

Studio modellistico sulla dispersione in atmosfera degli inquinanti

Preparato per **Zignago Vetro S.p.A.**

Sito di **Fossalta di Portogruaro (VE)**

Novembre 2017

INDICE

1	Premessa.....	1
2	Riferimenti normativi	2
3	Inquadramento territoriale.....	3
4	Qualità dell'aria	5
4.1	Ossidi di Azoto.....	8
4.2	Materiale Particolato	9
4.3	Biossido di Zolfo	14
4.4	Monossido di Carbonio.....	14
4.5	Ozono Troposferico.....	14
5	Analisi dei dati meteorologici	16
5.1	Dati meteorologici per la modellizzazione.....	16
6	Simulazioni modellistiche	29
6.1	Catena modellistica adottata	29
6.2	Ricostruzione input meteorologico	30
6.2.1	Il modello Weather Research and Forecasting (WRF)	30
6.2.2	Il modello CALMET	33
6.3	Descrizione del modello CALPUFF e inquinanti considerati	35
6.4	Dominio di simulazione di CALPUFF e recettori	36
6.5	Caratteristiche delle sorgenti emissive.....	41
6.6	Risultati	52
7	CONCLUSIONI.....	60
8	BIBLIOGRAFIA	61

Allegati

Tavole

1 PREMESSA

Il presente studio ha lo scopo di valutare l'impatto sulla qualità dell'aria associato al progetto di incremento della capacità produttiva della vetreria di Fossalta di Portogruaro (VE) di proprietà della Zignago Vetro S.p.A.. A tal fine è stata utilizzata la catena modellistica WRF-CALMET-CALPUFF, dove WRF e CALMET sono i modelli meteorologici e CALPUFF è il modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera; tali modelli hanno consentito di quantificare le ricadute degli inquinanti al suolo emessi dalla vetreria ed anche dalla vicina centrale cogenerativa a biomasse di proprietà di Zignago Power S.r.l. E' stato simulato il funzionamento di entrambi gli impianti alla Massima Capacità Produttiva (MCP) nell'ambito dello scenario Ante Operam, la configurazione attualmente autorizzata, e dello scenario Post Operam, la configurazione futura per la quale Zignago Vetro chiede autorizzazione.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Si richiamano, di seguito, i valori limite dei principali inquinanti definiti dalla normativa italiana, in particolare contenuti nel Decreto legislativo 13 agosto 2010, n.155, in recepimento della Direttiva 2008/50/CE. In Tabella 1 sono indicati, per tali inquinanti, i relativi periodi di mediazione ed i valori limite.

Tabella 1: Valori limite di qualità dell'aria (Decreto legislativo 13 agosto 2010, n.155)

Inquinante	Livello di protezione	Periodo di mediazione	Valore limite
SO ₂	Valore limite orario per la protezione della salute umana	Ora	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per l'anno civile (corrisponde al 99,726 perc.)
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	Giorno	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per l'anno civile (corrisponde al 99,178 perc.)
	Valore limite per la protezione della vegetazione	Anno civile	20 µg/m ³
NO ₂	Valore limite orario per la protezione della salute umana	Ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per l'anno civile (corrisponde al 99,795 perc.)
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³
NO _x	Valore limite per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m ³
PM ₁₀	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	Giorno	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per l'anno civile (corrisponde al 90,411 perc.)
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³
PM _{2,5}	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m ³
Ni	Valore obiettivo	Anno civile	20 ng/m ³
Cd	Valore obiettivo	Anno civile	5 ng/m ³
O ₃	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m ³
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana		120 µg/m ³ da non superare più di 25 volte come media su 3 anni

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Lo stabilimento Zignago Vetro S.p.A. è ubicato in provincia di Venezia, nella zona sud del comune di Portogruaro, e ad est rispetto all'abitato di Portogruaro. Come si può osservare in Figura 1, il territorio in esame è collocato in prossimità del confine tra le regioni Veneto e Friuli Venezia Giulia, ad una distanza di circa 17 km dalla costa adriatica.

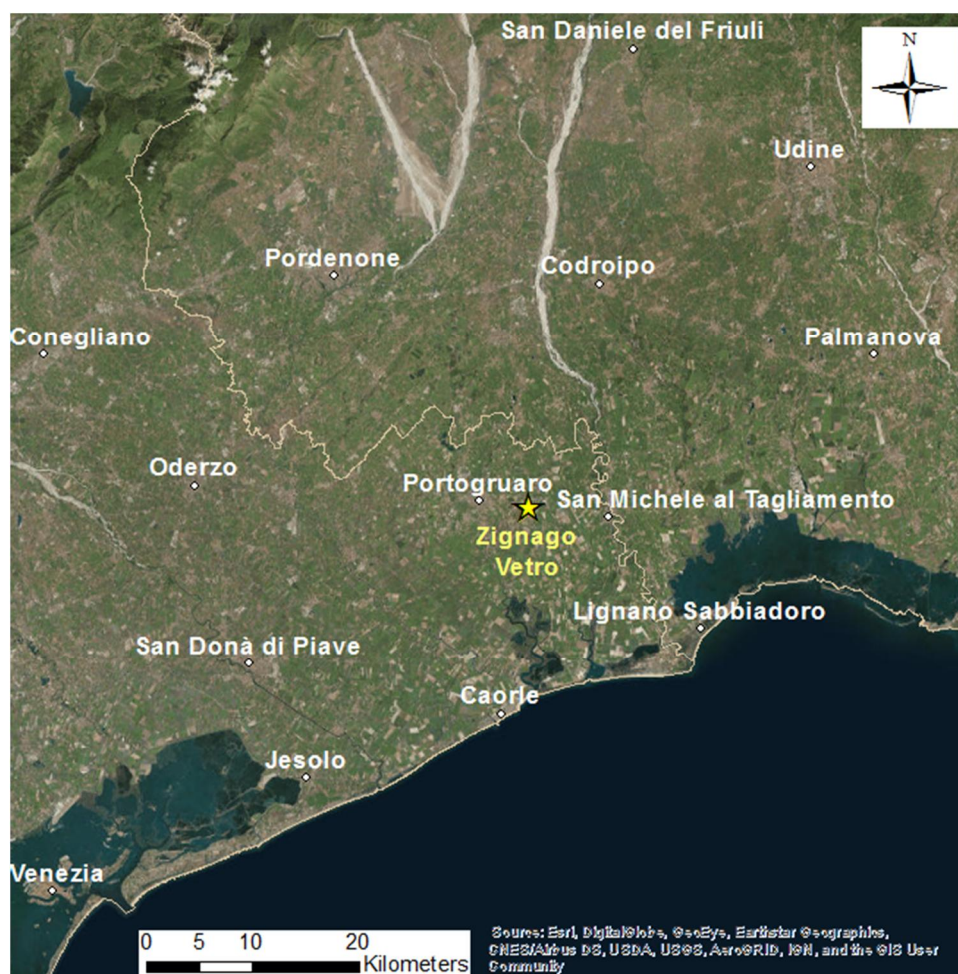


Figura 1: Inquadramento territoriale ad ampia scala dell'area di studio, in giallo è indicata l'ubicazione dello stabilimento Zignago Vetro S.p.A.

La Figura 2 offre un dettaglio maggiore del territorio circostante lo stabilimento in esame, ed evidenzia un'area pianeggiante in cui l'uso del suolo è principalmente agricolo e caratterizzato da agglomerati urbani.

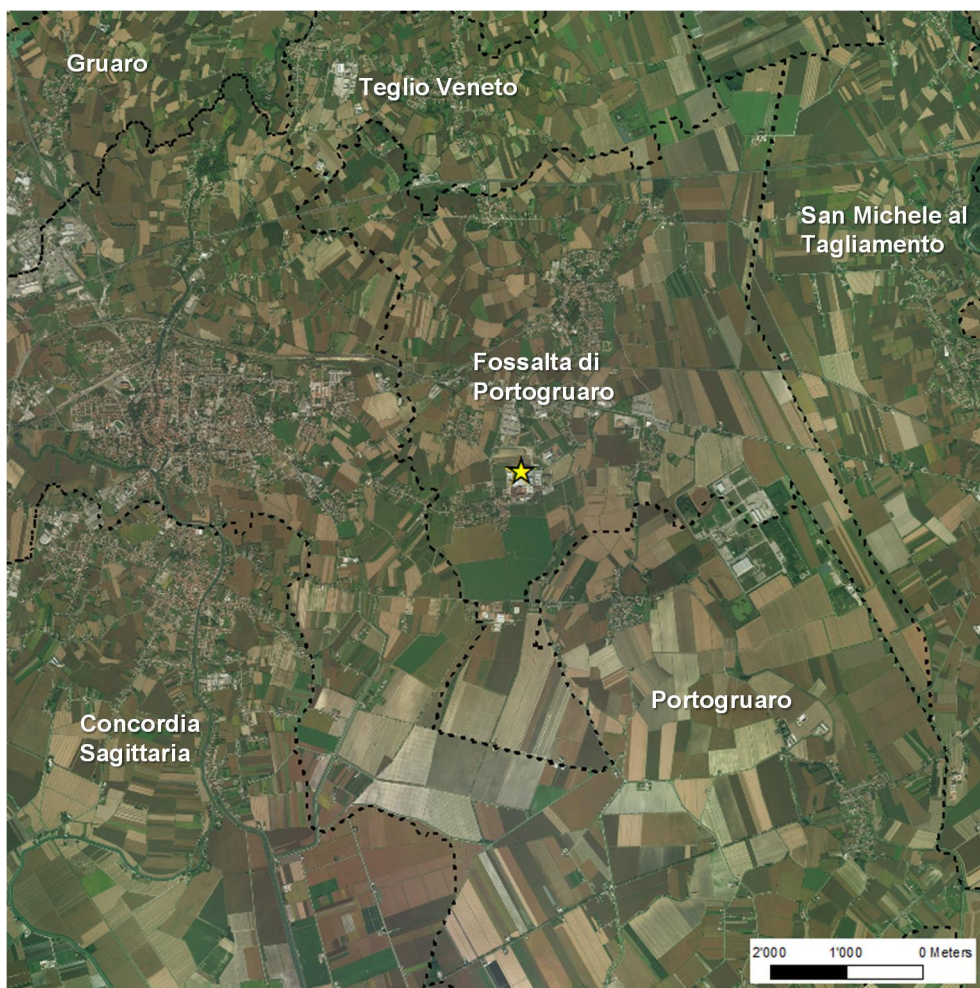


Figura 2: Inquadramento territoriale di dettaglio dell'area di studio, in giallo è indicata l'ubicazione dello stabilimento Zignago Vetro S.p.A.

4 QUALITÀ DELL'ARIA

Nel presente capitolo è analizzata la qualità dell'aria alla scala provinciale e locale.

L'impianto di Zignago Vetro è localizzato nel comune di Fossalta di Portogruaro, identificato nel progetto di zonizzazione regionale come "Area di pianura e capoluogo di bassa pianura" (IT0513, come si può osservare in Figura 3). Tale zonizzazione è stata effettuata individuando prima gli agglomerati e successivamente le altre zone sulla base delle caratteristiche orografiche e meteo-climatiche, il carico emissivo e il grado di urbanizzazione del territorio. I Comuni classificati come "Area di pianura e capoluogo di bassa pianura" sono caratterizzati da omogeneità rispetto al fattore orografico, bassa ventosità, urbanizzazione diffusa con pochi centri urbani densamente popolati e densità emissiva comunale superiore a 7 t/a km²¹.

Progetto di riesame della zonizzazione del Veneto D. Lgs. 155/2010

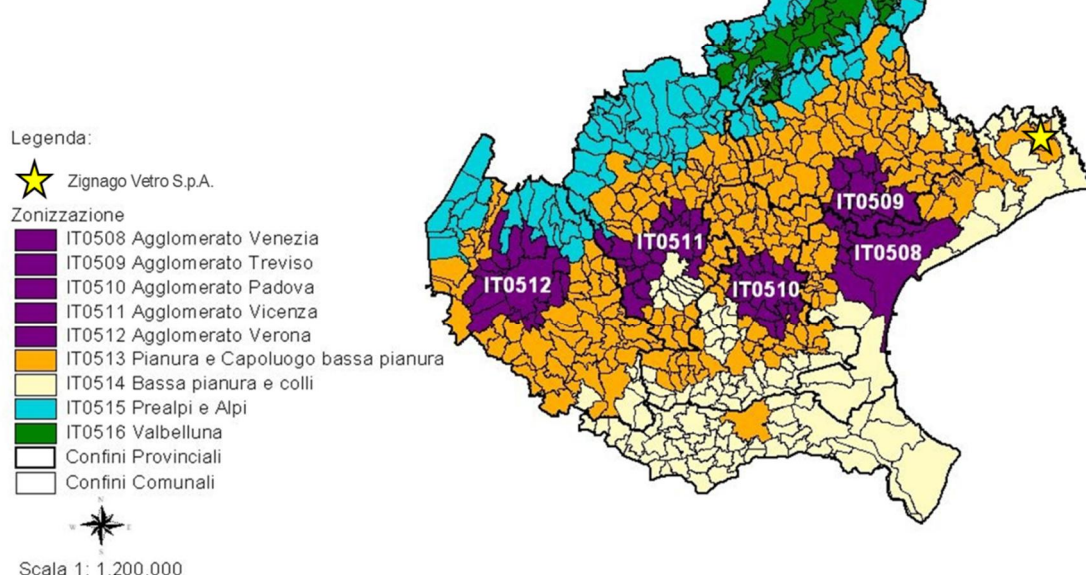


Figura 3: Zonizzazione del territorio regionale (fonte: "Progetto di riesame della zonizzazione della Regione Veneto in adeguamento alle disposizioni del D.Lgs. 13 agosto 2010, n. 155", 2012)

Le successive analisi sono tratte dalle Relazioni Regionali Qualità dell'Aria pubblicate da ARPA Veneto (ARPAV) e dalle Relazioni Annuali Qualità dell'Aria redatte dal Dipartimento Provinciale di Venezia per il periodo 2013 - 2016. Inoltre sono state analizzate le emissioni contenute nell'"Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera"². A scala locale sono state analizzate le concentrazioni di inquinanti rilevate presso le centraline di qualità dell'aria presenti nelle vicinanze dell'impianto. In particolare sono state considerate le stazioni fisse di San Donà di Piave

¹ La densità emissiva è stata calcolata secondo la seguente formula:

$$\text{densità emissiva comunale} = \frac{\sum \text{emissioni (100\% PM}_{10}, 50\% \text{ NO}_x, 50\% \text{ SO}_2, 50\% \text{ NH}_3, 20\% \text{ COV})}{\text{superficie comunale}}$$

² Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (INEMAR) in Regione Veneto, edizione 2013 - dati in versione definitiva. Redatto dal Servizio Osservatorio Aria di ARPA Veneto e dalla UO Tutela dell'Atmosfera, Direzione Ambiente di Regione Veneto.

della rete ARPAV e la stazione di Morsano al Tagliamento della rete di monitoraggio ARPA Friuli Venezia Giulia (ARPA FVG). La prima è stata selezionata per la sua vicinanza all'area in esame, la seconda per la sua rappresentatività delle condizioni di qualità dell'aria della porzione orientale della provincia di Venezia. Inoltre, il comune di Portogruaro, prossimo a Fossalta di Portogruaro, è interessato da campagne di monitoraggio con stazione rilocabile realizzate da ARPAV. Nello specifico nel 2013 è stata condotta una campagna di monitoraggio di SO₂, CO, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5} e O₃ tramite centralina rilocabile posizionata presso l'incrocio tra V.le Trieste e Via Manzoni, sito classificato come di "Traffico Urbano" (TU). Tale campagna è stata effettuata dal 4 gennaio al 19 febbraio per il "semestre freddo" e dal 22 agosto al 2 ottobre per il "semestre caldo", per un totale di 84 giorni. Inoltre dal 2008 è attivo il campionamento del particolato, fino al 2010 in termini di PM₁₀, mentre dal febbraio 2011 l'analizzatore è stato convertito per monitorare il PM_{2,5}. Tra il 2011 e il 2016 i punti di monitoraggio di diversa tipologia interessati dalla campagna mobile per il PM_{2,5} sono i seguenti: Villa Martinelli - loc. B.go Sant'Agnese, V.le Trieste incrocio con Via Manzoni, Villa Comunale, Centro Polins, Via del Lavoro in località Summaga e Piazza della Repubblica.

In Tabella 2 si riassumono le caratteristiche delle stazioni considerate. La Figura 4 rappresenta l'ubicazione delle centraline di Morsano al Tagliamento e San Donà di Piave e la localizzazione delle attività di campionamento di PM_{2,5} effettuate dalla stazione rilocabile di Portogruaro, con riferimento agli identificativi indicati in tabella.

Tabella 2: Caratteristiche delle stazioni di misura fisse e mobili considerate

ID	Comune	Posizione	Distanza dall'impianto	Rete di monitoraggio	Tipologia	Inquinanti monitorati
1	San Donà di Piave	Via Orcalli	29 km	Stazione fissa di ARPAV	Background urbano (BU)	PM _{2,5} , NO ₂ , NO _x , O ₃
2	Morsano al Tagliamento	Via Dietro Chiesa	10 km	Stazione fissa di FVG	Background suburbano (BS)	PM ₁₀ , NO ₂ , NO _x , O ₃
3	Portogruaro	V.le Trieste incrocio con via Manzoni	4 km	Stazione rilocabile di ARPAV	Traffico urbano (TU)	PM ₁₀ , PM _{2,5} , SO ₂ , CO, NO ₂ , NO _x , O ₃
4	Portogruaro	Villa Martinelli, loc. B.go Sant'Agnese	5 km	Stazione rilocabile di ARPAV	Background urbano (BU)	PM _{2,5}
5	Portogruaro	Villa Comunale	5 km	Stazione rilocabile di ARPAV	Background urbano (BU)	PM _{2,5}
6	Portogruaro	Centro Pollins	3 km	Stazione rilocabile di ARPAV	Background rurale (BR)	PM _{2,5}
7	Portogruaro	Via del Lavoro, loc. Summaga	7 km	Stazione rilocabile di ARPAV	Industriale suburbano (IS)	PM _{2,5}
8	Portogruaro	Piazza delle Repubblica	5 km	Stazione rilocabile di ARPAV	Background urbano (BU)	PM _{2,5}

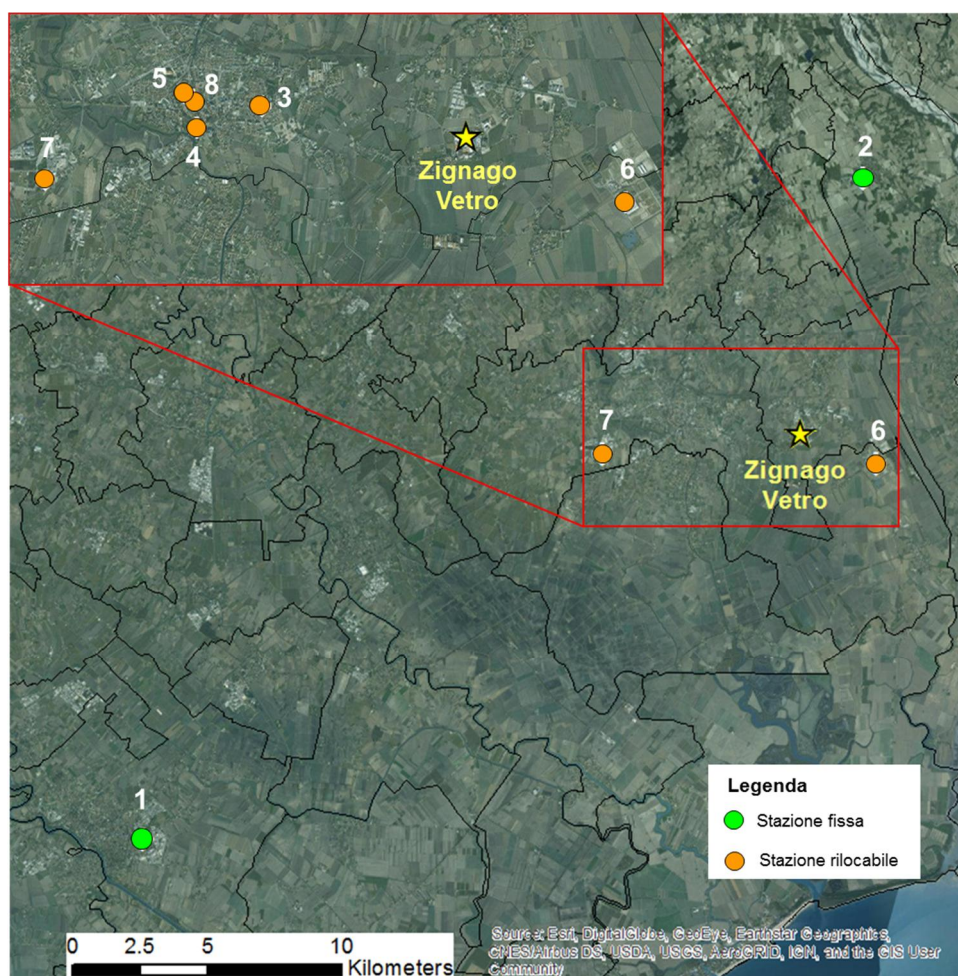


Figura 4: Localizzazione delle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria fisse e mobili, mediante identificativo

In Tabella 3 si riportano le completezze dei dati monitorati dalle centraline fisse di qualità dell'aria per il periodo 2013 - 2016. Come si può osservare, la centralina di Morsano al Tagliamento ha una completezza inferiore al 20% nel 2013 per tutti gli inquinanti e di conseguenza questi dati sono stati esclusi dalle successive analisi.

Tabella 3: Completezza dei dati rilevati dalle centraline fisse nel periodo 2013 - 2016

Stazione	Anno	Completezza [%]				
		NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃
San Donà di Piave	2013	95	95	-	49*	95
	2014	94	94	-	50*	96
	2015	93	93	-	50*	96
	2016	96	96	-	50*	96

Stazione	Anno	Completezza [%]				
		NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃
Morsano al Tagliamento	2013	16**	16**	18**	-	17**
	2014	90	90	92	-	88**
	2015	93	93	95	-	92
	2016	94	94	95	-	93

(*) La centralina registra le concentrazioni su base bioraria

(**) Il sensore non ha raggiunto l'efficienza minima su base oraria del 90% prevista dal D.Lgs. 155/2010

In Tabella 4 sono indicate le completezze dei dati monitorati dalla stazione rilocabile di Portogruaro per ciascun inquinante, in termini di medie ponderate ottenute per ciascun periodo di monitoraggio. Si può notare che le completezze risultano al di sopra del 95% per l'intero periodo considerato.

Tabella 4: Completezza dei dati rilevati dalla stazione rilocabile di Portogruaro nel periodo 2011 - 2016

Inquinante	Completezza stazione Portogruaro [%]					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PM _{2,5}	98	98	97	96	98	96
PM ₁₀	-	-	100	-	-	-
CO, SO ₂ , NO ₂ , O ₃	-	-	96	-	-	-

Nei paragrafi seguenti si riporta l'analisi specifica per ciascun inquinante. Nelle tabelle sono indicati in rosso i valori che superano il limite imposto dal D.Lgs. 155/2010.

4.1 Ossidi di Azoto

Si evidenzia la presenza diffusa sul territorio provinciale di biossido di azoto (NO₂), il cui valore medio annuo di concentrazione presenta una certa stazionarietà nel suo andamento pluriennale. Unici superamenti del valore limite di 40 µg/m³ per la protezione della salute umana vengono registrati presso le centraline della Provincia di tipologia "Traffico Urbano".

Nelle tabelle seguenti si riassumono le concentrazioni di NO₂ rilevate dalle centraline fisse analizzate; per tali stazioni anche le concentrazioni massime orarie sono sempre inferiori al limite di 200 µg/m³ imposto dal D.Lgs. 155/2010.

Le misurazioni effettuate presso Portogruaro nel 2013 rilevano concentrazioni medie di NO₂ entro i valori limite orari relativi all'esposizione acuta sia in relazione al percentile orario che alla soglia di allarme³, mentre in termini di esposizione cronica la media delle concentrazioni orarie misurate sull'intero periodo di monitoraggio è pari a 40 µg/m³, coincidente quindi con il valore limite annuale.

