



POR FESR
2014 2020
Friuli Venezia Giulia

OPPORTUNITÀ PER UNA CRESCITA SOSTENIBILE



POR FESR 2014 – 2020 FVG AZIONE 4.1

Agenda Urbana T.E.M. – “Torre Eco Mob City Sensing”

MONITORAGGIO AMBIENTALE CON RETE DI SENSORI E INFORMAZIONE AMBIENTALE (parte A)

REPORT FINALE



Introduzione	2
La rete di rilevamento	3
Le piattaforme di restituzione del dato.....	5
Risultati del monitoraggio	9
Gli ossidi di azoto (NO ₂ /NO)	9
Il biossido di Azoto (NO ₂).....	9
Il monossido di Azoto (NO).....	21
Il particolato atmosferico	23
Il PM ₁₀	23
Il PM _{2,5}	35
Il PM ₁	47
L’Ozono (O ₃).....	49
Il monossido di Carbonio (CO).....	61
L’anidride carbonica (CO ₂).....	63
L’acido solfidrico (H ₂ S).....	65
Il diossido di Zolfo (SO ₂).....	67
I composti organici volatili (VOC)	69
Considerazioni e commenti.....	71

Introduzione

Riportiamo nel presente report conclusivo dell'intero progetto i risultati delle attività relative ai rilevamenti con rete di sensori ambientali installata nell'ambito del progetto POR FESR 2014 – 2020 FVG AZIONE 4.1 Agenda Urbana T.E.M. – “Torre Eco Mob City Sensing”.

I dati raccolti dalla rete di sensori sono stati archiviati e successivamente rielaborati per produrre informazioni utili alla valutazione del contesto di qualità dell'aria nell'area oggetto di studio. È opportuno in questa fase sottolineare che la strumentazione utilizzata per la realizzazione della rete di sensori, secondo quanto previsto dalle attività di progetto, non appartiene alla categoria di strumenti cosiddetti “reference” di cui sono equipaggiati i siti fissi inseriti nella rete di rilevamento della qualità dell'aria gestita dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli-Venezia Giulia. I risultati e ogni tipo di commento e valutazione conseguente alla loro analisi sono quindi da riferirsi a un monitoraggio di tipo “indicativo”, il cui valore aggiunto risiede nella possibilità di raccogliere informazioni capillari sul territorio in termini di dettaglio spaziale e risoluzione temporale dei rilevamenti effettuati.

Il report è così strutturato:

- Una breve descrizione della rete di sensori e della strumentazione installata
- Una breve descrizione delle piattaforme sviluppate per la restituzione dei dati
- I risultati del monitoraggio per gli inquinanti identificati in collaborazione con ARPA FVG e Comune di Pordenone come maggiormente significativi e potenzialmente critici (PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, O₃) così strutturati.
 - Andamento temporale delle concentrazioni in aria rilevate (medie mensili) nel periodo di rilevamento (agosto 2021 – settembre 2023)
 - Profilo statistico settimanale (“settimana tipo”) calcolato per ognuno dei quattro trimestri (gen-mar, apr-giu, lug-set, ott-dice) nell'arco del progetto
 - Profilo statistico giornaliero (“giornata tipo”) per giorni feriali e festivi calcolato per ognuno dei quattro trimestri (gen-mar, apr-giu, lug-set, ott-dice) nell'arco del progetto
- I risultati del monitoraggio per gli altri inquinanti rilevati (CO, CO₂, H₂S, NO, PM₁, SO₂, VOC) così strutturati
 - Andamento temporale delle concentrazioni in aria rilevate (medie mensili) nel periodo di rilevamento (agosto 2021 – settembre 2023)
- Commenti e considerazioni sui risultati ottenuti e sul contesto analizzato

La rete di rilevamento

La rete di rilevamento dei parametri ambientali è composta da otto stazioni posizionate nei siti indicati a progetto ed elencati nel seguito.

- Via Salvo D’Acquisto, in prossimità della SS n.13 (sito posizionato per valutare l’effetto della dorsale a forte impatto di traffico)
- Via Piave (arteria di grande viabilità e luogo di realizzazione di pista ciclabile)
- Via Stradelle (sito caratteristico di viabilità secondaria all’interno delle zone 30)
- Orti sociali (sito di fondo urbano)
- Via Galilei a breve distanza dalla SS n.13 (per valutare l’effetto della dorsale a forte impatto di traffico)
- Via San Valentino – P. le Mutilati (arteria di grande viabilità e luogo di realizzazione di pista ciclabile)
- P.zza Lozer (in prossimità di una viabilità secondaria all’interno delle zone 30)
- Via Silvio Pellico/Via Maroncelli (stazione posizionata all’interno di un parco urbano, sito di fondo urbano).

Riportiamo in figura una mappa con l’indicazione dei siti di installazione, per la cui collocazione esatta si rimanda ai report di installazione trasmesso (PN_ReteSensAmb_R04).

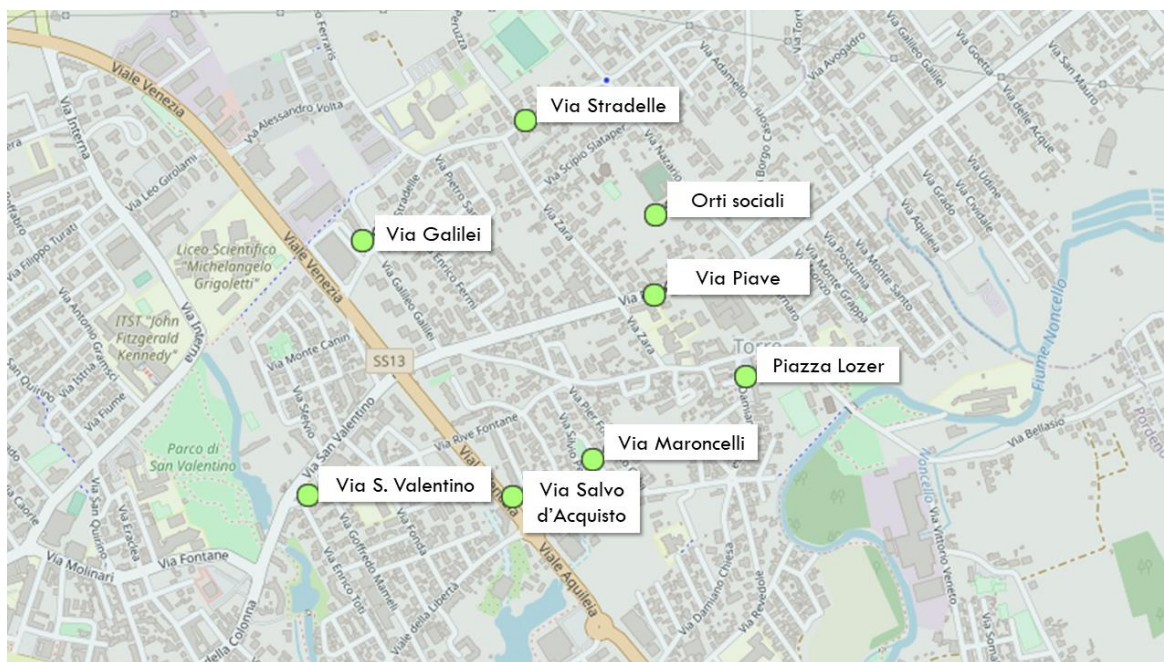


Figura 1 - Mappa dell’area oggetto dell’intervento. I punti verdi indicano le posizioni delle stazioni della rete di rilevamento.

Ogni stazione è accessoriata con un nodo statico Bettair® per il rilevamento dei parametri ambientali e la loro trasmissione remota e restituzione su piattaforma di accesso ai dati e alle loro elaborazioni. Riportiamo nel seguito le caratteristiche principali delle stazioni di misura installate.

Tecnologia utilizzata e parametri rilevati

- Sei sensori elettrochimici per la misurazione delle concentrazioni di: biossido di Azoto (NO₂), ozono (O₃), monossido di Azoto (NO), monossido di Carbonio (CO), acido solfidrico (H₂S), anidride solforosa (SO₂).
- Optical Particle Counter per la misurazione del Particolato in tre classi dimensionali: PM₁, PM_{2,5}, PM₁₀.
- Sensore *Nondispersive infrared* (NDIR) per la misurazione dell’anidride Carbonica (CO₂).
- Sensore del tipo ossido di metallo a semiconduttore (MOX) per la rilevazione di VOC.
- Altri parametri ambientali: Temperatura, Umidità Relativa, Pressione Atmosferica, Rumore Ambientale

Condizioni operative di funzionamento: Temperatura: (-)10 to (+)50 °C; Umidità Relativa: 15 to 85 %RH (non-condensing). Il funzionamento senza danni è garantito dal fornitore entro i seguenti intervalli: da -30 a +50 °C di temperatura, da 0 a 100% di umidità relativa.

Modalità di raccolta dati

I nodi raccolgono campioni da ogni sensore con una frequenza di 10 Hz. Per gli inquinanti (gas e particelle), i campioni sono mediati in periodi di 5 minuti. I modelli di machine learning precalcolati consentono la generazione di stime accurate in tempo reale. Per i sensori di livello di rumore ambientale, i campioni con un periodo di integrazione di 1s possono essere resi disponibili su richiesta.

Alimentazione

Pannello Solare: Potenza: 20Wp, Tensione: 17,8V, Corrente: 1,13A, Tipo di Cella: policristalli di silicio, Tolleranza: +3%, Peso: 2.4 Kg, Dimensioni

Le piattaforme di restituzione del dato

Nell’arco del progetto i dati rilevati dalla rete di sensori sono stati raccolti e restituiti nelle modalità corrispondenti a quanto richiesto dal Capitolato e definite nei dettagli in accordo con le richieste specifiche avanzate dal Comune nelle prime fasi di progetto.

In particolare sono state sviluppate e messe in opera le strutture elencate nel seguito.

- Portale web di accesso pubblico
 - Visualizzazione degli indicatori della concentrazione degli inquinanti in tempo reale (media sulla giornata precedente) (v. Figura 2)
- Portale web di accesso riservato agli enti (sono stati attivati e sono rimasti disponibili nell’arco del progetto utenti dedicati a Comune di Pordenone e ARPA FVG)
 - Accesso alle mappe geo-referenziate della concentrazione degli inquinanti e dei parametri meteo, in tempo reale e per periodi impostabili, ottenute come interpolazione delle misure svolte dalle centraline (v. Figura 3)
 - Accesso alle mappe geo-referenziate della concentrazione degli inquinanti, in tempo reale e per periodi impostabili, ottenute tramite l’elaborazione ibrida misure-modello (v. Figura 4)
 - Grafici multi-serie dell’andamento temporale dei parametri misurati su finestre temporali impostabili con selezione delle centraline per confronti e download dei dati in forma tabellare (v. Figura 5)
- Cloud repository (accesso esclusivo per enti, i file di dati sono rimasti disponibili al download nella piattaforma dedicata agli Enti nell’arco del progetto, i report documentali sono stati inviati ai Responsabili di Progetto nel corso delle attività)
 - Tabelle XLS dei parametri di qualità dell’aria e ambientali misurati da ogni centralina automaticamente aggiornati.
 - Report riassuntivi statistici sui dati misurati da ogni sensore, sugli indicatori diagnostici di funzionamento delle centraline, e sulle attività di manutenzione svolte (in PDF) aggiornati periodicamente come definito nel Capitolato, incluse schede monografiche delle concentrazioni degli inquinanti rilevati.
- Pannello multimediale urbano di Via Piave
 - Indice giornaliero di valutazione della qualità dell’aria CAQI e indici di concentrazione dei principali inquinanti rilevati. (v. Figura 6)

Si precisa che l’archivio contenente il pacchetto dei dati rilevati durante l’intero servizio è stato predisposto in formato .tar e caricato su spazio cloud al seguente link

L’archivio rimarrà disponibile per il download fino al 30 novembre 2023

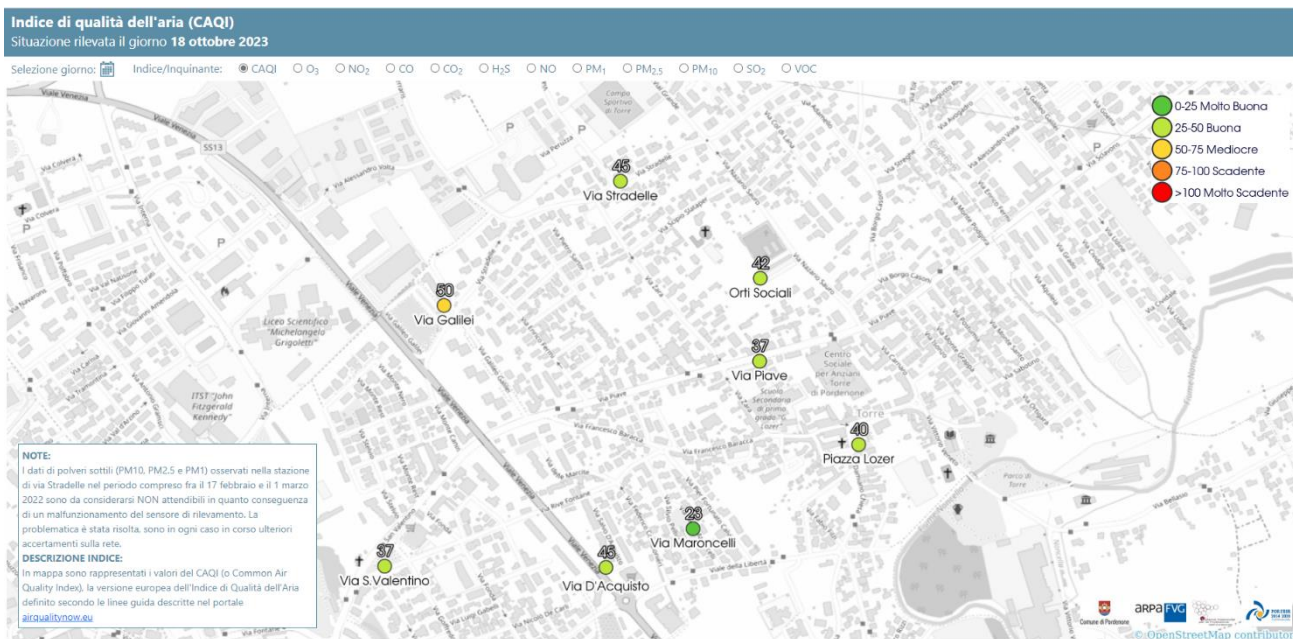


Figura 2 - Schermata del portale web di accesso pubblico (pagina iniziale)

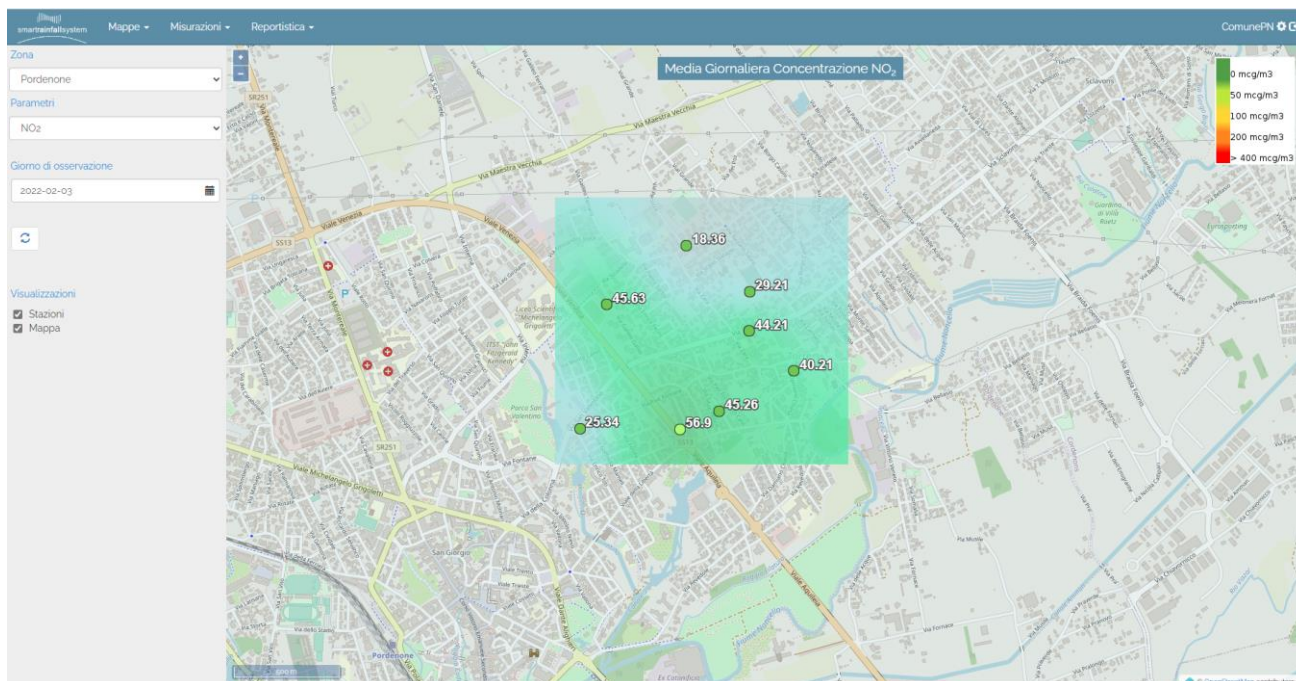


Figura 3 - Schermata del portale di accesso riservato agli Enti (mappe di restituzione dei dati e interpolazione)

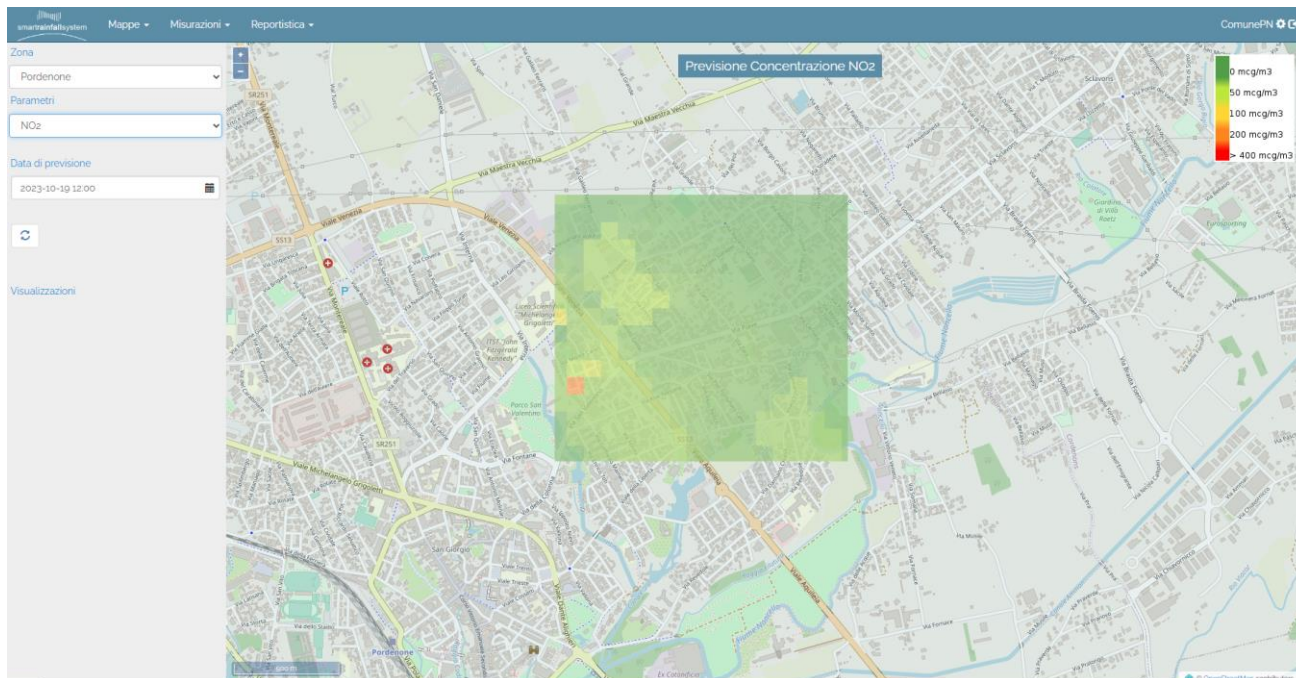


Figura 4 - Schermata del portale di accesso riservato agli Enti (mappe modello previsionale)

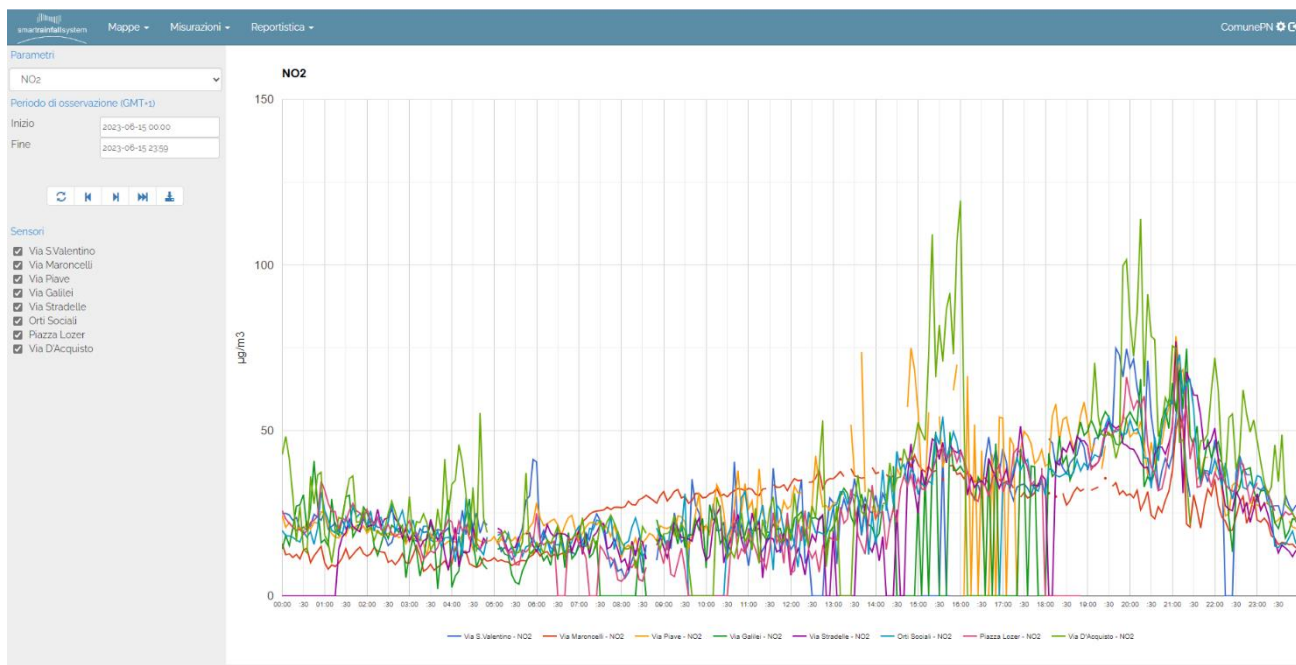


Figura 5 - Schermata del portale di accesso riservato agli Enti (grafico multiserie andamento temporale dati rilevati)



Figura 6 - Foto del pannello multimediale (visore ambientale) installato in v. Piave

Risultati del monitoraggio

Gli ossidi di azoto (NO₂/NO)

Nell'elenco dei principali inquinanti atmosferici si considerano spesso gli ossidi di Azoto (NO_x), cioè il monossido di Azoto (NO) e il biossido di Azoto (NO₂). Questi si formano durante i processi di combustione ad elevata temperatura e tendono a reagire rapidamente in atmosfera fino a raggiungere un equilibrio, giocando un ruolo fondamentale nel ciclo dell'ozono troposferico. La normativa impone limiti per le concentrazioni atmosferiche di NO₂, altamente tossico per l'uomo se in concentrazioni sufficientemente elevate. Gli NO_x presenti in atmosfera sono in gran parte riconducibili a sorgenti naturali (vulcani, oceani, processi biologici,...), nei contesti urbani la presenza in particolare di NO₂ è tipicamente dovuta al traffico veicolare, al riscaldamento domestico e alle centrali termoelettriche.

Riportiamo nel seguito una sintesi e rappresentazione grafica dei dati raccolti e delle successive elaborazioni.

Il biossido di Azoto (NO₂)

Concentrazione Media Mensile NO ₂ (microgrammi/metrocubo)								
Mese	Via Maroncelli	Via Piave	Via Galilei	Via Stradelle	Orti Sociali	Piazza Lozer	Via S.Valentino	Via D'Acquisto
Ago. 2021	22	26	24	22	24	20	25	31
Set. 2021	26	24	29	23	23	24	30	38
Ott. 2021	30	53	31	14	20	22	23	40
Nov. 2021	26	27	25	10	26	15	15	31
Dic. 2021	33	30	36	8	23	24	16	41
Gen. 2022	37	32	38	8	26	27	16	44
Feb. 2022	35	33	37	10	25	27	18	43
Mar. 2022	22	35	33	21	24	23	19	40
Apr. 2022	13	22	27	14	18	17	16	33
Mag. 2022	23	27	31	17	25	26	26	36
Giu. 2022	35	37	39	25	34	36	37	44
Lug. 2022	40	40	39	27	37	39	43	45
Ago. 2022	39	35	38	23	32	36	38	43
Set. 2022	30	24	30	17	21	24	25	35
Ott. 2022	34	29	34	39	21	28	30	44
Nov. 2022	26	22	24	15	17	21	19	30
Dic. 2022	28	22	23	18	18	21	21	28
Gen. 2023	27	21	23	17	17	22	25	31
Feb. 2023	30	28	26	21	21	25	24	35
Mar. 2023	25	23	23	20	20	22	23	30
Apr. 2023	23	21	21	20	18	21	23	29
Mag. 2023	21	27	22	21	22	21	26	28
Giu. 2023	22	28	27	26	27	27	29	32
Lug. 2023	19	27	26	27	26	11	32	35
Ago. 2023	17	28	24	27	25	23	32	35
Set. 2023	21	31	28	28	26	33	31	39

Tabella 1 – Valori medi mensili di concentrazione di NO₂ osservati nelle otto stazioni durante il periodo di rilevamento (Agosto 2021-Settembre 2023)

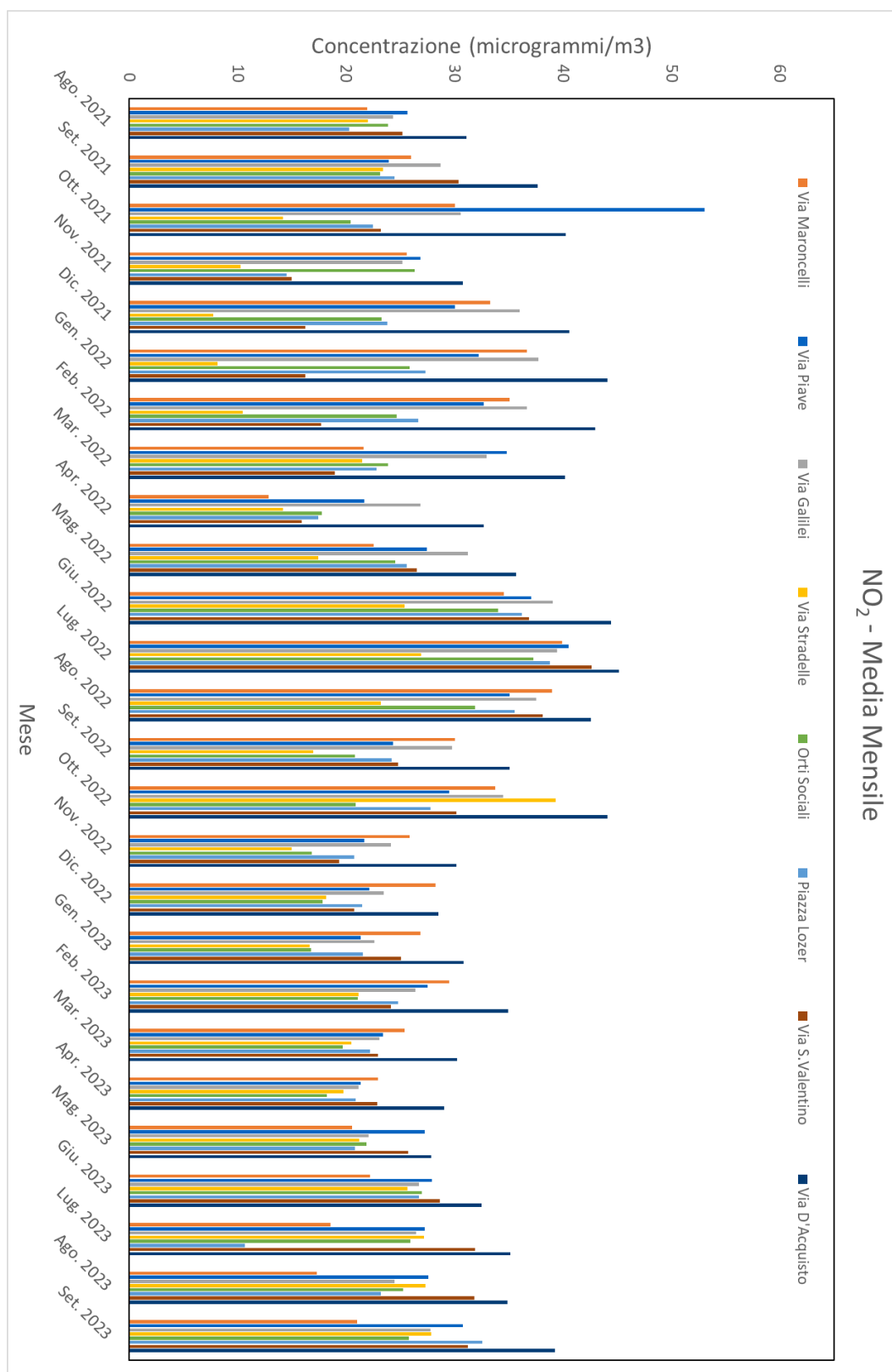


Figura 7 - Concentrazioni medie mensili di NO₂ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023)

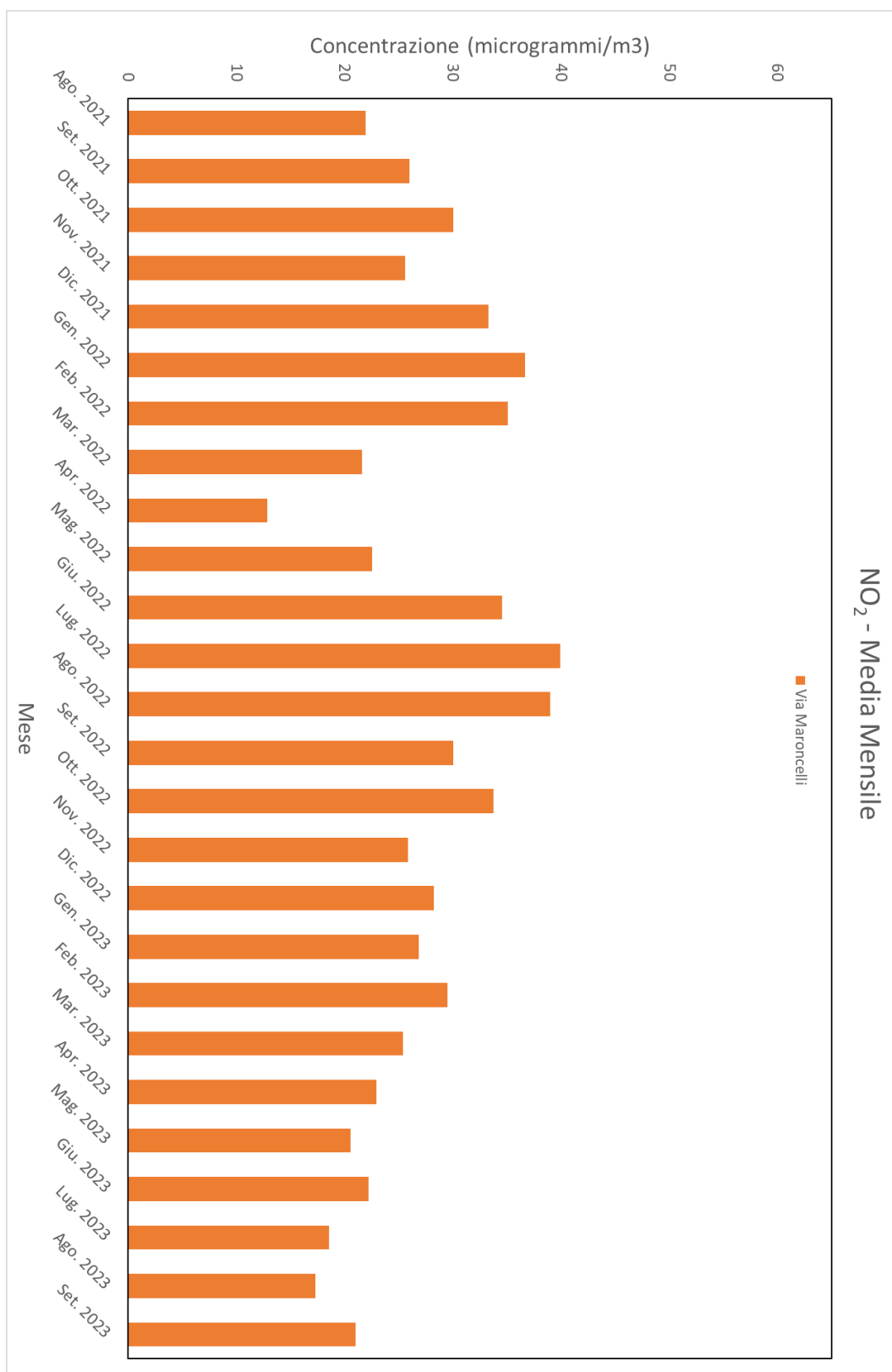


Figura 8 - Concentrazioni medie mensili di NO₂ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via Maroncelli

