



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

AGENTZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA

ARPAS

Direzione Area Tecnico-Scientifica
Servizio Controlli, Monitoraggi e Valutazione Ambientale
Linea di Attività Monitoraggio Qualità dell'Aria

Tavolo Tecnico Fluorsid
Piano di monitoraggio straordinario matrici ambientali area vasta
Campagna di monitoraggio sulla qualità dell'aria nei Comuni di Assemini ed Elmas
Anno 2021

Settembre 2022

INDICE

| | | |
|----|--|----|
| 1. | PREMESSA | 1 |
| 2. | NORMATIVA..... | 2 |
| 3. | CAMPAGNA DI MONITORAGGIO NEL COMUNE DI ELMAS..... | 3 |
| 4. | CAMPAGNA DI MONITORAGGIO NEL COMUNE DI ASSEMINI..... | 7 |
| 5. | CARATTERIZZAZIONE DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO..... | 11 |
| 6. | CONCLUSIONI | 14 |



AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA - ARPAS

Direzione Area Tecnico Scientifica

Servizio Controlli, Monitoraggi e Valutazione Ambientale

Gruppo di Lavoro:

Direttori del Servizio: Mauro Iacuzzi

Responsabile di Procedimento della Rete della Qualità dell'Aria: Alessandro Serci

Collaboratori: Viviana Sirigu



1. PREMESSA

La presente relazione ha l'obiettivo di illustrare le valutazioni e i risultati delle attività straordinarie di campionamento della qualità dell'aria eseguite nel territorio circostante l'area industriale di Macchiareddu, nel periodo annuale 2021, sulla base dei dati provenienti dalle Unità Mobili e dalla Rete di monitoraggio regionale, gestita dall'ARPAS, nel rispetto del D.Lgs. 155/2010.

Tale attività straordinaria nasce dalle richieste espresse durante i lavori del Tavolo Tecnico Fluorsid, istituito dalla Presidenza della Regione e dagli Assessorati della Difesa dell'Ambiente e dell'Igiene e sanità e assistenza sociale, che ha cominciato a operare in data 24/05/2017.

Il Tavolo Tecnico è stato costituito in seguito agli eventi messi in luce dalle indagini della Magistratura sull'attività della Fluorsid S.p.A., delle richieste del Sindaco dell'area Metropolitana di Cagliari e dei Sindaci dei Comuni interessati, nel quale l'ARPAS è stata incaricata di svolgere un'attività straordinaria di monitoraggio nel territorio circostante i siti di pertinenza dello stabilimento della Fluorsid, al fine di verificare la presenza di eventuali contaminazioni nelle diverse matrici ambientali.

Pertanto, in base al piano "Tavolo Tecnico Fluorsid - Piano di monitoraggio straordinario matrici ambientali - Relazione finale" del 29/06/2017, l'ARPAS ha programmato ed eseguito per competenza le attività di monitoraggio, in relazione alle matrici ambientali acque, sedimenti e aria.

In particolare per il monitoraggio della qualità dell'aria è stata potenziata la Rete regionale, nella parte di territorio interessato dall'indagine straordinaria, con il posizionamento delle due Unità Mobili nelle aree urbane dei comuni di Elmas e di Assemini. L'indagine è iniziata con alcuni monitoraggi preliminari eseguiti nel secondo semestre del 2017, e che si sono estesi significativamente con copertura annuale nei tre anni successivi.

A settembre 2021, l'ARPAS ha pubblicato il rapporto triennale dal titolo: "Tavolo Tecnico Fluorsid – Campagna di monitoraggio sulla qualità dell'aria nei Comuni di Assemini ed Elmas - Periodo 2018 – 2019 - 2020", disponibile nel sito internet della stessa Agenzia, al seguente link: <https://www.sardegnaambiente.it/index.php?xsl=612&s=427903&v=2&c=4581&idsito=21>.

2. NORMATIVA

Le valutazioni che seguono tengono conto del D.Lgs. 155/2010, con applicazione dei limiti e le soglie di legge per il controllo dei dati di qualità dell'aria riassunti nella tabella sotto riportata. I limiti si riferiscono agli inquinanti benzene, ossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO₂), ozono (O₃), materiale particolato (PM10 e PM2,5), biossido di zolfo (SO₂), piombo (Pb), arsenico (As), cadmio (Cd) e nichel (Ni). Per ognuno è indicato il parametro statistico utilizzato e la tipologia di limite.

| Inquinante | Parametro | Valore | Riferimento |
|-----------------------|---|------------------------|---|
| Benzene | Media annuale | 5 µg/m ³ | Valore limite per la protezione della salute umana |
| CO | Massima media mobile giornaliera di 8 ore | 10 mg/m ³ | Valore limite per la protezione della salute umana |
| NO₂ | Media oraria | 200 µg/m ³ | Valore limite per la protezione della salute umana da non superare più di 18 volte per anno civile |
| | Media oraria | 400 µg/m ³ | Soglia di allarme da non superare per più di due ore consecutive |
| | Media annua | 40 µg/m ³ | Valore limite per la protezione della salute umana |
| Ozono | Media oraria | 180 µg/m ³ | Soglia di informazione |
| | Media oraria | 240 µg/m ³ | Soglia di allarme da non superare per più di due ore consecutive |
| | Massima media mobile giornaliera di 8 ore | 120 µg/m ³ | Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana |
| PM10 | Media giornaliera | 50 µg/m ³ | Valore limite per la protezione della salute umana da non superare più di 35 volte per anno civile |
| | Media annua | 40 µg/m ³ | Valore limite per la protezione della salute umana |
| PM2,5 | Media annua | 25 µg/m ³ | Valore limite per la protezione della salute umana |
| SO₂ | Media oraria | 350 µg/m ³ | Valore limite per la protezione della salute umana da non superare più di 24 volte per anno civile. |
| | Media oraria | 500 µg/m ³ | Soglia di allarme da non superare per più di due ore consecutive |
| | Media giornaliera | 125 µg/m ³ | Valore limite per la protezione della salute umana da non superare più di 3 volte per anno civile |
| Pb | Media annuale | 0,5 µg/m ³ | Valore limite per la protezione della salute umana |
| As | Media annuale | 6,0 ng/m ³ | Valore obiettivo annuale |
| Cd | Media annuale | 5,0 ng/m ³ | Valore obiettivo annuale |
| Ni | Media annuale | 20,0 ng/m ³ | Valore obiettivo annuale |

Tabella 1 – Limiti di legge

La valutazione della qualità dell'aria è stata effettuata, tenuto conto della zonizzazione del territorio in materia di qualità dell'aria ambiente, suddividendo il territorio regionale in aree omogenee.

3. CAMPAGNA DI MONITORAGGIO NEL COMUNE DI ELMAS

Nel Comune di Elmas è stata eseguita una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria, con l'ausilio della Stazione Mobile (di seguito STAMOB), posizionata in via Giliacquas, presso la struttura che ospita gli impianti sportivi.

