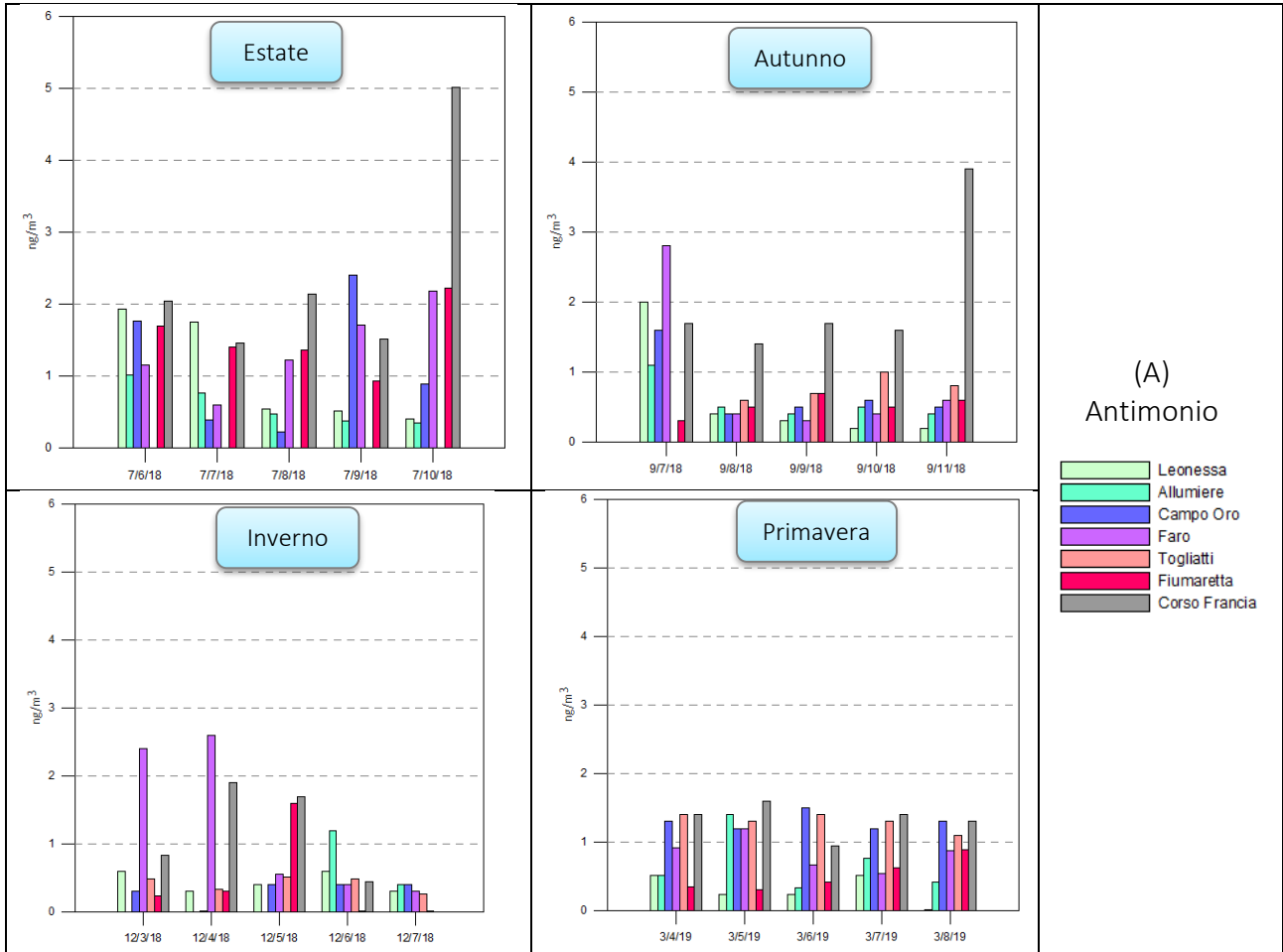
- 1° campionamento: dal 6 al 10 luglio 2018;
- 2° campionamento: dal 7 all'11 settembre 2018;
- 3° campionamento: dal 3 all'7 dicembre 2018;
- 4° campionamento: dal 4 al 8 marzo 2019.

Il d.lgs. 155/2010 prevede un limite normativo espresso come media annuale solamente per 4 metalli (Nichel, Cadmio, Arsenico, Piombo). I valori obiettivo di Arsenico, Cadmio e Nichel indicati nella norma vigente sono rispettivamente 6 ng/m³, 5 ng/m³ e 20 ng/m³. Mentre per il Piombo il valore limite è di 0,5 µg/m³, come media su un anno civile.

Di seguito sono riportati gli andamenti stagionali di alcuni dei metalli (sono stati presi in considerazione solo i metalli con un andamento temporale e con valori superiori al detection limit):

Antimonio, Manganese, Nichel, Piombo, Rame, Bario e Vanadio.

Generalmente, l'emissione indiretta da traffico dovuta al risollevarimento di particelle provocato dall'usura di gomme e freni è individuata da alcuni metalli pesanti, nello specifico antimonio, manganese e rame (Hjortenkrans, Bergback, & Haggerud, 2007). Mentre vanadio e nichel sono metalli caratteristici delle emissioni navali, poiché i combustibili che ne sono utilizzati ne sono ricchi (Moldanovà, et al., 2009). Di seguito gli andamenti rilevati in ciascuna centralina durante i 4 periodi di campionamento.



