



raffineria di gela

Progetto:

Progetto per la produzione di biocarburanti presso la Raffineria di Gela – Seconda fase (G2 Project – Step 2)

Elaborato:

Valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIAS) della Raffineria di Gela con l'installazione dei camini "E-POT" e "E-steam"

a supporto dell'Istanza di Valutazione di Impatto Ambientale (art. 23 D.Lgs. 152/06 e s.m.i.)

Rif.: 46324549

Preparato per:

Raffineria di Gela S.p.A.

Rif. Doc.: Green Via AIA Step 2 SIA_VIAS_G2 Project.doc

Giugno 2016



INDICE

Sezione	N° di Pag.
1. PREMESSA	1
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	2
3. ANALISI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	4
3.1. Contesto territoriale	4
3.2. La rete di monitoraggio della qualità dell'aria.....	5
3.3. Biossido di Zolfo (SO ₂)	10
3.4. Biossido di Azoto (NO ₂).....	12
3.5. Materiale Particolato (PM ₁₀).....	13
3.6. Materiale Particolato fine (PM _{2,5})	14
3.7. Benzene (C ₆ H ₆)	15
4. DATI METEOROLOGICI	16
4.1. Analisi dei dati meteorologici disponibili	16
4.2. Analisi dei parametri meteorologici in quota (dataset LAMA)	24
4.3. Dati meteorologici utilizzati in input al modello.....	32
4.4. Analisi morfologica del territorio.....	33
5. IL MODELLO DI DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI.....	35
5.1. Inquinanti considerati.....	35
5.2. Descrizione del modello CALPUFF	35
5.3. Griglia dei recettori	37
5.4. Emissioni	39
5.4.1. Emissioni convogliate.....	39
5.4.2. Emissioni diffuse e fuggitive	42
5.4.3. Bilancio emissivo complessivo.....	43
5.4.4. Speciazione dei COV per la valutazione dell'impatto sanitario.....	44
5.4.5. Emissioni totali utilizzate come input del modello di simulazione	47
6. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	48
7. VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO	51
7.1. Riferimenti e linee guida.....	51
7.2. Caratterizzazione dello stato di salute	51
7.2.1. Il progetto SENTIERI – Area del SIN di Gela.....	52
7.2.2. Registro tumori.....	56
7.3. Metodologia di stima	58



INDICE

7.3.1.	Identificazione del rischio	59
7.3.2.	Valutazione dell'esposizione	60
7.3.3.	Valutazione della tossicità e studio relazione dose-risposta.....	60
7.3.4.	Caratterizzazione del rischio	64
7.4.	Stima del rischio.....	66
7.4.1.	Rischio cancerogeno.....	67
7.4.2.	Rischio di tossicità cronica	74
7.4.3.	Assunzioni effettuate per ridurre l'incertezza dei risultati.....	76
8.	CONCLUSIONI	78
9.	BIBLIOGRAFIA	79

TAVOLE

Scenario Ante operam

Tavola 1 – SO₂ media anno

Tavola 2 – SO₂ media giorno

Tavola 3 – SO₂ media ora

Tavola 4 – PM₁₀ media anno

Tavola 5 – PM₁₀ media giorno

Tavola 6 – NO₂ media anno

Tavola 7 – NO₂ media ora

Tavola 8 – CO media 8 ore

Tavola 9 – C₆H₆ media anno

Tavola 10 – C₄H₆ media anno

Tavola 11 – H₂S media anno

Tavola 12 – NH₃ media anno

Tavola 13 – NO_x media anno

Tavola 27 – Rischio cancerogeno totale

Tavola 28 – Rischio tossico cronico totale



INDICE

Scenario Post operam

Tavola 14 – SO₂ media anno

Tavola 15 – SO₂ media giorno

Tavola 16 – SO₂ media ora

Tavola 17 – PM₁₀ media anno

Tavola 18 – PM₁₀ media giorno

Tavola 19 – NO₂ media anno

Tavola 20 – NO₂ media ora

Tavola 21 – CO media 8 ore

Tavola 22 – C₆H₆ media anno

Tavola 23 – C₄H₆ media anno

Tavola 24 – H₂S media anno

Tavola 25 – NH₃ media anno

Tavola 26 – NO_x media anno

Tavola 29 – Rischio cancerogeno totale

Tavola 30 – Rischio tossico cronico totale



1. PREMESSA

Il progetto "G2 Project" è stato sottoposto a procedura di verifica di assoggettabilità a Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) ai sensi dell'art. 20 del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. e ha ottenuto il relativo parere positivo di esclusione VIA con Determina 0000090/DVA del 17/03/2016.

La Raffineria di Gela S.p.A. sottopone la richiesta di modifica al progetto "G2 Project" (assetto "green"), avendo valutato una soluzione più efficace mediante l'introduzione di un nuovo impianto di produzione idrogeno.

La presente relazione raccoglie e presenta i risultati dello studio modellistico eseguito, in riferimento all'impatto sulla componente atmosfera generato dalle emissioni provenienti dalla Raffineria di Gela, in termini di confronto tra gli scenari Ante operam (già autorizzato) e Post operam. Con le stime della dispersione degli inquinanti in atmosfera fornite dal modello, si è eseguita una valutazione di impatto sanitario per valutare il livello di rischio per la salute a cui la popolazione, residente nelle vicinanze dell'impianto, è esposta.



2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Si richiamano, di seguito, i valori limite dei principali inquinanti definiti dalla normativa italiana, in particolare i limiti contenuti nel Decreto legislativo 13 agosto 2010, n.155, in recepimento della Direttiva 2008/50/CE. In Tabella 2-1 sono indicati, per tali inquinanti, il periodo di mediazione ed il valore limite.

Tabella 2-1 Valori limite di qualità dell'aria (Decreto legislativo 13 agosto 2010, n.155)

Inquinante	Livello di protezione	Periodo di mediazione	Valore limite
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 99.794 perc.)
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 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 90.410 perc.)
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³
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 per la protezione degli ecosistemi	Anno civile e Inverno (1 ottobre – 31 marzo)	20 µg/m ³
	Valore limite di 24 ore 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.)
Benzene	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	5 µg/m ³
NO _x	Valore limite per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m ³



Inquinante	Livello di protezione	Periodo di mediazione	Valore limite
CO	Valore limite orario per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³
PM _{2,5}	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m ³

Il D.Lgs 155/2010 - "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" - GU n.216 del 15-9-2010 - Suppl. Ordinario n. 217" è il riferimento legislativo per la qualità dell'aria, recepisce la direttiva 2008/50/CE e sostituisce le disposizioni di attuazione della direttiva 2004/107/CE.

Per gli inquinanti SO₂, NO₂, PM₁₀ e CO la normativa di riferimento fissa il numero di volte che la concentrazione limite può essere superata in un anno; i risultati della modellazione delle concentrazioni al suolo sono quindi elaborati in modo da rappresentare il corrispondente percentile della concentrazione massima (nell'intervallo temporale fissato). I valori annuali sono invece mediati sull'anno completo.

Inquinanti non normati

Si sottolinea inoltre che il D.Lgs 155/2010 non considera gli inquinanti H₂S e NH₃. Si è tuttavia ritenuto di estendere ad essi le elaborazioni in quanto caratteristici della tipologia di lavorazioni svolte nell'impianto: i valori utilizzati come riferimento per le concentrazioni al suolo di Acido Solfidrico e Ammoniaca utilizzate sono tratte dalla letteratura internazionale (Tabella 2-2).

Tabella 2-2 Riferimenti relativi alle concentrazioni al suolo di acido solfidrico e ammoniaca

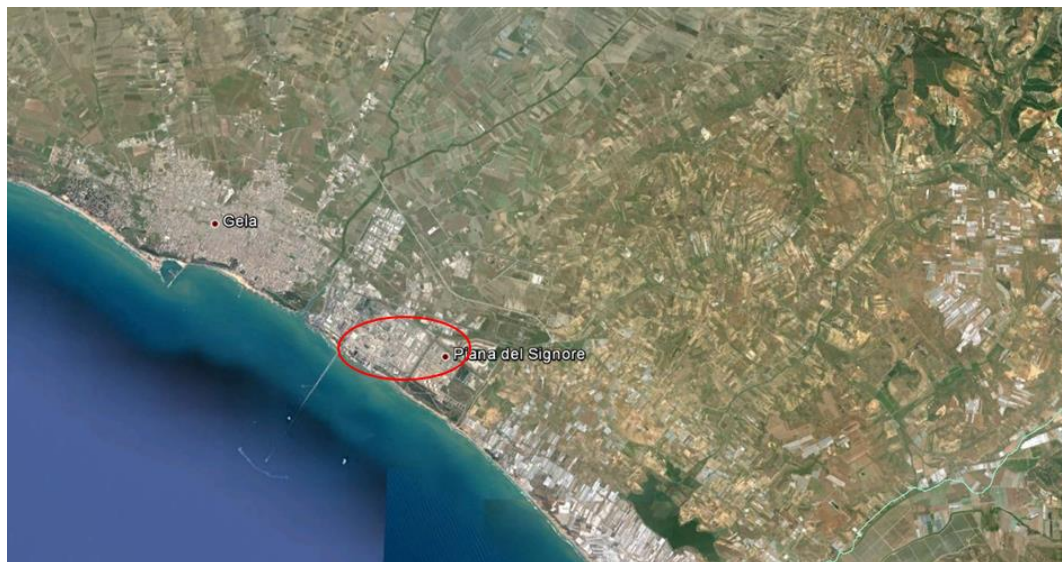
Inquinante	Periodo di mediazione	Concentrazione limite	Fonte
H ₂ S	Giorno	150 µg/m ³	WHO Guidelines ed. 2000
NH ₃		100 µg/m ³	EEA (Air Guidelines Table - February 2014)

3. ANALISI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

3.1. Contesto territoriale

La raffineria è ubicata a Sud - Est dell'abitato di Gela (Figura 3-1). Il territorio in esame allo studio è caratterizzato da una zona fortemente industrializzata che si affaccia sul mare, e dall'entroterra agricolo e rurale.

Figura 3-1 Inquadramento territoriale dell'area interessata dal progetto



Il dominio dell'area di simulazione corrisponde all'area di forma quadrata avente lato di 10 km, e posizionata in modo tale che la raffineria risulti localizzata al centro dell'area stessa (si veda la Figura 5-2 in Sezione 5.3 "Griglia dei recettori").

La raffineria intende operare una modifica al progetto "G2 Project" (assetto "green"), di recente autorizzazione, definito come scenario Ante operam, mediante l'introduzione di un nuovo impianto di produzione d'idrogeno in grado di produrne fino a 45'000 Nm³/h, che rappresenta lo scenario Post operam. Operativamente l'intervento consiste nella dismissione delle esistenti unità Texaco (A e B) con annesse unità di purificazione idrogeno, di frazionamento aria e della caldaia G500 della centrale termoelettrica, e nell'introduzione di due nuovi camini (E-POT e E-steam). Inoltre si prevede la variazione delle caratteristiche emissive di altri due camini (E12, E13).

Figura 3-2 Inquadramento dell'area della raffineria coinvolta nell'intervento



3.2. La rete di monitoraggio della qualità dell'aria

La Raffineria di Gela gestisce una rete di centraline di rilevamento della qualità dell'aria. Nel corso del 2015 la rete è stata oggetto di interventi di adeguamento e riqualificazione al fine di adeguarla alla normativa vigente e di ottemperare compiutamente al PMC del Decreto di Autorizzazione Integrata Ambientale. Tali interventi hanno previsto il revamping di 5 delle 8 stazioni di monitoraggio precedentemente presenti.

Sino a giugno 2015 si è mantenuto il precedente assetto della rete con 8 centraline, mentre da luglio 2015 è stato implementato il nuovo assetto con 5 centraline. Nelle seguenti tabelle è indicato l'assetto della rete di monitoraggio prima e dopo gli interventi di riqualificazione (stazioni di rilevamento e inquinanti monitorati da ciascuna stazione).

Tabella 3-1: Assetto della rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Raffineria di Gela fino a giugno 2015

Stazione	Inquinanti monitorati					
	SO ₂	NO _x	NO ₂	O ₃	PM ₁₀	NMHC
C. Soprano	X				X	
P. Rimembranze	X	X	X	X	X	X
C. Giardina	X					
Ponte Olivo	X					
Niscemi Sud	X				X	
Agip SpA	X				X	
Catarrosone	X			X	X ⁽¹⁾	X
Farello	X				X	

(1) Polveri Sospese Totali

Tabella 3-2: Assetto della rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Raffineria di Gela da luglio 2015

Stazione	Inquinanti monitorati								Hg	
	SO ₂	NO _x	O ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	BTX	VOC Precursori dell'Ozono C2-C12		Composti odorigeni dello zolfo TRSMEDOR
C. Soprano		X		X	X	X	X			
P. Rimembranze	X	X		X	X			X	X	X
C. Giardina		X	X	X						
Agip SpA	X	X		X	X		X			
Catarrosone		X	X	X	X					

Nella tabella sotto riportata è rappresentata la configurazione strumentale delle apparecchiature di misura ed ausiliarie attualmente installate nella nuova configurazione proposta:

Tabella 3-3: Configurazione strumentale centraline

Analizzatore	Tipologia di stazione					# di strumenti nuovi
	Soprano	Catarrosone	Giardina	Rimenbranze	Agip SpA	
PM10	E	E	E	F	F	2
PM2.5	E	E				
NOx	F	F	F	F	F	5
CO	F	-	-	-	-	1
BTX	F	-	-	-	F	2
O3	-	F	F	-	-	2
SO2	-	-	-	F	F	2
Micro-inquinanti VOC Precursori	-	-	-	F	-	1



Analizzatore	Tipologia di stazione					# di strumenti nuovi
	Soprano	Catarosone	Giardina	Rimenbranze	Agip SpA	
dell'Ozono C2-C12						
Micro-inquinanti Composti odorigeni dello zolfo TRSMEDOR	-	-	-	F	-	1
Mercurio	-	-	-	F	-	1
cabina	E	F	E	F	E	2
EcoRemote	E	E	F	F	F	3

E – strumento esistente, da rilocare

F – strumento di nuova fornitura installato

La localizzazione delle centraline di rilevamento della qualità dell'aria è riportata in Figura 3-3.

Figura 3-3 Localizzazione delle centraline di monitoraggio di qualità dell’aria



La completezza dei dati validi rilevati dalle centraline per l’anno 2015 è indicata in Tabella 3-4. Le centraline Farello, Ponte Olivo e Giardinia sono state escluse, poiché non sono disponibili misure per l’anno 2015; la stazione di Catarrosone, non è stata inclusa nell’analisi in quanto presenta valori di completezza inferiori al 30% per tutti i parametri monitorati. Degli inquinanti di interesse per la simulazione (indicati in Sezione 5.1 “Inquinanti considerati”), sono analizzati quelli per cui sono disponibili misure presso le centraline utilizzate.

Tabella 3-4: Completezza dei dati di qualità dell’aria per l’anno 2015. In rosso le completezze inferiori al 40% ed in azzurro quelle comprese tra il 40% ed il 50%

Stazione	SO ₂	PM ₁₀	NO ₂	C ₆ H ₆	CO	PM _{2.5}	O ₃
C. Soprano	47%	79%	42%	31%	33%	41%	-
P. Rimembranze	42%	60%	90%	39%	-	15%	-
Niscemi Sud	45%	44%	-	-	-	-	-
Agip SpA	83%	85%	47%	42%	-	48%	-
Catarrosone	11%	27%	15%	-	-	24%	26%



Come si può notare, molti valori di completezza sono inferiori alla soglia minima del 90% indicata dalla normativa; alcuni di essi sono molto lontani da tale soglia, essendo inferiori al 50%. Nei paragrafi seguenti si riportano comunque tutti i valori di qualità dell'aria rilevati dalle centraline; tali valori sono posti a confronto con i limiti normativi vigenti.

La Raffineria Eni di Gela ha presentato una proposta tecnico-descrittiva per l'ammodernamento del sistema di monitoraggio della qualità dell'aria, in cui è previsto un revamping ed un potenziamento, anche tramite l'installazione di una rete di controllo wireless delle centraline stesse. Nella tabella sotto riportata è rappresentata la configurazione strumentale delle apparecchiature di misura ed ausiliarie attualmente installate e da installare, nella nuova configurazione proposta.

Tabella 3-5: Configurazione delle apparecchiature di misura

Analizzatore	Tipologia di stazione					# di strumenti nuovi
	Soprano	Catarosone	Giardina	Rimenbranze	Agip SpA	
PM ₁₀	E	E	E	F	F	2
PM _{2.5}	E	E				
NO _x	F	F	F	F	F	5
CO	F	-	-	-	-	1
BTX	F	-	-	-	F	2
O ₃	-	F	F	-	-	2
SO ₂	-	-	-	F	F	2
Micro-inquinanti VOC Precursori dell'Ozono C2-C12	-	-	-	F	-	1
Micro-inquinanti Composti odorigeni dello zolfo TRSMEDOR	-	-	-	F	-	1
Mercurio	-	-	-	F	-	1
cabina	E	F	E	F	E	2
EcoRemote	E	E	F	F	F	3

E – strumento esistente, da rilocare

F – strumento di nuova fornitura

Per un'analisi più approfondita sono stati presi in esame anche i dati di qualità dell'aria degli anni 2014 e 2013 per gli inquinanti SO₂, NO₂ e PM₁₀; di seguito si riportano i

rispettivi dati di completezza. Come per il 2015, in azzurro sono indicati i valori aventi una completezza dei dati compresa tra il 40% ed il 50% ed in rosso quelli inferiori al 40%.

Tabella 3-6: Completezza dei dati di qualità dell'aria per l'anno 2014

Stazione	SO ₂	PM ₁₀	NO ₂
C. Soprano	90%	90%	-
P. Rimembranze	19%	79%	80%
C. Giardina	51%	-	-
Niscemi Sud	90%	70%	-
Agip SpA	49%	44%	-
Catarrosone	49%	-	-

Tabella 3-7 Completezza dei dati di qualità dell'aria per l'anno 2013

Stazione	SO ₂	PM ₁₀	NO ₂
C. Soprano	89%	75%	-
P. Rimembranze	93%	94%	82%
C. Giardina	94%	-	-
Ponte Olivo	73%	-	-
Niscemi Sud	94%	98%	-
Agip SpA	89%	92%	-
Catarrosone	87%	-	-
Farello	54%	53%	-

3.3. Biossido di Zolfo (SO₂)

Dalla Tabella 3-8 si nota come i valori rilevati nelle centraline nell'anno 2015 si mantengano entro i limiti normativi.

 Tabella 3-8 Confronto tra i valori misurati dalle centraline nell'anno 2015 ed i limiti normativi per l'inquinante SO₂

Inquinante	SO ₂			
	Periodo di mediazione	media annuale	percentile giornaliero	percentile orario
Limite di legge		20	125	350
U.d.M		<i>µg/m³</i>		
C. Soprano		0.53	3.0	3.6
P. Rimembranze		5.22	8.6	10.1
Niscemi Sud		0.30	1.2	1.2



Inquinante	SO ₂			
	Periodo di mediazione	media annuale	percentile giornaliero	percentile orario
Limite di legge		20	125	350
U.d.M		$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Agip SpA		2.48	8.6	11.1

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori rilevati nelle centraline negli anni 2014 e 2013; anch'essi rispettano i limiti di legge.

Tabella 3-9 Confronto tra i valori misurati dalle centraline nell'anno 2014 ed i limiti normativi per l'inquinante SO₂

Inquinante	SO ₂			
	Periodo di mediazione	media annuale	percentile giornaliero	percentile orario
Limite di legge		20	125	350
U.d.M		$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
C. Soprano		0.6	2.1	3.3
P. Rimembranze		1.3	4.6	6.7
C. Giardinia		1.2	2.7	6.6
Niscemi Sud		0.4	1.0	1.4
Agip SpA		0.7	4.5	24.8
Catarrosone		5.5	64.3	84.2

Tabella 3-10 Confronto tra i valori misurati dalle centraline nell'anno 2013 ed i limiti normativi per l'inquinante SO₂

Inquinante	SO ₂			
	Periodo di mediazione	media annuale	percentile giornaliero	percentile orario
Limite di legge		20	125	350
U.d.M		$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
C. Soprano		0.51	2	2.46
P. Rimembranze		1.24	5.61	13.63
C. Giardinia		1.04	2.8	6.08
Ponte Olivo		1.48	10.97	26.89
Niscemi Sud		0.42	1.39	1.98
Agip SpA		2.65	34.17	176.11



Inquinante	SO ₂			
	Periodo di mediazione	media annuale	percentile giornaliero	percentile orario
Limite di legge		20	125	350
	U.d.M	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Catarrosone		2.17	11.95	17.2
Farello		1.1	70.84	22.86

3.4. Biossido di Azoto (NO₂)

Dalla Tabella 3-11 seguente si nota come le concentrazioni di ossidi di azoto siano inferiori al relativo riferimento normativo nell'anno 2015.

Tabella 3-11 Confronto tra i valori misurati dalle centraline per l'anno 2015 ed i limiti normativi per l'inquinante NO₂

Inquinante	NO ₂		
	Periodo di mediazione	media annuale	percentile orario
Limite di legge		40	200
	U.d.M	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
C. Soprano		10.49	52.7
P. Rimembranze		10.47	64.5
Niscemi Sud		-	-
Agip SpA		18.85	54.4

Dalle tabelle seguenti si evince come anche i valori rilevati nelle centraline negli anni 2014 e 2013 abbiano rispettato i limiti di legge.

Tabella 3-12 Confronto tra i valori misurati dalle centraline per l'anno 2014 ed i limiti normativi per l'inquinante NO₂

Inquinante	NO ₂		
	Periodo di mediazione	media annuale	percentile orario
Limite di legge		40	200
	U.d.M	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
P. Rimembranze		12.4	148.2

Tabella 3-13 Confronto tra i valori misurati dalle centraline per l'anno 2013 ed i limiti normativi per l'inquinante NO₂

Inquinante	NO ₂		
	Periodo di mediazione	media annuale	percentile orario
Limite di legge		40	200
<i>U.d.M</i>		<i>µg/m³</i>	
P. Rimembranze		12.53	60

3.5. Materiale Particolato (PM₁₀)

In relazione alle polveri, si evidenziano concentrazioni al di sotto del limite normativo per l'anno 2015.

Tabella 3-14 Confronto tra i valori misurati dalle centraline nell'anno 2015 ed i limiti normativi per l'inquinante PM₁₀

Inquinante	PM ₁₀		
	Periodo di mediazione	media annuale	percentile giornaliero
Limite di legge		40	50
<i>U.d.M</i>		<i>µg/m³</i>	
C. Soprano		18	25.8
P. Rimembranze		24	35.9
Niscemi Sud		16	27.3
Agip SpA		19	31.0

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori rilevati nelle centraline negli anni 2014 e 2013; i dati misurati si mantengono entro i limiti di legge, ad eccezione dei superamenti del limite sul percentile giornaliero presso le centraline di Niscemi Sud e Agip SpA nell'anno 2014.

Tabella 3-15 Confronto tra i valori misurati dalle centraline nell'anno 2014 ed i limiti normativi per l'inquinante PM₁₀

Inquinante	PM ₁₀		
	Periodo di mediazione	media annuale	percentile giornaliero
Limite di legge		40	50



<i>U.d.M</i>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
C. Soprano	20.1	27.1
P. Rimembranze	24.9	36
Niscemi Sud	28.2	58.9
Agip SpA	25.7	80.7

Tabella 3-16 Confronto tra i valori misurati dalle centraline nell'anno 2013 ed i limiti normativi per l'inquinante PM_{10}

Inquinante	PM_{10}		
	Periodo di mediazione	media annuale	percentile giornaliero
Limite di legge		40	50
<i>U.d.M</i>		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
C. Soprano		19.39	25.01
P. Rimembranze		23.16	31.7
Niscemi Sud		20.26	28.68
Agip SpA		19.22	27.73
Farello		23.24	33.13

3.6. Materiale Particolato fine ($\text{PM}_{2.5}$)

In relazione alle polveri con diametro inferiore a 2.5 micrometri, si evidenziano concentrazioni al di sotto del limite normativo per l'anno 2015.

Tabella 3-17 Confronto tra i valori misurati dalle centraline ed i limiti normativi

Inquinante	$\text{PM}_{2.5}$	
	Periodo di mediazione	media annuale
Limite di legge		25
<i>U.d.M</i>		$\mu\text{g}/\text{m}^3$
C. Soprano		10
Agip SpA		12



3.7. Benzene (C₆H₆)

Nell'anno 2015 i valori rilevati dalla centralina Agip sono ampiamente al di sotto del limite di legge.