³ Tale soglia di allarme è a livello orario ed è pari a 400 µg/m³, misurata per 3 ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria in un'area di almeno 100 km², oppure in un'intera zona o agglomerato nel caso siano meno estesi.

Tabella 5: Concentrazioni massime orarie di NO₂ per il periodo 2013 - 2016

Stazione	Valori massimi orari [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				Valore Limite (D.Lgs. 155/2010)
	2013	2014	2015	2016	
San Donà di Piave	122,0	116,0	113,0	166,0	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte nell'anno civile
Morsano al Tagliamento	-	90,7	72,7	82,9	

Tabella 6: Concentrazioni medie annue di NO₂ per il periodo 2013 - 2016

Stazione	Media annua [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				Valore Limite (D.Lgs. 155/2010)
	2013	2014	2015	2016	
San Donà di Piave	29,1	26,0	25,5	32,0	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Morsano al Tagliamento	-	17,1	17,8	16,7	

Per quanto riguarda gli NO_x, la principale fonte emissiva, come confermato anche dall'analisi di INEMAR Veneto 2013, è il traffico veicolare, seguito dal comparto industriale. A livello provinciale risultano essere un inquinante da tenere sotto stretto controllo, per la tutela sia della salute umana che degli ecosistemi.

Nelle stazioni fisse di monitoraggio di riferimento, il limite normativo sulla media annua degli NO_x per la protezione della vegetazione è rispettato a Morsano al Tagliamento, ma non nella centralina di San Donà di Piave per l'intero periodo considerato (Tabella 7). Anche a livello locale, negli 84 giorni di monitoraggio effettuati nel 2013, si rilevano valori superiori al limite annuale per la protezione degli ecosistemi (pari a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabella 7: Concentrazioni medie annue di NO_x per il periodo 2013 - 2016

Stazione	Media annua [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				Valore Limite (D.Lgs. 155/2010)
	2013	2014	2015	2016	
San Donà di Piave	54,8	45,4	52,5	64,4	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Morsano al Tagliamento	-	26,9	29,2	27,6	

4.2 Materiale Particolato

Le polveri inalabili (PM₁₀) e fini (PM_{2,5}) rappresentano un elemento di criticità per l'intero territorio regionale, oltre che provinciale. A scala provinciale nel 2015 si osserva un picco delle concentrazioni medie annue, a dispetto del trend di miglioramento registrato nel corso degli anni precedenti.

Il PM₁₀ è monitorato solo nella centralina fissa di Morsano al Tagliamento. In Tabella 8 e Tabella 9 per tale centralina si riportano le concentrazioni medie annue di PM₁₀ e il numero di superamenti del limite giornaliero pari a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In termini di media annua le concentrazioni si attestano al di sotto del limite imposto dalla normativa pari a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; a livello giornaliero, invece, si riscontra nel 2015 la violazione del limite normativo, registrando 39

superamenti rispetto ai 35 consentiti dal D.Lgs. 155/2010. I dati misurati presso Portogruaro durante la campagna di monitoraggio del 2013 si mostrano in linea con quelli rilevati dalla stazione fissa.

Tabella 8: Concentrazioni medie annue di PM₁₀ per il periodo 2013 - 2016

Stazione	Media annua [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				Valore Limite (D.Lgs. 155/2010)
	2013	2014	2015	2016	
Morsano al Tagliamento	-	17,8	24,8	27,2	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 9: Numero di superamenti giornalieri del limite normativo per di PM₁₀ nel periodo 2013 - 2016

Stazione	Superamenti del limite giornaliero				Valore Limite (D.Lgs. 155/2010)
	2013	2014	2015	2016	
Morsano al Tagliamento	-	14	39	32	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte nell'anno civile

Per quanto riguarda il PM_{2,5}, in Tabella 10 sono riportate le concentrazioni medie annue misurate dalla centralina di San Donà di Piave nel periodo 2013 - 2016. Si noti che è stato registrato un unico superamento del valore limite imposto dalla normativa nell'anno 2013.

Tabella 10: Concentrazioni medie annue di PM_{2,5} nel periodo 2013 - 2016

Stazione	Media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				Valore Limite (D.Lgs. 155/2010)
	2013	2014	2015	2016	
San Donà di Piave*	26	22	23	21	25

**La centralina registra le concentrazioni su base bioraria e quindi non raggiunge l'efficienza minima su base oraria del 90% prevista dal D.Lgs. 155/2010*

Come anticipato, il PM_{2,5} è anche oggetto della campagna mobile di monitoraggio nel comune di Portogruaro, nell'intervallo temporale compreso tra il 2011 e il 2016. La Tabella 11 mostra le concentrazioni medie giornaliere di PM_{2,5} misurate dalla stazione rilocabile di Portogruaro nei vari periodi di monitoraggio e le medie complessive per ciascun sito, calcolate come media ponderata sui diversi periodi del medesimo anno. Queste ultime sono poi confrontate con le medie complessive calcolate per la stazione fissa di San Donà di Piave nei medesimi periodi di monitoraggio.

Tabella 11: Confronto tra le concentrazioni medie di PM_{2,5} misurate dalla stazione rilocabile di Portogruaro e dalla stazione fissa di San Donà di Piave

Anno	Periodo di monitoraggio	Stazione rilocabile Portogruaro				Stazione di San Donà di Piave
		Sito	Tipologia	Media periodo di monitoraggio (µg/m ³)	Media ponderata (µg/m ³)	Concentrazione Media (µg/m ³)
2011	8/2 - 14/3	Villa Martinelli - loc. B.go Sant'Agnese	Background urbano	41	24	33
	5/7 - 8/8			7		
	16/3 - 19/4	V.le Trieste incrocio con via Manzoni	Traffico urbano	15	15	24
	9/9 - 18/10			14		
	21/4 - 26/5	Villa comunale	Background urbano	12	19	29
	20/10 - 23/11			27		
	28/5 - 3/7	Centro Polins	Background rurale	7	18	36
	25/11 - 29/12			28		
	10/8 - 7/9	Via del Lavoro – loc. Summaga	Industriale suburbano	10	10	16
2012	8/2 - 13/3	Villa Martinelli - loc. B.go Sant'Agnese	Background urbano	36	24	32
	29/6 - 6/8			12		
	15/3 - 19/4	V.le Trieste incrocio con via Manzoni	Traffico urbano	16	14	19
	13/9 - 16/10			12		
	21/4 - 24/5	Villa comunale	Background urbano	8	16	27
	18/10 - 22/11			24		
	26/5 - 27/6	Centro Polins	Background rurale	12	19	33
	24/11 - 31/12			26		
	1/1 - 6/2	Via del Lavoro – loc. Summaga	Industriale suburbano	36	24	38
	8/8 - 11/9			12		
2013	3/4 - 2/6	Villa comunale	Background urbano	8	9	19
	2/10 - 28/11			10		
	2/3 - 1/4	Centro Polins	Background rurale	15	20	28
	3/8 - 30/9			10		
	30/11 - 31/12			44		
	5/1 - 28/2	Via del Lavoro – loc. Summaga	Industriale suburbano	38	23	30
	4/6 - 1/8			9		
2014	1/4 - 28/5	Villa comunale	Background urbano	13	22	21
	3/12 - 31/12			40		
	26/2 - 30/3	Centro Polins	Background rurale	26	18	22
	5/8 - 30/9			14		
	1/1 - 24/2	Via del Lavoro – loc. Summaga	Industriale suburbano	26	22	25
	30/5 - 16/7			11		
	2/10 - 1/12			26		

Anno	Periodo di monitoraggio	Stazione rilocabile Portogruaro		Media periodo di monitoraggio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media ponderata ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Stazione di San Donà di Piave
		Sito	Tipologia			Concentrazione Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2015	27/2 - 30/3	Centro Polins	Background rurale	27	20	24
	8/8 - 30/9			12		
	2/12 - 29/12			27		
	1/4 - 31/5	Via del Lavoro – loc. Summaga	Industriale suburbano	12	18	19
	2/10 - 30/11			23		
	3/1 - 25/2	Piazza della Repubblica	Background urbano	48	30	26
	2/6 - 6/8			15		
2016	1/1 - 31/3	Centro Polins	Background rurale	14	11	21
	1/4 - 28/6			9		
	30/6 - 30/9	Piazza della Repubblica	Background urbano	11	20	21
	1/10 - 31/12			30		

Dal confronto tra i dati, come visibile anche in Figura 5, si evince che le concentrazioni medie misurate dalla campagna di Portogruaro sono inferiori rispetto a quelle rilevate presso la centralina fissa di riferimento della rete di monitoraggio ARPAV, ad eccezione dei periodi di monitoraggio del 2014 e 2015 in corrispondenza dei siti di Background Urbano. Inoltre, le medie complessive della stazione rilocabile di Portogruaro risultano sempre al di sotto del valore limite annuale imposto dalla normativa, pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con la sola eccezione del periodo di monitoraggio del 2015 in corrispondenza del sito di Piazza della Repubblica.

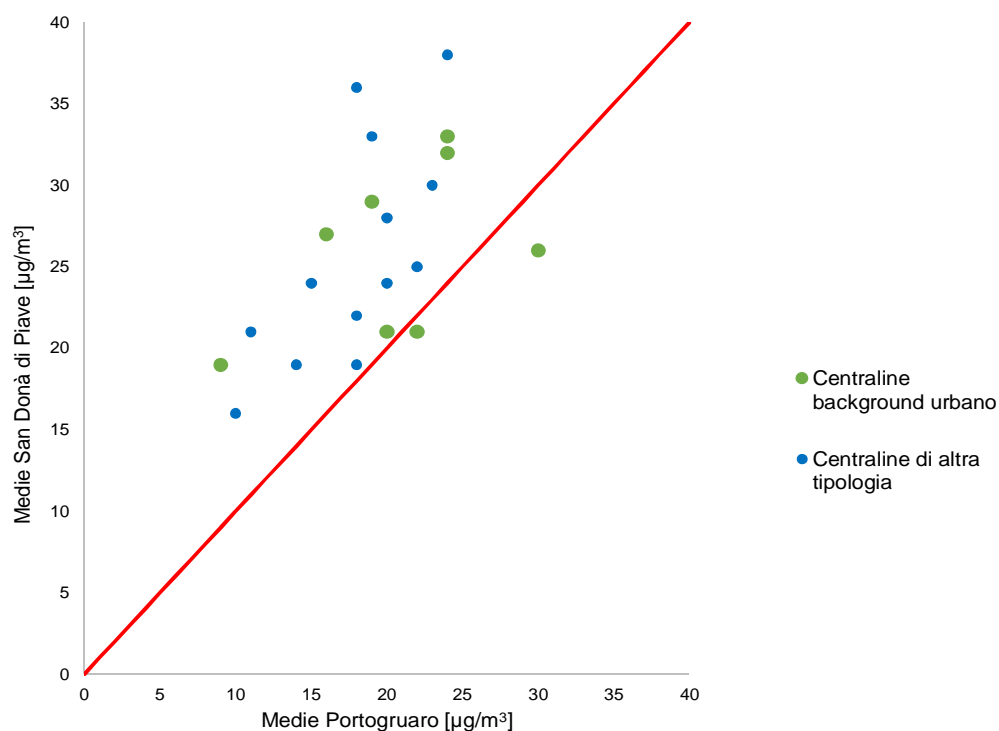


Figura 5: Confronto grafico tra le concentrazioni medie di $\text{PM}_{2.5}$ misurate dalla stazione rilocabile di Portogruaro e dalla stazione fissa di San Donà di Piave

In Tabella 12 si riportano le concentrazioni medie complessive di $\text{PM}_{2.5}$ registrate in corrispondenza della stazione fissa di San Donà di Piave e della centralina rilocabile di Portogruaro nel periodo compreso tra il 2011 e il 2016, calcolate, in quest'ultimo caso, come medie ponderate sui periodi di monitoraggio. Osservando i dati, rappresentati anche in Figura 6, si nota che la prima centralina registra un trend decrescente nel corso dei sei anni, con valori superiori al limite annuo imposto dalla normativa nel triennio 2011-2013. La seconda invece rileva concentrazioni medie annue pressoché costanti e sempre al di sotto del limite di normativa.

Tabella 12: Concentrazioni medie complessive di $\text{PM}_{2.5}$ per il periodo 2011 - 2016

Stazione	Media complessive ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
San Donà di Piave	29	30	26	23	23	21
Portogruaro	18	19	17	21	23	16
Valore Limite (D.Lgs. 155/2010)	25					

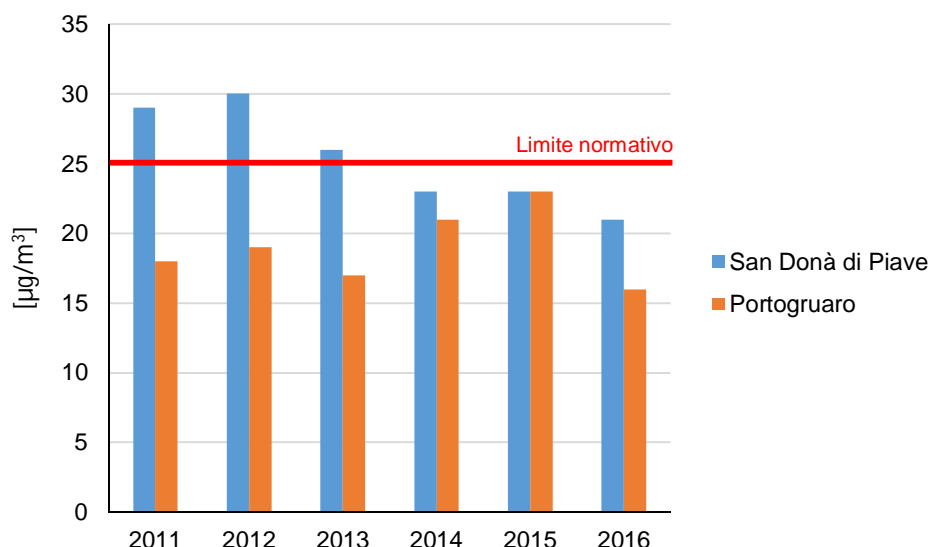


Figura 6: Confronto tra le concentrazioni medie complessive di PM_{2,5} calcolate per le stazioni di Portogruaro e San Donà di Piave

4.3 Biossido di Zolfo

Il biossido di zolfo (SO₂) non rappresenta una criticità nella regione Veneto. Le sostanziali modifiche dei combustibili avvenute negli ultimi decenni, da gasolio a metano, oltre alla riduzione del tenore di zolfo in particolare nei combustibili diesel, hanno contribuito a rendere le concentrazioni di tale inquinante ampiamente inferiori ai limiti normativi.

Nel corso del periodo 2013 - 2016 le concentrazioni di SO₂ misurate dalle centraline presenti sul territorio provinciale si sono rivelate in linea con quanto affermato a scala regionale, risultando sempre al di sotto dei limiti normativi (D.Lgs. 155/2010).

Le medie delle concentrazioni di SO₂ misurate dalla stazione rilocabile di Portogruaro nel 2013 sono risultate inferiori al valore limite di rivelabilità strumentale analitica per entrambi i semestri di monitoraggio.

4.4 Monossido di Carbonio

Le concentrazioni di monossido di carbonio (CO) rilevate nel periodo 2013 - 2016 sono risultate significativamente inferiori al valore limite definito dal D.Lgs. 155/2010 sia a scala regionale che provinciale.

Durante i due semestri di monitoraggio nel 2013 a Portogruaro la concentrazione di CO non ha mai superato il valore limite, pari a 10 mg/m³ (calcolato come valore massimo giornaliero su medie mobili di 8 ore), in linea con quanto rilevato presso tutte le stazioni di monitoraggio della Regione Veneto.

4.5 Ozono Troposferico

L'ozono (O₃) costituisce un inquinante critico, sia a scala regionale che provinciale, in particolare nella stagione estiva e per quanto riguarda il rispetto dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana. Nello specifico nel 2015, a causa di un'estate ben soleggiata e particolarmente calda, si osserva un significativo aumento delle concentrazioni presso tutte le stazioni del territorio regionale.

In Tabella 13 si riassumono i superamenti annuali e medi sull'ultimo triennio di monitoraggio (ossia il triennio 2014 - 2016) del valore obiettivo per la protezione della salute umana per le stazioni fisse di riferimento. I valori medi del numero di superamenti sui 3 anni sono pari a 22 e a 55 giorni, rispettivamente per le stazioni di San Donà di Piave

e di Morsano al Tagliamento. Il limite imposto dalla normativa, pari a 25 giorni, risulta quindi rispettato presso la stazione di San Donà di Piave, ma non presso quella di Morsano al Tagliamento.

Tabella 13: Numero di superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana di O₃ per il triennio 2014 - 2016

Stazione	Numero di superamenti				Valore obiettivo (D.Lgs. 155/2010)	
	2013	2014	2015	2016	Media ultimo triennio	
San Donà di Piave	31	17	36	14	22	120 µg/m ³ da non superare più di 25 volte all'anno come media su 3 anni
Morsano al Tagliamento	-	47	78	39	55	

Nella campagna di monitoraggio condotta nel 2013 a Portogruaro la concentrazione media oraria di O₃ non ha mai superato la soglia di allarme e la soglia di informazione (pari rispettivamente a 240 µg/m³ e 180 µg/m³) e solo in 3 giorni, durante la campagna relativa al "semestre estivo", sugli 84 totali di monitoraggio, ha superato l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (pari a 120 µg/m³).

5 ANALISI DEI DATI METEOROLOGICI

5.1 Dati meteorologici per la modellizzazione

Le stazioni meteorologiche più prossime all'impianto sono 4: Fossalta di Portogruaro, Lugugnana e Portogruaro Lison che appartengono alla rete di monitoraggio di ARPA Veneto e Palazzolo dello Stella della rete di monitoraggio di ARPA Friuli Venezia Giulia. La localizzazione delle stazioni, distanti in linea d'aria dall'impianto rispettivamente circa 500 m, 8 km, 11 km e 12 km, è riportata in Tabella 14, ed è rappresentata in Figura 7, rispetto all'ubicazione della vetreria Zignago Vetro S.p.A..

Tabella 14: Localizzazione delle stazioni meteorologiche considerate

Stazione	Comune	Coordinate WGS84 UTM 33N	
		X [km]	Y [km]
Fossalta di Portogruaro	Fossalta di Portogruaro (VE)	336,267	5'071,281
Lugugnana	Portogruaro (VE)	340,165	5'063,312
Portogruaro Lison		325,859	5'068,208
Palazzolo dello Stella	Palazzolo dello Stella (UD)	348,682	5'074,304

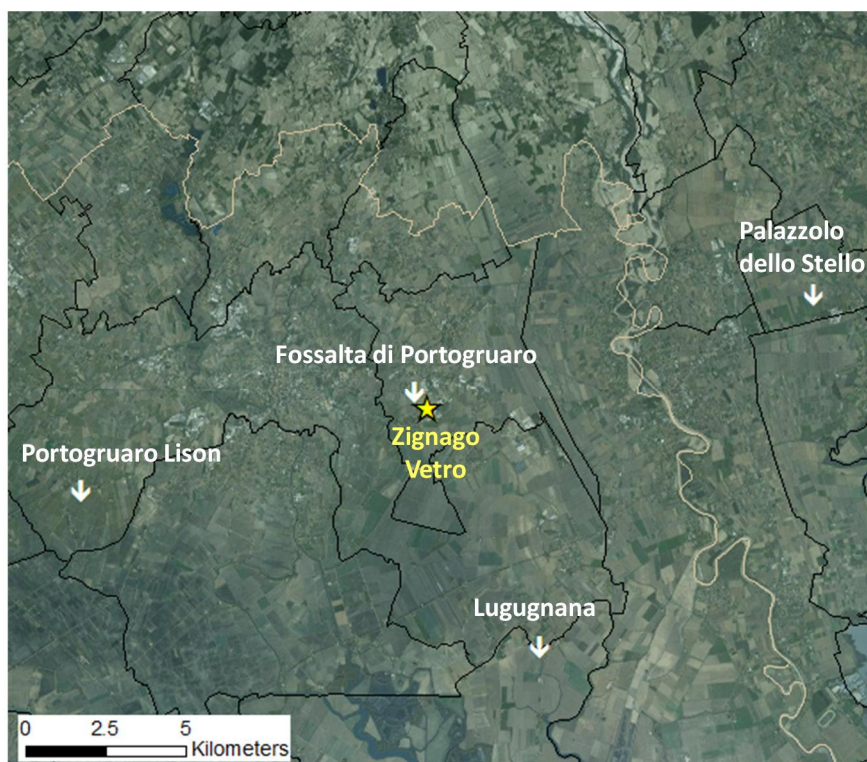


Figura 7: Localizzazione delle stazioni meteorologiche della rete ARPA Veneto considerate rispetto alla vetreria Zignago Vetro S.p.A. (in giallo)

Di seguito si riporta l'analisi dei dati meteorologici relativa al triennio 2013 - 2015. Le variabili meteorologiche d'interesse sono:

- direzione e velocità del vento;
- temperatura;
- pressione;
- umidità relativa;
- precipitazione cumulata;
- radiazione solare globale.

La completezza dei dati, riassunta nelle tabelle seguenti, è molto elevata e supera il 98% durante l'intero triennio nelle centraline, ad eccezione della velocità del vento rilevata a Fossalta di Portogruaro nel 2014, caratterizzata da una completezza che si attesta comunque al 94,9%, e dell'umidità relativa registrata a Palazzolo dello Stello per gli anni 2013 e 2015, in cui la completezza risulta rispettivamente pari a 97,6% e 80,8%. Si evidenzia che la pressione è monitorata solo nella centralina di Palazzolo dello Stello.

Tabella 15: Completezza dei dati registrati dalla stazione meteorologica ARPA Veneto di Fossalta di Portogruaro

Parametro	2013	2014	2015
Direzione del vento	100,0%	100,0%	99,4%
Velocità del vento	100,0%	94,9%	99,7%
Temperatura	100,0%	100,0%	100,0%
Umidità relativa	100,0%	100,0%	98,7%
Precipitazione	99,5%	98,9%	99,9%
Radiazione solare globale	100,0%	100,0%	100,0%

Tabella 16: Completezza dei dati registrati dalla stazione meteorologica ARPA Veneto di Lugugnana

Parametro	2013	2014	2015
Direzione del vento	99,5%	99,0%	99,6%
Velocità del vento	99,5%	99,0%	99,6%
Temperatura	99,5%	99,5%	99,7%
Umidità relativa	99,5%	99,5%	99,7%
Precipitazione	98,7%	99,5%	99,7%
Radiazione solare globale	99,5%	99,5%	99,7%

Tabella 17: Completezza dei dati registrati dalla stazione meteorologica ARPA Veneto di Portogruaro Lison

Parametro	2013	2014	2015
Direzione del vento	99,3%	99,6%	100,0%
Velocità del vento	99,3%	99,6%	100,0%
Temperatura	99,4%	99,6%	100,0%
Umidità relativa	98,2%	99,7%	99,5%
Precipitazione	99,1%	98,5%	100,0%
Radiazione solare globale	99,2%	99,7%	100,0%

Tabella 18: Completezza dei dati registrati dalla stazione meteorologica ARPA Friuli Venezia Giulia di Palazzolo dello Stello

Parametro	2013	2014	2015
Direzione del vento*	99,0%	98,9%	99,0%
Velocità del vento	99,7%	98,9%	99,0%
Temperatura	99,9%	98,9%	100,0%
Pressione	99,9%	98,9%	100,0%
Umidità relativa	97,6%	98,4%	80,8%
Precipitazione	99,8%	98,7%	100,0%
Radiazione solare globale	99,8%	98,9%	100,0%
(*) Dato relativo agli ultimi 10 minuti dell'ora			

Le figure riportate di seguito rappresentano la frequenza delle direzioni di provenienza del vento per il triennio 2013 - 2015 nelle stazioni prese in esame, quando la velocità del vento è superiore a 0,5 m/s (sono escluse quindi le calme di vento). Come si evince dalle figure, le direzioni principali di provenienza del vento risultano essere comprese tra Nord e Nord - Est per tutte le centraline e per i tre anni analizzati.

