

Area Politiche Economiche, Capitale Umano e Programmazione Comunitaria
Direzione Ricerca Innovazione ed Energia

**Piano Sviluppo e Coesione Veneto
FSC 2021-2027 Stralcio
Attuazione degli interventi previsti con Delibera CIPESS n. 79/2021**

**“Bando per il sostegno a progetti di ricerca e sviluppo nelle tematiche della salute e del benessere”
Progetto: AiR Monitoring DronE: Sistema di Monitoraggio di Parametri AmbIentali mediante
l’utilizzo di DRoni-LaboratoRio**

DGR n. 1570 del 6 dicembre 2022

METODOLOGIA DI INDAGINE, ANALISI COMPATIBILITÀ CON LA NORMATIVA VIGENTE

1. Premessa

La base di partenza per la determinazione dello stato dell’arte riguardo le migliori tecnologie e metodologie necessarie a raggiungere gli obiettivi del progetto, è stato lo studio del contesto regolatorio in cui si inserisce il sistema di monitoraggio, e la valutazione tecnico-scientifica dei composti inquinanti rilevabili.

L'articolo 272-bis del D.Lgs 152/2006 in materia di emissioni odorigene di impianti e attività, affronta per la prima volta un tema che, in precedenza, era stato praticamente ignorato. L’articolo si compone di due soli commi e in sostanza delega alle Regioni la gestione degli aspetti legati alle emissioni odorigene. Il comma 1 riporta "La normativa regionale o le autorizzazioni possono prevedere misure per la prevenzione e la limitazione delle emissioni odorigene degli stabilimenti di cui al presente titolo. Tali misure possono anche includere, ove opportuno, alla luce delle caratteristiche degli impianti e delle attività presenti nello stabilimento e delle caratteristiche della zona interessata, e fermo restando, in caso di disciplina regionale, il potere delle autorizzazioni di stabilire valori limite più severi con le modalità previste all’articolo 271". Tali misure possono, quindi, riguardare:

- i valori limite di emissione delle sostanze odorigene;
- prescrizioni impiantistiche, gestionali e criteri localizzativi per impianti e per attività che hanno un potenziale impatto odorigeno, incluso l'obbligo di attuazione di piani di contenimento;
- procedure volte a definire, nell'ambito del procedimento autorizzativo, criteri localizzativi in funzione della presenza di ricettori sensibili nell'intorno dello stabilimento;
- criteri e procedure volti a definire concentrazioni massime di emissione per le fonti di emissioni odorigene dello stabilimento;

La normativa, inoltre, stabilisce i valori limite di emissione per Ammoniaca, Acido Solfidrico, Fenolo, ENB etiliden-norbornene o altri composti oggettivamente presenti nelle emissioni e caratterizzati da bassa soglia olfattiva, anche se non espressamente previsti da norme nazionali o regionali. Il monitoraggio degli odorigeni può essere condotto seguendo i valori guida per specifici composti (anche non odorigeni) che siano “traccianti” attendibili delle emissioni odorigene.

In questo senso il laboratorio di monitoraggio ambientale tramite drone fornisce una piattaforma di analisi per condurre delle valutazioni precise grazie a misurazioni della qualità dell’aria in modo istantaneo e flessibile. Ciò include la possibilità di monitorare le emissioni di fumi (ciminiera), perdite lungo tubazioni in impianti complessi, metano da discarica, emissioni di odori, ma soprattutto trova applicazione in regime di emergenza (ad es. sversamenti e sversamenti accidentali) in cui la concentrazione delle sostanze può essere molto alta.

In questo contesto, la ricerca condotta dal gruppo di lavoro ha portato all’identificazione dei composti più comunemente presenti nell’aria nei siti di raccolta rifiuti:

Tabella 1: tabella riassuntiva dei composti più comunemente presenti nell'aria con relative sorgenti e metodi di misurazione