Tabella 3-18 Confronto tra i valori misurati dalle centraline ed i limiti normativi

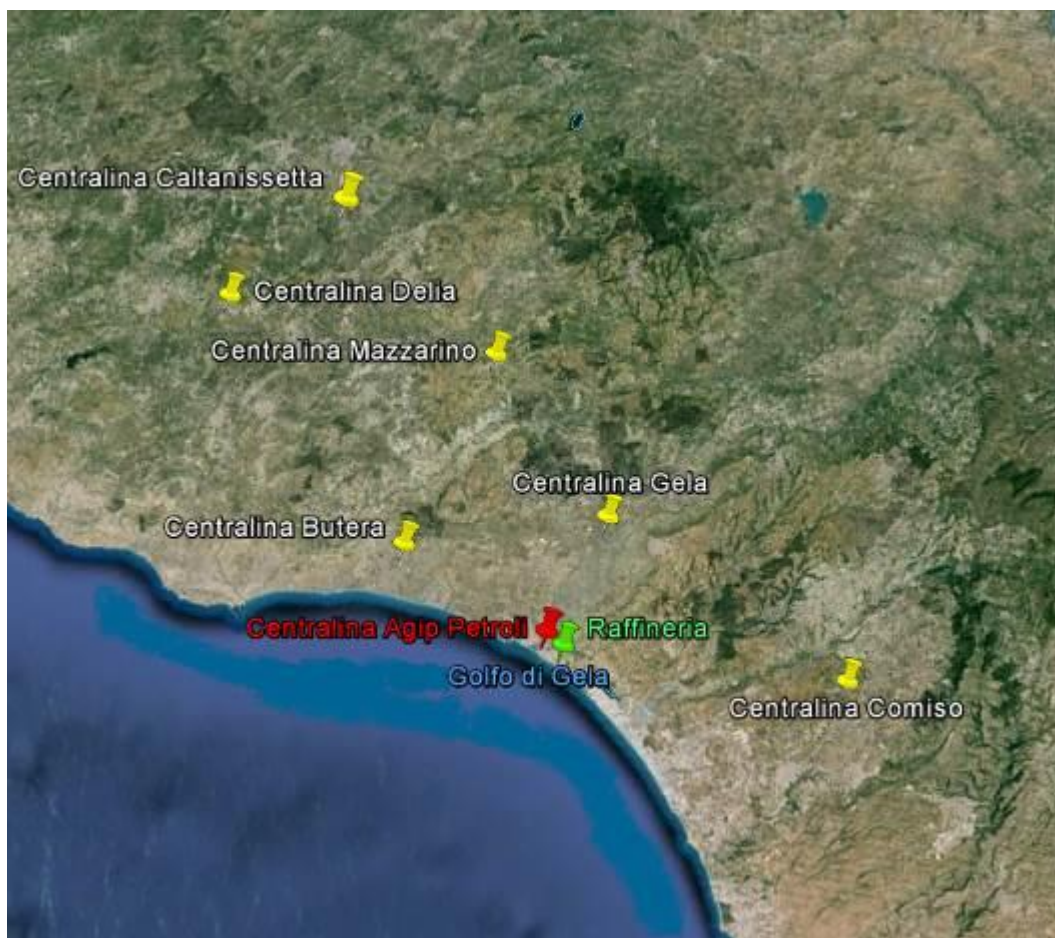
Inquinante	C ₆ H ₆
Periodo di mediazione	media annuale
Limite di legge	5
U.d.M	µg/m ³
Agip SpA	0.31

4. DATI METEOROLOGICI

4.1. Analisi dei dati meteorologici disponibili

In Figura 4-1 è rappresentata l'ubicazione delle centraline meteorologiche più vicine alla Raffineria di Gela. In rosso è segnalata la centralina Agip Petroli che, vista la sua vicinanza alla raffineria, è stata scelta come più rappresentativa delle condizioni meteorologiche dell'area in esame. Si segnala che ai fini dello studio sono stati utilizzati i parametri (velocità, direzione del vento e temperatura) misurati presso questa centralina all'altezza di 40 m dal suolo. L'anno di riferimento utilizzato per le simulazioni modellistiche è il 2015, ma per un quadro più completo, nel seguito, viene analizzato il triennio 2013 – 2015, per dimostrare la rappresentatività delle condizioni meteorologiche dell'anno preso in esame.

Figura 4-1 Ubicazione delle centraline meteorologiche più prossime alla Raffineria di Gela





In Tabella 4-1 e nelle figure seguenti sono rappresentati, su base stagionale, i valori medi massimi e minimi di temperatura, registrati dalla centralina Agip Petroli negli anni 2015, 2014 e 2013. Nelle seguenti elaborazioni sono stati considerati i mesi di: dicembre, gennaio e febbraio come invernali; marzo, aprile e maggio come primaverili; giugno, luglio e agosto come estivi; settembre, ottobre e novembre come autunnali.

Tabella 4-1 Temperature media, massima e minima stagionali presso la stazione di Agip Petroli (40 m) per gli anni 2015, 2014 e 2013

		Temperatura (°C)		
		Media	Minimo	Massimo
Autunno	2015	20.5	10.6	34.5
	2014	20.3	11.1	32.0
	2013	19.6	3.4	31.1
Estate	2015	24.4	14.4	33.8
	2014	23.2	13.8	33.5
	2013	23.5	12.7	36.7
Inverno	2015	11.1	2.5	21.5
	2014	12.7	0.5	21.7
	2013	11.4	2.2	29.0
Primavera	2015	15.1	4.2	28.6
	2014	14.9	5.9	28.5
	2013	15.9	4.7	30.1



Figura 4-2 Andamento stagionale temperatura (in °C), valori medi, massimi e minimi registrati nella stazione di Agip Petroli (40 m) per l'anno 2015

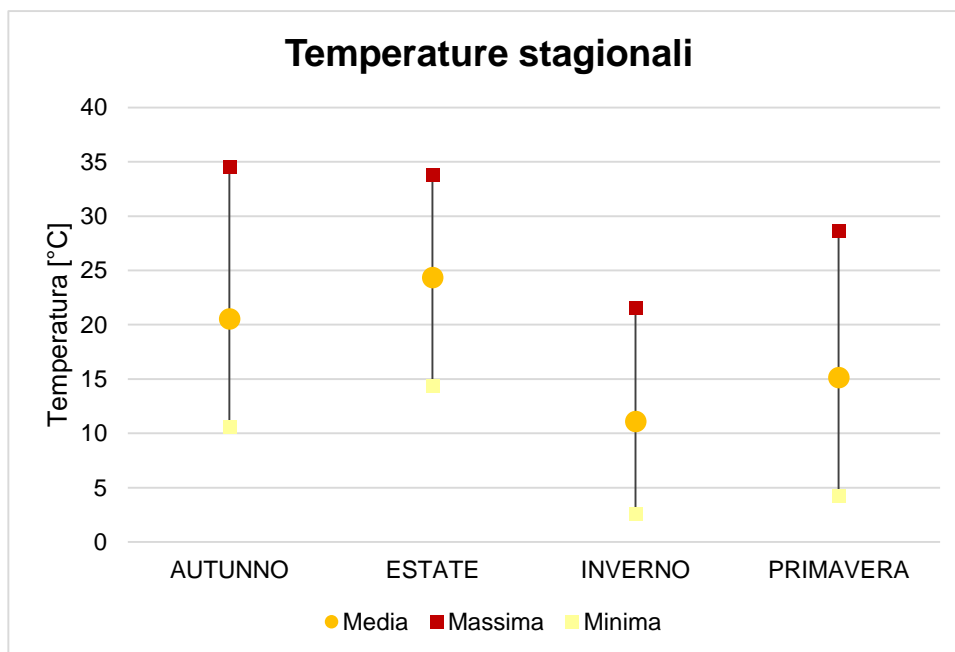


Figura 4-3 Andamento stagionale temperatura (in °C), valori medi, massimi e minimi registrati nella stazione di Agip Petroli (40 m) per l'anno 2014

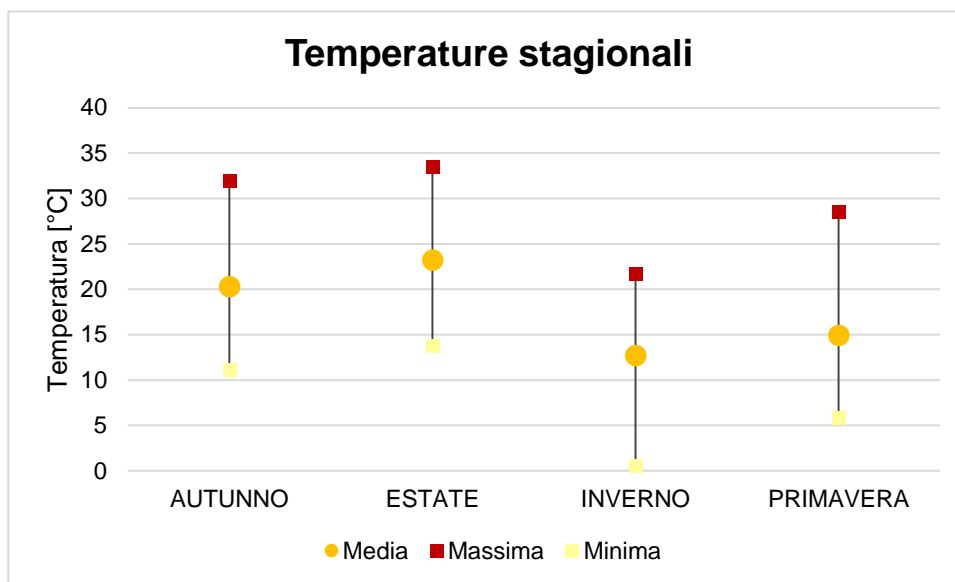
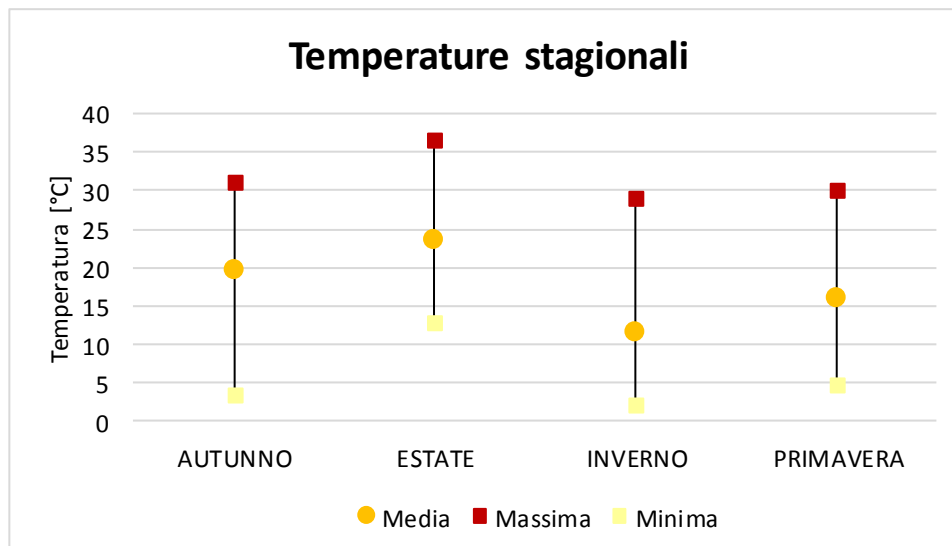


Figura 4-4 Andamento stagionale temperatura (in °C), valori medi, massimi e minimi registrati nella stazione di Agip Petroli (40 m) per l'anno 2013



Nell'anno 2015 la temperatura presenta un picco massimo in autunno (settembre) vicino a 35°C e un picco minimo in inverno (dicembre) comunque al di sopra di 0°C. Il massimo di temperatura registrato nell'estate 2013 risulta essere più elevato rispetto all'anno 2015; il minimo dell'anno 2015 è superiore rispetto ai due anni precedenti. Le temperature medie si mantengono comprese tra 11 e 25°C nel corso dell'intero triennio.

Di seguito è presentata una sintesi dell'analisi relativa alle precipitazioni; in Tabella 4-2 sono riportati i valori stagionali di precipitazione cumulata (mostrati anche nelle figure sottostanti), il numero di ore in cui si sono verificati eventi meteorici e la media oraria delle precipitazioni (come rapporto tra i due valori precedenti). Dalla tabella e dai grafici si evince che per gli anni 2015 e 2014 l'inverno è la stagione più piovosa in termini di precipitazione cumulata, mentre per il 2013 è l'autunno. Inoltre il calcolo della media oraria delle precipitazioni (nelle sole ore di pioggia) mette in evidenza il carattere temporalesco delle precipitazioni autunnali per il 2015 ed estive per il 2014.

Tabella 4-2 Precipitazione cumulata, massima e ore di pioggia per la stazione di Agip Petroli per gli anni 2015, 2014 e 2013

		Precipitazione (mm)		
		Cumulata	Ore	Media oraria
Autunno	2015	89	14	6.3
	2014	117	47	2.5
	2013	144.9	72	2.0
Estate	2015	28	13	2.2
	2014	15	3	5.0
	2013	6.2	4	1.6



		Precipitazione (mm)		
		Cumulata	Ore	Media oraria
Inverno	2015	220	151	1.5
	2014	171	98	1.7
	2013	128.6	115	1.1
Primavera	2015	61	42	1.5
	2014	82	116	0.7
	2013	96.2	74	1.3

Figura 4-5 Andamento annuale precipitazioni presso la centralina di Agip Petroli, anno 2015

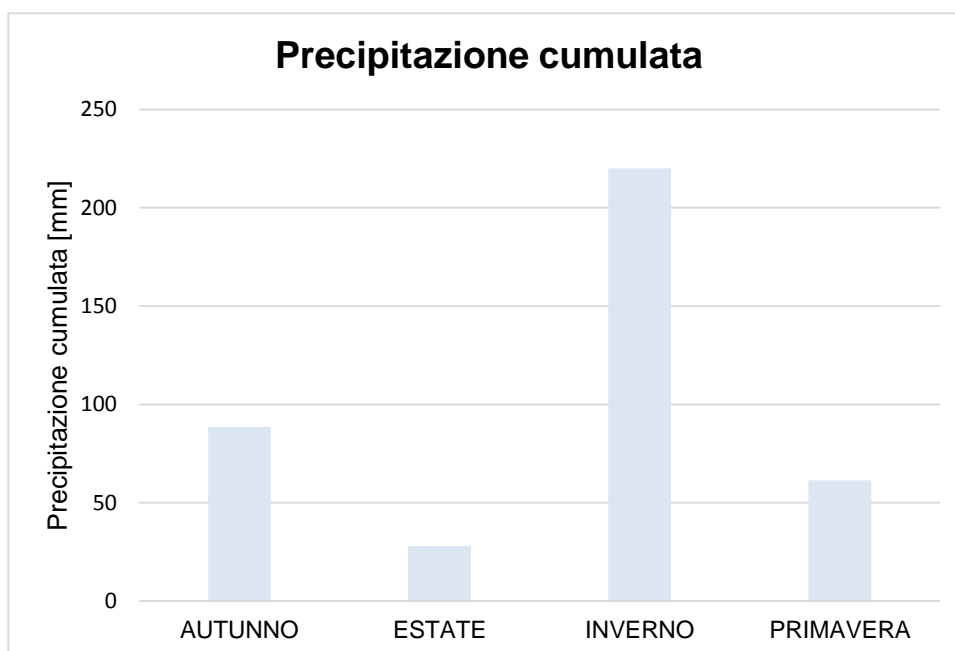


Figura 4-6 Andamento annuale precipitazioni presso la centralina di Agip Petroli, anno 2014

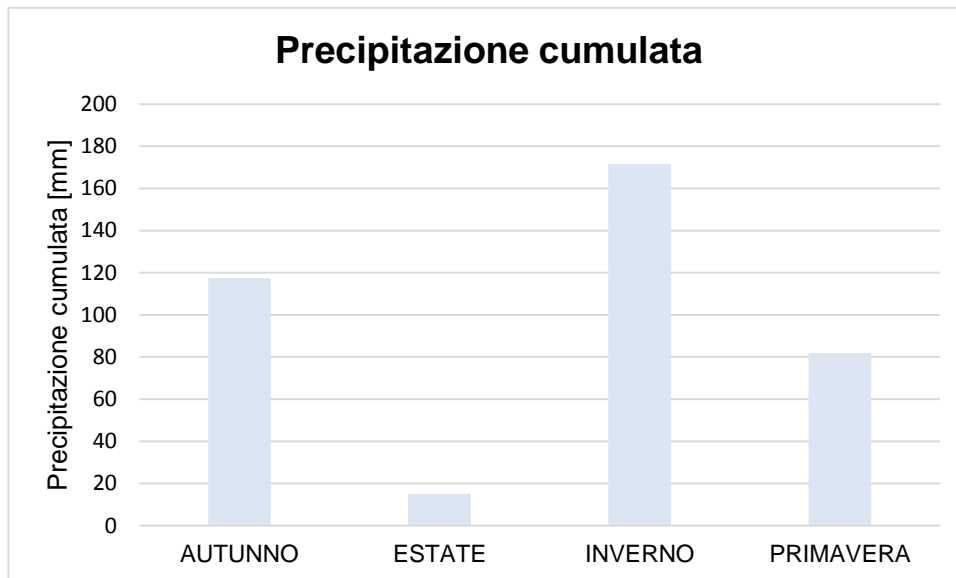
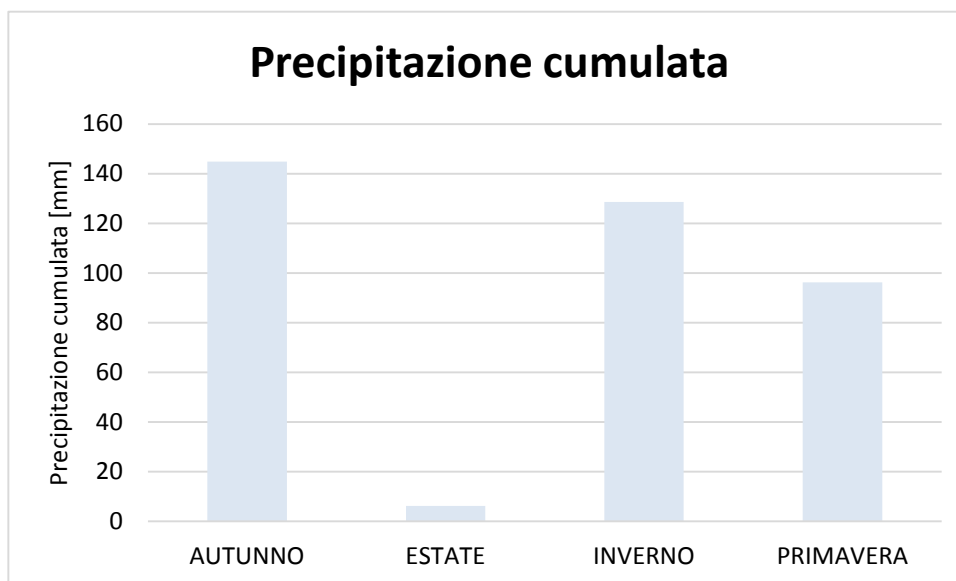


Figura 4-7 Andamento annuale precipitazioni presso la centralina di Agip Petroli, anno 2013



Come descritto precedentemente, gli ulteriori parametri meteorologici di interesse per la modellizzazione sono la velocità e la direzione del vento. Nelle figure seguenti sono mostrate le rose dei venti relative alla stazione di Agip Petroli alla quota di 40 m, per gli anni 2015, 2014 e 2013.

Figura 4-8 Rosa dei venti presso la centralina di Agip Petroli, anno 2015

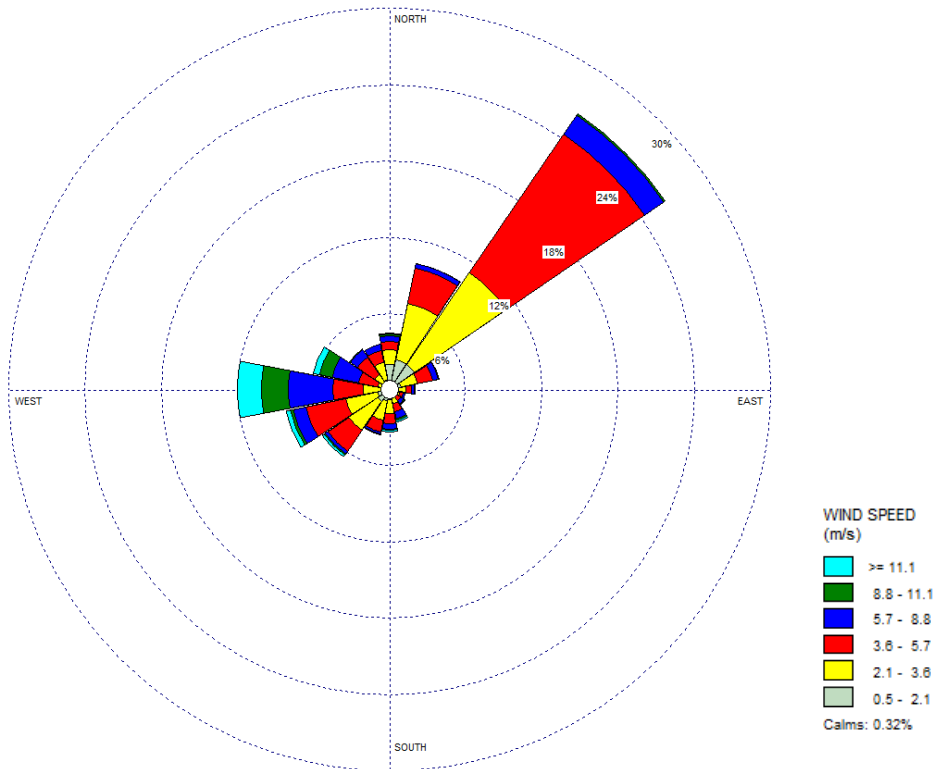


Figura 4-9 Rosa dei venti presso la centralina di Agip Petroli, anno 2014

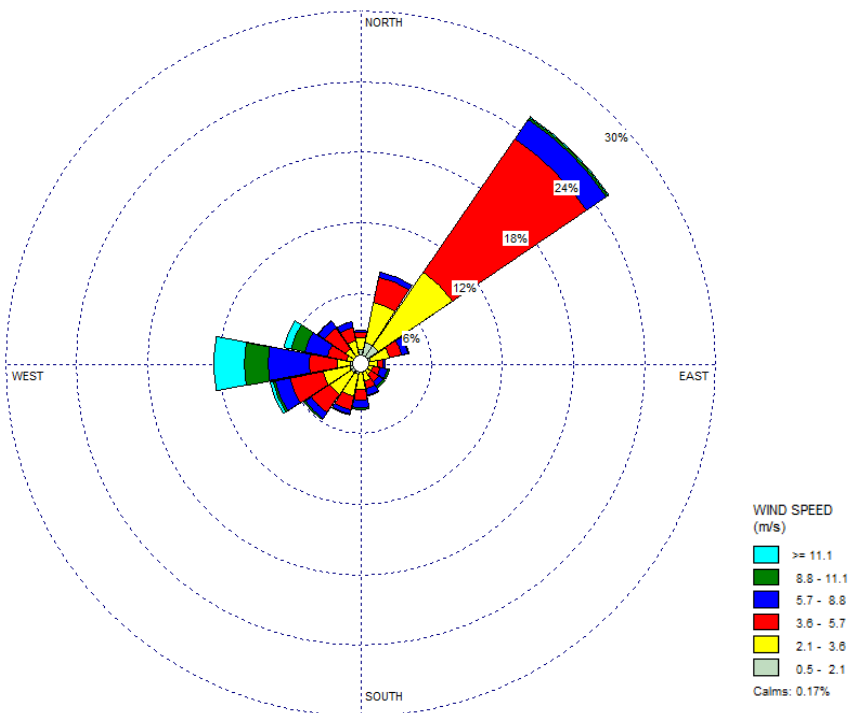
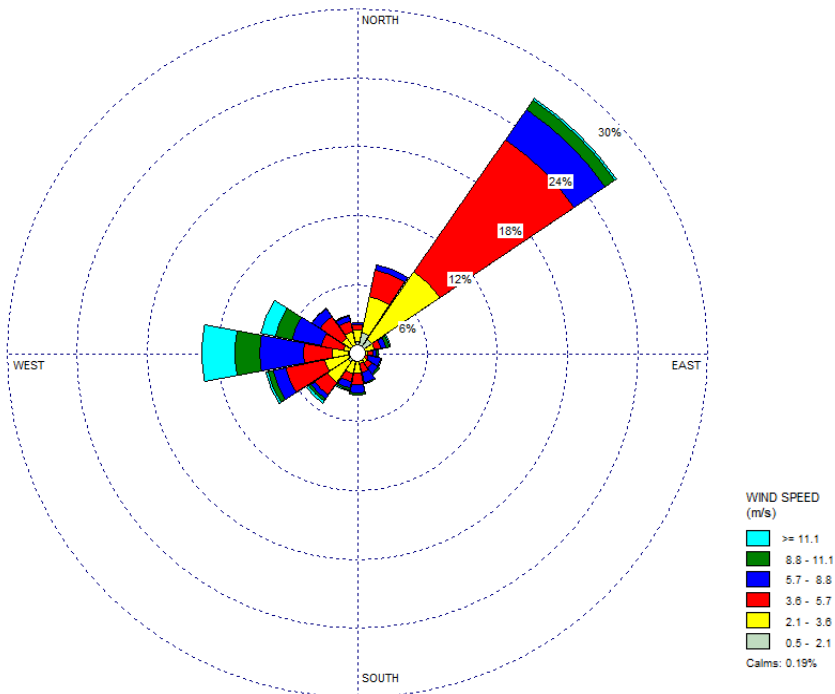
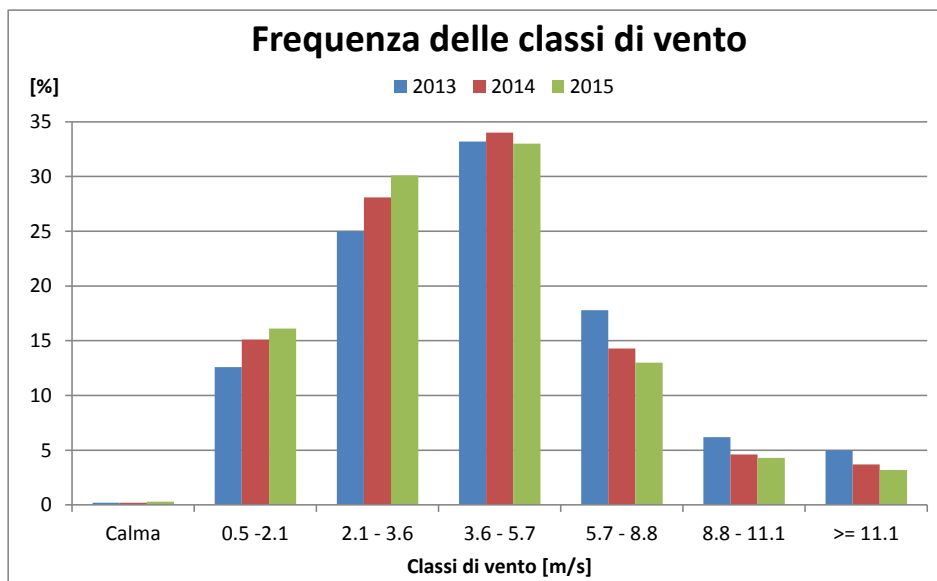


Figura 4-10 Rosa dei venti presso la centralina di Agip Petroli, anno 2013



Le rose dei venti dei tre anni sono in linea tra loro, presentando due direzioni prevalenti: Nord - Est e Ovest. La velocità del vento che si è verificata con maggior frequenza nel triennio è quella relativa a brezze leggere con valori compresi tra 2.1 e 5.7 m/s, come si può osservare nella figura seguente.