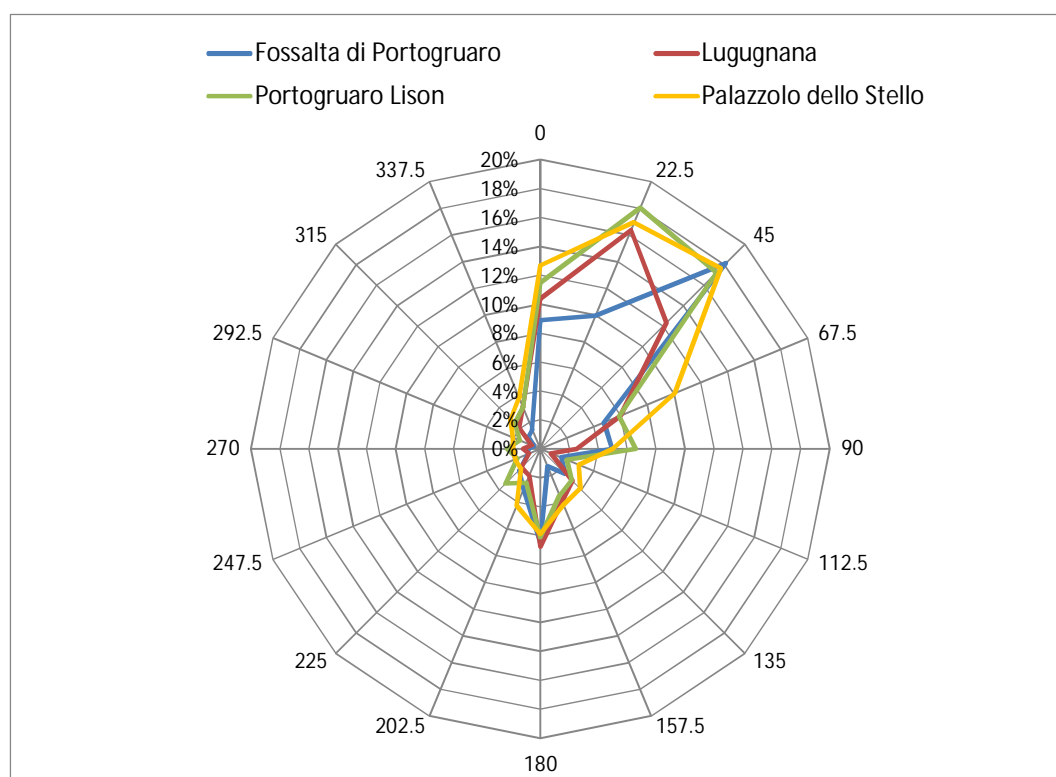


Figura 8: Frequenza della direzione dei venti dell'anno 2013 per le stazioni meteorologiche analizzate

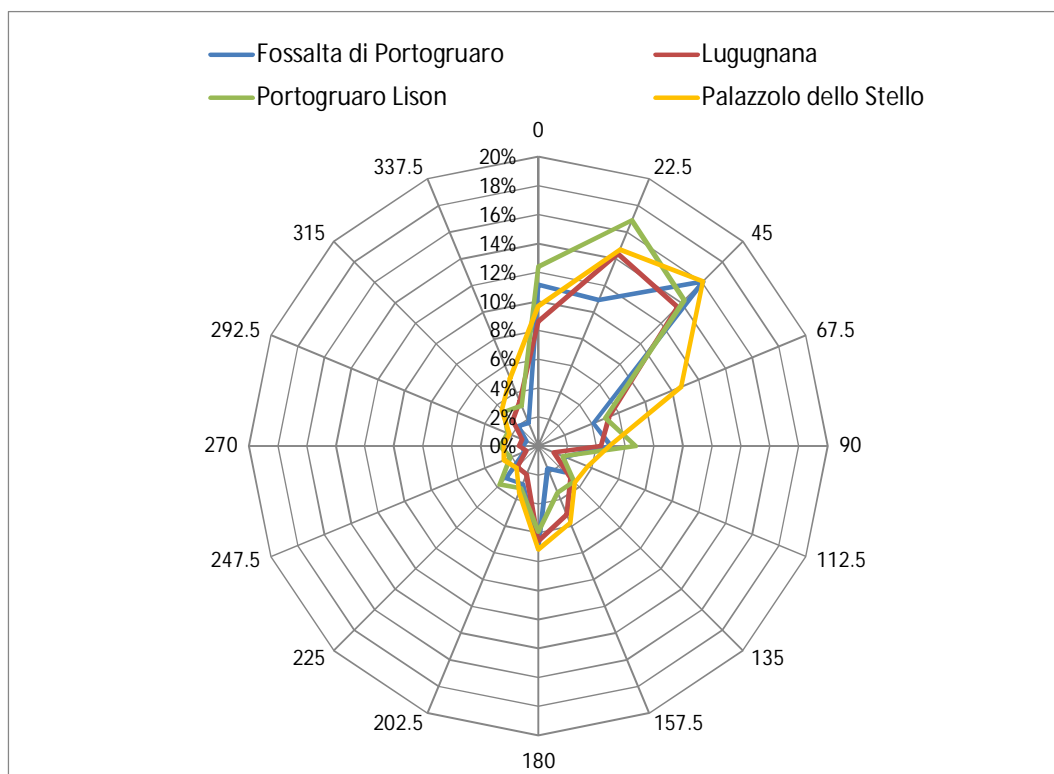


Figura 9: Frequenza della direzione dei venti dell'anno 2014 per le stazioni meteorologiche analizzate

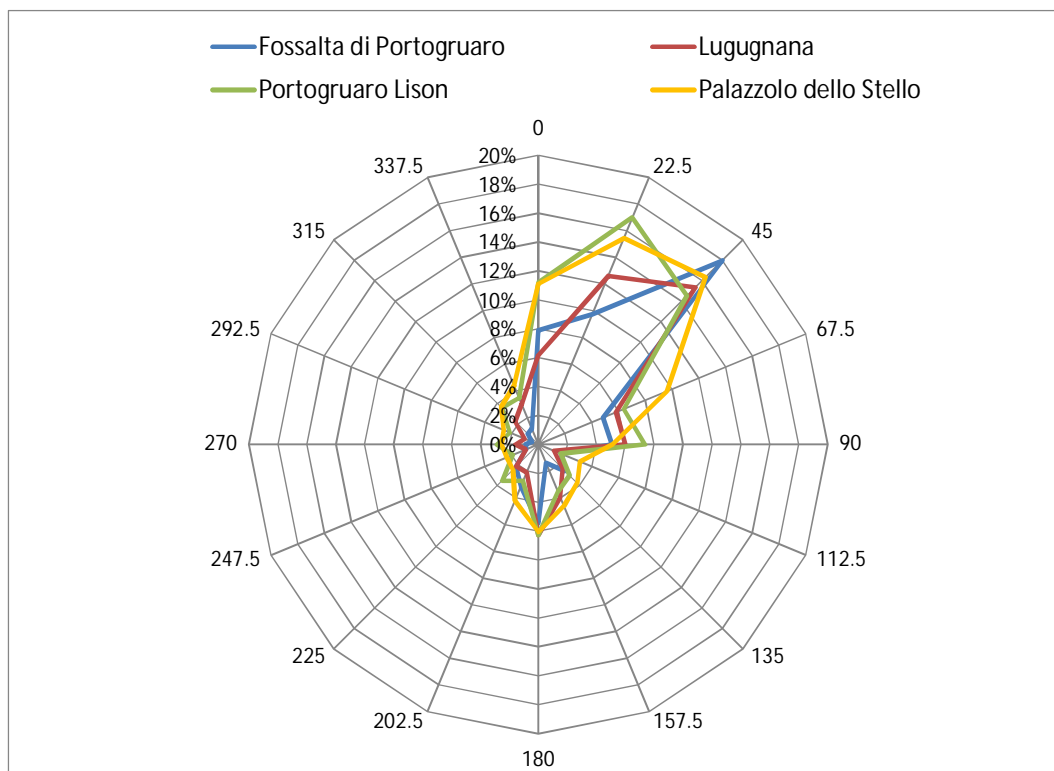


Figura 10: Frequenza della direzione dei venti dell'anno 2015 per le stazioni meteorologiche analizzate

Data la buona completezza dei dati e l'allineamento riscontrato per le condizioni anemologiche si è utilizzata la centralina di Fossalta di Portogruaro nel modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera, in quanto più prossima allo stabilimento e quindi più rappresentativa delle condizioni locali. In termini di pressione è stata utilizzata la centralina di Palazzolo dello Stello, in quanto stazione di monitoraggio più vicina alla vetreria che rileva tale variabile.

Si riporta in Figura 11 la frequenza delle classi di velocità del vento registrate dalla centralina di Fossalta di Portogruaro, e si può notare come durante tutto il triennio considerato la percentuale di ore di calma di vento sia molto elevata.

In Figura 12 si osserva la velocità media per settore di vento: le velocità medie massime, comprese tra 1,3 e 1,4 m/s sono state registrate nel settore Nord - Est per l'intero triennio mentre le velocità inferiori sono state rilevate in corrispondenza del settore Nord - Nord - Ovest, al di sotto di 0,6 m/s.

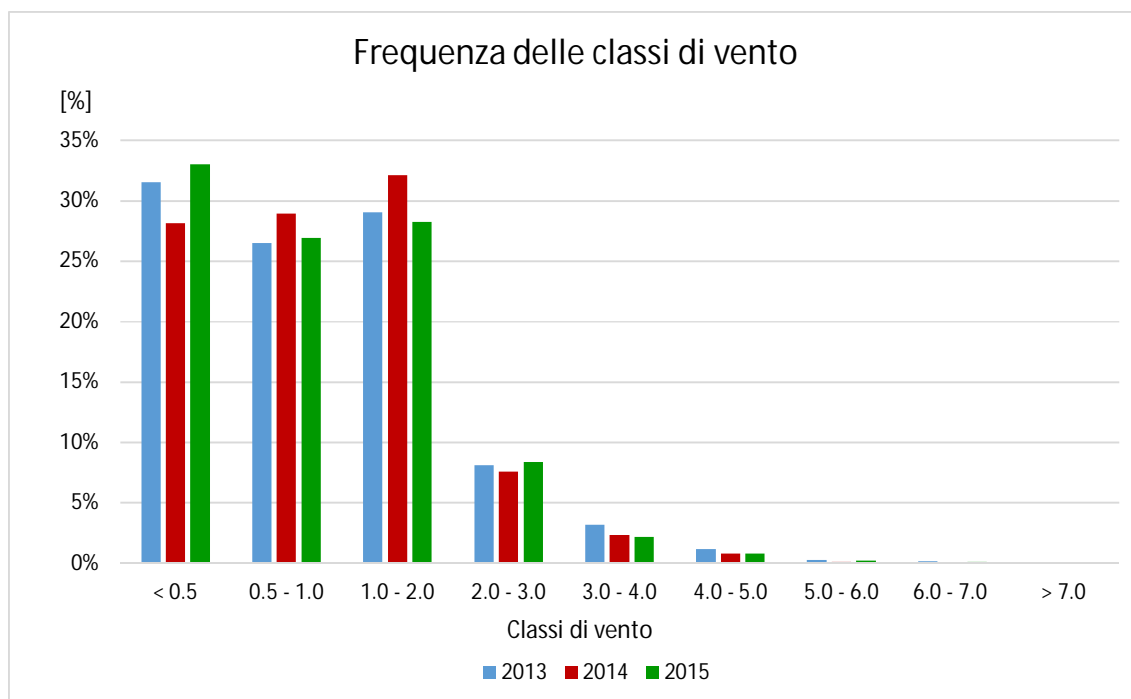


Figura 11: Frequenza delle classi di vento registrata nella stazione di Fossalta di Portogruaro nel triennio 2013 - 2015

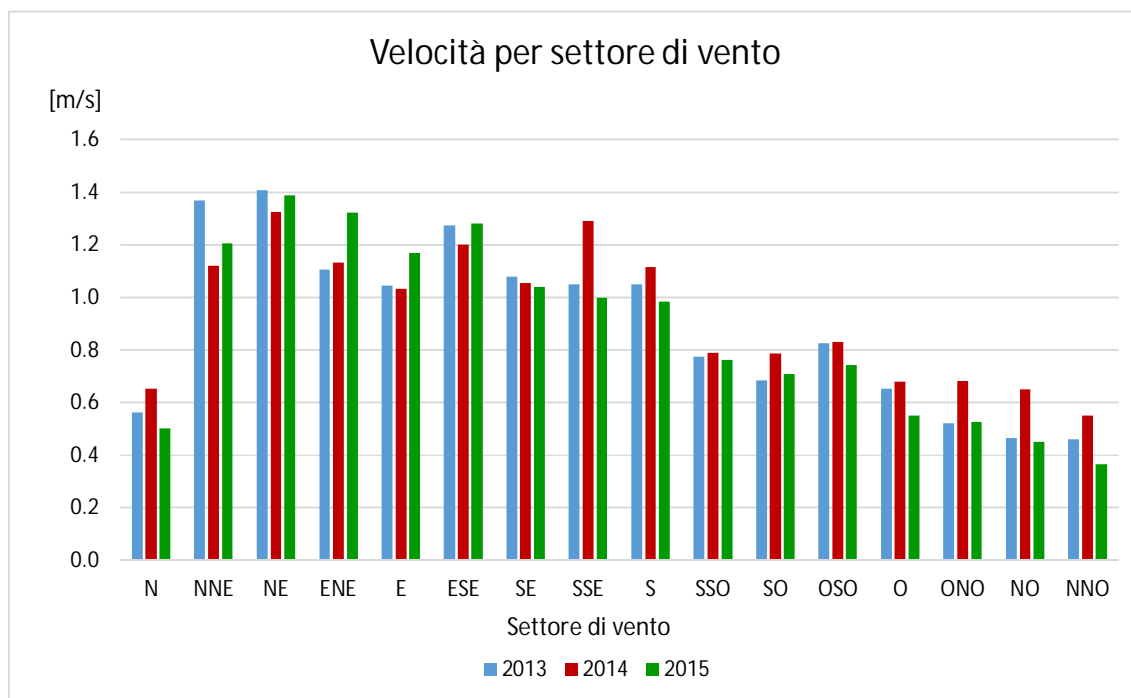


Figura 12: Velocità media per settore di vento registrata nella stazione di Fossalta di Portogruaro nel triennio 2013 - 2015

In Tabella 19 si riporta l'analisi del triennio 2013 - 2015 per la stazione di Fossalta di Portogruaro in termini di temperatura a livello stagionale.

Tabella 19: Temperature stagionali registrate nella stazione Fossalta di Portogruaro per il triennio 2013 - 2015

Anno	Stagione	Temperatura [°C]		
		media	massima	minima
2013	Inverno	4,5	13,7	-3,5
	Primavera	12,5	28,0	-0,7
	Estate	23,2	35,1	11,7
	Autunno	14,4	29,3	-2,9
2014	Inverno	7,0	14,6	-3,3
	Primavera	14,3	27,4	3,9
	Estate	21,4	34,8	10,9
	Autunno	15,1	27,3	2,4
2015	Inverno	4,7	14,5	-3,5
	Primavera	13,2	27,9	0,3
	Estate	24,0	36,6	12,2
	Autunno	13,5	30,2	-1,4

La temperatura media stagionale, riassunta in Figura 13, risulta compresa tra 4,5°C e 24,0°C nel triennio preso in esame. Le temperature massime sono registrate in estate e superano i 30°C come mostrato in Figura 14. In termini di temperatura media e massima i tre anni risultano allineati; si notano invece delle temperature minime più elevate nei mesi primaverili ed autunnali del 2014 (Figura 15).

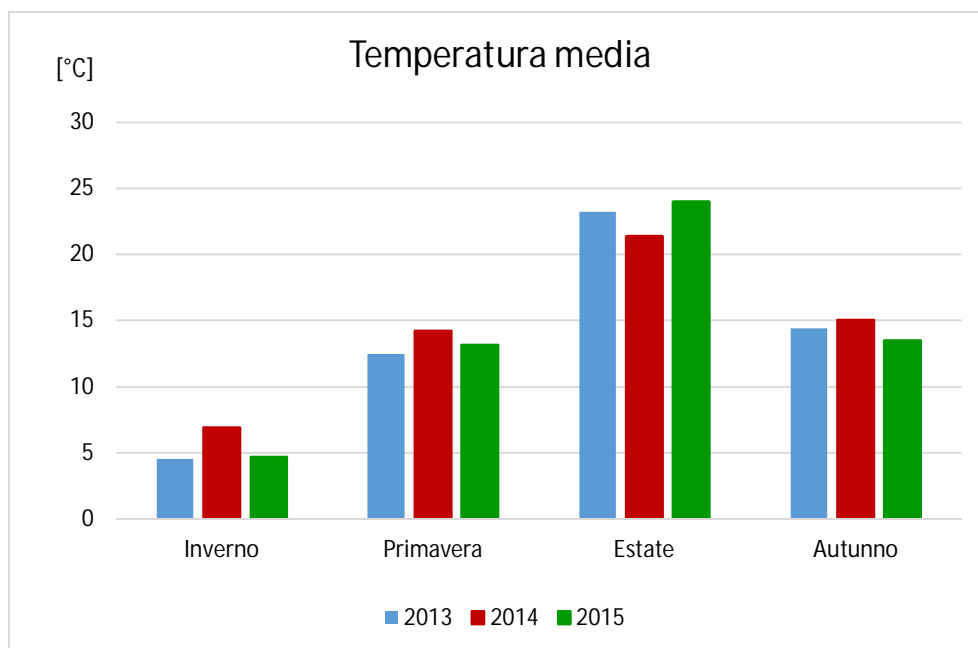


Figura 13: Temperatura media stagionale registrata nella stazione Fossalta di Portogruaro nel triennio 2013 - 2015

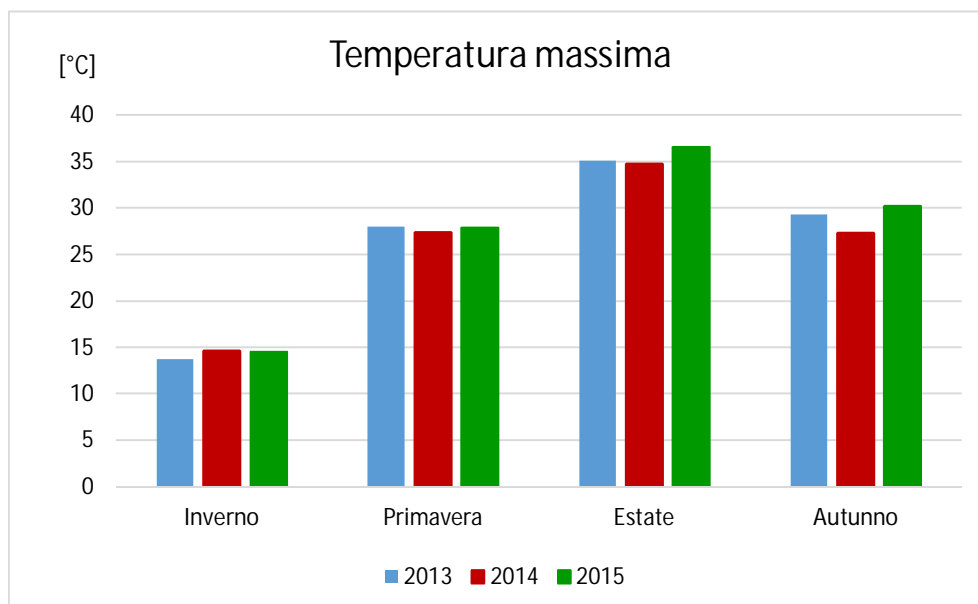


Figura 14: Temperatura massima stagionale registrata nella stazione Fossalta di Portogruaro nel triennio 2013 - 2015

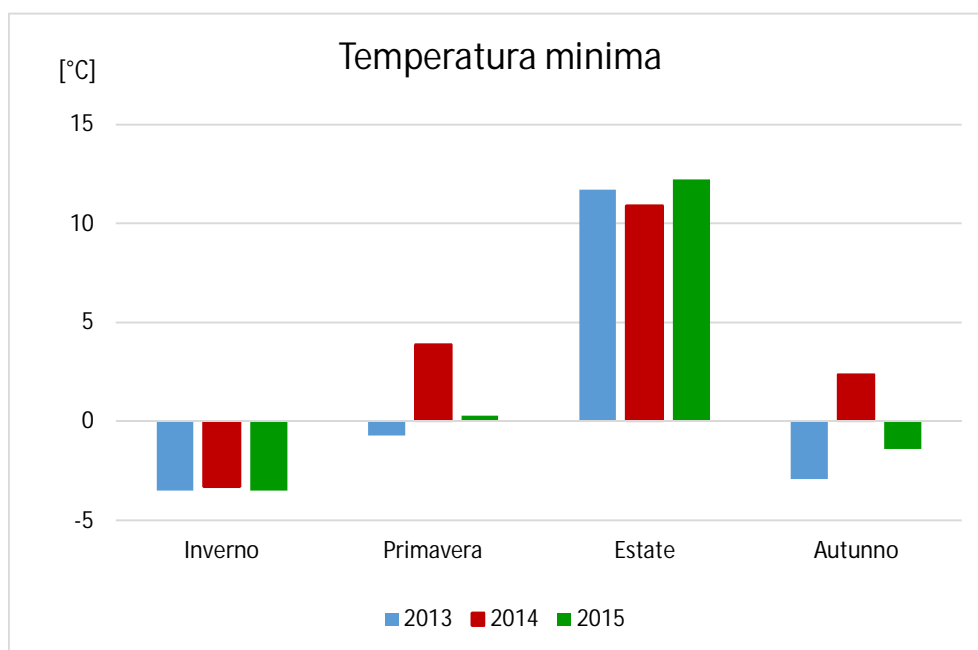


Figura 15: Temperatura minima stagionale registrata nella stazione Fossalta di Portogruaro nel triennio 2013 - 2015

In Figura 16 si riporta l'andamento stagionale dell'umidità relativa per il triennio 2013 - 2015 e si evince come i valori più elevati si registrino in autunno e inverno, superando il 75%.

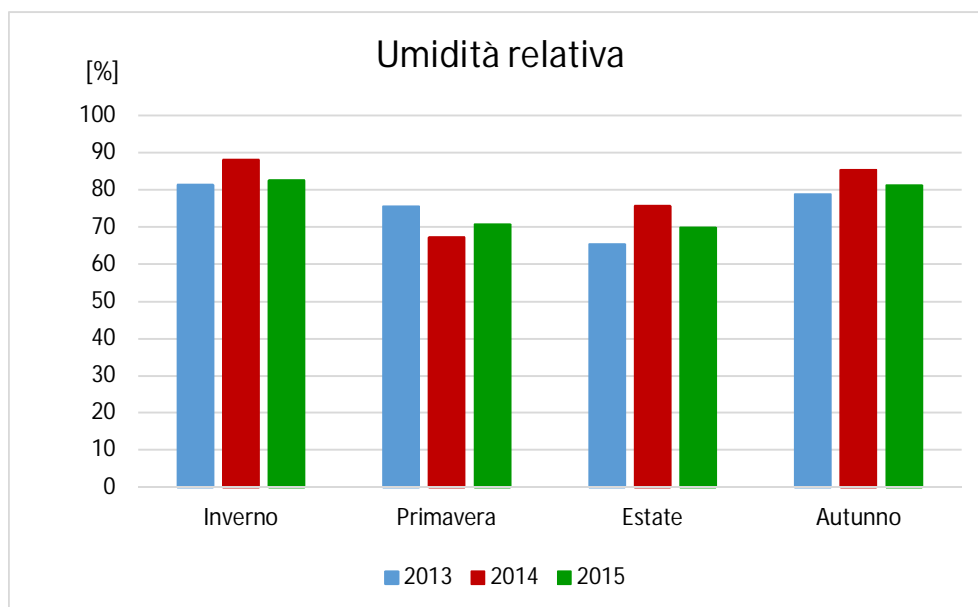


Figura 16: Umidità relativa stagionale registrata nella stazione di Fossalta di Portogruaro nel triennio 2013 - 2015

In Figura 17 è riportato l'andamento stagionale della precipitazione cumulata. Il 2015 è caratterizzato da una piovosità inferiore rispetto ai due anni precedenti, infatti la precipitazione cumulata totale durante l'anno solare è pari a 983 mm a fronte dei 1'594 mm e 1'670 mm registrati rispettivamente nel 2013 e nel 2014.