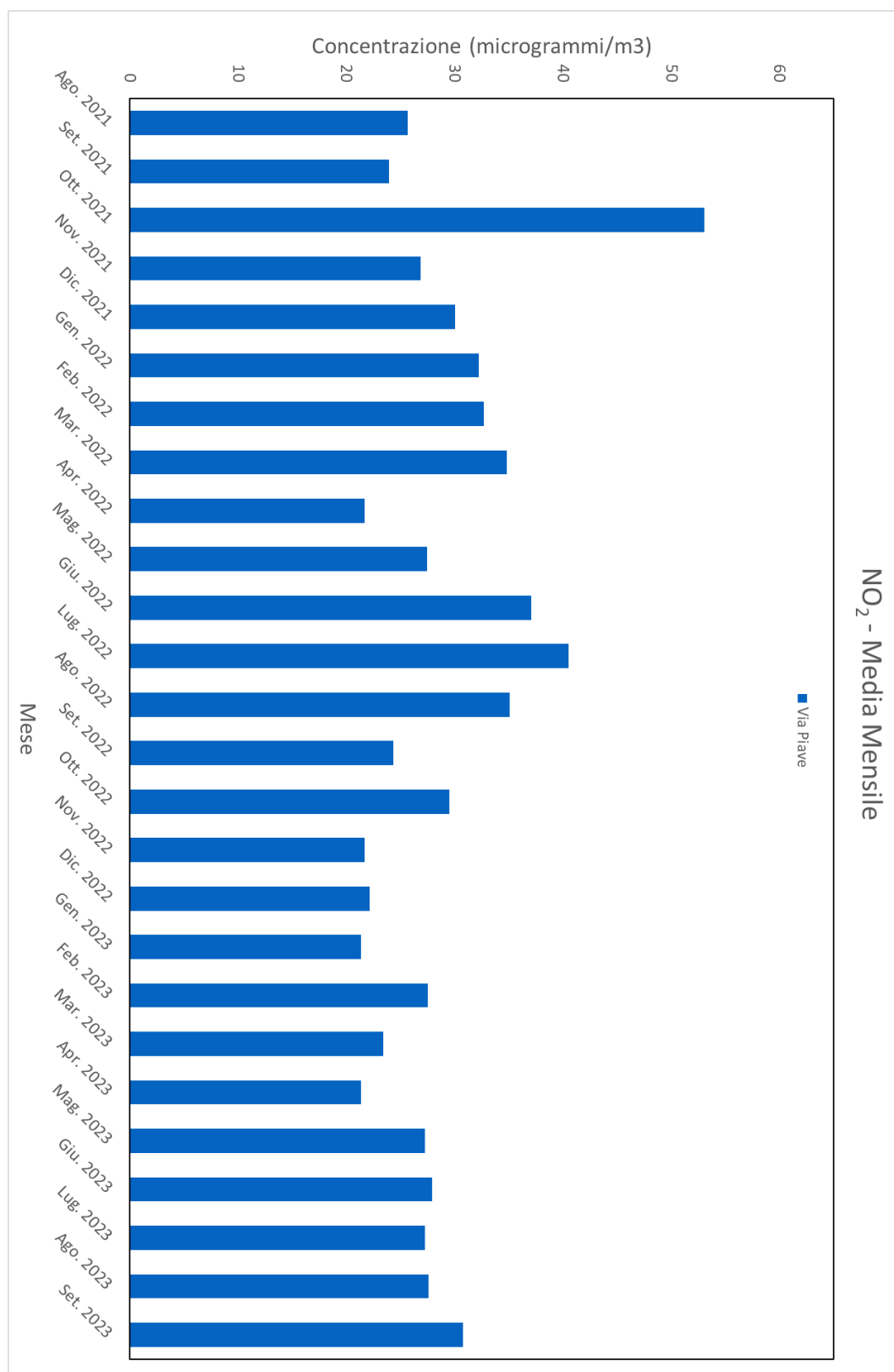


Figura 9 - Concentrazioni medie mensili di NO₂ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via Piave

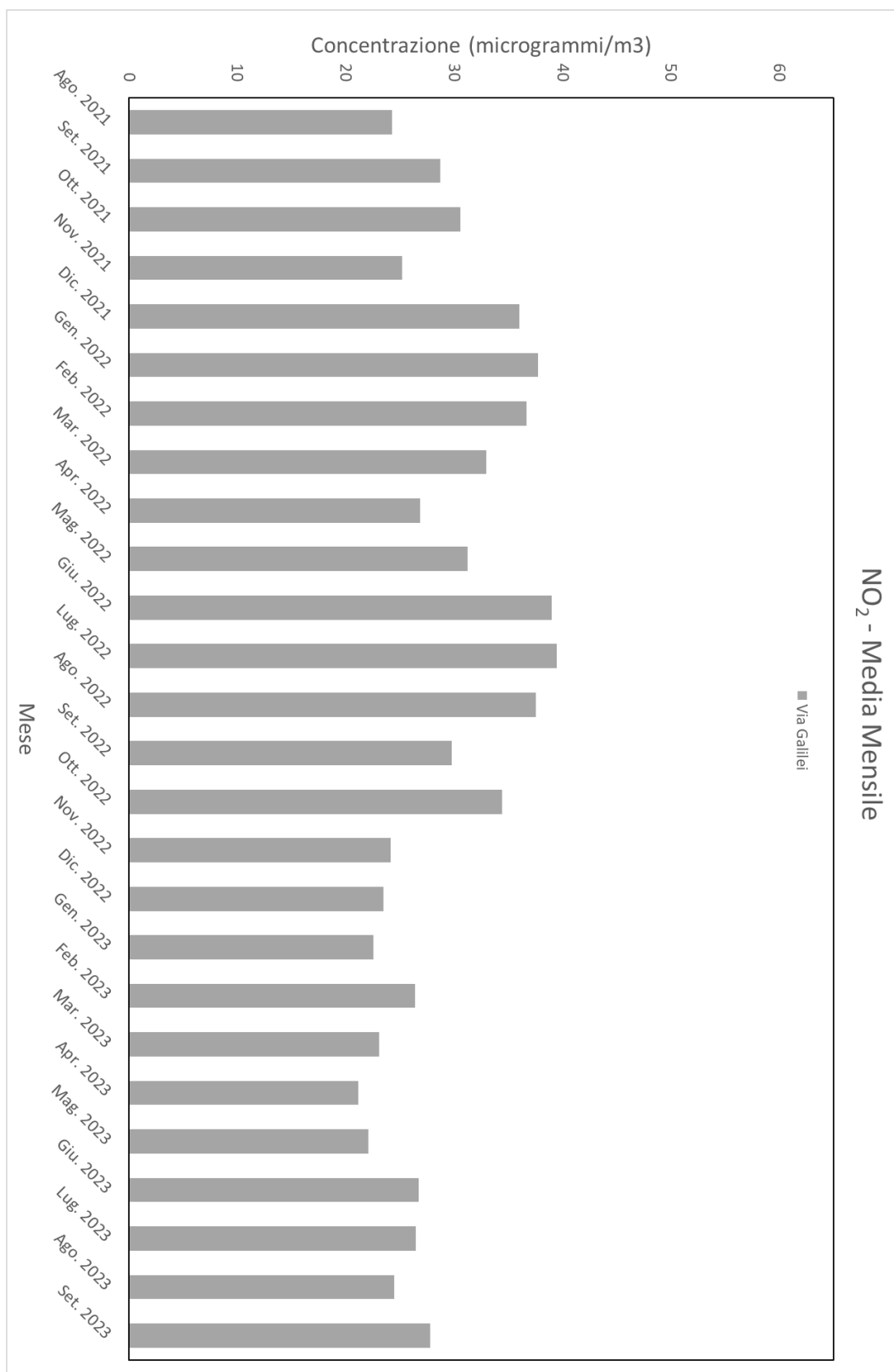


Figura 10 - Concentrazioni medie mensili di NO₂ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via Galilei

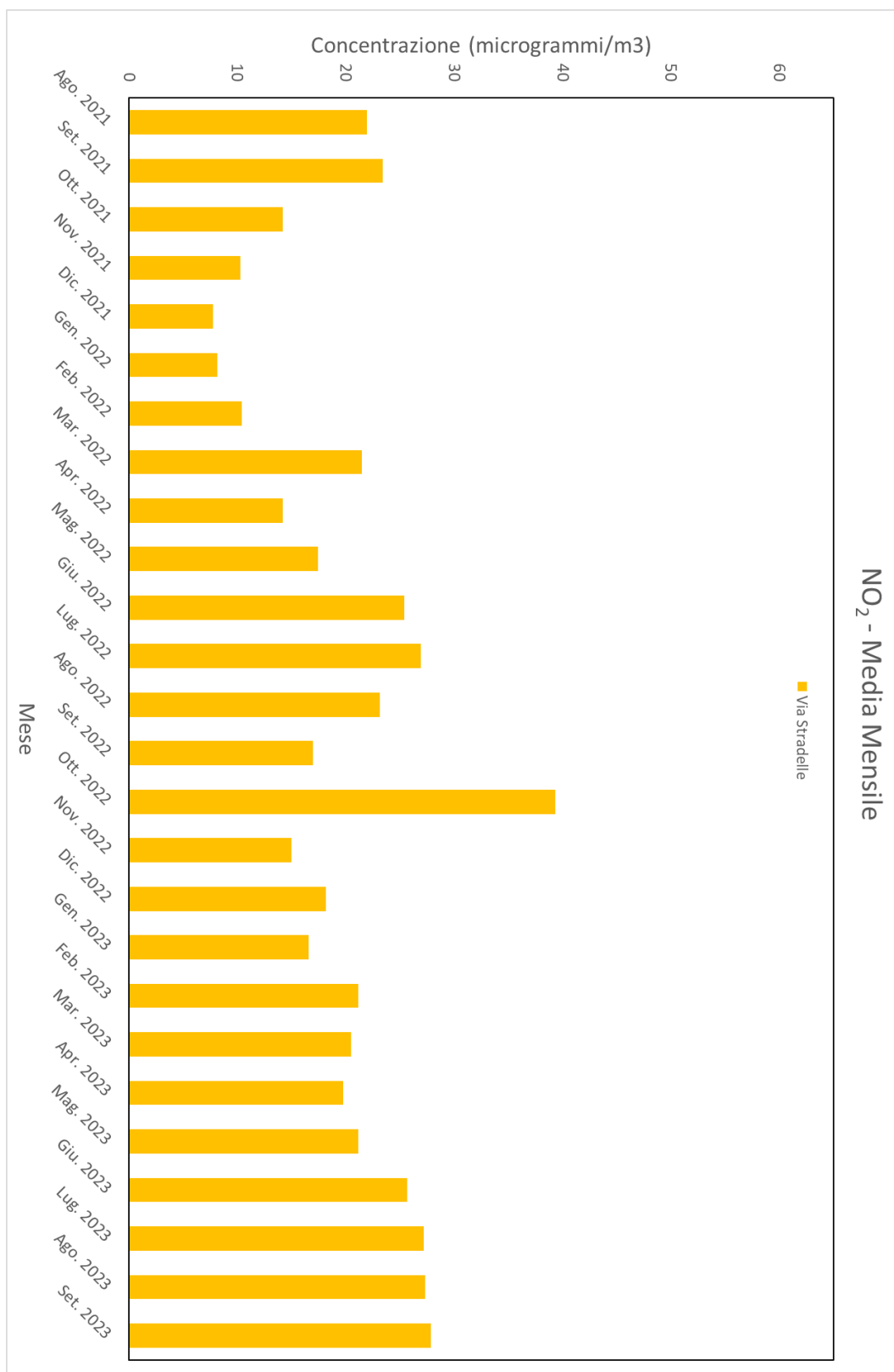


Figura 11 - Concentrazioni medie mensili di NO₂ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via Stradelle

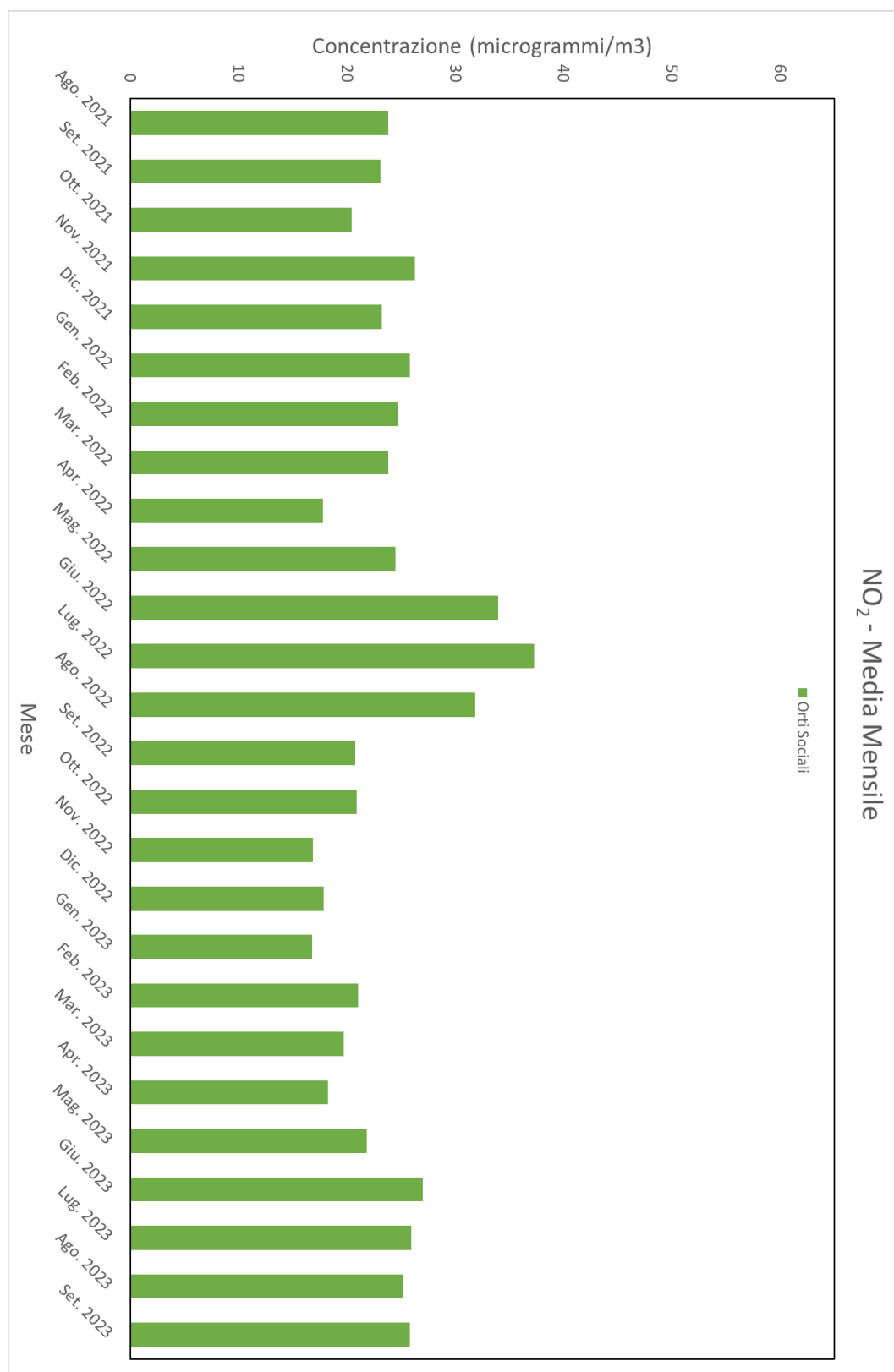


Figura 12 - Concentrazioni medie mensili di NO₂ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Orti Sociali

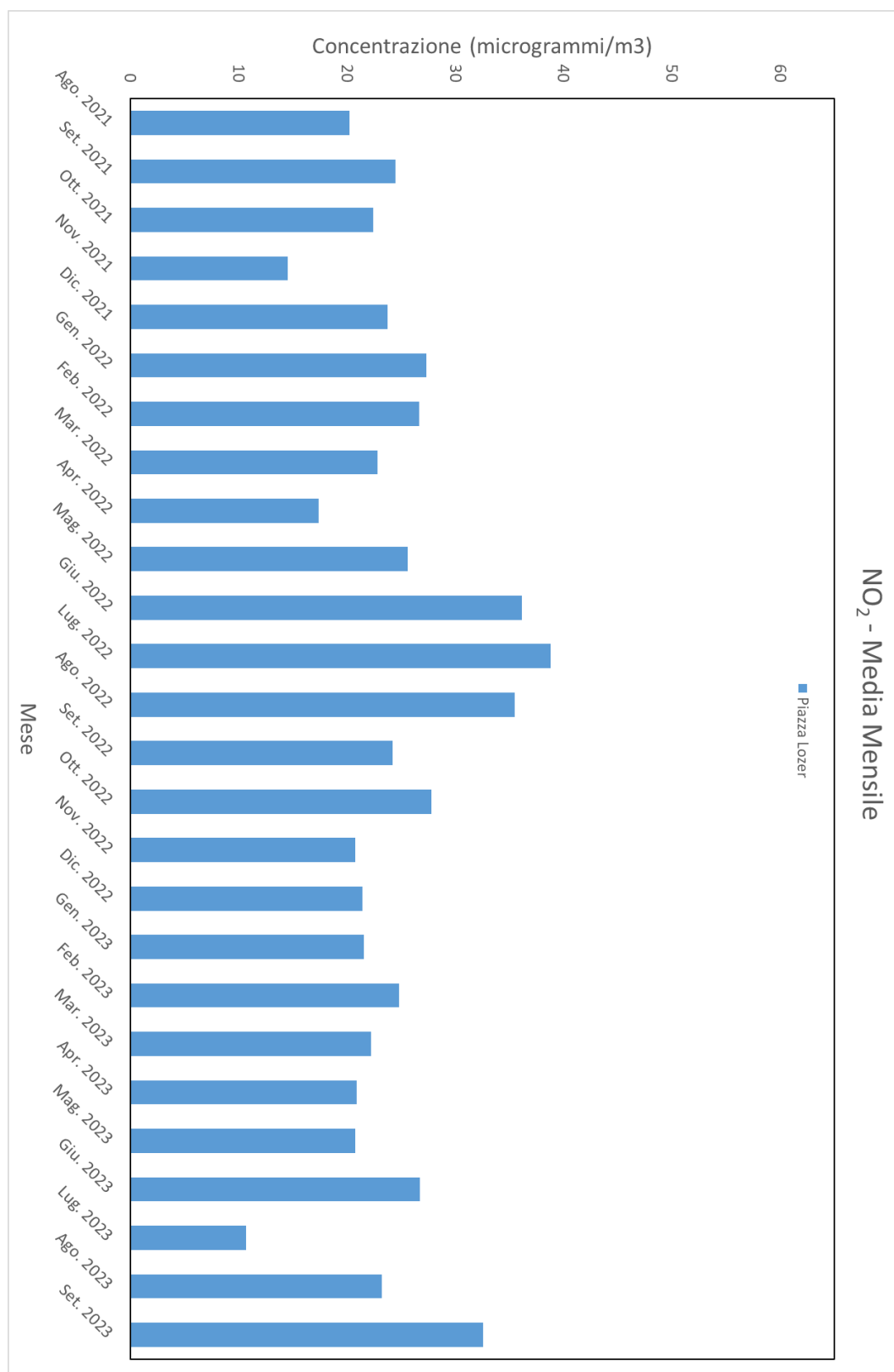


Figura 13 - Concentrazioni medie mensili di NO₂ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Piazza Lozer

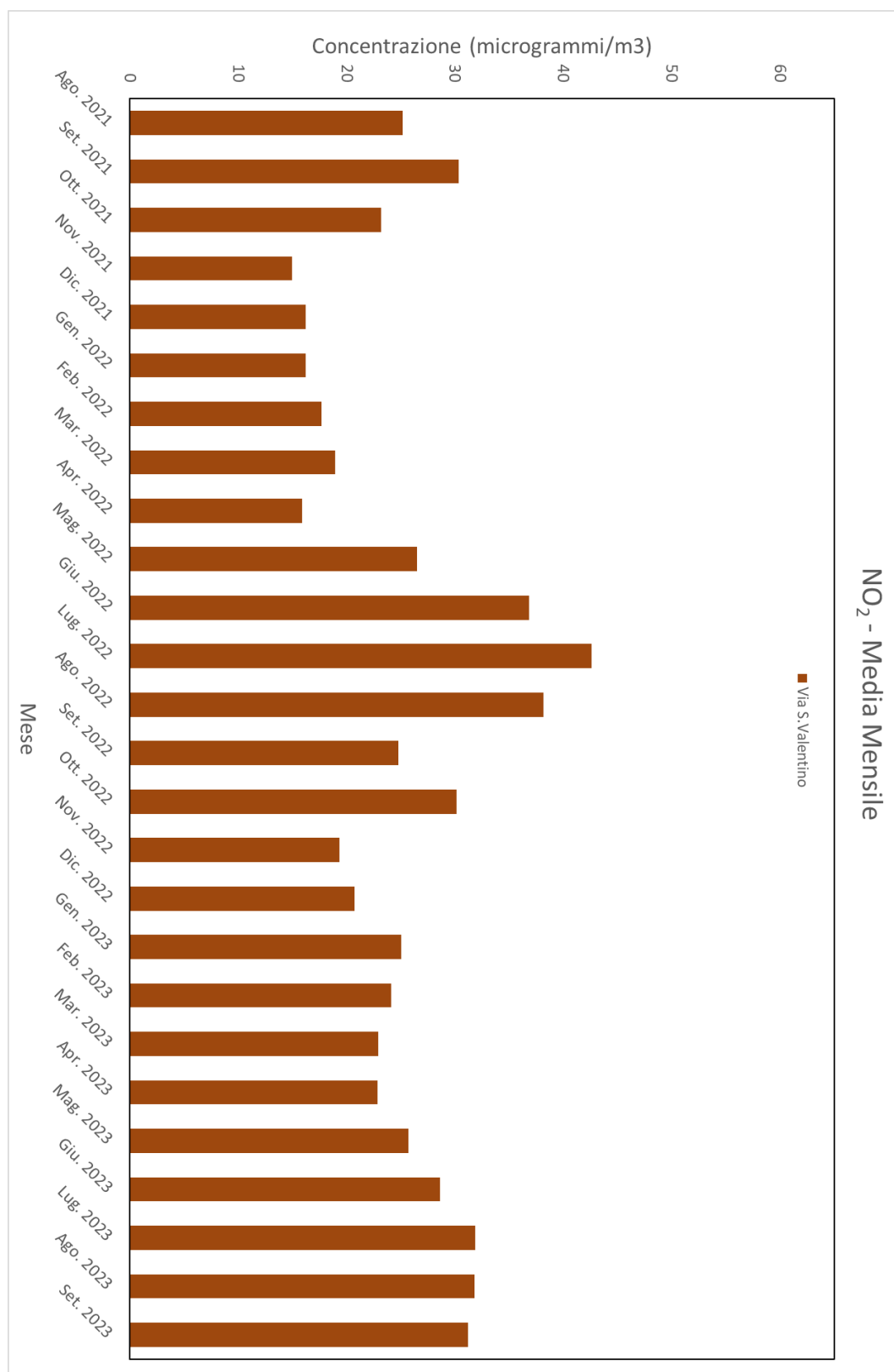


Figura 14 - Concentrazioni medie mensili di NO₂ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via San Valentino

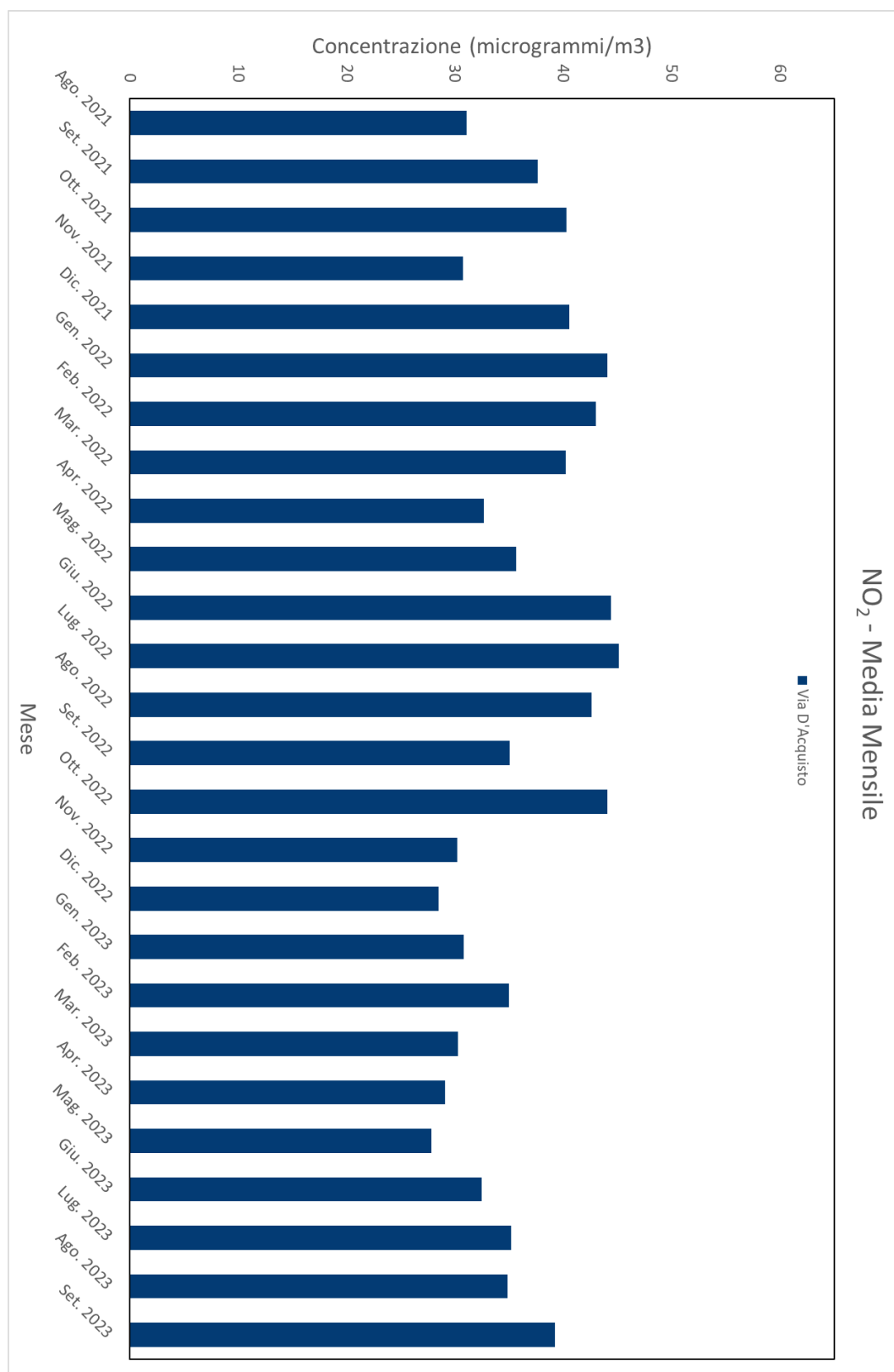


Figura 15 - Concentrazioni medie mensili di NO₂ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via D'Acquisto

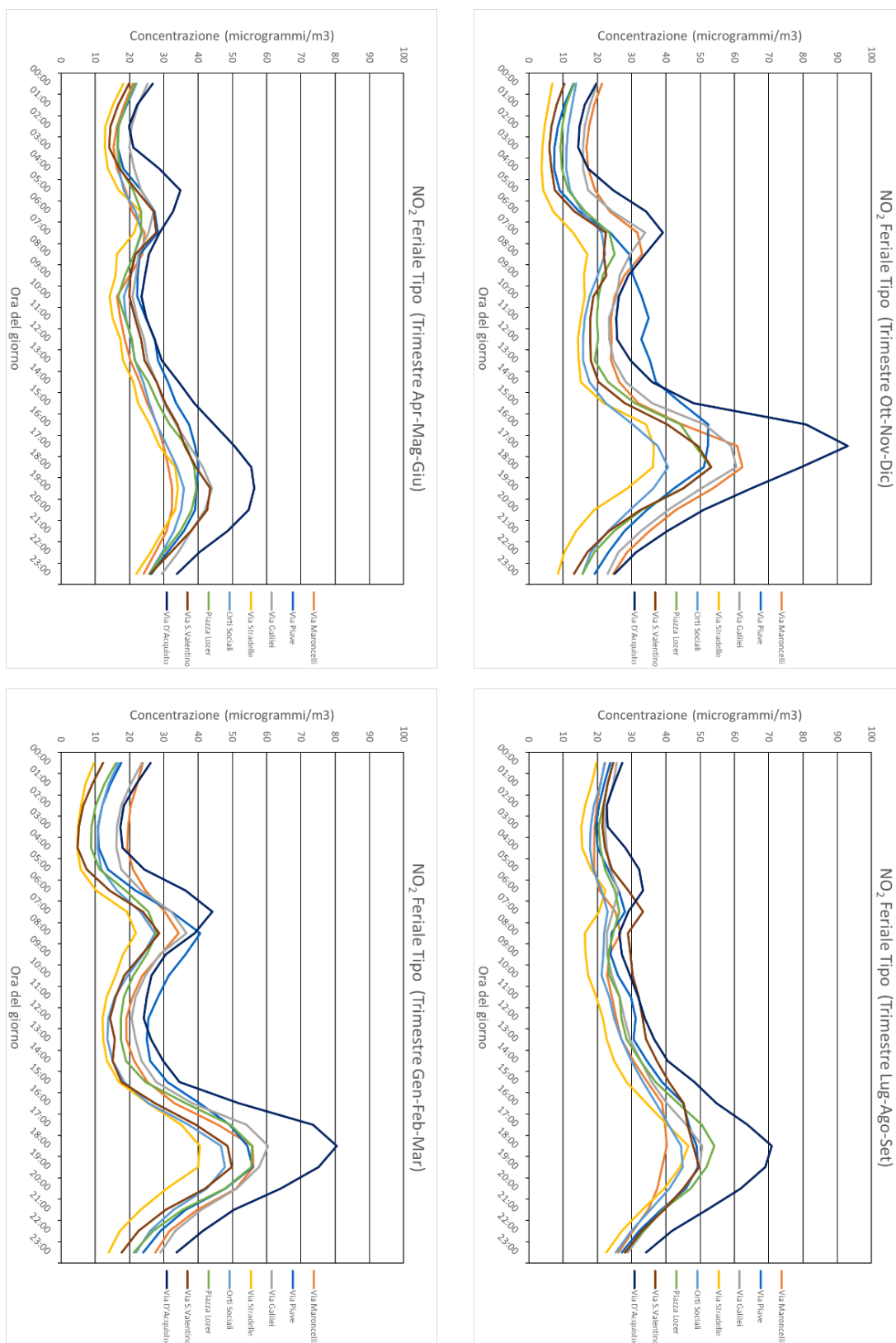


Figura 16 - Andamento medio delle concentrazioni di NO₂ nell'arco della giornata feriala (“giorno tipo”) durante i quattro trimestri