Figura 4-11 Frequenza delle classi di velocità del vento per gli anni 2013 - 2015





4.2. Analisi dei parametri meteorologici in quota (dataset LAMA)

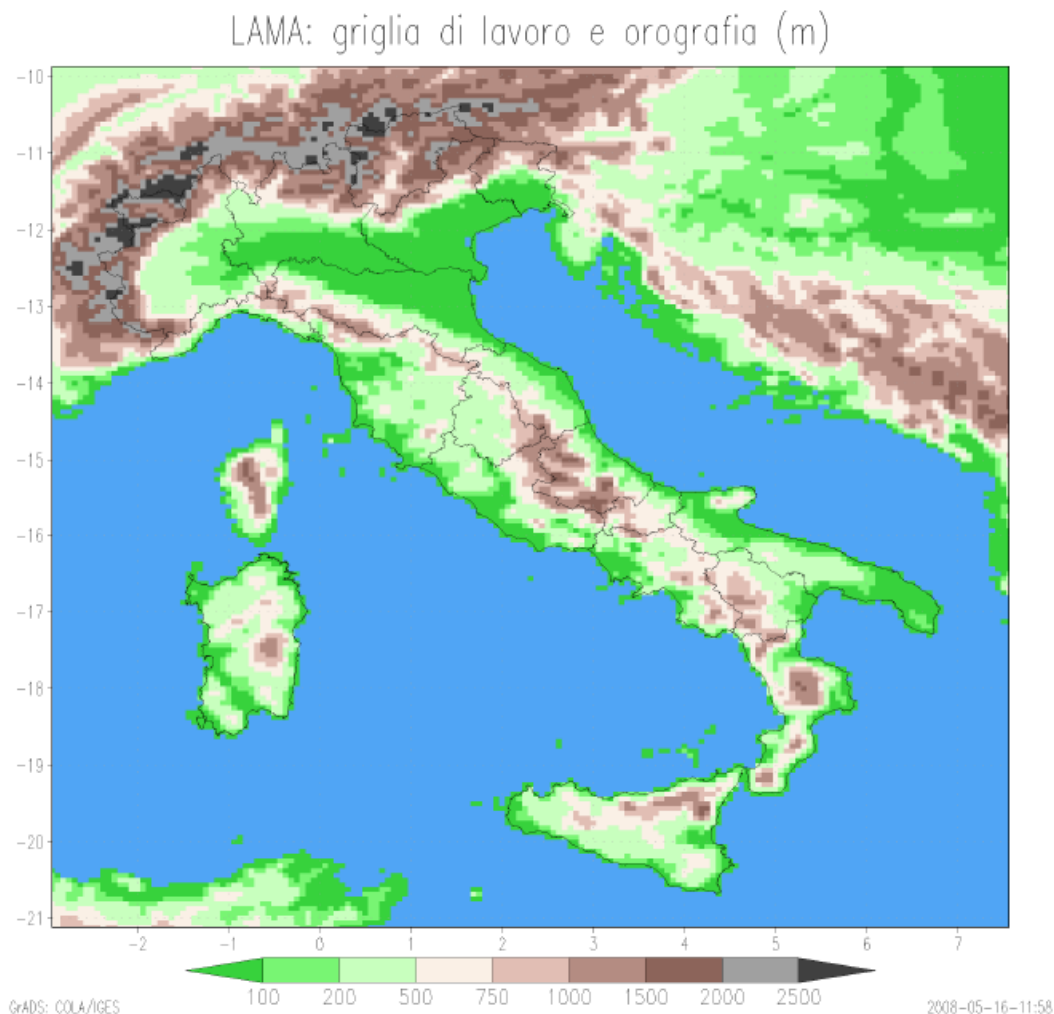
Il dataset LAMA è un modello meteorologico ad area limitata (LAMA), che fornisce una descrizione coerente e completa dell'atmosfera in un dominio di simulazione che copre l'intera Italia (si veda la Figura 4-12).

Tale dataset viene calibrato da ARPA Emilia Romagna e forzato ad avvicinarsi ai dati osservati dalle stazioni meteorologiche della rete meteorologica internazionale (dati GTS) secondo la tecnica dell' "assimilazione".

Questo modello contiene al suo interno le equazioni fluidodinamiche complete ed è capace di descrivere esplicitamente i fenomeni atmosferici includendo brezze e convezione. Contiene, inoltre, informazioni sulla interazione suolo-atmosfera, risultando molto indicato nelle simulazioni su territorio ad orografia complessa.

Tale dataset usa una griglia con un passo di 0.0625° in coordinate sferiche ruotate, corrispondente a una risoluzione orizzontale di circa 7 km. In verticale, vengono studiati 40 livelli: l'ultimo è fissato a 30 hPa, e i primi 1'500 m di atmosfera contengono almeno 13 livelli di analisi.

Figura 4-12 Griglia di lavoro e orografia



Per il territorio di analisi e per l'anno 2015 sono disponibili 33 livelli di analisi (compresi tra 0 e 21'744 m di altezza sul livello del mare). In seguito alle operazioni di calibrazione e validazione del modello è stata selezionata la quota a 970 m s.l.m. (si veda il paragrafo successivo per maggiori informazioni), come altezza di riferimento per i dati meteorologici in quota.

La distribuzione delle classi di velocità a 970 m di altezza (mostrata in Figura 4-14) evidenzia che i valori più frequenti sono quelli 3.6 m/s e 8.8 m/s. Rispetto ai valori riscontrati a terra, in quota la velocità dei venti risulta superiore: la velocità massima riscontrata è pari a 26.6 m/s e quella media è di 6.3 m/s, mentre nello stesso anno la centralina Agip Petroli ha rilevato (all'altezza di 40 m dal suolo) una velocità massima pari 18.3 m/s ed una velocità media di 4.3 m/s.

La rosa dei venti a 970 metri di quota è indicata in Figura 4-13.

Figura 4-13 Rosa dei venti alla quota di 970 metri, anno 2015

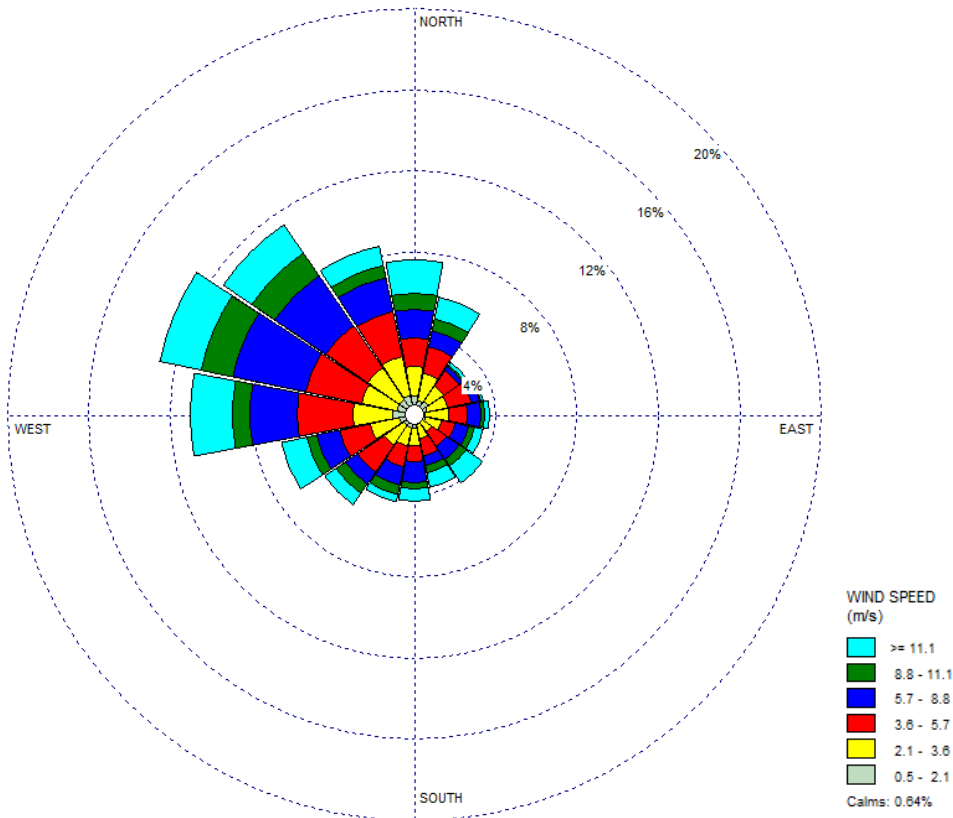
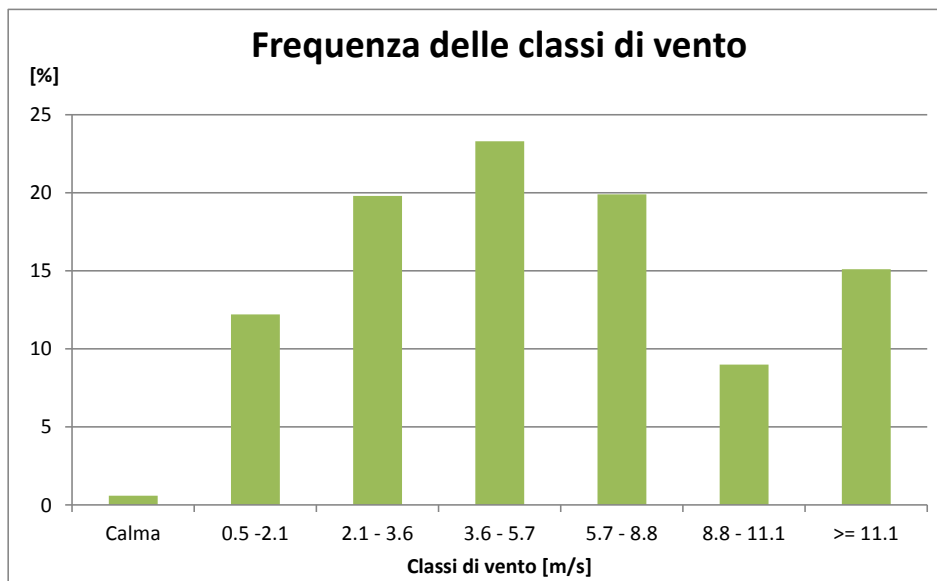


Figura 4-14 Distribuzione delle classi di velocità alla quota di 970 metri, anno 2015





Per completezza si riportano le rose dei venti degli anni 2014 e 2013 a 970 metri di quota (Figura 4-16 e Figura 4-15), che mostrano anch'esse come direzioni prevalenti del vento Ovest – Nord - Ovest e Nord - Ovest. La velocità massima negli anni 2014 e 2013 è rispettivamente pari a 30.3 m/s e 36.7 m/s, mentre la velocità media è pari a 6.7 m/s e 7.3 m/s.

Figura 4-15 Rosa dei venti alla quota di 970 metri, anno 2014

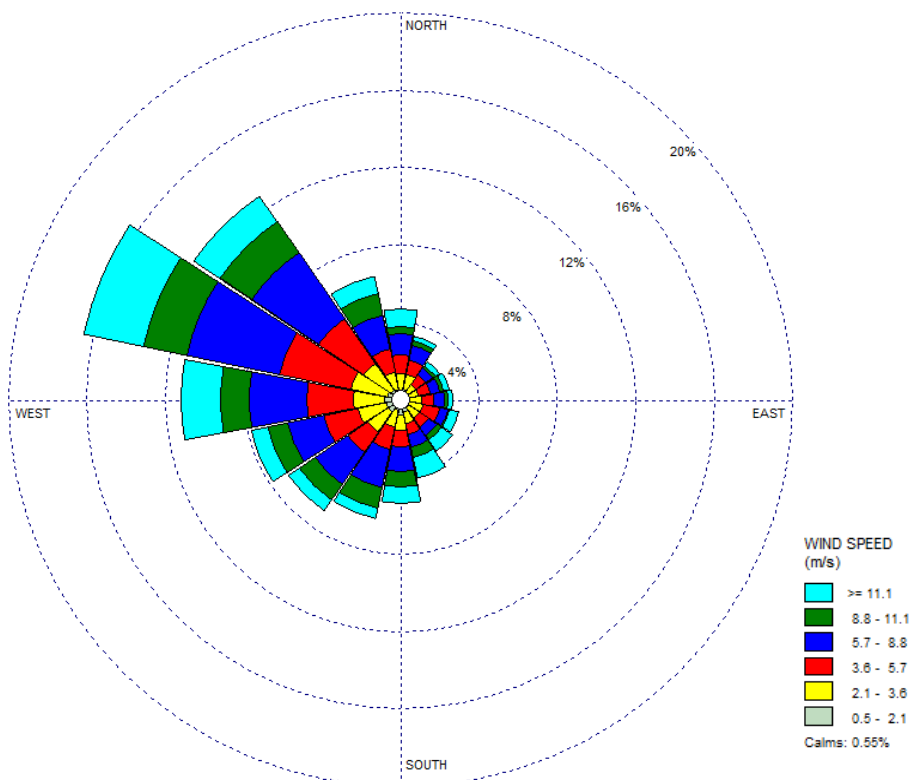
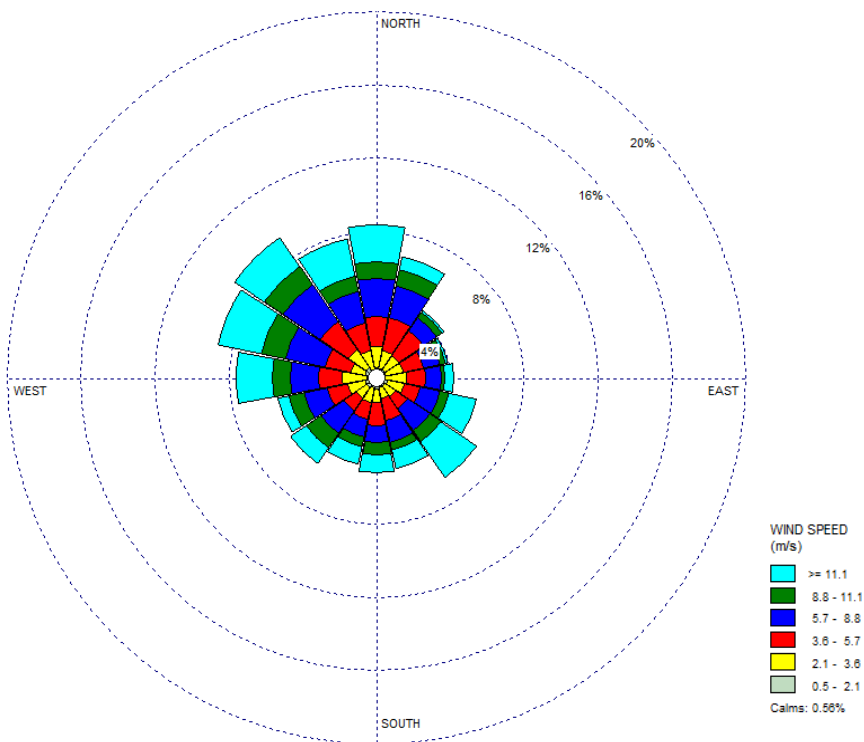
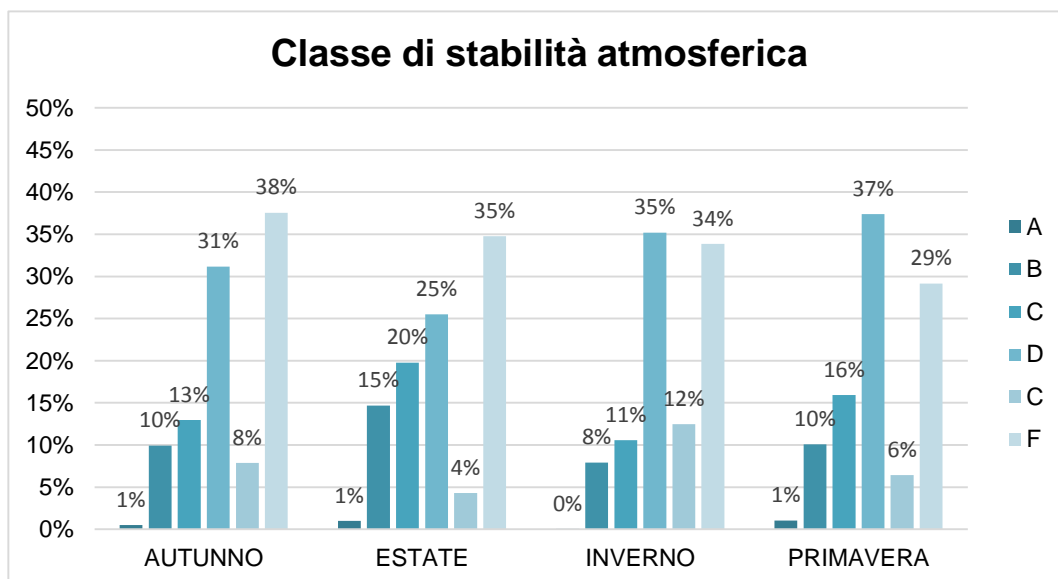


Figura 4-16 Rosa dei venti alla quota di 970 metri, anno 2013



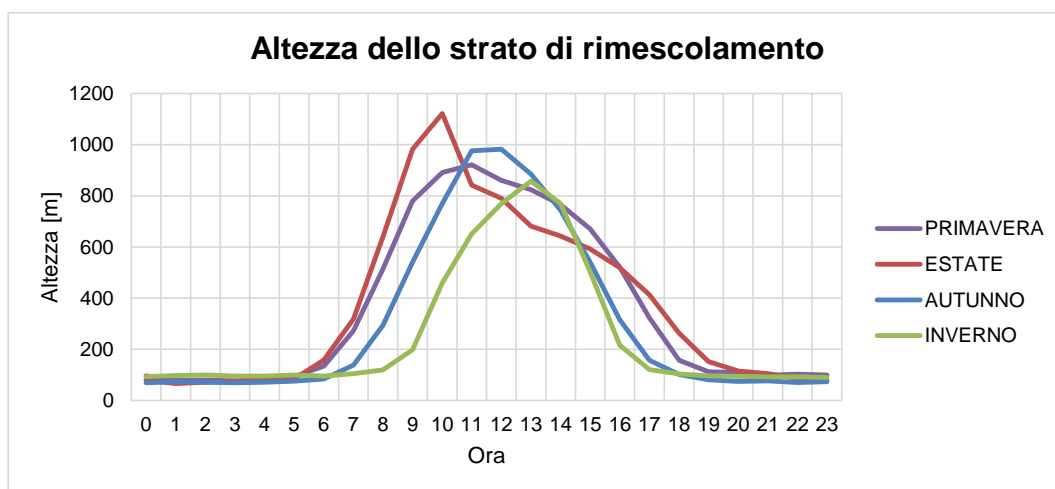
La classe di stabilità atmosferica prevalente dell'anno 2015 è la classe D (leggermente stabile) in primavera, le classi D e F (rispettivamente leggermente stabile e stabile) in inverno, e la classe F in estate e in autunno.

Figura 4-17 Classi di stabilità atmosferica, anno 2015



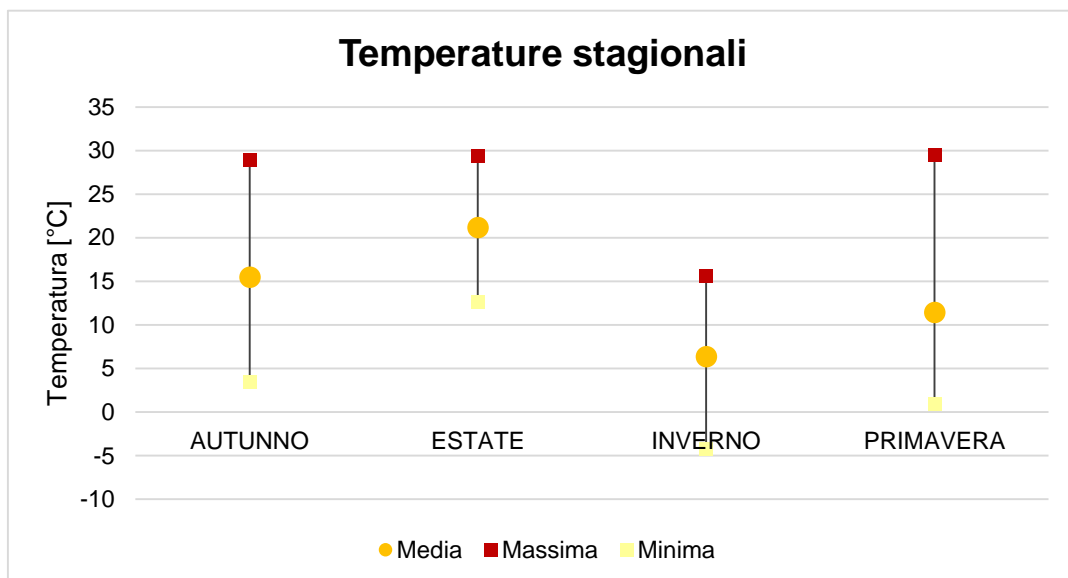
Per quanto concerne l'altezza dello strato di rimescolamento dell'anno 2015 (Figura 4-18), si può notare come l'andamento orario nel giorno medio di tale parametro sia piuttosto omogeneo nel corso delle stagioni.

Figura 4-18 Altezza strato di rimescolamento, anno 2015



Per quanto riguarda, la temperatura a 970 metri di quota, il valore medio più elevato è raggiunto in estate, il massimo è stato registrato a settembre e la temperatura minima è scesa al di sotto di 0°C, ed è stata raggiunta in dicembre.

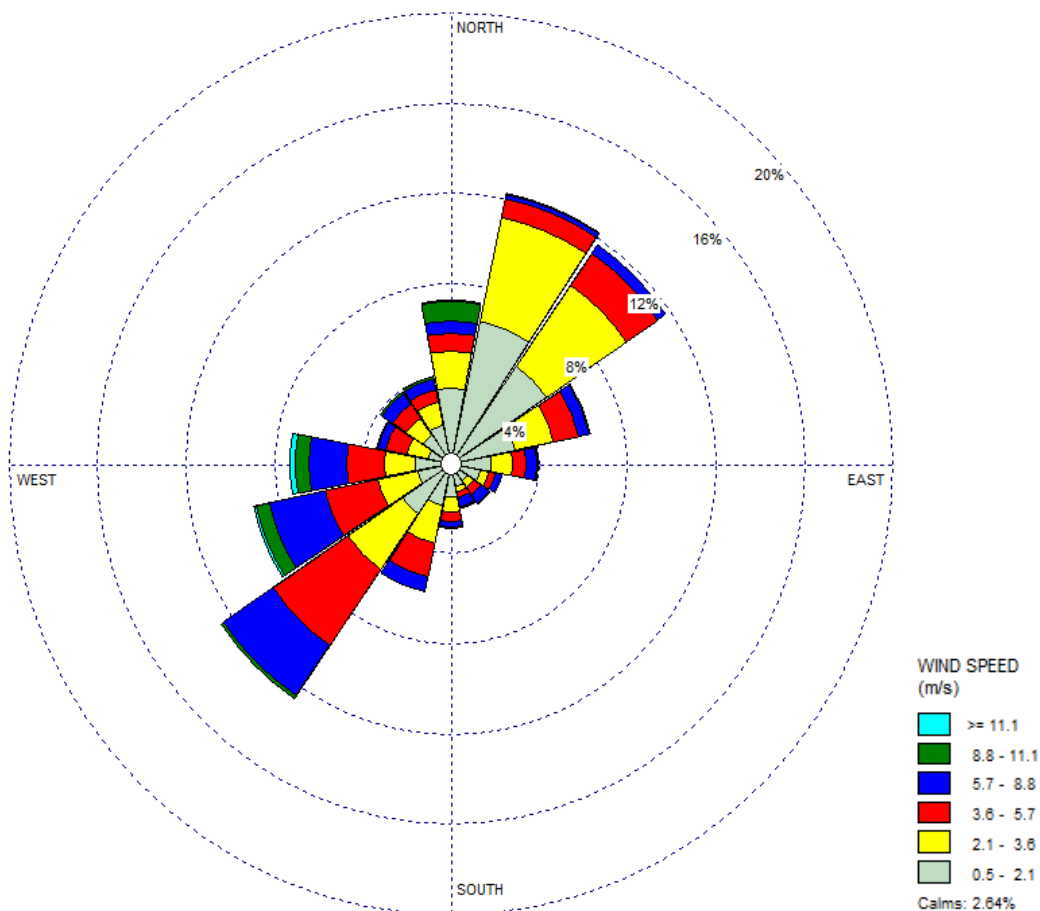
Figura 4-19 Andamento annuale dei valori medi, massimi e minimi della temperatura registrata a 970 metri, anno 2015



La rosa dei venti dell'anno 2015 calcolata al suolo (34 metri) presente nel dataset LAMA (Figura 4-20) risulta in linea con quella ricavata dai dati meteorologici monitorati presso la

centralina Agip Petroli (alla quota di 40 m): globalmente i venti provengono in modo prevalente da Sud - Ovest, Nord - Nord - Est e Nord - Est.

Figura 4-20 Rosa dei venti al suolo presente nel dataset LAMA, anno 2015



Tale rosa risulta essere in linea per direzione e velocità del vento con le rose degli anni 2014 e 2013 a 34 metri di quota, mostrate nelle figure successive.