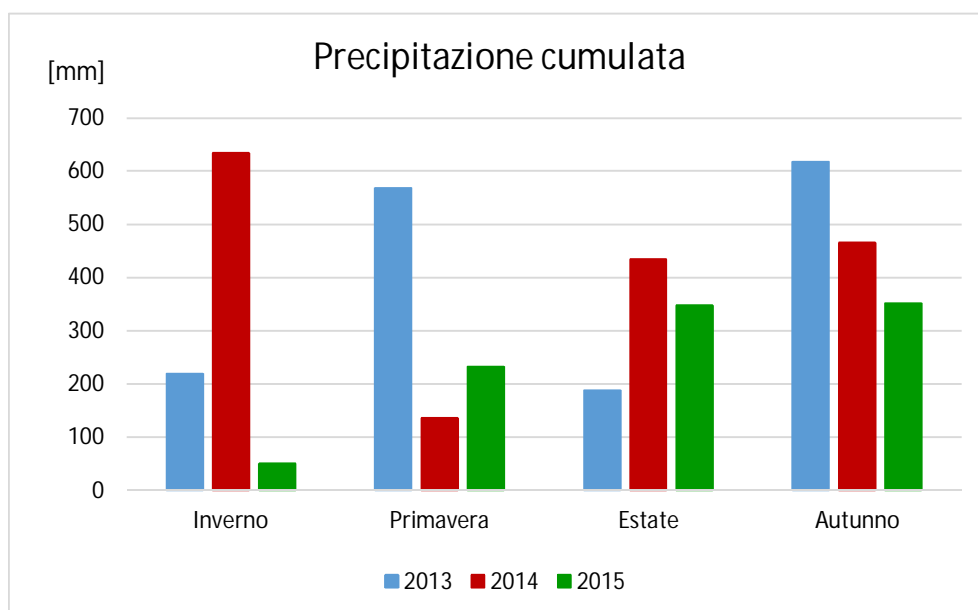


Figura 17: Precipitazione cumulata stagionale registrata nella stazione di Fossalta di Portogruaro nel triennio 2013 - 2015

Di seguito si riporta l'andamento della radiazione solare globale per le diverse stagioni, riscontrato nel triennio 2013 - 2015. I grafici presentano un andamento a campana durante l'arco della giornata, con picchi nelle ore centrali. La radiazione minima è registrata in inverno, dove non si raggiungono i 300 W/m^2 mentre il massimo si rileva in estate con valori che superano anche gli 800 W/m^2 .

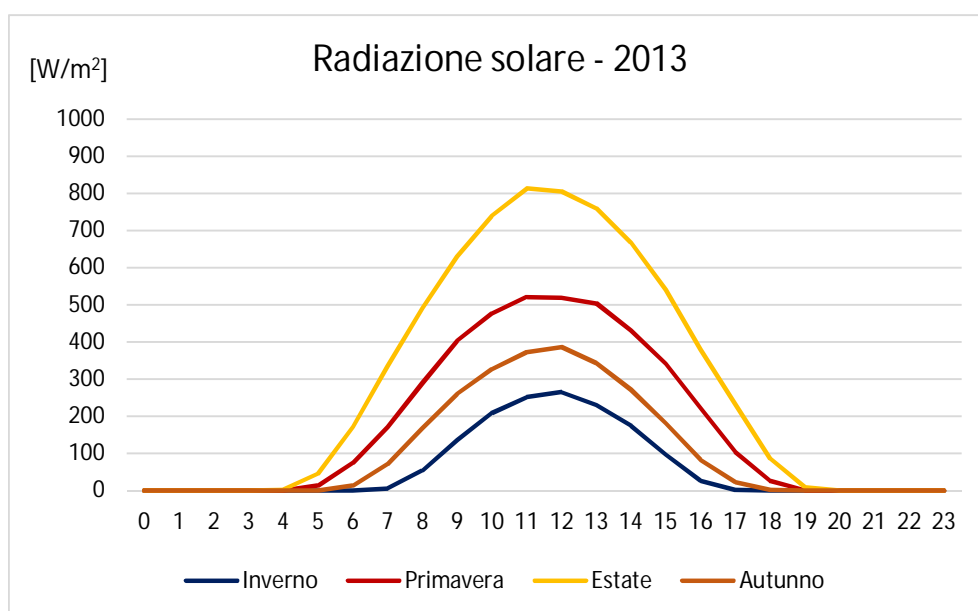


Figura 18: Andamento del giorno tipo stagionale della radiazione solare globale per l'anno 2013 registrato nella stazione di Fossalta di Portogruaro

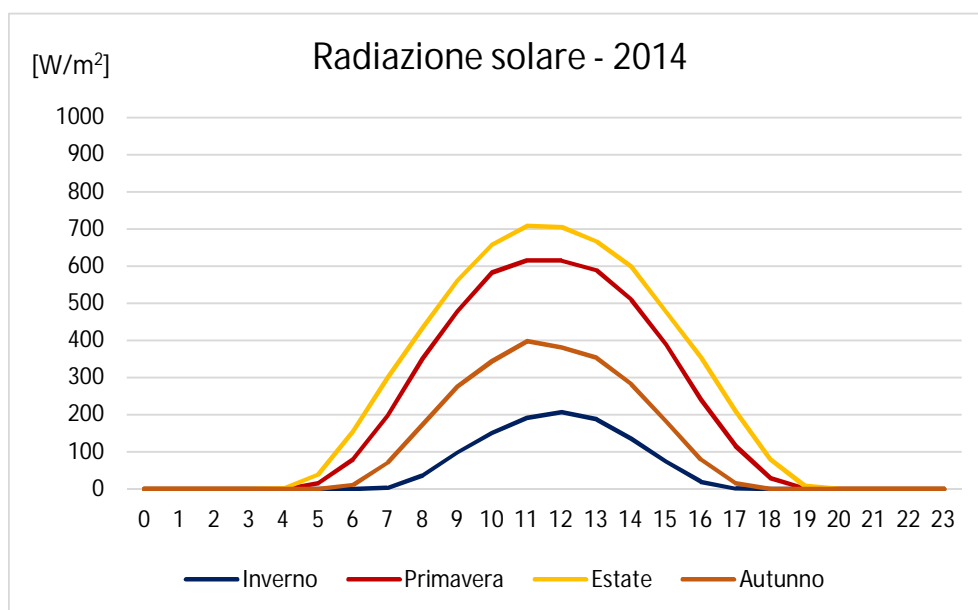


Figura 19: Andamento del giorno tipo stagionale della radiazione solare globale per l'anno 2014 registrato nella stazione di Fossalta di Portogruaro

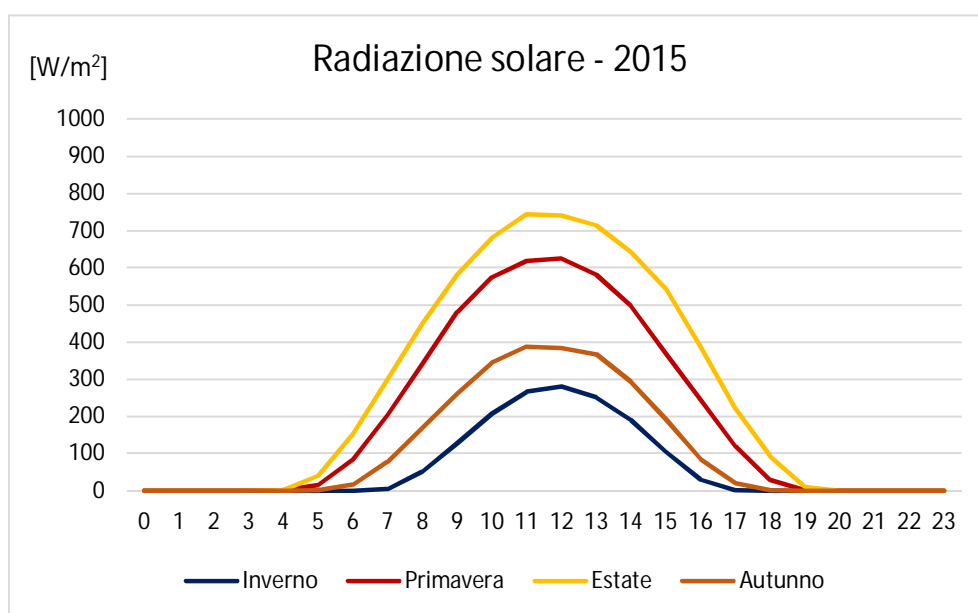


Figura 20: Andamento del giorno tipo stagionale della radiazione solare globale per l'anno 2015 registrato nella stazione di Fossalta di Portogruaro

In Figura 21 si riporta l'andamento stagionale della pressione monitorata presso la stazione di Palazzolo dello Stello per il triennio 2013 - 2015 e si osserva come i valori più elevati si registrino nell'inverno del 2015.

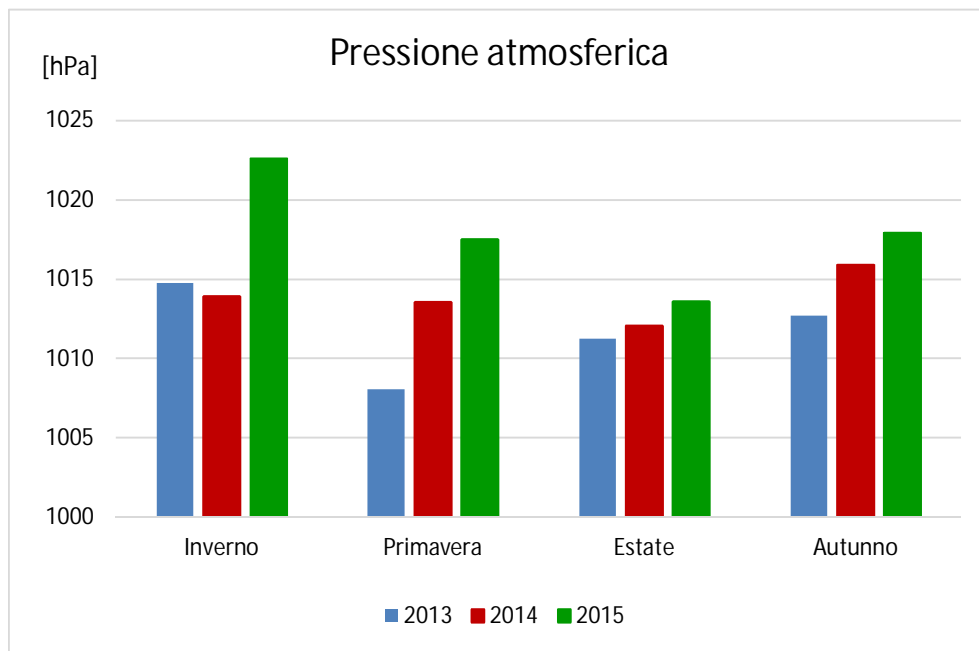


Figura 21: Pressione media stagionale registrata nella stazione di Palazzolo dello Stello nel triennio 2013 - 2015

L'analisi dei dati meteorologici monitorati dalle stazioni di Fossalta di Portogruaro, e Palazzolo dello Stello per la pressione, ha evidenziato un generale allineamento nel triennio 2013 - 2015. Ai fini della modellizzazione è stato utilizzato il 2015 come anno rappresentativo delle condizioni meteorologiche. Le scarse precipitazioni del 2015 rispetto ai 2 precedenti fanno sì che tale scelta sia cautelativa in termini modellistici poiché minori precipitazioni determinano un effetto di deposizione umida più lieve e pertanto una maggiore persistenza degli inquinanti in atmosfera. Le condizioni anemologiche al suolo utilizzate nella simulazione modellistica sono rappresentate in Figura 22 (si tratta quindi della rosa dei venti relativa alla stazione di Fossalta di Portogruaro per l'anno 2015).

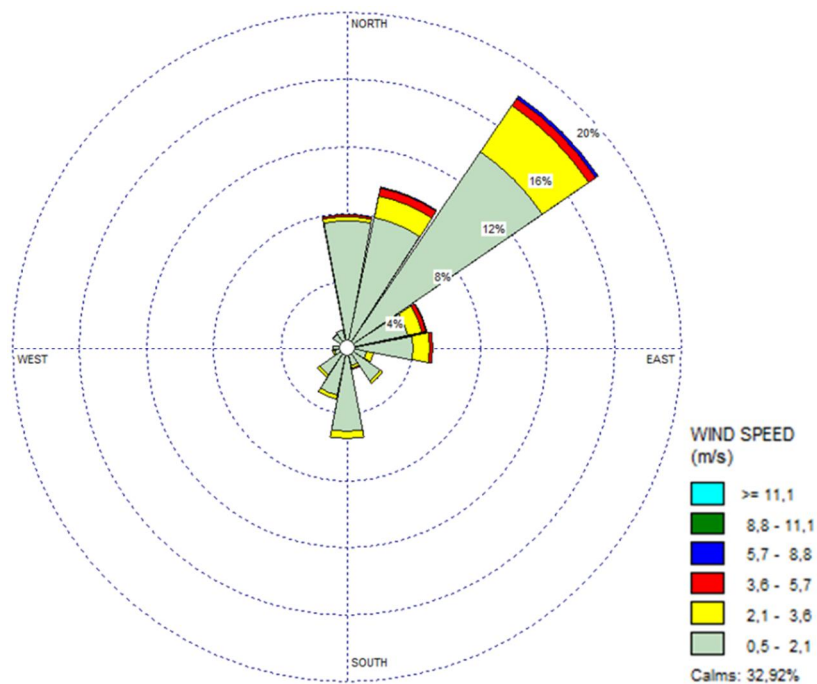


Figura 22: Rosa dei venti relativa alla stazione Fossalta di Portogruaro nel 2015

Il dettaglio stagionale è riportato in Figura 23: la direzione prevalente di provenienza del vento per tutte le stagioni dell'anno 2015 risulta essere Nord - Est e le velocità del vento più elevate si registrano in inverno.

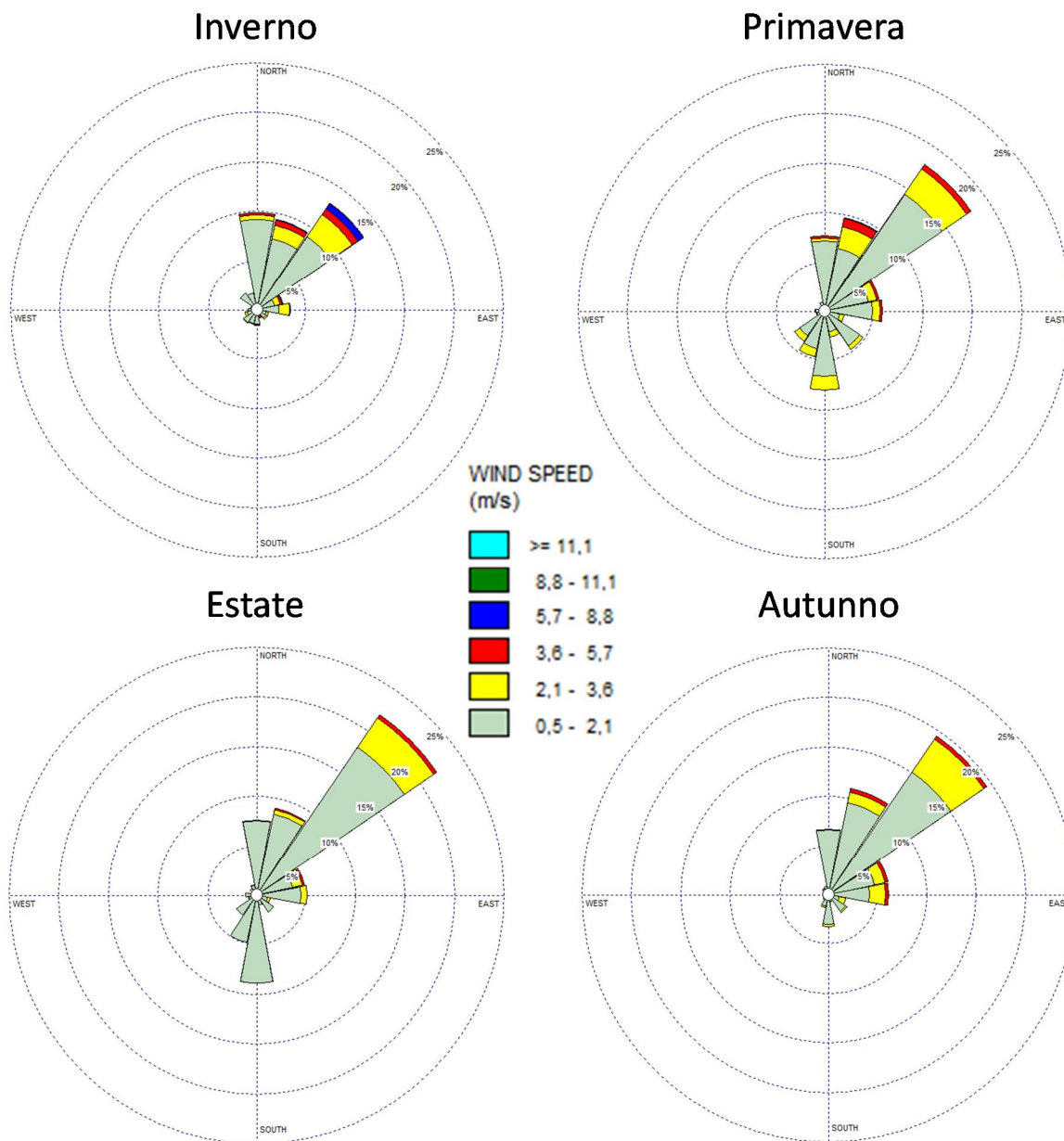


Figura 23: Rose dei venti stagionali relative alla stazione Fossalta di Portogruaro per il 2015

6 SIMULAZIONI MODELLISTICHE

6.1 Catena modellistica adottata

L'obiettivo di identificare e quantificare gli effetti sulla qualità dell'aria delle emissioni dello stabilimento Zignago Vetro in termini di qualità dell'aria, è stato raggiunto mediante l'applicazione della catena modellistica WRF-CALMET-CALPUFF, dove WRF e CALMET sono i modelli meteorologici e CALPUFF è il modello per il calcolo delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera.

Di seguito (Figura 24) si riporta uno schema di flusso della catena modellistica utilizzata, comprensiva dei principali pre-processor e post-processor impiegati.

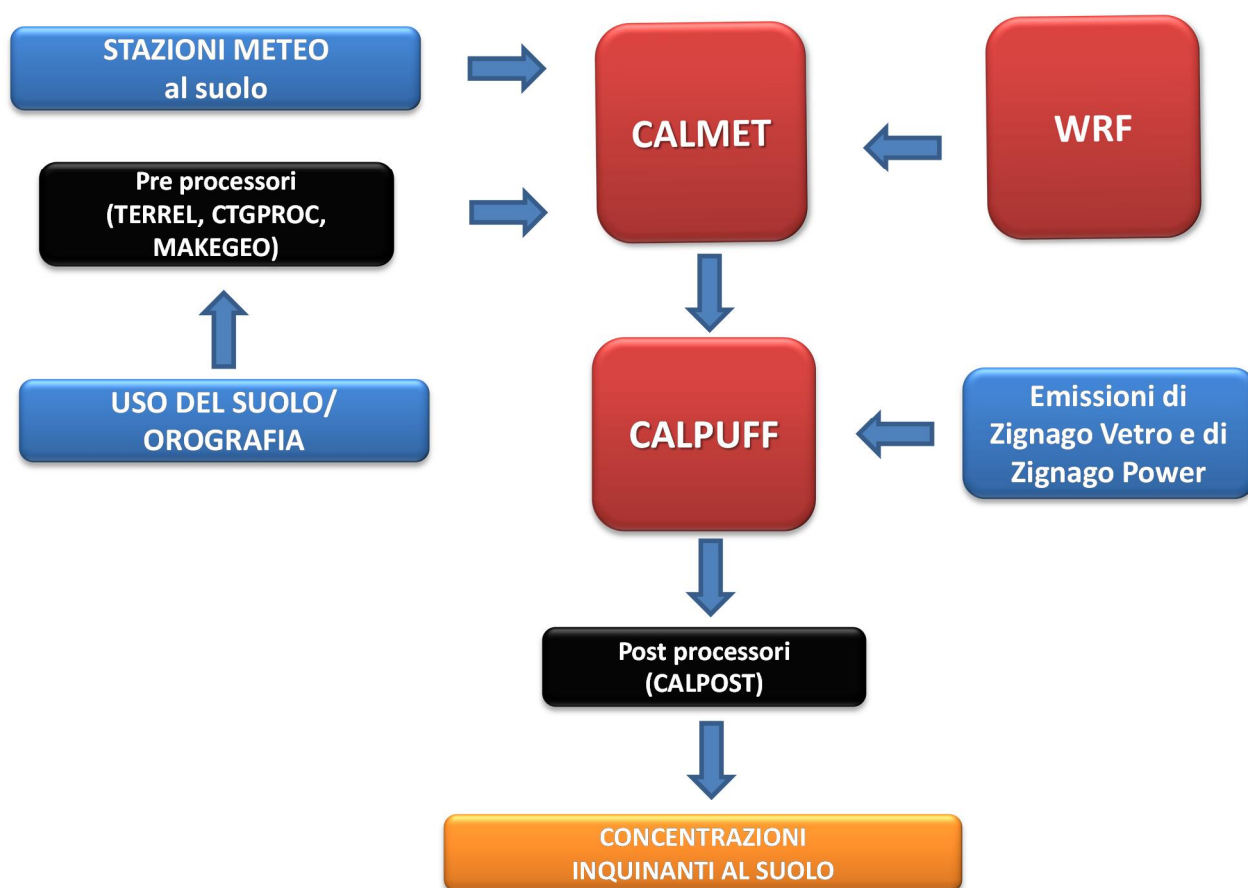


Figura 24: Schema di flusso della catena modellistica

WRF è un modello prognostico state-of-the-art tra i più avanzati a livello ricerca scientifica, CALMET è un modello diagnostico state-of-the-art tra i più utilizzati ed infine CALPUFF è il modello suggerito da numerose agenzie nazionali per l'ambiente, come ISPRA italiana e EPA americana, per studi di valutazione di impatto ambientale in situazioni complesse. Tutti i modelli proposti sono aperti, pubblici e ampiamente referenziati a livello di pubblicazioni internazionali.

Si evidenzia inoltre che il rapporto “Linee guida per la scelta e l’uso dei modelli” redatto dal Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima ed Emissioni in aria (CTN-ACE) nel 2004 indica il modello CALPUFF tra i modelli adeguati per applicazioni in aree urbane ed a scala locale.

6.2 Ricostruzione input meteorologico

6.2.1 Il modello Weather Research and Forecasting (WRF)

Come illustrato in Figura 24, per caratterizzare la situazione meteorologica in quota sono state integrate le informazioni al suolo delle centraline di monitoraggio con i dati estrapolati da un run effettuato con il modello WRF, relativo alla nostra area di interesse.

Il modello WRF (Weather Research and Forecasting) è un sistema di previsioni meteorologiche numeriche su mesoscala di nuova generazione, progettato per soddisfare ricerche operative sia meteorologiche che atmosferiche.

Lo sviluppo di WRF è stato il risultato di una collaborazione principalmente tra il National Center for Atmospheric Research (NCAR), il National Oceanic and Atmospheric Administration, il Forecast System Laboratory (FSL), la Air Force Weather Agency (AFWA), il Naval Research Laboratory, la University of Oklahoma e la Federal Aviation Administration (FAA). WRF offre ai ricercatori la possibilità di condurre simulazioni che riflettano sia dati reali che configurazioni ideali. WRF fornisce alle previsioni operative un modello flessibile ed efficiente dal punto di vista computazionale, oltre ai progressi nel campo della fisica, dei metodi numerici e dell’assimilazione dati a cui ha contribuito la comunità dei ricercatori⁴.

In Figura 25 è rappresentato un diagramma schematico che mostra l’ordine dei modelli ed il flusso dei dati utilizzati per il funzionamento del modello WRF.