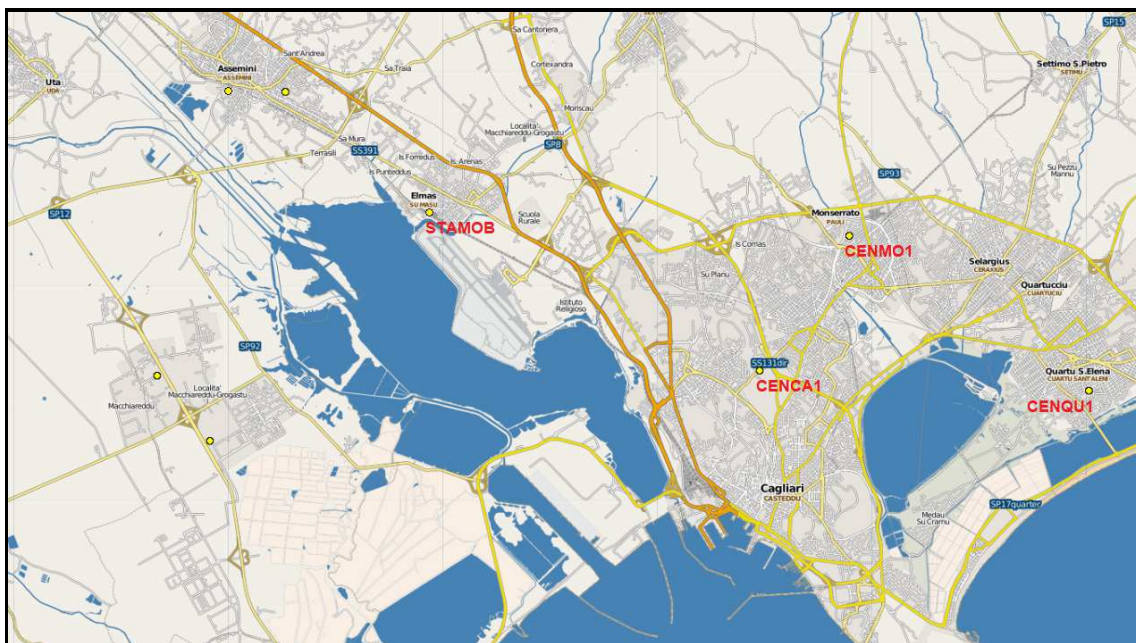


Figura 1 – Posizione della Stazione Mobile nell'area Comunale di Elmas

La zonizzazione della Sardegna, cioè la classificazione delle zone ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente, prevede che il Comune di Elmas sia inquadrato nell'Agglomerato di Cagliari, individuato in base a quanto stabilito dall'Appendice I del D.Lgs. 155/2010, insieme ai Comuni di Cagliari, Monserrato, Quartu S. E., Quartucciu e Selargius. Pertanto, nelle valutazioni che seguono, i dati misurati dalla Stazione Mobile sono confrontati con le stazioni appartenenti alla stessa zona (figura 1), denominate CENCA1 (Cagliari – Via Cadello), CENMO1 (Monserrato – Via Sant'Angelo) e CENQU1 (Quartu S.E. – Via Perdalonga).

Le tabelle seguenti riepilogano, per l'anno 2021, le percentuali di funzionamento della strumentazione (cfr. tabella 2) e il numero di superamenti dei limiti di legge rilevati dalla Rete (cfr. tabella 3).

| Comune | Stazione | C ₆ H ₆ | CO | NO ₂ | O ₃ | PM10 | SO ₂ | PM2,5 | Totale |
|--------------|----------|-------------------------------|------|-----------------|----------------|------|-----------------|-------|--------|
| Cagliari | CENCA1 | 95,6 | 93,3 | 92,5 | 92,2 | 97,5 | 94,2 | 95,4 | 94,4 |
| Monserrato | CENMO1 | 97,9 | 94,3 | 94,1 | 94,3 | 92,9 | 91,1 | 95,8 | 94,3 |
| Quartu S. E. | CENQU1 | 93,9 | - | 94,6 | 91,3 | 97,3 | 94,7 | - | 94,4 |
| Elmas | STAMOB | 72,7 | 70,0 | 71,3 | 69,8 | 71,5 | 68,6 | 70,4 | 70,6 |

Tabella 2 – Percentuali di funzionamento della strumentazione nel 2021 – Agglomerato di Cagliari

| Comune | Stazione | C ₆ H ₆ | | CO | | NO ₂ | | | O ₃ | | | PM10 | | SO ₂ | | PM2,5 |
|--------------|----------|-------------------------------|-----|-----|-----|-----------------|-----|-----|----------------|-----|-----|------|-----|-----------------|-----|-------|
| | | MA | M8 | MO | MO | MA | MO | MO | M8 | MG | MA | MO | MO | MG | MA | |
| | | PSU | PSU | PSU | SA | PSU | SI | SA | OLT | PSU | PSU | PSU | SA | PSU | PSU | |
| | | 5 | 10 | 200 | 400 | 40 | 180 | 240 | 120 | 50 | 40 | 350 | 500 | 125 | 25 | |
| | | | | 18 | | | | | | 35 | | 24 | | 3 | | |
| Cagliari | CENCA1 | | | | | | | | | 18 | | | | | | |
| Monserrato | CENMO1 | | | | | | | | | 28 | | | | | | |
| Quartu S. E. | CENQU1 | | - | | | | | | | 6 | | | | | - | |
| Elmas | STAMOB | | | | | | | | | 7 | | | | | | |

Tabella 3 – Riepilogo dei superamenti rilevati nel 2021 – Agglomerato di Cagliari

Nella tabella di riepilogo dei superamenti si specifica che:

- la prima riga della tabella riporta l'inquinante considerato;
- la seconda riga indica il periodo temporale a cui sono riferiti i limiti:
 - MO: media oraria;
 - M8: massima media mobile di otto ore in un giorno;
 - MG: media giornaliera;
 - MA: media annuale;
- la terza riga indica il tipo di limite:
 - PSU: valore limite per la protezione della salute umana;
 - SI: soglia di informazione (solo per O₃);
 - SA: soglia di allarme (solo per NO₂, SO₂ e O₃);
 - OLT: obiettivo a lungo termine;
- la quarta riga riporta i valori dei vari limiti (tutti in µg/m³ tranne che il CO espresso in mg/m³);
- la quinta riga riporta il numero massimo di volte in cui i limiti possono essere superati nell'anno (quando non è indicato alcun numero significa che il limite non dovrebbe essere superato nemmeno una volta).

Quando il numero dei superamenti eccede quello massimo consentito dalla normativa la relativa casella è colorata di giallo chiaro e il numero dei superamenti è evidenziato in rosso grassetto. Quando non ci sono superamenti la relativa casella è vuota.

I dati complessivi della Stazione Mobile, disponibili dal 01/01/2021 al 30/09/2021, hanno una percentuale media di dati annuali validi pari al 71% (con una efficienza del 95% nel relativo periodo di funzionamento).

Nella Stazione Mobile sono stati registrati i seguenti superamenti, **senza peraltro eccedere i limiti consentiti dalla normativa**:

- per il valore limite giornaliero per la protezione della salute umana per i PM10 (50 µg/m³ sulla media giornaliera da non superare più di 35 volte in un anno civile): 7 superamenti.

Segue il riepilogo dei dati monitorati nel 2021 dalla Stazione Mobile.

Nella tabella di riepilogo dei dati statistici, per gli inquinanti CO, NO₂, O₃, SO₂, gli indici statistici sono determinati su base oraria, mentre per C₆H₆, PM10, PM2,5 sono su base giornaliera, maggiormente rappresentativa dell'andamento degli inquinanti.

| STAMOB ANNO 2021 | C ₆ H ₆ µg/m ³ | CO mg/m ³ | NO ₂ µg/m ³ | O ₃ µg/m ³ | PM10 µg/m ³ | SO ₂ µg/m ³ | PM2,5 µg/m ³ |
|---------------------|--|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| % FUNZ. | 72,3 | 70,0 | 71,3 | 69,8 | 71,5 | 68,6 | 70,4 |
| MIN | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,2 | 0,0 | 0,8 |
| 5° PERC. | 0,1 | 0,1 | 1,5 | 11,3 | 9,9 | 0,0 | 3,9 |
| MEDIANA | 0,4 | 0,2 | 5,8 | 62,5 | 17,8 | 0,2 | 7,9 |
| MEDIA | 0,6 | 0,2 | 8,8 | 58,6 | 20,8 | 0,4 | 9,7 |
| 95° PERC. | 1,9 | 0,4 | 26,9 | 93,5 | 42,2 | 1,3 | 22,0 |
| 98° PERC. | 2,3 | 0,6 | 37,1 | 99,2 | 56,8 | 1,7 | 27,1 |
| MAX | 2,9 | 2,2 | 77,4 | 122,2 | 69,7 | 8,4 | 41,4 |
| MAX MG | 2,9 | 0,6 | 31,6 | 93,7 | 69,7 | 1,8 | 41,4 |
| MAX MM8 | | 1,3 | | 115,8 | | | |
| GEN | 1,4 | 0,3 | 11,9 | 41,9 | 24,7 | 0,7 | 17,6 |
| FEB | 1,1 | 0,3 | 12,1 | 47,0 | 29,8 | 0,5 | 13,5 |
| MAR | 0,9 | 0,2 | 11,0 | 54,0 | 23,7 | 0,1 | 12,3 |
| APR | 0,5 | 0,2 | 6,8 | 66,9 | 18,3 | 0,2 | 7,4 |
| MAG | 0,2 | 0,1 | 4,9 | 70,7 | 15,4 | 0,2 | 5,3 |
| GIU | 0,2 | 0,2 | 7,0 | 67,3 | 16,7 | 0,2 | 7,1 |
| LUG | 0,2 | 0,2 | 7,5 | 59,7 | 18,8 | 0,5 | 8,4 |
| AGO | 0,6 | 0,2 | 8,3 | 58,5 | 23,1 | 0,5 | 9,0 |
| SET | 0,4 | 0,2 | 9,9 | 59,2 | 17,4 | 0,4 | 7,9 |
| OTT | | | | | | | |
| NOV | | | | | | | |
| DIC | | | | | | | |

Tabella 4 - Riepilogo dei dati 2021 della STAMOB - Comune di Elmas

Il benzene (C₆H₆) presenta una media annua di 0,6 µg/m³, che rispetta ampiamente il limite normativo di 5 µg/m³. Nelle stazioni dell'agglomerato, si registrano valori coerenti compresi tra 0,6 µg/m³ (CENMO1 e CENQU1) e 0,9 µg/m³ (CENCA1).