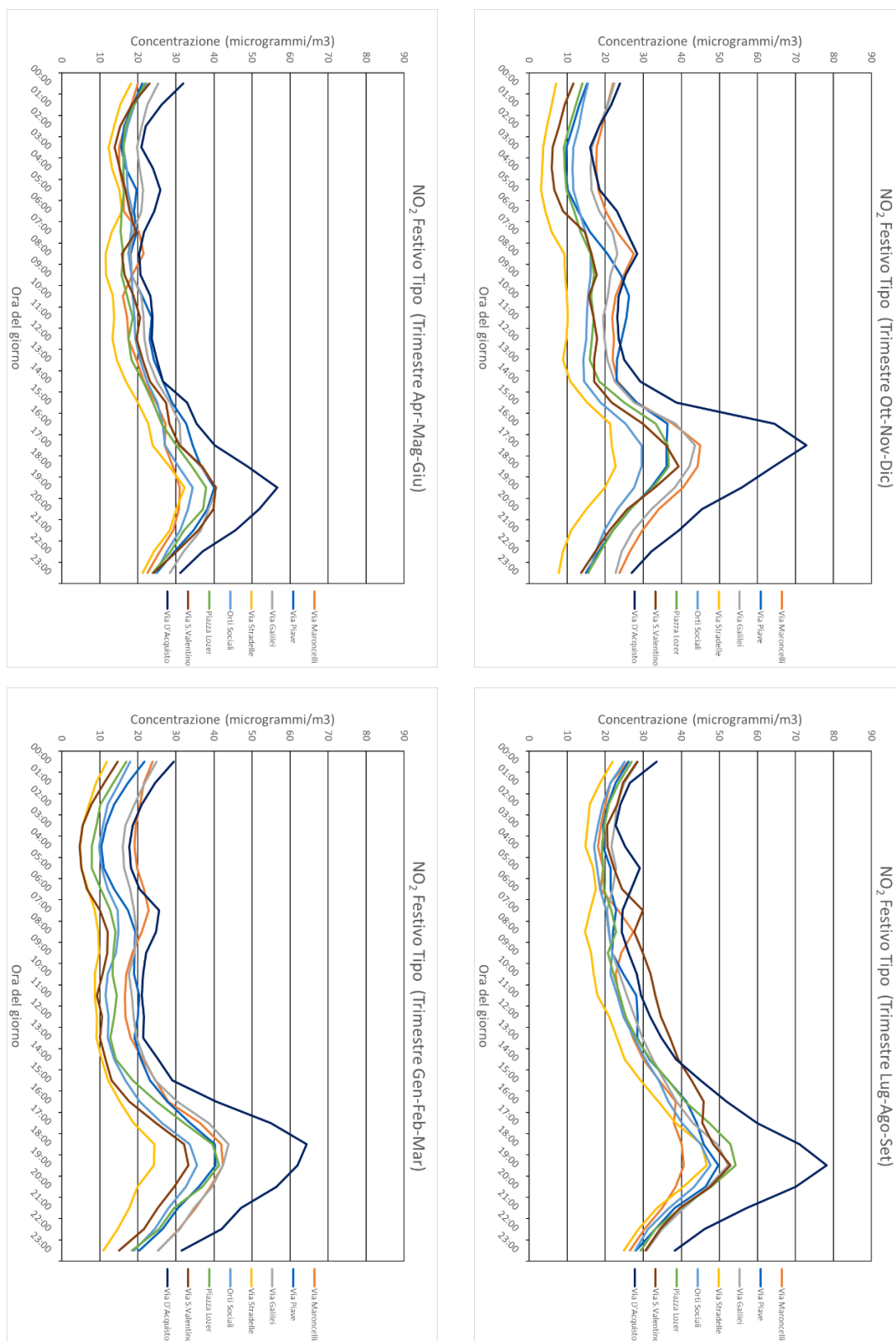


Figura 17 - Andamento medio delle concentrazioni di NO₂ nell'arco della giornata festiva (“giorno tipo”) durante i quattro trimestri

Il monossido di Azoto (NO)

Concentrazione Media Mensile NO (microgrammi/metrocubo)								
Mese	Via Maroncelli	Via Piave	Via Galilei	Via Stradelle	Orti Sociali	Piazza Lozer	Via S.Valentino	Via D'Acquisto
Ago. 2021	4.6	3.5	5.9	7.8	2.7	3.1	5.1	4.8
Set. 2021	5.3	6.0	7.3	10.1	3.4	4.2	5.3	7.7
Ott. 2021	6.0	17.5	12.8	20.7	5.3	8.3	21.9	18.2
Nov. 2021	11.3	17.6	19.5	44.0	10.2	13.5	35.3	28.5
Dic. 2021	14.0	12.3	38.5	50.3	16.2	11.5	56.5	36.3
Gen. 2022	11.3	8.1	36.7	-	16.7	9.3	54.5	32.9
Feb. 2022	6.0	5.9	20.5	-	6.2	5.0	35.4	18.2
Mar. 2022	8.2	1.4	9.3	-	1.1	7.7	20.7	5.0
Apr. 2022	1.8	0.3	4.9	-	1.0	1.1	12.4	3.2
Mag. 2022	0.3	0.5	1.7	-	0.8	0.5	2.6	1.7
Giu. 2022	0.1	1.2	1.3	-	0.6	0.6	1.1	1.6
Lug. 2022	0.1	1.5	0.9	-	0.3	0.6	0.6	0.6
Ago. 2022	0.3	3.6	1.5	-	0.9	1.2	1.2	1.8
Set. 2022	2.4	3.4	4.0	-	2.7	1.5	4.5	4.2
Ott. 2022	6.5	6.4	8.9	16.4	4.6	4.8	14.2	18.3
Nov. 2022	12.0	16.8	14.6	14.5	10.9	14.8	22.6	29.6
Dic. 2022	14.4	26.8	19.6	19.2	17.1	22.7	26.0	31.8
Gen. 2023	11.6	22.6	15.6	15.3	14.6	21.8	25.8	29.7
Feb. 2023	9.3	19.6	13.3	12.7	11.9	17.4	17.0	22.2
Mar. 2023	4.9	8.8	6.2	6.9	7.3	8.3	6.9	10.9
Apr. 2023	4.8	6.9	5.0	6.0	6.7	6.9	4.9	8.9
Mag. 2023	4.0	6.5	3.2	4.5	4.6	4.4	3.3	5.8
Giu. 2023	4.4	5.7	2.3	4.1	3.2	2.8	2.0	3.3
Lug. 2023	4.6	5.2	1.5	2.8	1.8	1.6	4.0	3.4
Ago. 2023	4.8	8.5	2.7	3.6	3.5	3.4	8.4	6.8
Set. 2023	5.6	14.3	3.2	4.8	4.0	4.1	7.3	9.1

Tabella 2 – Valori medi mensili di concentrazione di NO osservati nelle otto stazioni durante il periodo di rilevamento (Agosto 2021-Settembre 2023)

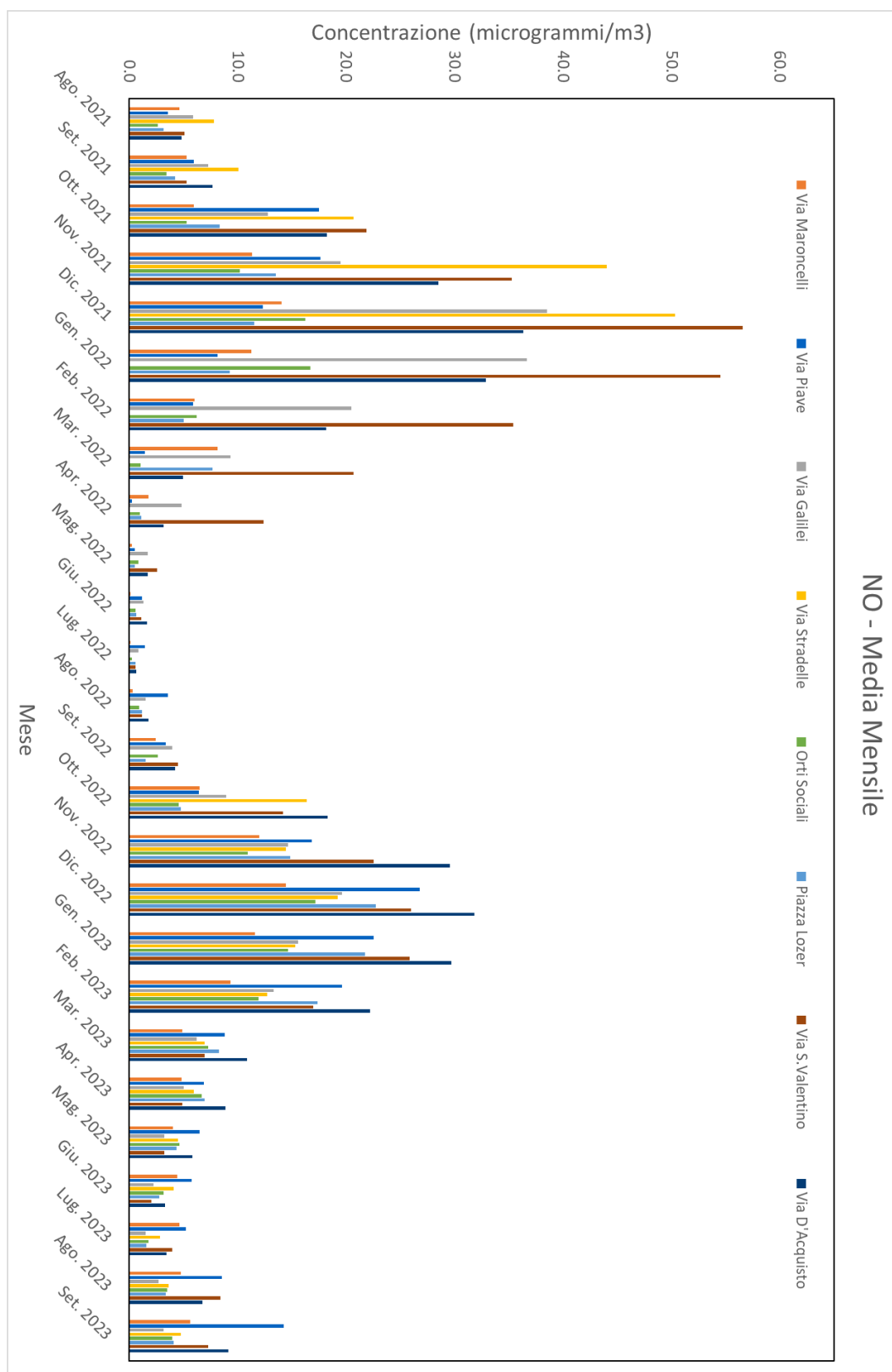


Figura 18 - Concentrazioni medie mensili di NO nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023)

Il particolato atmosferico

Il particolato atmosferico (PM), cui spesso ci si riferisce come “aerosol”, è costituito da particelle di piccolo diametro (tipicamente inferiore a 0.1 mm) di varia natura e specie. Nuoce alla salute della popolazione, soprattutto se si considerano le frazioni più fini in grado di penetrare in profondità nell’apparato respiratorio umano. Viene tipicamente classificato secondo le sue dimensioni, suddividendolo sulla base del diametro aerodinamico delle particelle, in ordine decrescente in PM₁₀, PM_{2.5} e PM₁, classi popolate da particelle rispettivamente di diametro inferiore a 0.01 mm, 0.0025 mm e 0.0010 mm. Esiste in atmosfera sia direttamente emesso da sorgenti naturali o antropiche (polveri del suolo, abrasione, processi di combustione) sia come risultato di processi chimici che si sviluppano a partire dai cosiddetti “gas precursori” a loro volta riconducibili a una vasta gamma di sorgenti.

Riportiamo nel seguito una sintesi e rappresentazione grafica dei dati raccolti e delle successive elaborazioni.

Il PM₁₀

Concentrazione Media Mensile PM ₁₀ (microgrammi/metrocubo)								
Mese	Via Maroncelli	Via Piave	Via Galilei	Via Stradelle	Orti Sociali	Piazza Lozer	Via S.Valentino	Via D'Acquisto
Ago. 2021	7	7	7	7	6	7	6	7
Set. 2021	13	12	14	13	13	13	13	13
Ott. 2021	32	14	30	27	24	24	14	27
Nov. 2021	23	21	21	22	22	23	13	22
Dic. 2021	42	39	37	32	36	38	32	42
Gen. 2022	52	50	50	45	48	49	44	54
Feb. 2022	39	37	37	39	36	36	33	39
Mar. 2022	-	38	39	40	37	37	35	40
Apr. 2022	13	15	16	15	14	15	14	15
Mag. 2022	10	9	12	11	11	11	10	11
Giu. 2022	10	11	11	11	10	11	10	11
Lug. 2022	7	7	8	8	8	8	7	8
Ago. 2022	6	6	6	6	6	6	5	6
Set. 2022	5	5	5	4	5	5	5	5
Ott. 2022	19	22	21	-	18	20	19	23
Nov. 2022	27	24	26	25	19	24	23	25
Dic. 2022	44	44	45	44	37	35	39	44
Gen. 2023	58	58	60	58	51	44	53	59
Feb. 2023	108	100	106	101	86	92	99	101
Mar. 2023	-	30	43	42	37	37	40	41
Apr. 2023	-	-	25	24	22	23	23	23
Mag. 2023	16	16	20	20	19	19	19	19
Giu. 2023	25	24	27	26	25	20	24	25
Lug. 2023	14	16	16	16	16	7	15	16
Ago. 2023	12	19	18	19	17	18	16	18
Set. 2023	14	21	22	21	21	22	19	21

Tabella 3 – Valori medi mensili di concentrazione di PM₁₀ osservati nelle otto stazioni durante il periodo di rilevamento (Agosto 2021-Settembre 2023)

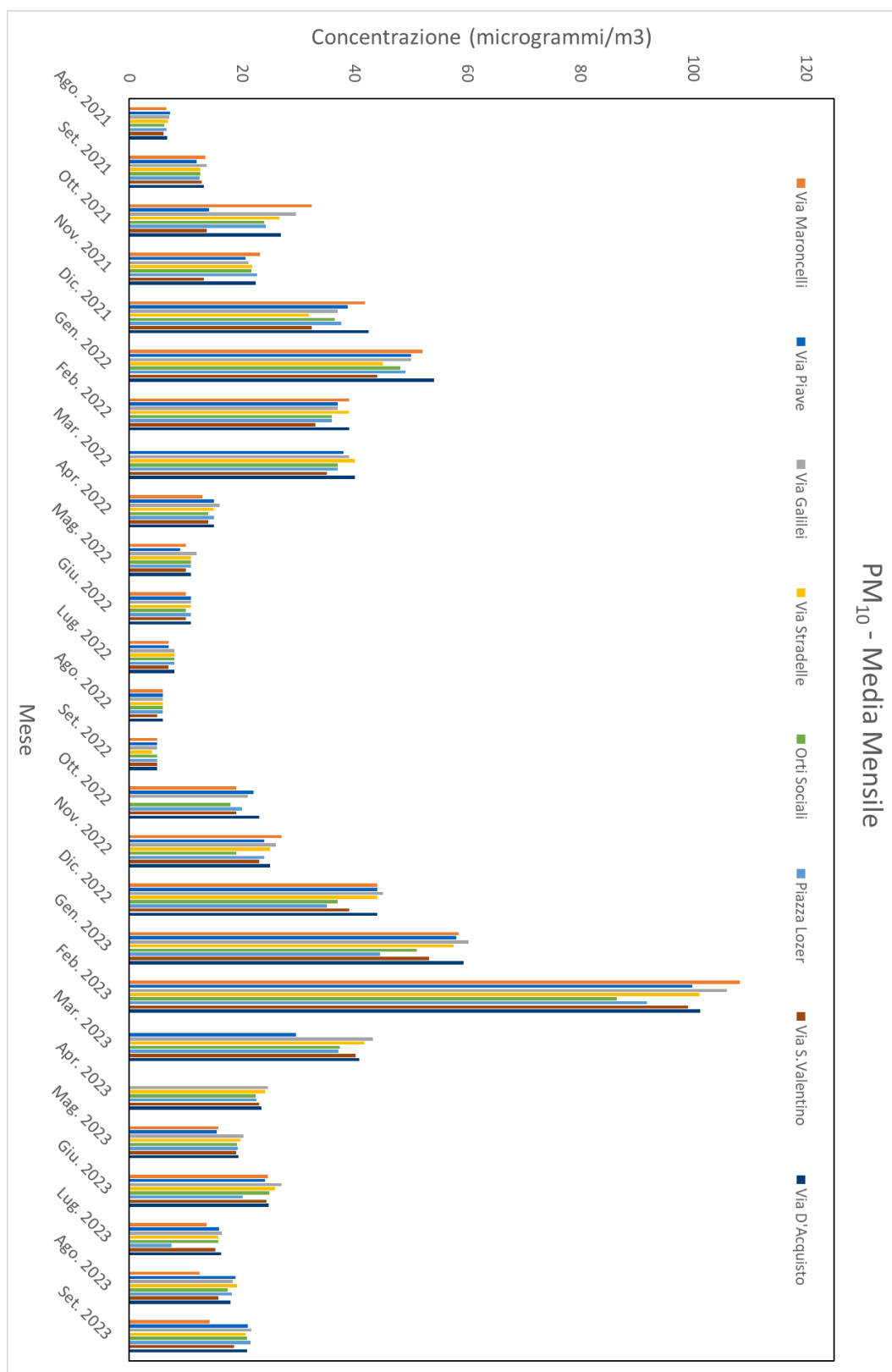


Figura 19 - Concentrazioni medie mensili di PM₁₀ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023)

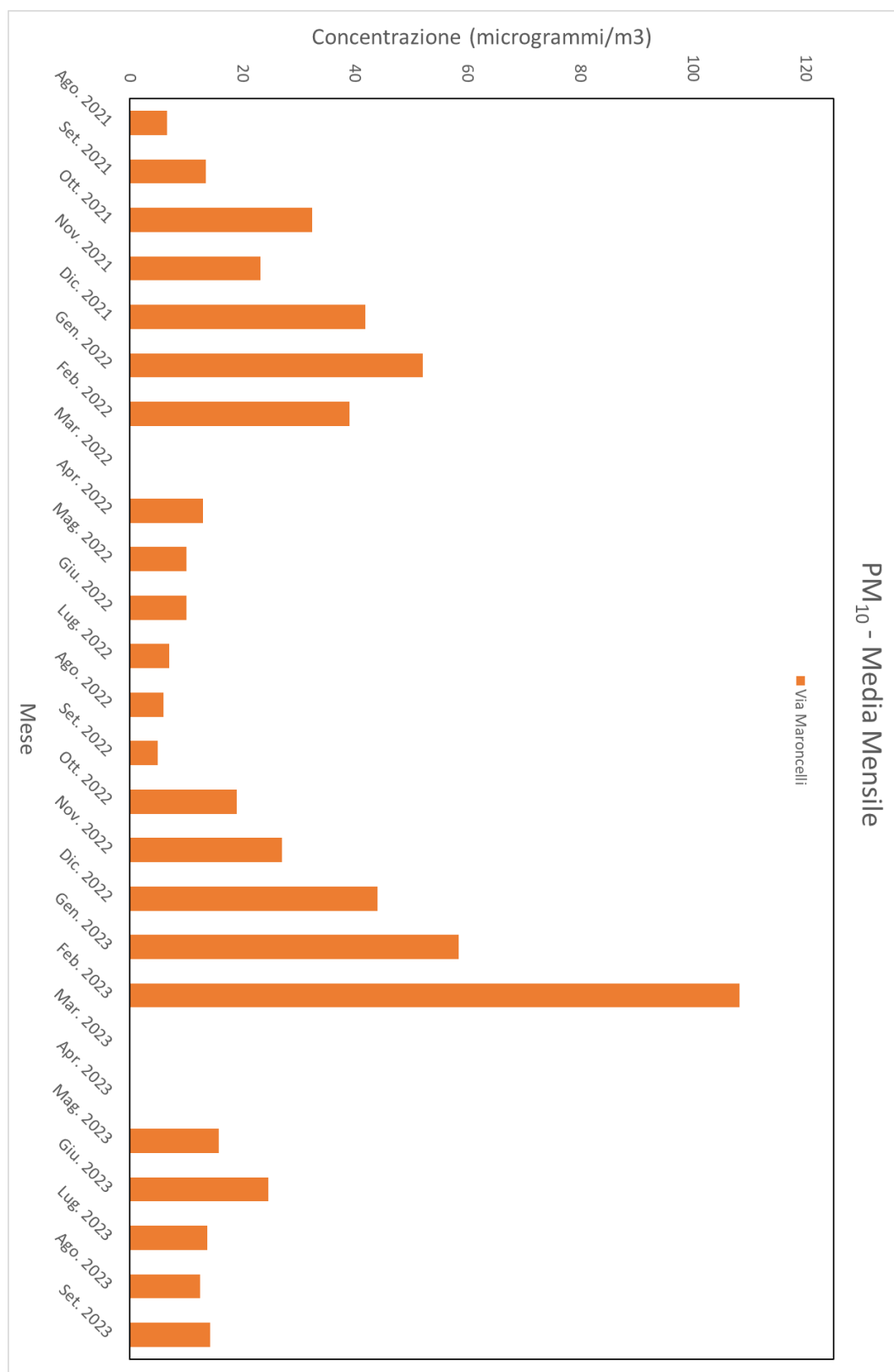


Figura 20 - Concentrazioni medie mensili di PM₁₀ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via Maroncelli

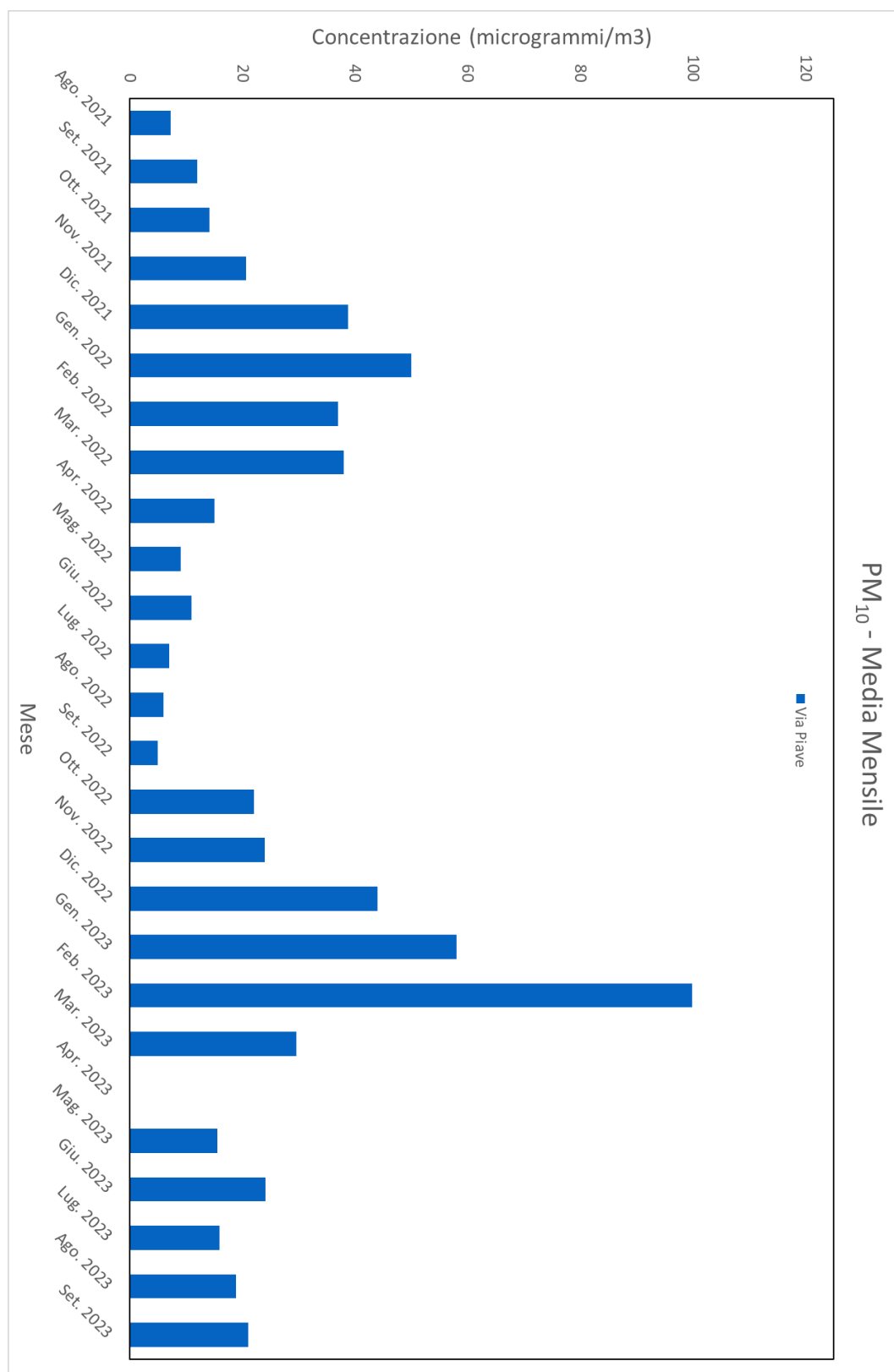


Figura 21 - Concentrazioni medie mensili di PM₁₀ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via Piave

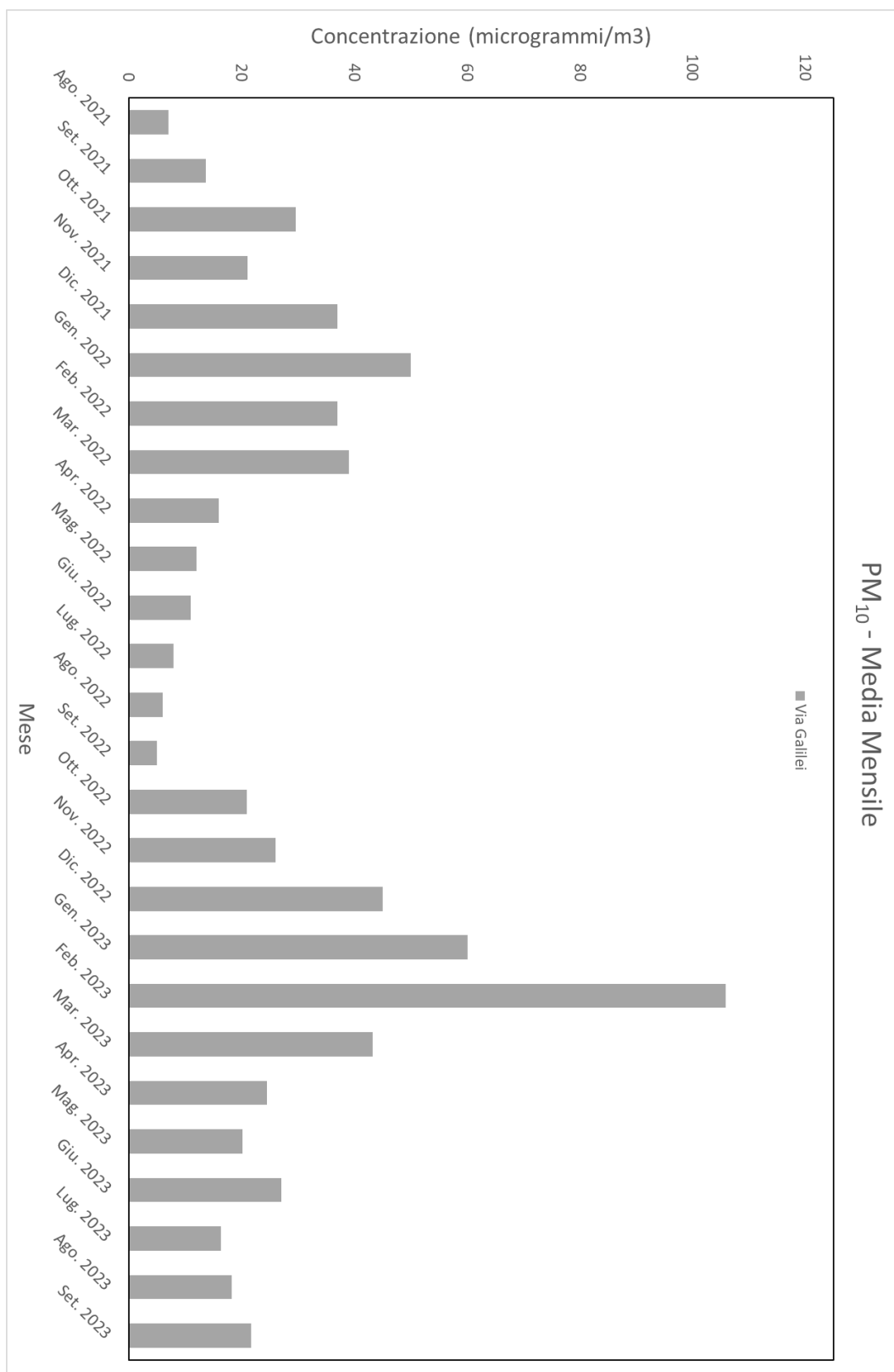


Figura 22 - Concentrazioni medie mensili di PM₁₀ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via Galilei

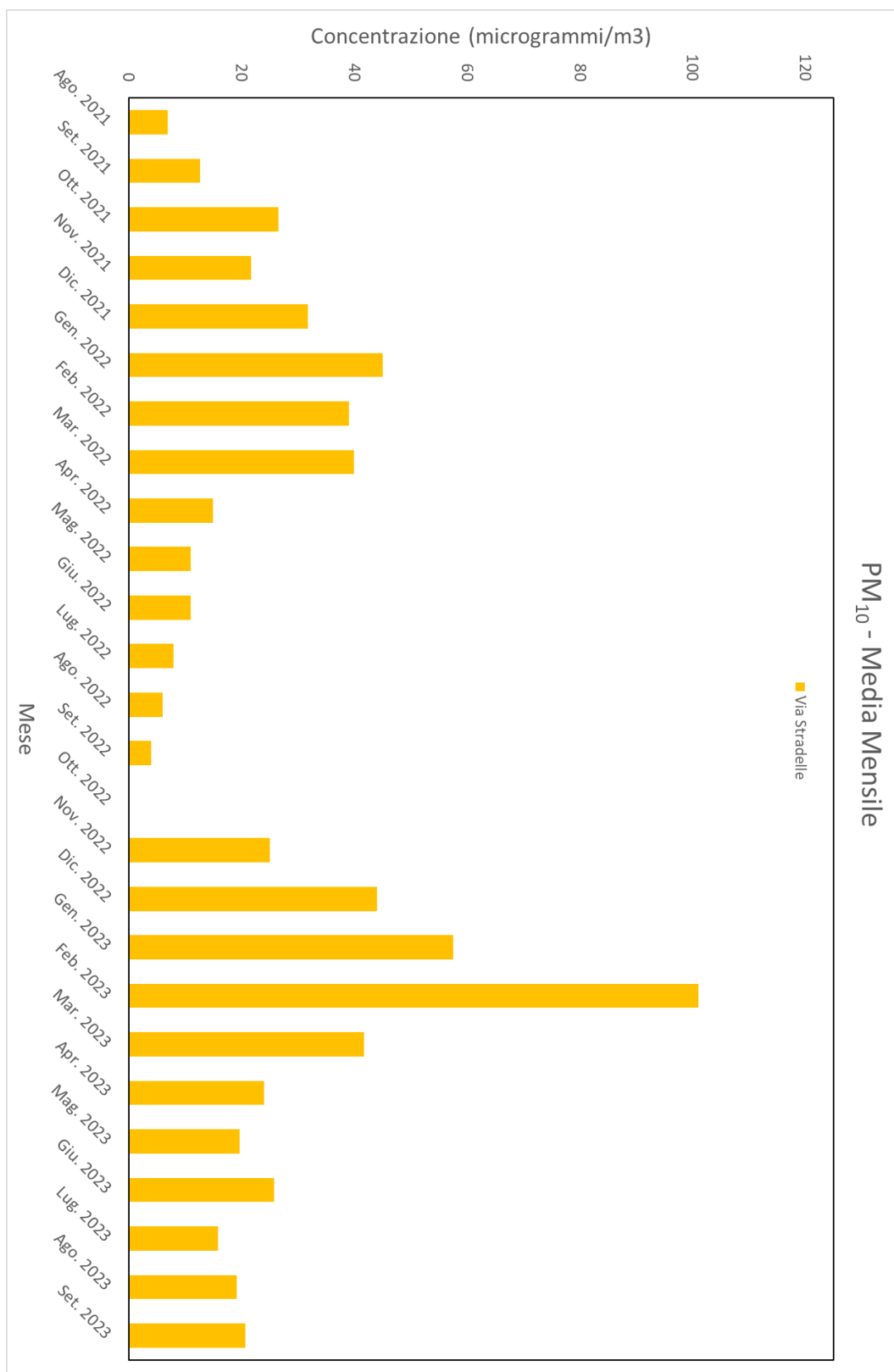


Figura 23 - Concentrazioni medie mensili di PM₁₀ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via Stradelle