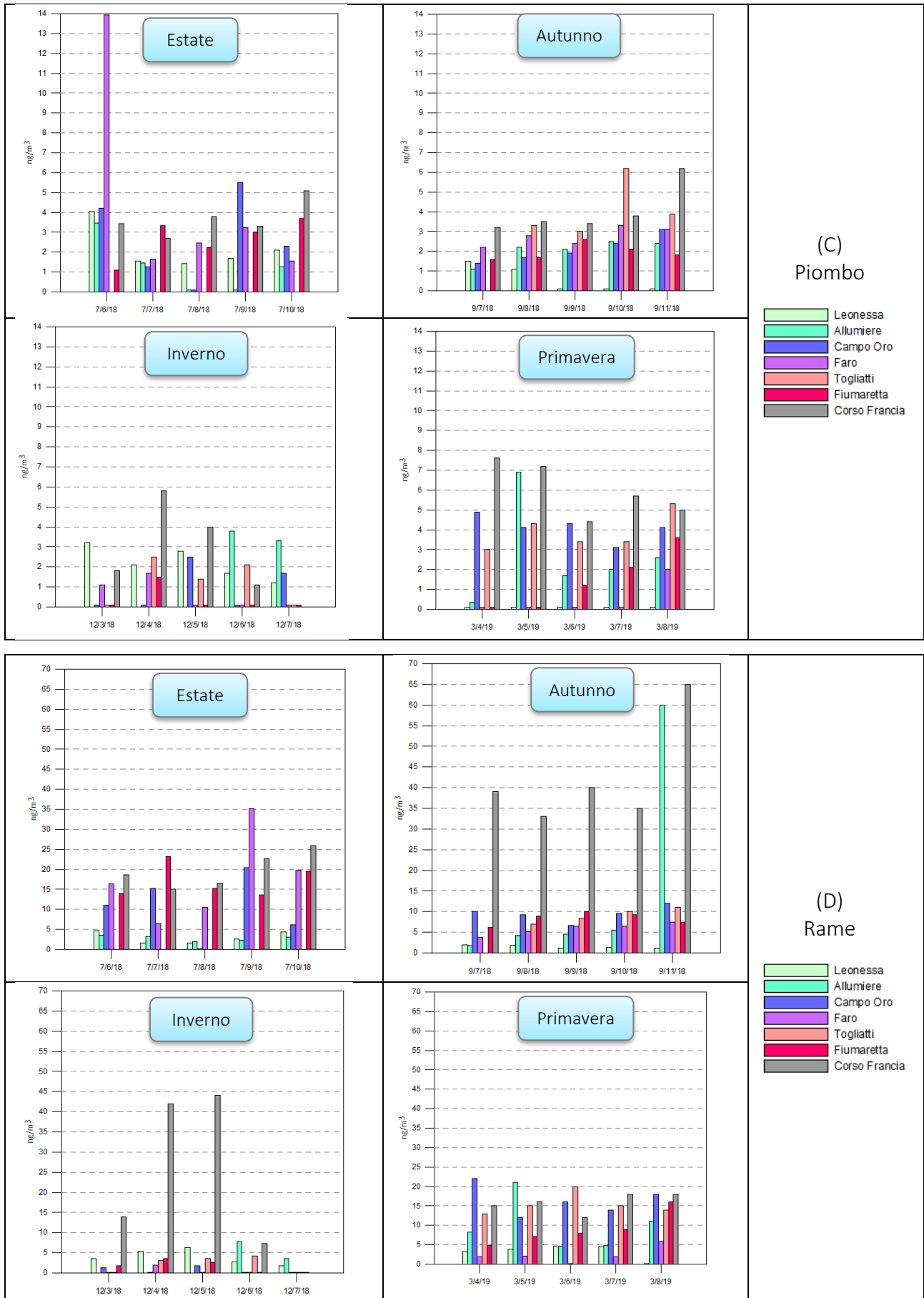


Figura 6 - Valori delle concentrazioni di Antimonio (A), Manganese (B), Piombo (C) e Rame (D) ottenute nella campagna di monitoraggio.

Per quanto riguarda l'andamento del **rame** (Figura 6-D), la concentrazione registrata nella centralina di Corso Francia durante l'intera campagna ha un andamento differente rispetto alle concentrazioni registrate nelle altre centraline di tipo urbano del comune di Civitavecchia (Campo Oro, Fiumaretta, Togliatti, Faro). La concentrazione autunnale/invernale a Corso Francia è superiore (il doppio) rispetto al periodo primaverile/estivo. Nello specifico la media dei due periodi temporali sono rispettivamente 35 ng/m^3 e 18 ng/m^3 .

Per le centraline di tipo urbano invece si rileva una media più alta nel periodo primaverile/estivo (13 ng/m^3). La concentrazione del rame è quasi nulla nel periodo autunnale/invernale (5 ng/m^3).

L'**antimonio** (Figura 6-A) ha una distribuzione stagionale piuttosto omogenea in tutte le centraline. I valori oscillano tra $0,5 \text{ ng/m}^3$ e 5 ng/m^3 (unico evento registrato a Corso Francia il 10 luglio 2018). La media delle concentrazioni è leggermente maggiore nei mesi primaverili/estivi.

Questo trend può essere associato anche all'andamento del **manganese** (Figura 6-B). Nel periodo estivo le concentrazioni sono il doppio e/o il triplo su tutte le centraline.

Le concentrazioni registrate per il **piombo** (Figura 6-C) variano tra $1,1 \text{ ng/m}^3$ e $7,6 \text{ ng/m}^3$. Unico evento che si distingue, pari a $13,9 \text{ ng/m}^3$, è relativo alla giornata del 06 luglio 2018 registrato nella centralina di Faro.

Nella Figura 7 sono riportati gli andamenti di **bario**, **vanadio** e **nicel**. Questi metalli hanno l'andamento pressoché simile: si riscontrano concentrazioni più basse in inverno (dicembre) e primavera (marzo). Mentre durante il periodo primaverile/estivo le concentrazioni in media si triplicano. Come già accennato, il vanadio ed il nichel sono caratteristici delle emissioni navali. Questo è confermato dai risultati della caratterizzazione dei campioni raccolti nella centralina di Fiumaretta, la centralina più vicina al porto di Civitavecchia (dista 500 mt dal varco sud del porto di Civitavecchia). Evidenza che si riscontra soprattutto nei mesi di luglio e settembre, periodo durante il quale il traffico

navale nel porto di Civitavecchia raggiunge il suo massimo picco (Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno centro-settentrionale - POT2018 - 2020).