Il monossido di carbonio (CO) ha una massima media mobile di otto ore di 1,3 mg/m³, in linea con le stazioni fisse le cui medie variano da 1,6 mg/m³ (CENCA1) a 1,9 mg/m³ (CENMO1). Le concentrazioni rilevate si mantengono quindi ampiamente entro il limite di legge (10 mg/m³ sulla massima media mobile di otto ore).

Il biossido di azoto (NO₂), ha una media annua di 9 µg/m³ e un valore massimo orario di 77 µg/m³, che rispettano ampiamente i limiti normativi rispettivamente di 40 µg/m³ e di 200 µg/m³. I dati sono conformi con le stazioni della Rete regionale che manifestano medie annue comprese tra 8 µg/m³ (CENMO1 e CENQU1) e 20 µg/m³ (CENCA1), mentre i massimi valori orari tra 62 µg/m³ (CENMO1) e 110 µg/m³ (CENCA1).

L'ozono (O₃) ha una massima media mobile di otto ore di 116 µg/m³, leggermente più elevata delle stazioni dell'agglomerato che hanno una variabilità tra 95 µg/m³ (CENCA1) e 114 µg/m³ (CENQU1). La massima media oraria è di 122 µg/m³, al di sotto della soglia di informazione (180 µg/m³) e della soglia di allarme (240 µg/m³), ma sensibilmente più alta delle stazioni fisse che presentano valori tra 102 µg/m³ (CENCA1) e 119 µg/m³ (CENQU1).

In relazione al PM10, la Stazione Mobile ha un valore medio annuale di 21 µg/m³, una massima media giornaliera di 70 µg/m³ e un numero limitato di 7 superamenti della media giornaliera. Si evidenziano concentrazioni più contenute rispetto a quelle misurate nell'agglomerato, che presenta medie annuali che oscillano tra 21 µg/m³ (CENQU1) e 28 µg/m³ (CENCA1 e CENMO1), medie giornaliere massime comprese tra 74 µg/m³ (CENQU1) e 91 µg/m³ (CENMO1), e superamenti giornalieri tra 6 (CENQU1) e 28 (CENMO1).

Il PM2,5 ha una media di 10 µg/m³, intermedia tra le medie delle stazioni fisse, comprese tra 6 µg/m³ (CENMO1) e 14 µg/m³ (CENCA1), ed entro il limite di legge di 25 µg/m³.

Per quanto riguarda l'anidride solforosa (SO₂), la Stazione Mobile registra una massima media giornaliera di 2 µg/m³, e una massima oraria di 8 µg/m³. Le concentrazioni rilevate si mantengono quindi ampiamente entro i limiti normativi e ampiamente inferiori a quelle misurate dalle stazioni dell'agglomerato che hanno massime medie giornaliere di 3 µg/m³ (CENCA1, CENMO1 e CENQU1), e massime medie orarie tra 12 µg/m³ (CENMO1) e 19 µg/m³ (CENQU1).

Di seguito vengono riportate, per l'anno 2021, le tabelle di riepilogo dei dati delle stazioni appartenenti all'Agglomerato di Cagliari confrontati con la Stazione Mobile.

| Area | Stazione | C ₆ H ₆ µg/m ³ | CO mg/m ³ | NO ₂ µg/m ³ | O ₃ µg/m ³ | PM10 µg/m ³ | SO ₂ µg/m ³ | PM2,5 µg/m ³ |
|----------------------------|----------|--|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Agglomerato Di Cagliari | CENCA1 | 0,9 | 0,3 | 20,3 | 38,6 | 28,4 | 0,9 | 14,3 |
| | CENMO1 | 0,6 | 0,3 | 7,7 | 42,2 | 28,3 | 0,7 | 6,3 |
| | CENQU1 | 0,6 | - | 8,2 | 55,5 | 20,7 | 1,1 | - |
| | STAMOB | 0,6 | 0,2 | 8,8 | 58,6 | 20,8 | 0,4 | 9,7 |

Tabella 5 – Medie annuali – Confronto tra le stazioni dell'agglomerato di Cagliari nel 2021

| Area | Stazione | C ₆ H ₆ µg/m ³ | CO mg/m ³ | NO ₂ µg/m ³ | O ₃ µg/m ³ | PM10 µg/m ³ | SO ₂ µg/m ³ | PM2,5 µg/m ³ |
|----------------------------|----------|--|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Agglomerato Di Cagliari | CENCA1 | 4,8 | 0,8 | 52,3 | 70,9 | 89,2 | 3,1 | 50,2 |
| | CENMO1 | 2,4 | 1,0 | 23,7 | 75,8 | 91,4 | 3,1 | 32,5 |
| | CENQU1 | 4,8 | - | 31,3 | 95,3 | 74,0 | 2,8 | - |
| | STAMOB | 2,9 | 0,6 | 31,6 | 93,7 | 69,7 | 1,8 | 41,4 |

Tabella 6 – Massime Medie giornaliere – Confronto tra le stazioni dell'agglomerato di Cagliari nel 2021

| Area | Stazione | C ₆ H ₆ µg/m ³ | CO mg/m ³ | NO ₂ µg/m ³ | O ₃ µg/m ³ | PM10 µg/m ³ | SO ₂ µg/m ³ | PM2,5 µg/m ³ |
|----------------------------|----------|--|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Agglomerato Di Cagliari | CENCA1 | 11,3 | 2,9 | 110,5 | 102,3 | - | 17,8 | - |
| | CENMO1 | 6,6 | 3,3 | 62,0 | 103,3 | - | 11,9 | - |
| | CENQU1 | 17,0 | - | 68,7 | 119,4 | - | 19,3 | - |
| | STAMOB | 7,1 | 2,2 | 77,4 | 122,2 | - | 8,4 | - |

Tabella 7 – Massime Medie orarie – Confronto tra le stazioni dell'agglomerato di Cagliari nel 2021

| Area | Stazione | C ₆ H ₆ µg/m ³ | CO mg/m ³ | NO ₂ µg/m ³ | O ₃ µg/m ³ | PM10 µg/m ³ | SO ₂ µg/m ³ | PM2,5 µg/m ³ |
|----------------------------|----------|--|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Agglomerato Di Cagliari | CENCA1 | - | 1,6 | - | 94,9 | - | - | - |
| | CENMO1 | - | 1,9 | - | 98,2 | - | - | - |
| | CENQU1 | - | - | - | 114,1 | - | - | - |
| | STAMOB | - | 1,3 | - | 115,8 | - | - | - |

Tabella 8 – Massime Medie mobili – Confronto tra le stazioni dell'agglomerato di Cagliari nel 2021

L'analisi dei dati annuali della Stazione Mobile mostra andamenti continui e regolari, senza nessuna violazione dei limiti di legge. Le medie osservate sono solitamente contenute e conformi con quelle delle stazioni fisse dell'agglomerato, rispetto alle quali si evidenziano valori di benzene, NO₂, SO₂ e PM10 decisamente moderati e concentrazioni di O₃ leggermente più elevate. Il PM2,5 ha un livello intermedio tra i valori di fondo e di traffico urbano.

4. CAMPAGNA DI MONITORAGGIO NEL COMUNE DI ASSEMINI

Nel Comune di Assemini è stata eseguita una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria, con l'ausilio del Laboratorio Mobile (di seguito LABMOB), posizionato in via Asproni, presso la Scuola Comunale G. Asproni.