⁴ Per maggiori informazioni sul modello WRF consultare il sito: www.wrf-model.org

WRF Modeling System Flow Chart

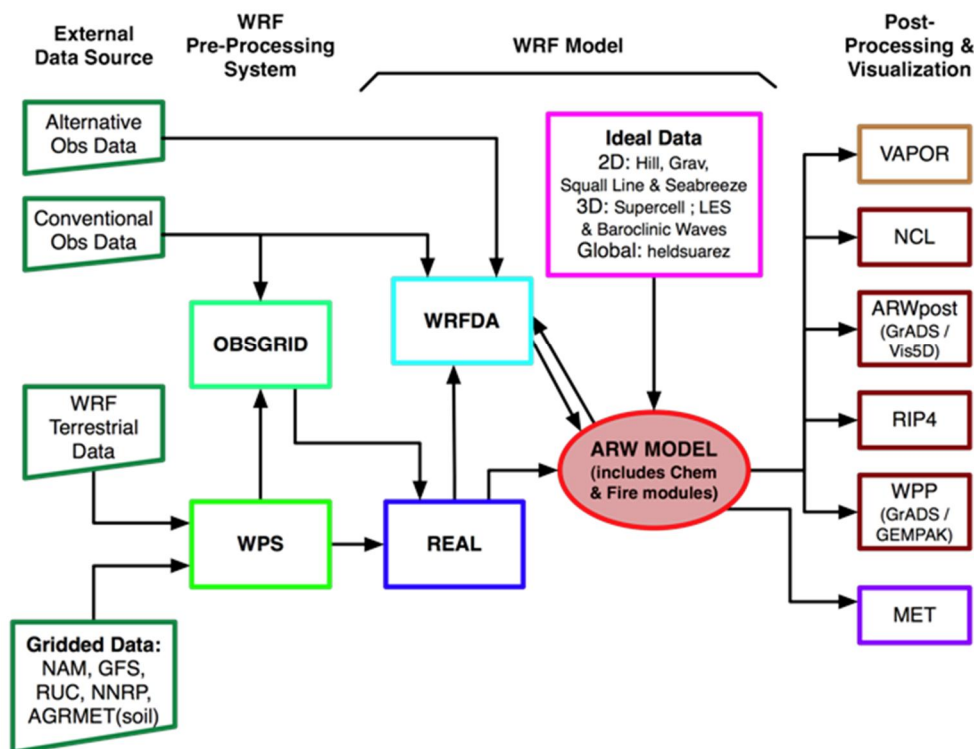


Figura 25: Catena modellistica relativa al modello WRF

- WPS (WRF Pre-Processing System): è un insieme di tre codici utile a preparare gli input meteorologici:
 - Geogrid, definisce il dominio di calcolo e interpola i dati geografici e di uso del suolo sulla griglia di calcolo;
 - Ungrib, estrae i campi meteorologici dalle analisi meteorologiche di modelli a livello globale quali GFS o ECMWF;
 - Metgrid, interpola orizzontalmente i campi di analisi estratti da ungrib, sulla griglia di calcolo definita da geogrid.
- OBSGRID e WRFDA integrano i dati osservati delle stazioni al suolo e dei radiosondaggi all'interno delle simulazioni.
- REAL legge i campi di input e li interpola lungo la struttura verticale di WRF, creando le condizioni iniziali e al contorno tridimensionali della griglia di calcolo.
- WRF-ARW: è il cuore del sistema modellistico. Simula i campi meteorologici in accordo con le parametrizzazioni chimiche e fisiche selezionate dall'utente.
- Le simulazioni WRF sono state utilizzate per ricreare i parametri meteorologici tridimensionali in ingresso a CALMET (e precisamente il file 3D.DAT).

Il dominio di calcolo utilizzato per WRF è un quadrato di lato 60 km, con risoluzione di 4 km, centrato sullo stabilimento Zignago Vetro (Figura 26).

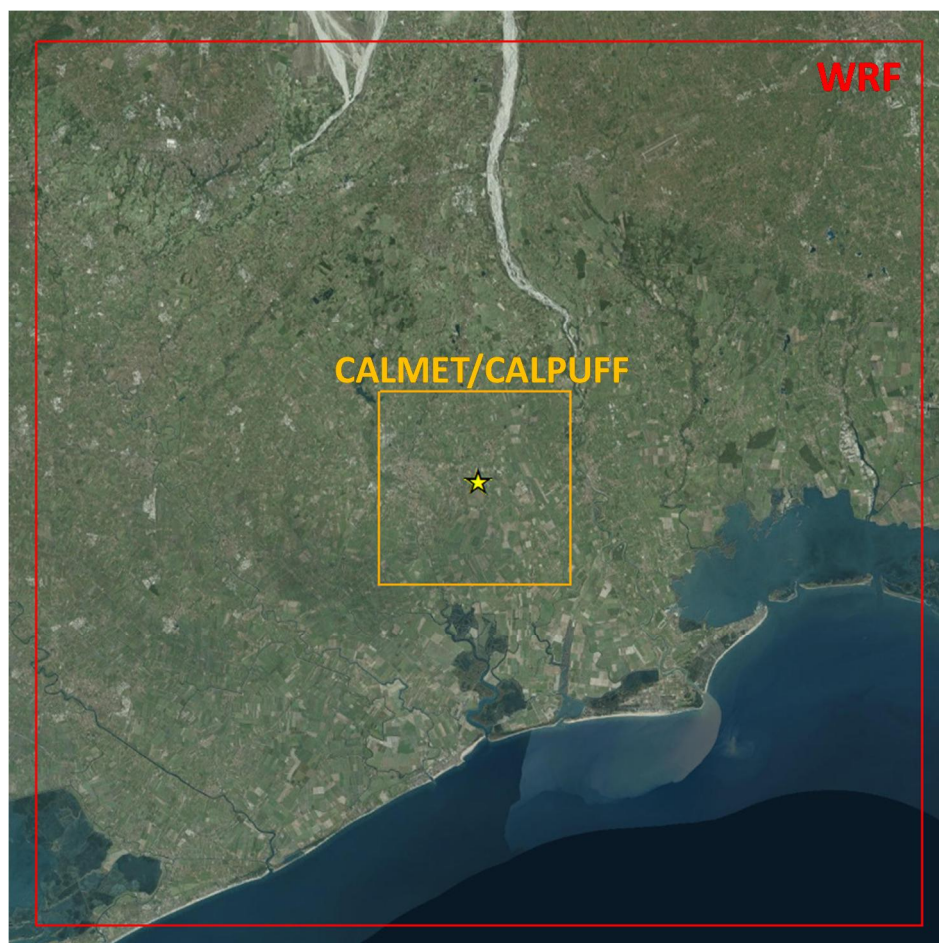


Figura 26: Domini di calcolo per WRF, CALMET e CALPUFF centrati sull'impianto di Zignago Vetro S.p.A. (in giallo)

I valori iniziali e al contorno sono stati estrapolati da vari modelli meteorologici globali. In Tabella 20 è riportata una descrizione dettagliata di questi dati.

Tabella 20: Modelli meteorologici globali utilizzati nella simulazione WRF

Dati	GFS (Global Forecasting System) rianalizzato con i dati osservati della rete GDAS (Global Data Assimilation System)
Tipo	Variabili meteorologiche, parametri fisici e chimici atmosfera.
Fornitore	NCEP (National Centers for Environmental Prediction)
Sito dati	http://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/
Formato	GRIB1
Risoluzione spaziale	1° Latitudine x 1° Longitudine
Risoluzione temporale	6 ore
Dati	SST (Sea Surface Temperature)
Tipo	Temperatura superficiale dei mari
Fornitore	NCEP (National Centers for Environmental Prediction)
Sito dati	ftp://polar.ncep.noaa.gov/pub/history/sst
Formato	GRIB1
Risoluzione spaziale	1° Latitudine x 1° Longitudine
Risoluzione temporale	1 giorno

6.2.2 Il modello CALMET

CALMET è un modello meteorologico diagnostico a griglia che comprende un generatore di un campo di temperatura e velocità del vento tridimensionali, e di campi bidimensionali dei parametri micrometeorologici valutati in ogni punto del grigliato scelto quali la lunghezza di Monin-Obukhov, l'altezza di rimescolamento e la velocità di attrito.

Il sistema a griglia usato consiste di N_z strati verticali di $(N_x \times N_y)$ celle quadrate orizzontali. In totale il sistema lavora quindi su $N_x \times N_y \times N_z$ volumi d'aria. Il modello opera in un sistema di coordinate in cui la coordinata verticale è l'altezza cartesiana calcolata rispetto all'orografia (sistema di coordinate "terrain following").

Il modello CALMET essendo fondamentalmente un interpolatore attraverso la cosiddetta "*objective analysis*" necessita in primo luogo delle informazioni meteorologiche al suolo ricostruite a partire dai parametri misurati dalle stazioni meteorologiche o dal modello prognostico, utilizzate dal modello per la ricostruzione dei campi tridimensionali di vento e temperatura; secondariamente il modello CALMET necessita di una serie di informazioni sulla variabilità verticale dei dati meteorologici, in particolare: pressione, direzione del vento, velocità del vento e temperatura in funzione della quota. Queste informazioni possono essere recuperate dai dati di output di un modello prognostico ed in generale dalle misure meteorologiche in quota della più vicina stazione che effettui almeno due radiosondaggi giornalieri.

Il modello CALMET prevede tre modalità per integrare le informazioni del modello prognostico.

- come guess field iniziale.
- come campo di vento di step 1.
- come osservazione – come se fossero i dati di una stazione reale.

Per la definizione del campo di vento iniziale (step 1) sono stati considerati i dati provenienti dal modello prognostico (WRF) unitamente all'orografia, minimizzandone la divergenza. Successivamente, per calcolare il campo di vento finale (step 2) si sono utilizzati i valori osservati presso le centraline meteorologiche al suolo.

Il modello CALMET necessita in input le seguenti informazioni meteorologiche.

- Parametri meteorologici misurati in stazioni a terra.
- Parametri meteorologici tridimensionali sul dominio (WRF).

Inoltre richiede le seguenti informazioni legate alla morfologia del suolo.

- Uso del suolo e parametri ad esso legati (albedo, roughness, Bowen ratio ...).
- Orografia.

Il dominio di calcolo di CALMET (Figura 26) è un quadrato di lato 13 km, con risoluzione di 200 m.

6.2.2.1 Uso del suolo e orografia

Per quanto concerne l'uso del suolo, si sono utilizzati i dati provenienti dal "Eurasia Land Cover Characteristics Data Base Version 2.0" prodotto dall'USGS.

La risoluzione di tale database è di 1 km; l'uso del suolo viene classificato in base a 14 categorie elencate nella seguente tabella.

Tabella 21: Sistema di classificazione del 'U.S. Geological Survey' delle categorie uso del suolo

Land Use Type	Description	Surface Roughness [m]	Albedo	Bowen Ratio	Soil Heat Flux Parameter	Anthropogenic Heat Flux [W/m ²]	Leaf Area Index
10	Urban or Built-up Land	1	0,18	1,5	0,25	0	0,2
20	Agricultural Land – Unirrigated	0,25	0,15	1	0,15	0	3
-20	Agricultural Land – Irrigated	0,25	0,15	0,5	0,15	0	3
30	Rangeland	0,05	0,25	1	0,15	0	0,5
40	Forest Land	1	0,1	1	0,15	0	7
50	Water	0,001	0,1	0	1	0	0
51	Small Water Body	0,001	0,1	0	1	0	0
55	Large Water Body	0,001	0,1	0	1	0	0
60	Wetland	1	0,1	0,5	0,25	0	2
61	Forested Wetland	1	0,1	0,5	0,25	0	2
62	Nonforested Wetland	0,2	0,1	0,1	0,25	0	1
70	Barren Land	0,05	0,3	1	0,15	0	0,05
80	Tundra	0,2	0,3	0,5	0,15	0	0
90	Perennial Snow or Ice	0,05	0,7	0,5	0,15	0	0

Il dominio considerato è caratterizzato principalmente da terreni agricoli non irrigati.

L'orografia del dominio è stata ricavata a partire dal dataset SRTM3 (Shuttle Radar Topography Mission 3 arc-sec, ~90 m). Tale dataset è il risultato degli sforzi congiunti fra la NASA, l'NGA, ovvero National Geospatial-Intelligence Agency - conosciuto una volta come National Imagery and Mapping Agency (NIMA) e la collaborazione delle agenzie spaziali di Germania e Italia per generare un DEM (Digital Elevation Model) a scala quasi mondiale sfruttando l'interferometria dei radar.

I dati SRTM sono organizzati in formato raster. La spaziatura per ogni singolo dato è pari 3 archi-secondo, pari a 90 metri.

L'accesso ai dati avviene tramite il sito web dell'USGS (U.S. Geological Survey). I DEM così scaricati vengono forniti in formato raster binario (.hgt) rappresentabile tramite la conversione in file .bil ma non immediatamente disponibili sottoforma di valori numerici delle quote. I dati sono espressi in metri con riferimento al geoide WGS84/EGM96.

Per passare dal formato .hgt agli effettivi valori numerici di quota per ogni cella del dominio è stato utilizzato TERREL, un preprocessore di CALPUFF⁵ che riceve in ingresso i file .hgt necessari a coprire l'aria di interesse e le informazioni sulla griglia del dominio e restituisce un unico file contenente la quota per ogni cella della griglia del dominio.

⁵ CALPUFF è un modello di dispersione a puff, non stazionario, tridimensionale, si veda qui per maggiori informazioni: www.src.com (Earth Tech).

Il dominio di calcolo di CALMET comprende aree pianeggianti con l'altitudine che raggiunge al massimo i 16 m s.l.m.; la quota sul livello del mare dell'impianto oggetto dello studio è di inferiore a 10 m, come si evince in Figura 27.

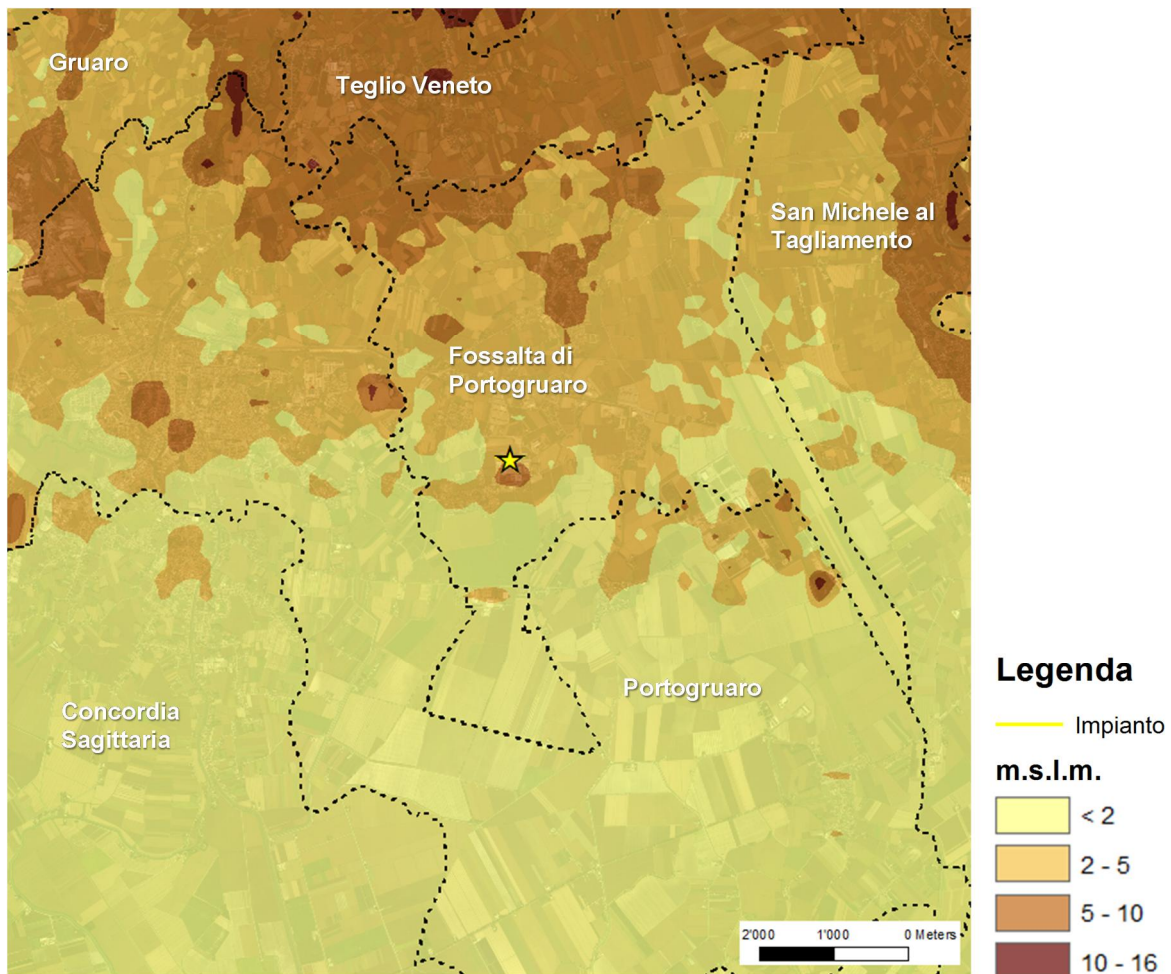


Figura 27: Orografia del dominio di calcolo di CALMET e CALPUFF

6.3 Descrizione del modello CALPUFF e inquinanti considerati

La simulazione di dispersione degli inquinanti in atmosfera è stata effettuata mediante il modello CALPUFF, per tutti gli inquinanti emessi dalla vetreria e normati in termini di qualità dell'aria: SO₂ (Biossido di Zolfo), NO_x (Biossido di Azoto), PTS (Polveri totali sospese), Ni (Nichel) e Cd (Cadmio). CALPUFF è un modello lagrangiano, non stazionario a puff gaussiano, multistrato e multi-inquinante. È consigliato dall'U.S. EPA (*Environmental Protection Agency*) per la stima dell'impatto di sorgenti emissive a scala locale con condizioni meteorologiche complesse.

CALPUFF PUFF-SPLITTING

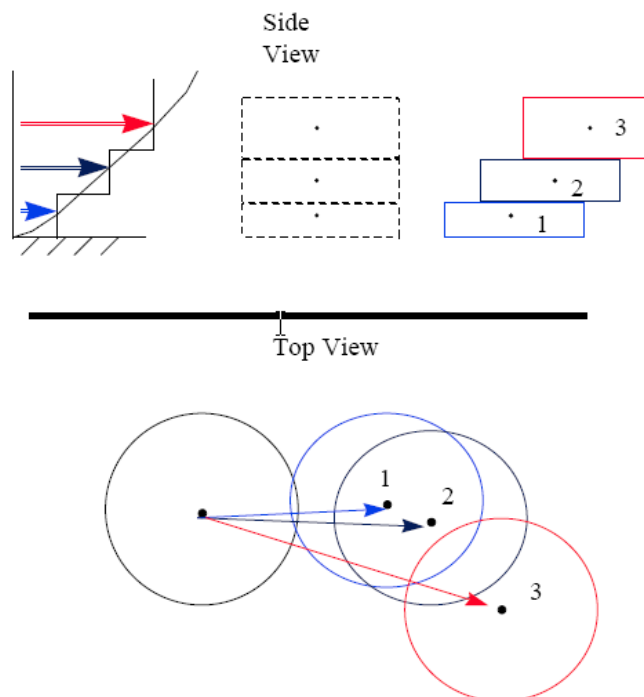


Figura 28: Schema di funzionamento del modello CALPUFF

Le caratteristiche di maggior interesse del modello sono:

- la trattazione modellistica delle condizioni di calma di vento;
- la capacità di simulare condizioni di flussi non omogenei (orografia complessa, inversione termica, fumigazione, brezza, ...);
- la possibilità di utilizzare un campo tridimensionale di vento e temperatura ed un campo bidimensionale di parametri di turbolenza (altezza dello strato di rimescolamento, caratteristiche di stabilità atmosferica ...);
- l'utilizzo di coefficienti di dispersione dalle curve di Pasquill e McElroy o calcolati applicando la teoria della similarità;
- il calcolo dell'effetto scia (down wash) generato dagli edifici prossimi alle sorgenti.

Le tipologie di emissioni previste dal modello CALPUFF, a cui è possibile associare eventualmente anche un profilo temporale orario, sono le seguenti:

- **Emissioni puntuali:** l'emissione avviene da un unico punto georeferenziato avente caratteristiche fisiche e geometriche definite - utilizzate in questo studio;
- **Emissioni areali:** l'emissione avviene da un'area del dominio di interesse - non utilizzate in questo studio;
- **Emissioni volumetriche:** l'emissione avviene all'interno di un volume avente caratteristiche e parametri di dispersione specifici - non utilizzate in questo studio.

La trattazione matematica del modello è piuttosto complessa e si rinvia al manuale tecnico di CALPUFF per ulteriori approfondimenti.

6.4 Dominio di simulazione di CALPUFF e recettori

I valori delle concentrazioni degli inquinanti al suolo sono stati stimati in corrispondenza del centro delle celle (4'225) appartenenti ad una griglia di calcolo regolare caratterizzata da una maglia con passo di 200 m su un dominio con lato pari a 13 km (Figura 29).

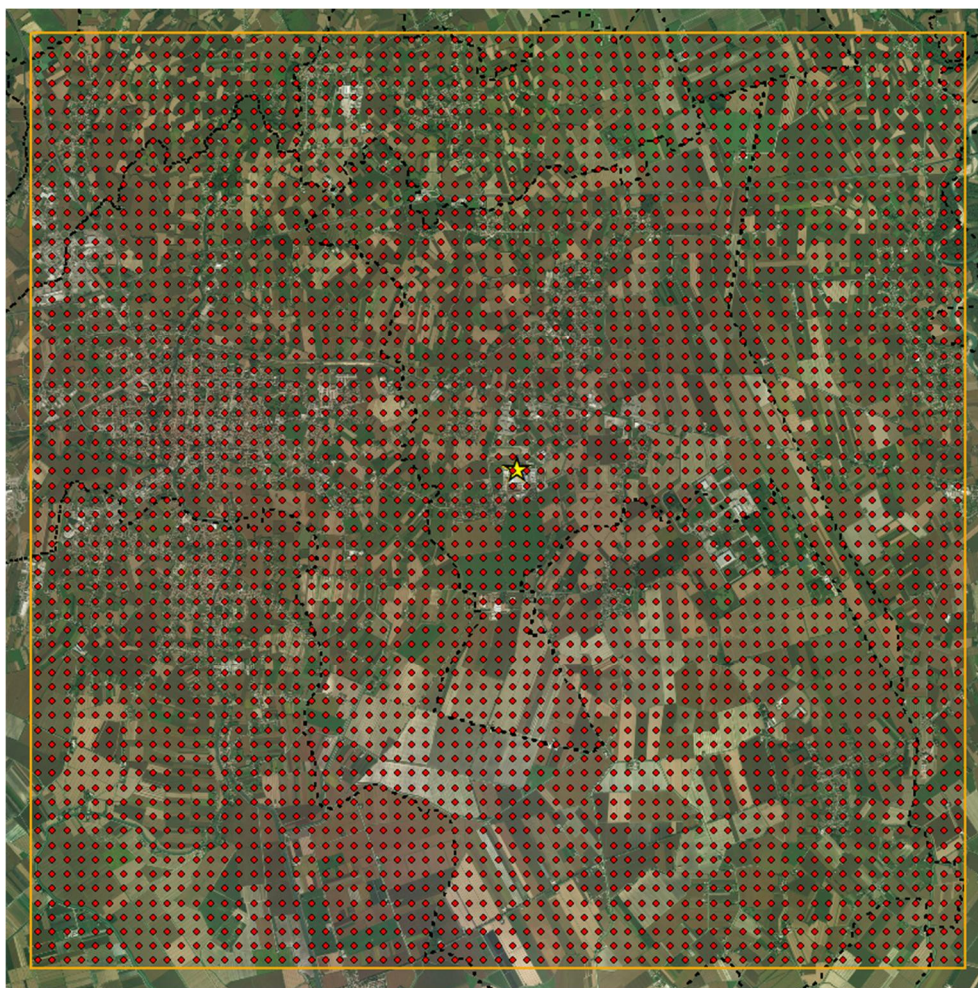


Figura 29: Localizzazione del dominio di calcolo (in arancione), dei centroidi delle celle della griglia di calcolo (in rosso) e dello stabilimento (in giallo)

Inoltre sono stati considerati, quali recettori sensibili, le scuole, gli ospedali, le case di riposo e le chiese entro un raggio di circa 6 km dallo stabilimento Zignago Vetro (l'elenco completo è riportato in Tabella 22).