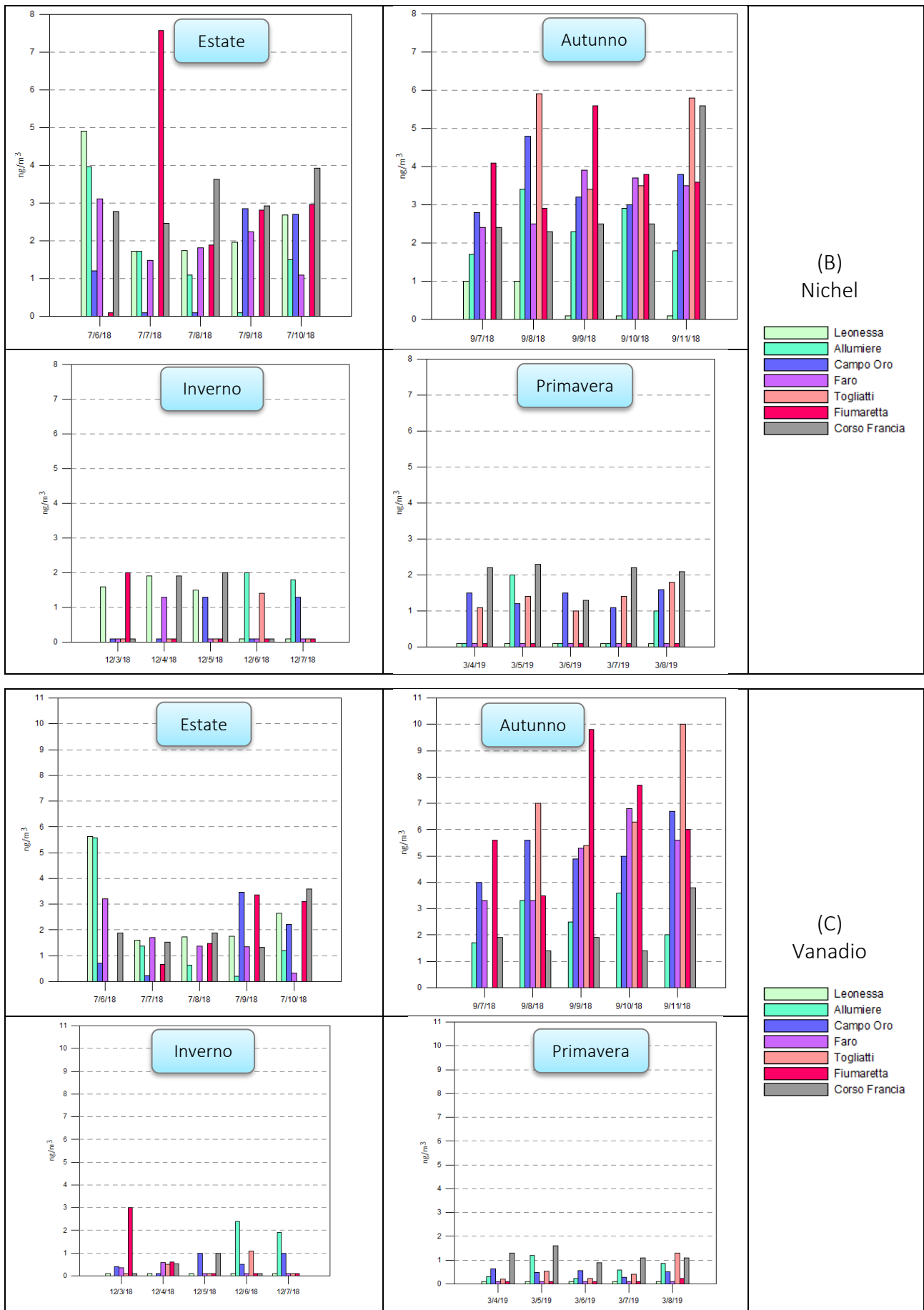


Figura 7 - Valori delle concentrazioni di Bario (A), Nichel (B) e Vanadio (D) ottenute nella campagna di monitoraggio.

5.1.2 Determinazione dei microinquinanti organici

In queste campagne sono stati determinati IPA, PCDD/F, PCB e PBDE dopo aver raccolto 4 filtri di PM10 della prima settimana del mese in cui è stato effettuato il monitoraggio (da luglio 2018 a marzo 2019) e in Tabella 2 sono riportati i risultati delle analisi.

Tabella 2 - Risultati delle analisi dei microinquinanti organici sui filtri PM10 durante i 4 periodi di campionamento nelle 7 centraline coinvolte nella campagna.