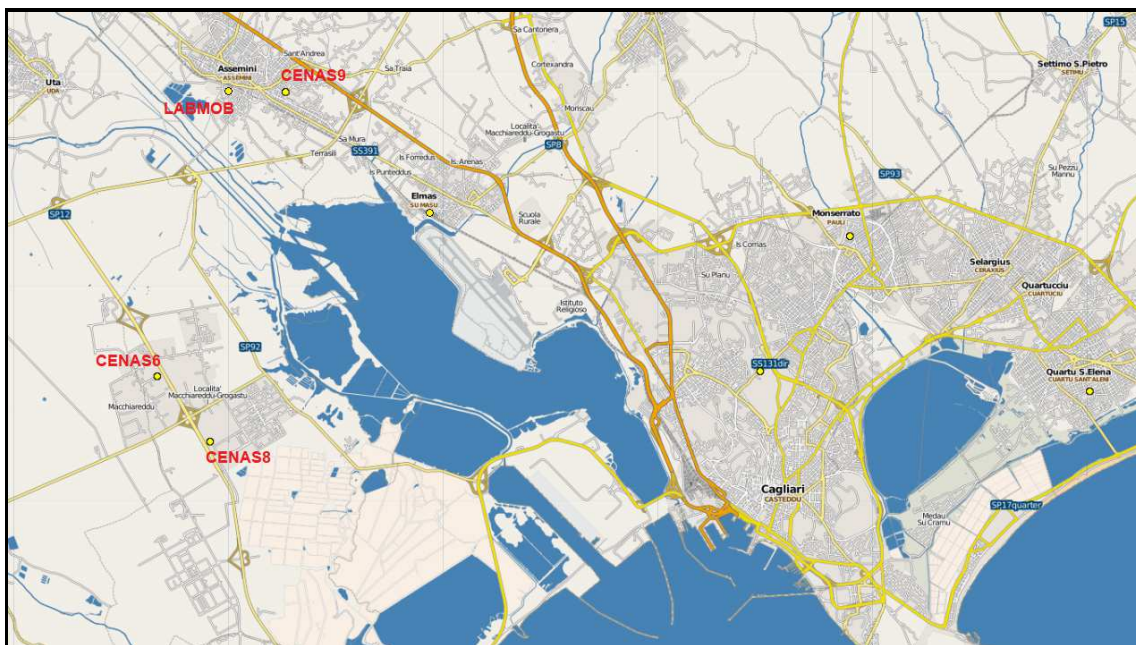


Figura 2 – Posizione del Laboratorio Mobile nell'area Comunale di Assemini

La zonizzazione della Sardegna, cioè la classificazione delle zone ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente, prevede che il Comune di Assemini sia inquadrato nella Zona Industriale, individuata in base a quanto stabilito dall'Appendice I del D.Lgs. 155/2010. Pertanto, nelle valutazioni che seguono, i dati misurati dal Laboratorio Mobile sono confrontati con le stazioni appartenenti alla stessa zona (figura 2), denominate CENAS6 (Macchiarreddu – 5a strada c.3), CENAS8 (Macchiarreddu – Dorsale Consortile) e CENAS9 (Assemini – Via Sicilia).

Le tabelle seguenti riepilogano le percentuali di funzionamento della strumentazione e il numero di superamenti dei limiti di legge rilevati dalla Rete nell'anno 2021.

| Comune | Stazione | C ₆ H ₆ | CO | NO ₂ | O ₃ | PM10 | SO ₂ | PM2,5 | Totale |
|----------|----------|-------------------------------|------|-----------------|----------------|------|-----------------|-------|--------|
| Assemini | CENAS6 | - | - | 92,8 | - | 97,3 | 94,0 | - | 94,7 |
| | CENAS8 | - | 92,4 | 93,3 | 93,7 | 80,8 | 93,7 | - | 90,8 |
| | CENAS9 | - | - | 91,8 | 93,4 | 95,5 | 93,7 | - | 93,6 |
| | LABMOB | 90,9 | 89,6 | 89,9 | 89,2 | 91,2 | 90,1 | - | 90,2 |

Tabella 9 – Percentuali di funzionamento della strumentazione nel 2021 – Zona di Assemini

| Comune | Stazione | C ₆ H ₆ | CO | NO ₂ | | | O ₃ | | | PM10 | | SO ₂ | | | PM2,5 |
|----------|----------|-------------------------------|-----|-----------------|-----|-----|----------------|-----|-----|------|-----|-----------------|-----|-----|-------|
| | | MA | M8 | MO | MO | MA | MO | MO | M8 | MG | MA | MO | MO | MG | MA |
| | | PSU | PSU | PSU | SA | PSU | SI | SA | OLT | PSU | PSU | PSU | SA | PSU | PSU |
| | | 5 | 10 | 200 | 400 | 40 | 180 | 240 | 120 | 50 | 40 | 350 | 500 | 125 | 25 |
| | | | | 18 | | | | | | 35 | | 24 | | 3 | |
| Assemini | CENAS6 | - | - | | | | - | - | - | 18 | | | | 1 | - |
| | CENAS8 | - | | | | | | | 1 | 4 | | | | | - |
| | CENAS9 | - | - | | | | | | 3 | 17 | | | | | - |
| | LABMOB | | | | | | | | 3 | 22 | | | | | - |

Tabella 10 – Riepilogo dei superamenti rilevati nel 2021 – Zona di Assemini

I dati complessivi del Laboratorio Mobile, hanno una percentuale media di dati validi per l'anno in esame pari al 90%.

Nel Laboratorio Mobile sono stati registrati i seguenti superamenti, **senza peraltro eccedere i limiti consentiti dalla normativa**:

- per l'obiettivo a lungo termine per l'O₃ (120 µg/m³ sulla massima media mobile giornaliera di otto ore): 3 superamenti;
- per il valore limite giornaliero per la protezione della salute umana per il PM10 (50 µg/m³ sulla media giornaliera da non superare più di 35 volte in un anno civile): 22 superamenti.

Segue il riepilogo dei dati monitorati nel 2021 dalla Laboratorio Mobile.

| LABMOB ANNO 2021 | C ₆ H ₆ µg/m ³ | CO mg/m ³ | NO ₂ µg/m ³ | O ₃ µg/m ³ | PM10 µg/m ³ | SO ₂ µg/m ³ | PM2,5 µg/m ³ |
|------------------|---|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| % FUNZ. | 92,9 | 89,6 | 89,9 | 89,2 | 91,2 | 90,1 | - |
| MIN | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 4,1 | 4,7 | 0,0 | - |
| 5° PERC. | 0,0 | 0,2 | 2,1 | 16,7 | 10,9 | 0,4 | - |
| MEDIANA | 0,3 | 0,3 | 7,5 | 55,7 | 20,0 | 1,1 | - |
| MEDIA | 0,6 | 0,3 | 10,0 | 54,7 | 24,1 | 1,3 | - |
| 95° PERC. | 2,2 | 0,7 | 26,6 | 93,1 | 54,3 | 2,4 | - |
| 98° PERC. | 2,7 | 1,1 | 33,2 | 101,1 | 60,3 | 3,2 | - |
| MAX | 3,6 | 3,2 | 61,7 | 133,5 | 98,7 | 27,4 | - |
| MAX MG | 3,6 | 1,0 | 23,5 | 96,0 | 98,7 | 4,1 | - |
| MAX MM8 | | 1,8 | | 125,7 | | | |
| GEN | 1,4 | 0,4 | 11,7 | 38,9 | 28,4 | 1,5 | - |
| FEB | 1,0 | 0,4 | 12,2 | 49,1 | 31,1 | 1,2 | - |
| MAR | 0,8 | 0,3 | 11,4 | 55,0 | 25,9 | 1,2 | - |
| APR | 0,3 | 0,3 | 7,5 | 67,3 | 18,6 | 1,0 | - |
| MAG | 0,1 | 0,2 | 6,2 | 67,8 | 17,1 | 0,9 | - |
| GIU | 0,1 | 0,2 | 7,2 | 75,8 | 18,5 | 1,1 | - |
| LUG | 0,1 | 0,2 | 6,8 | 64,2 | 17,2 | 0,9 | - |
| AGO | 0,2 | 0,3 | 7,8 | 61,0 | 31,1 | 1,4 | - |
| SET | 0,2 | 0,3 | 8,6 | 61,4 | 19,5 | 1,3 | - |
| OTT | 0,3 | 0,3 | 10,1 | 49,2 | 19,1 | 1,1 | - |
| NOV | 1,0 | 0,4 | 14,0 | 36,8 | 24,6 | 1,7 | - |
| DIC | 1,4 | 0,5 | 13,9 | 36,5 | 34,5 | 1,8 | - |

Tabella 11 - Riepilogo dei dati 2021 del LABMOB - Comune di Assemini

Per quanto riguarda il benzene (C₆H₆), è stata rilevata dal Laboratorio Mobile una media annuale di 0,6 µg/m³, rispetto a un limite di legge di 5 µg/m³.

In relazione al monossido di carbonio (CO) il Laboratorio Mobile ha registrato massime medie mobili di otto ore di 1,8 mg/m³, entro il limite di legge di 10 mg/m³. I valori mostrano come in area urbana le concentrazioni di CO siano più elevate che in area industriale con concentrazioni massime di 0,6 mg/m³ (CENAS8).