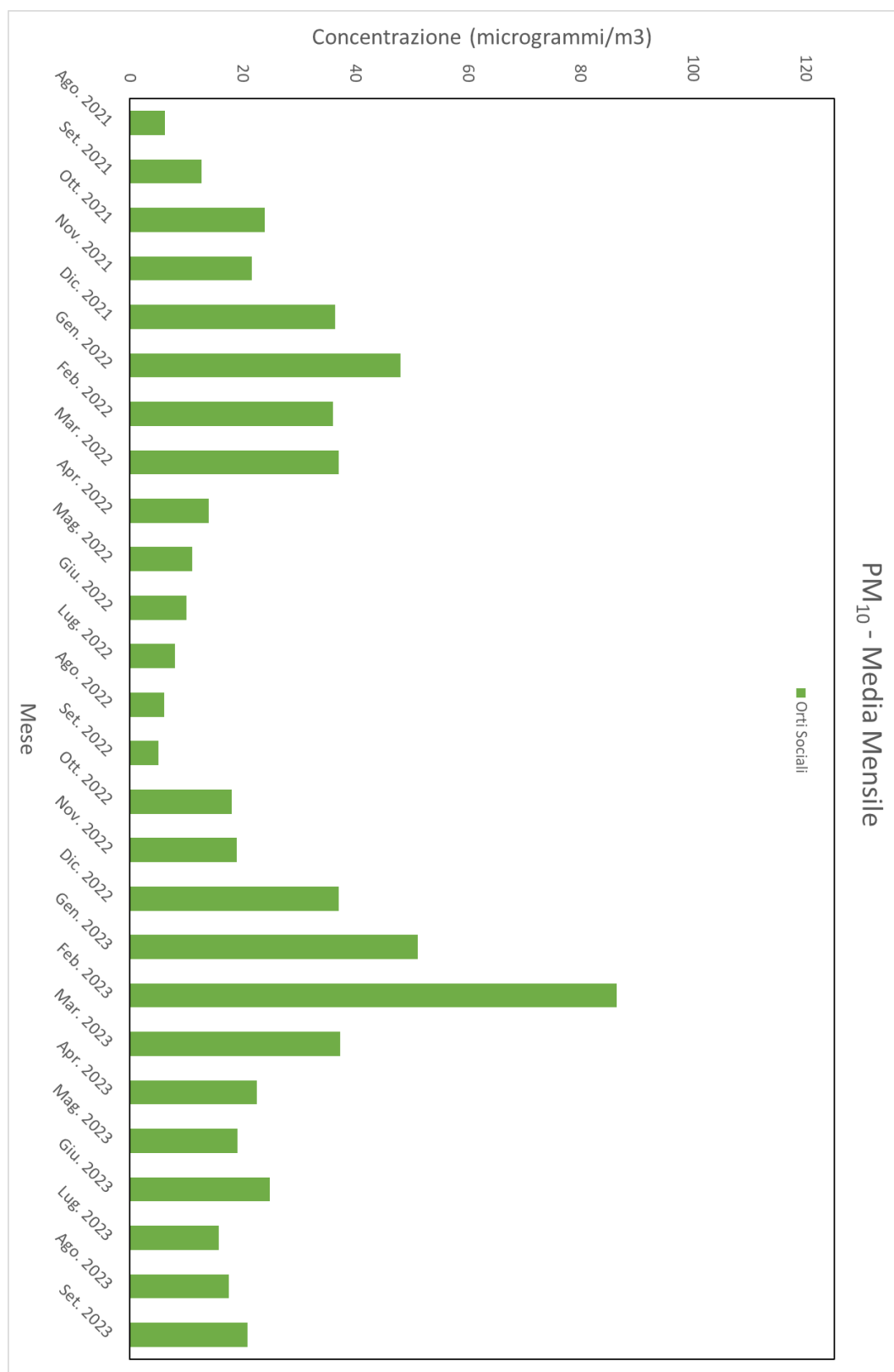


Figura 24 - Concentrazioni medie mensili di PM₁₀ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Orti Sociali

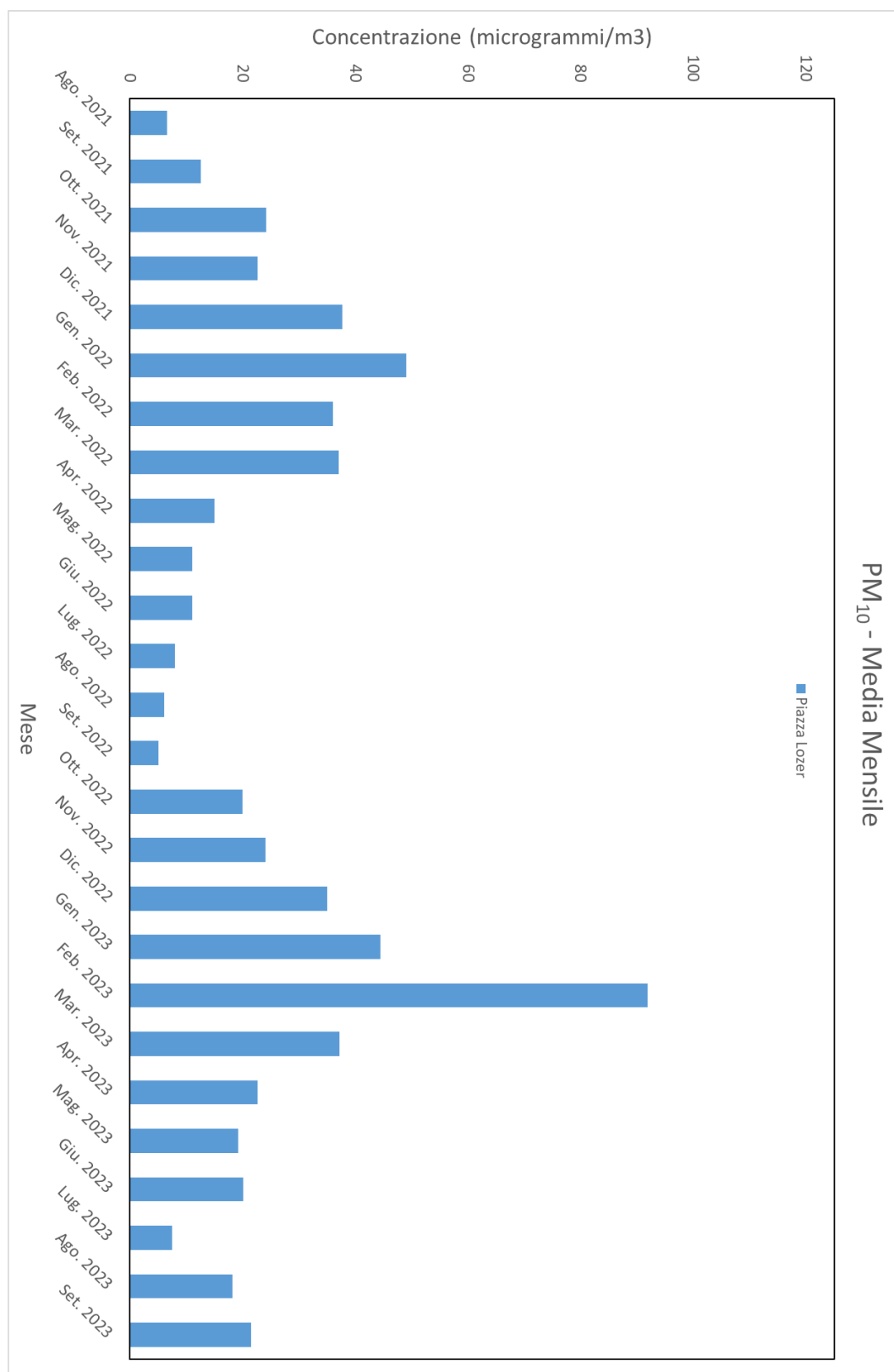


Figura 25 - Concentrazioni medie mensili di PM₁₀ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Piazza Lozer

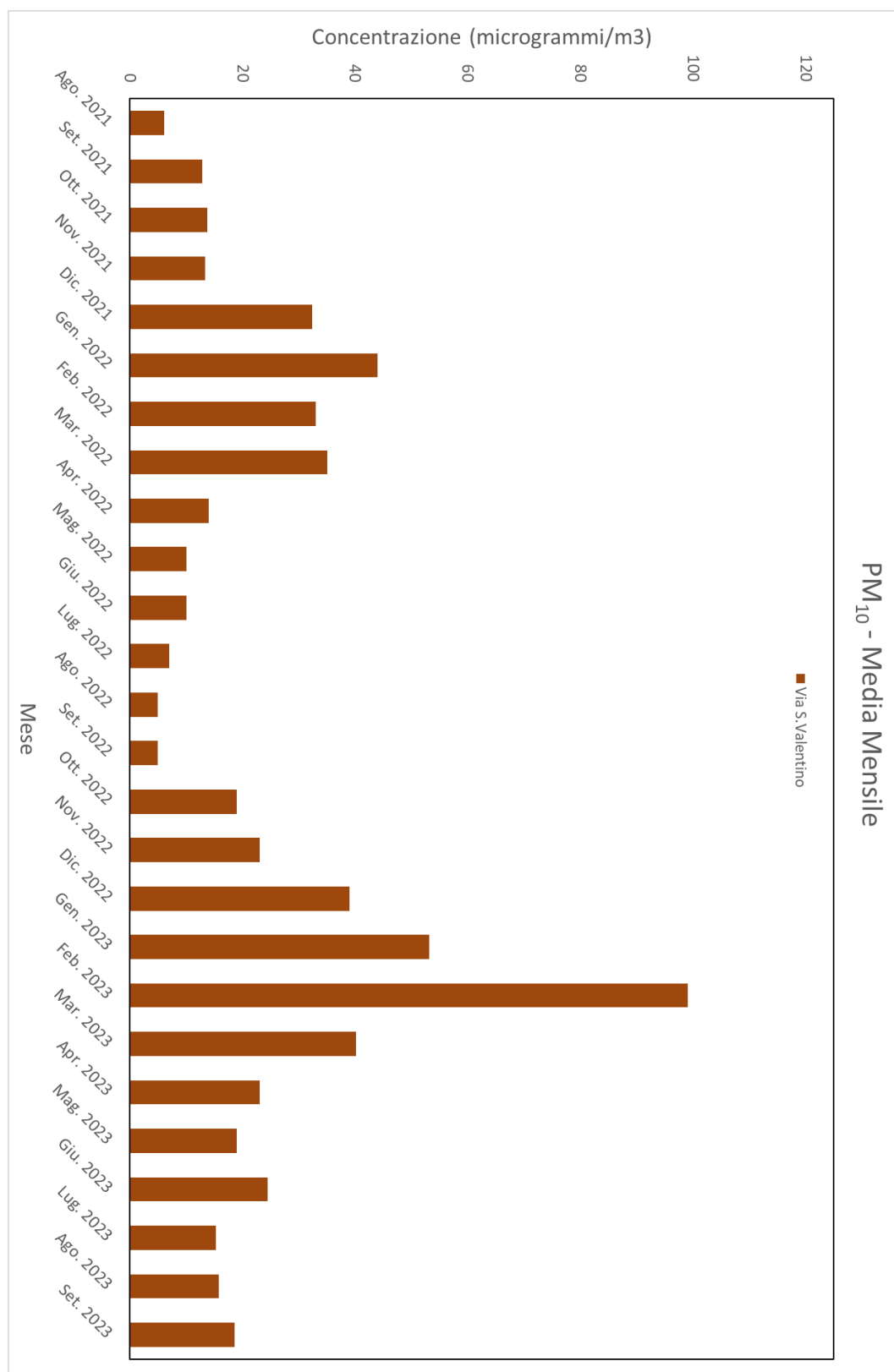


Figura 26 - Concentrazioni medie mensili di PM₁₀ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via San Valentino

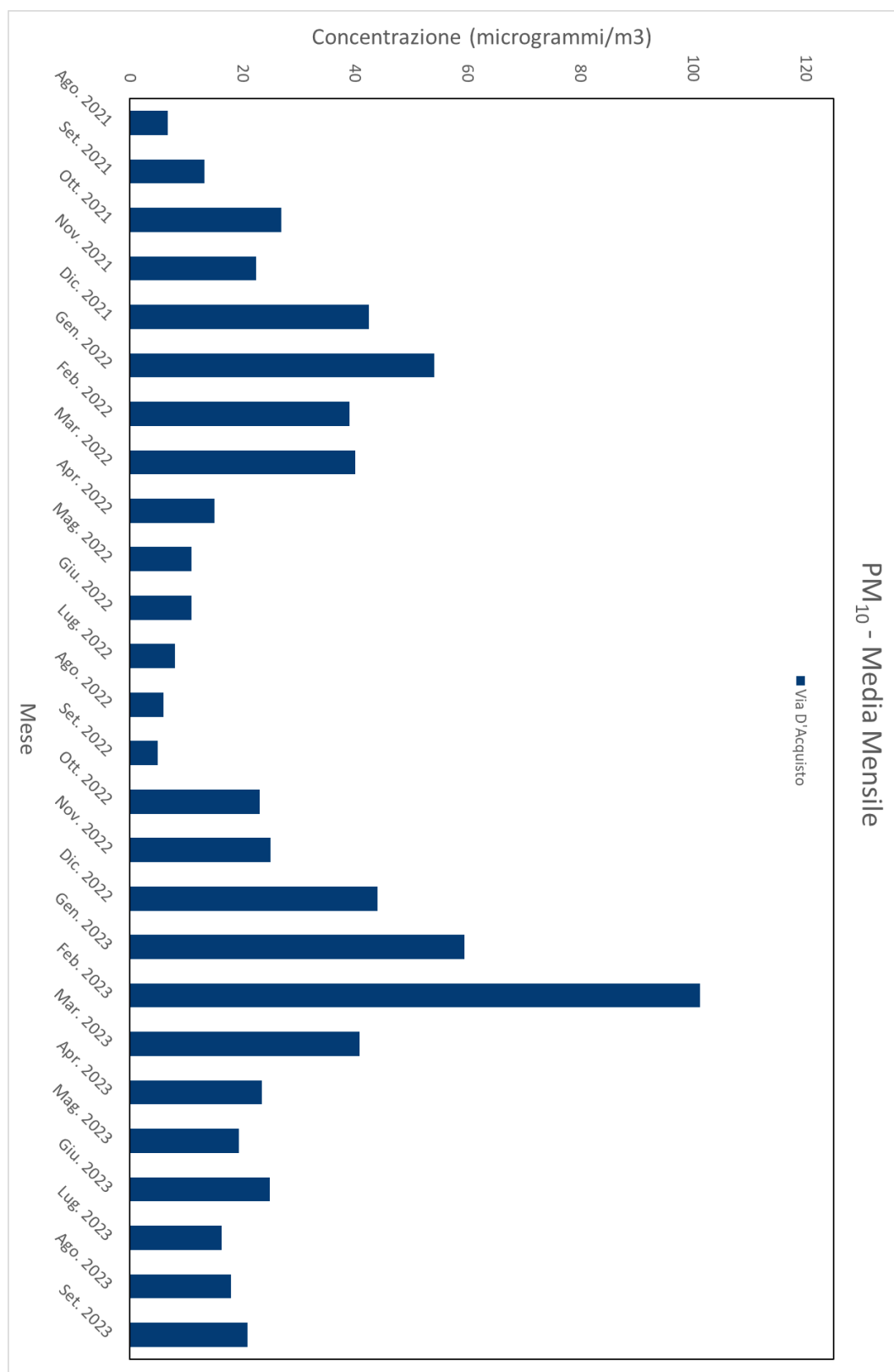


Figura 27 - Concentrazioni medie mensili di PM₁₀ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via D'Acquisto

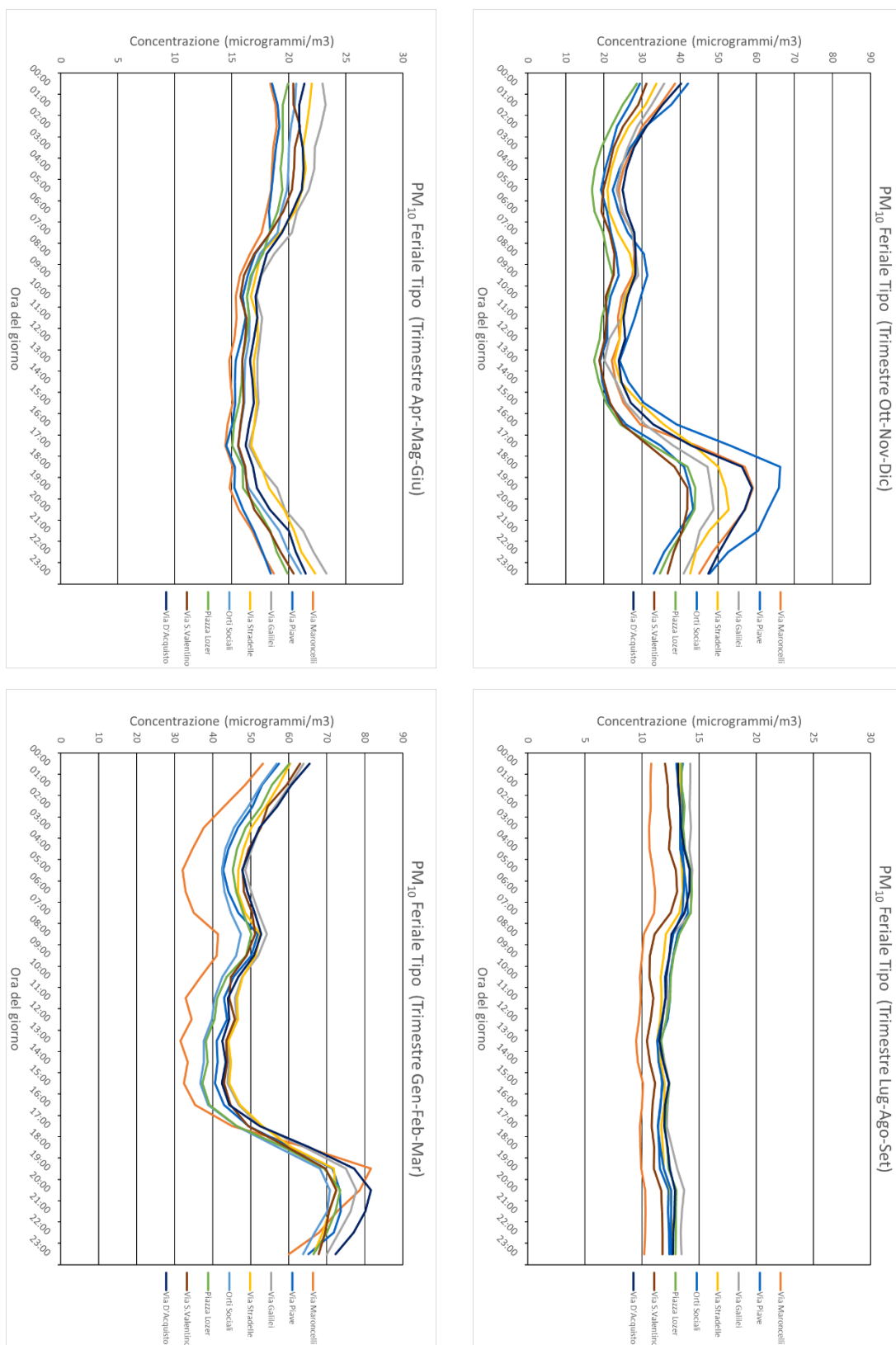


Figura 28 - Andamento medio delle concentrazioni di PM₁₀ nell'arco della giornata feriala (“giorno tipo”) durante i quattro trimestri

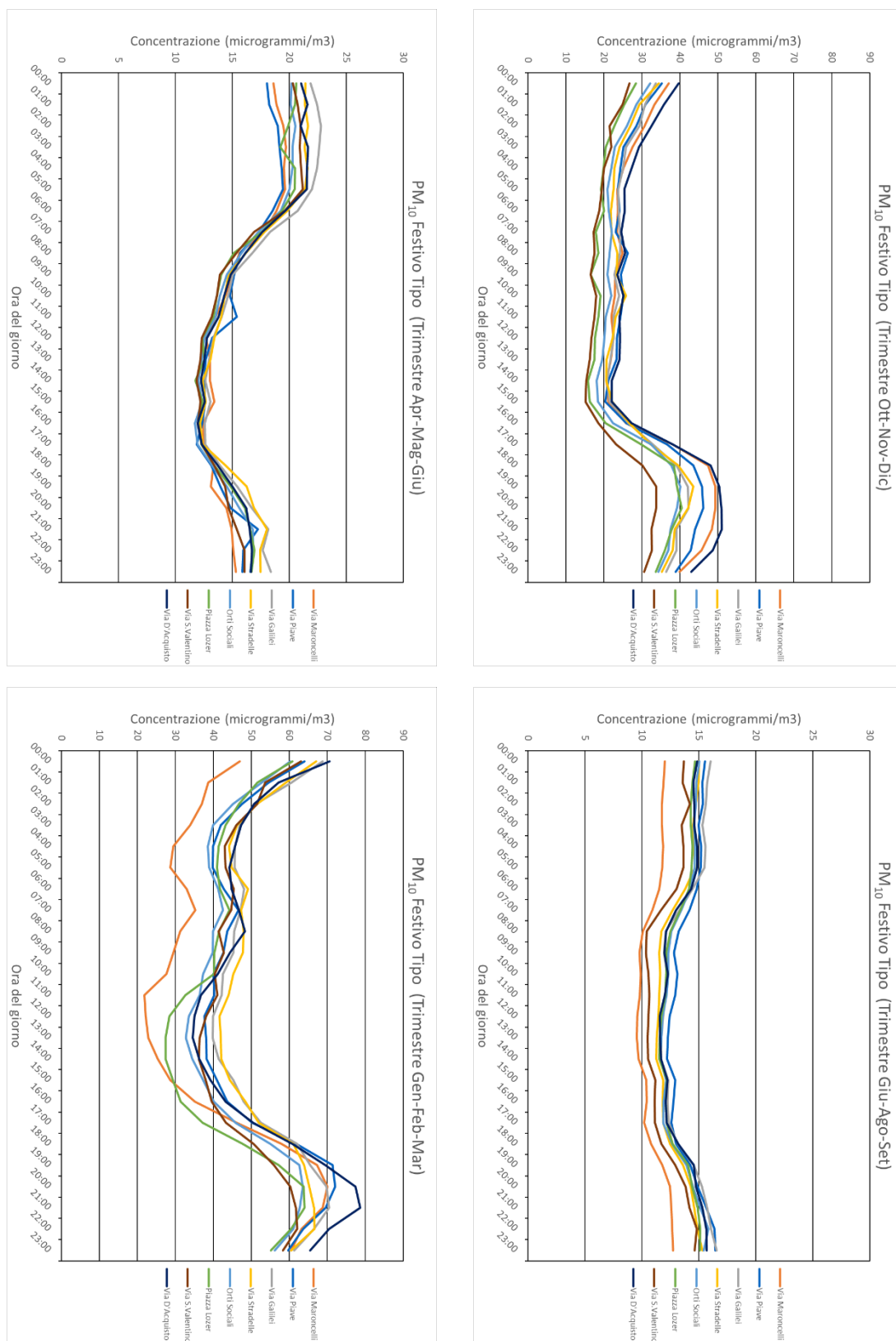


Figura 29 - Andamento medio delle concentrazioni di PM₁₀ nell'arco della giornata festiva (“giorno tipo”) durante i quattro trimestri

Il PM_{2.5}

Concentrazione Media Mensile PM _{2.5} (microgrammi/metrocubo)								
Mese	Via Maroncelli	Via Piave	Via Galilei	Via Stradelle	Orti Sociali	Piazza Lozer	Via S.Valentino	Via D'Acquisto
Ago. 2021	5	5	5	5	4	5	4	5
Set. 2021	9	8	10	9	9	9	9	9
Ott. 2021	23	10	21	19	17	17	10	19
Nov. 2021	17	14	14	12	16	16	9	17
Dic. 2021	29	27	26	22	25	26	22	30
Gen. 2022	42	40	40	36	39	39	35	44
Feb. 2022	31	30	30	31	28	29	26	31
Mar. 2022	-	30	31	31	29	29	28	31
Apr. 2022	11	12	13	13	12	12	11	13
Mag. 2022	8	7	10	9	9	9	8	9
Giu. 2022	8	9	9	9	8	9	8	9
Lug. 2022	6	6	7	7	6	7	6	7
Ago. 2022	5	5	5	5	5	5	5	5
Set. 2022	4	4	4	4	4	4	4	4
Ott. 2022	16	18	17	-	15	16	15	18
Nov. 2022	21	19	20	19	15	19	18	21
Dic. 2022	35	35	36	35	29	27	32	35
Gen. 2023	39	39	40	39	33	29	35	40
Feb. 2023	75	68	73	70	58	58	66	69
Mar. 2023	-	18	28	27	24	23	26	26
Apr. 2023	-	-	14	14	13	13	13	13
Mag. 2023	10	9	11	11	10	10	10	10
Giu. 2023	14	14	16	15	14	12	14	14
Lug. 2023	7	8	8	8	8	4	8	8
Ago. 2023	6	10	10	11	10	10	8	10
Set. 2023	7	12	12	11	12	12	10	12

Tabella 4 – Valori medi mensili di concentrazione di PM_{2.5} osservati nelle otto stazioni durante il periodo di rilevamento (Agosto 2021-Settembre 2023)

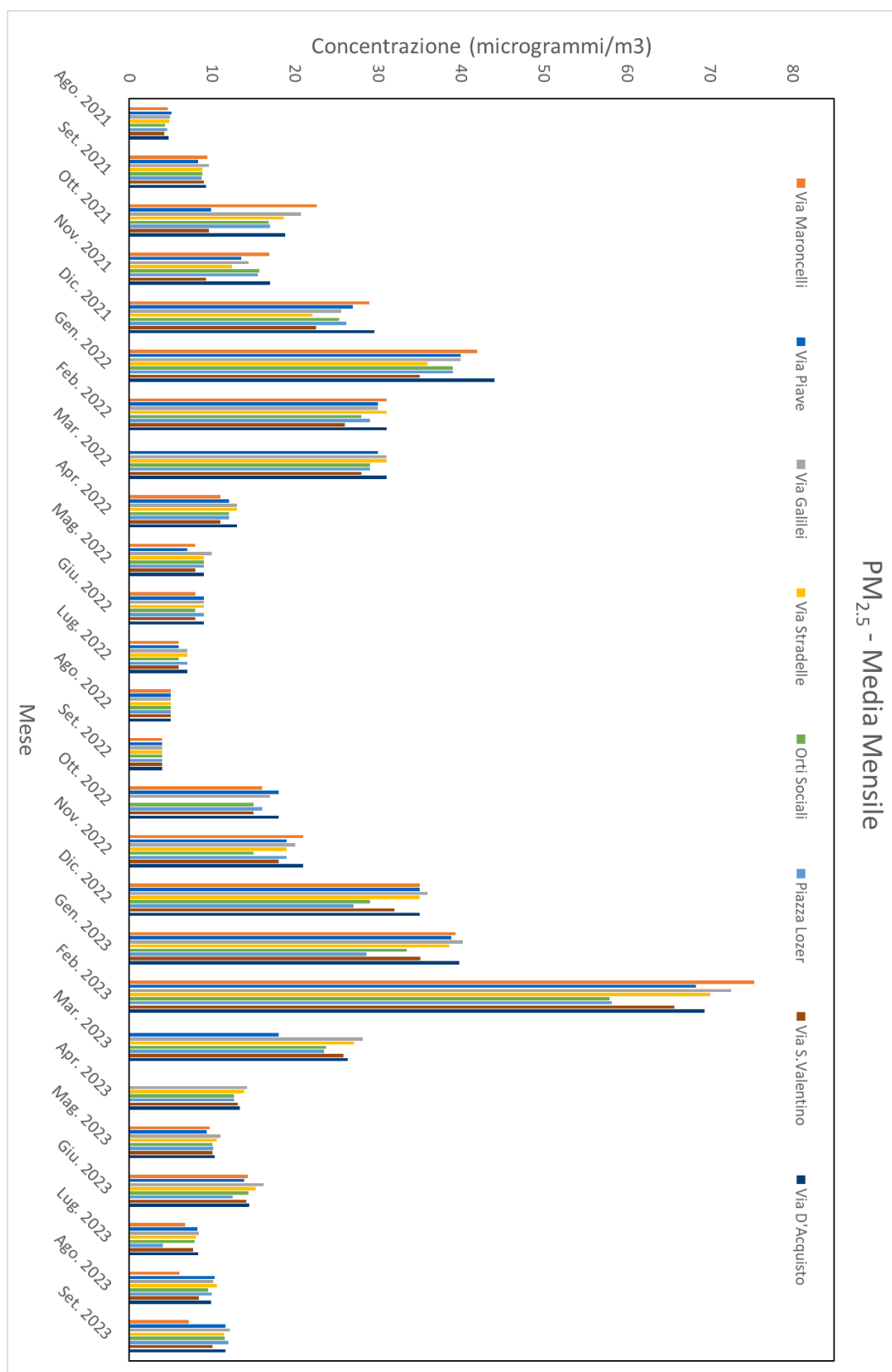


Figura 30 - Concentrazioni medie mensili di PM_{2.5} nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023)

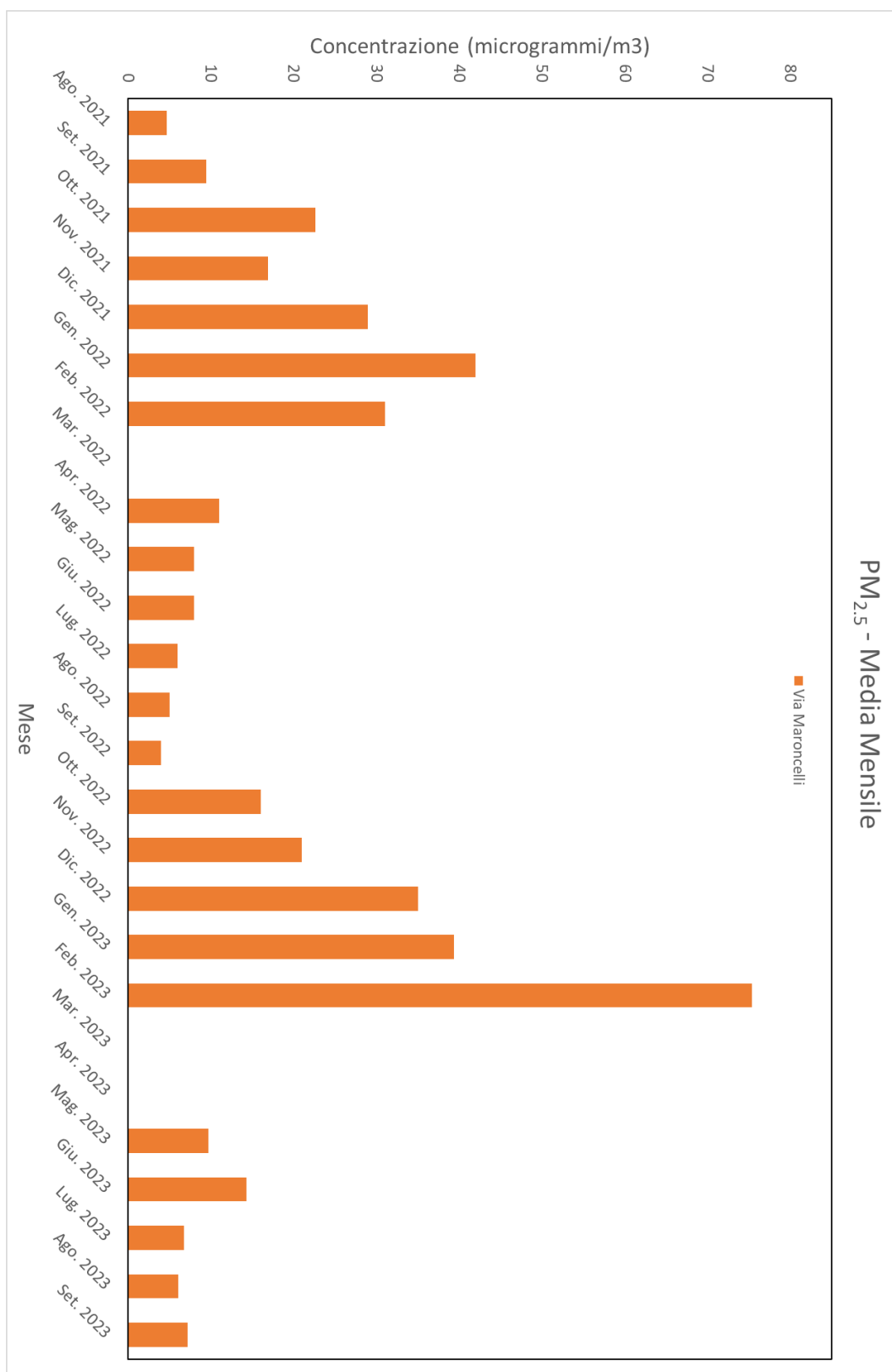


Figura 31 - Concentrazioni medie mensili di PM_{2.5} nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via Maroncelli