IPA Totali	U.d.M.	02-05/07/18	03-06/09/18	08-11/12/18	09-12/03/19
Leonessa	ng/m ³	1,64	1,40	20,25	0,48
Allumiere	ng/m ³	0,57	1,18	26,60*	2,59
Campo Oro	ng/m ³	1,10	2,22	5,05	0,83
Faro	ng/m ³	1,14	2,13	4,74	0,98
Togliatti	ng/m ³	1,35	2,56	6,72	0,91
Fiumaretta	ng/m ³	1,17	1,98	6,73	0,91
Corso Francia	ng/m ³	4,02	2,29	-	2,83
Benzo(a)Pirene	U.d.M.	02-05/07/18	03-06/09/18	08-11/12/18	09-12/03/19
Leonessa	ng/m ³	0,12	0,08	1,31	0,01
Allumiere	ng/m ³	0,04	0,06	2,02*	0,29
Campo Oro	ng/m ³	0,05	0,15	<0,01	0,04
Faro	ng/m ³	0,06	0,15	<0,01	0,06
Togliatti	ng/m ³	0,08	0,17	0,35	0,09
Fiumaretta	ng/m ³	0,06	0,12	0,17	0,05
Corso Francia	ng/m ³	0,32	0,10	-	0,18
PCDD/F TEQ	U.d.M.	02-05/07/18	03-06/09/18	08-11/12/18	09-12/03/19
Leonessa	fg/m ³	2,3	2,3	16,7	5,9
Allumiere	fg/m ³	2,8	1,7	31,0*	8,7
Campo Oro	fg/m ³	3,4	6,5	5,4	7,6
Faro	fg/m ³	1,4	8,0	5,9	10,5
Togliatti	fg/m ³	3,6	6,6	9,8	10,0
Fiumaretta	fg/m ³	2,8	7,3	6,1	6,4
Corso Francia	fg/m ³	2,7	8,9	-	10,7
PCB Totali	U.d.M.	02-05/07/18	03-06/09/18	08-11/12/18	09-12/03/19
Leonessa	pg/m ³	0,1	2,2	14,6	22,7
Allumiere	pg/m ³	1,3	1,5	24,7*	29,5
Campo Oro	pg/m ³	19,0	1,0	28,5	33,7
Faro	pg/m ³	1,1	6,5	20,2	17,9
Togliatti	pg/m ³	1,1	2,1	23,1	33,1
Fiumaretta	pg/m ³	36,0	1,1	34,7	21,9
Corso Francia	pg/m ³	1,1	7,8	-	18,5
PBDE	U.d.M.	02-05/07/18	03-06/09/18	08-11/12/18	09-12/03/19
Leonessa	pg/m ³	0,79	1,98	<0,10	0,60
Allumiere	pg/m ³	0,61	1,40	<0,10*	0,20
Campo Oro	pg/m ³	1,66	6,40	1,60	0,80
Faro	pg/m ³	7,35	3,73	0,70	1,00
Togliatti	pg/m ³	2,77	3,22	0,80	0,80
Fiumaretta	pg/m ³	2,48	4,63	1,90	0,70
Corso Francia	pg/m ³	<0,10	5,17	-	0,60

*campionamento effettuato dal 11 al 14 dicembre 2018.

Gli **IPA** sono composti che hanno sia un'origine antropica che naturale; tuttavia si può affermare che il contributo maggiore sia determinato da attività umane. Si possono suddividere in due categorie:

- IPA *pirogenici*, generati nei processi di combustione ad elevate temperature, le cui fonti di emissione sono il traffico autoveicolare, le produzioni industriali (carbon coke, nero fumo alluminio), il riscaldamento domestico e la produzione di energia elettrica.
- IPA *petrogenici*, presenti nel petrolio e nei suoi derivati ed emessi dalle movimentazioni di combustibili fossili (sversamenti accidentali di petrolio, attività portuali).

Nella Figura 8 vengono riportati gli andamenti degli IPA totali per ogni campagna e per ciascuna stazione coinvolta. Tra gli IPA la normativa (d.lgs. 155/2010) prevede un limite per il solo Benzo(a)pirene (1 ng/m³ come media annua), come indicatore dell'andamento di tutta la classe.

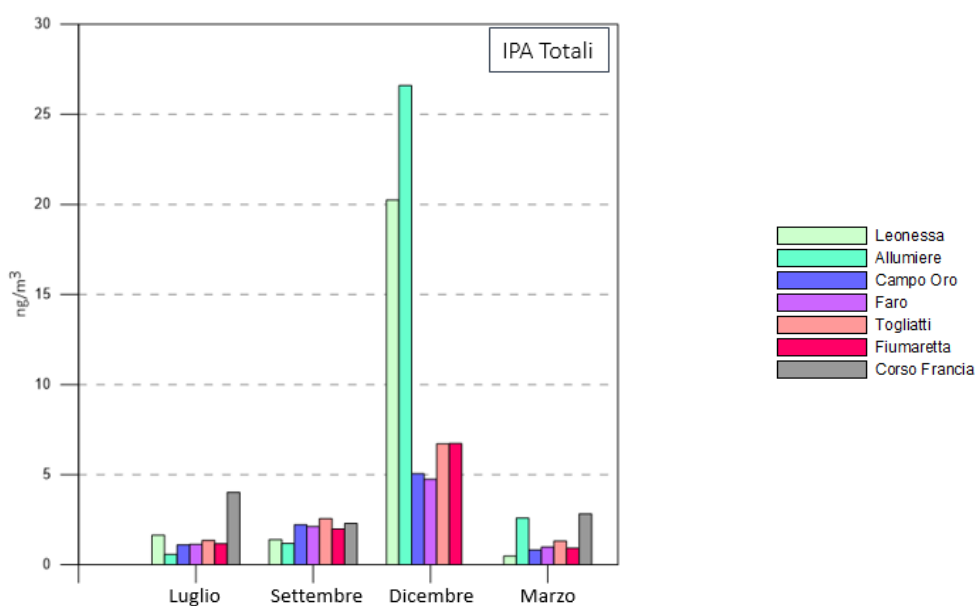


Figura 8 - Risultati delle analisi di IPA totali sui filtri di PM10.

Dai grafici emerge chiaramente come la presenza di IPA nel particolato sia rilevante nei mesi più freddi dell'anno, a causa, non solo della scarsa capacità dispersiva dell'atmosfera e dei frequenti fenomeni di accumulo degli inquinanti che si verificano in tali periodi, ma soprattutto dal contributo delle emissioni delle combustioni domestiche.

Nella Figura 9 sono riportati i 12 cogeneri di IPA indagati singolarmente.