Tabella 22: Recettori sensibili più prossimi allo stabilimento

Id	Nome recettore	Indirizzo	Categoria
1	Scuola dell'Infanzia "G. Rodari" - Portogruaro	Via Aldo Moro, 44, Portogruaro	Scuola
2	Istituto Superiore Statale Gino Luzzatto	Via Galileo Galilei, 5, Portogruaro	Scuola
3	Scuola Materna Maria Immacolata Parrocchia B.M.V.	Via Alessandro Manzoni, 1, Portogruaro	Scuola
4	Istituto Comprensivo Portogruaro 2 "Dario Bertolini" - Sede Centrale	Via Liguria, 32, Portogruaro	Scuola
5	ISIS Leonardo da Vinci sede professionale IPSIA - Mons. V. D'Alessi	Via Marco Belli, 25, Portogruaro	Scuola
6	Ospedale di Portogruaro - ULSS 4 Veneto Orientale	Via Piemonte, 1, Portogruaro	Ospedale
7	Scuole Statali Elementari e Medie Giovanni Pascoli	Via D. Bertolini, Portogruaro	Scuola
8	Scuola Dell'Infanzia Statale C. Collodi	Via G. Mercalli, 2, Portogruaro	Scuola
9	Scuola Primaria Statale IV Novembre	Via Ampelio Iberati, 4, Portogruaro	Scuola
10	Liceo Statale XXV Aprile	Corso Martiri della Libertà, 13, Portogruaro	Scuola
11	Istituto Statale Marco Belli	Via Guglielmo Marconi, 10, Portogruaro	Scuola
12	I. P. A. B. Residenza per Anziani G. Francescon	Borgo S. Gottardo, 44, Portogruaro	Casa di riposo
13	Scuola Primaria Marco Polo	Via Livenza, 3, Portogruaro	Scuola
14	Scuola Dell'Infanzia Statale Jean Piaget	Via Livenza, 5, Portogruaro	Scuola
15	Fondazione Collegio Marconi/Università degli Studi di Trieste	Via Seminario, 34, Portogruaro	Scuola
16	BRITISH INSTITUTES PORTOGRUARO	Via Michele Benedetti, 3, Portogruaro	Scuola
17	Scuola Primaria Statale M. Polo	Via Ferdinando Magellano, 18, Portogruaro	Scuola
18	Scuola Primaria Statale G. Mazzini	Via Chiesa, Portogruaro, 2, Lugugnana	Scuola
19	Scuola Materna Julia	Via Julia, 67, Concordia Sagittaria	Scuola
20	Scuola Primaria OTTAVIANO AUGUSTO	Via I Maggio, 98, Concordia Sagittaria	Scuola
21	Scuola dell'infanzia e Nido Integrato "Santi Martiri Concordiesi"	Via Spareda, 61, Concordia Sagittaria	Scuola
22	Scuola secondaria Rufino Turrano	Piazza G. Matteotti, 55, Concordia Sagittaria	Scuola
23	Scuola Elementare Musil	Via Musil, 21, Concordia Sagittaria	Scuola
24	Scuola Elementare G. Carducci	Via C.Battisti, 31, Concordia Sagittaria	Scuola
25	Scuola Primaria Statale Virgilio	Via Rivago, 12, Giussago	Scuola
26	Residenza Santa Margherita	Piazza Ita Marzotto, 20, Villanova Santa Margherita	Casa di riposo
27	Scuola dell'infanzia G. Lorenzin	Via IV Novembre, 4, Lugugnana	Scuola
28	Scuola secondaria di primo grado "Giovanni XXIII"	Via IV Novembre, 6, Lugugnana	Scuola
29	Scuola Materna Cuore Immacolato Di Maria	Via dei Caduti, 23, San Giorgio Al Tagliamento-Pozzi	Scuola
30	Scuola secondaria di S. Giorgio al Tagliamento	Via Madonnetta, 81, San Giorgio Al Tagliamento-Pozzi	Scuola

Id	Nome recettore	Indirizzo	Categoria
31	Scuola Primaria "Guglielmo Marconi" - San Giorgio al Tagliamento	Via Nazionale, 27, San Giorgio Al Tagliamento-Pozzi	Scuola
32	Scuola Media ed elementare Don Agostino Toniatti	Via I. Nievo, 20, Fossalta di Portogruaro	Scuola
33	Scuola Materna Leonardo Zanier	Piazza Risorgimento, 32, Fossalta di Portogruaro	Scuola
34	Scuola Materna Santa Margherita	Piazza Margherita Marzotto, 30, Villanova Santa Margherita	Scuola
35	Scuola Primaria Margherita Marzotto-Villanova	Piazza Marzotto, 13, Fossalta di Portogruaro	Scuola
36	Scuola dell'infanzia San Giorgio Martire	Via IV Novembre, 1, Teglio Veneto	Scuola
37	Scuola Primaria Alessandro Manzoni-Cap.	Via Roma, 13, Teglio Veneto	Scuola
38	Chiesa di Sant'Antonio	Via Leonardo da Vinci, 2, Villanova Sant'Antonio	Chiesa
39	Parrocchia S. Margherita Di Villanova	Piazza Margherita Marzotto, 24, Villanova Santa Margherita	Chiesa
40	Duomo di Sant'Andrea	Via Martiri, 80, Portogruaro	Chiesa
41	Cattedrale di Santo Stefano Protomartire	Via Roma, 58, Concordia Sagittaria	Chiesa
42	Parrocchia S. Rita	Via Cesare Beccaria, 22, Portogruaro	Chiesa
43	Chiesa Parrocchiale Beata Maria Vergine Regina	Via Sardegna, Portogruaro	Chiesa
44	Parrocchia di San Zenone	Piazza Risorgimento, 32, Fossalta di Portogruaro	Chiesa
45	Chiesa di San Giorgio al Tagliamento - Pozzi	Via Caduti, San Giorgio Al Tagliamento-pozzi	Chiesa
46	Parrocchia S. Giorgio M.	Via Dote, 8, San Giorgio Al Tagliamento-pozzi	Chiesa
47	Chiesa di Sant'Agnese	Via Sant'Agnese, 80, Portogruaro	Chiesa
48	Chiesa di S. Nicolò	Via Pordenone, 22, Portogruaro	Chiesa
49	Chiesa Cristiana Evangelica A.D.I.	Via Galileo Galilei, 6, Portogruaro	Chiesa
50	ISIS Leonardo da Vinci	Via Galileo Galilei, 1, Portogruaro	Scuola
51	Chiesa di San Gottardo	Via Isonzo, Portogruaro	Chiesa
52	Convento Frati Cappuccini	Viale Luigi Cadorna, 55, Portogruaro	Chiesa
53	Chiesa di Santa Cristina	Gorgo	Chiesa
54	Chiesa a Fratta	SP91, Fratta	Chiesa
55	Chiesa di San Luigi	Via Seminario, Portogruaro	Chiesa
56	Chiesa di Teglio Veneto	Via Cintello, 1, Teglio Veneto	Chiesa
57	Chiesa S. Maria	Via Chiesa, 17, Lugugnana	Chiesa

La localizzazione dei recettori è rappresentata nelle figure seguenti mediante l'identificativo indicato nella tabella precedente.

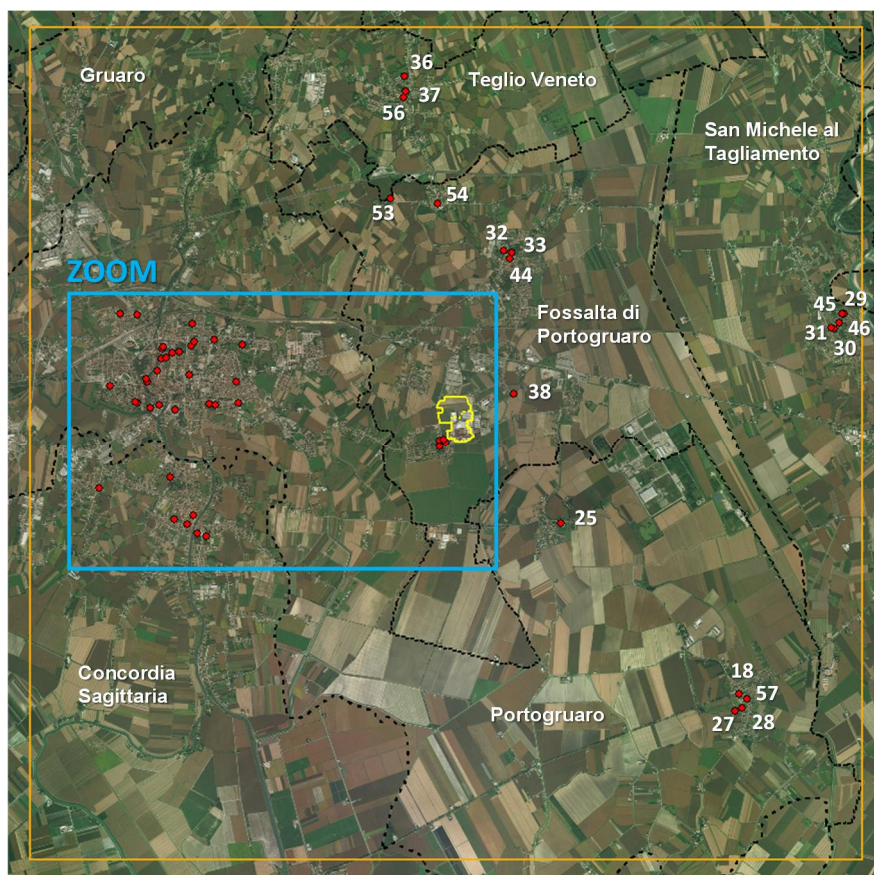


Figura 30: Localizzazione dei recettori sensibili considerati nelle simulazioni; nella figura seguente sono indicati gli ID dei recettori che ricadono nel riquadro azzurro di zoom.



Figura 31: Ulteriori recettori considerati nelle simulazioni e localizzati ad ovest della vetreria (il cui perimetro è indicato in giallo)

6.5 Caratteristiche delle sorgenti emissive

Zignago Vetro S.p.A. intende richiedere l'autorizzazione per l'ampliamento del processo produttivo dello stabilimento di Fossalta di Portogruaro. Pertanto di seguito vengono analizzati due scenari emissivi:

- Ante operam, configurazione attuale dello stabilimento, già autorizzata;
- Post operam, configurazione futura dello stabilimento, a seguito del progetto di incremento della capacità produttiva che prevede l'espansione dell'impianto e la dismissione di alcuni camini.

Le emissioni sono di tipo convogliato per entrambi gli scenari e, rispetto agli inquinanti considerati nel presente studio, sono legate rispettivamente all'esercizio di 45 camini significativi nello scenario Ante Operam e 61 camini significativi nello scenario Post Operam. Le sorgenti emissive dello scenario Ante Operam sono presenti anche nello scenario Post operam con le medesime caratteristiche geometriche ed emissive, ad eccezione dei camini 14, 15, 16, 17 che saranno dismessi, e il 30 e 31 che saranno rilocalizzati e alcuni camini che subiranno variazioni in termini emissivi. Inoltre lo scenario Post Operam prevede la realizzazione di 20 nuovi camini. Si precisa che nel Progetto sono previste delle azioni di razionalizzazione ed efficientamento con l'unificazione di alcuni punti emissivi.

Nelle figure seguenti si riporta la localizzazione delle fonti emissive rispettivamente dei due scenari considerati.

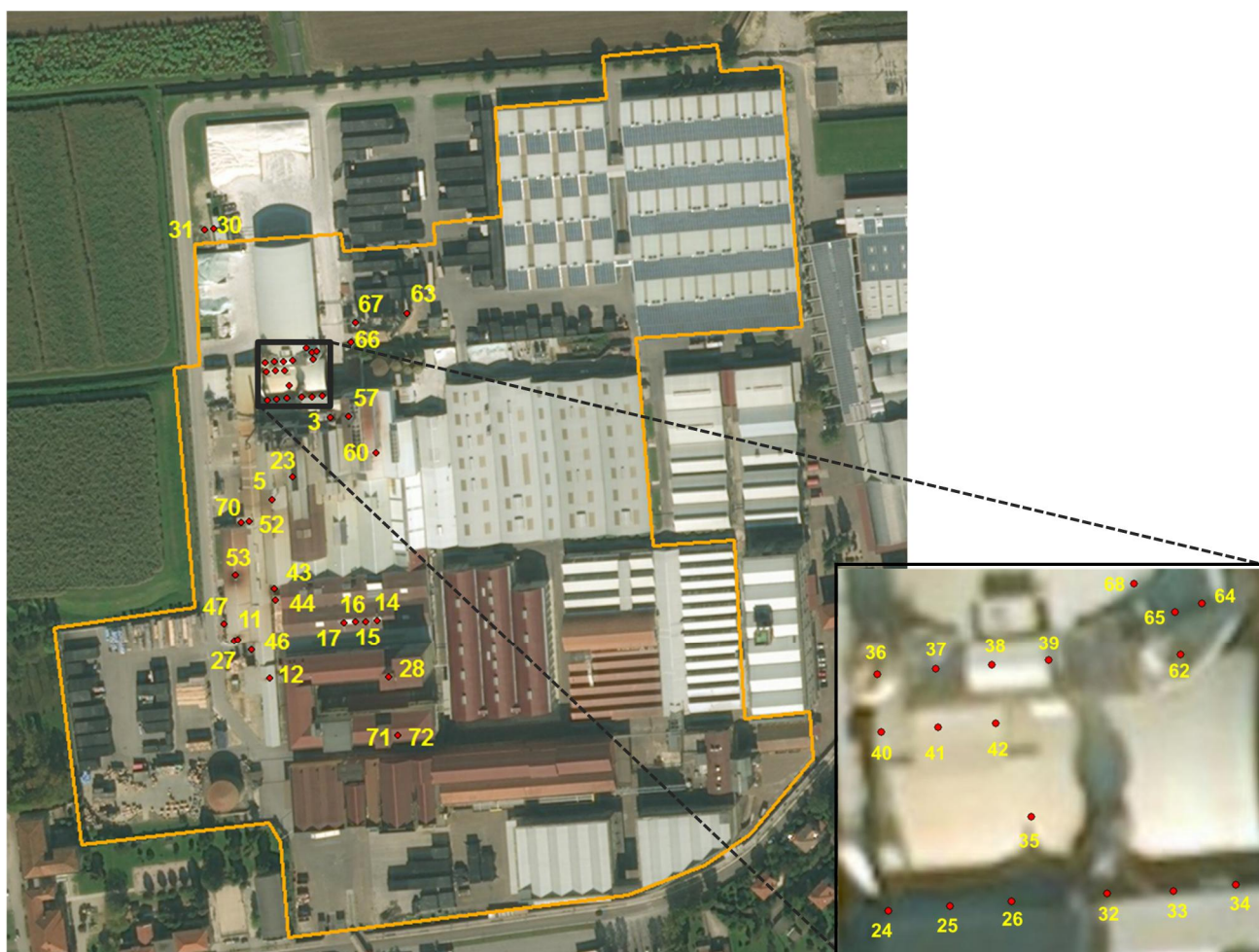


Figura 32: Localizzazione dei camini dello stabilimento per lo scenario Ante Operam

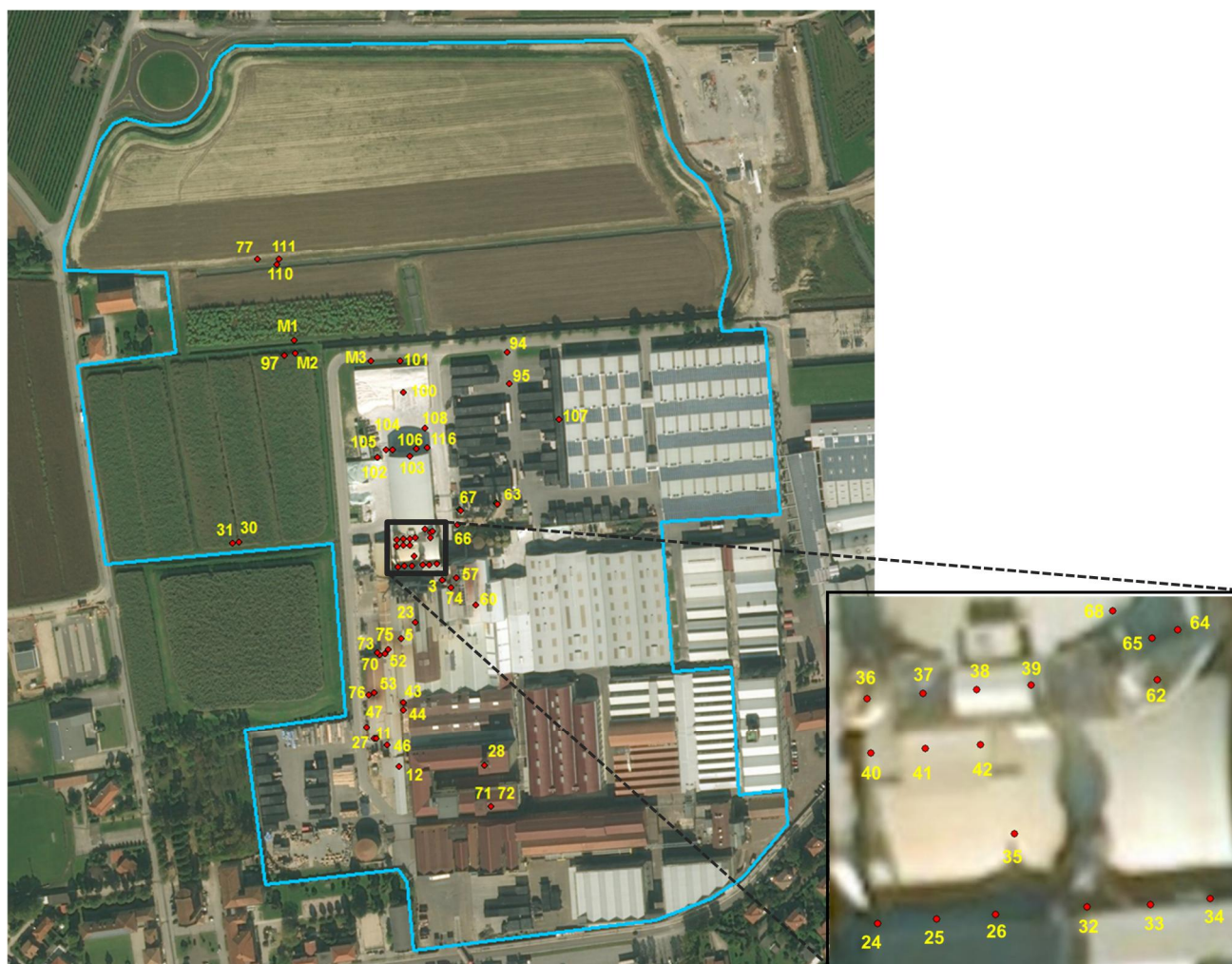


Figura 33: Localizzazione dei camini dello stabilimento per lo scenario Post Operam

Nelle tabelle riportate di seguito sono indicate le caratteristiche geometriche ed emissive dello scenario Ante Operam (Tabella 23 e Tabella 24), dei nuovi camini che si aggiungono a quelli esistenti (scenario Post Operam, Tabella 25 e Tabella 26) e infine dei camini esistenti che subiranno variazioni nello scenario Post Operam rispetto alla configurazione attuale (Tabella 27 e Tabella 28). Si precisa che la temperatura ambiente è stata considerata ai fini modellistici pari a 20 °C.

Tabella 23: Caratteristiche geometriche dei camini significativi nello scenario Ante Operam

Sigla camino	Descrizione	Coordinate WGS84 UTM33N		Altezza [m]	Diametro [m]	Temperatura [°C]
		X [km]	Y [km]			
3	Mescolatrice	336,552	5'070,630	16	0,505	Ambiente
5	Solforazione	336,520	5'070,585	13	0,479	130
11	Estrazione cappa verniciatura lacche	336,501	5'070,506	7	0,505	Ambiente
12	Lavaggio ultrasuoni	336,518	5'070,484	8	0,325	Ambiente
14	Ricottura/Neutralizzazione	336,579	5'070,517	11	0,319	150
15	Ricottura/Neutralizzazione	336,572	5'070,517	11	0,319	150
16	Ricottura/Neutralizzazione	336,566	5'070,516	9,5	0,319	150
17	Ricottura/Neutralizzazione	336,560	5'070,516	11	0,138	150
23	Fornetto preriscaldamento stampi	336,531	5'070,597	6	0,129	350
24	Filtro sfiato silo materie prime	336,517	5'070,640	11	0,276	Ambiente
25	Filtro sfiato silo materie prime	336,522	5'070,641	11	0,276	Ambiente
26	Filtro sfiato silo materie prime	336,528	5'070,641	11	0,276	Ambiente
27	Fornetto essiccazione lacche stampi	336,498	5'070,506	4	0,124	350
28	Estrazione banco lavorazioni met. officina mecc.	336,585	5'070,485	6	0,600	Ambiente
30	Caldaia preriscaldamento metano	336,487	5'070,736	7	0,203	150
31	Caldaia preriscaldamento metano	336,482	5'070,735	7	0,203	150
32	Filtro sfiato silo materie prime	336,536	5'070,642	11	0,276	Ambiente
33	Filtro sfiato silo materie prime	336,542	5'070,642	11	0,276	Ambiente
34	Filtro sfiato silo materie prime	336,548	5'070,642	11	0,276	Ambiente
35	Filtro aspirazione polveri nastri materie prime	336,530	5'070,648	13,5	0,400	Ambiente
36	Filtro sfiato silo materie prime	336,516	5'070,661	10	0,309	Ambiente
37	Filtro sfiato silo materie prime	336,521	5'070,661	10	0,309	Ambiente
38	Filtro sfiato silo materie prime	336,526	5'070,662	10	0,309	Ambiente
39	Filtro sfiato silo materie prime	336,531	5'070,662	10	0,309	Ambiente
40	Filtro sfiato silo materie prime	336,516	5'070,656	10	0,309	Ambiente
41	Filtro sfiato silo materie prime	336,521	5'070,656	10	0,309	Ambiente
42	Filtro sfiato silo materie prime	336,527	5'070,657	10	0,160	Ambiente
43	Aspirazione cappe Sald. Lucid. Officina Man. Stampi	336,521	5'070,535	1,5	0,570	Ambiente
44	Aspirazione cappe Sald. Lucid. Officina Man. Stampi	336,522	5'070,529	2	0,226	Ambiente
46	Aspirazione cappe Sald. Lucid. Officina Man. Stampi	336,509	5'070,500	1,8	0,231	Ambiente
47 (45, 48)	Aspirazione cappe Sald. Lucid. Officina Man. Stampi	336,493	5'070,515	4	0,570	Ambiente
52	Emissione lavatrice attrezzature Officina Man. Macchine	336,507	5'070,572	6	0,451	Ambiente

Sigla camino	Descrizione	Coordinate WGS84 UTM33N		Altezza [m]	Diametro [m]	Temperatura [°C]
		X [km]	Y [km]			
53	Estrazione cappa banco saldatura Officina Man. Macchine	336,499	5'070,542	8	0,399	Ambiente
57	Fornetto preriscaldamento stampi	336,562	5'070,631	6	0,129	250
60	Fornetto preriscaldamento stampi	336,578	5'070,610	6	0,129	250
62	Filtro a maniche reparto miscele	336,543	5'070,663	15	0,401	Ambiente
63 (1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10)	Elettrofiltro	336,595	5'070,689	35	1,748	280
64	Filtro sfiato silo materie prime	336,545	5'070,667	20	0,247	Ambiente
65	Filtro sfiato silo materie prime	336,542	5'070,667	20	0,247	Ambiente
66	Filtro sfiato silo calce per elettrofiltro	336,564	5'070,673	15,5	0,901	Ambiente
67	Filtro sfiato silo polvere abbattuta dall'elettrofiltro	336,566	5'070,684	15	0,679	Ambiente
68	Filtro sfiato silo polvere abbattuta dall'elettrofiltro	336,539	5'070,669	14	0,679	Ambiente
70	Fornetto a muffola essiccazione prodotti trattamento attrezzatura stampi	336,503	5'070,572	11	0,151	220
71	Caldaia produzione vapore di processo e per riscaldamento	336,590	5'070,453	21,5	0,350	110
72	Caldaia produzione vapore di processo e per riscaldamento	336,590	5'070,453	21,5	0,350	110

Tabella 24: Caratteristiche emissive dei camini significativi nello scenario Ante Operam