Figura 4-21 Rosa dei venti al suolo presente nel dataset LAMA, anno 2014

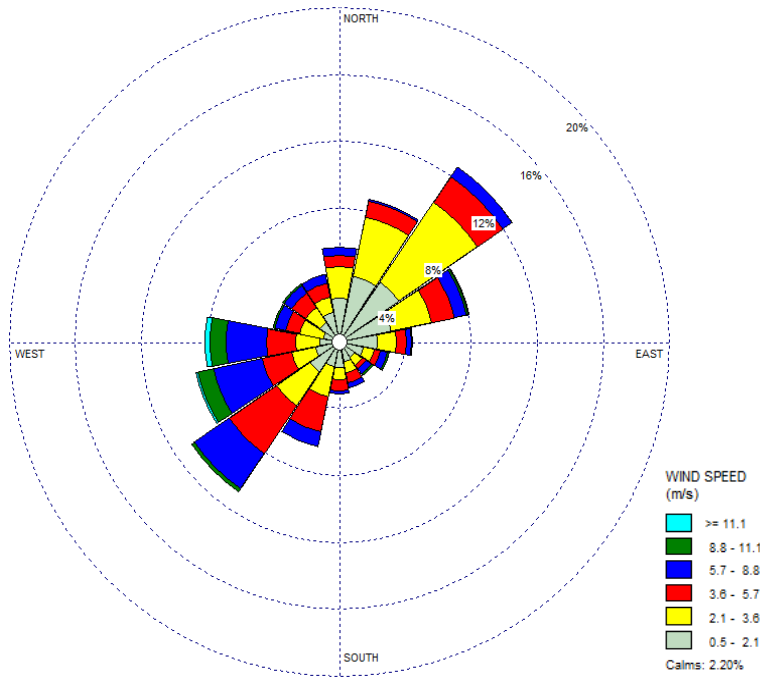
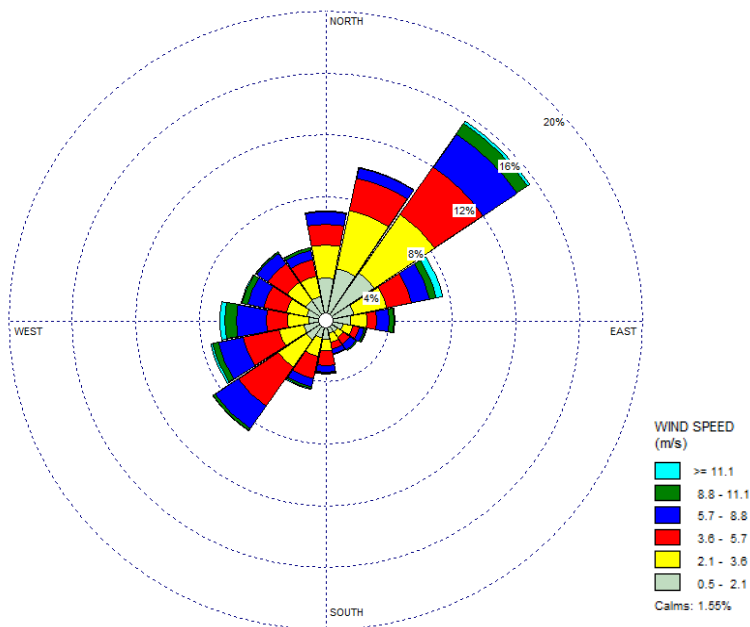


Figura 4-22 Rosa dei venti al suolo presente nel dataset LAMA, anno 2013





4.3. Dati meteorologici utilizzati in input al modello

Le caratteristiche meteo climatiche e meteo diffusive utilizzate per lo studio modellistico di dispersione degli inquinanti si riferiscono all'anno meteo 2015 e considerano sia le informazioni monitorate a terra che quelle in quota fornite dal dataset LAMA.

Le informazioni rilevate a terra sono quelle che meglio descrivono le caratteristiche micro-meteorologiche del territorio locale e sono state impiegate prioritariamente per la definizione dell'input meteo.

Le informazioni in quota sono però indispensabili per meglio descrivere la dispersione nell'atmosfera delle emissioni della Raffineria in quanto questa ha dei camini di altezza significativa (fino a 150 m); la spinta termica, data dall'elevata temperatura di emissione dei fumi in atmosfera e la spinta dinamica data dalla velocità di uscita dei fumi contribuiscono all'innalzamento del pennacchio. La quota scelta del dataset LAMA corrisponde al livello 970 metri dove l'effetto del suolo comincia ad essere meno significativo e quindi l'utilizzo di un modello con un minor dettaglio spaziale può essere comunque rappresentativo delle reali condizioni.

I dati rilevati nelle stazioni a terra ed utilizzati nelle simulazioni all'interno del file meteorologico sono stati:

- Velocità del vento (40 metri),
- Direzione del vento (40 metri),
- Temperatura (40 metri),
- Precipitazione.

I dati presenti nel dataset LAMA ed utilizzati sono stati:

- Velocità del vento (970 metri),
- Direzione del vento (970 metri),
- Temperatura (970 metri).

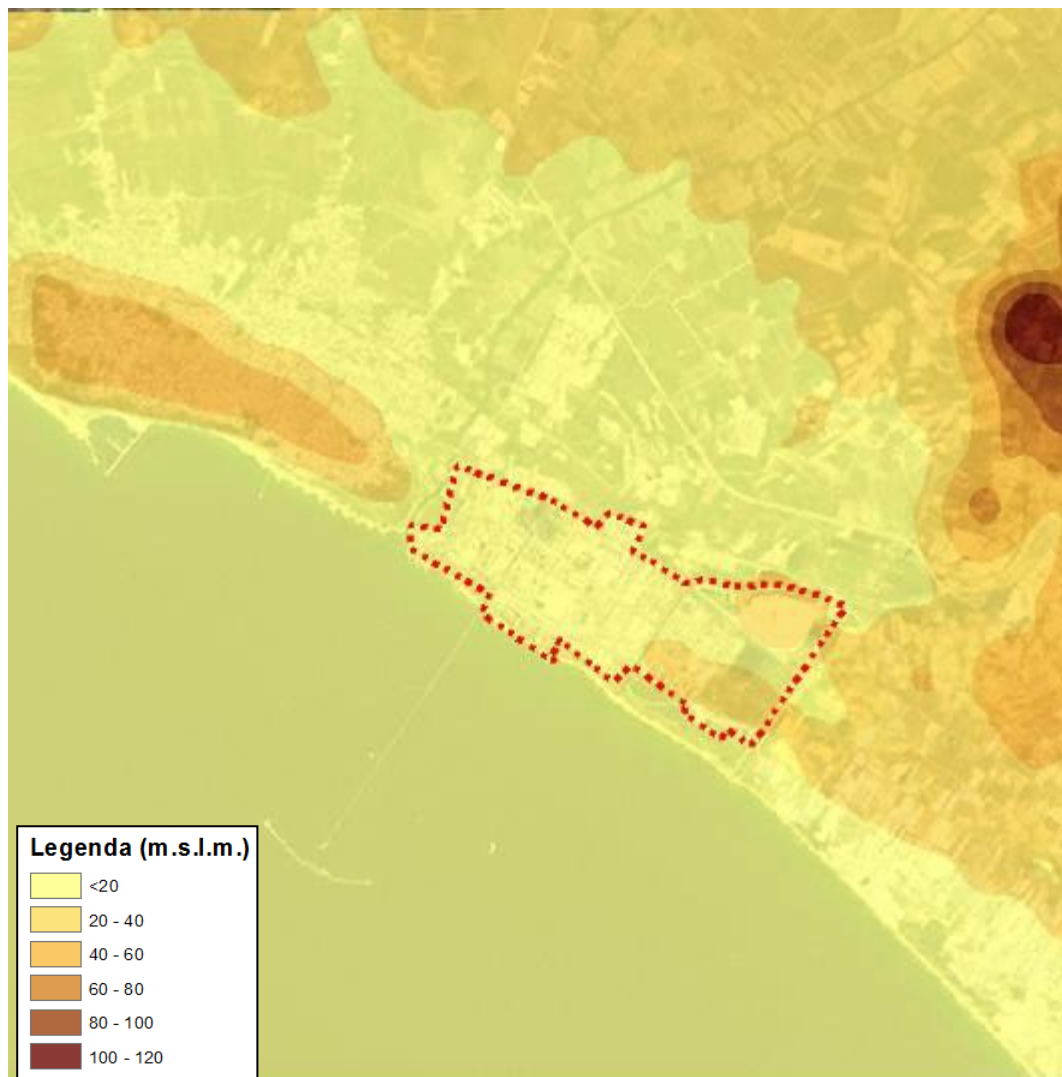
Dal dataset LAMA, inoltre, sono stati ricavati i dati relativi alla turbolenza atmosferica, ovvero:

- Classe di stabilità atmosferica,
- Lunghezza di Monin-Obukhov,
- Velocità di frizione superficiale.

4.4. Analisi morfologica del territorio

L'impianto di Gela è situato in un contesto pianeggiante (Figura 4-23), infatti la quota sul livello del mare è circa pari a 20 metri, con la quota più alta a circa 120 metri.

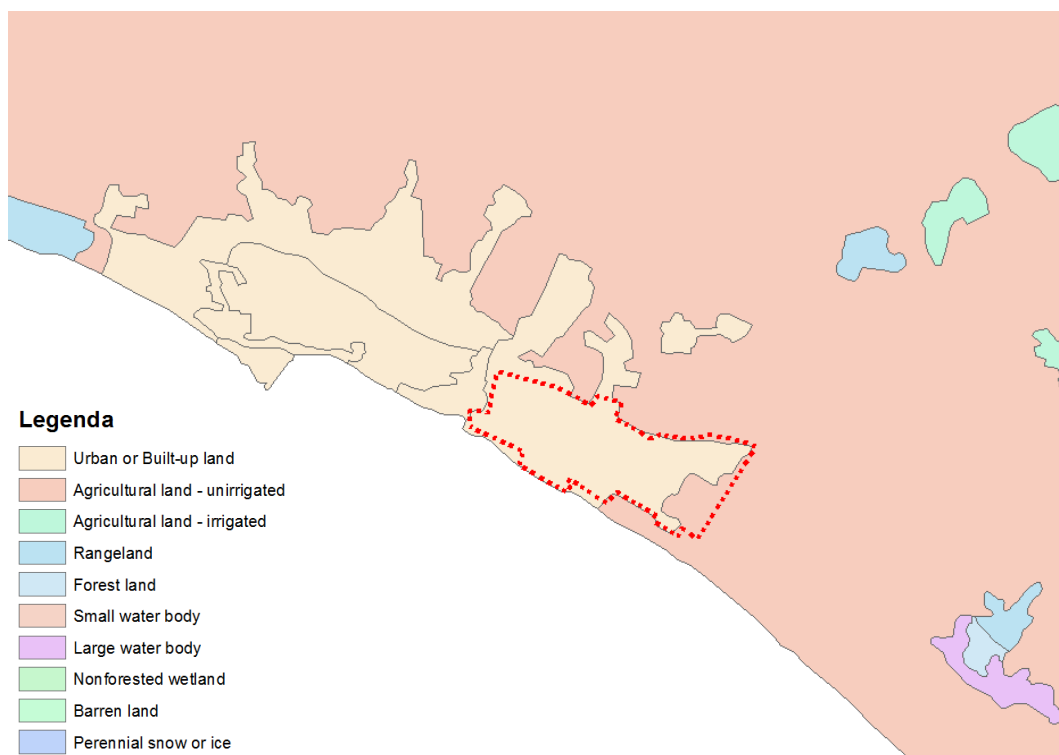
Figura 4-23 Localizzazione della raffineria (in rosso) in relazione all'orografia del territorio



Per quanto concerne l'uso del suolo (Figura 4-24), l'impianto è situato in una zona caratterizzata principalmente da aree agricole e conurbazioni urbane/industriali.



Figura 4-24 Localizzazione della raffineria (in rosso) in relazione all'uso del suolo





5. IL MODELLO DI DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI

5.1. Inquinanti considerati

La simulazione di dispersione degli inquinanti in atmosfera è stata effettuata mediante il modello di simulazione CALPUFF, per i seguenti inquinanti:

- SO₂ (Biossido di Zolfo);
- NO₂ (Biossido di Azoto);
- PM₁₀ (Materiale particolato con diametro inferiore a 10 µm);
- CO (Monossido di Carbonio);
- COV (Composti organici volatili);
- H₂S (Acido Solfidrico);
- NH₃ (Ammoniaca).

In questo studio, cautelativamente, è stato assunto:

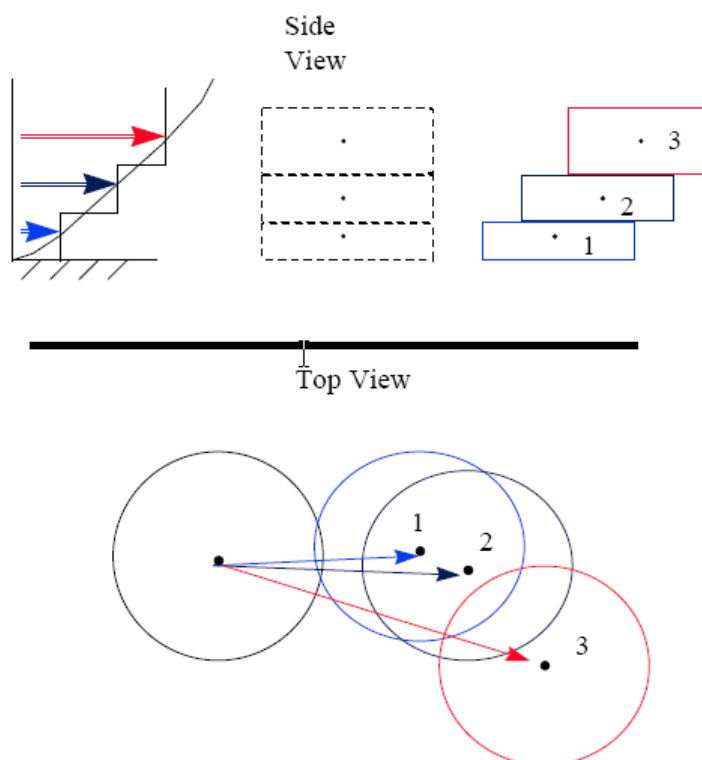
- Il PM₁₀ pari a tutte le polveri sospese
- L'NO₂ pari alla totalità degli NO_x

5.2. Descrizione del modello CALPUFF

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 sia nel caso del trasporto a medio e a lungo raggio, sia per applicazioni di ricadute nelle immediate vicinanze delle sorgenti con condizioni meteorologiche complesse.

Figura 5-1 Schema di funzionamento del modello CALPUFF

CALPUFF PUFF-SPLITTING



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.

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



Le tipologie di emissioni previste dal modello CALPUFF 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 - utilizzate in questo studio.

In ciascun caso è possibile assegnare anche un profilo temporale emissivo orario.

5.3. Griglia dei recettori

I valori delle concentrazioni degli inquinanti al suolo sono stati stimati in corrispondenza di una serie di punti recettori (2'500) appartenenti ad una griglia di calcolo regolare caratterizzata da una maglia con passo di 200 m (Figura 5-2). A ciascun punto della griglia di calcolo è stata assegnata la quota sul livello del mare derivata dal DTM (Modello Digitale del Terreno) SRMT NASA-USGS che dispone di una risoluzione spaziale di 90 m. Tutti i recettori sono stati posizionati ad una quota di 2 metri rispetto al piano campagna.

Figura 5-2 Localizzazione del dominio di calcolo (in arancione), dei recettori considerati nelle simulazioni (in viola) e del perimetro della Raffineria (in rosso)





5.4. Emissioni

La raffineria intende operare una modifica al progetto precedentemente autorizzato "G2 Project" (assetto "green"), che in tale studio rappresenta lo scenario Ante operam, mediante la dismissione dell'esistente unità Texaco con annesse unità di purificazione idrogeno, di frazionamento aria e della caldaia G500 della centrale termoelettrica, e nell'introduzione di due nuovi camini (E-POT e E-steam). Inoltre nello scenario Post Operam si prevede la variazione delle caratteristiche emissive di altri due camini (E12, E13).

Le emissioni considerate sono rispettivamente:

- Convogliate, simulate nel modello come emissioni puntuali;
- Diffuse e fuggitive, trattate nel modello sotto forma di emissioni volumetriche.

5.4.1. Emissioni convogliate

Lo scenario Ante operam (AO) considera le emissioni provenienti dai camini E12, E13, E17, E18 e E21-4. Lo scenario Post operam (PO) invece prevede la dismissione delle esistenti unità Texaco (camini E17 e E18) e della caldaia G500 (E21-4), l'introduzione di due nuovi camini (E-POT e E-steam) e la modifica delle caratteristiche emissive di altri due camini (E12 ed E13). Le caratteristiche geometriche dei camini esistenti e di progetto sono descritte in Tabella 5-1.

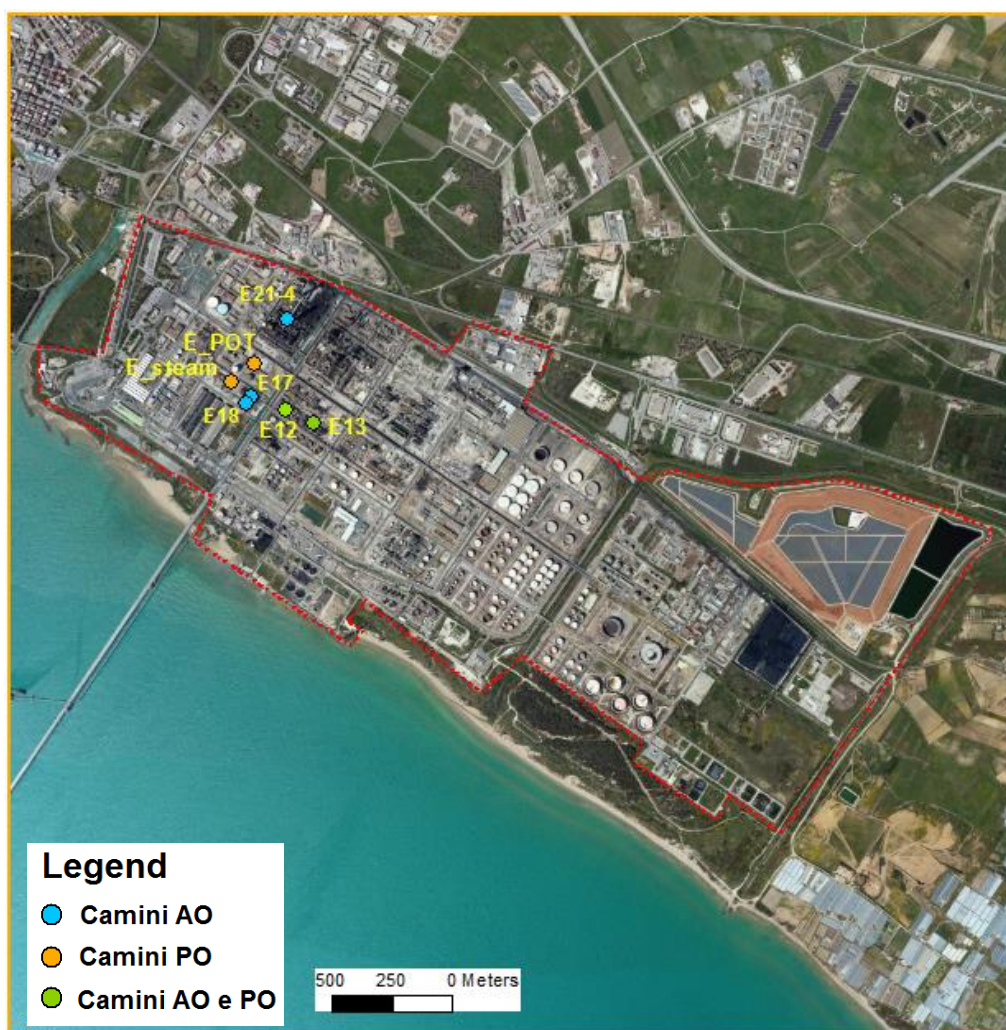
Tabella 5-1 Caratteristiche geometriche dei camini

Camino	Impianto afferente	Altezza (m)	Diametro (m)	Temp. fumi (°C)	Portata fumi (Nm ³ /h)	Coordinate UTM33		Scenario
						X (km)	Y (km)	
E12	Desolfurazione Flussanti	13.9	1.52	410	26'000	435.359	4'101.356	AO e PO
E13	Desolfurazione Gasoli	29	1.76	310	19'000	435.480	4'101.299	AO e PO
E17	Texaco A	42.5	0.39	80	10'000	435.218	4'101.413	AO
E18	Texaco B	42.5	0.39	80	10'000	435.195	4'101.382	AO

Camino	Impianto afferente	Altezza (m)	Diametro (m)	Temp. fumi (°C)	Portata fumi (Nm ³ /h)	Coordinate UTM33		Scenario
						X (km)	Y (km)	
E21-4	Caldaia G500	150	4.2	150	250'000	435.371	4'101.732	AO
E-POT	POT	35	0.80	370	4'259	435.233	4'101.547	PO
E-steam	Nuovo Steam Reformer	40.0	2.65	212	130'000	435.137	4'101.473	PO

La localizzazione dei camini per i due scenari è rappresentata in Figura 5-3.

Figura 5-3 Localizzazione dei camini sia dello scenario Ante che Post operam





Le caratteristiche emissive alla massima capacità produttiva, per entrambi gli scenari di simulazione, sono riassunte nelle tabelle seguenti. Cautelativamente, per ciascun camino è stato considerato il funzionamento alla massima capacità produttiva continuativo per 8'760 ore all'anno.

Tabella 5-2 Caratteristiche emissive relative a sorgenti convogliate nello scenario Ante operam

Camino	NO _x	SO ₂	Polveri	CO	COV	H ₂ S	NH ₃
E12	56.9	410.0	4.6	25.1	2.5	0.2	1.3
E13	41.6	33.3	3.3	18.3	1.8	0.1	0.9
E17	21.9	17.5	1.8	26.3	0.9	0.1	0.4
E18	21.9	17.5	1.8	26.3	0.9	0.1	0.4
E21-4	657.0	77.0	22.0	208.0	24.0	1.5	12.0

Tabella 5-3 Caratteristiche emissive relative a sorgenti convogliate nello scenario Post operam

Camino	NO _x	SO ₂	Polveri	CO	COV	H ₂ S	NH ₃
E12	79.7	8.0	1.1	22.8	2.3	0.1	0.7
E13	58.3	5.8	0.8	16.6	1.7	0.1	0.5
E-POT	13.1	1.3	0.2	3.7	0.4	0.0	0.0
E-steam	11.4	39.9	5.7	113.9	11.4	0.7	9.1

Per lo scenario Ante operam, il camino responsabile delle maggiori emissioni è E21-4 per tutti gli inquinanti ad eccezione dell'SO₂, per il quale prevale il camino E12. Il camino E12 risulta nello scenario Post operam il maggior emittitore di NO_x mentre per gli altri inquinanti risulta superiore il camino E-steam.

Lo scenario Post operam è caratterizzato da una riduzione media rispetto a tutti gli inquinanti pari al 61%.

5.4.2. Emissioni diffuse e fuggitive

Le emissioni diffuse e fuggitive sono costituite prevalentemente da composti organici volatili (COV) e generate dalle perdite fisiologiche e cioè non accidentali, dagli organi di tenuta degli impianti chimici e petrolchimici. I principali organi di tenuta che si prendono in considerazione sono quelli relativi a: flange, valvole di sicurezza, compressori, pompe e valvole di regolazione.

Tali emissioni sono state stimate per ciascuna fase del ciclo produttivo in cui vengono generate (Tabella 5-4).

Tabella 5-4 Fasi del ciclo produttivo che originano emissioni diffuse e fuggitive

ID	Fase	Descrizione	Altezza (m)	Area Scenario AO (m ²)	Area Scenario PO (m ²)
1	Stoccaggio prodotti	Valvole dei serbatoi	25	135'503	143'673
2	Impianti di processo	Impianti di processo attivi nel ciclo alternativo "green"	15	73'191	58'959

Ad ognuna delle fasi del ciclo produttivo è associata una specifica area di competenza all'interno della raffineria, identificata nelle figure sottostanti attraverso il proprio codice identificativo (ID).