Inquinante	Descrizione	Sorgenti antropogeniche	metodi di misurazione	ref
particolato (es PM ₁₀ , PM _{2.5} ecc...)	Particelle fini fluttuanti nell'aria e definite dal loro diametro	motori di veicoli, combustione di legna, processi industriali, reazioni tra inquinanti atmosferici, ad esempio NO _x , VOC e NH ₃	Fotorivelatore	[2,3]
Monossido e diossido di carbonio (CO e CO ₂)	gas prodotti per combustione	motori, inceneritori	tecniche ad infrarossi non dispersive	[4,5]
ossidi di azoto (NO _x)	gas reattivi a base di azoto e ossigeno	motori di veicoli, combustione di legna e attività industriali (generazione di energia meccanica ed elettrica).	chemiluminescenza	[4,6]
Ammoniaca (NH ₃)	gas dal forte odore pungente	attività agricole	chemiluminescenza	[4]
composti organici volatili VOCs	Prodotti chimici contenenti carbonio che evaporano nell'atmosfera a temperatura ambiente	Trasporti, quasi tutti i settori dell'industria, combustione residenziale, prodotti di consumo (solventi, vernici, prodotti per la pulizia), rifiuti e acque reflue	PID e FID	[7]
ossidi di zolfo (SO ₂)	gas incolore dall'odore pungente	navi, raffinazione del petrolio, motori diesel	Fluorescenza UV	[4,8]
acido solfidrico (H ₂ S)	gas incolore dall'odore simile a uova marce	petrolio e gas naturale, decomposizione di rifiuti umani e animali, impianti di depurazione e discariche.	FID	[9]

I sistemi oggi impiegati per il monitoraggio dell'aria sono costituiti da centraline di rilevazione poste a terra, posizione che difficilmente rispecchia la effettiva composizione degli inquinanti nell'aria. Per studiare la possibilità di monitorare a diverse quote i diversi composti, è necessario eseguire delle misurazioni simultanee con drone e con centraline a terra in un punto in cui le emissioni sono certe, in questo caso è stato scelto di monitorare le emissioni della colonna di scarico del pirogassificatore di proprietà di EA.

È necessario inoltre verificare la correlazione delle due misure con un modello matematico nel quale le equazioni di conservazione di massa vengono scritte e risolte in riferimento a rilasci emissivi sferici detti puff, con i quali viene approssimata l'emissione continua.

Le equazioni per ogni puff sono determinate a partire dal campo di moto del vento. Tale campo di moto è calcolato tramite un pre-processore meteorologico (CALMET) che utilizza, come dati di input, i dati provenienti dall'archivio meteorologico e dalla cartografia riferiti al sito in esame e relativi al periodo di cui si vuole ottenere la simulazione. Il file di output di CALMET viene processato, mediante CALPUFF, assieme ai dati relativi alle emissioni, per ottenere i campi di concentrazione desiderati.

2. Risultati ottenuti

• Drone:

Il sistema drone/sensore selezionato (MUVE C360) è stato dotato di sensori per il rilevamento di:

- particolato
- Sensore NDIR (CO₂)
- Sensore PID (VOC)
- Rilevamento di composti organici volatili mediante tecnologia di fotoionizzazione (PID)
- CO, CO₂, CH₄, NO_x utilizzando un sensore a infrarossi non dispersivo
- Zolfo ridotto totale (o TRS)
- Temperatura
- LEL (limite inferiore di esplosività)

• Monitoraggio a terra

I dati raccolti con drone devono essere confrontati con i risultati della simulazione di dispersione dei composti volatili calcolati sulla base dei parametri registrati a terra. In base alla tipologia di emissioni sono utilizzati due

diversi sensori: Horiba PG-350 per l'analisi delle emissioni del pirogassificatore, Gil air plus per composti organici volatili (VOCs).

• **Modello matematico:**

La complessità del progetto risiede anche nell'applicazione di un modello matematico predittivo per l'analisi di COV e VOCO. Attualmente, la modellazione della dispersione degli inquinanti in aria è l'unico strumento che consente di effettuare misurazioni "predittive" che possano correlare le misure effettuate con drone a quelle che attualmente vengono condotte a terra.

Il modello adottato è CALPUFF, un modello langragiano a puff, che si serve di un pre-processore meteorologico (CALMET) in grado di elaborare i dati meteorologici e orografici, per determinare il campo di vento tridimensionale ed altri parametri meteorologici fondamentali per la simulazione della dispersione.

I dati in input saranno quelli misurati al suolo, i dati di output predicono le misurazioni rilevate col drone. In questo modo l'utilizzo e la validità delle misure con drone possono essere confermati.

