

Regione autonoma della Sardegna  
(Provincia di Nuoro)



Comune di Macomer

CONSORZIO PER LA ZONA INDUSTRIALE DI MACOMER

## REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO

ATI: AREA IMPIANTI - MONSUD S.p.A.



**AREA  
IMPIANTI**

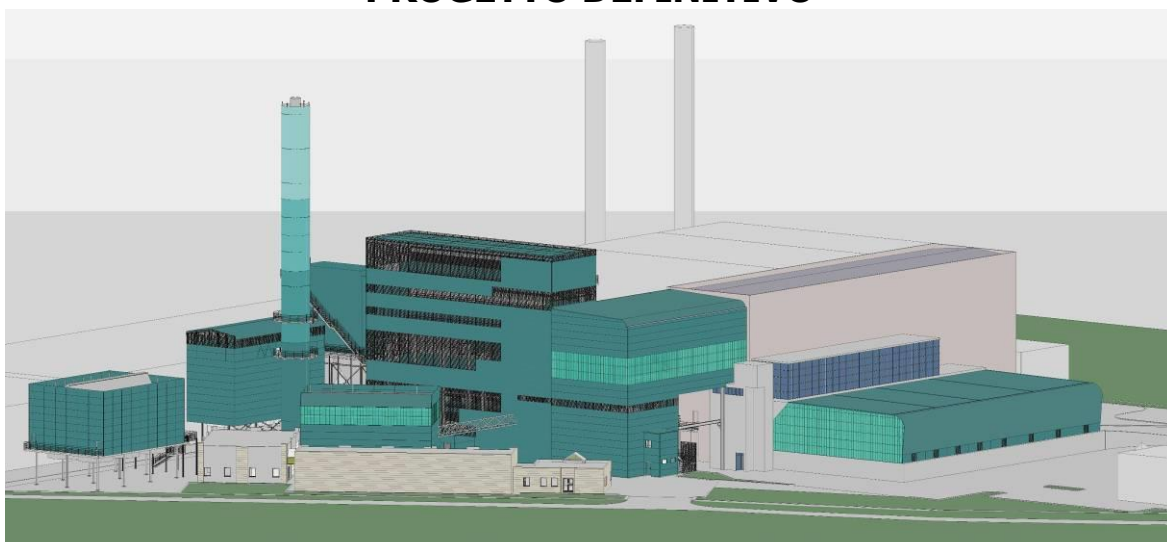


**monsud** sp.a.  
infrastructures & facilities  
Italy - 0039 0825628301 - www.monsud.it




Progettista incaricato:



### PROGETTO DEFINITIVO



**MODELLISTICA DIFFUSIONALE EMISSIONI IN ATMOSFERA  
Q.6**

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. II/59	

Sistema Qualità Certificato



UNI EN ISO 9001 (ISO 9001)




Certificato n° FS 587971



Gruppo di lavoro:

Professionista	Iscrizione	Ruolo
Dott. Ing. Francesco Martino	Ordine Ingegneri Grosseto n°195	Coordinatore progettazione, esperto progettazione impiantistica, elettromeccanica ed idraulica
Dott. Arch. David Bartalucci	Ordine Architetti Grosseto n° 465	Esperto in Studi Ambientali
Dott. Ing. Sandro Fiorentini	Ordine Ingegneri Grosseto n° 801	Progettazione architettonica, civile-statica, igiene e sicurezza cantieri
Dott. Ing. Enzo Rosadini	Ordine Ingegneri Grosseto n° 314	Esperto in progettazione impiantistica speciale

CODICE DESCRITTIVO: <b>G117FMRR738.00</b>			N° ALLEGATO: <b>Q.6</b>		
0	28/03/2014	EMISSIONE		martino	martino
1					
2					
3					
4					
<b>revisione</b>	<b>data</b>	<b>descrizione</b>	<b>redatto</b>	<b>controllato</b>	<b>approvato</b>




Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI          TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA          DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 3/59	