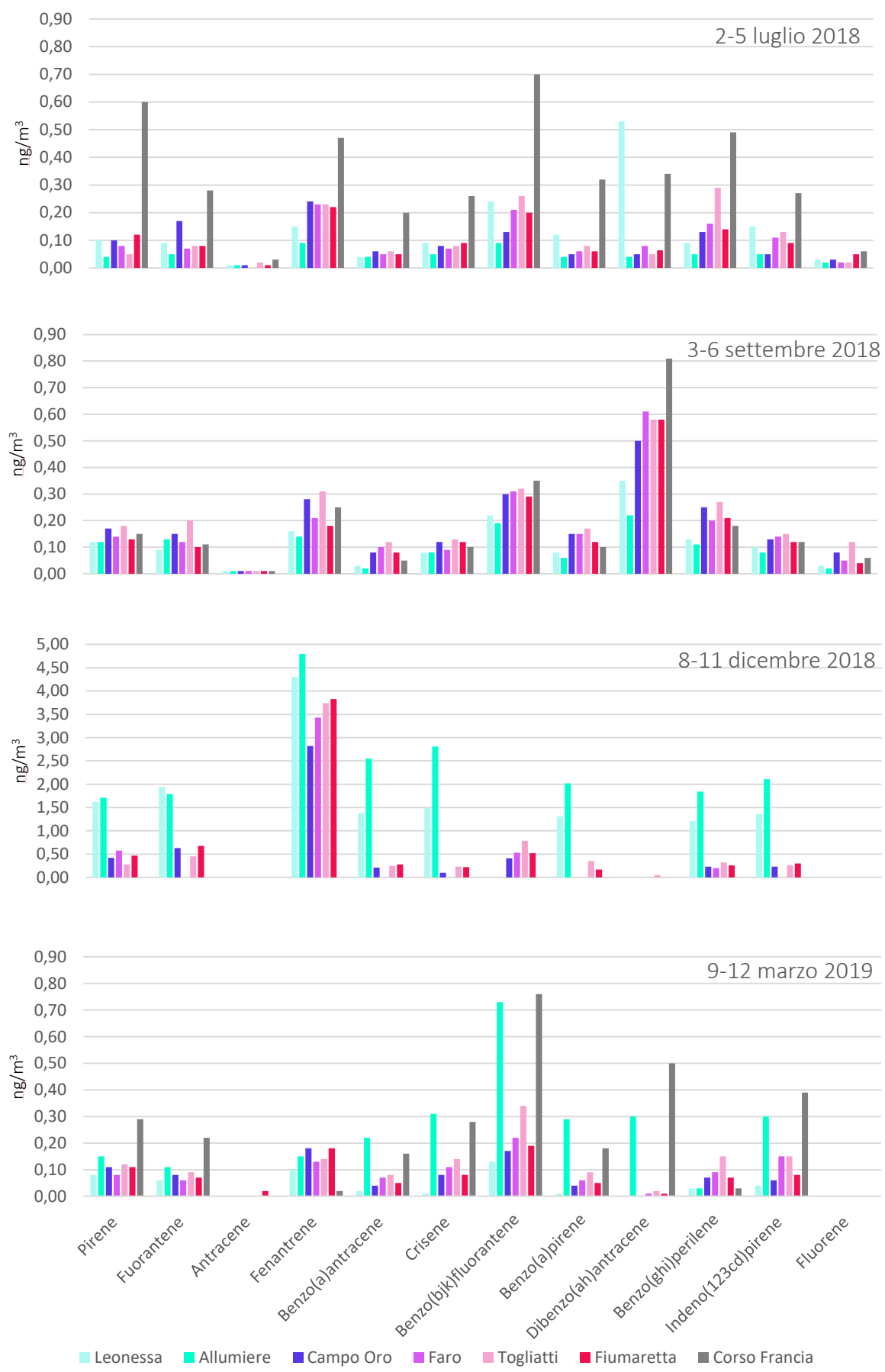


Figura 9 - Risultati delle analisi dei 12 cogeneri di IPA determinati sui filtri di PM10.

La determinazione analitica delle **diossine e furani** (PCDD/F) è stata effettuata indagando 29 composti utilizzati per il calcolo della tossicità equivalente del sistema WHO-TEQ 2005 (Van den Berg et al., 2006), comprendente 12 PCB-DL, 7 diossine e 10 furani.

In termini normativi, le concentrazioni (esprese come tossicità in termini di equivalente-TEQ) in ambiente urbano di PCDD e PCDF sono stimate a circa 100 fg/m^3 (dati OMS) anche se con elevata variabilità di zona. Concentrazioni in aria di 300 fg/m^3 o superiori sono indicative della presenza di fonti di emissione locale che devono essere identificate e controllate (WHO, 2000).