3. Bibliografia

- 1- Coordinamento emissioni (articolo 281, comma 9, Dlgs 152/2006) INDIRIZZI PER L'APPLICAZIONE DELL'ARTICOLO 272-BIS DEL DLGS 152/2006 IN MATERIA DI EMISSIONI ODORIGENE DI IMPIANTI E ATTIVITÀ
- 2- Liu, L.J.S.; Slaughter, J.C.; Larson, T.V. Comparison of Light Scattering Devices and Impactors for Particulate Measurements in Indoor, Outdoor, and Personal Environments. *Environ. Sci. Technol.* 2002, 36, 2977–2986.
- 3- Jobert, G.; Barritault, P.; Fournier, M.; Boutami, S.; Jobert, D.; Marchant, A.; Michelot, J.; Monsinjon, P.; Lienhard, P.; Nicoletti, S. Miniature particulate matter counter and analyzer based on lens-free imaging of light scattering signatures with a holed image sensor. *Sensors Actuators Rep.* 2020, 2, 100010
- 4- Ionel, I.; Popescu, F. Methods for Online Monitoring of Air Pollution Concentration; IntechOpen: Rijeka, Croatia, 2010; Chapter 5.
- 5- Diharja, R.; Rivai, M.; Mujiono, T.; Pirngadi, H. Carbon Monoxide Sensor Based on Non-Dispersive Infrared Principle. *J. Phys. Conf. Ser.* **2019**, 1201, 012012.
- 6- Alam, M.S.; Crilley, L.R.; Lee, J.D.; Kramer, L.J.; Pfrang, C.; Vázquez-Moreno, M.; Ródenas, M.; Muñoz, A.; Bloss, W.J. Interference from alkenes in chemiluminescent NOx measurements. *Atmos. Meas. Tech.* **2020**, 13, 5977–5991.
- 7- Even, M.; Juritsch, E.; Richter, M. Measurement of very volatile organic compounds (VVOCs) in indoor air by sorbent-based active sampling: Identifying the gaps towards standardisation. *TrAC Trends Anal. Chem.* 2021, 140, 116265.
- 8- Weng, W.; Aldén, M.; Li, Z. Quantitative SO2 Detection in Combustion Environments Using Broad Band Ultraviolet Absorption and Laser-Induced Fluorescence. *Anal. Chem.* 2019, 91, 10849–10855.
- 9- Varlet, V.; Giuliani, N.; Palmiere, C.; Maujean, G.; Augsburg, M. Hydrogen sulfide measurement by headspace-gas chromatography-mass spectrometry (HS-GC-MS): Application to gaseous samples and gas dissolved in muscle. *J. Anal. Toxicol.* 2015, 39, 52–57.