Il monitoraggio del biossido di azoto (NO₂) col Laboratorio Mobile indica una media annuale di 10 µg/m³ e una massima media oraria di 62 µg/m³, valore modesti e rispettosi dei limiti normativi. I dati sono coerenti con le stazioni fisse della zona con medie annuali che variando tra 8 µg/m³ (CENAS6) e 13 µg/m³ (CENAS9) e massimi valori orari tra 55 µg/m³ (CENAS6) e 155 µg/m³ (CENAS9).

L'ozono (O₃) ha una massima media mobile di otto ore di 126 µg/m³, leggermente più elevata delle stazioni fisse della zona che hanno una variabilità tra 123 µg/m³ (CENAS8) e 124 µg/m³ (CENAS9). La massima media oraria è di 134 µg/m³, al di sotto della soglia di informazione (180 µg/m³) e della soglia di allarme (240 µg/m³), sensibilmente più bassa delle stazioni fisse che presentano valori tra 136 µg/m³ (CENAS8) e 138 µg/m³ (CENAS9).

In relazione al PM10, il Laboratorio Mobile presenta un valore medio annuale di 24 µg/m³, una massima media giornaliera di 99 µg/m³ e un numero di superamenti della media giornaliera pari a 22. Si evidenziano concentrazioni congruenti rispetto a quelle misurate dalle stazioni fisse, che presentano medie annuali che oscillano tra 20 µg/m³ (CENAS9) e 21 µg/m³ (CENAS6 E CENAS8), medie giornaliere massime comprese tra 80 µg/m³ (CENAS8 e CENAS9) e 96 µg/m³ (CENAS6), e superamenti giornalieri tra 4 (CENAS8) e 18 (CENAS6).

Per quanto riguarda l'anidride solforosa (SO₂), si evidenziano medie giornaliere massime di 4 µg/m³ e medie orarie massime di 27 µg/m³ (LABMOB), valori contenuti e confrontabili con quelli della stazione urbana CENAS9, rispettivamente di 4 µg/m³ (CENAS9) e 22 µg/m³. Viceversa, i valori sono elevati nell'area industriale, con massime medie giornaliere che variano tra 41 µg/m³ (CENAS8) e 167 µg/m³ (CENAS6) e massimi valori orari tra 177 µg/m³ (CENAS8) e 304 µg/m³ (CENAS6).

Di seguito vengono riportate, per l'anno 2021, le tabelle di riepilogo dei dati delle stazioni appartenenti all'Area di Assemini confrontati con il Laboratorio Mobile.

| Area | Stazione | C ₆ H ₆ µg/m ³ | CO mg/m ³ | NO ₂ µg/m ³ | O ₃ µg/m ³ | PM10 µg/m ³ | SO ₂ µg/m ³ | PM2,5 µg/m ³ |
|--------------------------------------|----------|--|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Zona Industriale Area di Assemini | CENAS6 | - | - | 8,4 | - | 20,6 | 7,6 | - |
| | CENAS8 | - | 0,3 | 10,8 | 53,5 | 21,2 | 6,1 | - |
| | CENAS9 | - | - | 13,4 | 49,3 | 20,3 | 0,6 | - |
| | LABMOB | 0,6 | 0,3 | 10,0 | 54,7 | 24,1 | 1,3 | - |

Tabella 12 – Medie annuali – Confronto tra le stazioni dell'area di Assemini nel 2021

| Area | Stazione | C ₆ H ₆ µg/m ³ | CO mg/m ³ | NO ₂ µg/m ³ | O ₃ µg/m ³ | PM10 µg/m ³ | SO ₂ µg/m ³ | PM2,5 µg/m ³ |
|--------------------------------------|----------|--|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Zona Industriale Area di Assemini | CENAS6 | - | - | 26,0 | - | 96,1 | 167,0 | - |
| | CENAS8 | - | 0,5 | 30,1 | 97,2 | 79,7 | 41,2 | - |
| | CENAS9 | - | - | 46,7 | 91,5 | 79,6 | 4,2 | - |
| | LABMOB | 3,6 | 1,0 | 23,5 | 96,0 | 98,7 | 4,1 | - |

Tabella 13 – Massime Medie giornaliere – Confronto tra le stazioni dell'area di Assemini nel 2021

| Area | Stazione | C ₆ H ₆ µg/m ³ | CO mg/m ³ | NO ₂ µg/m ³ | O ₃ µg/m ³ | PM10 µg/m ³ | SO ₂ µg/m ³ | PM2,5 µg/m ³ |
|--------------------------------------|----------|--|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Zona Industriale Area di Assemini | CENAS6 | - | - | 55,1 | - | - | 304,4 | - |
| | CENAS8 | - | 1,0 | 70,6 | 136,3 | - | 177,2 | - |
| | CENAS9 | - | - | 155,3 | 137,8 | - | 22,3 | - |
| | LABMOB | 16,3 | 3,2 | 61,7 | 133,5 | - | 27,4 | - |

Tabella 14 – Massime Medie orarie – Confronto tra le stazioni dell'area di Assemini nel 2021

| Area | Stazione | C ₆ H ₆ µg/m ³ | CO mg/m ³ | NO ₂ µg/m ³ | O ₃ µg/m ³ | PM10 µg/m ³ | SO ₂ µg/m ³ | PM2,5 µg/m ³ |
|--------------------------------------|----------|--|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Zona Industriale Area di Assemini | CENAS6 | - | - | - | - | - | - | - |
| | CENAS8 | - | 0,6 | - | 122,9 | - | - | - |
| | CENAS9 | - | - | - | 124,1 | - | - | - |
| | LABMOB | - | 1,8 | - | 125,7 | - | - | - |

Tabella 15 – Massime Medie mobili – Confronto tra le stazioni dell'area di Assemini nel 2021

L'analisi dei dati annuali del Laboratorio Mobile evidenzia andamenti continui e regolari senza nessuna violazione dei limiti di legge, con concentrazioni solitamente contenute e conformi con la stazione urbana di riferimento. Rispetto al monitoraggio di tutti i siti fissi, si evidenziano livelli di PM10 leggermente più elevati e valori di O₃ e NO₂ comparabili tra loro. Le concentrazioni di anidride solforosa sono assolutamente più basse rispetto a quelle misurate nell'area industriale di Macchiareddu.

5. CARATTERIZZAZIONE DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO

Durante le campagne di monitoraggio nei Comuni di Elmas ed Assemmini si è anche proceduto alla caratterizzazione del particolato PM10, allo scopo di valutare le concentrazioni in aria ambiente dei metalli per i quali la normativa introduce dei valori di riferimento, quali l'arsenico, il cadmio, il nichel e il piombo.

I siti di campionamento (cfr. figura 3), coincidenti con le stazioni di monitoraggio della Rete regionale per la valutazione della qualità dell'aria, sono stati prescelti in funzione della zonizzazione e confrontati con quelli delle Unità Mobili, per una valutazione dei dati complessiva in base alla classificazione delle aree.

Pertanto sono stati presi in considerazione i valori di concentrazione di metalli determinati nei siti elencati nella seguente tabella, dove viene indicata la tipologia di campionamento.

| Zona | Stazione | Comune - Località | Tipologia di campionamento |
|-------------------------|----------|-------------------------------|--------------------------------|
| Agglomerato di Cagliari | CENCA1 | Cagliari – Via Cadello | Misura mensile |
| | CENMO1 | Monerrato – Via Sant'Angelo | Misura mensile |
| | CENQU1* | Quartu S. E. – Via Perdalonga | Misura indicativa (stagionale) |
| | STAMOB* | Elmas – Via Giliacquas | Misura indicativa (stagionale) |
| Zona Industriale | CENAS8* | Assemmini - Macchiareddu | Misura indicativa (stagionale) |
| | CENAS9* | Assemmini – Via Sicilia | Misura indicativa (stagionale) |
| | LABMOB* | Assemmini – Via Asproni | Misura indicativa (stagionale) |