Sigla camino	Ore di funzionamento	Portata [Nm ³ /h]	Concentrazione [mg/Nm ³]				
			SO _x	NO _x	Polveri	Ni	Cd
3	8'760	18'000	-	-	13,3	-	-
5	8'760	14'000	214,3	-	-	-	-
11	240	1'500	-	-	200	-	-
12	5'840	2'000	-	-	50	-	-
14	720	12'000	200	-	-	-	-
15	720	600	2'000	-	-	-	-
16	720	600	2'000	-	-	-	-
17	720	100	200	-	-	-	-
23	8'760	250	48	480	28	-	-
24	137	1'500	-	-	20	-	-
25	137	1'500	-	-	20	-	-
26	91	1'500	-	-	20	-	-

Sigla camino	Ore di funzionamento	Portata [Nm ³ /h]	Concentrazione [mg/Nm ³]				
			SO _x	NO _x	Polveri	Ni	Cd
27	5'840	250	-	-	50	-	-
28	1'920	11'700	-	-	20	0,1	0,01
30	8'760	500	-	350	-	-	-
31	8'760	500	-	350	-	-	-
32	73	1'600	-	-	20	-	-
33	480	1'600	-	-	20	-	-
34	480	1'600	-	-	20	-	-
35	8'760	10'000	-	-	24	-	-
36	49	1'500	-	-	20	-	-
37	49	1'500	-	-	20	-	-
38	49	1'500	-	-	20	-	-
39	49	1'500	-	-	20	-	-
40	49	1'500	-	-	20	-	-
41	49	1'500	-	-	20	-	-
42	49	1'500	-	-	20	-	-
43	1'095	2'500	-	-	20	0,1	0,02
44	1'095	2'500	-	-	20	0,1	0,02
46	1'095	2'500	-	-	20	0,1	0,02
47	1'095	6'000	-	-	20	0,1	0,02
52	120	3'850	-	-	20,8	-	-
53	120	6'100	-	-	20	0,1	0,02
57	8'760	350	34,3	342,9	20	-	-
60	8'760	350	34,3	342,9	20	-	-
62	8'760	10'000	-	-	30	-	-
63	8'640	61'000	1'700*	1'500	40	-	-
64	46	2'500	-	-	20	-	-
65	46	2'500	-	-	20	-	-
66	5	1'500	-	-	20	-	-
67	2'310	1'800	-	-	22,2	-	-
68	2'310	1'500	-	-	10	-	-
70	392	350	-	-	28,6	-	-
71	8'760	1'400	35	350	5	-	-
72	480	1'400	35	350	5	-	-

(*) Cautelativamente è stata considerata la concentrazione relativa all'olio combustibile a basso tenore di zolfo (BTZ), rispetto al metano caratterizzato da una concentrazione di SO_x pari a 800 mg/Nm³

Tabella 25: Caratteristiche geometriche dei nuovi camini significativi (che si aggiungono nello scenario Post Operam)

Sigla camino	Descrizione	Coordinate WGS84 UTM33N		Altezza [m]	Diametro [m]	Temperatura [°C]
		X [km]	Y [km]			
73	Filtro abbattimento smerigliatrice tubi guida goccia	336,501	5'070,573	7,2	0,300	Ambiente
74	Cappa aspirazione banco trattamento deposito lacche sugli stampi presso la linea di produzione	336,559	5'070,624	12	0,125	Ambiente
77 (78, 79, 80)	Elettrofiltro per forno fusorio 1 bis	336,408	5'070,880	35	1,850	320
94	Caldaia shock termico combustibile metano	336,602	5'070,808	11	0,200	110
95	Caldaia shock termico combustibile metano	336,604	5'070,783	11	0,200	110
97	Aspirazione nastri reparto pesatura	336,429	5'070,805	5,5	0,300	Ambiente
100	Fornetto preriscaldamento stampi linea 11 bis	336,521	5'070,776	6	0,200	250
101	Fornetto preriscaldamento stampi linea 12 bis	336,519	5'070,801	6	0,200	250
102	Aspirazione cappe lucidatura e saldatura cappe officina manutenzione stampi	336,501	5'070,725	6,5	0,570	Ambiente
103	Aspirazione centralizzata banchi e macchine utensili lavorazione meccanica stampi e attrezzature macchine	336,527	5'070,727	6,5	0,570	Ambiente
104	Fornetto essiccazione lacche stampi	336,513	5'070,731	6,5	0,124	350
105	Estrazione cappa verniciatura lacche stampi	336,508	5'070,731	6,5	0,505	Ambiente
107	Caldaia produzione per riscaldamento e servizi a uso civile a metano Spogliatoi	336,643	5'070,755	6,5	0,350	110
108	Estrattore cappa lavaggio attrezzature stampi	336,539	5'070,748	6,5	0,150	Ambiente
110	Filtro sfiato silo calce per elettrofiltro per forno 1 bis	336,425	5'070,880	15,5	0,200	Ambiente
111	Filtro sfiato silo polvere abbattuta dall'elettrofiltro forno 1 bis	336,423	5'070,876	15	0,200	Ambiente
116	Fornetto a muffola essiccazione prodotti trattamento attrezzatura stampi	336,540	5'070,734	9	0,150	220

Sigla camino	Descrizione	Coordinate WGS84 UTM33N		Altezza [m]	Diametro [m]	Temperatura [°C]
		X [km]	Y [km]			
M1 (81, 82, 83, 84, 112, 113, 114)	Filtro sfiato silo materie prime	336,436	5'070,817	34	0,500	Ambiente
M2 (85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 115)	Filtro sfiato silo materie prime	336,437	5'070,806	34	0,500	Ambiente
M3 (98, 99)	Filtro sfiato caricamento tramoggia	336,496	5'070,801	16,3	0,250	Ambiente

Tabella 26: Caratteristiche emissive dei camini significativi che si aggiungono nello scenario Post operam

Sigla camino	Ore di funzionamento	Portata [Nm ³ /h]	Concentrazione [mg/Nm ³]				
			SO _x	NO _x	Polveri	Ni	Cd
73	520	1'400	-	-	20	-	-
74	1'500	1'400	-	-	20	-	-
77	8'400	40'000	1'200*	800	20	-	-
94	913	80	35	350	5	-	-
95	913	80	35	350	5	-	-
97	8'760	4'000	-	-	20	-	-
100	8'760	350	35	350	5	-	-
101	8'760	350	35	350	5	-	-
102	1'095	6'000	-	-	20	0,1	0,02
103	2'190	10'000	-	-	20	0,1	0,02
104	5'840	250	-	-	50	-	-
105	240	1'500	-	-	50	-	-
107	2'190	1'200	35	350	5	-	-
108	120	1'500	-	-	20	-	-
110	5	1'500	-	-	20	-	-
111	175	1'800	-	-	20	-	-
116	392	350	-	-	28	-	-
M1	8'760**	9'000	-	-	20	-	-
M2	8'760**	9'000	-	-	20	-	-
M3	8'760**	2'000	-	-	20	-	-

(*) Cautelativamente è stata considerata la concentrazione relativa all'olio combustibile a basso tenore di zolfo (BTZ), rispetto al metano caratterizzato da una concentrazione di SO_x pari a 500 mg/Nm³

(**) Cautelativamente è stato considerato un funzionamento in continuo di tali camini

Tabella 27: Caratteristiche geometriche che variano (evidenziate in grassetto) nello scenario Post Operam rispetto allo scenario Ante Operam

Sigla camino	Descrizione	Coordinate WGS84 UTM33N		Altezza [m]	Diametro [m]	Temperatura [°C]
		X [km]	Y [km]			
30	Caldaia preriscaldamento metano (Combustibile usato: gas metano)	336,393	5'070,659	7	0,203	150
31	Caldaia preriscaldamento metano (Combustibile usato: gas metano)	336,389	5'070,659	7	0,203	150

Tabella 28: Caratteristiche emissive che variano (evidenziate in grassetto) nello scenario Post Operam rispetto allo scenario Ante Operam

Sigla camino	Ore di funzionamento	Portata [Nm ³ /h]	Concentrazione [mg/Nm ³]				
			SO _x	NO _x	Polveri	Ni	Cd
3	8'760	18'000	-	-	13	-	-
5	8'760	14'000	100	-	-	-	-
11	240	1'500	-	-	50	-	-
23	8'760	250	35	350	5	-	-
35	8'760	10'000	-	-	20	-	-
52	120	3'850	-	-	20	-	-
57	8'760	350	34,3	342,9	5	-	-
60	8'760	350	34,3	342,9	5	-	-
63**	8'640	61'000	1'200*	800	20	-	-
67	2'310	1'800	-	-	20	-	-
70	392	350	-	-	28	-	-

(*) Cautelativamente è stata considerata la concentrazione relativa all'olio combustibile a basso tenore di zolfo (BTZ), rispetto al metano caratterizzato da una concentrazione di SO_x pari a 500 mg/Nm³

(**) In riferimento a quanto richiesto dalle Best Available Techniques di settore⁶.

Le polveri emesse dallo Stabilimento sono state considerate cautelativamente come PM₁₀; il contributo dell'impianto in termini di PM_{2,5} è stato valutato pari al 53,5% rispetto alle polveri totali emesse dagli elettrofiltri (camini 63 e 77), utilizzando un coefficiente medio disponibile in letteratura (Figura 34), considerando, anche qui cautelativamente, la condizione peggiore tra i processi produttivi legati al vetro (evidenziati nel riquadro rosso). Per i restanti camini dello stabilimento, il contributo di PM_{2,5} è stato considerato pari alla totalità delle emissioni di PTS.

⁶ Commission Implementing Decision of 28 February 2012 establishing the Best Available Techniques (BAT) conclusions under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council on industrial emissions for the manufacture of glass.

Table 2
Measurement results for cement, ceramic, glass industry

No.	Plant, maximum performance, fuel or basic input material	Samplings	Performance during measurement period	Dust separation	Total dust in mg m ⁻³	Mean value		
						PM ₁₀ in %	PM _{2.5} in %	PM _{1.0} in %
Cement/furnaces								
28	Rotary kiln, brown coal dust, waste oil	3	87 th ⁻¹ clinker (do)	ESP horizontal	8.2	96.7	82.3	52.6
29	Rotary kiln, brown coal dust, waste oil	2	85 th ⁻¹ clinker (co)	ESP horizontal	n.m.	96.2	69.5	39.0
30	Lepol-kiln, raw meal, coal, waste oil, used tyre	6	41 th ⁻¹ clinker (do)	ESP	15.1	92.4	50.1	39.2
31	Heat exchanger, raw meal, heavy oil, used tyre	6	118 th ⁻¹ clinker (do)	ESP	2.3	99.4	75.2	42.9
32	Heat exchanger, raw meal, heavy oil, used-tyre	6	118 th ⁻¹ clinker (co)	ESP	4.8	100.0	62.1	25.0
33	Rotary kiln, brown coal dust, raw meal	2	334 th ⁻¹ clinker (do)	ESP	3.5	95.5	78.2	41.6
34	Rotary kiln, brown coal dust, raw meal (1 mill)	4	325 th ⁻¹ clinker (co)	ESP	7.1	89.9	56.4	25.4
35	Rotary kiln, brown coal dust, raw meal (2 mills)	2	287 th ⁻¹ clinker (co)	ESP	12.9	90.9	49.2	24.5
Cement/cooler fabric filter								
36	Grate cooler, clinker	3	72 th ⁻¹ clinker	FF	3.4	43.3	3.8	1.2
37	Gate cooler, clinker	3	72 th ⁻¹ clinker	FF	21.1	23.6	2.6	0.6
Cement/cooler ESP, CC								
38	Clinker cooler, raw meal, coal, waste oil, used tyre	6	41 th ⁻¹ clinker (co)	ESP, multi-CC, CC	15.3	98.0	64.5	23.2
Glass industry/bath								
39	Manufacture batch glass, cullet, batch, natural gas	6	223 td ⁻¹	Lime-sorption, ESP	3.0	95.3	53.5	21.2
40	Manufacture of flat glass, cullet, batch, natural gas	6	508 td ⁻¹	FGD (lime), ESP	5.1	93.2	44.8	23.7
41	Manufacture of goblets and beakers, bath, cullet, batch, natural gas	3	46 td ⁻¹	FF	0.8	93.4	53.3	37.7
Glass industry /treatment								
42	Manufacture of goblets and beakers, treatment, cullet, batch	2	46 td ⁻¹	FF	0.2	83.9	49.5	41.7
Asphalt mix plant								
43	Asphalt mix plant, asphalt granulate, oil	6	150 th ⁻¹	FF	19.0	93.1	29.2	8.3
Manufacture of porcelain/press								
44	Isostatic compression press, porcelain substance	4	400 piece h ⁻¹	FF	0.1	94.9	57.4	38.3
Treatment natural stone, sand								
45	Crusher plant, lime stone, dolomite	3	600 th ⁻¹	FF	1.2	69.2	14.2	5.0
46	Screening plant, lime stone, dolomite	3	225 th ⁻¹	FF	10.9	59.2	5.9	1.2
47	Sand conditioning, natural sand	3	30 th ⁻¹	FF	6.2	68.7	11.9	2.9
48	Sand drying, cinder sand, heavy oil	1	30 th ⁻¹	FF	28.3	87.3	18.9	6.0
49	Preparation of ceramic raw materials, loam, clay, porosity material	3	Full load	FF	0.8	80.4	34.4	16.5
Tunnel oven ceramic industry								
50	Oven (without additive), loam, clay, gas	1	Full load		5.3	93.9	85.0	79.7
51	Oven (with additive), loam, clay, gas, lime	3	Full load		3.4	95.4	88.6	84.9

Figura 34: Composizione media delle polveri in funzione del processo produttivo⁷; in rosso le percentuali di PM_{2,5} rispetto alle polveri totali per le industrie del vetro

Nelle simulazioni, sono stati considerati i camini che hanno, per almeno un inquinante, emissioni superiori all'1% rispetto al totale emesso dalla vetreria, considerando le ore di effettivo funzionamento. I camini considerati nelle successive simulazioni risultano essere i seguenti:

- n. 3, 5, 12, 28, 35, 43, 44, 46, 47, 53, 62, 63 per lo scenario Ante Operam;
- n. 3, 5, 12, 28, 35, 43, 44, 46, 47, 53, 62, 63, 77, 97, 102, 103, M1, M2, M3 per lo scenario Post Operam.

Nella tabella successiva si riportano le emissioni dei 2 scenari calcolate utilizzando le reali ore di funzionamento delle soprariportate sorgenti emissive; da tale Tabella emerge che le emissioni considerate, utilizzando la soglia dell'1%, sono sempre pari o superiori al 97% per ciascun inquinante, in entrambi gli scenari.

⁷ Fonte: Tabella 2 di "PM₁₀, PM_{2.5} and PM_{1.0} - Emissions from industrial plants - Results from measurement programmes in Germany", C. Ehrlich et al., Science Direct, Atmospheric Environment, 2007

Tabella 29: Emissioni complessive dei 2 scenari considerando le ore effettive di funzionamento

Scenario	Ipotesi	Flusso di massa [t/a]					
		SO _x	NO _x	Polveri	PM _{2,5}	Ni	Cd
Ante operam	Tutti i camini	926,49	801,31	29,85	20,05	0,004	0,0005
	Camini con emissioni al di sopra dell'1% del totale	922,25	790,56	29,26	19,46	0,004	0,0005
	Contributo considerato	99,5%	98,7%	98,0%	97,0%	100,0%	100,0%
Post operam	Tutti i camini	1'048,96	704,01	30,40	22,38	0,007	0,0011
	Camini con emissioni al di sopra dell'1% del totale	1'047,91	690,43	29,81	21,78	0,007	0,0011
	Contributo considerato	99,9%	98,1%	98,0%	97,3%	100,0%	100,0%

Nelle simulazioni modellistiche, il funzionamento dei camini è quello previsto alla MCP, si considera cioè un'emissione continua, 24 ore su 24, per tutti i giorni dell'anno. Il confronto tra le emissioni complessive dei 2 scenari alla MCP, espresse in tonnellate/anno e in termini di differenza percentuale, è riportato in Tabella 30. A seguito della realizzazione del Progetto, le emissioni risulteranno maggiori rispetto alla configurazione attuale per tutti gli inquinanti ad eccezione degli NO_x per cui è previsto invece una riduzione del 12 %.

Tabella 30: Emissioni complessive alla MCP dei 2 scenari considerati e differenza percentuale

Scenario	Flusso di massa [t/a]					
	SO _x	NO _x	Polveri	PM _{2,5}	Ni	Cd
Ante operam	934,69	801,54	34,57	24,63	0,027	0,004
Post operam	1'073,98	707,81	37,49	29,26	0,041	0,007
Differenza percentuale [%]	15%	-12%	8%	19%	51%	63%

Per valutare gli effetti cumulati è stato considerato anche il contributo emissivo della centrale cogenerativa a biomasse di proprietà di Zignago Power S.r.l. localizzata in prossimità dello stabilimento in esame (vedi Figura 35).

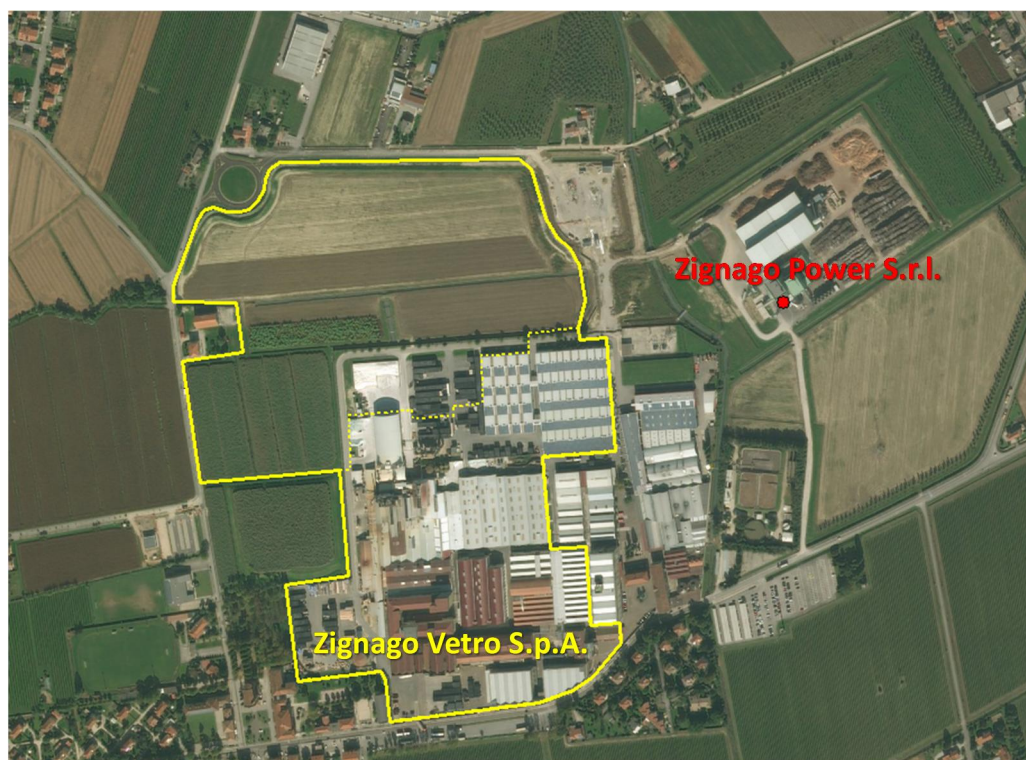


Figura 35: Localizzazione dell'impianto Zignago Power S.r.l. rispetto allo stabilimento Zignago Vetro S.p.A.

Le caratteristiche geometriche ed emissive di Zignago Power S.r.l. sono indicate nelle tabelle seguenti. Si specifica che la centrale a biomasse ha ottenuto l'Autorizzazione Unica Ambientale con D.G.R. n. 394 del 24 febbraio 2009 e in seguito ha presentato 2 richieste di modifica non sostanziale ai sensi dell'art. 269, comma 8, D.Lgs. 152/2006, entrambe approvate dalla giunta regionale della Regione Veneto, rispettivamente in data 13/8/2009 e 16/8/2014.

Tabella 31: Caratteristiche geometriche del camino dello stabilimento Zignago Power S.r.l.

Sigla camino	Descrizione	Coordinate WGS84 UTM33N		Altezza [m]	Diametro [m]	Temperatura [°C]
		X [km]	Y [km]			
E1	Centrale termoelettrica a biomasse	337,027	5'070,871	26	1,5	105 - 130*

(*) Ai fini modellistici, la temperatura considerata è cautelativamente pari a 98 °C, ovvero la minore temperatura teoricamente raggiungibile

Tabella 32: Caratteristiche emissive del camino dello stabilimento Zignago Power S.r.l.

Sigla camino	Portata [Nm ³ /h]	Concentrazione [mg/Nm ³]				
		SO _x	NO _x	Polveri	Ni	Cd
E1	85'700	100	300	10	-	-

L'apporto emissivo di Zignago Power S.r.l. è stato pertanto considerato in entrambi gli scenari emissivi analizzati relativi alla vetreria. Nella tabella seguente si riportano le emissioni complessive risultanti effettivamente simulate

con CALPUFF. Il contributo di PM_{2,5} di Zignago Power S.r.l. è stato cautelativamente considerato pari alla totalità delle emissioni di polveri.

Tabella 33: Emissioni complessive (con il contributo della centrale di Zignago Power S.r.l.) dei 2 scenari e differenza percentuale

Scenario	Flusso di massa [t/a]					
	SO _x	NO _x	Polveri	PM _{2,5}	Ni	Cd
Ante operam	1'009,77	1'026,76	42,07	32,14	0,027	0,004
Post operam	1'149,05	933,03	45,00	36,77	0,041	0,007
Differenza percentuale [%]	14%	-9%	7%	14%	51%	63%

6.6 Risultati

I risultati delle simulazioni effettuate con il modello CALPUFF sono riassunti mediante mappe di isoconcentrazione che illustrano i risultati mediati sui periodi temporali previsti dal D.Lgs. 155/2010, al fine di verificare l'impatto dei diversi inquinanti rispetto ai limiti di qualità dell'aria vigenti (Capitolo 2). Per alcuni degli inquinanti considerati (SO₂, NO₂, PM₁₀) la normativa di riferimento fissa il numero di volte in cui la concentrazione limite può essere superata in un anno; i risultati prodotti rappresentano quindi il corrispondente percentile della concentrazione massima (nell'intervallo temporale fissato). I valori annuali sono invece mediati sull'anno completo.

Nelle tavole allegate si è evidenziata l'area d'impatto, per i periodi di mediazione annuale e giornaliero, quando superiore al 5% del valore limite, mentre per il periodo di mediazione orario quando superiore al 10% del valore limite. Si è ritenuto così di ottemperare in pieno alla richiesta di evidenziare l'area di impatto trascurabile; la necessità di incrementare al 10% il valore soglia dei parametri orari è legittimata anche dall'Allegato I del DLgs 155/2010, dove per i macroinquinanti si riconosce un'incertezza modellistica maggiore per i periodi di mediazione orari e giornalieri rispetto a quanto previsto invece in termini di media annua.

In Tabella 34 sono elencate le mappe di isoconcentrazione, e le corrispondenti tavole, allegate al presente studio.

Tabella 34: Elenco delle tavole allegate

Scenario	N° Tavola	Inquinante	Periodo di mediazione
Ante operam	1	SO ₂	Anno
	2		Giorno
	3		Ora
	4	NO ₂	Anno
	5		Ora
	6	NO _x	Anno
	7	PM ₁₀	Anno
	7 bis		Anno
	8		Giorno
	8 bis	PM _{2,5}	Giorno
	9		Anno
Post operam	9 bis	PM _{2,5}	Anno
	10	Ni	Anno
	11	Cd	Anno
	12	SO ₂	Anno
	13		Giorno
	14		Ora
	15	NO ₂	Anno
	16		Ora
	17	NO _x	Anno
	18	PM ₁₀	Anno
	18 bis		Anno
	19		Giorno
	19 bis	PM _{2,5}	Giorno
	20		Anno
	20 bis	PM _{2,5}	Anno
	21	Ni	Anno
	22	Cd	Anno

Nelle tavole si evidenzia graficamente come le ricadute degli inquinanti al suolo si configurino in linea con quanto previsto dall'analisi delle rose dei venti in quota, ovvero nel quadrante a Sud - Ovest del dominio di simulazione, soprattutto quando il periodo di mediazione è annuale.