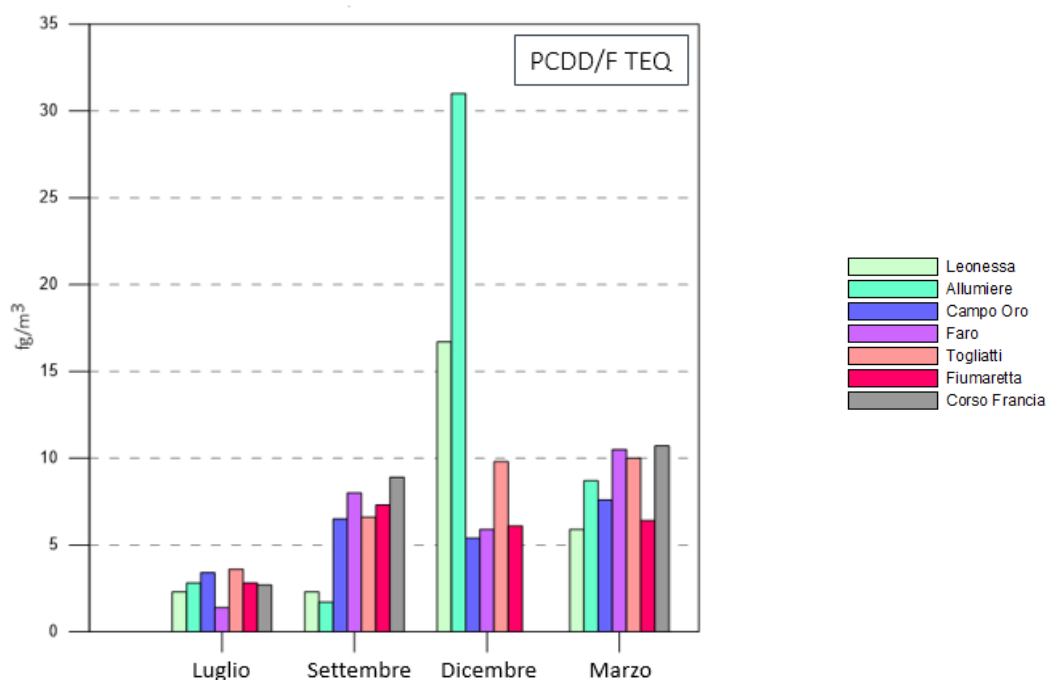


Figura 10 - Risultati delle analisi di diossine e furani sui filtri di PM10.

I dati (Figura 10) raccolti mostrano una evidente differenza di concentrazioni tra le campagne effettuate nel mese invernale (dicembre) e quella condotta nel mese estivo (luglio). In nessun campione analizzato vengono superati i valori di riferimento dell'OMS (per le diossine e furani $100\text{-}300 \text{ fg TEQ/m}^3$).

In particolare le concentrazioni di questi microinquinanti raggiungono i massimi durante i mesi freddi (fino a dieci volte superiore al periodo estivo) mentre in estate le concentrazioni scendono a valori minimi, nell'ordine di qualche unità di fg/m^3 .

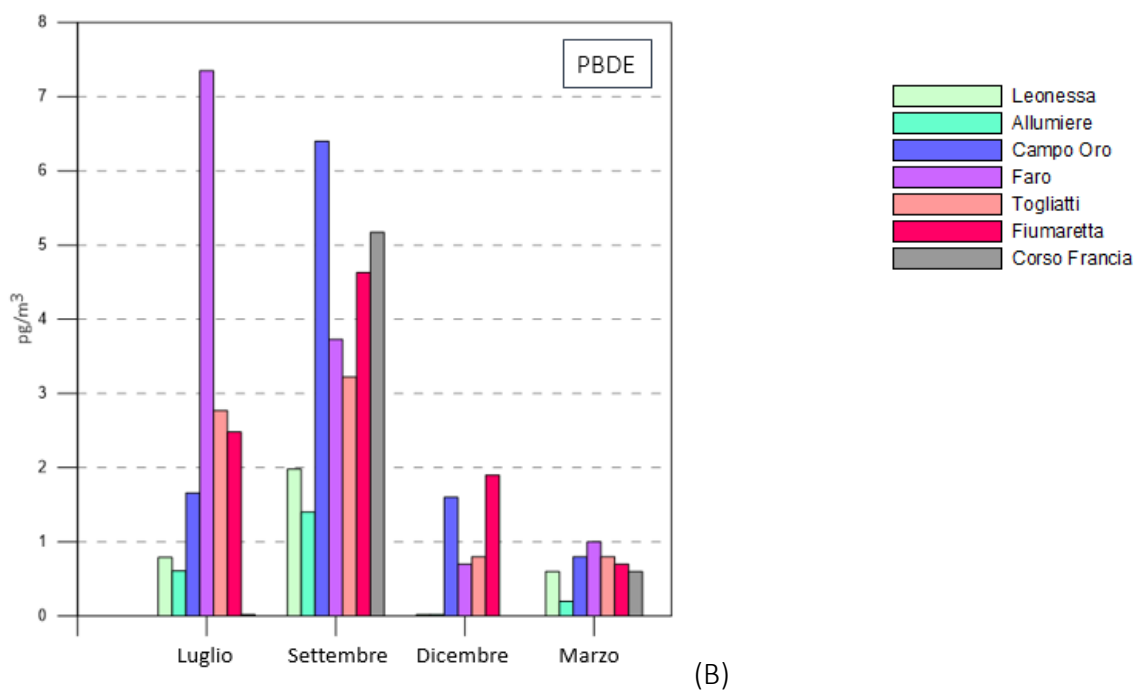
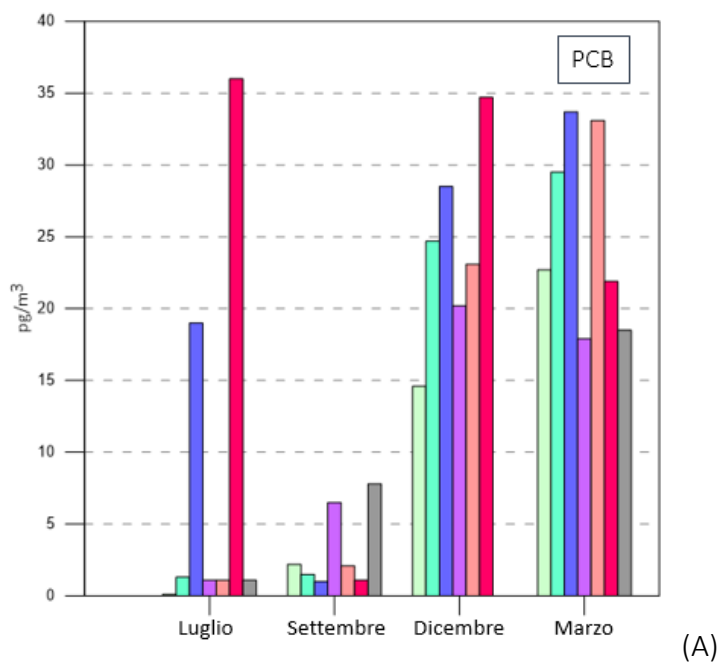


Figura 11 - Risultati delle analisi di PCB totali (A) e PBDE (B) sui filtri di PM10.