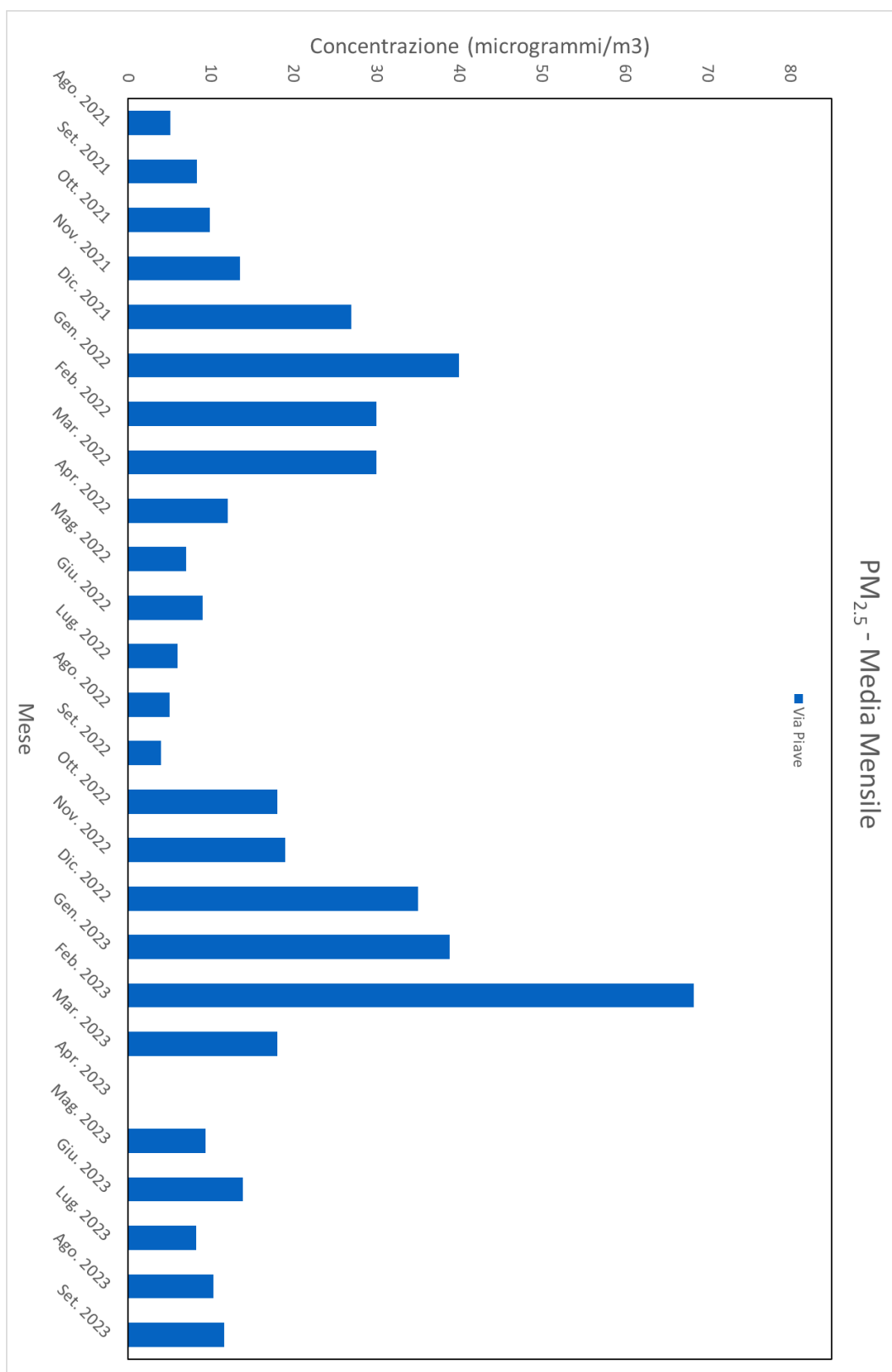


Figura 32 - Concentrazioni medie mensili di PM_{2.5} nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via Piave

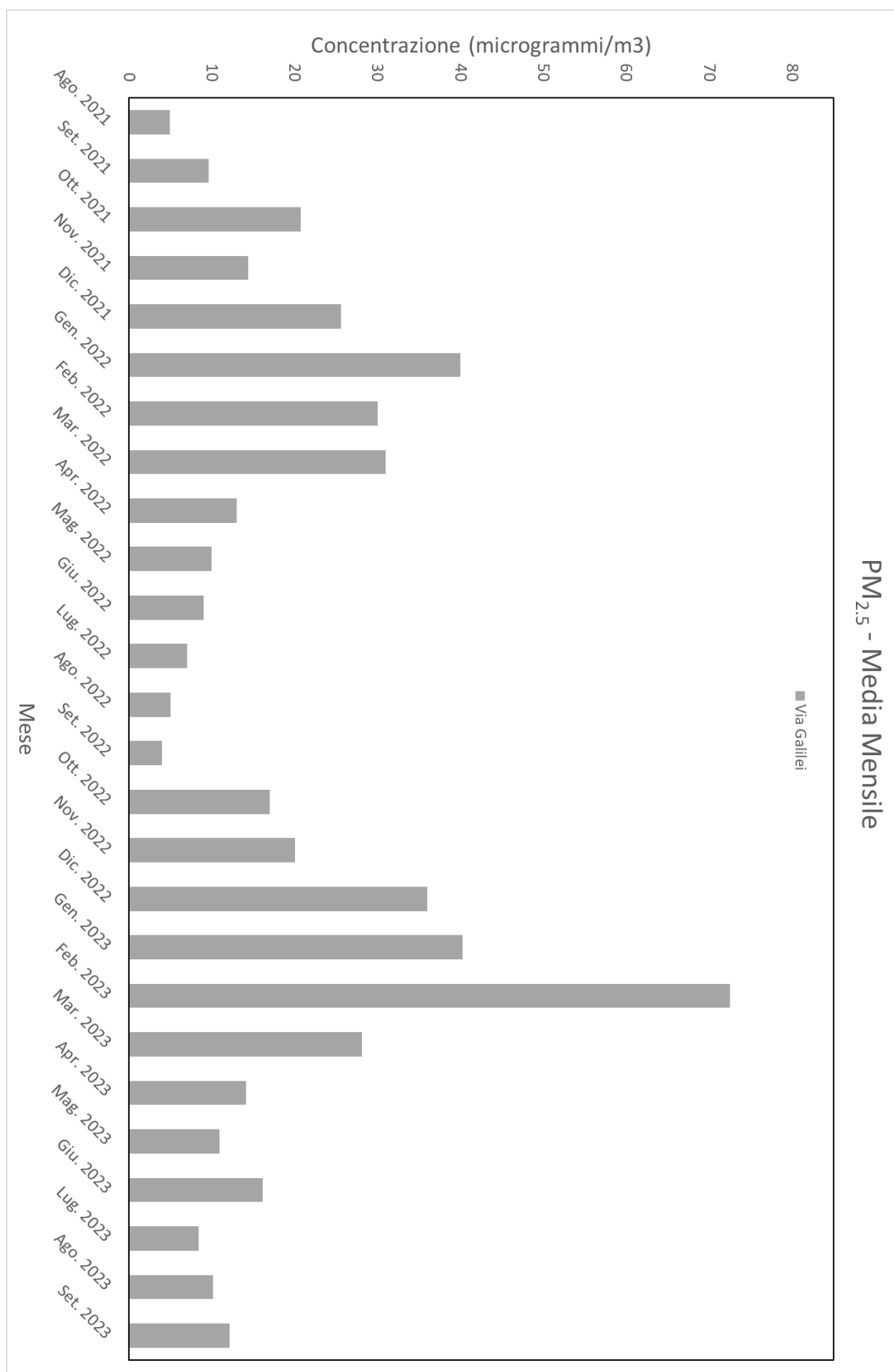


Figura 33 - Concentrazioni medie mensili di PM_{2.5} nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via Galilei

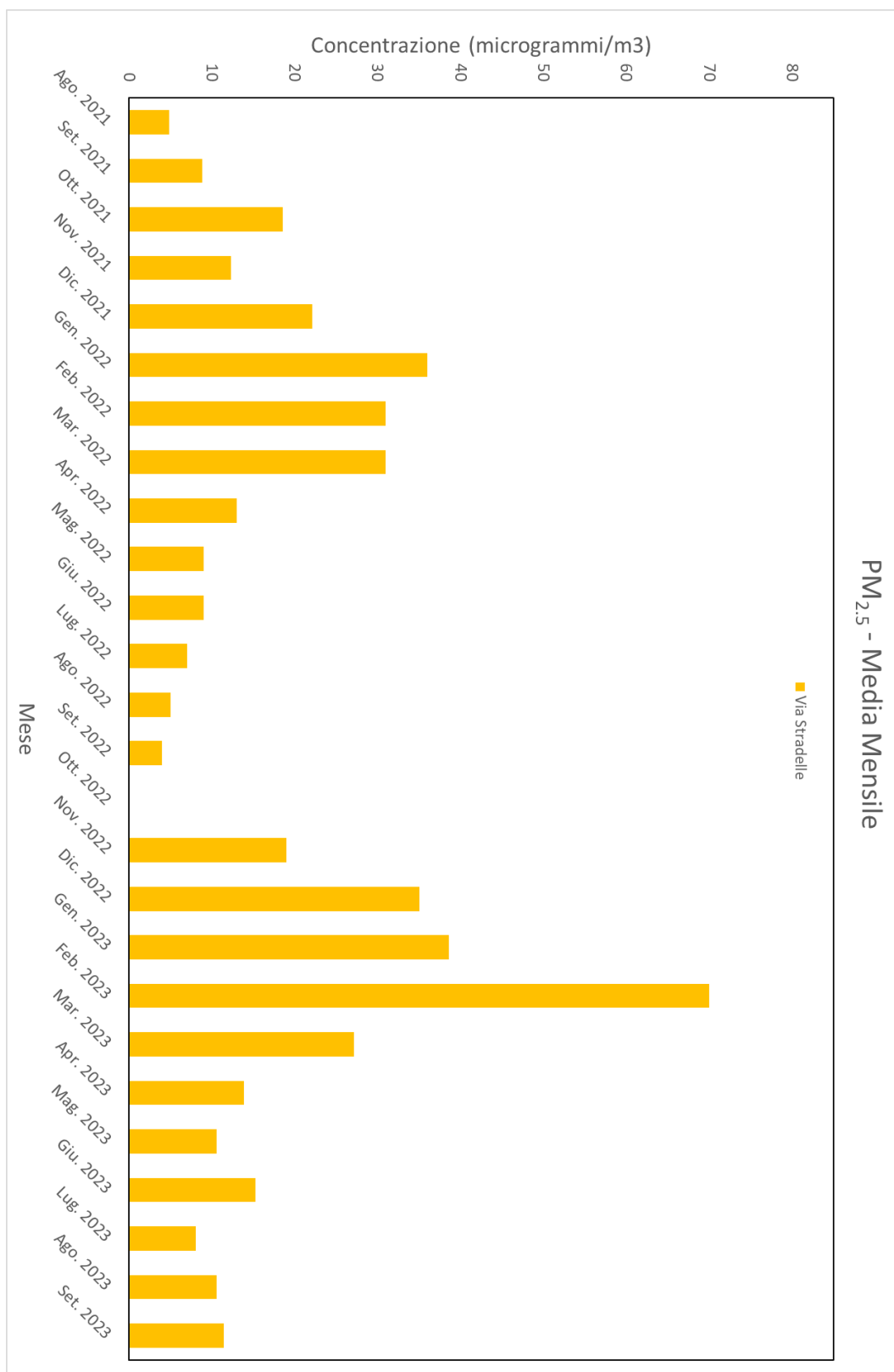


Figura 34 - Concentrazioni medie mensili di PM_{2.5} nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via Stradelle

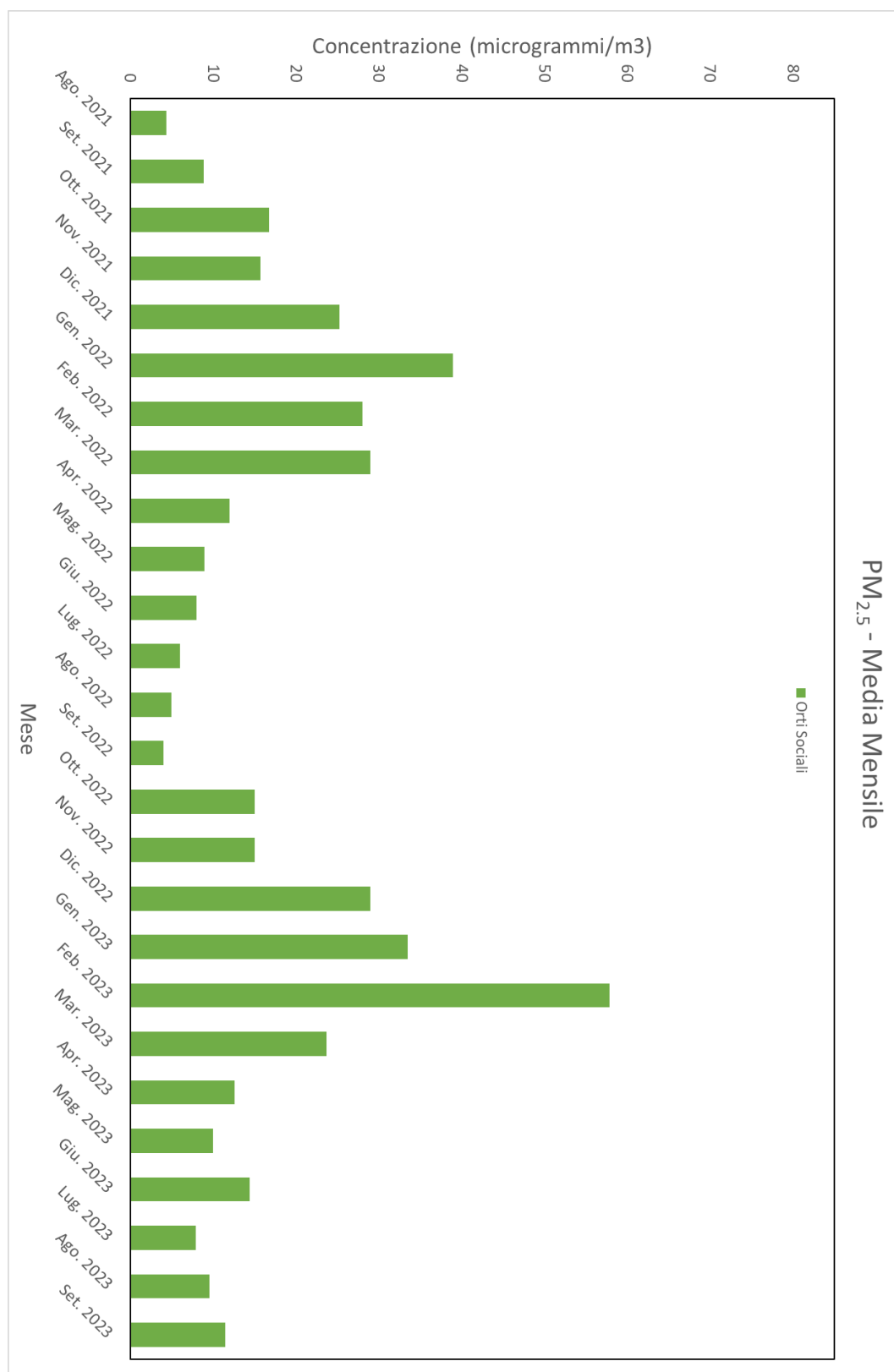


Figura 35 - Concentrazioni medie mensili di PM_{2.5} nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Orti Sociali

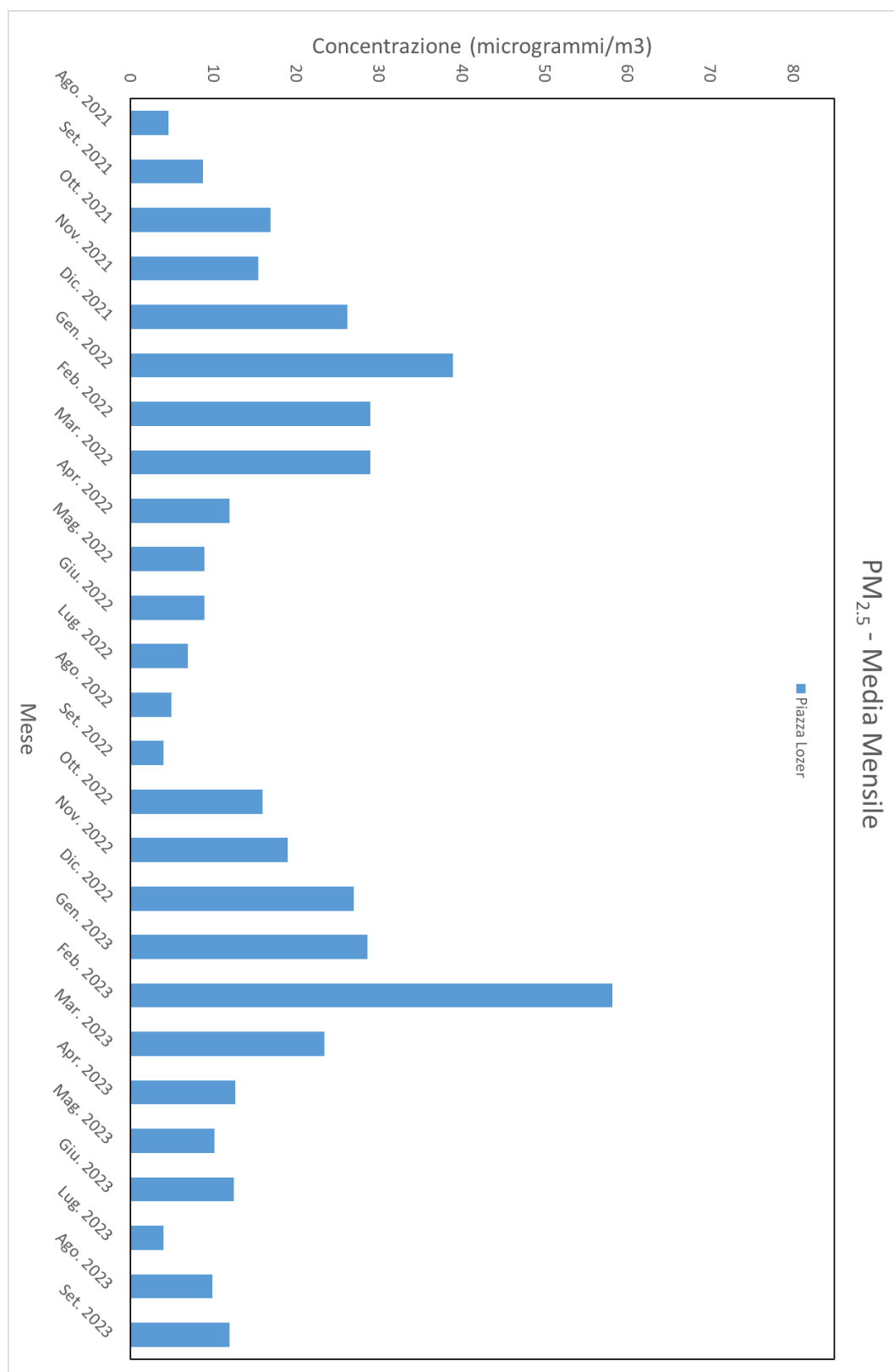


Figura 36 - Concentrazioni medie mensili di PM_{2,5} nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Piazza Lozer

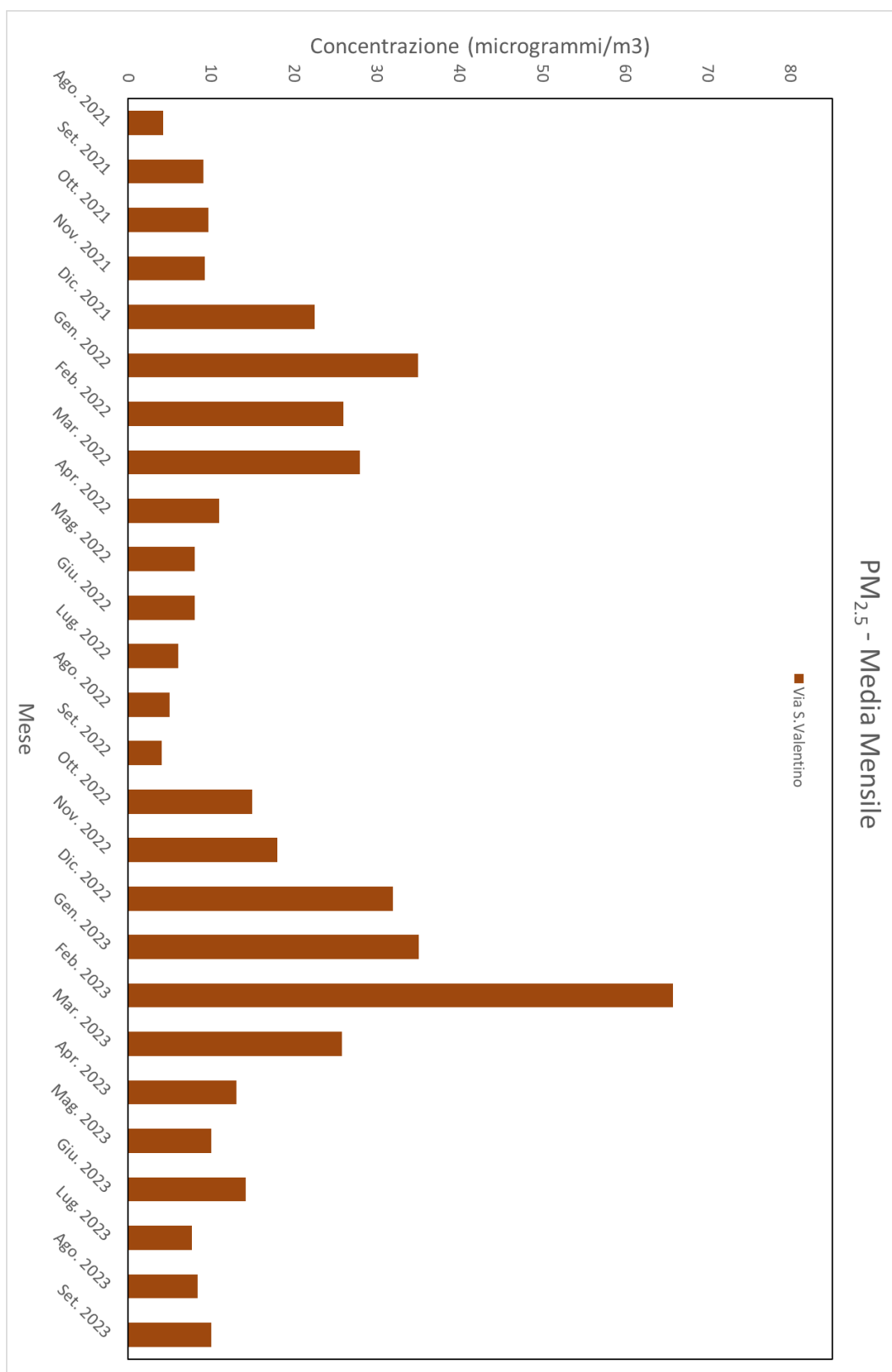


Figura 37 - Concentrazioni medie mensili di PM_{2.5} nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via San Valentino

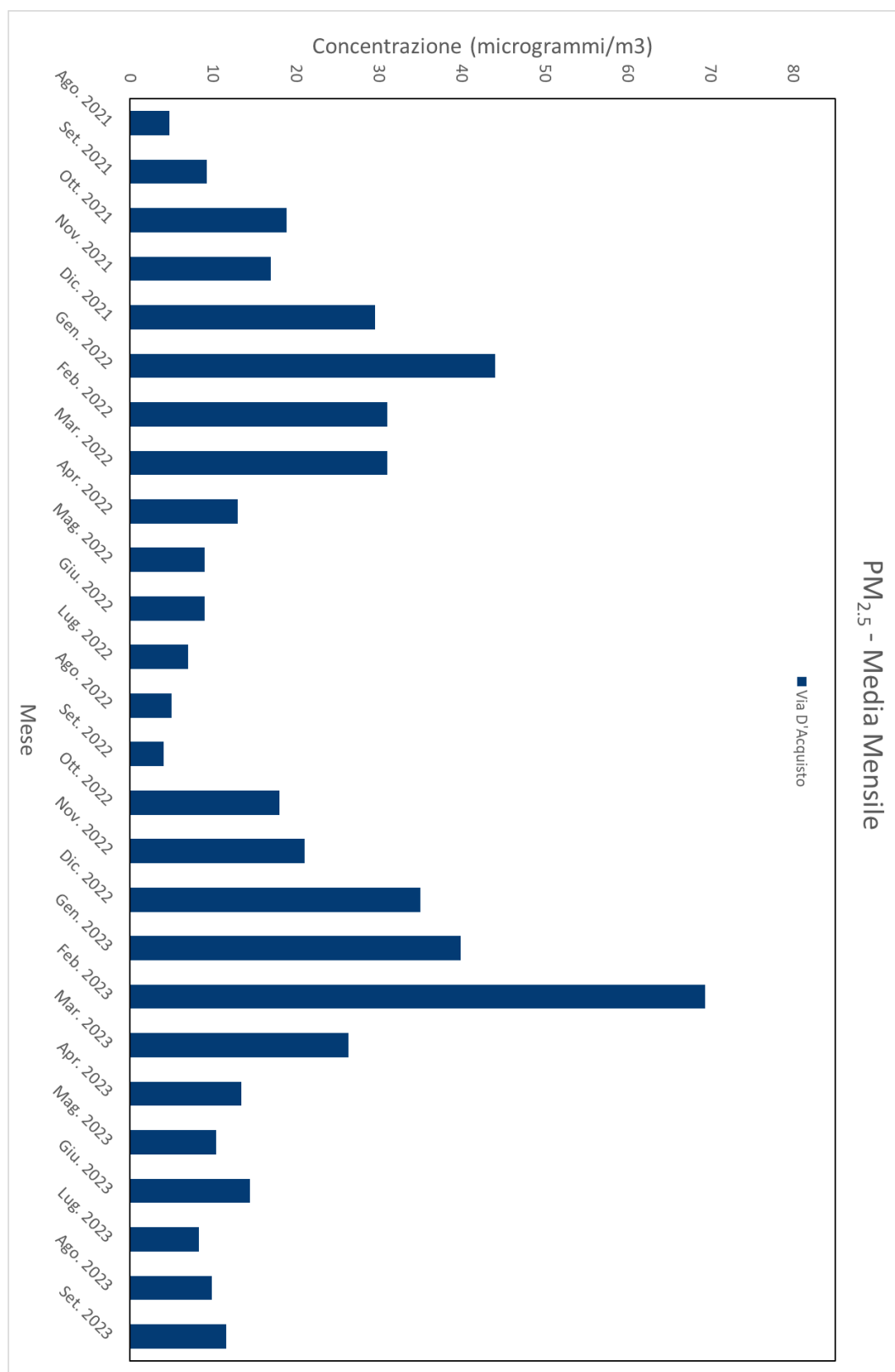


Figura 38 - Concentrazioni medie mensili di PM_{2.5} nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via D'Acquisto

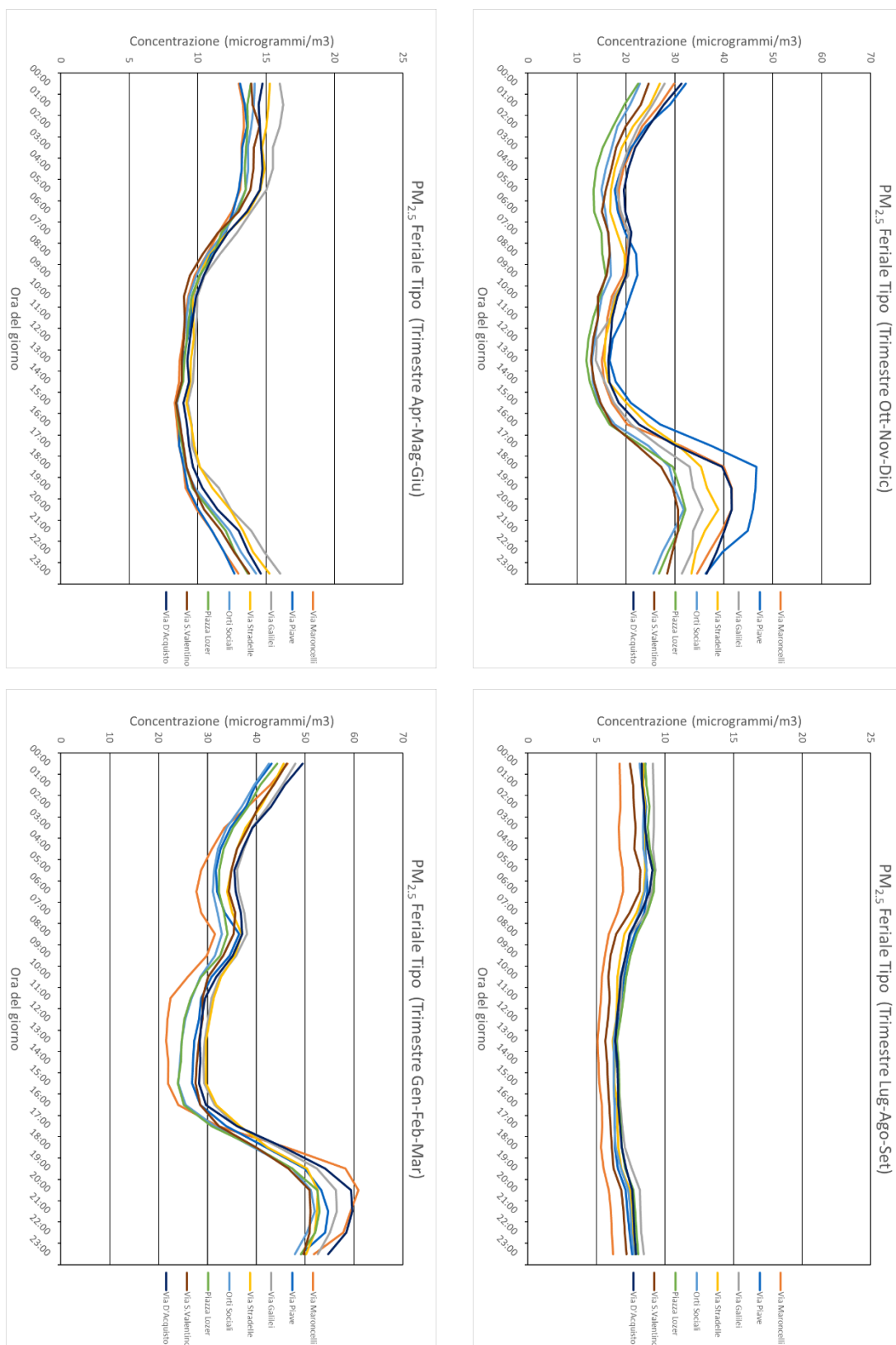


Figura 39 - Andamento medio delle concentrazioni di PM_{2.5} nell’arco della giornata feriale (“giorno tipo”) durante i quattro trimestri