Tabella 16 – Siti di campionamento

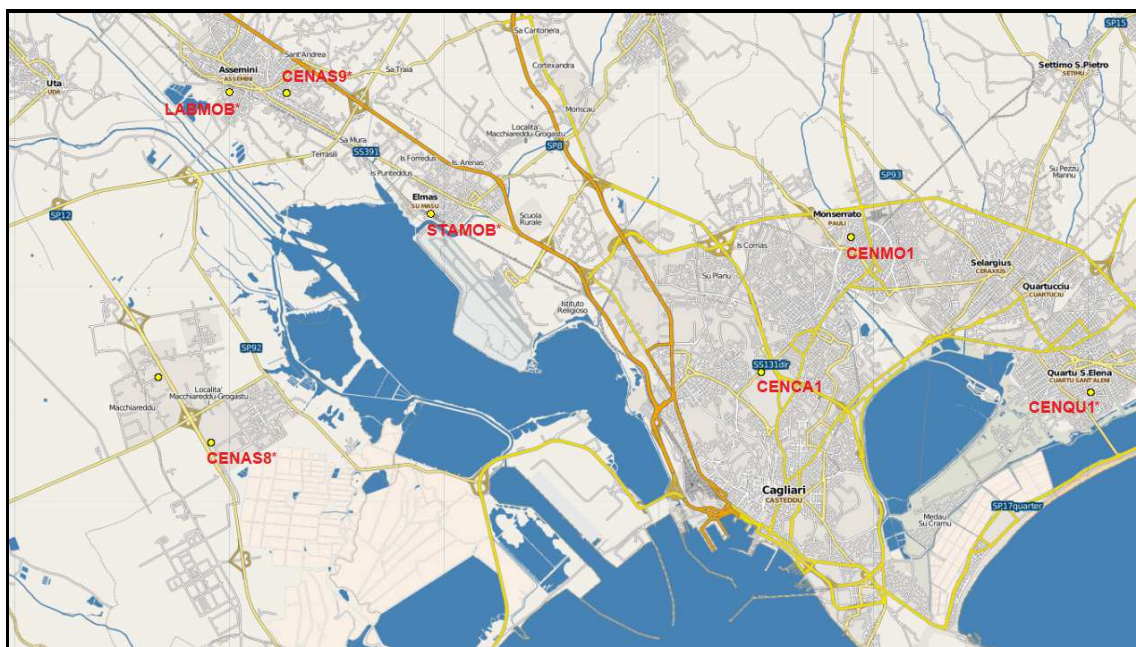


Figura 3 – Ubicazione delle stazioni utilizzate per la Caratterizzazione del PM10

Per le stazioni di Cagliari e Monerrato sono stati previsti campionamenti mensili (grado di copertura annuale; misure a giorni alterni), mentre per le restanti stazioni (evidenziate con “*”), Unità Mobili comprese, sono state previste misure indicative (grado di copertura stagionale; 4 campionamenti di 15 giorni). Tutte le determinazioni hanno quindi una unità base di campionamento di 15 giorni e i filtri relativi sono stati riuniti a

formare un campione unico.

Si precisa che la normativa definisce le misure indicative come "misurazioni dei livelli degli inquinanti, basate su obiettivi di qualità meno severi di quelli previsti per le misurazioni in siti fissi".

Le concentrazioni medie annuali sono state calcolate col criterio "upperbound", ossia considerando le singole misure inferiori al limite di rilevabilità pari al limite stesso, perché sovrastimando il valore delle concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità si rappresenta una soluzione "cautelativa" dal punto di vista della protezione dell'ambiente e della salute.

Nella tabella seguente vengono riportate le concentrazioni annuali per ciascun metallo, nei rispettivi siti di campionamento. È bene precisare che solo le stazioni che eseguono il campionamento mensile soddisfano il requisito normativo per garantire la copertura annuale, mentre per le stazioni che lo eseguono stagionalmente le misure hanno esclusivamente carattere indicativo e sono utilizzabili come stime.

| Zona | Stazione | As ng/m ³ | Cd ng/m ³ | Hg ng/m ³ | Ni ng/m ³ | Pb ng/m ³ |
|-------------------------|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Agglomerato di Cagliari | CENCA1 | 0,212 | 0,092 | 0,062 | 1,400 | 3,017 |
| | CENMO1 | 0,203 | 0,109 | 0,062 | 1,407 | 3,982 |
| | CENQU1* | 0,223 | 0,100 | 0,061 | 1,275 | 3,503 |
| | STAMOB* | 0,240 | 0,099 | 0,061 | 2,263 | 4,753 |
| Zona industriale | CENAS8* | 0,779 | 0,082 | 0,063 | 3,933 | 3,745 |
| | CENAS9* | 0,312 | 0,107 | 0,061 | 1,435 | 5,825 |
| | LABMOB* | 0,288 | 0,105 | 0,061 | 1,200 | 6,873 |

Tabella 17 - Concentrazioni annuali dei metalli nella frazione PM10 – Annualità 2021

In relazione all'arsenico, la stazione STAMOB* presenta una media annuale di 0,240 ng/m³, valore coerente e in linea rispetto alle stazioni di confronto dell'agglomerato di Cagliari; il LABMOB* rileva una media annuale di arsenico pari a 0,288 ng/m³, valore concorde con la stazione urbana CENAS9*, entrambi più bassi rispetto alla concentrazione di 0,779 ng/m³ misurata dalla stazione industriale CENAS8*. Tutte le medie annuali rispettano il valore obiettivo di 6,0 ng/m³ indicato dalla normativa.

Il cadmio mostra valori molto bassi, sia nella zona dell'agglomerato di Cagliari, il cui valore della STAMOB* è pari a 0,099 ng/m³, compreso tra 0,092 ng/m³ (CENCA1) e 0,109 ng/m³ (CENMO1), sia nella zona industriale, dove la LABMOB* ha un valore di 0,105 ng/m³, in linea con i valori di 0,082 ng/m³ (CENAS8*) e 0,107 ng/m³ (CENAS9*). Tutti valori abbondantemente al di sotto del valore obiettivo del cadmio (media annuale di 5,0 ng/m³).

Le medie annue del mercurio sono inferiori al limite di rilevabilità strumentale.

Per questo parametro, al momento, non sono fissati livelli di concentrazione in atmosfera, sia a livello europeo che italiano, ma i valori sono ampiamente entro il valore di riferimento più basso fissato dall'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) a 200 ng/m³.

Il valore della media annuale del nichel nella STAMOB* è pari a 2,263 ng/m³, moderatamente superiore rispetto ai valori delle stazioni dell'agglomerato di Cagliari, compresi tra 1,275 ng/m³ (CENQU1*) e 1,407 ng/m³ (CENMO1); il valore della media annuale per il LABMOB* è pari a 1,200 ng/m³, da raffrontare con le medie rilevate dalle stazioni fisse, variabili tra 1,435 ng/m³ (CENAS9*) e 3,933 ng/m³ (CENAS8*). Tutti i

valori rispettano il valore obiettivo per il nichel (media annuale di 20,0 ng/m³).

Infine, per quanto riguarda il piombo, la STAMOB* registra un valore di 4,753 ng/m³, confrontabile con i valori di 3,017 ng/m³ (CENCA1) e 3,982 ng/m³ (CENMO1), rispettivamente minimo e massimo delle stazioni dell'agglomerato; il valore della media annuale del LABMOB* è pari a 6,873 ng/m³, da raffrontare con i valori di 3,747 ng/m³ (CENAS8*) e 5,825 ng/m³ (CENAS9*) delle stazioni della stessa zona. Tutte le rilevazioni rispettano ampiamente il valore obiettivo del piombo di 500,0 ng/m³.

La caratterizzazione del PM10 nella annualità 2021, con particolare riguardo ai metalli, evidenzia andamenti costanti e regolari con medie e stime entro i limiti normativi. Le concentrazioni misurate dalle Unità Mobili sono generalmente moderate e coerenti con quelle delle stazioni fisse ubicate nelle rispettive zone di riferimento. L'analisi globale dei dati evidenzia che i valori stimati con misure indicative sono coerenti e in linea rispetto alle misure mensili rafforzando l'affidabilità e la rappresentatività del monitoraggio eseguito.

6. CONCLUSIONI

L'analisi dei dati delle Unità Mobili ubicate ad Elmas ed Assemini evidenzia, nell'anno 2021, una situazione del tutto simile a quella delle tre annualità precedenti, con andamenti continui e regolari, senza nessuna violazione dei limiti di legge. Le medie osservate sono solitamente contenute e conformi con quelle delle stazioni fisse delle zone attinenti. Si rilevano livelli di ozono moderatamente più elevati e valori di biossido di azoto discreti in raffronto ai rispettivi riferimenti vicini. Le concentrazioni di anidride solforosa sono assolutamente più basse rispetto a quelle misurate nell'area industriale di Macchiareddu. Nella zona di Elmas si constatano valori di PM10 più bassi rispetto a quelli tipici dell'agglomerato di Cagliari, mentre nell'area di Assemini sono paragonabili e, in certi casi, leggermente più elevati (cfr. grafici da 1 a 9 seguenti).