I **policlorobifenili** (PCB) sono una serie di 209 composti aromatici costituiti da molecole di bifenile variamente clorate. Solo 12 dei 209 congeneri di PCB presentano caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche paragonabili alle diossine e ai furani: questi vengono definiti PCB diossina simili (PCBDL). Altri undici PCB non diossina simili, interessanti a livello sanitario e ambientale, completano il quadro dei PCB ricercati prevalentemente nelle matrici ambientali.

Le concentrazioni determinate nei campioni esaminati (vedi Figura 11-A)) sono maggiori per tutte le stazioni nelle stagioni più fredde (dicembre/marzo). Per le stazioni di Fiumaretta e Campo Oro, le concentrazioni sono pressoché simili tutto l'anno, ad eccezione del mese di settembre.

I **polibromodifenileteri** (PBDE) sono sostanze chimiche di produzione industriale usate per vari scopi commerciali, principalmente come ritardanti di fiamma.

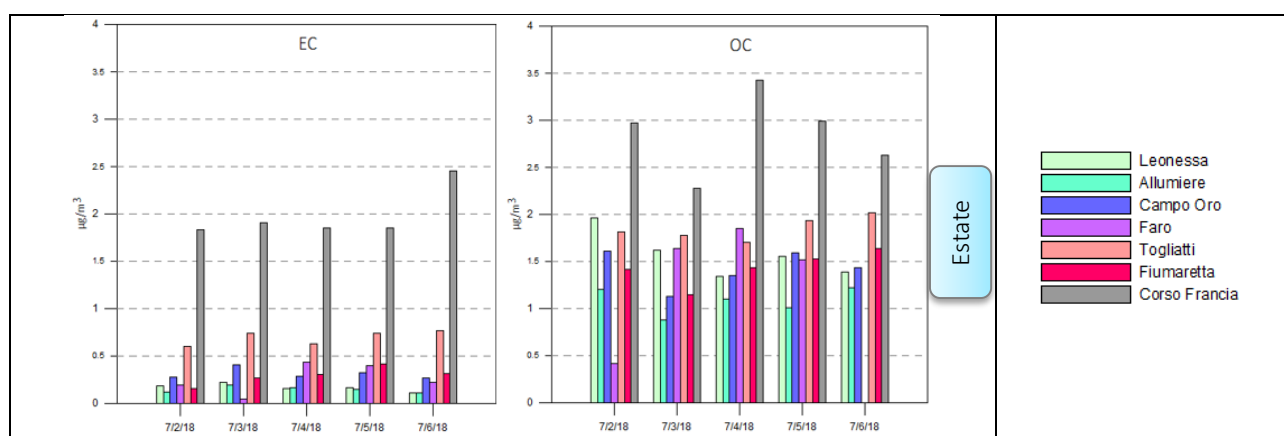
I dati trovati sono di poche unità di pg/m^3 per l'intera campagna (Figura 11-B).

5.2 Risultati della determinazione di EC, OC su filtri PM_{2,5}

Sono stati raccolti nelle 7 centraline coinvolte i filtri di PM_{2,5} (5 giorni consecutivi) per ogni stagione di monitoraggio. Sono stati così analizzati determinando la quantità di carbonio elementare (EC) ed organico (OC), attraverso l'utilizzo di un analizzatore termo-ottico SUNSET.

Viene riportato il periodo di campionamento specifico per ogni stagione:

- 1° campionamento: dal 2 al 6 luglio 2018;
- 2° campionamento: dal 3 all'7 settembre 2018;
- 3° campionamento: dal 5 all'9 dicembre 2018;
- 4° campionamento: dal 6 al 10 marzo 2019.