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
1.1 INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO E DELLE CONDIZIONI DI RIFERIMENTO .....	5
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>3. DATI SULL'ATTUALE QUALITÀ DELL'ARIA NELL'AMBITO DI INTERESSE.....</b>	<b>9</b>
3.1.1 <i>Relativamente ai valori medi annui.....</i>	<i>9</i>
3.1.2 <i>Relativamente ai valori giornalieri ed orari .....</i>	<i>9</i>
<b>4. GENERALITÀ SULLA MODELLISTICA PREVISIONALE .....</b>	<b>10</b>
4.1 CARATTERISTICHE DELLA SIMULAZIONE MODELLISTICA DIFFUSIONALE .....	12
<b>5. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....</b>	<b>14</b>
5.1 DEFINIZIONE DEL DOMINIO DI CALCOLO.....	15
<b>6. EFFETTO BUILDING DOWNWASH.....</b>	<b>19</b>
<b>7. DATI METEOROLOGICI. ....</b>	<b>20</b>
7.1 RIEPILOGO DEI PRINCIPALI DATI METEO IMPIEGATI NELLA MODELLAZIONE .....	21
7.1.1 <i>Temperatura.....</i>	<i>22</i>
7.1.2 <i>Pressione.....</i>	<i>23</i>
7.1.3 <i>Umidità relativa.....</i>	<i>24</i>
7.1.4 <i>Precipitazioni.....</i>	<i>25</i>
7.1.5 <i>Velocità e direzione del vento.....</i>	<i>26</i>
7.2 CARATTERISTICHE DELLA SORGENTE EMISSIVA .....	27
7.2.1 <i>Scala temporale.....</i>	<i>27</i>
7.2.2 <i>Tipologia di inquinante.....</i>	<i>27</i>
<b>8. ANALISI RISULTATI .....</b>	<b>28</b>
8.1 CONCENTRAZIONI "STIMATE" DI PM <sub>10</sub> .....	28
8.2 CONCENTRAZIONI STIMATE DI NO <sub>x</sub> .....	34
8.3 CONCENTRAZIONI STIMATE DI SO <sub>2</sub> .....	40
8.4 SOMMATORIA DEGLI EFFETTI .....	46
8.4.1 <i>Relativamente ai valori medi annui.....</i>	<i>46</i>
8.4.2 <i>Relativamente ai valori giornalieri ed orari .....</i>	<i>46</i>
<b>9. LA SCELTA DELL'ALTEZZA MAX DEL PUNTO DI EMISSIONE.....</b>	<b>49</b>
<b>10. STIMA E VALUTAZIONE DELLA DEPOSIZIONE AL SUOLO DI MICROINQUINANTI.....</b>	<b>52</b>
10.1 ANALISI DEI RISULTATI.....	58
10.1.1 <i>Conclusioni.....</i>	<i>59</i>

## INDICE DELLE FIGURE

<b>FIGURA 1</b> UBICAZIONE STAZIONE DI MONITORAGGIO PER LA QUALITÀ DELL'ARIA, RISPETTO AL CENTRO ABITATO DI MACOMER E RISPETTO ALL'IMPIANTO. ....	6
<b>FIGURA 2</b> UBICAZIONE DELL'IMPIANTO.....	14
<b>FIGURA 3</b> DOMINIO DI CALCOLO UTILIZZATO DA AERMOD .....	15
<b>FIGURA 4</b> OROGRAFIA DELL'IMPIANTO RISPETTO AL CENTRO INSEDIATIVO DI MACOMER (GOOGLE EARTH) .....	16
<b>FIGURA 5</b> DETTAGLI DEL RETICOLO OROGRAFICO DELLA GRIGLIA DI RECETTORI OGGETTO DI VALUTAZIONE.....	17
<b>FIGURA 6</b> DETTAGLI DEL RETICOLO OROGRAFICO NELL'AREA DELL'IMPIANTO.....	18
<b>FIGURA 7</b> DETTAGLI DEL RETICOLO OROGRAFICO GRIGLIA RECETTORI.....	18
<b>FIGURA 8</b> ZOOM DELL'IMPIANTO NEL CONTESTO OROGRAFICO (SU GOOGLE EARTH) .....	18
<b>FIGURA 9</b> PUNTO DI RIFERIMENTO DEI DATI METEO UTILIZZATI NEL MODELLO.....	20
<b>FIGURA 10</b> VALORI MASSIMI DELLE MEDIE GIORNALIERE PM <sub>10</sub> NELL'ANNO DI RIFERIMENTO .....	29

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI          TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA          DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 4/59	