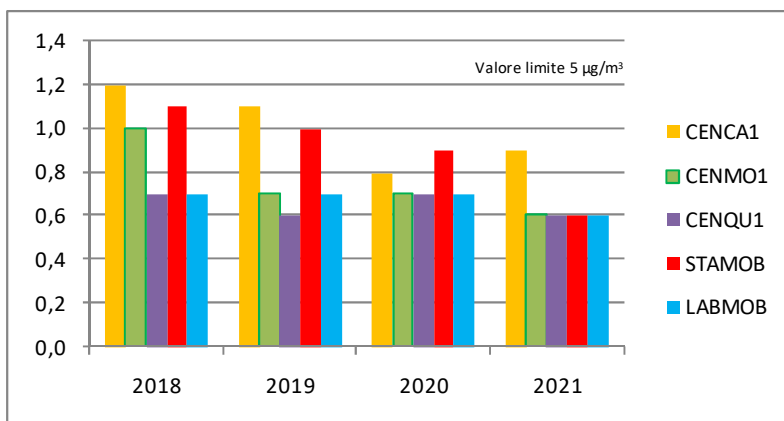


Grafico 1 – Andamento delle medie annuali di benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Agglomerato di Cagliari e area di Assemini

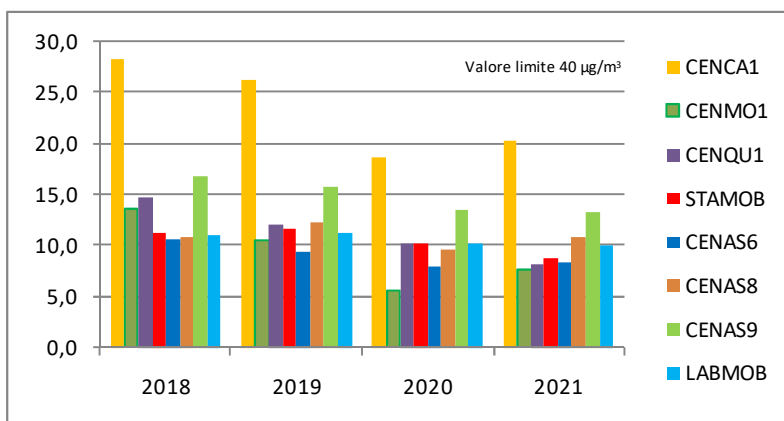


Grafico 2 – Andamento delle medie annuali di NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Agglomerato di Cagliari e area di Assemini

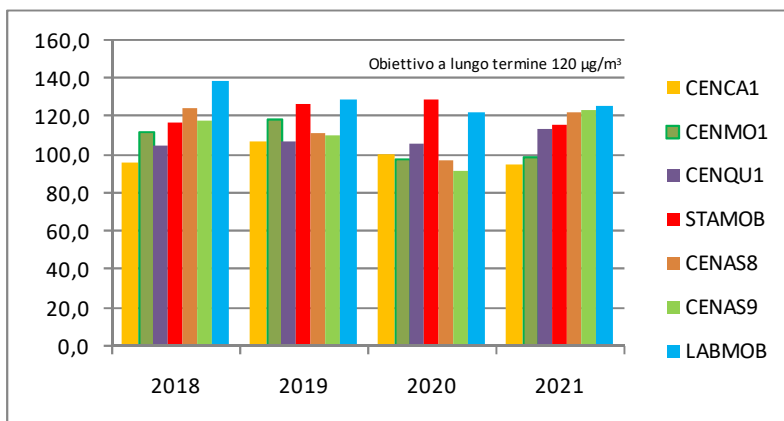


Grafico 3 – Andamento delle massime medie di 8 ore di O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Agglomerato di Cagliari e area di Assemini

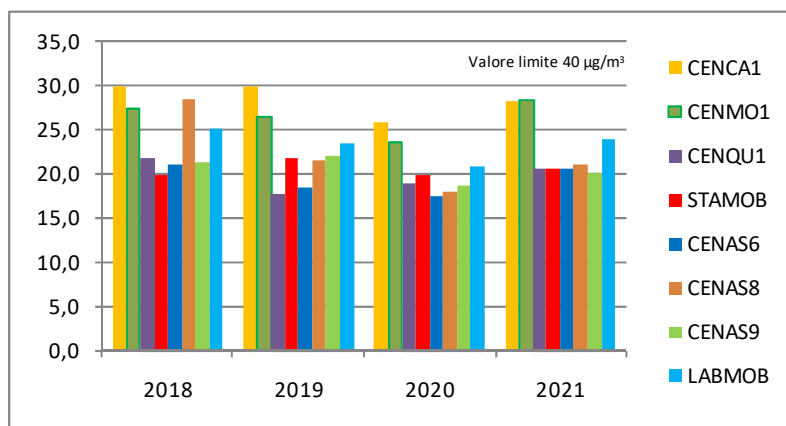


Grafico 4 – Andamento delle medie annuali di PM10 (µg/m³) – Agglomerato di Cagliari e area di Assemini

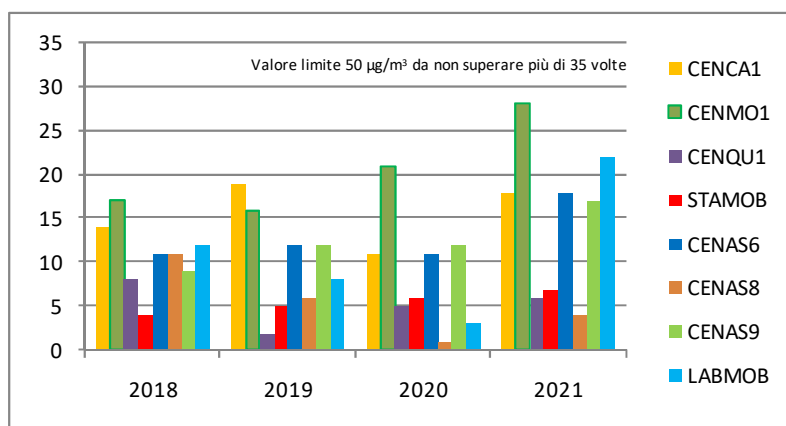


Grafico 5 – Andamento dei superamenti annuali di PM10 – Agglomerato di Cagliari e area di Assemini

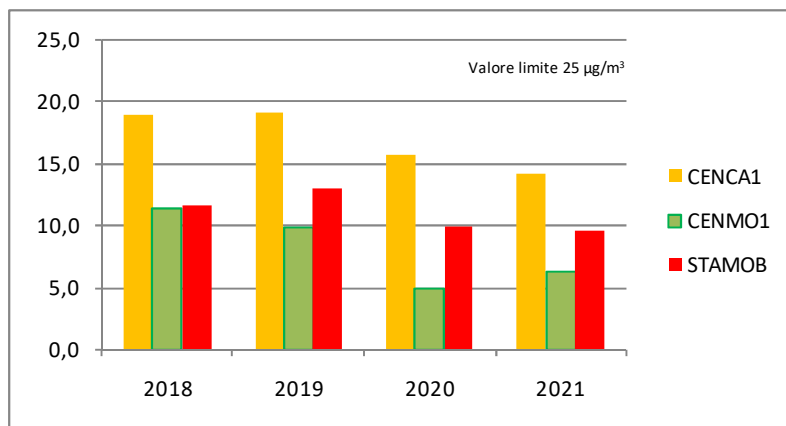


Grafico 6 – Andamento delle medie annuali di PM2,5 (µg/m³) – Agglomerato di Cagliari e area di Assemini

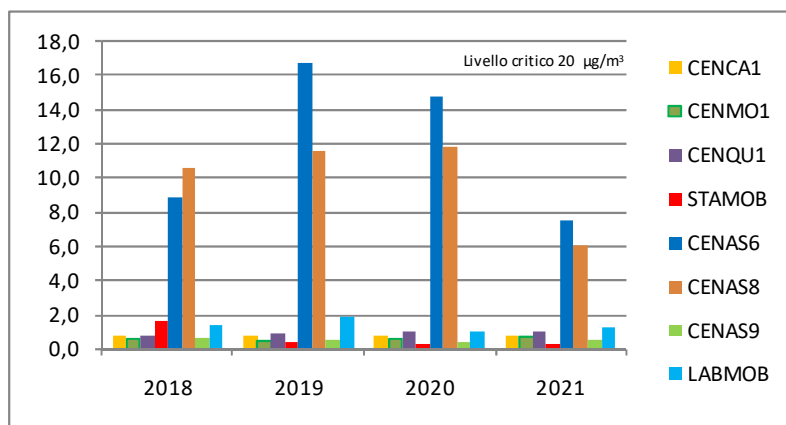


Grafico 7 – Andamento delle medie annuali di SO2 (µg/m³) – Agglomerato di Cagliari e area di Assemini