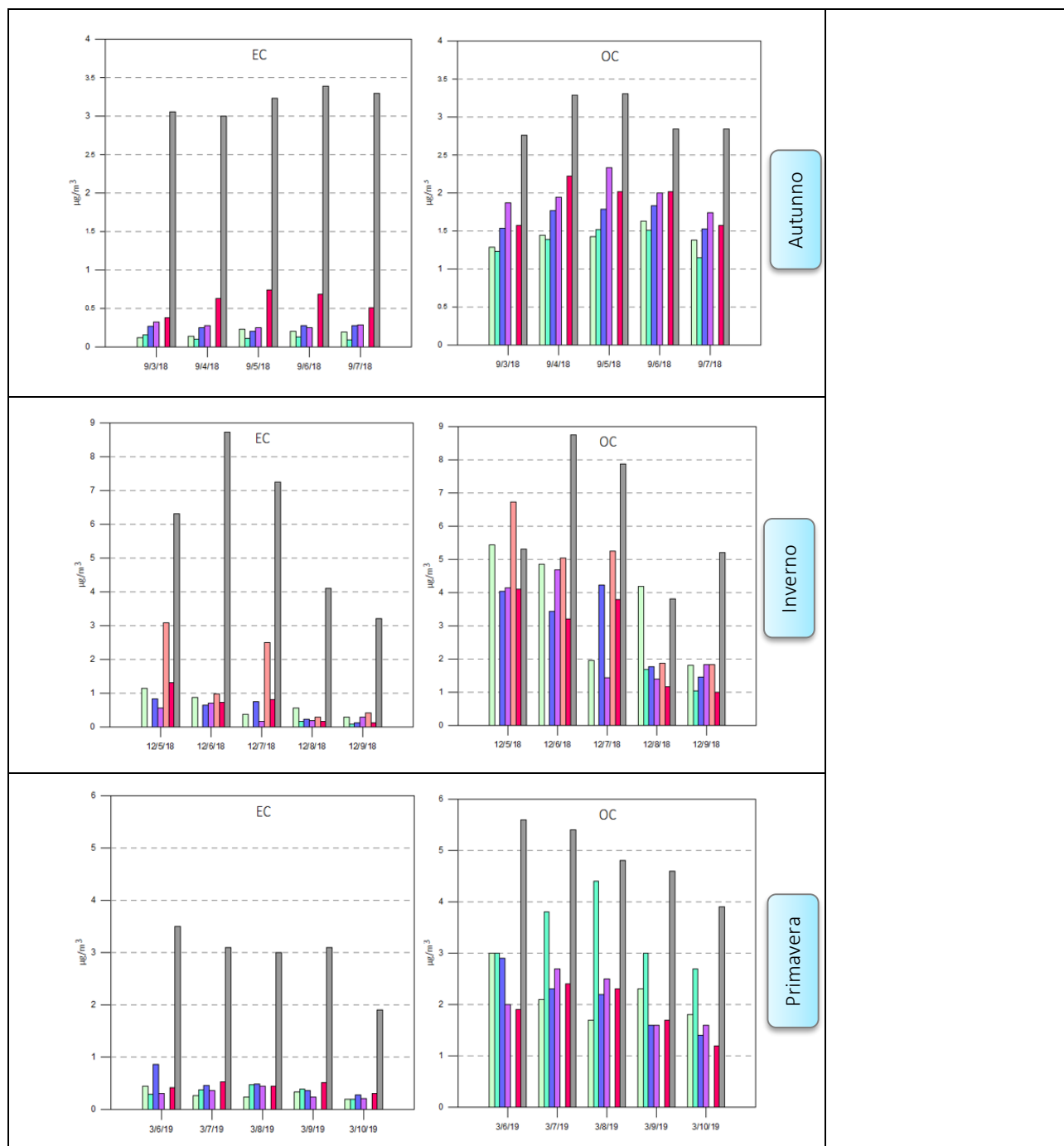


Figura 12 – Valori di EC ed OC dei campioni raccolti durante la campagna di monitoraggio.

Il carbonio organico è costituito da una miscela di idrocarburi e da composti ossigenati, quali, ad esempio, gli IPA e le diossine.

Dagli istogrammi riportati (Figura 12) si deduce che la concentrazione media delle giornate di dicembre, sia per OC che per EC, sono superiori rispetto agli altri tre periodi di campionamento. Gli andamenti temporali sono pressoché simili nelle stazioni coinvolte nel monitoraggio, ad esclusione

della centralina di Corso Francia. La frazione carboniosa del particolato atmosferico deriva prevalentemente dalla combustione dei carburanti fossili utilizzati e le concentrazioni più elevate (sia di EC ed OC) riscontrate sono state nella stazione da traffico di Corso Francia. Questo evidenzia che la principale sorgente è costituita dal traffico veicolare.

Ciò è confermato anche dal rapporto CO/CE. Il rapporto CO/CE varia a seconda delle zone; in area urbana presenta valori molto bassi (Didyk, Simoneit, Pezoa, Riveros, & Flores, 2000) mentre nelle zone rurali questi rapporti tendono ad aumentare. Per Corso Francia il rapporto OC/EC medio stagionale registrato è compreso tra 0,9 (settembre 2018) ed 1,7 (marzo 2019). Il rapporto OC/EC medio stagionale più alto (paria a 11,9) si è registrato ad Allumiere nel mese dicembre.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Hjortenkrans, D., Bergback, B., & Haggerud, A. (2007). Metal Emissions from Brake Linings and Tires: Case Studies of Stockholm, Sweden 1995/1998 and 2005. *Environmental Science & Technology*, 41(15), p. 5224-5230.
- Ambientale, O. A.-D. (2010). *Rapporto 2010*. Regione Lazio.
- ARPA Liguria. (2008). *Monitoraggio "sperimentale" effettuato con campionatore ad alto volume*.
- ARPA Puglia. (2013). *Relazione sui dati della qualità dell'aria - Taranto*.
- ARPAE ER. (2015). *Campagna di rilevamento della qualità dell'aria Castelnovo ne Monti. Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno centro-settentrionale - POT2018 - 2020*. (s.d.).
- CNR- F. Costabile, G. Gobbi. (2016). *Campagna di rilevamento della qualità dell'aria Civitavecchia*.
- Didyk, B., Simoneit, B., Pezoa, A., Riveros, L., & Flores, A. (2000). Urban aerosol of Santiago, Chile: organic content and molecular characterization. *Atmospheric Environment*, 34, p. 1167-1179.
- European Environment Agency. (2018). *Air Quality in Europe*.
- Freudenberg Filtration Technologies. (s.d.). *Polveri Sottili*. Tratto il giorno Gennaio 2019 da Freudenberg Innovation Together: <https://micronairblue.com/it/polveri-sottili>
- ISPRA. (2009). *Qualità dell'ambiente urbano - VI Rapporto annuale*.
- ISS. (2010). Andamento delle concentrazioni di materiale particolato, limiti normativi e standard di qualità dell'aria. *Nuovi Limiti per il Materiale Particellare Sospeso: Problematiche e Prospettive*.
- Majewski G. et al. (2018). Concentration, Chemical Composition and Origin of PM1: Results from the First Long-term Measurement Campaign in Warsaw (Poland). *Aerosol and Air Quality Research*(18), 636–654.
- Moldanovà, J., Fridell, E., Popovicheva, O., Demirdjian, B., Tishkova, V., Faccinnetto, A., & Focsa, C. (2009). Characterization of particulate matter and gaseous emissions from a large ship diesel engine. *Atmospheric Environment*, 43(16), p. 2632-2641.
- Osservatorio Ambientale. (2011). *Centrale Termoelettrica ENEL Civitavecchia Torrevaldaliga Nord - Rapporto 2010*.
- Regione ER. (2017). *Piano Aria Integrato Regionale 2020 - Quadro conoscitivo*.
- WHO. (2000). *Air quality guidelines for Europe*.