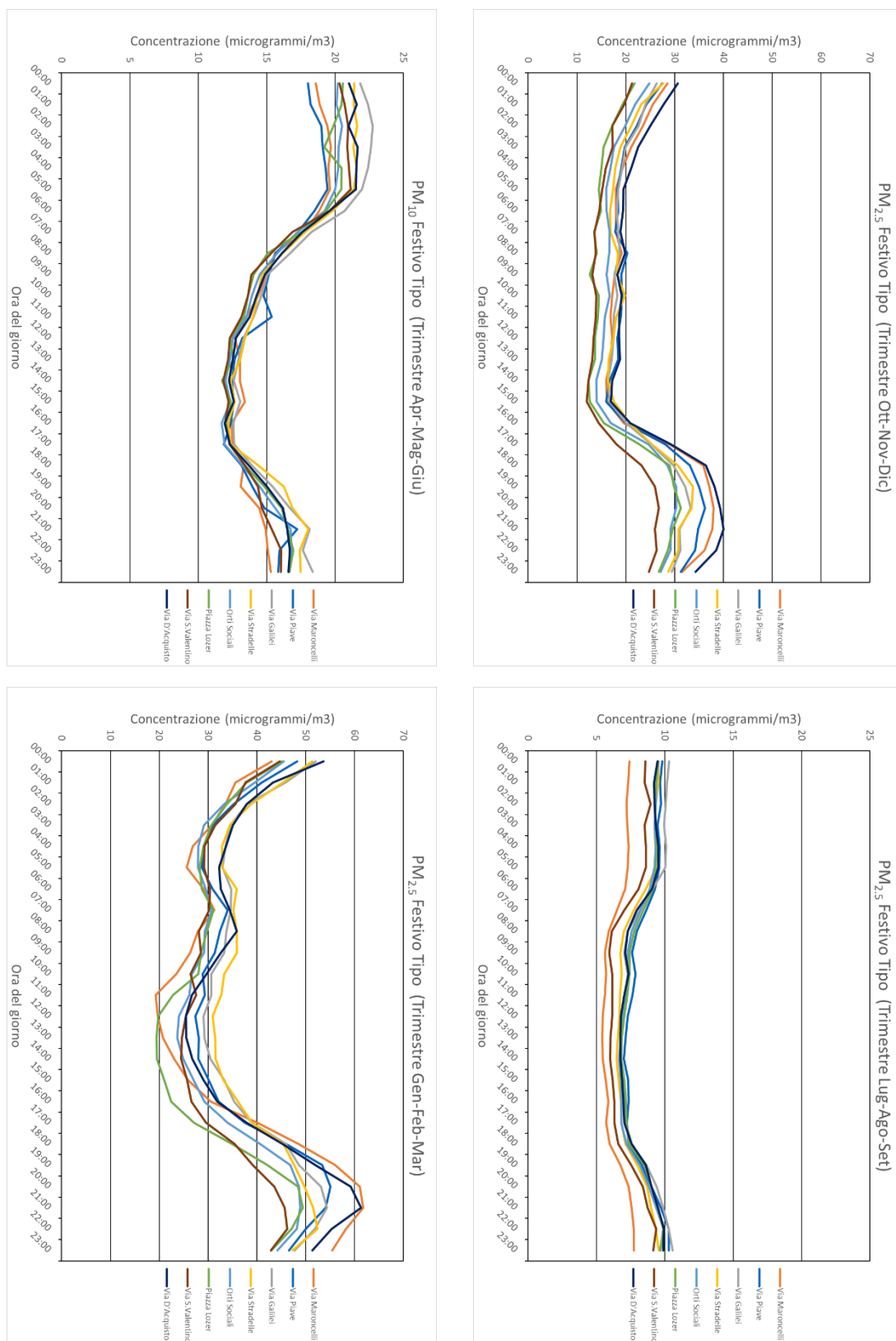


Figura 40 - Andamento medio delle concentrazioni di PM_{2.5} nell’arco della giornata festiva (“giorno tipo”) durante i quattro trimestri

Il PM₁

Concentrazione Media Mensile PM ₁ (microgrammi/metrocubo)								
Mese	Via Maroncelli	Via Piave	Via Galilei	Via Stradelle	Orti Sociali	Piazza Lozer	Via S.Valentino	Via D'Acquisto
Ago. 2021	4	4	5	5	4	4	4	4
Set. 2021	9	8	9	8	8	8	8	9
Ott. 2021	21	9	18	17	15	16	9	17
Nov. 2021	16	13	13	13	13	15	9	15
Dic. 2021	27	25	24	21	24	25	21	28
Gen. 2022	39	37	37	34	36	37	33	41
Feb. 2022	28	27	27	28	26	27	24	29
Mar. 2022	-	28	29	29	27	28	26	29
Apr. 2022	10	12	12	12	11	11	11	12
Mag. 2022	8	7	9	9	8	9	8	9
Giu. 2022	8	8	9	8	8	8	7	8
Lug. 2022	6	6	6	6	6	6	6	6
Ago. 2022	4	5	5	4	4	5	4	5
Set. 2022	4	4	4	3	4	4	4	4
Ott. 2022	15	16	16	-	14	15	14	17
Nov. 2022	19	18	19	18	14	18	16	19
Dic. 2022	29	28	29	29	24	22	26	29
Gen. 2023	31	30	31	30	26	22	27	31
Feb. 2023	59	53	56	55	44	42	49	54
Mar. 2023	-	13	22	21	18	18	20	20
Apr. 2023	-	-	10	10	9	9	9	10
Mag. 2023	7	7	8	7	7	7	7	7
Giu. 2023	10	10	12	11	10	9	10	10
Lug. 2023	4	5	5	5	5	3	5	5
Ago. 2023	4	7	7	7	6	7	6	7
Set. 2023	4	8	8	8	8	8	7	8

Tabella 5 – Valori medi mensili di concentrazione di PM₁ osservati nelle otto stazioni durante il periodo di rilevamento (Agosto 2021-Settembre 2023)

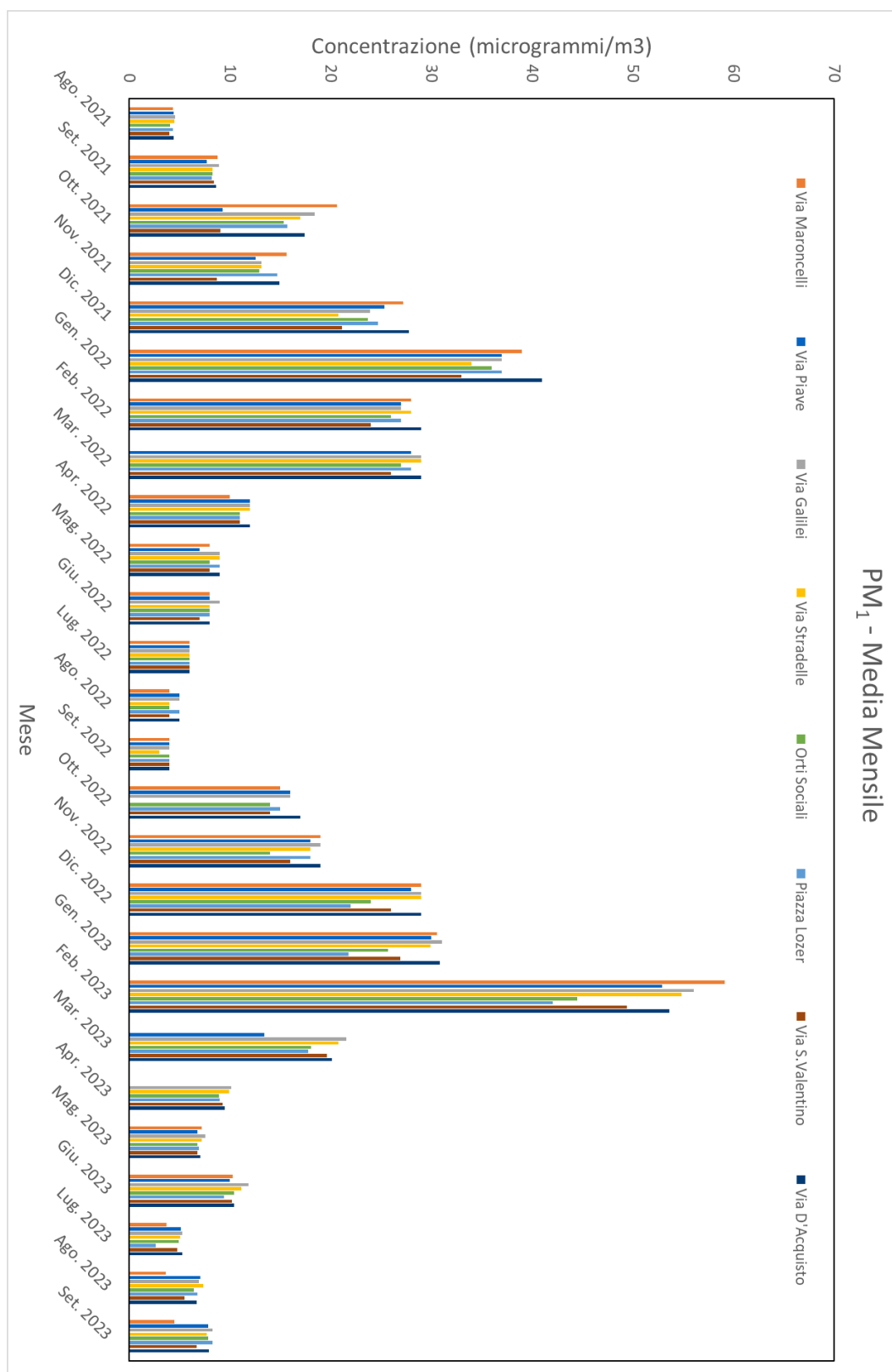


Figura 41 - Concentrazioni medie mensili di PM₁ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023)

L'Ozono (O₃)

L'ozono (O₃) è un gas largamente presente in atmosfera, sia negli strati più esterni (ozono stratosferico), dove ha l'effetto di schermare la parte più energetica (e pericolosa) della radiazione solare, sia nello strato adiacente la superficie terrestre (ozono troposferico), dove il suo ruolo è opposto in quanto sostanza altamente tossica per l'uomo. Non è emesso direttamente da una sorgente ma è il risultato di un processo di produzione secondaria, in cui sono coinvolti ossidi di Azoto, composti organici volatili e radiazione solare. La sua presenza negli strati bassi dell'atmosfera è quindi fortemente influenzata da aspetti meteorologici e stagionali, con concentrazioni tipicamente omogenee su scala regionale ma variabili sulla base del contesto ambientale del sito in cui questo viene rilevato (urbano, rurale). Risulta al contempo indirettamente correlabile alla maggior parte delle attività antropiche che hanno impatto sulla qualità dell'aria in un tipico contesto urbano.

Riportiamo nel seguito una sintesi e rappresentazione grafica dei dati raccolti e delle successive elaborazioni.

Concentrazione Media Mensile O ₃ (microgrammi/metrocubo)								
Mese	Via Maroncelli	Via Piave	Via Galilei	Via Stradelle	Orti Sociali	Piazza Lozer	Via S.Valentino	Via D'Acquisto
Ago. 2021	44	49	51	48	49	48	41	44
Set. 2021	35	46	39	44	44	36	37	33
Ott. 2021	24	28	26	40	28	25	34	23
Nov. 2021	20	23	19	36	24	23	21	21
Dic. 2021	4	7	5	27	10	7	16	10
Gen. 2022	5	7	7	33	17	8	18	12
Feb. 2022	12	17	13	35	24	16	26	19
Mar. 2022	42	37	32	36	46	36	45	31
Apr. 2022	51	40	32	40	43	37	42	31
Mag. 2022	59	49	43	51	48	39	40	38
Giu. 2022	53	50	46	54	49	37	37	35
Lug. 2022	63	59	58	64	57	45	42	42
Ago. 2022	50	50	47	55	50	37	36	35
Set. 2022	35	36	30	42	37	28	30	25
Ott. 2022	16	17	13	12	18	12	15	10
Nov. 2022	13	14	11	16	15	17	12	11
Dic. 2022	7	7	5	7	7	16	4	4
Gen. 2023	13	14	12	13	15	24	10	9
Feb. 2023	19	20	20	19	24	28	16	14
Mar. 2023	30	31	30	29	37	39	25	26
Apr. 2023	38	38	38	35	45	46	32	32
Mag. 2023	62	51	48	45	54	52	40	46
Giu. 2023	71	64	63	61	72	57	55	58
Lug. 2023	67	58	55	50	63	37	60	49
Ago. 2023	57	51	43	48	39	51	-	38
Set. 2023	58	45	43	39	52	47	-	38

Tabella 6 – Valori medi mensili di concentrazione di O₃ osservati nelle otto stazioni durante il periodo di rilevamento (Agosto 2021-Settembre 2023)

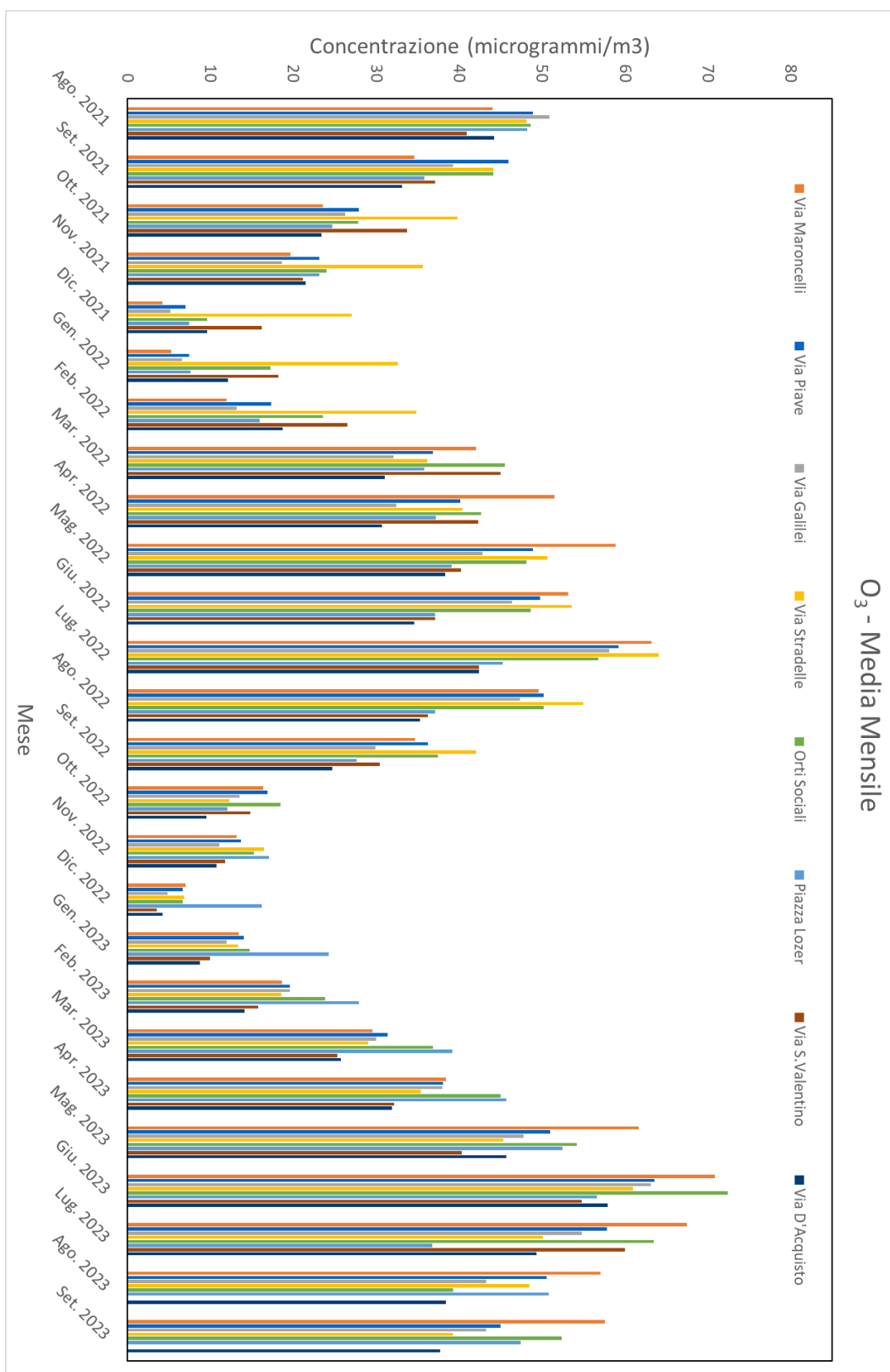


Figura 42 - Concentrazioni medie mensili di O₃ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023)

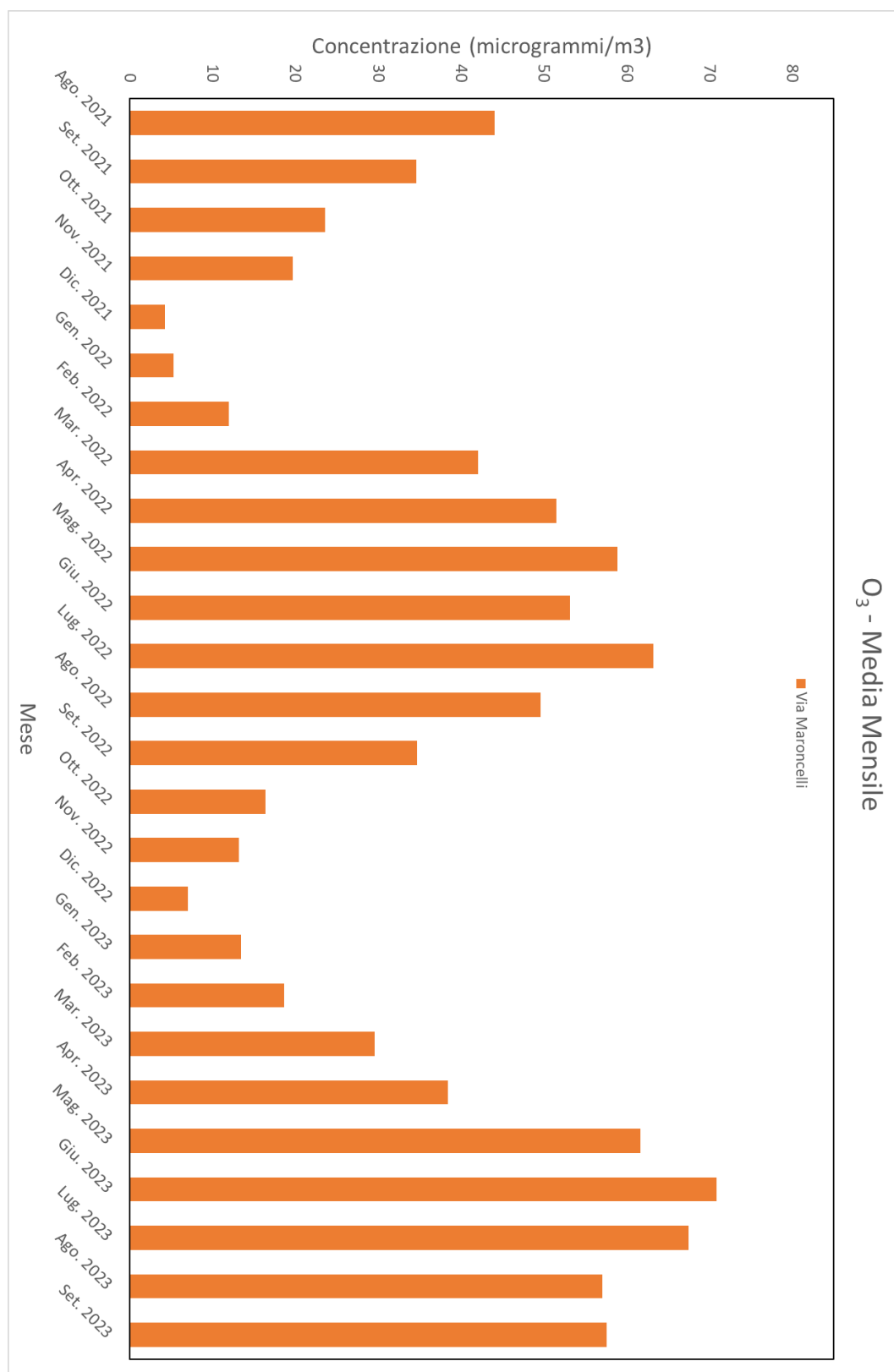


Figura 43 - Concentrazioni medie mensili di O₃ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via Maroncelli

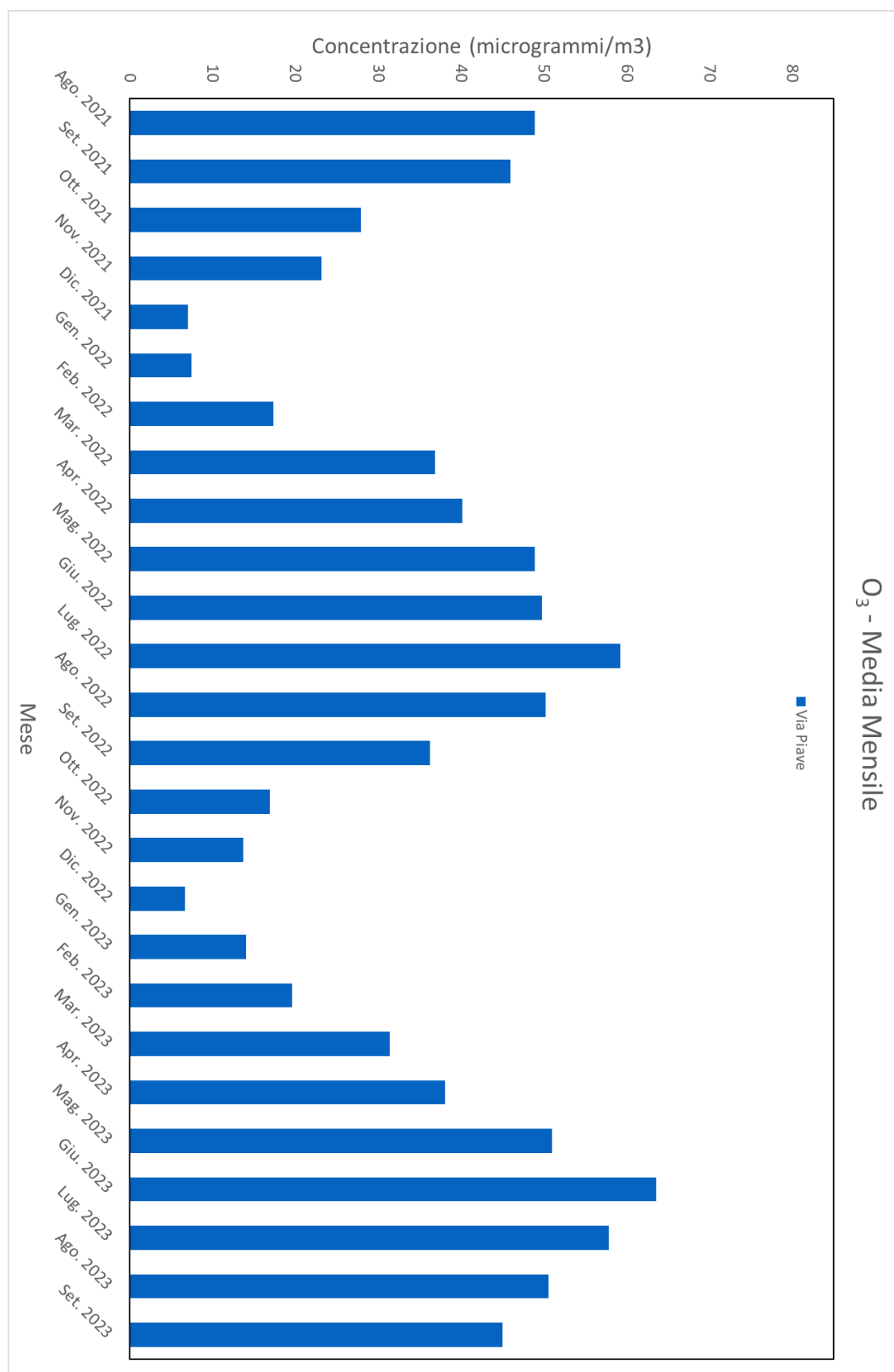


Figura 44 - Concentrazioni medie mensili di O₃ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via Piave

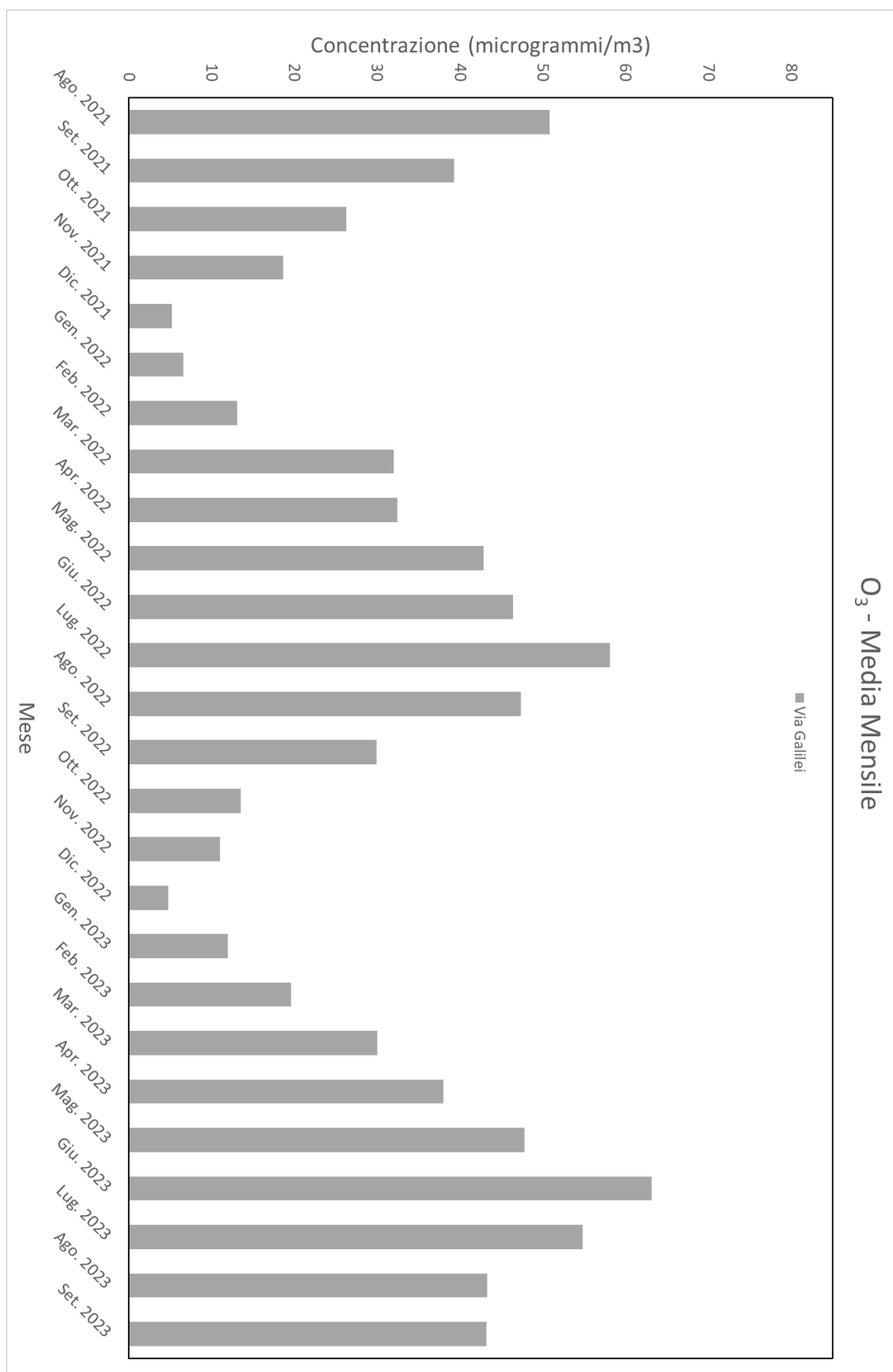


Figura 45 - Concentrazioni medie mensili di O₃ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via Galilei

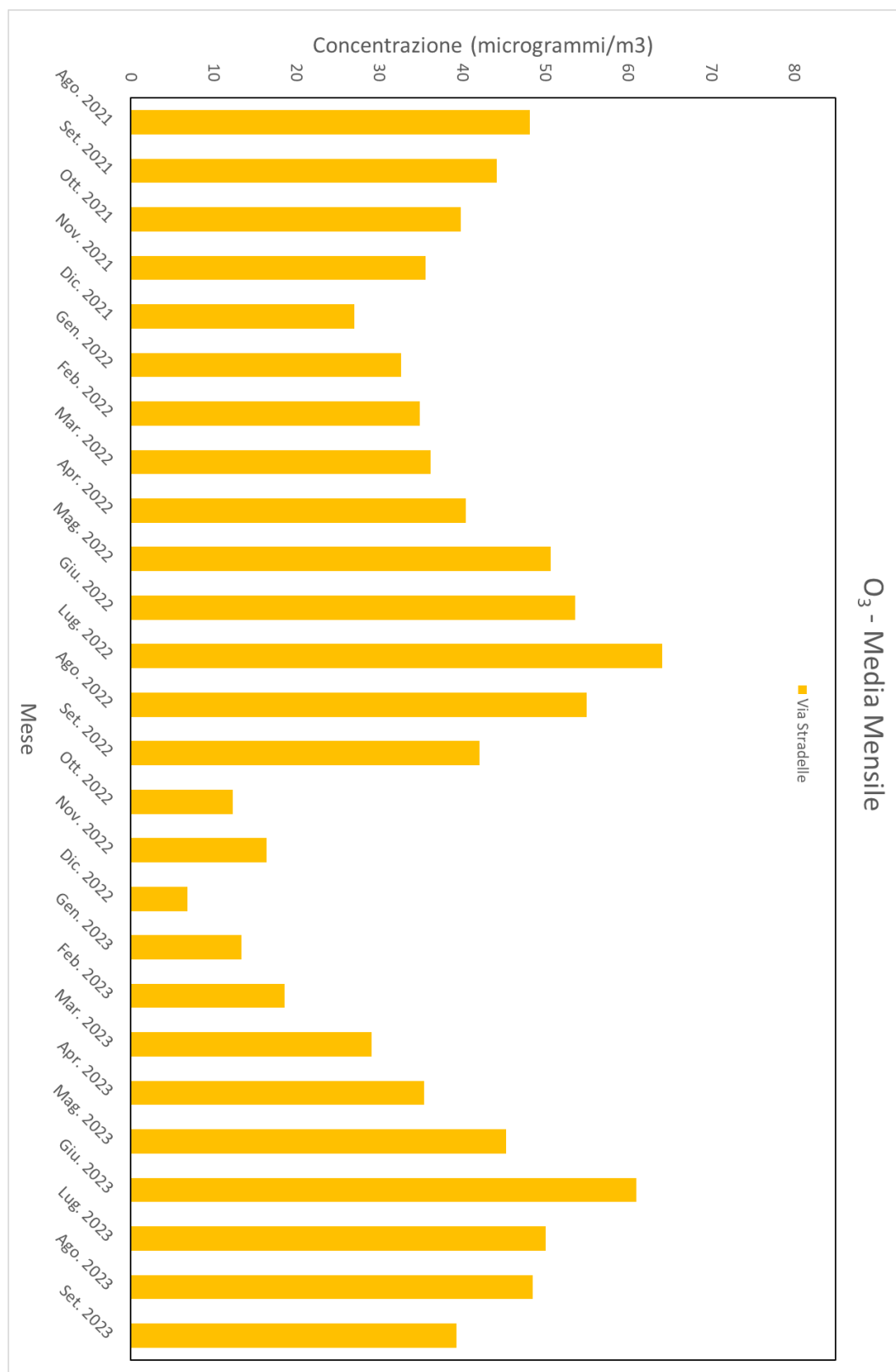


Figura 46 - Concentrazioni medie mensili di O₃ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via Stradelle