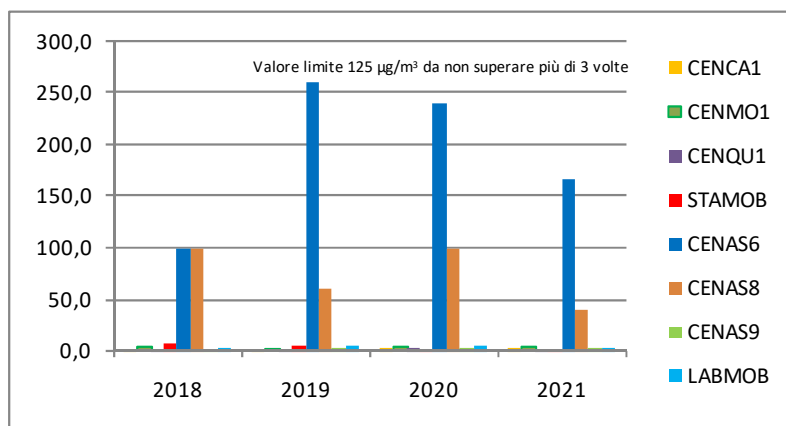


Grafico 8 – Andamento delle massime medie giornaliere di SO₂ (µg/m³) – Agglomerato di Cagliari e area di Assemini

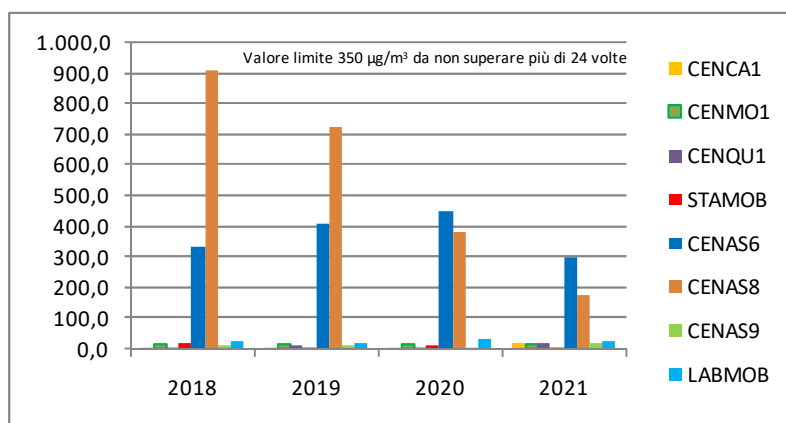


Grafico 9 – Andamento delle massime medie orarie di SO₂ (µg/m³) – Agglomerato di Cagliari e area di Assemini

La caratterizzazione del PM₁₀, con particolare riguardo ai metalli, evidenzia, nell'anno 2021, una situazione del tutto simile a quella delle tre annualità precedenti, con andamenti continui e regolari con medie e stime annuali entro i limiti normativi. Le concentrazioni misurate dalle Unità Mobili sono solitamente contenute e conformi con quelle delle stazioni fisse ubicate nelle rispettive zone di riferimento. Il mercurio è presente in tracce, con concentrazioni prossime al limite di rilevabilità strumentale. Si evidenzia peraltro che esiste una potenziale criticità nel sito di misura CENAS8*, ubicato presso l'area industriale di Macchiareddu, con valori di arsenico e nichel decisamente superiori a tutte le restanti stazioni, sebbene in assenza di superamenti dei valori obiettivi normativi (cfr. grafici da 10 a 13 seguenti).

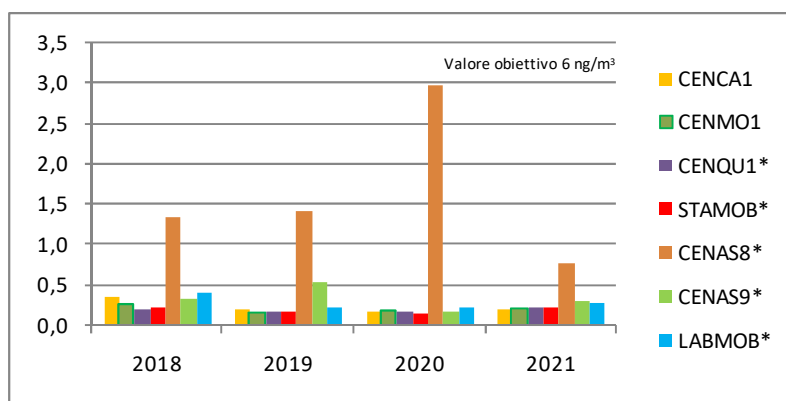


Grafico 10 – Andamento delle medie annuali di As (ng/m³) – Agglomerato di Cagliari e area di Assemini

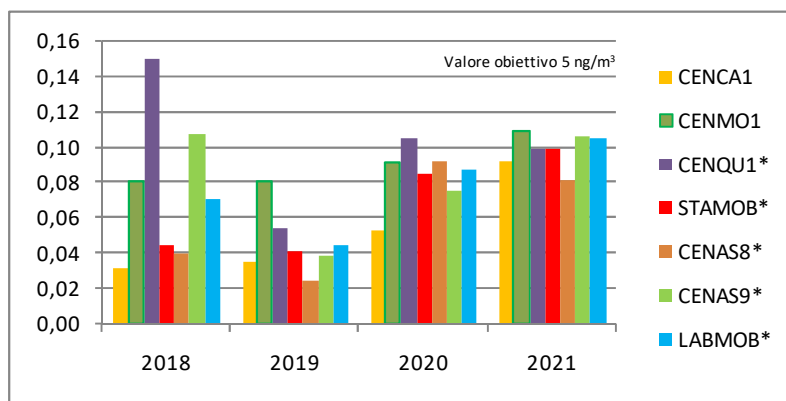


Grafico 11 – Andamento delle medie annuali di Cd (ng/m³) – Agglomerato di Cagliari e area di Assemmini

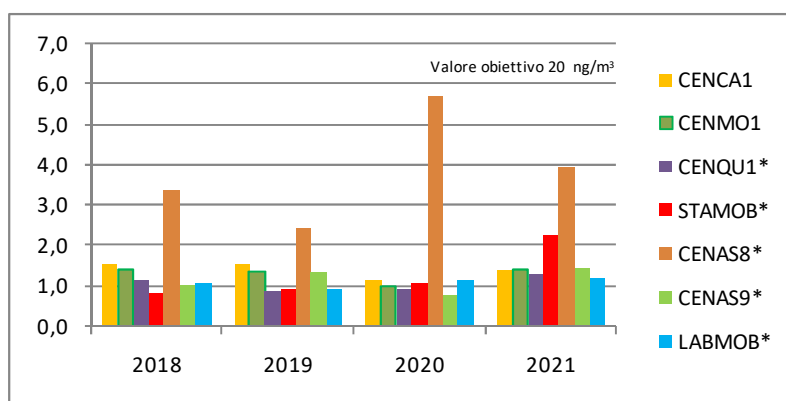


Grafico 12 – Andamento delle medie annuali di Ni (ng/m³) – Agglomerato di Cagliari e area di Assemmini

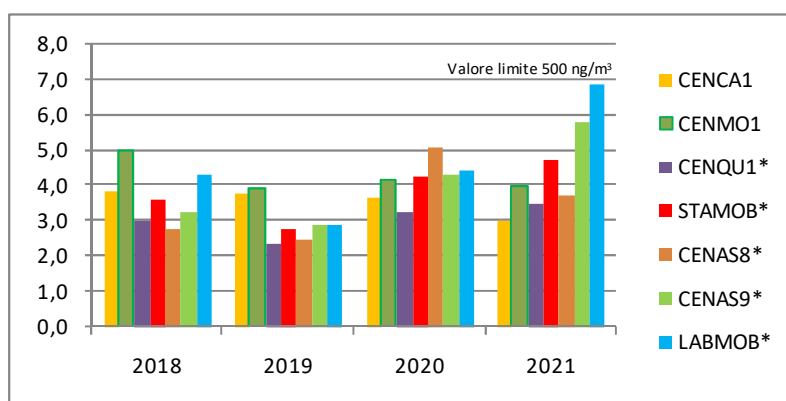


Grafico 13 – Andamento delle medie annuali di Pb (ng/m³) – Agglomerato di Cagliari e area di Assemmini