Figura 5-4 Localizzazione delle fasi del ciclo produttivo per lo scenario Ante operam

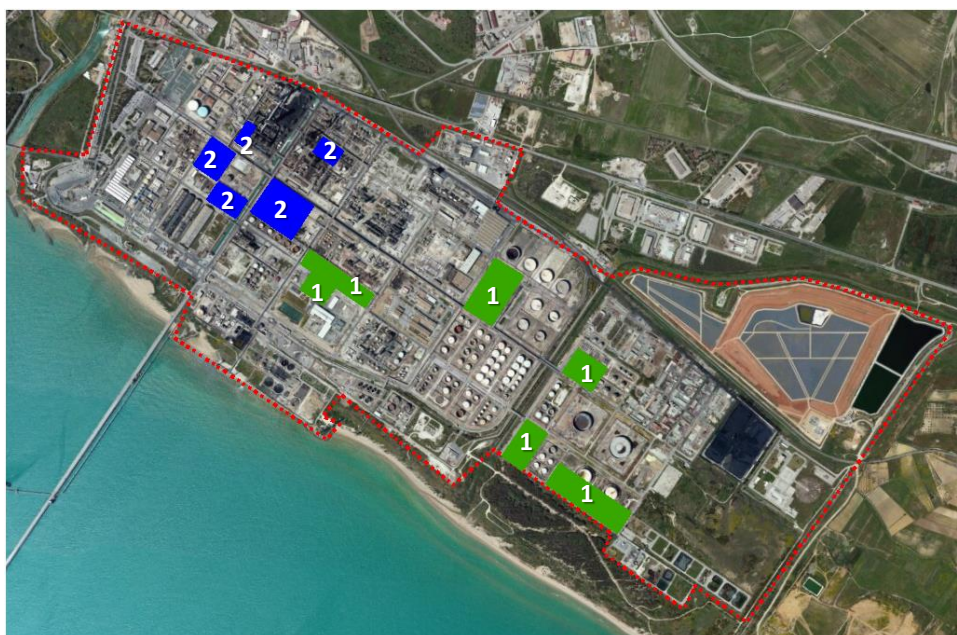
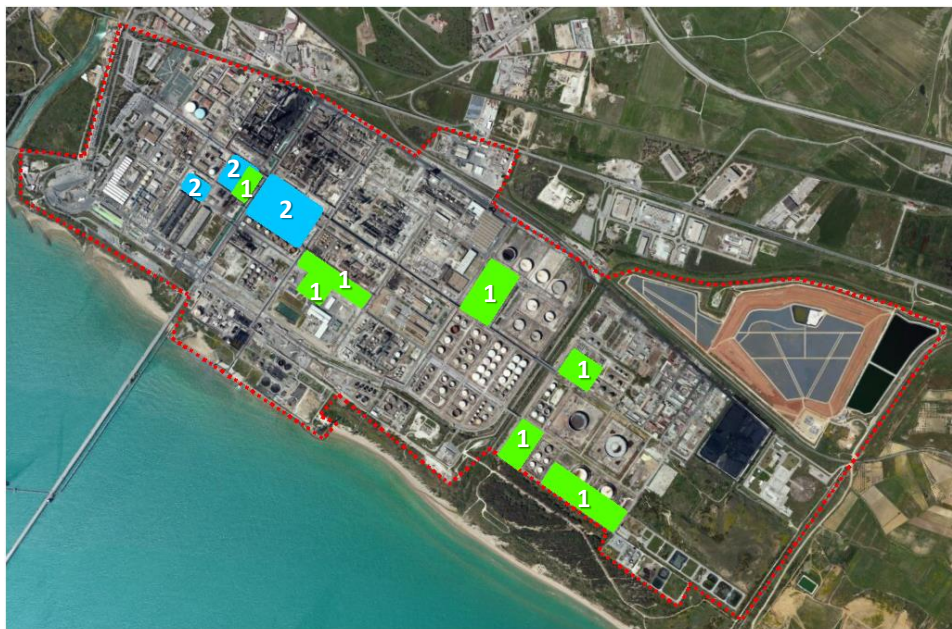


Figura 5-5 Localizzazione delle fasi del ciclo produttivo per lo scenario Post operam



Le emissioni diffuse e fuggitive di COV originate negli scenari Ante e Post operam sono riportate in Tabella 5-5, dove tra parentesi si indica il contributo in termini di benzene. Entrambi i dati sono tratti dalla scheda B.8 "Fonti di emissioni in atmosfera di tipo non convogliato (massima capacità produttiva)".

Tabella 5-5 Caratteristiche emissive relative a sorgenti diffuse e fuggitive nello scenario Ante e Post operam in termini di COV e benzene

ID	Fase	UdM	COV (benzene)	
			Scenario Ante operam	Scenario Post operam
1	Stoccaggio prodotti	t/a	403.5 (3.5)	443.85 (3.85)
2	Impianti di processo		201.6 (1.6)	201.6 (1.6)
Totale			605.1 (5.1)	645.45 (5.45)

La fase responsabile delle emissioni più elevate è lo stoccaggio dei prodotti che emette circa il doppio rispetto agli impianti di processo. Lo stoccaggio inoltre registra un incremento del 10% rispetto all'Ante operam mentre sono invariate le emissioni diffuse e fuggitive degli impianti di processo.

5.4.3. Bilancio emissivo complessivo

Il bilancio emissivo complessivo (in termini di sorgenti convogliate, diffuse e fuggitive) dei due scenari è descritto in Tabella 5-6. Per tutti gli inquinanti, lo scenario Post operam è contraddistinto da emissioni sempre inferiori rispetto all'Ante operam, ad eccezione dei

composti organici volatili. Il miglioramento è molto significativo per gli inquinanti: NO_x, SO₂ e Polveri.

Tabella 5-6 Confronto tra le caratteristiche emissive complessive relative ai due scenari

	NO _x	SO ₂	Polveri	CO	COV(benzene)	H ₂ S	NH ₃
Scenario Ante operam (t/a)	799.35	555.29	33.48	303.96	635.20(6.93)	2.00	15.00
Scenario Post operam (t/a)	162.42	54.96	7.85	157.03	661.15 (6.41)	0.92	10.29
Differenza percentuale (%)	-80%	-90%	-77%	-48%	+4% (-7.5%)	-54%	-31%

Come si osserva in Tabella 5-7, l'apporto delle sorgenti diffuse e fuggitive è decisamente preponderante rispetto alle emissioni convogliate per entrambi gli scenari, essendo maggiore del 95%.

Tabella 5-7 Confronto tra il contributo delle diverse tipologie di emissioni per i COV nei due scenari

	Emissioni convogliate (t/a)	Emissioni diffuse e fuggitive (t/a)	Emissioni totali (t/a)	Contributo emissioni convogliate (%)	Contributo emissioni diffuse e fuggitive (%)
Scenario Ante operam	30.1	605.1	635.2	4.7	95.3
Scenario Post operam	15.7	645.5	661.2	2.4	97.6

5.4.4. Speciazione dei COV per la valutazione dell'impatto sanitario

Poiché l'obiettivo ultimo del presente studio è quello di effettuare una valutazione di impatto sanitario, è stato necessario identificare le particolari specie di COV emesse, a cui attribuire i relativi valori di *Slope Factor* (SF) e *Reference Concentration* (RfC), indicatori rispettivamente del rischio cancerogeno e di quello tossico non cancerogeno (si veda per maggiori dettagli il Capitolo 7).

Per quanto concerne le emissioni in atmosfera di tipo non convogliato, sono state stimate le emissioni diffuse e fuggitive di Benzene. Per tutte le altre emissioni di COV sia convogliate



che diffuse si è fatto riferimento alle speciazioni riportate nella banca dati SPECIATE dell'EPA (versione 4.4¹). Si veda a tal proposito la Tabella 5-8.

Tabella 5-8 Confronto tra le caratteristiche emissive complessive relative ai due scenari

Tipo di emissione	FASE	Categoria in SPECIATE	Specie di COV emesse secondo SPECIATE	Specie di COV > 0.5%	Copertura spettro specie > 0.5%
Emissioni diffuse o fuggitive	Stoccaggio prodotti	Composite of 7 Emission Profiles from Crude Oil Storage Tanks	17	11	99.5%
	Impianti di processo	Petroleum Refineries	15	8	99.0%
Emissioni convogliate	Tutte le fasi di processo	Petroleum Refineries	15	8	99.0%

Come è possibile osservare nella tabella precedente, utilizzando una curva di speciazione tipica, il numero di specie di COV emesse può risultare molto elevato. Sono state a tal proposito considerate trascurabili le specie presenti in misura inferiore allo 0.5%, oltre a quelle indicate come non identificate, normalizzando successivamente tale spettro a ottenere nuovamente una somma del 100%. Per le emissioni diffuse, conoscendo già le emissioni di Benzene, tale specie è stata tolta dai profili. In Tabella 5-8 è riportato il numero di specie di COV presenti nello spettro emissivo tipico di ogni reparto per più dello 0.5%, unitamente alla percentuale di copertura dello spettro originario.

Sono state quindi ricercate le specie di COV che, per pericolosità e/o per entità dell'emissione, rappresentassero la maggior criticità dal punto di vista del rischio: per ogni specie il rischio cancerogeno e il rischio tossico sono stati stimati come prodotto delle emissioni della specie stessa e, rispettivamente, lo SF e il reciproco del RfC della specie, ottenendo conseguentemente le relative ranking-list. Per quanto riguarda i valori di SF e RfC utilizzati si rimanda al Capitolo 7 per approfondimenti.

¹ www.epa.gov/ttnchie1/software/speciate

Tabella 5-9 Classificazione delle specie di COV emesse dall'impianto ENI di Gela secondo il rischio cancerogeno – prime due specie. Configurazione Ante operam

Specie COV	Emissione complessiva [t/anno]	SF [(mg/kg-giorno) ⁻¹]	RISCHIO CANCEROGENO [t/anno (mg/kg-giorno) ⁻¹]
Butadiene	12.3	1.05E-01	1.29
Benzene	6.9	2.73E-02	0.19

Tabella 5-10 Classificazione delle specie di COV emesse dall'impianto ENI di Gela secondo il rischio cancerogeno – prime due specie. Configurazione Post operam

Specie COV	Emissione complessiva [t/anno]	SF [(mg/kg-giorno) ⁻¹]	RISCHIO CANCEROGENO [t/anno (mg/kg-giorno) ⁻¹]
Butadiene	11.6	1.05E-01	1.22
Benzene	6.4	2.73E-02	0.17

Tabella 5-11 Classificazione delle specie di COV emesse dall'impianto ENI di Gela secondo il rischio tossico – prime due specie. Configurazione Ante operam

Specie COV	Emissione complessiva [t/anno]	RfC [mg/m ³]	RISCHIO TOSSICO [(t/anno)(mg/m ³) ⁻¹]
Butadiene	12.3	2.0E-03	6'150
Benzene	6.9	3.0E-02	230

Tabella 5-12 Classificazione delle specie di COV emesse dall'impianto ENI di Gela secondo il rischio tossico – prime due specie. Configurazione Post operam

Specie COV	Emissione complessiva [t/anno]	RfC [mg/m ³]	RISCHIO TOSSICO [(t/anno)(mg/m ³) ⁻¹]
Butadiene	11.6	2.0E-03	5'800
Benzene	6.4	3.0E-02	213

Come mostrato nelle tabelle precedenti entrambe le classificazioni individuano butadiene e benzene come specie più critiche. Sommando il rischio cancerogeno e il rischio tossico coperti da queste due specie si ottengono dei valori di rischio che rappresentano rispettivamente il 100% e il 95.9% nella fase Ante operam e il 100% e il 95.6% nella fase Post operam, di quelli dovuti a tutte le emissioni di COV dell'impianto. Attraverso quest'analisi si è limitata la successiva trattazione a sole due specie di COV che concentrano la totalità del rischio cancerogeno e la quasi totalità di quello tossico contenuti nelle emissioni di COV complessive.



Di seguito l'aggiornamento delle emissioni fino a qui determinate evidenziando il dettaglio per i COV.

Tabella 5-13 Dettaglio delle emissioni convogliate in [t/anno], dopo specazione dei COV

Camino	Impianto afferente	Emissioni Ante operam		Emissioni Post operam	
		Benzene	Butadiene	Benzene	Butadiene
E12	DF	0.15	0.13	0.14	0.12
E13	DG	0.11	0.09	0.10	0.08
E17	Texaco A	0.05	0.05	-	-
E18	Texaco B	0.05	0.05	-	-
E21-4	Quadricanne G500	1.47	1.22	-	-
E POT	POT	-	-	0.02	0.02
E Steam	Nuovo Steam Reformer	-	-	0.70	0.58

Tabella 5-14 Dettaglio delle emissioni diffuse e fuggitive in [t/anno], dopo specazione dei COV

Impianto afferente	Emissioni Ante operam		Emissioni Post operam	
	Benzene	Butadiene	Benzene	Butadiene
Stoccaggio prodotti	3.50	0.00	3.85	0.00
Impianti di processo	1.6	10.79	1.6	10.79

5.4.5. Emissioni totali utilizzate come input del modello di simulazione

Nelle tabelle successive è infine riportata la sintesi della totalità delle emissioni utilizzate come input emissivo per la successiva analisi modellistica di dispersione degli inquinanti in atmosfera.

Tabella 5-15 Emissioni totali in [t/anno] dell'impianto ENI di Gela – Configurazione Ante operam

t/anno	NO _x	SO ₂	PTS	CO	H ₂ S	NH ₃	Benzene	Butadiene
Totali	799.4	555.3	33.5	304.0	2.0	15.0	6.9	12.3

Tabella 5-16 Emissioni totali in [t/anno] dell'impianto ENI di Gela - Configurazione Post operam

t/anno	NO _x	SO ₂	PTS	CO	H ₂ S	NH ₃	Benzene	Butadiene
Totali	162.4	55.0	7.9	157.0	0.9	10.3	6.4	11.6



6. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

I risultati delle simulazioni effettuate con il modello CALPUFF sono rappresentati mediante mappe di isoconcentrazione che illustrano i risultati delle mediazioni sui differenti periodi temporali previsti dal D.Lgs 155/2010 per i diversi inquinanti, al fine di verificare l'impatto degli stessi rispetto ai limiti di qualità dell'aria vigenti (si veda Capitolo 2).

In Tabella 6-1 sono elencati i periodi di mediazione resi in formato grafico come mappe di isoconcentrazione e le corrispondenti tavole, che sono disponibili in allegato al presente studio.

Tabella 6-1 Elenco delle tavole allegate

Scenario	N°tavola	Inquinante	Periodo di mediazione
Ante operam	1	SO ₂	Media annua
	2		Percentile giornaliero
	3		Percentile orario
	4	PM ₁₀	Media annua
	5		Percentile giornaliero
	6	NO ₂	Media annua
	7		Percentile orario
	8	CO	Media giornaliera calcolata su 8 ore
	9	C ₆ H ₆	Media annua
	10	C ₄ H ₆	Media annua
	11	H ₂ S	Media giornaliera
	12	NH ₃	Media giornaliera
	13	NO _x	Media annua
Post operam	14	SO ₂	Media annua
	15		Percentile giornaliero
	16		Percentile orario
	17	PM ₁₀	Media annua
	18		Percentile giornaliero
	19	NO ₂	Media annua
	20		Percentile orario
	21	CO	Media giornaliera calcolata su 8 ore
	22	C ₆ H ₆	Media annua
	23	C ₄ H ₆	Media annua
	24	H ₂ S	Media giornaliera
	25	NH ₃	Media giornaliera



Scenario	N°tavola	Inquinante	Periodo di mediazione
	26	NO _x	Media annua

Come anticipato nel Capitolo 2, per gli inquinanti SO₂, NO₂, e PM₁₀ la normativa di riferimento fissa il numero di volte in cui la concentrazione limite può essere superata in un anno; i risultati prodotti sono quindi elaborati in modo da rappresentare il corrispondente percentile della concentrazione massima (nell'intervallo temporale fissato). I valori annuali sono invece mediati sull'anno completo.

I valori di riferimento utilizzati per le concentrazioni al suolo di H₂S e NH₃, non considerati dal DLgs 155/2010, sono tratti dalla letteratura internazionale (si veda la Tabella 2-2).

Inoltre, si ricordano, le seguenti assunzioni sono state adottate in via cautelativa nell'elaborazione dei dati:

- Si è considerata la concentrazione di NO₂ pari a quella degli NO_x, considerando 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, considerando che tutte le polveri emesse dall'impianto (PTS) siano particelle con dimensioni inferiori a 10 μm (PM₁₀).

Nelle tavole allegate si evidenzia graficamente come le ricadute degli inquinanti al suolo si configurino in linea con quanto previsto dall'analisi delle rose dei venti, ovvero nel quadrante a Sud - Ovest del dominio di simulazione (in mare) e nell'area agricola a Nord - Est della Raffineria. Nel caso dei COV (Benzene e Butadiene) le ricadute maggiori sono all'interno dell'impianto e nelle immediate vicinanze; tale comportamento è dovuto al fatto che le emissioni dei COV sono emissioni diffuse e quindi la dispersione non è caratterizzata da spinta dinamica e termica.

Per tutti gli inquinanti considerati, nella Tabella 6-2 seguente, sono riportati i valori massimi di ricaduta che sono risultati inferiori, nell'intero dominio di simulazione, rispetto ai limiti fissati in normativa per i diversi periodi di mediazione. In tabella si riporta inoltre la differenza percentuale per ciascun inquinante tra la differenza percentuale tra i due scenari.

Dall'esame dei dati si evince che, anche nell'adozione delle ipotesi cautelative sopra riportate, le emissioni della raffineria nello scenario Post operam non determinano alcun superamento al suolo dei limiti di legge e/o dei valori di riferimento e si sottolinea una riduzione in termini di ricadute al suolo delle concentrazioni massime stimate dal modello rispetto allo scenario Ante operam per tutti gli inquinanti emessi, ad eccezione del C₆H₆ e dell'NH₃, per cui le ricadute sono molto contenute. Tale risultato è in linea con la diminuzione delle emissioni complessiva registrata per tutti gli inquinanti.



Tabella 6-2 Valori massimi di ricaduta risultati nell'intero dominio di simulazione negli scenari Ante e Post operam

Inquinante	SO ₂			PM ₁₀ (PM _{2.5})		NO ₂ (NO _x)		CO	C ₆ H ₆	C ₄ H ₆	H ₂ S	NH ₃
	media annuale	percentile giornaliero	percentile orario	media annuale	percentile giornaliero	media annuale	percentile orario	media giornaliero calcolata su 8 ore	media annuale	media annuale	media giornaliera	media giornaliera
Limite di legge	20	125	350	40 (25)	50	40 (30)	200	10'000	5	-	150	100
U.d.M.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$											
Valore massimo di ricaduta Ante operam	6.94	34.2	113.9	0.19	0.52	2.54	41.1	25.0	2.41	15.7	0.049	0.25
Valore massimo di ricaduta Post operam	0.32	1.4	4.8	0.046	0.13	2.0	30.1	11.7	2.48	15.5	0.031	0.31
Differenza percentuale	-95%	-96%	-96%	-76%	-74%	-23%	-27%	-53%	3%	-1%	-37%	23%



7. VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

7.1. Riferimenti e linee guida

La metodologia presentata nei paragrafi successivi fa riferimento a normative, procedure e linee guida riconosciute di livello nazionale e internazionale. Le principali fonti internazionali sono relative a linee guida dell'USEPA (US Environmental Protection Agency), del WHO (World Health Organization) e del OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment of the California Environmental Protection Agency). A livello nazionale sono disponibili le linee guida dell'ARPA Veneto, il Decreto interministeriale del 24 aprile 2013 redatto dal Ministero della Salute di concerto con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e la recente pubblicazione delle "Linee guida per la valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIAS) nelle procedure di autorizzazione ambientale (VAS, VIA, AIA)" redatte da ISPRA nel Febbraio 2016.

Per i dettagli sui testi consultati si rimanda alla bibliografia.

7.2. Caratterizzazione dello stato di salute

La caratterizzazione dello stato di salute della popolazione coinvolta, in particolare delle fasce più suscettibili, rappresenta la base di partenza per consentire valutazioni preventive di impatto sulla salute ed il monitoraggio epidemiologico negli anni futuri ed è fondamentale per identificare le possibili criticità presenti nell'area in esame.

Vengono di seguito presentati i risultati del progetto SENTIERI² (Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento) condotto e finanziato nell'Ambito del Programma Strategico Ambiente e Salute del Ministero della Salute, dove vengono analizzati i dati di mortalità delle popolazioni residenti in prossimità dei principali SIN (siti di interesse nazionale per le bonifiche) in tutta Italia.

I risultati sono stati presentati nel 2011 e si riferiscono all'analisi di mortalità per il periodo 1995-2002. Seppur un po' datata l'analisi è importante perché è la prima trattazione sistematica in Italia della mortalità per causa nelle popolazioni residenti nei siti contaminati e oggetto di bonifica (tra cui il SIN di Gela, ambito territoriale di interesse del

² I risultati del progetto Sentieri sono stati pubblicati come supplemento della rivista *Epidemiologia & Prevenzione* (Epidemiol Prev 2011; 35 (5-6) Suppl 4). Sito: <http://www.epiprev.it/pubblicazione/epidemiol-prev-2011-35-5-6-suppl-4>



presente studio) ed inoltre è utile per valutare e identificare le principali criticità presenti nell'area.

Successivamente vengono presentati i dati estrapolati dalla banca dati ITACAN³, che racchiude i dati dei registri tumori delle province di Caltanissetta e Ragusa (periodo di riferimento 2003-2007), e i dati di mortalità dalle banche dati ISTAT⁴ (ultimo anno disponibile 2013).

7.2.1. Il progetto SENTIERI – Area del SIN di Gela

Fonti dei dati e tipo di analisi

All'interno del progetto SENTIERI, l'Ufficio di statistica dell'Istituto Superiore della Sanità (ISS) ha fornito i dati relativi alla mortalità nel periodo 1995-2002 per una lista di cause selezionate. Per la realizzazione di questo database sono state utilizzate due fonti di dati:

- i dati sui decessi ottenuti dalla rilevazione Istat sulle cause di morte che raccoglie, controlla e codifica le schede di certificazione di morte;
- le popolazioni comunali fornite dall'Istat alla data dell'1 gennaio che vengono elaborate calcolando la media di due anni consecutivi.

Tali dati sono stati utilizzati per il calcolo di alcuni indicatori epidemiologici, quali il tasso standardizzato di mortalità (STD) e i rapporti standardizzati di mortalità (SMR). La principale caratteristica del Progetto SENTIERI è la valutazione "a priori" dell'evidenza epidemiologica esistente per le fonti di esposizioni ambientali nei SIN e per le altre esposizioni con un ruolo eziologico, accertato o sospettato, per le patologie considerate (inquinamento dell'aria, fumo attivo e passivo, alcol, stato socioeconomico e occupazione). Ciò implica l'adozione di un approccio sistematico e standardizzato nella procedura di valutazione dei dati riportati in letteratura. Il processo di valutazione dell'evidenza epidemiologica utilizzato in SENTIERI ha privilegiato le fonti primarie (ossia manuali e testi, monografie e rapporti di istituzioni nazionali e internazionali che si ritiene rappresentino il consenso della comunità epidemiologica sul nesso causale tra una patologia e una esposizione) e le metanalisi quantitative (in cui si riassumono statisticamente più studi che indagano la stessa associazione per ottenere un unico indice quantitativo di stima che permetta di trarre conclusioni più forti di quelle tratte sulla base di ogni singolo studio).

L'evidenza epidemiologica relativa all'associazione tra la causa di decesso e le esposizioni è stata classificata in tre categorie: "Sufficiente", "Limitata" e "Inadeguata". La

³ <http://itacan.ispo.toscana.it/italian/itacan.htm>

⁴ <http://dati.istat.it/Index.aspx>



categoria "Non si applica" è stata utilizzata quando in nessuno dei tipi di fonte erano disponibili dati epidemiologici relativi all'associazione. Alla fine del processo di valutazione si sono selezionate 63 cause o aggregazioni di cause di decesso (incluse 9 aggregazioni per specifiche fasce di età), 9 fonti di esposizioni ambientali nei SIN e 6 altre esposizioni, che costituiscono la base su cui innestare l'analisi della mortalità.

Le esposizioni ambientali estratte dai Decreti di perimetrazione dei SIN sono state classificate in: impianto chimico [C], impianto petrolchimico e/o raffineria [P&R], impianto siderurgico [S], centrale elettrica [CE], miniera e/o cava [M], area portuale [AP], amianto o altre fibre [A], discarica [D] e inceneritore [I].

Il valori finali sono stati restituiti attraverso 3 indici:

- OSS: valore assoluto osservato;
- SMR: rapporto standardizzato di mortalità grezzo;
- SMR ID: rapporto standardizzato di mortalità corretto per un indice di deprivazione socioeconomica.

Il SIN di Gela

Il SIN di Gela è costituito dal solo Comune di Gela, con una popolazione complessiva di 72774 abitanti al Censimento 2001. Il Decreto di perimetrazione del SIN elenca la presenza delle seguenti tipologie di impianti: chimico, petrolchimico, raffineria, discarica rifiuti, esposizioni ambientali codificate in SENTIERI con i codici C, P&R e D.

Dati di mortalità nel SIN di Gela 1995-2002

Di seguito vengono mostrate le tabelle di sintesi dei risultati della mortalità del progetto SENTIERI nel periodo 1995-2002. Nei paragrafi successivi si fa riferimento ai risultati corretti per deprivazione socioeconomica.

La mortalità per le principali cause di morte (Figura 7-1) mostra, in entrambi i generi, eccessi tra il 4% e il 35%. Uniche eccezioni riguardano le malattie dell'apparato respiratorio per gli uomini e le malattie dell'apparato genitourinario per le donne che risultano simili a quelle attese. I maggiori eccessi rispetto ai valori attesi si registrano per le morti per tumore nelle donne e per le morti per malattie dell'apparato digerente per gli uomini. Se andiamo poi ad analizzarne la significatività ciò vale per tutte le cause (sia uomini che donne), per i tumori (sia uomini che donne), malattie dell'apparato digerente (solo per gli uomini).

Figura 7-1 Valori di mortalità per le principali cause di morte nel SIN di Gela 1995-2002 (Progetto SENTIERI)

Causa	Uomini			Donne		
	OSS	SMR (IC 90%)	SMR ID (IC 90%)	OSS	SMR (IC 90%)	SMR ID (IC 90%)
tutte le cause	2 200	110 (107-114)	114 (110-118)	1 744	119 (115-124)	123 (118-128)
tutti i tumori	663	118 (110-126)	123 (115-131)	406	117 (108-127)	124 (114-135)
malattie del sistema circolatorio	801	102 (96-108)	106 (100-112)	800	119 (112-126)	120 (114-128)
malattie dell'apparato respiratorio	143	93 (81-107)	100 (87-115)	67	105 (85-128)	120 (97-147)
malattie dell'apparato digerente	122	130 (111-151)	135 (115-157)	63	100 (81-124)	104 (83-128)
malattie dell'apparato genitourinario	35	103 (76-137)	110 (81-145)	23	94 (65-134)	100 (68-142)

Tabella 1. Mortalità per le principali cause di morte. Numero di casi osservati (OSS), rapporto standardizzato di mortalità grezzo (SMR) e corretto per deprivazione (SMR ID); IC 90%: intervalli di confidenza al 90%; riferimento regionale (1995-2002). Uomini e donne.