<b>FIGURA 11</b>	VALORI MASSIMI DELLE MEDIE GIORNALIERE PM <sub>10</sub> NELL'ANNO DI RIFERIMENTO DA GOOGLE EARTH_VISTA 3D .....	30
<b>FIGURA 12</b>	VALORI MEDI ANNUI DEI PM <sub>10</sub> NELL'ANNO DI RIFERIMENTO.....	32
<b>FIGURA 13</b>	VALORI MEDI ANNUI DEI PM <sub>10</sub> NELL'ANNO DI RIFERIMENTO DA GOOGLE EARTH_VISTA 3D.....	33
<b>FIGURA 14</b>	VALORI MASSIMI DELLE MEDIE ORARIE NO <sub>x</sub> NELL'ANNO DI RIFERIMENTO .....	35
<b>FIGURA 15</b>	VALORI MASSIMI DELLE MEDIE ORARIE NO <sub>x</sub> NELL'ANNO DI RIFERIMENTO DA GOOGLE EARTH_VISTA 3D .....	36
<b>FIGURA 16</b>	VALORI MEDI ANNUI DEGLI NO <sub>x</sub> NELL'ANNO DI RIFERIMENTO .....	38
<b>FIGURA 17</b>	VALORI MEDI ANNUI DEGLI NO <sub>x</sub> NELL'ANNO DI RIFERIMENTO DA GOOGLE EARTH_VISTA 3D .....	39
<b>FIGURA 18</b>	MASSIMI DELLE MEDIE ORARIE SO <sub>2</sub> NELL'ANNO DI RIFERIMENTO.....	41
<b>FIGURA 19</b>	MASSIMI DELLE MEDIE ORARIE SO <sub>2</sub> NELL'ANNO DI RIFERIMENTO DA GOOGLE EARTH .....	42
<b>FIGURA 20</b>	MASSIMI DEI VALORI MEDI GIORNALIERI DEGLI SO <sub>2</sub> NELL'ANNO DI RIFERIMENTO .....	44
<b>FIGURA 21</b>	MASSIMI DEI VALORI MEDI GIORNALIERI DEGLI SO <sub>2</sub> NELL'ANNO DI RIFERIMENTO DA GOOGLE EARTH_VISTA 3D.....	45
<b>FIGURA 22</b>	CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI PM <sub>10</sub> _CASO ALTEZZA CAMINO H=50 MT .....	49
<b>FIGURA 23</b>	MASSIMI DELLE MEDIE GIORNALIERE DI PM <sub>10</sub> _CASO ALTEZZA CAMINO H=50 MT .....	49
<b>FIGURA 24</b>	CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI PM <sub>10</sub> _CASO ALTEZZA CAMINO H=60 MT .....	50
<b>FIGURA 25</b>	MASSIMI DELLE MEDIE GIORNALIERE DI PM <sub>10</sub> _CASO ALTEZZA CAMINO H=60 MT.....	50
<b>FIGURA 26</b>	CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI PM <sub>10</sub> _CASO ALTEZZA CAMINO H=70 MT.....	51
<b>FIGURA 27</b>	MASSIMI DELLE MEDIE GIORNALIERE DI PM <sub>10</sub> _CASO ALTEZZA CAMINO H=70 MT .....	51
<b>FIGURA 28</b>	DEPOSIZIONE TOTALE SECCA_ ANNO DI RIFERIMENTO DELLO STUDIO (2011).....	54
<b>FIGURA 29</b>	DEPOSIZIONE TOTALE UMIDA_ ANNO DI RIFERIMENTO DELLO STUDIO (2011) .....	55
<b>FIGURA 30</b>	DEPOSIZIONE TOTALE_ ANNO DI RIFERIMENTO DELLO STUDIO (2011).....	56
<b>FIGURA 31</b>	DEPOSIZIONE TOTALE_ ANNO DI RIFERIMENTO DELLO STUDIO (2011) DA GOOGLE EARTH_VISTA 3D .....	57