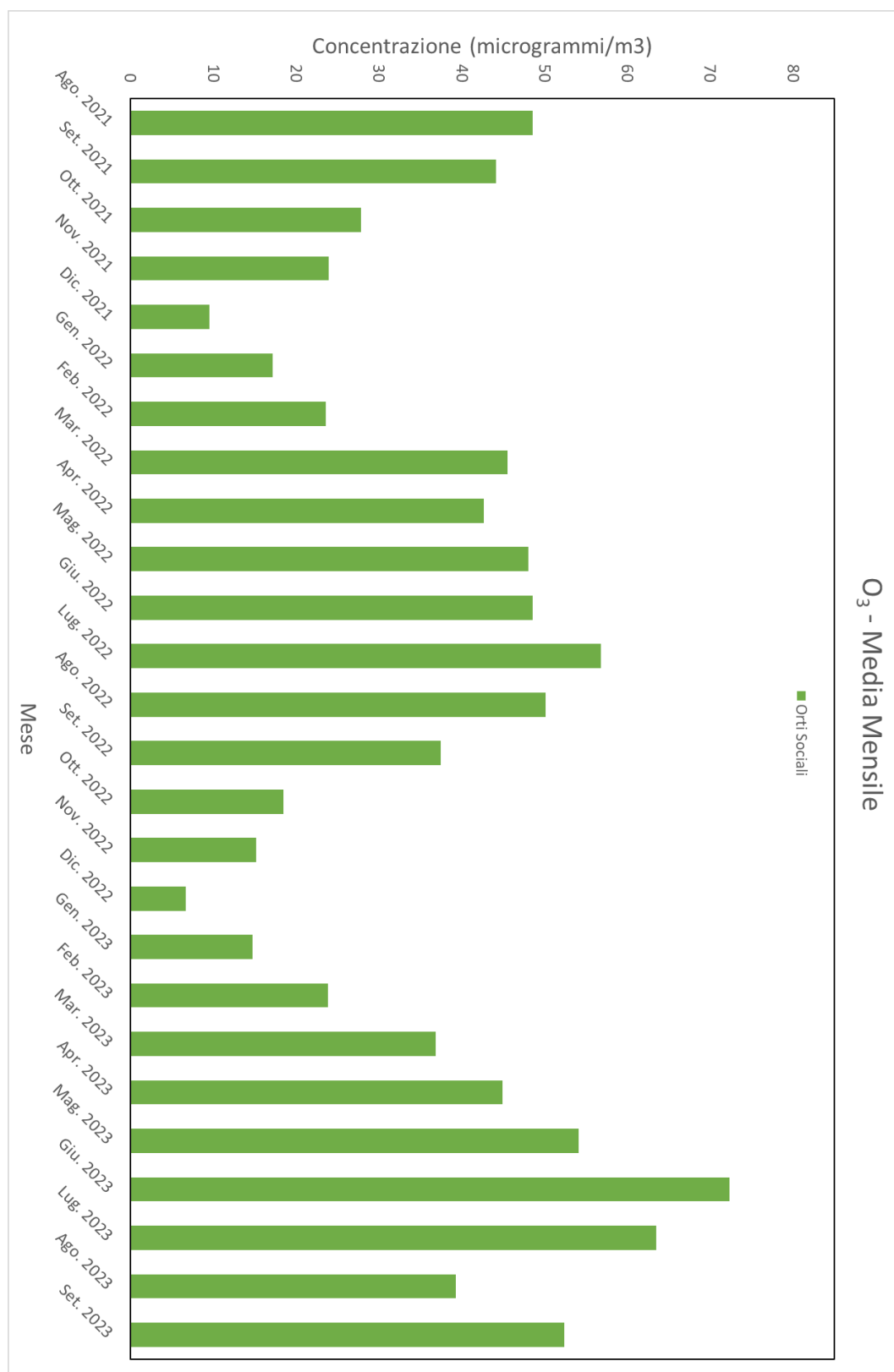


Figura 47 - Concentrazioni medie mensili di O₃ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Orti Sociali

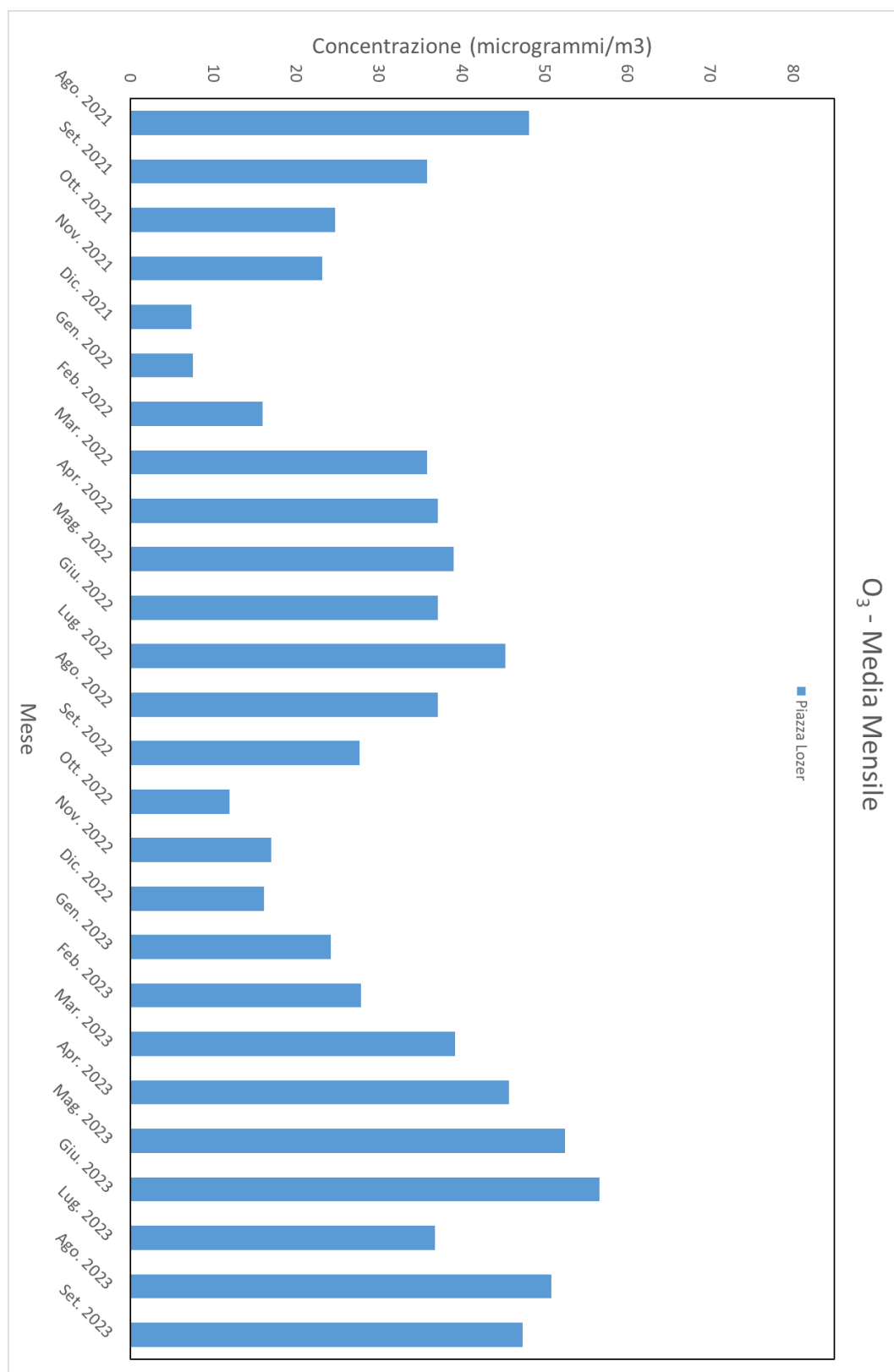


Figura 48 - Concentrazioni medie mensili di O₃ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Piazza Lozer

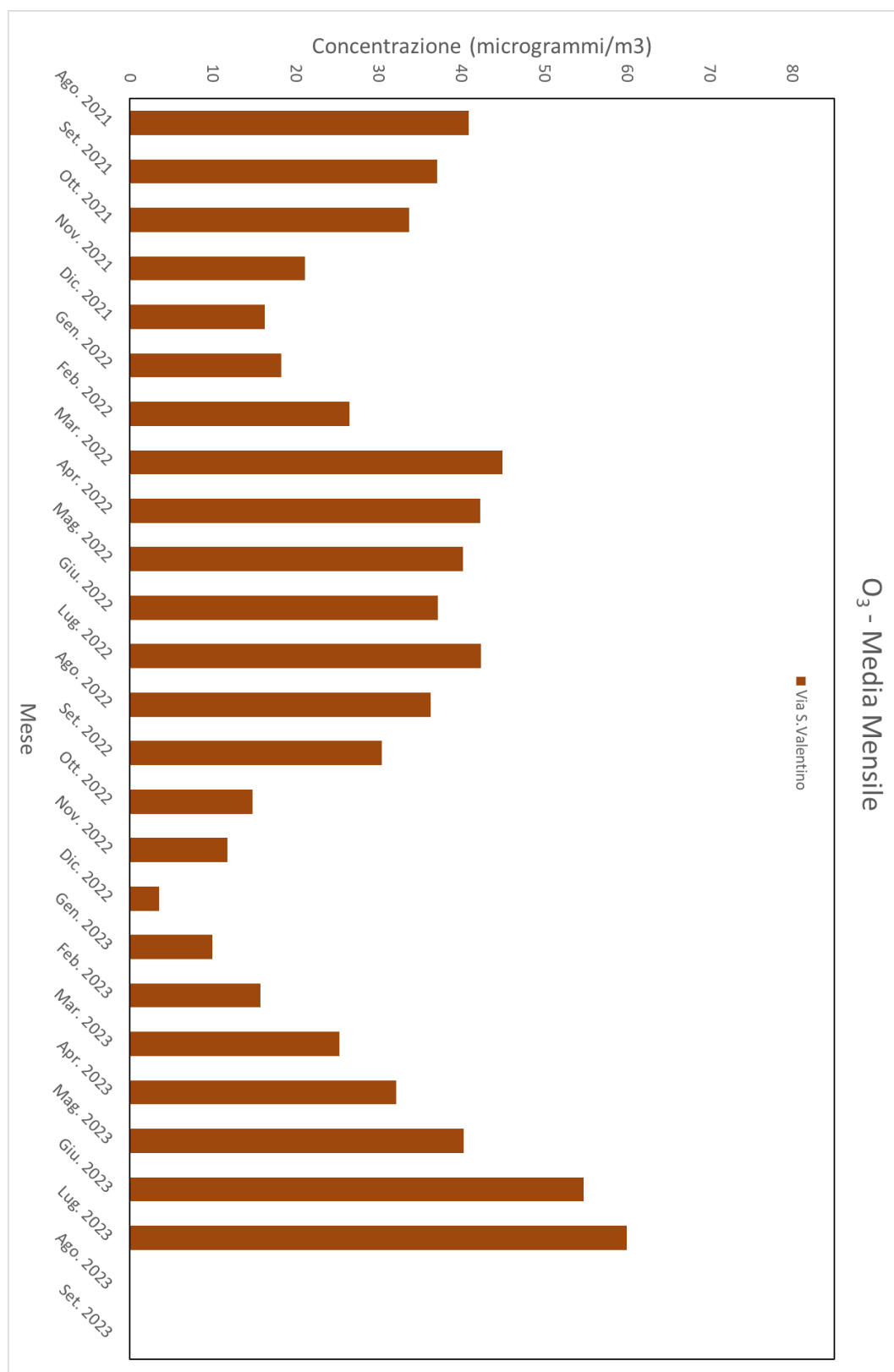


Figura 49 - Concentrazioni medie mensili di O₃ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via San Valentino

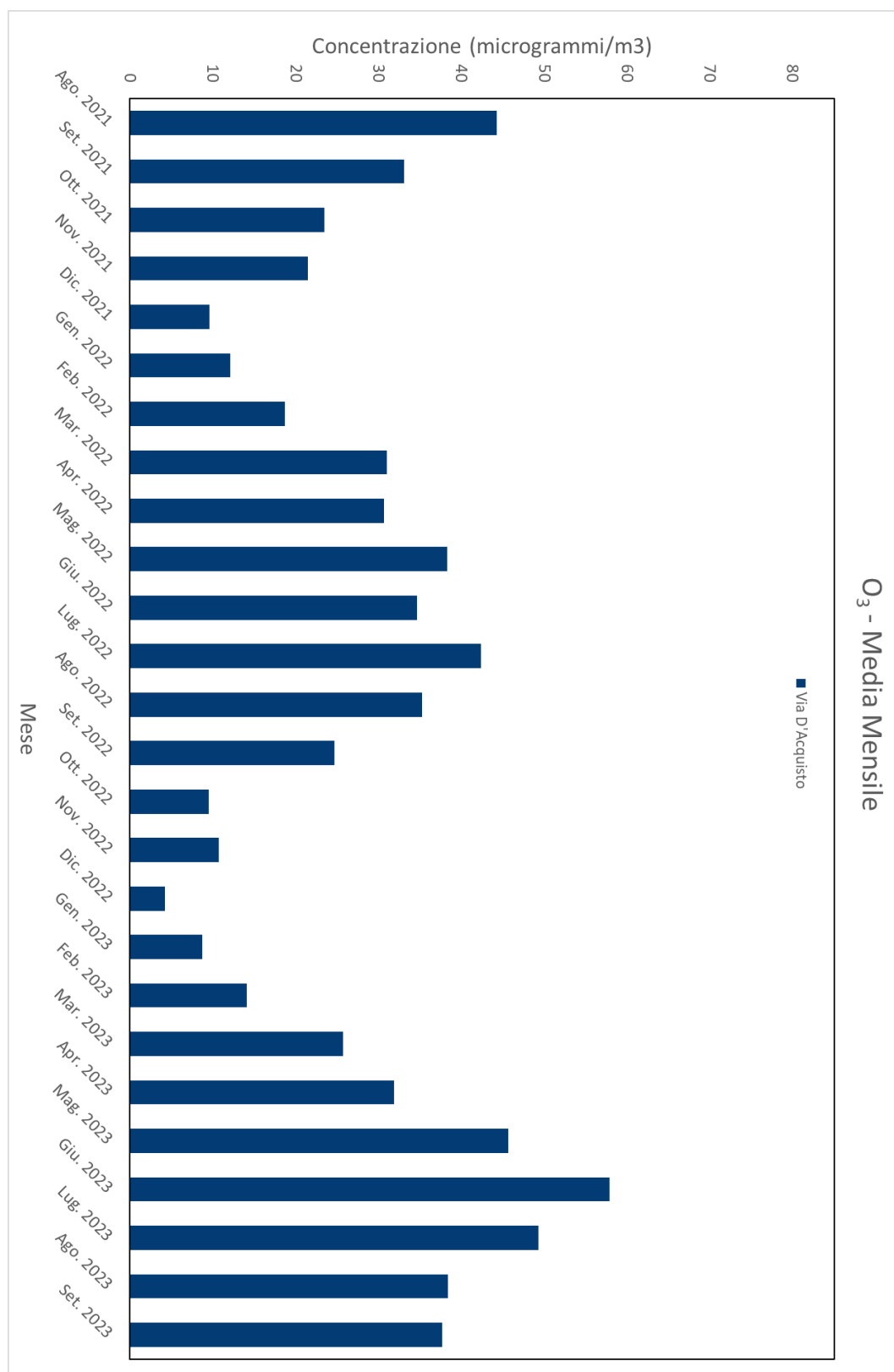


Figura 50 - Concentrazioni medie mensili di O₃ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023) per il sensore di Via D'Acquisto

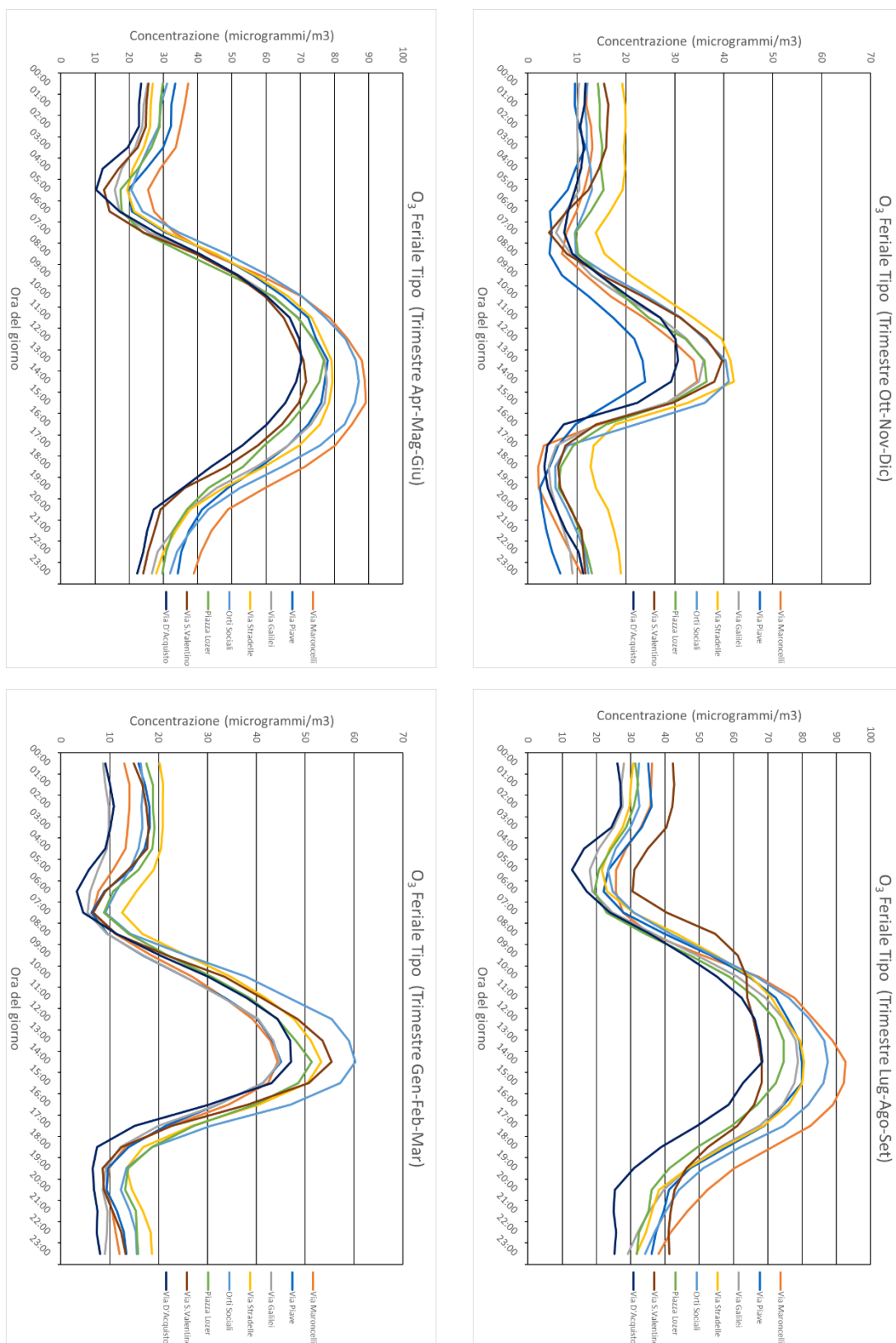


Figura 51 - Andamento medio delle concentrazioni di O₃ nell'arco della giornata feriale (“giorno tipo”) durante i quattro trimestri

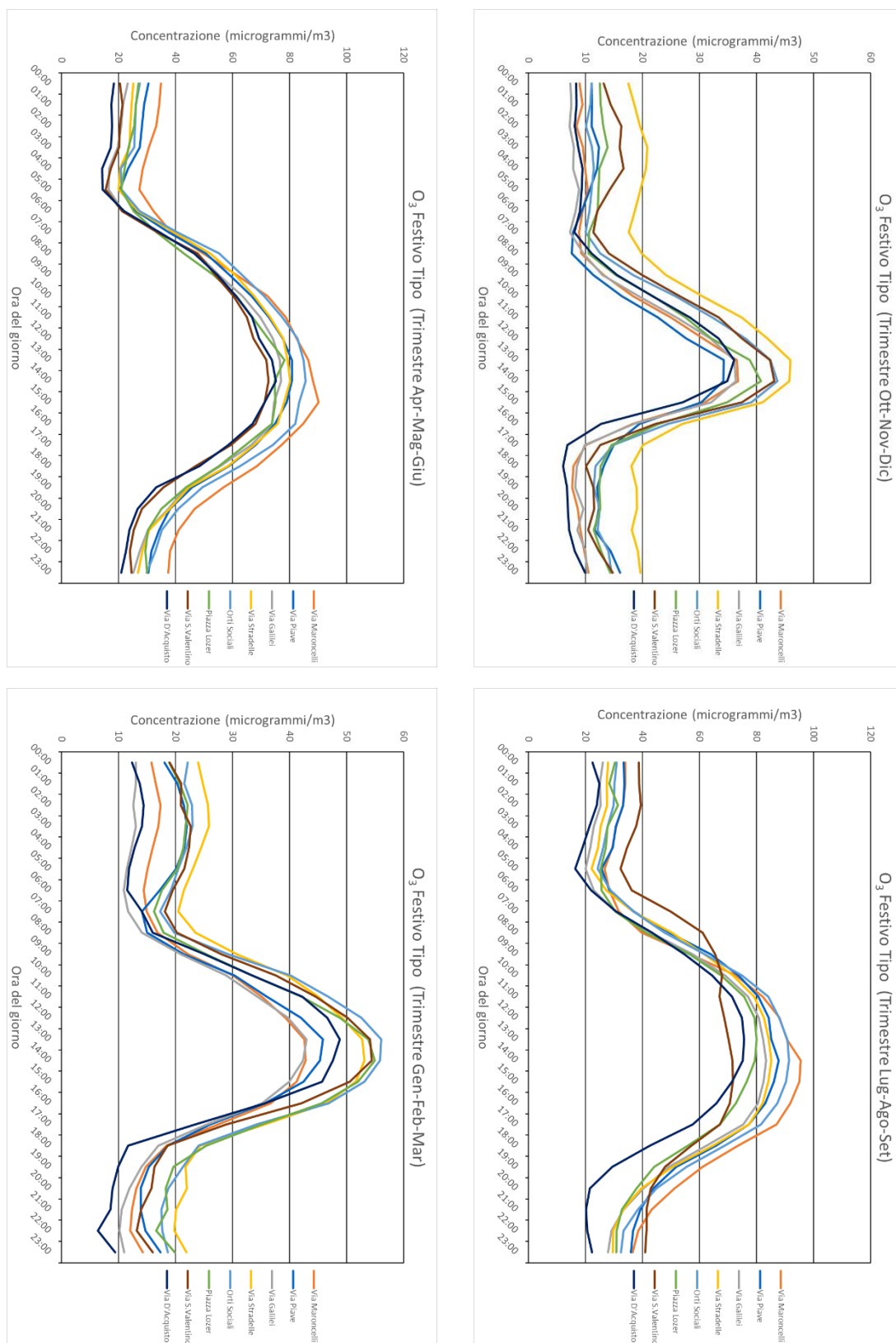


Figura 52 - Andamento medio delle concentrazioni di O₃ nell'arco della giornata festiva (“giorno tipo”) durante i quattro trimestri

Il monossido di Carbonio (CO)

Il monossido di Carbonio (CO) è un gas emesso durante la combustione dei materiali carboniosi. Altamente tossico, inodore e incolore, altamente infiammabile. Fra gli inquinanti maggiormente diffusi negli ambienti indoor, la sua presenza in atmosfera è principalmente dovuta alla combustione di materiale fossile (traffico veicolare, motori a scoppio in genere, in particolare a 2 tempi,...) ma anche alla combustione parziale di biomassa (riscaldamento domestico). Svolge un ruolo primario nella formazione di gas serra (CO₂) e nel ciclo di produzione dell’ozono troposferico (a livello del suolo).

Riportiamo nel seguito una sintesi e rappresentazione grafica dei dati raccolti e delle successive elaborazioni.

Concentrazione Media Mensile CO (milligrammi/metrocubo)								
Mese	Via Maroncelli	Via Piave	Via Galilei	Via Stradelle	Orti Sociali	Piazza Lozer	Via S.Valentino	Via D'Acquisto
Ago. 2021	0.21	0.20	0.21	0.21	0.21	0.22	0.21	0.22
Set. 2021	0.21	0.21	0.21	0.22	0.20	0.22	0.22	0.23
Ott. 2021	0.30	0.19	0.29	0.27	0.26	0.28	0.25	0.29
Nov. 2021	0.33	0.34	0.32	0.33	0.29	0.33	0.30	0.34
Dic. 2021	0.45	0.39	0.40	0.38	0.35	0.41	0.37	0.45
Gen. 2022	0.47	0.40	0.44	0.42	0.39	0.43	0.40	0.47
Feb. 2022	0.35	0.31	0.33	0.32	0.29	0.33	0.30	0.35
Mar. 2022	0.30	0.27	0.28	0.26	0.25	0.28	0.26	0.29
Apr. 2022	0.22	0.22	0.22	0.22	0.21	0.22	0.22	0.23
Mag. 2022	0.17	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21	0.20	0.21
Giu. 2022	0.16	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21	0.20	0.21
Lug. 2022	0.17	0.21	0.21	0.21	0.20	0.21	0.20	0.21
Ago. 2022	0.15	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21	0.20	0.21
Set. 2022	0.14	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21
Ott. 2022	0.19	0.23	0.23	0.34	0.21	0.24	0.24	0.26
Nov. 2022	0.29	0.31	0.28	0.28	0.29	0.30	0.30	0.36
Dic. 2022	0.36	0.40	0.34	0.39	0.36	0.37	0.41	0.47
Gen. 2023	0.33	0.36	0.31	0.35	0.34	0.35	0.42	0.45
Feb. 2023	0.30	0.35	0.29	0.31	0.32	0.31	0.36	0.42
Mar. 2023	0.22	0.24	0.22	0.23	0.23	0.23	0.24	0.26
Apr. 2023	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.20	0.22
Mag. 2023	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21
Giu. 2023	-	0.22	0.20	0.20	0.20	0.21	0.20	0.20
Lug. 2023	-	0.21	0.22	0.22	0.21	0.16	0.22	0.22
Ago. 2023	-	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.23
Set. 2023	-	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.24	0.23

Tabella 7 – Valori medi mensili di concentrazione di CO osservati nelle otto stazioni durante il periodo di rilevamento (Agosto 2021-Settembre 2023)

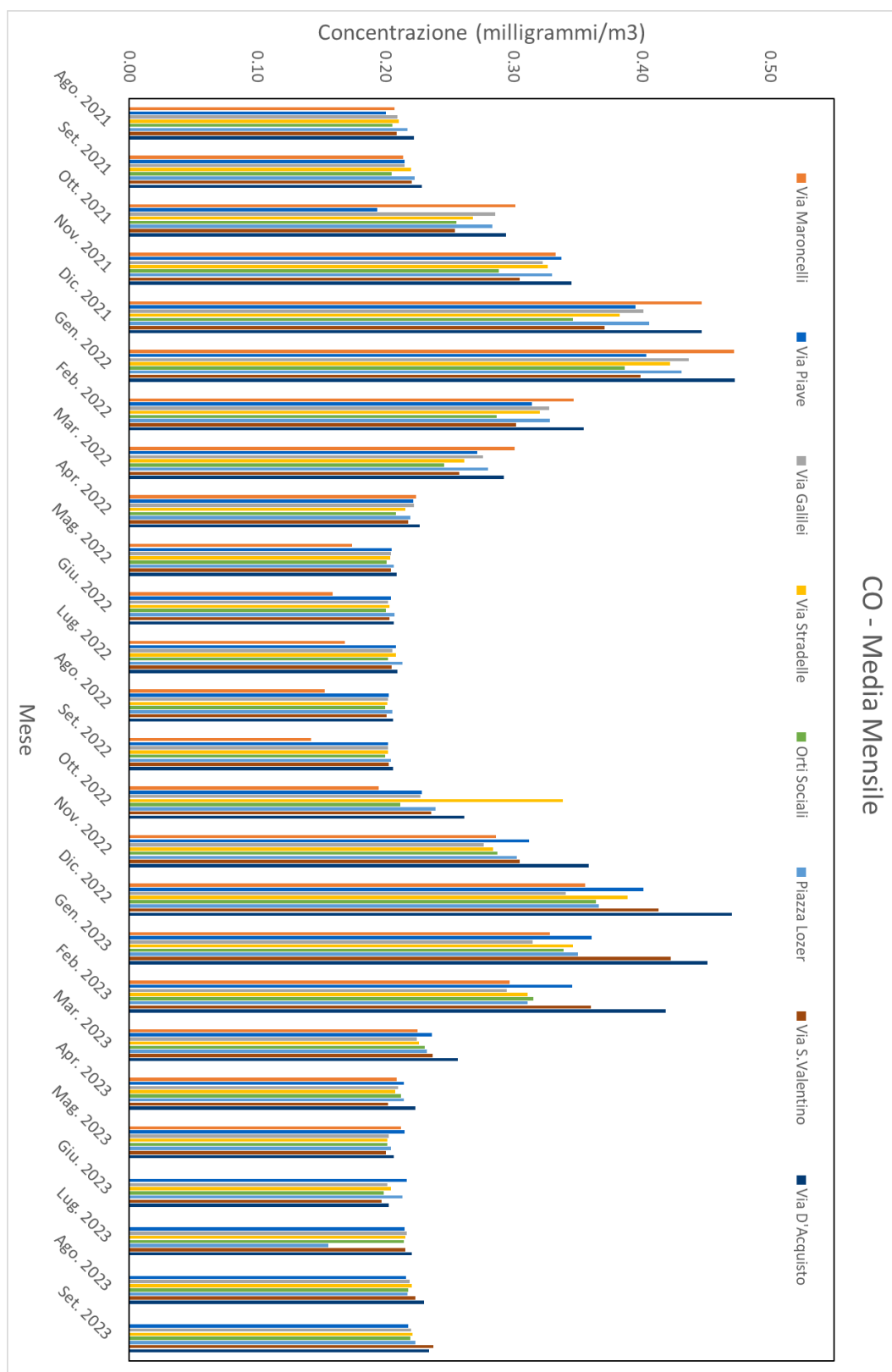


Figura 53 - Concentrazioni medie mensili di CO nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023)

L’anidride carbonica (CO₂)

L’anidride carbonica (CO₂) è uno dei più noti fra i cosiddetti “gas serra”, ampiamente presente in atmosfera entra nel ciclo di fotosintesi che è alla base della vita sul pianeta Terra. Ha un ampio utilizzo (dal settore industriale, a quello alimentare, a quello medico,..). La sua presenza in atmosfera, tipicamente utilizzata come indice del crescente inquinamento globale e relativo cambiamento climatico, è in larga parte dovuta a sorgenti naturali, indipendenti dalla presenza umana, ma è anche in parte imputabile all’attività umana, sia in termini di emissioni industriali che come conseguenza dei processi di deforestazione.

Riportiamo nel seguito una sintesi e rappresentazione grafica dei dati raccolti e delle successive elaborazioni.