Table 1. Mortality for the main causes of death. Number of observed cases (OSS), standardized mortality ratio crude (SMR) and adjusted for deprivation (SMR ID); IC 90%: confidence interval; regional reference (1995-2002). Males and females.

Le tabelle 2 e 3 presentano i dati di mortalità per le cause di morte con evidenza epidemiologica *a priori* relativa alle esposizioni ambientali del SIN di Gela con un livello di evidenza "Limitato" o Sufficiente". Tra gli uomini, le morti per tumore dello stomaco, per asma e per tumore dei bronchi della trachea e dei polmoni mostrano un eccesso rispetto alle attese rispettivamente del 52%, 49% e 31%, statisticamente significativo solo per i due tumori (stomaco e apparato respiratorio). Risultano simili al dato atteso le morti per tumore del colon-retto e per le malattie dell'apparato respiratorio. La mortalità osservata per le malattie respiratorie acute non supera l'attesa.

I dati relativi alle donne indicano un eccesso di mortalità di oltre il 50% per i tumori del colon-retto e della trachea, bronchi e del polmone (entrambi statisticamente significativi). Oltre il dato atteso, inoltre, sono le morti per asma (31%) e per malattie dell'apparato respiratorio (20%), ma non statisticamente significativi. La mortalità osservata per le malattie respiratorie acute e tumore dello stomaco sono simili al dato atteso.

All'impianto petrolchimico e alla raffineria sono state associate con un livello limitato o sufficiente le morti per tumore della trachea, dei bronchi e del polmone (unico rischio statisticamente significativo per entrambi i sessi), per malattie dell'apparato respiratorio, malattie respiratorie acute e asma (statisticamente non significativi).

Dalla tabella 3 si evince che le malformazioni congenite risultano al di sotto del dato atteso e che le condizioni morbose di origine perinatale sono simili al dato atteso. Il numero di osservati per le malattie respiratorie acute e l'asma nella classe di età 0-14 è esiguo.

In Allegato vengono riportate le tabelle con i dati di mortalità per tutte le cause di decesso non considerate nei precedenti paragrafi.

Figura 7-2 Cause di morte con evidenza di associazione con le esposizioni ambientali limitate o sufficienti, nel SIN di Gela 1995-2002 (Progetto SENTIERI)

Causa	Uomini			Donne			Esposizioni ambientali nel SIN*	Altre esposizioni				
	OSS	SMR (IC 90%)	SMR ID (IC 90%)	OSS	SMR (IC 90%)	SMR ID (IC 90%)		inquinamento dell'aria	fumo attivo	fumo passivo	alcol	occupazione
tumore dello stomaco	52	153 (120-193)	152 (119-192)	20	106 (70-154)	105 (70-153)	C	I	S+	I	I	I
tumore del colon-retto	51	101 (79-128)	104 (81-131)	58	144 (115-179)	155 (123-192)	C	**	I	I	S+	I
tumore della trachea, dei bronchi e del polmone	194	123 (108-138)	131 (116-147)	34	148 (109-197)	155 (123-192)	P&R	S+	S+	S+	I	S+
malattie dell'apparato respiratorio	143	93 (81-107)	100 (87-115)	67	105 (85-128)	120 (97-147)	C, P&R	L ins / S+ agg	S+ ins / agg	L ins / agg	S+	S+
malattie respiratorie acute	13	70 (41-111)	77 (46-123)	14	89 (54-139)	106 (64-165)	P&R	S+	S+	L	L	L
asma	11	146 (82-241)	149 (84-247)	5	125 (49-263)	131 (51-275)	C, P&R	L ins / S+ agg	S+ ins / agg	L ins / agg	L	S+

Tabella 2. Numero di casi osservati (OSS), rapporto standardizzato di mortalità grezzo (SMR) e corretto per deprivazione (SMR ID); IC 90%: intervalli di confidenza al 90%; riferimento regionale (1995-2002). Uomini e donne. Cause con evidenza di associazione con le esposizioni ambientali Sufficiente o Limitata.

Table 2. Number of observed cases (OSS), standardized mortality ratio crude (SMR) and adjusted for deprivation (SMR ID); IC 90%: confidence interval; regional reference (1995-2002). Males and females. Causes with Sufficient or Limited evidence of association with environmental exposures.

Causa (classi di età)				Esposizioni ambientali nel SIN*	Altre esposizioni				
	OSS	SMR (IC 90%)	SMR ID (IC 90%)		inquinamento dell'aria	fumo attivo	fumo passivo	alcol	occupazione
malformazioni congenite (tutte le età)	23	94 (64-133)	82 (56-116)	P&R, D	I	**	L	L	I
alcune condizioni di origine perinatale (0-1)	36	98 (73-129)	103 (77-137)	C, P&R, D	L	**	S+	I	I
malattie respiratorie acute (0-14)	<3			P&R	S+	**	S+	**	**
asma (0-14)	<3			C, P&R	L ins/S+ agg	**	S+ ins / agg	**	**

Tabella 3. Numero di casi osservati (OSS), rapporto standardizzato di mortalità grezzo (SMR) e corretto per deprivazione (SMR ID); IC 90%: intervalli di confidenza al 90%; riferimento regionale (1995-2002). Totale uomini e donne. Cause con evidenza Sufficiente o Limitata di associazione con le esposizioni ambientali.

Table 3. Number of observed cases (OSS), standardized mortality ratio crude (SMR) and adjusted for deprivation (SMR ID); IC 90%: confidence interval; regional reference (1995-2002). Males and females. Causes with Sufficient or Limited evidence of association with environmental exposures.

Legenda esposizioni ambientali nel SIN

C = impianti chimici
P&R = impianti petrolchimici e raffinerie
S = impianti siderurgici
E = centrale elettrica
M = miniere olio greggio
AP = area portuale
A = amianto/altre fibre minerali
D = discarica
I = inceneritore

IPS environmental exposures

C = production of chemical substances
P&R = petrochemical plant and/or refinery
S = steel industry
E = electric power plant
M = mine/quarry
AP = harbour area
A = asbestos/other mineral fibres
D = landfill
I = incinerator

Legenda valutazione dell'evidenza

S+ = sufficiente per inferire la presenza di una associazione causale
L = limitata ma non sufficiente per inferire la presenza di una associazione causale
I = inadeguata per inferire la presenza o l'assenza di una associazione
S+ ins/agg = sufficiente insorgenza e aggravamento
L ins/S+ agg = limitata insorgenza/sufficiente aggravamento
L ins/agg = limitata insorgenza e aggravamento
* = evidenza sufficiente o limitata
** = non applicabile

Legend of evaluation of evidence

S+ = sufficient to infer the presence of causal association (+ indicates that increased exposure implies increased risk)
L = limited but not sufficient to infer the presence of causal association
I = inadequate to infer the presence or the absence of a causal association
S+ ins/agg = sufficient onset and worsening
L ins/S+ agg = limited onsets/sufficient worsening
L ins/agg = limited onset and worsening
* = sufficient or limited evidence
** = not applicable



Considerazioni conclusive dello studio Sentieri

Si riportano di seguito le conclusioni dello studio Sentieri relative al SIN di Gela:

“I risultati degli studi analitici e di monitoraggio hanno consentito di verificare le ipotesi suggerite dagli autori degli studi geografici sull’aumento del rischio di popolazione. Secondo tali autori gli eccessi di rischio avrebbero potuto essere associati con esposizioni prevalentemente occupazionali, mentre gli studi analitici convergono nell’indicare come più verosimile il risultato di esposizioni residenziali legate alla fruizione degli ambienti di vita non prettamente lavorativi. Dalle evidenze finora acquisite e per quanto riguarda gli aspetti di sanità pubblica, risultano urgenti le seguenti attività:

- identificazione delle sorgenti di esposizione ambientale e vie di esposizione della popolazione a tutt’oggi persistenti e, in particolare, definizione del contributo delle emissioni in aria dell’industria petrolchimica;
- in base a quanto verificato al punto precedente, sviluppo di adeguate strategie di riduzione dell’esposizione;
- implementazione di uno specifico programma di sorveglianza epidemiologica tramite flussi di dati correnti.”

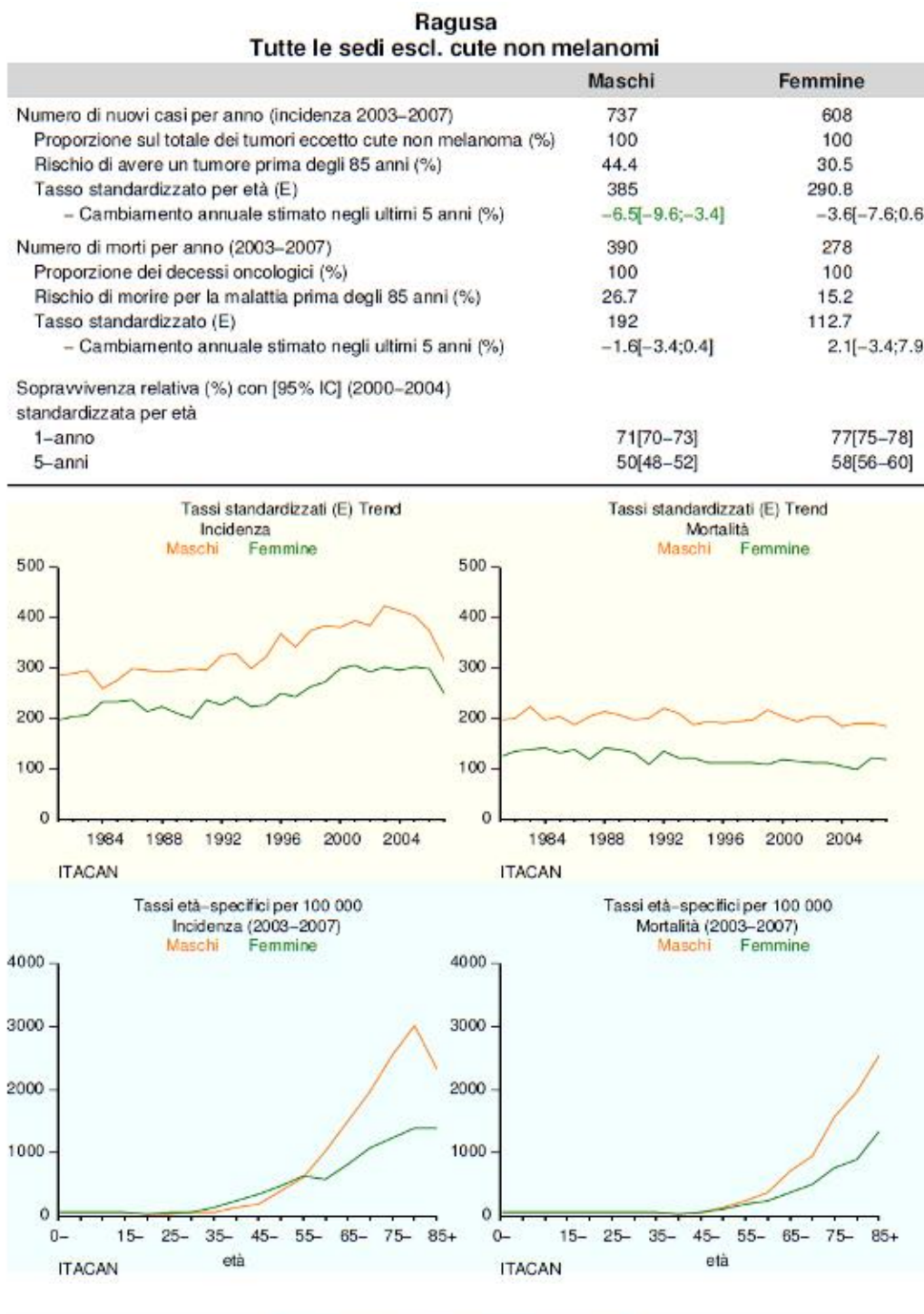
7.2.2. Registro tumori

I registri tumori sono strutture impegnate nella raccolta di informazioni sui malati di cancro residenti in un determinato territorio. Sono necessari perché in nessuna struttura ospedaliera italiana, pubblica o privata, c'è l'obbligo di archiviare i dati relativi alla diagnosi e alla cura dei tumori. Se si vuole sorvegliare l'andamento della patologia oncologica occorre quindi che qualcuno si assuma il compito di andare a ricercare attivamente le informazioni, le codifici, le archivi e le renda disponibili per studi e ricerche. Le informazioni raccolte includono il tipo di cancro diagnosticato, il nome, l'indirizzo, l'età e il sesso del malato, le condizioni cliniche in cui si trova, i trattamenti che ha ricevuto e sta ricevendo e l'evoluzione della malattia.

L'Associazione italiana registri tumori (AIRT, dal 2006 ha assunto l'attuale denominazione AIRTUM) è nata a Firenze nel 1996 con l'intento di coordinare le attività dei Registri tumori già presenti in Italia e raccogliere e archiviare tutti i dati in una banca dati, ITACAN⁵. ITACAN è un grande archivio nazionale, ospitato presso l'Istituto per lo Studio e la Prevenzione Oncologica di Firenze, in cui confluiscono tutti i dati sui tumori raccolti dai singoli registri accreditati. Di seguito vengono presentati i dati relativi a tutti i tumori rilevati per le province di Ragusa e Caltanissetta (minimo dettaglio spaziale disponibile) per il periodo 2003-2007. Si rimanda agli allegati per i dettagli relativi alle diverse sedi tumorali.

⁵ <http://itacan.ispo.toscana.it/italian/itacan.htm>

Figura 7-3 Dati più recenti disponibili dal registro tumori delle province di Ragusa e Caltanissetta



AIRTUM, Associazione Italiana Registri Tumori – Tutti i diritti riservati.
9.5.2016



Come è possibile notare dai grafici dei tassi standardizzati di incidenza, si è registrato un progressivo aumento dell'incidenza dei tumori dall'inizio degli anni '80 fino ai primi anni del 2000. Negli ultimi anni dell'analisi (2005-2007) si è verificata invece una riduzione dell'incidenza sia per gli uomini che per le donne. I grafici della mortalità invece mostrano un trend costante in entrambi i sessi, legato probabilmente al tempo di latenza dall'insorgenza dei nuovi casi.

7.3. Metodologia di stima

Per Risk Assessment, o valutazione del rischio sanitario, si intende un processo tecnico-scientifico che, correlando i dati tossicologici con il livello di esposizione, permette di stimare quantitativamente il rischio derivante dall'esposizione a sostanze tossiche e/o cancerogene. La metodologia correntemente utilizzata si articola in quattro fasi:

1. Identificazione del pericolo (Hazard Identification),
2. Valutazione della relazione dose-risposta (Dose-Response Assessment),
3. Valutazione dell'esposizione (Exposure Assessment),
4. Stima del rischio (Risk Characterization).

Figura 7-4 Schema per la valutazione del rischio (fonte: Linee guida Arpav)



7.3.1. Identificazione del rischio

Richiede la raccolta e l'analisi di tutti i dati sul sito necessari alla valutazione della salute umana. Devono essere inoltre preliminarmente identificate le sostanze chimiche presenti nel sito pericolose e /o rilevanti per la valutazione d'impatto ambientale e sanitario.

Per quanto riguarda le sostanze emesse dalla raffineria ENI, dalla speciazione dei VOC (si veda il par. 5.4.4), sono state identificate come pericolose le emissioni di:

- Butadiene;
- Benzene;

Inoltre dai dati delle emissioni convogliate della raffineria sono stati individuati come pericolosi (cancerogeni o tossici) gli inquinanti:

- Acido solfidrico;
- Ammoniaca;



- Particolato.

7.3.2. Valutazione dell'esposizione

Questa fase è condotta allo scopo di stimare la rilevanza dell'esposizione corrente e/o potenziale della popolazione ai contaminanti chimici identificati, l'entità di tale esposizione e le modalità attraverso le quali le persone sono potenzialmente esposte.

Dato lo studio in esame è stata considerata la sola via inalatoria di esposizione.

Per ogni sostanza presa in esame viene quindi calcolato, sulla base dei dati di esposizione e sulla base delle conoscenze relative alla tipologia di popolazione esposta ed alla durata presumibile dell'esposizione, l'introito medio giornaliero. Tale indice rappresenta l'esposizione normalizzata sul tempo e sul peso corporeo espresso in mg di sostanza chimica / kg di peso corporeo al giorno⁶ ed è calcolata come segue:

$$LADD = \frac{C_{aria} \cdot B_o \cdot EF_g \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}}} \cdot 10^{-3}$$

Dove:

LADD: 'Lifetime Average Daily Dose' = Introito [$\text{mg} \cdot (\text{kg} \cdot \text{day})^{-1}$]

C_{aria} = concentrazione in aria del contaminante [$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$]

B_o = Rateo inalatorio (per attività fisica moderata) = 1,5 m³/ora

EF_g = frequenza giornaliera di esposizione = 24 ore/giorno

EF = frequenza annuale di esposizione = 350 giorni/anno

ED = durata dell'esposizione = 24 anni

BW = peso corporeo = 70 kg

AT = tempo medio di esposizione = 70 anni

10^{-3} = conversione da μg a mg

7.3.3. Valutazione della tossicità e studio relazione dose-risposta

In questa fase è necessario procedere con:

1. l'identificazione del rischio in termini di potenziale tossicità (pericolo intrinseco) delle sostanze considerate: valutando se l'esposizione ad un agente chimico

⁶ Formula e valori da: 'Linee guida per la valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIAS) nelle procedure di autorizzazione ambientale (VAS, VIA, AIA) – Ispra, 2016'.



possa plausibilmente causare un aumento nell'incidenza degli effetti sanitari avversi (tumori, malformazioni congenite,...);

2. lo studio della relazione dose-risposta: è necessario acquisendo l'informazione quantitativa sulla tossicità e definendo la relazione esistente tra la dose del contaminante somministrato o ricevuto e l'incidenza dell'effetto sanitario avverso nella popolazione esposta.

Per ogni sostanza individuata al paragrafo precedente è stato quindi valutato il rischio intrinseco cancerogeno (in base alla classificazione IARC⁷, Tabella 7-1) e/o di tossicità cronica (database USEPA Cal⁸).

Tabella 7-1 Classificazione del rischio cancerogeno per le sostanze pericolose dell'impianto Versalis secondo la classificazione IARC

Sostanza	Rischio Cancerogeno (gruppi IARC)	Rischio Tossico Cronico
Acido Solfidrico	-	X
Ammoniaca	-	X
Butadiene	X (Gruppo 1)	X
Benzene	X (Gruppo 1)	X
Particolato	X (Gruppo 1)	-

In tabella il rischio cancerogeno è indicato in base alla classificazione IARC:

- Gruppo 1: Cancerogeno per l'uomo (sulla base di sufficiente evidenza negli animali da esperimento);
- Gruppo 2A: Probabile cancerogeno per l'uomo (sulla base di evidenza limitata nell'uomo ed evidenza sufficiente negli animali da esperimento);
- Gruppo 2B: Possibile cancerogeno per l'uomo (sulla base di evidenza limitata nell'uomo ed evidenza non del tutto sufficiente negli animali da esperimento oppure di evidenza sufficiente negli animali ed evidenza inadeguata nell'uomo);
- Gruppo 3: Non classificabile per la cancerogenicità per l'uomo;
- Gruppo 4: Probabile non cancerogeno per l'uomo.

⁷ Classificazione IARC (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>)

⁸ Fonte: <http://www.epa.gov/region9/superfund/prg/> (Tabella: RESIDENTIAL AIR)



7.3.3.1. Il rischio cancerogeno

In caso di rischio cancerogeno, gli effetti sono solitamente stimati come probabilità individuale (rischio) di sviluppare un tumore nel corso dell'intera vita dell'esposizione all'inquinante considerato. Il potenziale cancerogeno viene valutato attraverso studi epidemiologici o tossicologici su animali da esperimento.

Le Tabelle 4-2 e 4-3 elencano i fattori di potenza cancerogena o *Slope Factors* (SF) calcolati attraverso gli *Unit Risk* (UR) secondo la relazione:

$$SF = UR \cdot \frac{70 [kg] \cdot 1000 [\mu g/mg]}{20 [m^3/day]}$$

dove:

SF = Slope Factors: rappresenta il rischio che una sostanza causi un tumore nel corso di tutta la vita per unità di assunzione giornaliera e per unità di peso corporeo [(mg/kg-day)⁻¹]

UR = Unit Risk: rappresenta il rischio addizionale di sviluppare un tumore in tutta la vita, per una popolazione esposta continuamente alla concentrazione di 1 $\mu g/m^3$ [($\mu g/m^3$)⁻¹]

I coefficienti di rischio sono stati reperiti nel database IRIS dell'US-EPA⁹ e dalle linee guida ISPRA¹⁰.

Tabella 7-2 Unit Risk e Slope Factor delle sostanze monitorate

Sostanza	Inhalation Unit Risk ($\mu g/m^3$) ⁻¹	Slope Factor (mg/kg-day) ⁻¹	Fonte
Benzene	7.8E-06	2.73E-02	IRIS US-EPA
Butadiene	3.0E-05	1.05E-01	IRIS US-EPA
Particolato	2.12E-04	7.42E-01	ISPRA 2016

La precedente tabella non include l'acido solfidrico e l'ammoniaca in quanto non presenti nel database IARC (Tabella 7-1).

Per quanto riguarda il valore di rischio inalatorio del particolato, il valore utilizzato in questo studio è riportato nell'appendice 1 delle Linee guida ISPRA. Tale valore è stato stimato attraverso il rischio cumulativo di background di sviluppare un tumore nel corso

⁹ Fonte banca dati IRIS: <http://www.epa.gov/iris/>

¹⁰ 'Linee guida per la valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIAS) nelle procedure di autorizzazione ambientale (VAS, VIA, AIA) – Ispra, 2016'



della vita (estrapolato dai tassi di incidenza età specifici riportati dal pool del registro tumori di AIRTUM) rapportato con il rischio relativo di tumore polmonare associato ad incrementi di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM_{25} . Questa procedura è raramente applicata in letteratura ma permette di valutare il rischio associato all'inalazione del particolato atmosferico. Questa valutazione risulta di primaria importanza dato che già nel 2013 l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (AIRC) ha classificato le polveri sottili come cancerogeni nel uomo (gruppo 1) rilevando sufficienti evidenze per un'associazione causale con il tumore polmonare. In questo studio cautelativamente è stato utilizzato il parametro di *Unit Risk* del PM_{25} per valutare il rischio associato alle concentrazioni in atmosfera del PM_{10} .

Infine, per il calcolo del rischio totale (inteso come il rischio di sviluppare un tumore nel corso della vita per esposizione all'inquinante considerato), le linee guida ISPRA suggeriscono 2 approcci complementari. Il primo metodo utilizza la dose media giornaliera (LADD) moltiplicata per il valore di *Slope Factor* (SF) proprio delle contaminante:

$$\text{Rischio} = \text{LADD} \cdot \text{SF}$$

Il secondo metodo utilizza direttamente lo *Unit Risk* (UR) per la concentrazione atmosferica dell'inquinante:

$$\text{Rischio} = C_{\text{aria}} \cdot \text{UR}$$

Dato che il secondo metodo produce valori di rischio maggiore a parità di concentrazione dell'inquinante rilevato in atmosfera, nel presente studio si è deciso di utilizzare tale formulazione.

7.3.3.2. Il rischio di tossicità cronica

Per tossicità cronica si intende quella correlata ad esposizioni che vanno da 7 anni all'intera vita.

Per ogni via di esposizione deve essere calcolato il valore di un indice di rischio espresso come il rapporto tra il valore di assunzione cronica giornaliera (nel caso di via di esposizione inalatoria coincide con la concentrazione media misurata o stimata), e il valore di dose di riferimento ($RfC = \text{Reference concentration}$, nel caso di inquinanti aerodispersi), secondo la formula:

$$HQ_i = \frac{C}{RfC}$$

La concentrazione di riferimento RfC (Tabella 7-3) rappresenta la stima di concentrazione d'esposizione giornaliera (espressa in mg/m^3) riferita alla popolazione generale ritenuta priva di rischi di effetti sanitari avversi anche quando perduri per l'intera vita.

Tabella 7-3 Reference concentration (RfC) delle sostanze monitorate

Sostanza	RfC [mg/m ³]	Fonte
Acido Solfidrico	2.00E-03	USEPA Cal ¹¹
Ammoniaca	1.0E-01	
Butadiene	2.00E-03	
Benzene	3.00E-02	

Infine si calcola l'indice di pericolo complessivo (HQ_T) per l'esposizione di tutte le sostanze come somma di tutti gli HQ_i, dove la sommatoria è estesa alle sostanze il cui effetto si manifesta sullo stesso organo bersaglio. La formula utilizzata è la seguente:

$$HQ_T = \sum HQ_i$$

In Tabella 7-4 vengono presentati gli organi bersaglio considerati per ogni sostanza inquinante analizzata, come indicato dal manuale OEHHA¹².