4. Allegato 1: libreria dei sensori Scentroid

Scentroid Sensor List - Technical Information													
Sensor ID	Type	Formula	Chemical	Maximum Detection Limit	Lowest Detection Threshold	Resolution	Cross sensitivity		Industry	Expected Life (years)	Warmup Time (sec)	Response Time (Sec)	
							Required	Recommended					
1	CD1	NDIR	CO2	Carbon Dioxide - High Concentration	5%	100 ppm	20 ppm	-	-	Safety/Combustion/process control	1	120	120
2	CD2	NDIR	CO2	Carbon Dioxide - Low Concentration	2000 ppm	1 ppm	0.6 ppm	-	-	Urban, Industrial, IAQ	1	120	120
3	CM1	EC	CO	Carbon Monoxide (Low Concentration)	100 ppm	0.03 ppm	0.01 ppm	-	H2, C2H4	Urban, Industrial, IAQ	2	40	40
4	CM3	EC	CO	Carbon Monoxide (Medium Concentration)	1000 ppm	1 ppm	1 ppm	-	-	Urban, Industrial, IAQ	3	40	20
5	CM2	EC	CO	Carbon Monoxide (high concentration)	10000 ppm	30 ppm	3 ppm	-	-	Safety/Combustion/process control	2	45	40
6	CL2	EC	Cl2	Chlorine (High Concentration)	2000	1 ppm	1 ppm	NO2	BR2	Safety/Combustion/process control	2	45	40
7	CL1	EC	Cl2	Chlorine (Low Concentration)	10 ppm	0.05 ppm	0.01 ppm	NO2	NO2	Industrial, Safety	2	120	60
8	H1	EC	H2	Hydrogen	10000 ppm	100 ppm	10 ppm	-	CO	Industrial, Safety, IAQ	2	120	40
9	HCL1	EC	HCl	Hydrogen Chloride	20 ppm	0.5 ppm	0.2 ppm	H2S	HBr	Industrial, Safety	2	120	60
10	HCV1	EC	HCN	Hydrogen Cyanide	50 ppm	0.1 ppm	0.1 ppm	H2S, NO2, SO2	-	Industrial, Safety	2	120	30
11	PH1	EC	PH3	Phosphine (low Concentration)	5 ppm	50 ppb	30 ppb	NO2	SO2, H2S	Industrial, safety	2	60	20
12	PH2	EC	PH3	Phosphine (high Concentration)	2000 ppm	5 ppm	2 ppm	NO2	SO2, H2S	Industrial, safety	2	60	25
13	HS1	EC	H2S	Hydrogen Sulfide (low Concentration - ppb)	3 ppm	7 ppb	1 ppb	-	-	WWTP, Odour, IAQ, Urban, Industrial	2	180	35
14	HS2	EC	H2S	Hydrogen Sulfide (high Concentration - ppm)	2000 ppm	15 ppm	2 ppm	-	-	Safety, WWTP	2	180	25
15	HS3	EC	H2S	Hydrogen Sulfide (medium Concentration - ppm)	200 ppm	2 ppm	0.2 ppm	-	-	Safety, WWTP	2	180	60
16	E2	MOS	CH3OH, H2O, C6H12	Organic solvents (Ethanol, iso-Butane, H2)	500 ppm	25 ppm	1 ppm	-	Benzines <20%	Industrial, Odour, Compost	1	30	10
17	MT1	NDIR	CH4	Methane (LEL)	20,000 ppm	10 ppm	10 ppm	-	Propane	Safety/Combustion/inprocess control, Industrial	>3 years	45	12
18	NC1	EC	NO	Nitric Oxide (Low Concentration)	1 ppm	0.01 ppm	0.001 ppm	-	-	Urban, IAQ, Industrial	2	120	60
19	NC2	EC	NO	Nitric Oxide (Medium Concentration)	25 ppm	0.2 ppm	0.1 ppm	-	-	Urban, IAQ, Industrial	2	120	60
20	NC3	EC	NO	Nitric Oxide (high Concentration)	3000 ppm	2 ppm	2 ppm	-	-	Industrial, safety, Process control	3	120	10
21	ND1	EC	NO2	Nitrogen Dioxide (Low Concentration)	1 ppm	0.01	0.001 ppm	-	-	Urban, IAQ, Industrial	>5 years	120	60
22	ND2	EC	NO2	Nitrogen Dioxide (Med Concentration)	20 ppm	0.1 ppm	0.1 ppm	-	-	Urban, IAQ, Industrial	>5 years	120	60
23	ND3	EC	NO2	Nitrogen Dioxide (high Concentration)	1000 ppm	2 ppm	1 ppm	-	-	Industrial, safety, Process control	2	120	60
24	NS1	NDIR	N2O	Nitrous Oxide	10,000 ppm	100 ppm	1 ppm	-	Negligible	Urban, Industrial, Process control	5	30	30
25	O2	EC	O2	Oxygen (high Concentration)	250,000 ppm	5000 ppm	200 ppm	-	-	Process control, Safety	1	60	15
26	PO3	PID	VOCs	Total VOCs 10.0 eV	100 ppm	5 ppb	5 ppb%	-	Aromatic Carbons	WWTP, Odour, IAQ, Urban, Industrial	5*	5	3
27	PD1	PID	VOCs	Total VOCs (Low Concentration) - PID 10.7 eV	50 ppm (isobutylene)	1 ppb	1 ppb	-	All VOCs	WWTP, Odour, IAQ, Urban, Industrial	5*	5	3
28	PD2	PID	VOCs	Total VOCs (High Concentration) - PID 10.7 eV	300 ppm (isobutylene)	1 ppm	50 ppb	-	All VOCs	Safety, Industrial	5*	5	3
29	SD1	EC	SO2	Sulfur Dioxide (high Concentration)	2000 ppm	2 ppm	1 ppm	NO2	-	Safety, Industrial	2	120	25
30	SD2	EC	SO2	Sulfur Dioxide (low Concentration)	1 ppm	0.01 ppm	0.001 ppm	NO2	-	Urban, IAQ, Industrial	2	120	20