Si riportano di seguito le assunzioni adottate in via cautelativa nell'elaborazione dei dati di input al modello di dispersione:

- si è considerata la concentrazione di NO₂ pari a quella degli NO_x, ipotizzando che tutti gli NO_x presenti reagiscano in atmosfera e si presentino in forma di NO₂;
- si è considerata la concentrazione PM₁₀ pari a quella delle PTS, supponendo che tutte le polveri emesse dall'impianto (PTS) siano particelle con dimensioni inferiori a 10 µm (PM₁₀);

- il contributo degli elettrofiltri dell'impianto (camini 63 e 77) in termini di $PM_{2,5}$ è stato stimato pari al 53,5% delle polveri totali, mentre per i restanti camini la concentrazione di $PM_{2,5}$ è stata considerata pari a quella delle PTS;
- sono stati considerati gli effetti cumulati relativi alle emissioni in atmosfera dello stabilimento Zignago Vetro e della centrale a biomasse Zignago Power S.r.l., localizzata in prossimità dello stesso;
- si è valutato l'esercizio di entrambi gli impianti alla MCP, continuo quindi 24 ore su 24 e per tutti i giorni dell'anno, considerando tutti i camini che avessero anche per un solo inquinante emissioni superiori all'1% del totale emesso dalla vetreria.

Dall'esame della successiva Tabella 35, che riporta i valori massimi di ricaduta al suolo per entrambi gli scenari, si evince che, anche nell'adozione delle ipotesi cautelative sopra riportate, le emissioni di entrambi gli scenari non determinano superamenti al suolo dei limiti di legge e/o valori obiettivo.

Tabella 35: Concentrazioni massime stimate sull'intero dominio di simulazione per i 2 scenari emissivi

Inquinante		SO ₂		NO ₂ (NO _x)		PM ₁₀		PM _{2,5}	Ni	Cd
Periodo di mediazione	Media annua	Perc. giornaliero	Perc. orario	Media annua	Perc. orario	Media annua	Perc. giornaliero	Media annua	Media annua	Media annua
U.d.M.		$\mu g/m^3$						ng/m^3		
Limite di legge	20	125	350	40 (30)	200	40	50	25	20	5
Ante operam	5,3	23,35	115	5,5	124	3,8	7,7	3,78	13,1	2,18
Post operam	5,6	23,31	126	4,8	113	4,5	8,9	4,51	15,5	2,99
Differenza percentuale [%]	5%	0%	9%	-13%	-8%	19%	16%	19%	18%	37%

In termini di differenza percentuale, dalla tabella si può osservare come le ricadute massime stimate nello scenario Post Operam risultino inferiori in termini di ossidi di azoto (per tutti i periodi di mediazione) e costanti in termini di percentile giornaliero di SO₂, seppure le emissioni di SO₂ si siano invece incrementate rispetto allo scenario Ante operam: questo effetto dipende dalle azioni di razionalizzazione ed efficientamento previste nel progetto. Per quanto riguarda i periodi di mediazione annuali e orari dell'SO₂, le polveri (PM₁₀ e PM_{2,5}) ed i metalli (Ni e Cd), si verifica un incremento delle concentrazioni al suolo stimate rispetto allo scenario Ante Operam, ma che risultano ampiamente al di sotto dei limiti di legge.

Di seguito è analizzato inoltre il contributo della vetreria rispetto allo stato della qualità dell'aria della zona, calcolato cautelativamente come somma tra le concentrazioni medie annue registrate nella centralina più prossima all'impianto ed i valori massimi di ricaduta stimati dal modello nei due scenari Ante Operam e Post Operam. Tale approccio, applicato agli inquinanti che hanno un valore limite per la salute pubblica, considera 2 volte il contributo della vetreria, in quanto l'apporto al livello finale della qualità dell'aria associato alla vetreria è già contenuto nei dati monitorati alle centraline.

In Tabella 36 sono riportati i valori finali di inquinamento ottenuti per NO₂ e PM₁₀, considerando quindi le concentrazioni medie rilevate tra il 2014 ed il 2016 dalla centralina di Morsano al Tagliamento, e per SO₂ e PM_{2,5} considerando la stazione rilocabile di Portogruaro. Tale centralina ha misurato delle concentrazioni di SO₂ inferiori al limite di rilevabilità strumentale: i valori riportati in tabella sono quindi pari alle concentrazioni massime stimate dal modello. In termini di PM_{2,5} si precisa che è stata utilizzata la media ponderata rispetto al numero di giorni di monitoraggio in corrispondenza di ciascun punto di rilevamento in cui è stata localizzata la stazione rilocabile.

Tabella 36: Livelli finali di inquinamento per SO₂, NO₂, PM₁₀ e PM_{2,5}

L_F: Livello finale inquinamento	SO₂	NO₂	PM₁₀	PM_{2,5}
<i>U.d.M.</i>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
Ante operam	5,3	22,7	27,1	23,5
Post operam	5,6	22,0	27,8	24,2
<i>Limite di legge</i>	20	40	40	25

I metalli considerati nello studio, ovvero nichel e cadmio, non sono monitorati da nessuna delle stazioni sinora considerate, né fisse né rilocabili. Per tali inquinanti si è dunque fatto riferimento alla centralina della rete ARPA FVG situata in Pordenone Centro, la più vicina tra quelle che rilevano questi metalli (la distanza dall'impianto è pari a circa 28,5 km). In Tabella 37 si riportano le concentrazioni registrate e la relativa completezza dei dati e in Tabella 38 i livelli finali di inquinamento ottenuti sommando a tali concentrazioni medie annue, i massimi valori di ricaduta stimati dal modello nei due scenari.

Tabella 37: Completezza delle misurazioni e valori osservati in termini di Ni e Cd

Stazione Pordenone Centro	Ni		Cd	
	2015	2016	2015	2016
Completezza [%]	37%	52%	37%	50%
Media annua [ng/m^3]	1,5	1,5	0,2	0,2

Tabella 38: Livelli finali di inquinamento dell'area per Ni e Cd

L_F: Livello finale inquinamento	Ni	Cd
<i>U.d.M.</i>	ng/m^3	
Ante operam	14,6	2,4
Post operam	17,0	3,2
<i>Limite di legge</i>	20	5

Sommando le concentrazioni medie annue massime ottenute dal modello di dispersione e le concentrazioni medie annue rilevate nel triennio 2014 - 2016 dalla rete di monitoraggio di qualità dell'aria si è ottenuta una sovrastima del livello finale d'inquinamento dell'area (L_F): tale valore risulta comunque al di sotto dei rispettivi livelli di qualità ambientale (SQA) per SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, Ni e Cd per entrambi gli scenari.

Si riportano di seguito le concentrazioni stimate in corrispondenza dei recettori indicati nel §. 6.4 (il codice identificativo di ciascun recettore è tratto dalla Tabella 22) per i 2 scenari emissivi considerati: tutte le concentrazioni previste risultano essere ampiamente al di sotto dei limiti di legge per entrambi gli scenari considerati.

Tabella 39: Concentrazioni stimate in corrispondenza dei recettori per lo scenario Ante Operam

Inquinante		SO ₂		NO ₂ (NO _x)		PM ₁₀		PM _{2,5}	Ni	Cd
Periodo di mediazione	Media annua	Perc. giornaliero	Perc. orario	Media annua	Perc. orario	Media annua	Perc. giornaliero	Media annua	Media annua	Media annua
U.d.M.		µg/m ³						ng/m ³		
Limite di legge	20	125	350	40 (30)	200	40	50	25	20	5
ID 1	0,5	3,0	16,8	0,5	23,4	0,05	0,15	0,05	0,08	0,01
ID 2	0,4	3,9	22,0	0,5	27,0	0,05	0,15	0,04	0,08	0,01
ID 3	0,6	5,4	23,7	0,6	23,9	0,06	0,18	0,06	0,10	0,02
ID 4	0,5	4,0	18,5	0,5	23,1	0,06	0,18	0,05	0,11	0,02
ID 5	0,5	4,5	24,6	0,5	25,6	0,04	0,13	0,04	0,07	0,01
ID 6	0,5	4,0	17,1	0,5	23,0	0,05	0,17	0,05	0,10	0,02
ID 7	0,5	4,5	24,6	0,5	25,6	0,04	0,13	0,04	0,07	0,01
ID 8	0,5	5,0	18,7	0,5	21,0	0,05	0,16	0,04	0,08	0,01
ID 9	0,5	4,0	19,6	0,6	24,3	0,06	0,19	0,06	0,11	0,02
ID 10	0,5	4,2	23,0	0,5	25,3	0,04	0,13	0,04	0,07	0,01
ID 11	0,5	4,2	23,0	0,5	25,3	0,04	0,13	0,04	0,07	0,01
ID 12	0,5	4,2	23,0	0,5	25,3	0,04	0,13	0,04	0,07	0,01
ID 13	0,4	3,3	16,5	0,5	20,9	0,05	0,13	0,04	0,08	0,01
ID 14	0,4	3,3	16,5	0,5	20,9	0,05	0,13	0,04	0,08	0,01
ID 15	0,4	4,5	17,2	0,5	21,7	0,04	0,14	0,04	0,07	0,01
ID 16	0,4	3,6	16,5	0,5	19,8	0,05	0,14	0,04	0,08	0,01
ID 17	0,3	3,3	20,6	0,4	24,3	0,03	0,10	0,03	0,05	0,01
ID 18	0,3	6,5	14,9	0,3	20,0	0,02	0,07	0,02	0,03	0,01
ID 19	0,9	5,5	26,1	0,9	29,1	0,08	0,23	0,07	0,13	0,02
ID 20	1,0	6,3	28,2	1,1	33,0	0,11	0,32	0,10	0,19	0,03
ID 21	1,0	5,9	26,8	1,0	30,6	0,10	0,31	0,10	0,18	0,03
ID 22	1,2	6,5	28,5	1,2	32,7	0,13	0,33	0,12	0,22	0,04
ID 23	1,2	6,5	28,5	1,2	32,7	0,13	0,33	0,12	0,22	0,04
ID 24	0,7	4,8	21,7	0,7	25,6	0,06	0,16	0,05	0,09	0,01
ID 25	0,9	12,4	57,9	1,0	78,4	0,08	0,24	0,08	0,14	0,02
ID 26	2,3	10,2	50,0	2,6	54,5	3,79	7,70	3,78	13,14	2,18
ID 27	0,3	6,6	16,2	0,3	21,8	0,02	0,06	0,02	0,03	0,01
ID 28	0,3	6,6	16,2	0,3	21,8	0,02	0,06	0,02	0,03	0,01
ID 29	0,1	1,7	7,8	0,1	11,3	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00
ID 30	0,2	2,1	9,1	0,2	13,8	0,01	0,03	0,01	0,02	0,00
ID 31	0,2	2,1	9,1	0,2	13,8	0,01	0,03	0,01	0,02	0,00

Inquinante		SO ₂		NO ₂ (NO _x)		PM ₁₀		PM _{2,5}	Ni	Cd
Periodo di mediazione	Media annua	Perc. giornaliero	Perc. orario	Media annua	Perc. orario	Media annua	Perc. giornaliero	Media annua	Media annua	Media annua
U.d.M.		µg/m ³						ng/m ³		
Limite di legge	20	125	350	40 (30)	200	40	50	25	20	5
ID 32	0,9	6,7	36,4	1,0	33,7	0,07	0,21	0,06	0,08	0,01
ID 33	0,8	5,8	31,4	0,9	31,7	0,07	0,23	0,06	0,09	0,02
ID 34	2,3	10,2	50,0	2,6	54,5	3,79	7,70	3,78	13,14	2,18
ID 35	2,7	11,0	55,1	2,4	55,5	1,76	3,37	1,75	3,90	0,67
ID 36	0,5	4,8	22,6	0,5	23,6	0,03	0,11	0,03	0,04	0,01
ID 37	0,7	5,1	26,5	0,7	25,4	0,04	0,13	0,03	0,05	0,01
ID 38	0,7	7,3	41,8	0,7	52,1	0,15	0,47	0,14	0,33	0,06
ID 39	2,3	10,2	50,0	2,6	54,5	3,79	7,70	3,78	13,14	2,18
ID 40	0,4	5,5	18,6	0,5	22,2	0,04	0,14	0,04	0,07	0,01
ID 41	1,0	6,3	28,2	1,1	33,0	0,11	0,32	0,10	0,19	0,03
ID 42	0,4	3,6	19,0	0,4	23,9	0,04	0,13	0,04	0,06	0,01
ID 43	0,6	4,4	20,9	0,6	25,6	0,07	0,21	0,06	0,12	0,02
ID 44	0,9	6,3	29,7	1,0	31,3	0,08	0,26	0,07	0,11	0,02
ID 45	0,1	1,7	7,8	0,1	11,3	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00
ID 46	0,1	1,8	7,7	0,1	12,6	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00
ID 47	0,5	3,8	16,4	0,5	20,7	0,05	0,15	0,05	0,09	0,01
ID 48	0,4	3,1	20,0	0,4	23,9	0,03	0,10	0,03	0,05	0,01
ID 49	0,4	4,2	27,0	0,5	30,3	0,04	0,13	0,04	0,07	0,01
ID 50	0,4	4,2	27,0	0,5	30,3	0,04	0,13	0,04	0,07	0,01
ID 51	0,5	4,5	27,5	0,5	29,5	0,04	0,12	0,04	0,07	0,01
ID 52	0,4	3,6	18,3	0,4	22,4	0,04	0,13	0,04	0,06	0,01
ID 53	0,8	4,8	24,2	0,8	24,4	0,04	0,14	0,04	0,05	0,01
ID 54	1,0	5,3	29,3	1,0	28,0	0,07	0,25	0,06	0,10	0,02
ID 55	0,4	4,5	17,2	0,5	21,7	0,04	0,14	0,04	0,07	0,01
ID 56	0,7	5,1	26,5	0,7	25,4	0,04	0,13	0,03	0,05	0,01
ID 57	0,3	6,5	14,9	0,3	20,0	0,02	0,07	0,02	0,03	0,01
Massimo	2,7	12,4	57,9	2,6	78,4	3,8	7,7	3,8	13,1	2,2

Tabella 40: Concentrazioni stimate in corrispondenza dei recettori per lo scenario Post Operam

Inquinante		SO ₂		NO ₂ (NO _x)		PM ₁₀		PM _{2,5}	Ni	Cd
Periodo di mediazione	Media annua	Perc. giornaliero	Perc. orario	Media annua	Perc. orario	Media annua	Perc. giornaliero	Media annua	Media annua	Media annua
<i>U.d.M.</i>		<i>µg/m³</i>						<i>ng/m³</i>		
<i>Limite di legge</i>	20	125	350	40 (30)	200	40	50	25	20	5
ID 1	0,6	4,6	25,2	0,5	27	0,07	0,20	0,07	0,12	0,02
ID 2	0,6	5,4	31,5	0,5	30	0,06	0,20	0,06	0,11	0,02
ID 3	0,7	6,4	27,4	0,6	24	0,08	0,25	0,08	0,16	0,03
ID 4	0,6	4,8	21,7	0,5	22	0,08	0,26	0,08	0,16	0,03
ID 5	0,5	4,8	26,1	0,5	23	0,06	0,18	0,05	0,10	0,02
ID 6	0,6	4,9	20,5	0,5	21	0,08	0,24	0,07	0,15	0,03
ID 7	0,5	4,8	26,1	0,5	23	0,06	0,18	0,05	0,10	0,02
ID 8	0,6	6,1	22,9	0,5	21	0,07	0,21	0,06	0,13	0,02
ID 9	0,6	4,8	22,8	0,6	23	0,09	0,27	0,08	0,17	0,03
ID 10	0,5	4,8	24,6	0,5	22	0,06	0,18	0,05	0,10	0,02
ID 11	0,5	4,8	24,6	0,5	22	0,06	0,18	0,05	0,10	0,02
ID 12	0,5	4,8	24,6	0,5	22	0,06	0,18	0,05	0,10	0,02
ID 13	0,5	4,2	19,9	0,4	20	0,06	0,19	0,06	0,12	0,02
ID 14	0,5	4,2	19,9	0,4	20	0,06	0,19	0,06	0,12	0,02
ID 15	0,5	5,9	20,2	0,4	22	0,06	0,18	0,06	0,11	0,02
ID 16	0,5	4,5	19,4	0,5	20	0,07	0,21	0,06	0,13	0,02
ID 17	0,4	3,9	26,3	0,4	26	0,04	0,13	0,04	0,07	0,01
ID 18	0,3	7,7	18,0	0,3	20	0,03	0,08	0,03	0,05	0,01
ID 19	1,1	6,9	33,3	0,9	28	0,11	0,32	0,10	0,20	0,03
ID 20	1,2	7,7	33,2	1,1	30	0,15	0,40	0,14	0,29	0,05
ID 21	1,2	7,6	32,8	1,0	30	0,14	0,41	0,13	0,27	0,05
ID 22	1,4	8,1	35,0	1,3	30	0,18	0,47	0,17	0,34	0,06
ID 23	1,4	8,1	35,0	1,3	30	0,18	0,47	0,17	0,34	0,06
ID 24	0,8	5,9	25,9	0,7	26	0,08	0,23	0,07	0,14	0,02
ID 25	1,0	13,8	62,0	0,9	74	0,11	0,33	0,10	0,19	0,03
ID 26	2,2	9,7	53,4	2,6	48	4,52	8,95	4,51	15,40	2,63
ID 27	0,4	8,4	20,4	0,3	22	0,03	0,08	0,03	0,05	0,01
ID 28	0,4	8,4	20,4	0,3	22	0,03	0,08	0,03	0,05	0,01
ID 29	0,1	2,0	8,9	0,1	11	0,01	0,03	0,01	0,02	0,00
ID 30	0,2	2,3	10,6	0,2	15	0,01	0,03	0,01	0,02	0,00
ID 31	0,2	2,3	10,6	0,2	15	0,01	0,03	0,01	0,02	0,00

Inquinante		SO ₂		NO ₂ (NO _x)		PM ₁₀		PM _{2,5}	Ni	Cd
Periodo di mediazione	Media annua	Perc. giornaliero	Perc. orario	Media annua	Perc. orario	Media annua	Perc. giornaliero	Media annua	Media annua	Media annua
U.d.M.		µg/m ³						ng/m ³		
Limite di legge	20	125	350	40 (30)	200	40	50	25	20	5
ID 32	1,1	8,0	41,1	0,9	30	0,09	0,28	0,08	0,13	0,02
ID 33	0,9	6,5	30,2	0,8	26	0,09	0,27	0,08	0,14	0,03
ID 34	2,2	9,7	53,4	2,6	48	4,52	8,95	4,51	15,40	2,63
ID 35	2,7	11,1	61,6	2,5	56	2,54	4,57	2,53	6,48	1,18
ID 36	0,6	5,7	27,0	0,5	23	0,04	0,13	0,04	0,06	0,01
ID 37	0,8	6,4	32,0	0,6	25	0,05	0,15	0,04	0,07	0,01
ID 38	0,7	8,0	42,1	0,7	43	0,21	0,72	0,20	0,49	0,09
ID 39	2,2	9,7	53,4	2,6	48	4,52	8,95	4,51	15,40	2,63
ID 40	0,5	7,2	22,6	0,5	22	0,06	0,18	0,06	0,11	0,02
ID 41	1,2	7,7	33,2	1,1	30	0,15	0,40	0,14	0,29	0,05
ID 42	0,5	5,1	25,9	0,4	27	0,06	0,16	0,05	0,10	0,02
ID 43	0,7	5,2	23,6	0,6	22	0,10	0,31	0,09	0,19	0,03
ID 44	0,9	7,0	28,6	0,9	26	0,10	0,32	0,09	0,17	0,03
ID 45	0,1	2,0	8,9	0,1	11	0,01	0,03	0,01	0,02	0,00
ID 46	0,2	2,0	9,5	0,1	12	0,01	0,03	0,01	0,02	0,00
ID 47	0,5	4,8	19,7	0,5	20	0,07	0,22	0,07	0,13	0,02
ID 48	0,4	4,1	26,3	0,4	25	0,05	0,14	0,04	0,08	0,01
ID 49	0,5	5,0	32,6	0,5	30	0,06	0,17	0,06	0,10	0,02
ID 50	0,5	5,0	32,6	0,5	30	0,06	0,17	0,06	0,10	0,02
ID 51	0,5	5,5	32,1	0,5	28	0,06	0,17	0,05	0,10	0,02
ID 52	0,5	4,5	22,6	0,4	21	0,05	0,17	0,05	0,10	0,02
ID 53	1,0	6,3	32,3	0,8	25	0,05	0,16	0,05	0,08	0,01
ID 54	1,2	6,1	32,5	1,0	25	0,10	0,30	0,09	0,15	0,03
ID 55	0,5	5,9	20,2	0,4	22	0,06	0,18	0,06	0,11	0,02
ID 56	0,8	6,4	32,0	0,6	25	0,05	0,15	0,04	0,07	0,01
ID 57	0,3	7,7	18,0	0,3	20	0,03	0,08	0,03	0,05	0,01
Massimo	2,7	13,8	62,0	2,6	73,7	4,5	8,9	4,5	15,4	2,6

7 CONCLUSIONI

Nel presente studio a partire dalle emissioni degli stabilimenti di Fossalta di Portogruaro (VE) di proprietà di Zignago Vetro S.p.A. e di Zignago Power S.r.l., dalle condizioni meteorologiche fornite da ARPA Veneto e ARPA Friuli Venezia Giulia relative all'anno 2015, si è simulata tramite i modelli meteorologici WRF e CALMET e quindi con il modello di dispersione CALPUFF, la concentrazione degli inquinanti nell'intorno dell'impianto (dominio quadrato avente lato di 13 km) al fine di valutare l'impatto sulla matrice aria originato dall'ampliamento e dell'incremento della capacità produttiva dallo stabilimento Zignago Vetro S.p.A.. Anche sotto le ipotesi cautelative considerate, i risultati ottenuti confermano che i valori di concentrazione al suolo, in entrambi gli scenari analizzati (Ante e Post Operam), non presentano criticità: le ricadute massime per tutti gli inquinanti risultano infatti ampiamente al di sotto dei limiti imposti dalla normativa vigente.

8 BIBLIOGRAFIA

- [1] *Atmospheric chemistry and physics of air pollution*. Seinfeld John H.. Wiley (New York). 1986.
- [2] *Air pollution modeling*. Zanetti. Computational mechanics publications. Van Nostrand Reinhold. New York. USA. 1990.
- [3] *Applied model for the growth of the daytime mixed layer*. Batchvarova and Gryning. Bound. Layer Meteor. 1991.
- [4] *Velocity profiles and resistance laws for the planetary boundary layer in neutral and stable stratification*. Zilitinkevich. Izvestija AN SSSR. FAO. 25. No. 11. 1131-1143. 1989.
- [5] *Analysis of various schemes for the estimation of atmospheric stability classification*. Mohan Siddiqui. Atmos. Environ.32 3775-3781. 1998.
- [6] *D.Lgs. 155/2010* Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.
- [7] US-EPA <http://www.epa.gov/ttn/scram/aqmindex.htm> - modelli per la qualità dell'aria.
- [8] US-EPA <https://www.epa.gov/aegl> - AEGL-1.
- [9] *Calpuff UserGuide* - S. Shire. R.Robe. E. Fernau. J.Yamartino – 2000.
- [10] WHO, Air quality guidelines for Europe, 2nd edition, 2000.
- [11] Air Dispersion Modeling Guide, Engineering guide 69, 2000.
- [12] *PM₁₀, PM_{2,5} and PM_{1,0} - Emissions from industrial plants - Results from measurement programmes in Germany*, C. Ehrlich et al., Science Direct, Atmospheric Environment, 2007.

Tavole

ABOUT AECOM

AECOM (NYSE: ACM) is built to deliver a better world. We design, build, finance and operate infrastructure assets for governments, businesses and organizations in more than 150 countries.

As a fully integrated firm, we connect knowledge and experience across our global network of experts to help clients solve their most complex challenges.

From high-performance buildings and infrastructure, to resilient communities and environments, to stable and secure nations, our work is transformative, differentiated and vital. A Fortune 500 firm, AECOM companies had revenue of approximately US\$19 billion during the 12 months ended June 30, 2015.

See how we deliver what others can only imagine at

aecom.com and [@AECOM](https://twitter.com/AECOM).

www.aecom.com

Follow us on Twitter: [@aecom](https://twitter.com/AECOM)