Concentrazione Media Mensile CO ₂ (milligrammi/metrocubo)								
Mese	Via Maroncelli	Via Piave	Via Galilei	Via Stradelle	Orti Sociali	Piazza Lozer	Via S.Valentino	Via D'Acquisto
Ago. 2021	671	592	622	804	867	990	1042	642
Set. 2021	768	705	731	919	988	1147	1198	762
Ott. 2021	777	766	743	956	1001	1162	1191	817
Nov. 2021	776	797	797	1011	991	1171	1193	851
Dic. 2021	781	839	909	1008	995	1207	1222	916
Gen. 2022	790	851	931	1033	980	1238	1224	921
Feb. 2022	764	807	808	989	953	1189	1177	879
Mar. 2022	933	786	802	755	928	1164	1171	844
Apr. 2022	992	754	741	744	920	1144	1160	808
Mag. 2022	994	725	725	759	929	1131	1147	787
Giu. 2022	988	721	712	761	947	1108	1151	789
Lug. 2022	976	679	706	740	948	1081	1163	757
Ago. 2022	972	697	711	739	965	1102	1180	760
Set. 2022	945	716	692	710	957	1105	1172	782
Ott. 2022	1013	775	735	791	1006	1167	1216	853
Nov. 2022	1343	1067	1036	1060	1156	577	1088	1026
Dic. 2022	1321	1082	988	941	1207	652	1132	1058
Gen. 2023	1069	918	764	658	1109	1183	1205	978
Feb. 2023	1098	924	783	647	1093	1204	1196	966
Mar. 2023	1039	886	733	558	1054	1157	1103	914
Apr. 2023	1022	899	737	542	1046	1164	1022	912
Mag. 2023	776	-	694	480	1010	1149	833	886
Giu. 2023	798	795	693	459	1032	1144	668	899
Lug. 2023	816	801	807	620	913	850	605	770
Ago. 2023	802	917	856	781	684	891	585	733
Set. 2023	803	938	899	707	918	800	656	746

Tabella 8 – Valori medi mensili di concentrazione di CO₂ osservati nelle otto stazioni durante il periodo di rilevamento (Agosto 2021-Settembre 2023)

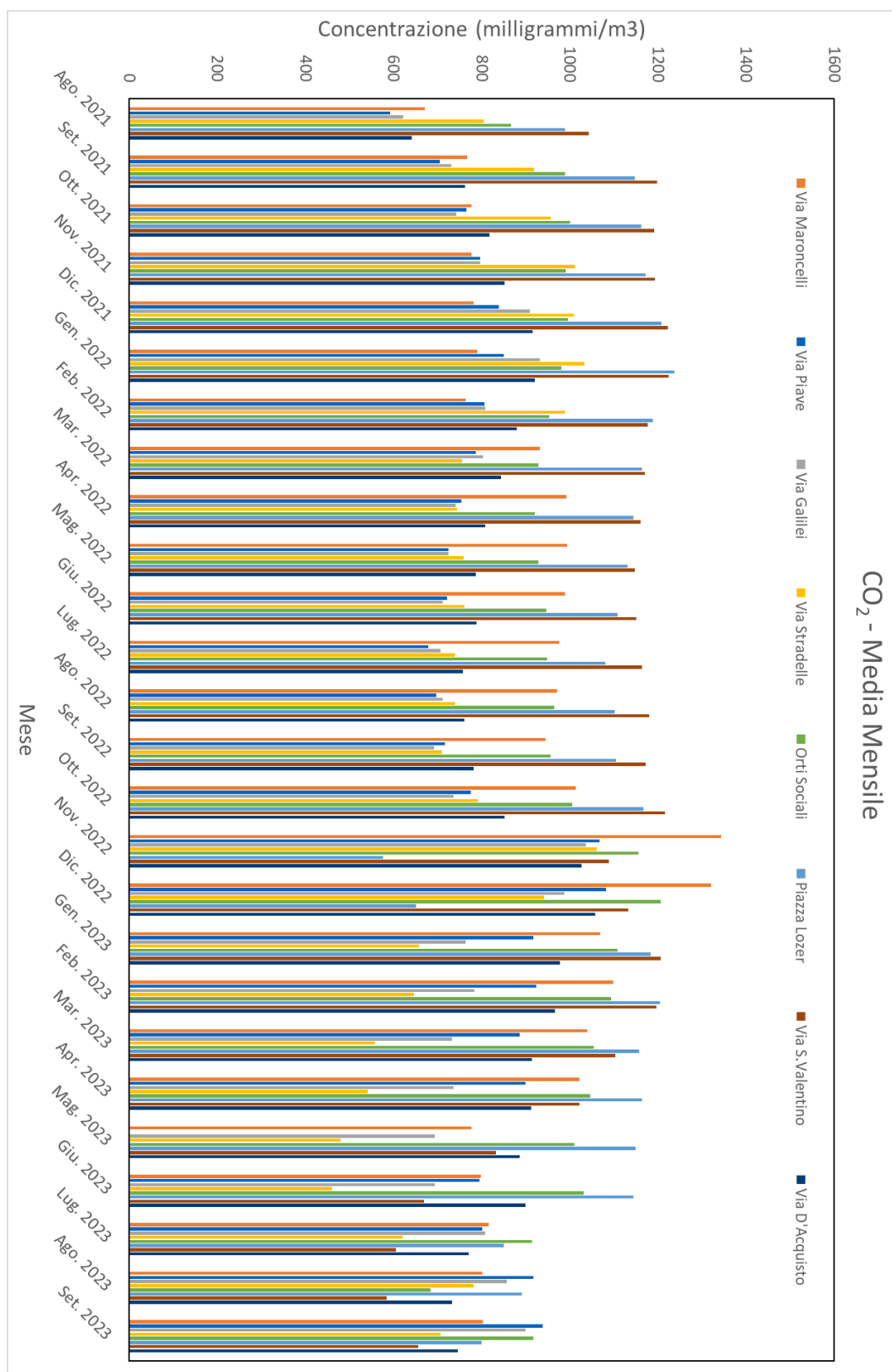


Figura 54 - Concentrazioni medie mensili di CO₂ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023)

L'acido solfidrico (H₂S)

L'acido solfidrico (H₂S) è un gas incolore e altamente tossico dal forte odore caratteristico (di “uova marce”). E' prodotto come risultato della degradazione anaerobica della materia organica e si trova quindi in atmosfera come conseguenza delle emissioni di attività geotermiche (a partire dalle più rilevanti come i vulcani per arrivare alle sorgenti termali) o della presenza di gas di palude, petrolio greggio e gas combustibili naturali. Risulta frequente e motivo di attenzione l'esposizione dell'uomo a questa sostanza sul luogo di lavoro. In aria ambiente viene spesso considerato nelle valutazioni di impatto odorigeno.

Riportiamo nel seguito una sintesi e rappresentazione grafica dei dati raccolti e delle successive elaborazioni.

Concentrazione Media Mensile H ₂ S (microgrammi/metrocubo)								
Mese	Via Maroncelli	Via Piave	Via Galilei	Via Stradelle	Orti Sociali	Piazza Lozer	Via S.Valentino	Via D'Acquisto
Ago. 2021	5.3	5.2	4.5	5.4	5.6	5.5	5.4	7.9
Set. 2021	4.1	4.4	2.9	4.3	4.9	3.4	4.6	4.6
Ott. 2021	5.2	14.8	4.5	10.6	9.0	5.7	13.5	7.9
Nov. 2021	6.4	12.6	4.2	10.4	9.0	8.0	8.8	11.7
Dic. 2021	7.4	14.4	2.8	8.4	13.9	8.4	9.8	14.0
Gen. 2022	5.2	13.8	2.3	10.1	15.1	7.3	9.0	12.0
Feb. 2022	3.9	9.9	2.0	5.0	11.4	5.6	6.5	8.9
Mar. 2022	2.5	9.2	1.3	1.9	9.7	4.8	4.6	6.9
Apr. 2022	-	5.1	2.4	3.2	6.5	3.4	3.8	5.2
Mag. 2022	-	3.2	2.6	3.4	4.2	2.8	3.1	3.7
Giu. 2022	-	3.7	3.3	3.9	3.7	3.3	3.4	3.8
Lug. 2022	-	3.6	3.4	3.8	3.6	3.2	3.2	3.7
Ago. 2022	-	3.4	3.3	3.9	3.8	3.4	3.3	3.8
Set. 2022	-	3.6	2.9	3.8	4.6	3.5	3.5	4.0
Ott. 2022	-	4.5	3.3	7.1	5.9	4.4	5.1	6.1
Nov. 2022	5.1	2.5	1.5	2.7	3.3	2.0	2.7	2.5
Dic. 2022	0.1	0.2	0.4	0.9	0.7	0.2	0.8	1.2
Gen. 2023	0.2	0.3	0.4	1.0	0.7	0.3	0.8	1.3
Feb. 2023	0.2	0.4	0.5	1.1	0.8	0.3	0.9	1.4
Mar. 2023	0.3	0.5	0.6	1.2	0.9	0.4	1.0	1.4
Apr. 2023	0.4	0.6	0.7	1.2	0.9	0.6	1.1	1.5
Mag. 2023	1.0	1.1	0.8	1.3	1.0	0.7	1.1	1.5
Giu. 2023	1.2	1.2	0.9	1.5	1.1	1.7	1.3	1.7
Lug. 2023	1.2	1.2	1.6	1.9	1.2	1.3	2.1	1.5
Ago. 2023	1.1	1.2	1.7	1.2	2.1	1.2	2.3	1.3
Set. 2023	1.2	1.1	1.6	2.0	1.2	1.2	2.2	1.3

Tabella 9 – Valori medi mensili di concentrazione di H₂S osservati nelle otto stazioni durante il periodo di rilevamento (Agosto 2021-Settembre 2023)

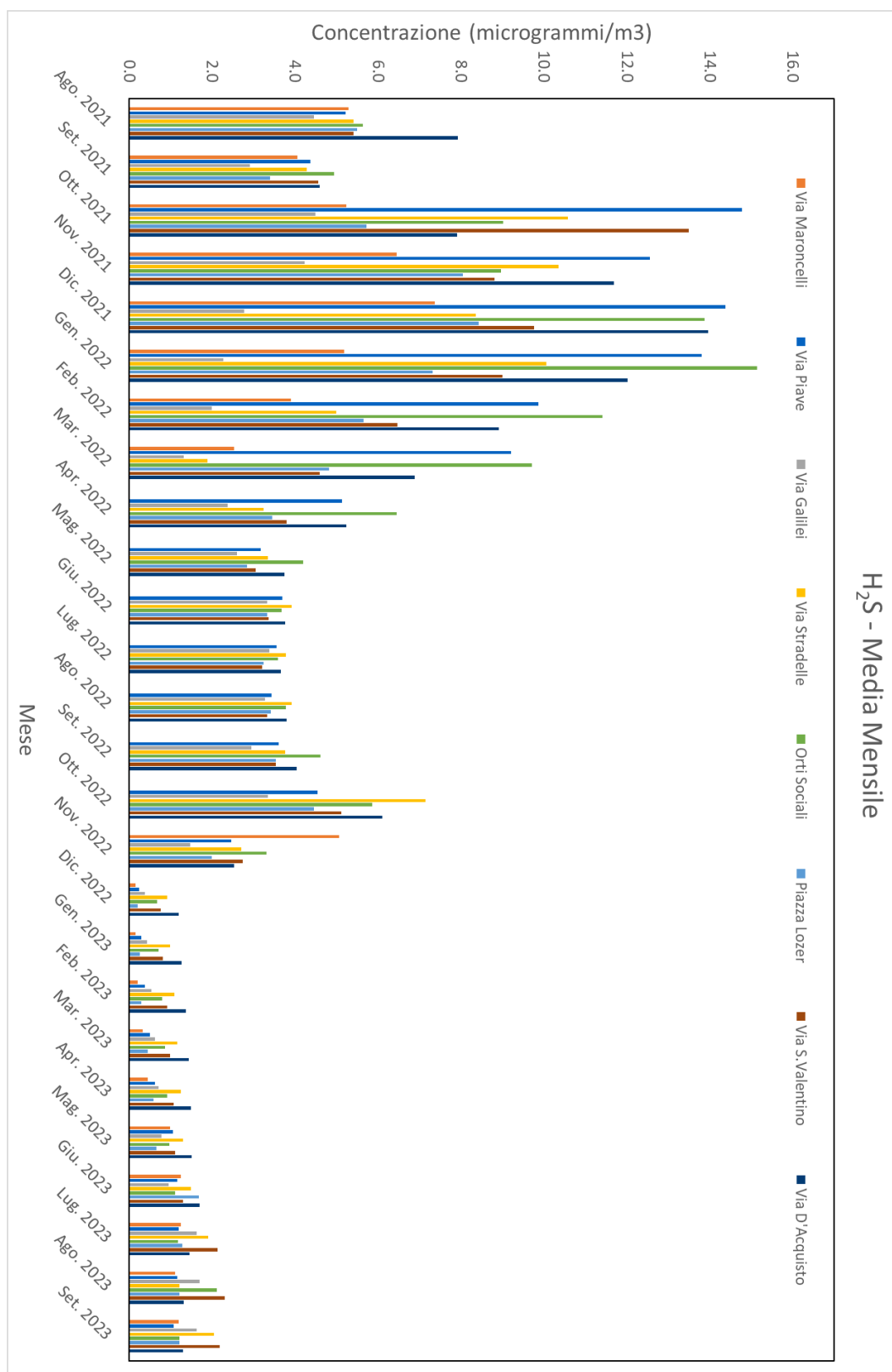


Figura 55 - Concentrazioni medie mensili di H₂S nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023)

Il diossido di Zolfo (SO₂)

Il diossido di Zolfo (SO₂) è un gas incolore dal tipico odore di “fiammifero acceso”, altamente tossico per l’uomo, in passato ampiamente presente nei carburanti dei motori a combustione. La sua presenza in atmosfera è principalmente dovuta alle attività umane (produzione di energia elettrica da fonti fossili, motori a combustione, produzione di calore,...) ma esiste una parte minoritaria legata all’attività vulcanica. Se mescolato con gocce d’acqua dà origine ad acido solforico, che è una delle principali componenti delle cosiddette “piogge acide”.

Riportiamo nel seguito una sintesi e rappresentazione grafica dei dati raccolti e delle successive elaborazioni.

Concentrazione Media Mensile SO ₂ (microgrammi/metrocubo)								
Mese	Via Maroncelli	Via Piave	Via Galilei	Via Stradelle	Orti Sociali	Piazza Lozer	Via S.Valentino	Via D'Acquisto
Ago. 2021	1.3	1.4	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5
Set. 2021	1.3	1.3	1.1	1.3	1.2	1.3	1.4	1.3
Ott. 2021	1.5	2.3	1.2	1.2	1.3	1.5	1.7	1.3
Nov. 2021	1.3	1.4	1.4	2.3	1.6	1.6	1.3	1.5
Dic. 2021	1.4	1.2	1.2	1.4	1.5	1.4	1.2	1.4
Gen. 2022	1.6	1.2	1.2	1.2	1.6	1.4	1.2	1.3
Feb. 2022	1.6	1.2	1.1	1.0	1.5	1.4	1.1	1.2
Mar. 2022	1.2	1.3	1.1	1.6	1.5	1.4	1.1	1.3
Apr. 2022	1.0	1.1	0.9	1.3	1.1	1.1	1.0	1.1
Mag. 2022	0.7	1.3	1.0	1.3	1.1	1.2	1.2	1.2
Giu. 2022	0.5	1.4	1.1	1.2	1.1	1.2	1.4	1.3
Lug. 2022	0.6	1.5	1.3	1.4	1.3	1.3	1.5	1.4
Ago. 2022	0.5	1.3	1.1	1.3	1.1	1.2	1.4	1.3
Set. 2022	0.6	1.2	1.0	1.2	1.0	1.1	1.2	1.2
Ott. 2022	0.7	1.2	1.1	1.3	1.1	1.2	1.3	1.3
Nov. 2022	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.3
Dic. 2022	1.3	1.2	1.3	1.3	1.4	1.3	1.2	1.3
Gen. 2023	1.4	1.3	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3
Feb. 2023	1.5	1.5	1.5	1.4	1.6	1.5	1.4	1.5
Mar. 2023	1.4	1.4	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3
Apr. 2023	1.5	1.4	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3	1.4
Mag. 2023	-	1.0	1.2	1.1	1.3	1.2	1.2	1.2
Giu. 2023	-	1.0	1.0	0.9	1.1	1.1	1.0	1.0
Lug. 2023	-	1.0	0.9	0.9	1.0	0.7	0.9	0.9
Ago. 2023	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Set. 2023	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabella 10 – Valori medi mensili di concentrazione di SO₂ osservati nelle otto stazioni durante il periodo di rilevamento (Agosto 2021-Settembre 2023)

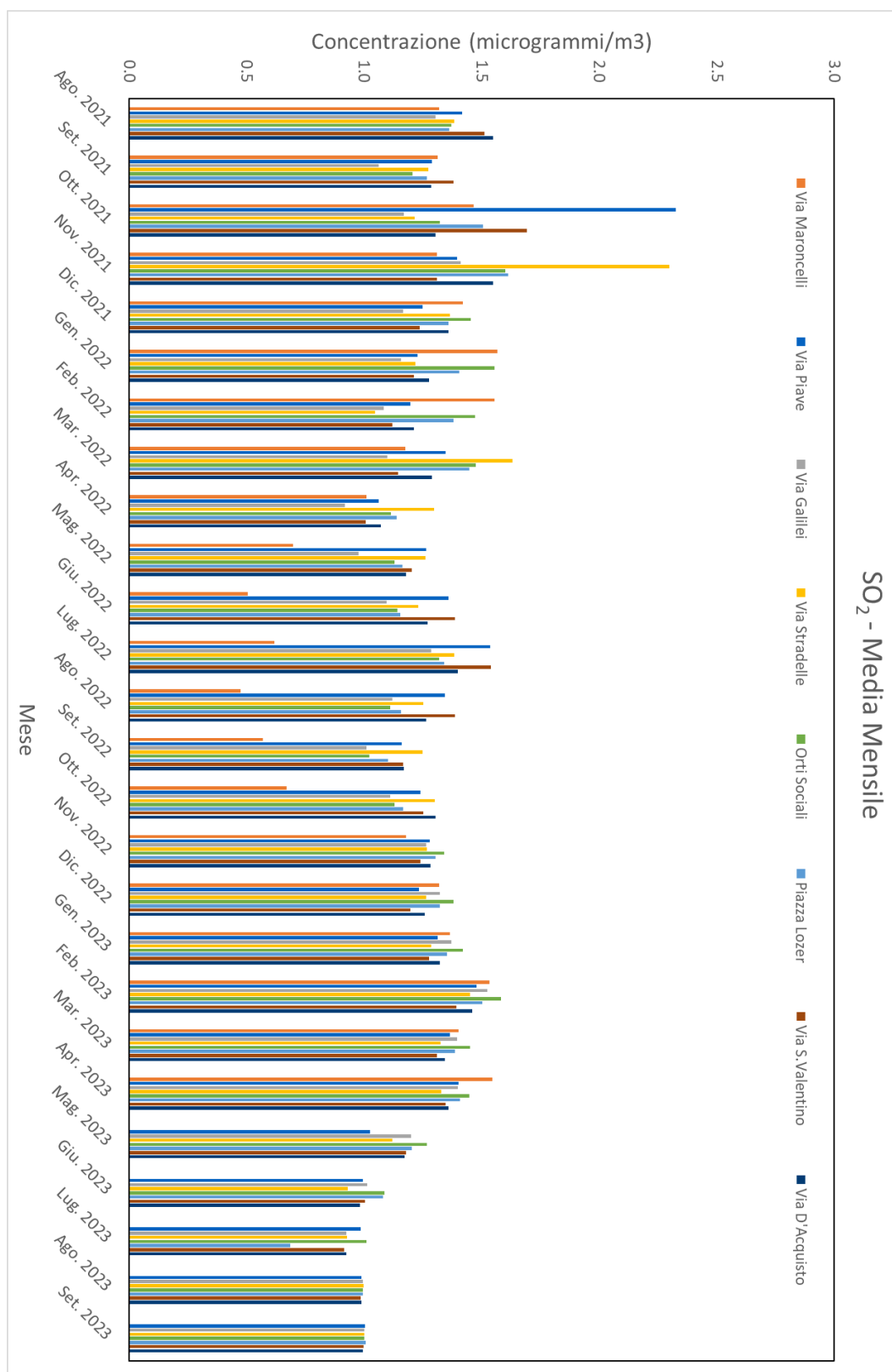


Figura 56 - Concentrazioni medie mensili di SO₂ nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023)

I composti organici volatili (VOC)

Con la sigla VOC (o COV) si intendono i composti organici volatili, in particolare qualsiasi composto organico che evapora in atmosfera a temperatura ambiente. Fra i più noti e diffusi in atmosfera si ricordano il benzene, il toluene, lo xilene, il butano, il cloroformio, il metano e tanti altri. Tali composti sono ampiamente diffusi tanto in ambienti indoor quanto in aria-ambiente. Sono responsabili della loro presenza in atmosfera le sorgenti legate alla combustione di oli fossili (traffico veicolare, industria,...), alla produzione di solventi e ai processi di trattamento dei rifiuti, e infine le sorgenti naturali (si citano in particolare le emissioni di VOC dovute alla presenza di vegetazione).

Riportiamo nel seguito una sintesi e rappresentazione grafica dei dati raccolti e delle successive elaborazioni.

Concentrazione Media Mensile VOC (indice qualità dell'aria AQI)								
Mese	Via Maroncelli	Via Piave	Via Galilei	Via Stradelle	Orti Sociali	Piazza Lozer	Via S.Valentino	Via D'Acquisto
Ago. 2021	137	91	132	136	140	136	140	143
Set. 2021	138	88	139	139	149	143	147	140
Ott. 2021	148	132	137	133	143	138	146	148
Nov. 2021	127	82	124	99	133	105	131	128
Dic. 2021	149	87	144	139	149	138	149	146
Gen. 2022	145	89	141	134	146	137	142	144
Feb. 2022	140	80	141	139	143	139	145	144
Mar. 2022	138	83	135	134	138	137	135	144
Apr. 2022	138	76	131	130	130	138	139	140
Mag. 2022	144	75	138	132	144	144	145	139
Giu. 2022	141	79	137	134	142	142	147	140
Lug. 2022	138	90	133	129	139	141	145	136
Ago. 2022	139	82	133	132	139	142	144	136
Set. 2022	141	69	135	136	140	136	143	135
Ott. 2022	145	70	137	141	141	136	141	139
Nov. 2022	144	113	137	139	141	135	140	142
Dic. 2022	146	131	138	136	146	139	138	145
Gen. 2023	144	133	134	137	142	136	142	143
Feb. 2023	146	140	141	144	143	139	144	147
Mar. 2023	142	137	134	140	136	135	140	144
Apr. 2023	141	139	133	134	129	135	140	141
Mag. 2023	139	133	133	137	138	138	142	134
Giu. 2023	139	136	130	137	140	129	140	135
Lug. 2023	141	140	136	138	141	110	143	135
Ago. 2023	142	139	136	143	138	141	145	138
Set. 2023	141	140	139	138	144	142	135	142

Tabella 11 – Valori medi mensili di concentrazione di VOC osservati nelle otto stazioni durante il periodo di rilevamento (Agosto 2021-Settembre 2023). I valori rilevati dai sensori installati sono espressi in un indice di qualità dell'aria (IAQ), con un range da 0 a 500 con una risoluzione di ± 1 (valori maggiore indicano un livello peggiore di qualità dell'aria).

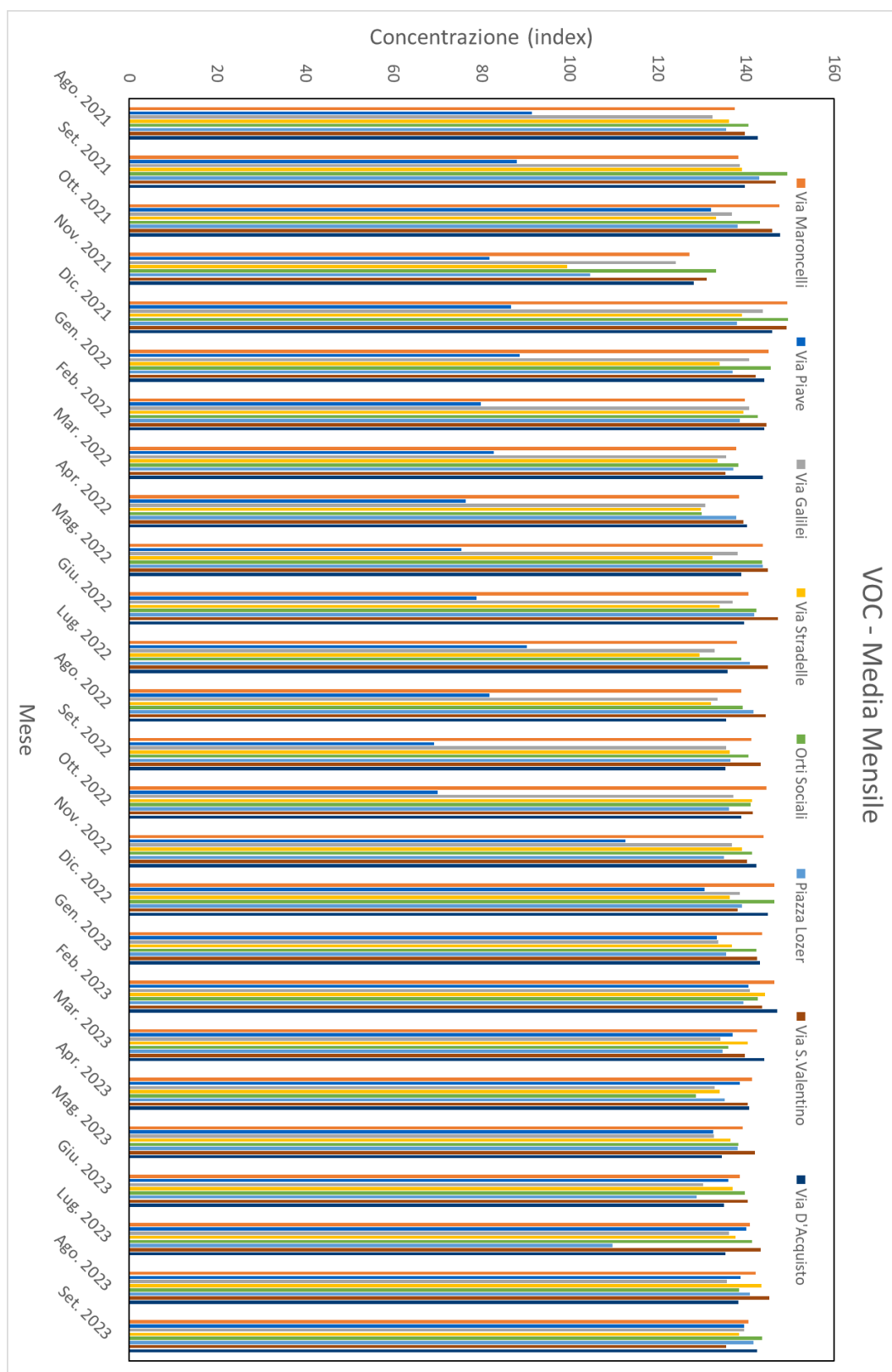


Figura 57 - Medie mensili indici di concentrazione di VOC nell'intero periodo (Agosto 2021-Settembre 2023)

Considerazioni e commenti

A conclusione dell'attività di rilevamento prevista nell'ambito del progetto è possibile analizzare il quadro complessivo relativo all'andamento dei valori di qualità dell'aria rilevati durante il periodo di operatività della rete di sensori.

Elenchiamo nel seguito alcuni elementi emersi grazie all'elaborazione e conseguente analisi dei dati raccolti, rimandando ai report trimestrali trasmessi nel corso del progetto per ulteriori osservazioni e approfondimenti.

- Sono chiaramente osservabili nei 24 mesi di rilevamento su tutte le otto stazioni della rete di rilevamento gli andamenti stagionali che caratterizzano i principali inquinanti atmosferici, con valori tipicamente più elevati nel periodo invernale in particolare per le polveri atmosferiche nelle diverse classi granulometriche considerate (PM₁₀, PM_{2.5} e PM₁), per gli ossidi di Azoto (NO e NO₂) e per il monossido di Carbonio (CO). Andamento analogo, seppur meno marcato, è osservabile anche nelle concentrazioni di CO₂ e di SO₂. Tale aspetto risulta in linea con quanto atteso in un contesto urbano interessato dalle pressioni delle principali sorgenti emmissive legate alle attività antropiche
- Analogamente per l'ozono si osserva il classico andamento “a campana” con valori più elevati nei mesi estivi e inferiori nei mesi invernali, in linea con il trend stagionale che caratterizza tipicamente i siti urbani in accordo con il variare dell'esposizione all'irraggiamento solare e la conseguente intensità del fenomeno fotochimico di produzione dell'Ozono troposferico.
- Si osserva nei valori medi rilevati per le concentrazioni di H₂S una netta diminuzione delle concentrazioni a partire dal novembre 2022 in maniera sostanzialmente omogenea nelle otto stazioni di rilevamento. I valori rilevati sono stati in ogni caso tipicamente contenuti e tale comportamento è verosimilmente da ricondursi all'aggiornamento dell'hardware dei sensori che ha interessato l'intera rete con l'introduzione di componenti tecnologicamente evolute.
- I valori di VOC registrati appaiono sostanzialmente stabili nell'arco dei due anni di rilevamento e con valori sostanzialmente omogenei nelle otto stazioni (a meno della stazione di via Piave che ha registrato valori apprezzabilmente inferiori, soprattutto nell'anno 2022)
- Gli andamenti tipici giornalieri delle concentrazioni di Ozono consentono, sia osservati singolarmente che dal confronto fra i risultati ottenuti nei quattro trimestri, la chiara identificazione dell'effetto determinante dei fenomeni fotochimici atmosferici evidenti nell'alternarsi delle ore diurne di esposizione all'irraggiamento solare a quelle notturne di oscurità.
- Gli andamenti giornalieri feriali delle concentrazioni di NO₂ riproducono per tutte le stazioni quanto atteso in un contesto urbano, con il tipico grafico “bimodale” (due massimi relativi osservati rispettivamente al mattino e alla sera) descrittivo dell'andamento medio delle attività antropiche tipicamente determinanti nell'emissione di ossidi di azoto in atmosfera (traffico veicolare e riscaldamento domestico), che prevedono appunto la massima intensità nella fascia mattutina (indicativamente fra le 07:00 e le 9:00) e nella fascia del tardo pomeriggio (indicativamente fra le 17:00 e le 21:00). Il confronto fra i risultati delle elaborazioni per i quattro trimestri dell'anno conferma l'interpretazione evidenziando massimi meno pronunciati (in particolare quello mattutino) nel periodo estivo, privo del contributo del riscaldamento domestico e tipicamente caratterizzato da una minore intensità nel flusso veicolare.

- Rispetto a quanto evidenziato al punto precedente in relazione alle concentrazioni tipo di NO₂ viene evidenziato in particolare il comportamento nell’arco delle giornate tipo nella stazione di via Salvo d’Acquisto, con andamenti giornalieri più marcati e i massimi relativi più intensi fra quelli rilevati dalle stazioni della rete, in particolare nella fascia del tardo pomeriggio/sera. Appare quindi forte l’ipotesi di un significativo impatto del traffico veicolare già ampiamente argomentata nel corso del rilevamento, da ricondursi verosimilmente alla prossimità del sito di rilevamento alla Strada Statale n.13.
- L’andamento statistico “tipo” per le concentrazioni di PM₁₀ e PM_{2.5} nell’arco della giornata si presenta variabile nei quattro trimestri dell’anno, con valori sostanzialmente stabili e piuttosto contenuti nei periodi più caldi e con minore produzione di particolato secondario e la comparsa di massimi relativi, in particolare in corrispondenza delle ore serali, nella stagione più fredda. Tale comportamento risulta allineato con quanto tipicamente osservato nei contesti urbani.

In conclusione è stato confermato il quadro complessivo della qualità dell’aria nell’area urbana interessata dal monitoraggio (il quartiere Torre della città di Pordenone) delineato grazie alle osservazioni raccolte nel corso dei due anni di rilevamento, con valori quasi sempre piuttosto contenuti (se confrontati con i limiti normativi e/o le soglie di attenzione più comunemente adottate) per tutti gli inquinanti rilevati a eccezione delle polveri atmosferiche, per le quali sono state evidenziate alcune criticità, diffuse su tutto il territorio monitorato ma limitate al solo periodo invernale.

Il sistema di sensori ambientali proposto e installato, in grado di fornire misure di carattere indicativo ma capillari, con elevato dettaglio temporale e diffuse sul territorio, si è rivelato quindi adatto allo scopo per cui è stato progettato e messo in opera e i dati raccolti hanno consentito di raccogliere informazioni utili ad aumentare il livello conoscitivo dell’area in esame e, laddove opportunamente rielaborati, rappresentano un’importante risorsa per attività di pianificazione e indagine.