Tabella 7-4 Organi bersaglio delle sostanze monitorate (fonte: OEHHA)

Sostanza	Organi bersaglio per inalazione cronica		
	Apparato respiratorio	Organi emopoietici	Sistema riproduttivo
Acido Solfidrico	X		
Ammoniaca	X		
Butadiene			X
Benzene		X	

7.3.4. Caratterizzazione del rischio

In tale fase vengono riassunti e combinati gli esiti della valutazione dell'esposizione e la valutazione della tossicità per definire il rischio potenziale, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo. Durante questa fase l'informazione sulla tossicità chimico-specifica è applicata ai livelli predetti dai modelli matematici di ricaduta e diffusione. Solo

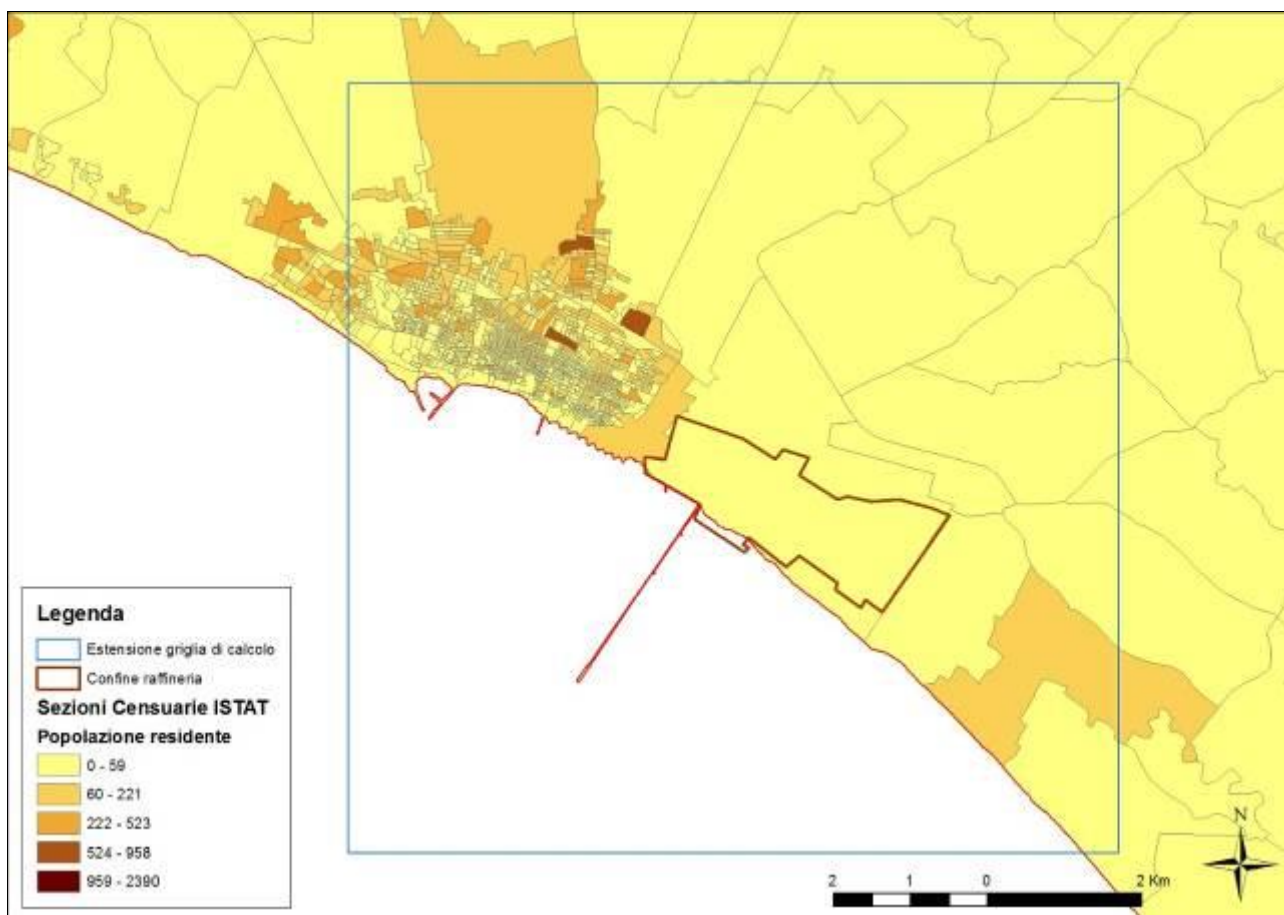
¹¹ Fonte: <http://www.epa.gov/region9/superfund/prg/> (I valori di RfC si riferiscono alla tabella RESIDENTIAL AIR)

¹² Fonte: 'The Air Toxics Hot Spots Program Guidance Manual for Preparation of Health Risk Assessments, February 2015. OEHHA'

in tal modo è possibile determinare se le concentrazioni presenti o previste in futuro all'interno del sito possano configurare un rischio sanitario per la popolazione.

Per valutare l'effettivo valore di rischio per la popolazione residente sono state sovrapposte le mappe di ricaduta al suolo degli inquinanti con i dati censuari relativi al 2011¹³.

Figura 7-5 Intersezione tra le classi di uso del suolo relative al residenziale e le sezioni censuarie ISTAT



I risultati ottenuti vanno quindi confrontati con i limiti accettabili di rischio. In caso di rischio tossico si reputano accettabili valori inferiori o uguali a 1 dell'indice di pericoli complessivo (HQ_T). Risulta invece più complesso valutare la soglia di accettabilità per il rischio cancerogeno.

¹³ http://www.istat.it/it/archivio/104317#variabili_censuarie. I dati utilizzati sono in versione provvisoria.



Vari programmi dell'USEPA (ad esempio CERCLA: Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act¹⁴ o CAA: Clean Air Act¹⁵) indicano come soglia di rischio massima, il valore di 10^{-4} (pari a 100 casi su milione), ma reputano situazioni di rischio con valori compresi tra 10^{-6} e 10^{-4} , suscettibili di ulteriori azioni di mitigazione.

Nella valutazione di danno sanitario effettuata da ARPA Puglia sugli impianti ILVA di Taranto e ENIPower e ENEL di Brindisi, è stata considerata come unica soglia di rischio il valore di 100 casi su milione (pari alla soglia di 10^{-4}). Lo stesso direttore di ARPA Puglia, però, nella nota di accompagnamento del rapporto VDS dell'Ilva, cita il range indicato dall'EPA entro il quale è eventualmente necessario effettuare interventi discrezionali volti a ridurre l'impatto sulla salute.

Anche le linee guida ISPRA citano i valori indicati dall'US-EPA

Il decreto interministeriale 24 aprile 2013 citato al Paragrafo 7.1, invece, riporta le seguenti indicazioni di intervento in relazione al rischio individuato:

- Rischio minore di 10^{-5} (cioè 10 casi su milione): non sono necessari interventi di contenimento delle emissioni;
- Rischio compreso tra 10^{-5} e 10^{-4} (tra 10 e 100 casi su milione): è necessario valutare quantitativamente il contributo dell'impianto dello stabilimento. Tale contributo dovrà essere inferiore al 10%, diversamente sarà necessario riaprire la procedura AIA e prescrivere ulteriori interventi di adeguamento/mitigazione delle emissioni.
- Rischio maggiore o uguale a 10^{-4} (100 casi su milione): sarà necessario riaprire la procedura di AIA e prescrivere ulteriori interventi di adeguamento/mitigazione delle emissioni ed in aggiunta dovrà essere previsto un intervento più generale sull'intera area.

I risultati ottenuti sono presentati nel paragrafo successivo.

7.4. Stima del rischio

Attraverso la metodologia descritta nel paragrafo precedente è stato calcolato il rischio per la popolazione soggetta alle emissioni dell'impianto ENI di Gela. Di seguito i risultati ottenuti.

¹⁴ <http://www.epa.gov/superfund/policy/cercla.htm>

¹⁵ <http://www.epa.gov/air/caa/>

7.4.1. Rischio cancerogeno

Di seguito vengono presentate le mappe di rischio cancerogeno attribuibile alle emissioni dell'impianto ENI per gli inquinanti considerati. Le mappe si riferiscono al rischio life-time, ipotizzando cioè che la popolazione sia esposta per 70 anni alle medesime concentrazioni (concentrazioni medie annuali stimate dal modello di dispersione). Tale considerazione porta a valutare il rischio solo per i residenti nei pressi dell'impianto e non per i lavoratori della raffineria che sono soggetti alle concentrazioni inquinanti solo per un limitato numero di ore nel corso della giornata. Le mappe e i dati presentati si riferiscono quindi all'area esterna ai confini della raffineria.

Figura 7-6 Mappa del rischio cancerogeno per via inalatoria attribuibile al benzene (per milione) – Ante operam

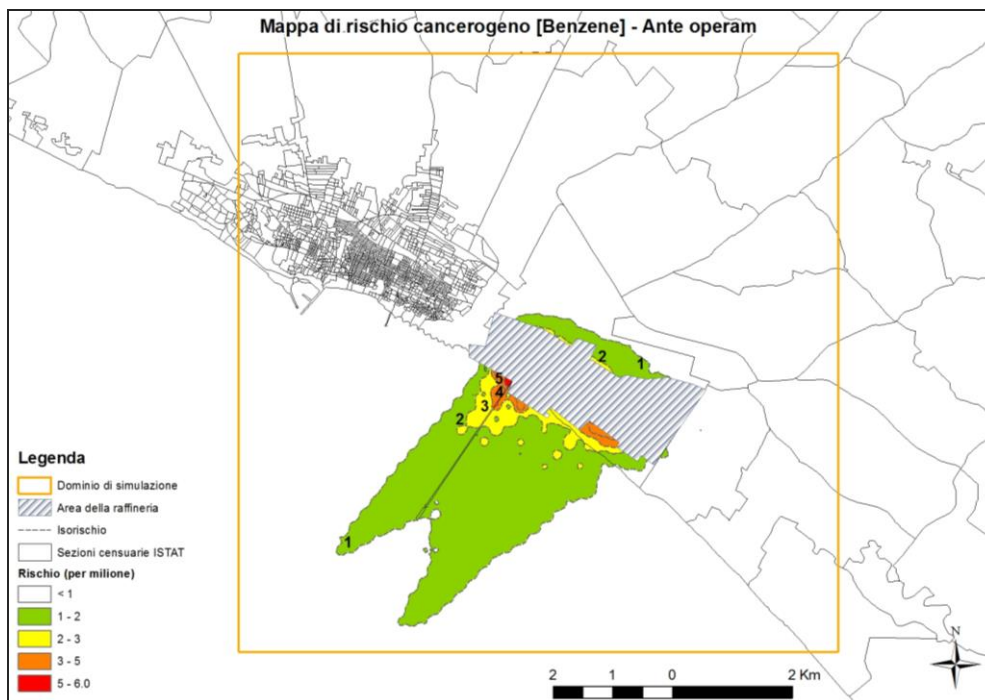


Figura 7-7 Mappa del rischio cancerogeno per via inalatoria attribuibile al butadiene (per milione) – Ante operam

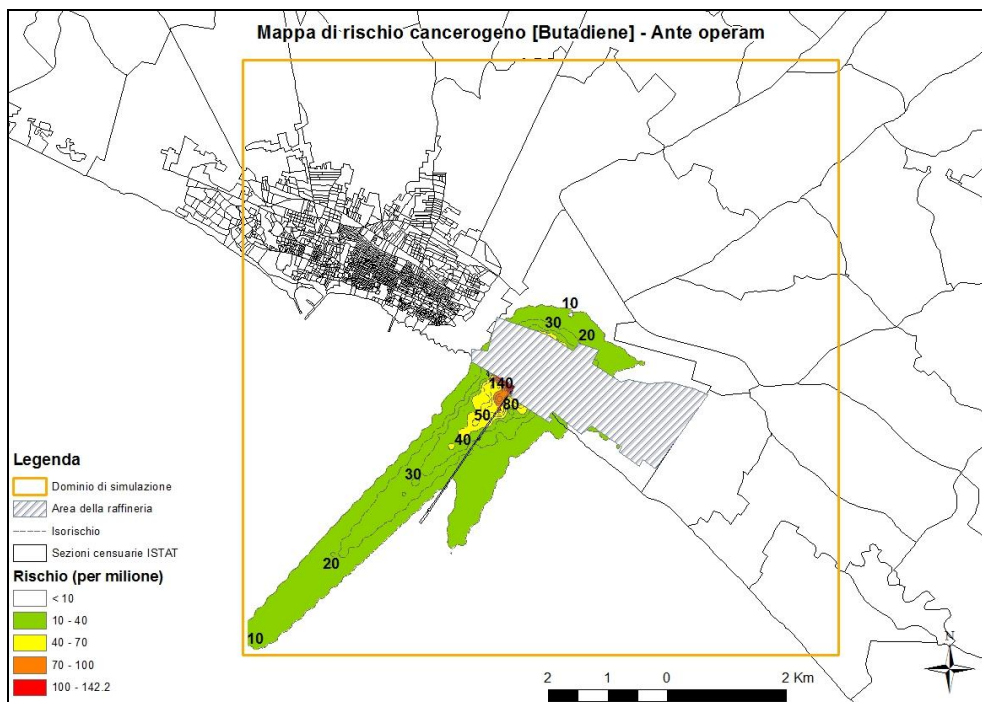


Figura 7-8 Mappa del rischio cancerogeno per via inalatoria attribuibile al particolato (per milione) – Ante operam

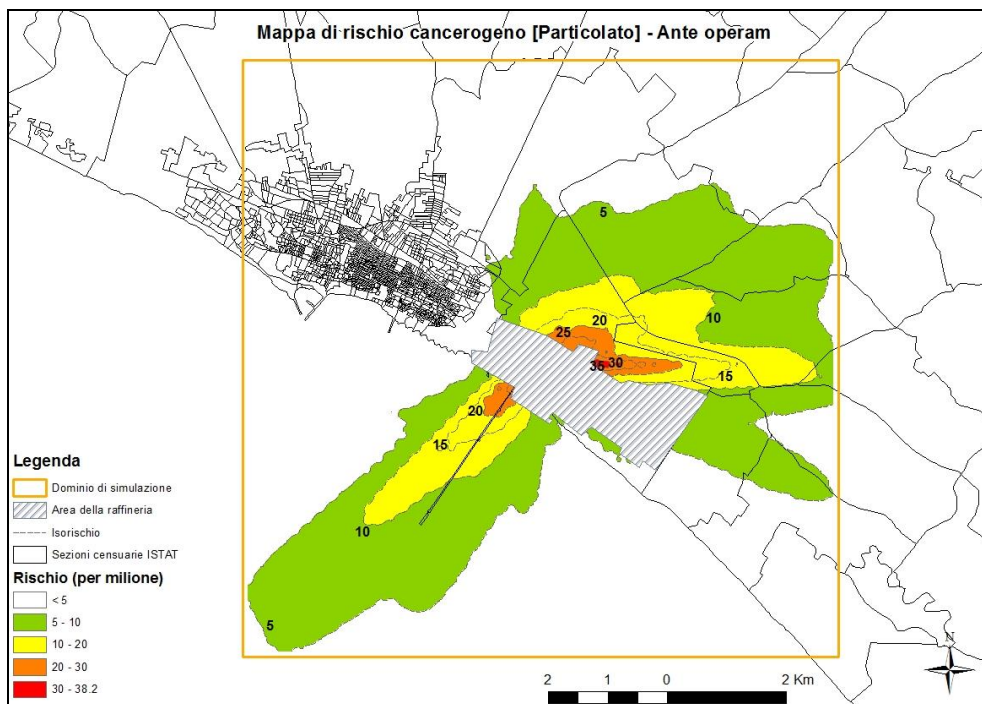


Figura 7-9 Mappa del rischio cancerogeno per via inalatoria attribuibile al benzene (per milione) – Post operam

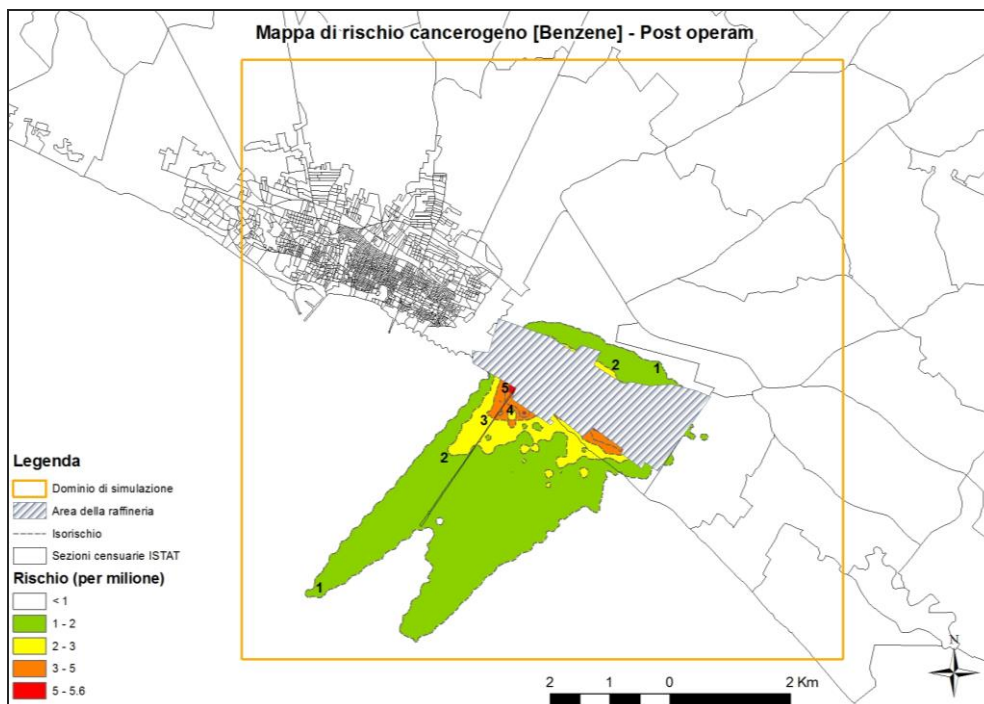


Figura 7-10 Mappa del rischio cancerogeno per via inalatoria attribuibile al butadiene (per milione) – Post operam

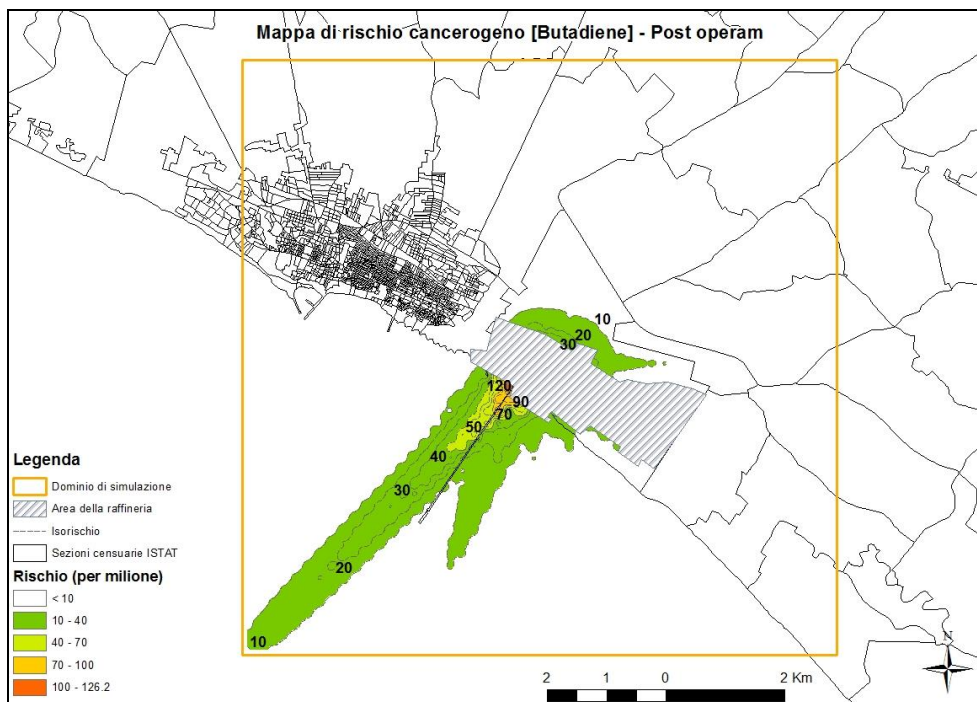
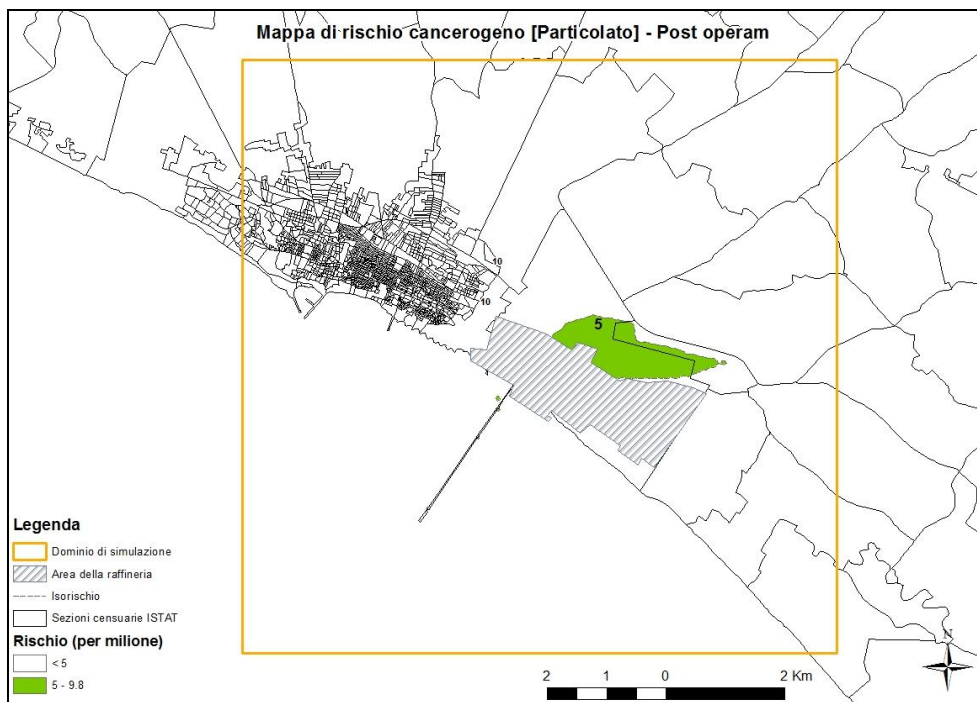


Figura 7-11 **Mappa del rischio cancerogeno per via inalatoria attribuibile al particolato (per milione) – Post operam**



Infine nelle successive figure, e nelle Tavole, viene mostrato il rischio cancerogeno inalatorio totale calcolato come somma dei rischi di tutte le sostanze cancerogene considerate. Il valore ottenuto è solo indicativo del rischio totale in quanto non tiene conto di eventuali fenomeni di sinergismo e/o antagonismo delle sostanze considerate.

In Tabella vengono presentati i massimi valori di rischio inalatorio dei singoli inquinanti. Si evidenzia che per il presente studio sono valutati i valori di rischio relativi alla popolazione residente e quindi esterna al confine dell’impianto. Dalla somma del rischio dei singoli inquinanti si ottiene il rischio massimo teorico, che si verificherebbe qualora i massimi dei tre inquinanti fossero localizzati nel medesimo punto del dominio.

Tabella 7-5 **Massimi valori di rischio dei singoli inquinanti nell’area di studio (valori per milione di casi)**

Sostanza	Ante operam	Post operam
Benzene	6.0	5.6
Butadiene	142.2	126.2
Particolato	38.2	9.8
<i>Rischio totale teorico</i>	186.4	141.6

Figura 7-12 Mappa del rischio cancerogeno per via inalatoria totale (per milione) –
Ante operam

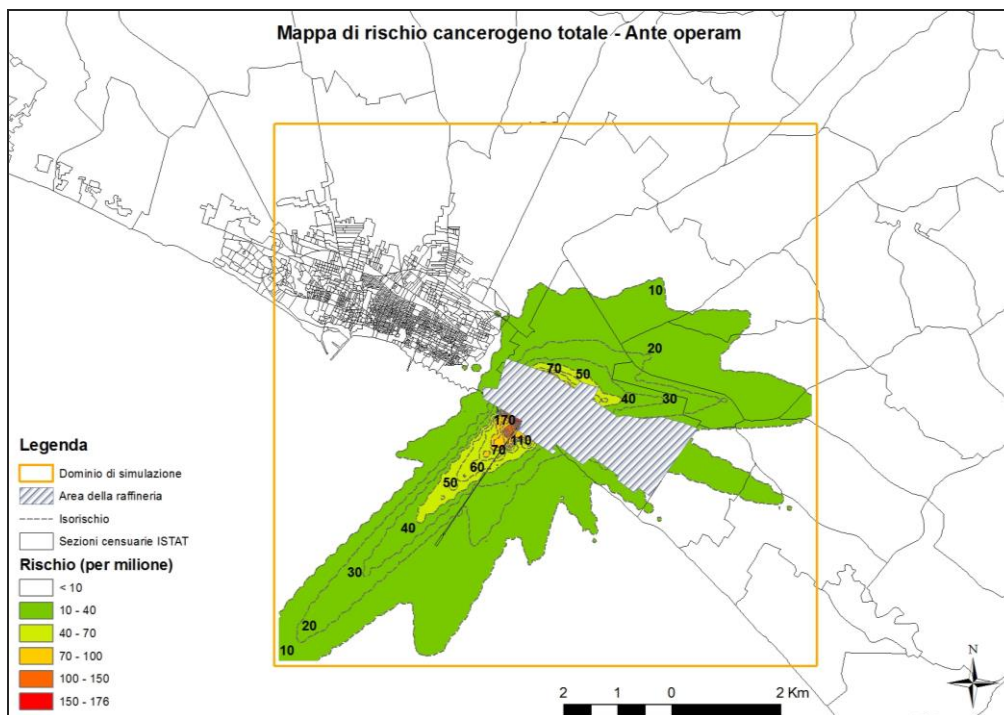
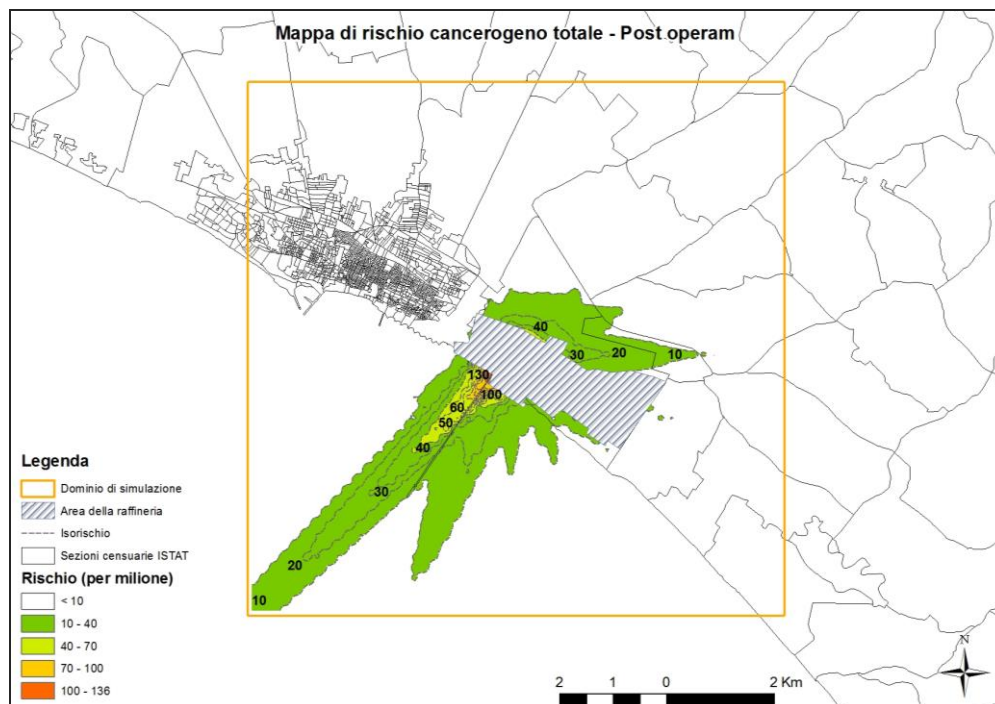


Figura 7-13 Mappa del rischio cancerogeno per via inalatoria totale (per milione) – Post operam



7.4.1.1. Popolazione esposta al rischio cancerogeno

Utilizzando la metodologia descritta al Paragrafo 7.3.4 è stata stimato il numero di persone esposte ai diversi livelli di rischio all'interno del dominio di simulazione.