Scentroid Sensor List - Technical Information

#	Sensor ID	Type	Formula	Chemical	Maximum Detection Limit	Lowest Detection Threshold	Resolution	Cross sensitivity		Industry	Expected Life (years)	Warmup Time (Sec)	Response Time (Sec)
								Required	Recommended				
31	SO3	EC	SO2	Sulfur Dioxide (medium Concentration)	100 ppm	0.4 ppm	0.2 ppm	NO2	-	Urban, IAQ, Industrial	2	120	20
32	FM1	EC	CH2O	Formaldehyde	3 ppm	10 ppb	10 ppb	-	Ethanol	IAQ, Safety, Industrial	2	180	60
33	PM 2.5-10	Laser Scattered	PM	Particulate PM 2.5, 10 (simultaneous)	1000 µg/m3	1 µg/m3	1 µg/m3	-	NA	Urban, IAQ, Industrial	>5 years	NA	NA
34	TS1	Laser Scattered	TSP	TSP - PM Required	20000 µg/m3	1 µg/m3	1 µg/m3	-	NA	Urban, IAQ, Industrial	>5 years	NA	NA
35	NMH	EC	NMHC	Non-methane Hydrocarbon	25 ppm	0.1 ppm	0.1 ppm	-	NA	Industrial, Process, Combustion	2	180	55
36	MS2	MOS	TRS	TRS and Amines	10 ppm	10 ppb	2 ppb	-	Trimethyl Amine, Methyl Mercaptans, H2S, other	Odours, WWTP	1	30	10
37	MS3	MOS	NH3-C2H6-C6H6	Air Contaminants (Ammonia, Ethanol, Toluene)	30 ppm	1 ppm	4 ppb	-	(Ammonia, Ethanol, Toluene)	Odours, WWTP, Industrial	1	30	10
38	AM2	EC	NH3	Ammonia (High Concentration)	100 ppm	3 ppm	1 ppm	CL2	H2S, NO2	Agricultural, Industrial	2	30	40
39	AM1	EC	NH3	Ammonia (Low Concentration)	10 ppm	0.005 ppm	0.001 ppm	CL2	H2S	Agricultural, Industrial	2	30	50
40	OZ1	EC	O3	Ozone (low Concentration)	0.5 ppm	1 ppb	1 ppb	CL2	H2S, NO2	Urban, Industrial	>5 years	60	30
41	OZ2	EC	O3	Ozone (High Concentration)	5 ppm	20 ppb	20 ppb	CL2	H2S, NO2	Urban, Industrial	>5 years	60	30
42	RD1	Geiger Counter	α-, β-, γ-, X	Radiation Monitor (α-, β-, γ- and x- radiation)	1000 µSv/h	0.01 µSv/h	0.01 µSv/h	-	-	Mining, Industrial, Nuclear Energy, Security	>3 years	0	0
43	ClO21	EC	ClO2	Chlorine Dioxide	50 ppm	0.01 ppm	0.05 ppm	-	CL2	Odour, Industrial	2	180	60
44	CH4L	TDLS	CH4	Methane - ppb	100 ppm	0.4 ppm	0.01 ppm	-	-	Greenhouse gases, Industrial	10+	20	1
45	ET1	EC	C2H4	Ethylene - Low Concentration	10	0.05 ppm	0.01 ppm	CO	-	Greenhouse gases, Industrial	2	120	30
46	ET2	EC	C2H4	Ethylene - Medium Concentration	200	1 ppm	0.5 ppm	CO	--	Greenhouse gases, Industrial	2	120	30
47	ET3	EC	C2H4	Ethylene - High Concentration	1500	5 ppm	2 ppm	CO	-	Greenhouse gases, Industrial	2	120	30
48	MM	EC	CH3SH	Methyl Mercaptan	10 ppm	0.05 ppm	0.01 ppm	H2S	-	Odours, WWTP, Leak Detection, Industrial	2	120	35
49	EMF	EMF	EMF	Electro Magnetic Field	200 mGauss	0.1 mGauss	0.1 mGauss	-	-	Urban, Industrial, power plants	3	<1	<1
50	CS	EC	CS2	Carbon Disulfide	100 ppm	1 ppm	0.1 ppm	-	-	Odour, WWTP, Industrial	2	120	30
51	TBM	EC	C4H10S	Tert Butylthiol	14 ppm	0 ppm	0.1 ppm	-	-	Odour, Leak detection, Industrial	2	120	30
52	THT	EC	C4H8S	Tetrahydrothiophene	14 ppm	0 ppm	0.1 ppm	-	-	Odour, Leak detection, Industrial	2	120	30
53	RDN	Pulsed Ion	RN	Radon gas	99.9 pCi/l (3,700Bq/m³)	0.2 pCi/l (700Bq/m³)	0.2 pCi/l (300Bq/m³)	-	-	IAQ, Safety, Industrial	2	10	<1
54	AL1	EC	CH3OH - C2H5OH	Methanol & Ethanol	100 ppm	0.1 ppm	0.05 ppm	CO	-	Industrial, Odour	2	120	<25
55	BTX	EC	BTEX	benzene, toluene, ethylbenzene and xylene.	10 ppm	7 ppb	1 ppb	H2S, Ethanol (C2H5OH)	-	Industrial, Urban	2	120	<100s