Moltiplicando quindi il livello di rischio totale per la popolazione effettivamente esposta a ciascun livello è possibile stimare la probabilità di sviluppare un tumore. Utilizzando cautelativamente per ciascun intervallo di rischio l'estremo superiore si ottiene una probabilità pari a 0.42 casi per la configurazione Ante operam e 0.33 casi per il Post operam su 68'985 residenti all'interno del dominio di simulazione.

7.4.2. Rischio di tossicità cronica

Il rischio per le sostanze non cancerogene si considera accettabile quando l'indice di pericolo complessivo, calcolato per ogni singolo organo bersaglio, risulta inferiore o uguale a 1.

Per quanto riguarda le emissioni imputabili all'impianto di ENI, nella tabella successiva vengono indicati gli indice di pericolo per tutti gli organi bersaglio. Come si può notare dalla tabella, si riscontra un indice di pericolo complessivo maggiore di 1 per il sistema

riproduttivo, sia per l'Ante operam che per il Post operam. La sostanza a cui è imputabile tale rischio è il Butadiene.

Tabella 7-6 Indice di pericolo complessivo (HQ_T). Valori massimi riscontrati nel dominio

Organo bersaglio	Ante operam	Post operam
Apparato respiratorio	0.005	0.003
Organi emopoietici	0.026	0.031
Sistema riproduttivo	2.37	2.10

Le successive figure mostrano la distribuzione spaziale del rischio tossico cronico relativo al Butadiene.

Figura 7-14 Mappa del rischio tossico cronico per via inalatoria – Ante operam

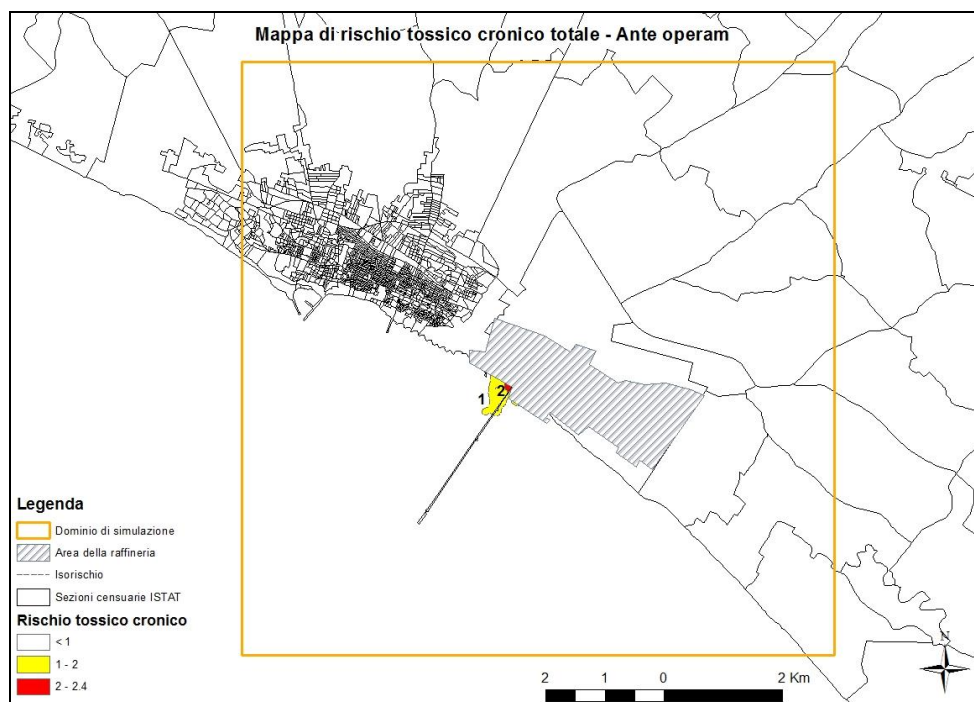
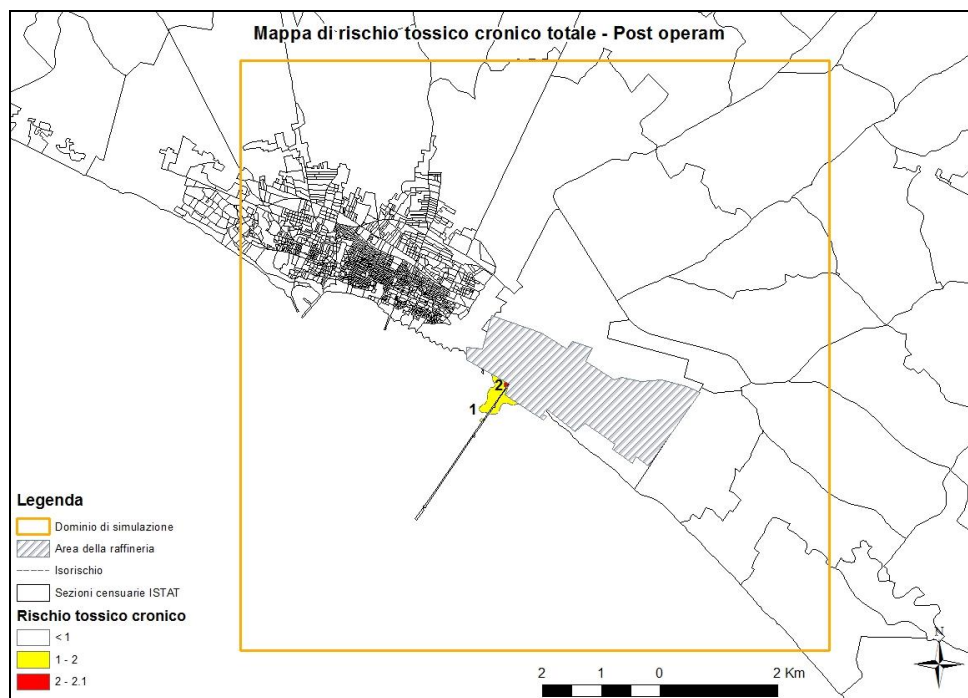


Figura 7-15 Mappa del rischio tossico cronico per via inalatoria – Post operam



Come si può notare dalle mappe di rischio, l'indice di pericolo supera il valore di soglia solo nelle immediate vicinanze dell'impianto. La popolazione residente non viene coinvolta dal rischio.

7.4.3. Assunzioni effettuate per ridurre l'incertezza dei risultati

Le analisi effettuate sono intrinsecamente corredate da incertezza da imputare a tutti i livelli della catena di calcolo. Di seguito vengono presentate, per ogni fase valutativa, le diverse assunzioni effettuate in modo da ridurre l'incertezza nei risultati proposti:

- **Stima delle emissioni.** Punto di partenza per tutte le analisi successive la stima delle emissioni ricopre un ruolo fondamentale per effettuare un'accurata analisi di rischio sanitario. Come dettagliatamente descritto al paragrafo 5.4.4, laddove non disponibile la speciazione dei COV sono stati utilizzati dei profili generici predisposti dall'USEPA incrociandoli con i dati di rischio tossico e cancerogeno. Tale approccio garantisce una stima cautelativa degli inquinanti emessi e di conseguenza un valore cautelativo del rischio connesso.
- **Simulazioni modellistiche.** I risultati delle simulazioni modellistiche sono affetti da un certo grado di incertezza dovuto sia alla difficoltà dei modelli di simulare la natura stocastica di alcuni fenomeni atmosferici sia per il grado di incertezza presente nei dati di ingresso (dati emissivi e meteorologici).



- **Coefficienti di tossicità.** I valori di *Unit Risk* (o *Slope Factor*) e di *Reference Concentration* reperibili in letteratura spesso differiscono anche per più di un ordine di incertezza tra i diversi enti o organismi scientifici che li mettono a disposizione. In ogni caso i valori utilizzati provengono da fonti ufficiali e sono stimati attraverso studi tossicologici e/o epidemiologici che fanno uso di assunzioni conservative per cui difficilmente portano ad una sottostima del rischio.
- **Stima della popolazione esposta.** I dati utilizzati fanno riferimento al censimento della popolazione più recente messo a disposizione dall'ISTAT (anno 2011). Come indicato i valori sono provvisori ma si è ritenuto che siano più rappresentativi dei valori relativi all'ultimo censimento con dati definitivi (anno 2001).



8. CONCLUSIONI

In questo studio a partire dalle emissioni dei camini degli scenari Ante e Post operam della Raffineria di Gela, dalle condizioni meteorologiche monitorate al suolo nel 2015 e dai dati in quota ricavati dal dataset LAMA nel medesimo anno, si è simulata, tramite il modello di dispersione CALPUFF, la concentrazione degli inquinanti presso i recettori posizionati nell'intorno dell'impianto (dominio quadrato avente lato di 10 km) al fine di valutarne l'impatto sulla matrice aria.

Alla luce dei risultati ottenuti si conferma che i valori di concentrazione al suolo dello scenario Post operam non presentano alcuna criticità, mantenendosi ampiamente al di sotto dei limiti imposti dalla normativa vigente e rispetto allo scenario Ante operam si registra una riduzione in termini di ricadute al suolo delle concentrazioni massime stimate dal modello per tutti gli inquinanti monitorati, ad eccezione del C_6H_6 e dell' NH_3 , per cui le ricadute sono comunque molto contenute.

Per quanto riguarda la valutazione del rischio cancerogeno inalatorio lo studio ha evidenziato che, ipotizzando una esposizione costante alle concentrazioni medie stimate nell'arco dell'intera vita (70 anni), il numero di casi aggiuntivi di sviluppare un tumore risulta al di sotto dell'unità: 0.42 casi nella configurazione Ante operam e 0.33 casi nella configurazione Post operam su 68'985 residenti all'interno del dominio di simulazione. Si è riscontrata quindi tra le fasi Ante e Post operam una riduzione della probabilità di sviluppare un tumore del 22%.

Non si riscontrano invece pericoli per i residenti per l'emissione delle sostanze che portano a disturbi tossici cronici.



9. 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] *A User's Guide for the CALMET Meteorological Model*, SRC Publication, Joseph S. Scire. Françoise R. Robe. Mark E. Fernau, 2000.
- [4] *Applied model for the growth of the daytime mixed layer*. Batchvarova and Gryning. Bound. Layer Meteor. 1991.
- [5] *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.
- [6] *Analysis of various schemes for the estimation of atmospheric stability classification*. Mohan Siddiqui. Atmos. Environ. 32 3775-3781. 1998.
- [7] *D.Lgs. 155/2010 Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*.
- [8] US-EPA <http://www.epa.gov/ttn/scram/aqmindex.htm> - modelli per la qualità dell'aria.
- [9] *Calpuff UserGuide* - S. Shire. R.Robe. E. Fernau. J.Yamartino – 2000
- [10] *Catasto Emissioni Territoriali Regione Puglia – Report dei dati inseriti dall'azienda Polimeri Europa Spa*
- [11] *Autorizzazione integrata ambientale per l'esercizio dell'impianto chimico della società Polimeri Europa S.p.A. ubicato nel comune di Brindisi*
- [12] *AP42, fifth edition - Compilation of Air Pollutant Emission Factors*. USEPA – 1995
- [13] *Air pollution control technology fact sheet – Flares*. USEPA



- [14] *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013 – Part B, Chapter 2.B*
- [15] *Reference Document on Best Available Techniques in the Production of Polymers*. European Commission – 2007
- [16] *SPECIATE Version 4.4 (database)*. USEPA
- [17] EPA, Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment), 2009
- [18] EPA, Guidelines for Carcinogen risk Assessment, 2005
- [19] WHO, Human Health Risk Assessment Toolkit: Chemical Hazards, 2010
- [20] WHO, Air quality guidelines for Europe, 2nd edition, 2000
- [21] OEHHA-CA-EPA, Air Toxics Hot Spots Program – Risk Assessment Guidelines - Guidance Manual for Preparation of Health Risk Assessments, February 2015
- [22] Decreto interministeriale 24 aprile 2013, Disposizioni volte a stabilire I criteri metodologici utili per la redazione del rapporto di valutazione del danno sanitario (VDS) in attuazione dell'articolo 1-bis, comma 2, del decreto-legge 3 dicembre 2012, n. 207, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 dicembre 2012, n. 231.
- [23] ARPAV - Assessorato delle Politiche Sanitarie Regione Veneto, Linee guida per la valutazione del rischio sanitario determinato da fonti di inquinamento ambientale, 2012
- [24] ISPRA – Linee guida per la valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIAS) nelle procedure di autorizzazione ambientale (VAS, VIA, AIA) – Febbraio 2016



raffineria di gela

Valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIAS)
Installazione dei camini “E-POT” e “E-steam
Progetto per la produzione di biocarburanti presso la Raffineria di Gela –
Seconda fase (G2 Project – Step 2)
Raffineria di Gela S.p.A

Allegato 1



Sito: GELA - Donne

Anni: 1995-2002, Tassi x 100.000, STD Italia 2001, SMR rif regione

Causa	OSS	SMR (IC 90)	SMR ID (IC 90)
MORTALITA' GENERALE	1744	119 (115-124)	123 (118-128)
Malattie infettive e parassitarie	11	150 (84-249)	130 (73-215)
Epatite virale	5	140 (55-295)	116 (46-245)
Tutti i Tumori	406	117 (108-127)	124 (114-135)
Tumore dello stomaco	20	106 (70-154)	105 (70-153)
Tumore del colon-retto	58	144 (115-179)	155 (123-192)
Tumore primitivo del fegato e dei dotti biliari intraepatici	12	166 (96-269)	172 (99-278)
Tumore del pancreas	17	98 (63-147)	109 (69-163)
Tumore della trachea, dei bronchi e del polmone	34	148 (109-197)	155 (114-207)
Tumore del connettivo e di altri tessuti molli	5	235 (93-495)	246 (97-517)
Melanoma della pelle	3	107 (29-276)	108 (29-278)
Tumore della mammella	69	102 (82-124)	105 (85-128)
Tumore dell'utero	26	122 (85-169)	132 (92-183)
Tumore dell'ovaio e degli altri annessi uterini	7	49 (23-91)	53 (25-100)
Tumore della vescica	4	89 (30-203)	100 (34-230)
Tumore del rene e di altri non specificati organi urinari	3	74 (20-192)	82 (22-213)
Tumore del sistema nervoso centrale	11	112 (63-186)	112 (63-185)
Linfoematopoietico totale	31	99 (72-134)	106 (77-143)
Linfomi non Hodgkin	8	80 (40-145)	85 (42-153)
Mieloma multiplo e tumori immunoproliferativi	5	86 (34-181)	94 (37-197)
Leucemie	18	126 (81-186)	133 (86-197)
Leucemia linfoide (acuta e cronica)	5	163 (64-344)	259 (102-544)
Leucemia mieloide (acuta e cronica)	6	115 (50-226)	107 (47-212)
Diabete Mellito	123	142 (121-165)	141 (121-164)
Demenze	39	141 (106-184)	142 (107-185)
Morbo di Parkinson	5	76 (30-160)	70 (28-147)
Malattia dei neuroni motori	3	144 (39-371)	116 (32-300)
Malattie del sistema circolatorio	800	119 (112-126)	120 (114-128)
Malattia ipertensiva	123	156 (133-181)	177 (151-206)
Malattie ischemiche del cuore	152	104 (90-119)	110 (96-126)
Infarto miocardico acuto	59	84 (67-104)	84 (66-104)
Disturbi circolatori dell'encefalo	292	121 (109-133)	111 (101-122)
Malattie apparato respiratorio	67	105 (85-128)	120 (97-147)
Malattie respiratorie acute	14	89 (54-139)	106 (64-165)
Malattie polmonari croniche	21	90 (60-130)	103 (69-148)
Asma	5	125 (49-263)	131 (51-275)
Malattie dell'apparato digerente	63	100 (81-124)	104 (83-128)
Cirrosi e altre malattie croniche del fegato	30	87 (62-118)	88 (64-120)
Malattie dell'apparato genitourinario	23	94 (65-134)	100 (68-142)
Insufficienza renale acuta e cronica	9	61 (32-107)	68 (35-118)
Malformazioni congenite	11	95 (53-157)	87 (49-144)
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	71	222 (181-271)	211 (171-257)
Traumatismi e avvelenamenti	55	101 (79-126)	100 (79-125)



raffineria di gela

Valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIAS)
Installazione dei camini “E-POT” e “E-steam
Progetto per la produzione di biocarburanti presso la Raffineria di Gela –
Seconda fase (G2 Project – Step 2)
Raffineria di Gela S.p.A



Sito: GELA - Uomini

Anni: 1995-2002, Tassi x 100.000, STD Italia 2001, SMR rif regione

Causa	OSS	SMR (IC 90)	SMR ID (IC 90)
MORTALITA' GENERALE	2200	110 (107-114)	114 (110-118)
Malattie infettive e parassitarie	14	129 (78-201)	132 (80-206)
Epatite virale	9	162 (85-283)	164 (86-286)
Tutti i Tumori	663	118 (110-126)	123 (115-131)
Tumore dell'esofago	11	220 (123-364)	211 (118-350)
Tumore dello stomaco	52	153 (120-193)	152 (119-192)
Tumore del colon-retto	51	101 (79-128)	104 (81-131)
Tumore primitivo del fegato e dei dotti biliari intraepatici	26	138 (96-191)	139 (97-192)
Tumore del pancreas	33	141 (103-189)	148 (108-198)
Tumore della laringe	19	160 (104-234)	151 (99-222)
Tumore della trachea, dei bronchi e del polmone	194	123 (108-138)	131 (116-147)
Tumore della pleura	11	282 (158-467)	339 (190-561)
Tumore del connettivo e di altri tessuti molli	3	116 (32-301)	117 (32-304)
Melanoma della pelle	3	72 (20-186)	80 (22-207)
Tumore della prostata	37	87 (65-114)	88 (66-116)
Tumore della vescica	26	89 (62-123)	94 (66-131)
Tumore del rene e di altri non specificati organi urinari	15	149 (92-230)	166 (102-256)
Tumore del sistema nervoso centrale	20	135 (89-196)	140 (93-204)
Linfoematopoietico totale	52	112 (87-140)	111 (87-140)
Linfomi non Hodgkin	18	115 (75-171)	120 (78-178)
Mieloma multiplo e tumori immunoproliferativi	11	146 (82-242)	129 (72-214)
Leucemie	23	108 (74-153)	109 (75-155)
Leucemia linfoide (acuta e cronica)	5	95 (37-199)	91 (36-191)
Leucemia mieloide (acuta e cronica)	8	109 (54-197)	111 (55-201)
Diabete Mellito	60	78 (63-97)	85 (68-105)
Demenze	26	114 (80-157)	117 (82-163)
Morbo di Parkinson	10	111 (60-188)	110 (60-186)
Sclerosi multipla	4	291 (100-667)	333 (114-762)
Malattie del sistema circolatorio	801	102 (96-108)	106 (100-112)
Malattia ipertensiva	63	105 (84-129)	121 (97-150)
Malattie ischemiche del cuore	222	84 (75-94)	90 (80-100)
Infarto miocardico acuto	125	82 (70-95)	84 (72-98)
Disturbi circolatori dell'encefalo	259	110 (99-122)	106 (95-117)
Malattie apparato respiratorio	143	93 (81-107)	100 (87-115)
Malattie respiratorie acute	13	70 (41-111)	77 (46-123)
Malattie polmonari croniche	80	92 (76-111)	97 (80-117)
Asma	11	146 (82-241)	149 (84-247)
Malattie dell'apparato digerente	122	130 (111-151)	135 (115-157)
Cirrosi e altre malattie croniche del fegato	71	121 (98-147)	130 (106-158)
Malattie dell'apparato genitourinario	35	103 (76-137)	110 (81-145)
Insufficienza renale acuta e cronica	18	93 (60-138)	98 (64-146)
Malformazioni congenite	12	93 (53-150)	78 (45-126)
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	56	172 (136-215)	159 (126-199)
Traumatismi e avvelenamenti	180	146 (128-165)	137 (121-155)



Sito: GELA - Uomini e donne

Anni: 1995-2002, Tassi x 100.000, STD Italia 2001, SMR rif regione

Causa	OSS	SMR (IC 90)	SMR ID (IC 90)
MORTALITA' GENERALE	3944	116 (113-119)	119 (116-122)
Malattie infettive e parassitarie	25	139 (97-194)	132 (92-184)
Epatite virale	14	156 (94-243)	144 (87-225)
Tutti i Tumori	1069	120 (114-127)	126 (119-132)
Tumore dell'esofago	13	212 (125-337)	215 (127-342)
Tumore dello stomaco	72	140 (114-170)	138 (112-168)
Tumore del colon-retto	109	122 (103-143)	127 (108-150)
Tumore primitivo del fegato e dei dotti biliari intraepatici	38	150 (113-197)	151 (113-198)
Tumore del pancreas	50	124 (97-158)	133 (104-168)
Tumore della laringe	19	163 (107-240)	155 (101-227)
Tumore della trachea, dei bronchi e del polmone	228	133 (119-149)	140 (125-156)
Tumore della pleura	13	248 (147-394)	290 (172-462)
Tumore del connettivo e di altri tessuti molli	8	172 (86-310)	175 (87-317)
Melanoma della pelle	6	87 (38-171)	93 (41-184)
Tumore della vescica	30	95 (69-129)	101 (73-137)
Tumore del rene e di altri non specificati organi urinari	18	132 (85-196)	145 (94-216)
Tumore del sistema nervoso centrale	31	127 (92-172)	129 (94-175)
Linfoematopoietico totale	83	108 (89-130)	111 (92-133)
Linfomi non Hodgkin	26	103 (72-143)	107 (75-149)
Mieloma multiplo e tumori immunoproliferativi	16	122 (76-185)	118 (74-179)
Leucemie	41	117 (89-152)	120 (91-156)
Leucemia linfoide (acuta e cronica)	10	122 (66-207)	138 (75-234)
Leucemia mieloide (acuta e cronica)	14	113 (68-177)	111 (67-174)
Diabete Mellito	183	112 (98-126)	115 (102-130)
Demenze	65	128 (103-158)	130 (105-160)
Morbo di Parkinson	15	99 (61-152)	94 (58-145)
Malattia dei neuroni motori	5	108 (43-228)	87 (34-182)
Sclerosi multipla	5	169 (67-356)	172 (68-361)
Malattie del sistema circolatorio	1601	111 (107-116)	113 (109-118)
Malattia ipertensiva	186	133 (117-150)	152 (134-172)
Malattie ischemiche del cuore	374	94 (86-102)	99 (91-108)
Infarto miocardico acuto	184	85 (75-96)	86 (75-97)
Disturbi circolatori dell'encefalo	551	116 (108-125)	109 (101-117)
Malattie apparato respiratorio	210	101 (90-114)	110 (98-123)
Malattie respiratorie acute	27	80 (56-110)	91 (64-126)
Malattie polmonari croniche	101	98 (82-116)	103 (87-122)
Asma	16	144 (90-218)	147 (92-224)
Malattie dell'apparato digerente	185	120 (106-135)	124 (109-140)
Cirrosi e altre malattie croniche del fegato	101	110 (93-130)	115 (97-136)
Malattie dell'apparato genitourinario	58	102 (81-126)	107 (85-133)
Insufficienza renale acuta e cronica	27	81 (57-112)	87 (61-119)
Malformazioni congenite	23	94 (64-133)	82 (56-116)
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	127	197 (169-229)	185 (159-215)
Traumatismi e avvelenamenti	235	133 (119-148)	127 (113-141)
Età <1			
Tutte le cause	55	91 (72-113)	90 (71-113)



raffineria di gela

Valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIAS)
Installazione dei camini "E-POT" e "E-steam"
Progetto per la produzione di biocarburanti presso la Raffineria di Gela –
Seconda fase (G2 Project – Step 2)
Raffineria di Gela S.p.A

Alcune condizioni morbose di origine perinatale Età 0-14	36	98 (73-129)	103 (77-137)
Tutti i tumori	3	55 (15-142)	53 (14-137)



raffineria di gela

Valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIAS)
Installazione dei camini “E-POT” e “E-steam
Progetto per la produzione di biocarburanti presso la Raffineria di Gela –
Seconda fase (G2 Project – Step 2)
Raffineria di Gela S.p.A

Tavole