### INDICE DELLE TABELLE

<b>TABELLA 1</b>	VALORI LIMITE SECONDO IL DLGS 155/2010.....	8
<b>TABELLA 2</b>	VALORI OBIETTIVO PER INQUINANTI PRESENTI NELLA FRAZIONE PM <sub>10</sub> (DLGS 155/2010) .....	8
<b>TABELLA 3</b>	RIEPILOGO DEI VALORI MEDI ANNUI MISURATI DA ARPAS PER GLI NO <sub>2</sub> E PM <sub>10</sub> .....	9
<b>TABELLA 4</b>	RIEPILOGO DEI VALORI MASSIMI CON MEDIAZIONE ORARIA E GIORNALIERA MISURATI DA ARPAS PER GLI SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> E PM <sub>10</sub> .....	10
<b>TABELLA 5</b>	RIEPILOGO DATI OROGRAFICI.....	16
<b>TABELLA 6</b>	ANALISI STATISTICA DEI DATI DI SUPERFICIE_TEMPERATURE .....	22
<b>TABELLA 7</b>	ANALISI STATISTICA DEI DATI DI SUPERFICIE_PRESSIONI.....	23
<b>TABELLA 8</b>	ANALISI STATISTICA DEI DATI DI SUPERFICIE_UMIDITÀ .....	24
<b>TABELLA 9</b>	ANALISI STATISTICA DEI DATI DI SUPERFICIE_PRECIPITAZIONI .....	25
<b>TABELLA 10</b>	ROSA DEI VENTI .....	26
<b>TABELLA 11</b>	LIMITI NORMATIVI PM <sub>10</sub> .....	28
<b>TABELLA 12</b>	LIMITI NORMATIVI NO <sub>x</sub> .....	34
<b>TABELLA 13</b>	LIMITI NORMATIVI SO <sub>2</sub> .....	40
<b>TABELLA 14</b>	RIEPILOGO DEI VALORI MEDI ANNUI MISURATI DA ARPAS PER GLI NO <sub>2</sub> E PM <sub>10</sub> SOMMATI ALLE STIME DI AERMOD .....	46
<b>TABELLA 15</b>	VALORE MAX ORARIO MISURATO DA ARPAS PER GLI SO <sub>2</sub> SOMMATO ALLA STIMA DI AERMOD .....	46
<b>TABELLA 16</b>	VALORE MAX GIORNALIERO MISURATO DA ARPAS PER GLI SO <sub>2</sub> SOMMATO ALLA STIMA DI AERMOD .....	47
<b>TABELLA 17</b>	VALORE MAX ORARIO MISURATO DA ARPAS PER GLI NO <sub>2</sub> SOMMATO ALLA STIMA DI AERMOD.....	47
<b>TABELLA 18</b>	VALORE MAX GIORNALIERO MISURATO DA ARPAS PER LE PM <sub>10</sub> SOMMATO ALLA STIMA DI AERMOD.....	48
<b>TABELLA 19</b>	MILLIGRAMMI DI MICROINQUINANTI CONTENUTI IN OGNI MG DI PM <sub>10</sub> DEPOSITATA.....	53
<b>TABELLA 20</b>	CONCENTRAZIONI AL SUOLO IN SEGUITO A DEPOSIZIONI CONTINUE PER 30 ANNI.....	59




### INDICE DEI GRAFICI

<b>GRAFICO 1</b>	RAPPRESENTAZIONE DEI RAPPORTO TRA LA DEPOSIZIONE SECCA E QUELLA UMIDA RISPETTO A QUELLA TOTALE .....	58
<b>GRAFICO 2</b>	FREQUENZA DI ACCADIMENTO DEI VARI RANGE DI DEPOSIZIONE TOTALE NELL'ARCO DELL'ANNO DI RIFERIMENTO .....	58

### SIMBOLOGIA



Argomento per il quale si richiede attenzione.

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI          TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA          DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 5/59	

## 1. PREMESSA

La termovalorizzazione dei rifiuti solidi urbani, ovvero il recupero energetico ottenibile da processi di termodistruzione controllata dei rifiuti, è oggi una forma di recupero sicura e vantaggiosa, in termini ambientali. Come tale, essa viene ormai considerata fondamentale nell'ambito delle strategie integrate di gestione dei rifiuti solidi urbani in tutti i Paesi industrializzati

Le principali sostanze inquinanti presenti nei fumi prodotti dagli impianti di termodistruzione di RSU, prima di ogni trattamento sono raggruppabili in tre categorie:

- le polveri, costituite da particelle di sostanze presenti nei fumi allo stato solido (ossidi di metalli, particelle carboniose ecc.) dette "particolato", sulle quali si fissano le diossine ed altri microinquinanti condensabili;
- i macroinquinanti, sostanze presenti in forma gassosa, come biossido e monossido di carbonio, gas acidi come ossidi di azoto, anidride solforosa e acido cloridrico;
- i microinquinanti, composti tossici presenti anche in concentrazioni molto basse, come i metalli pesanti, i composti organoclorurati quali clorofenoli, policlorobifenili, diossine e furani clorurati e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Una parte degli inquinanti, (ad esempio CO), deriva da una combustione incompleta dei rifiuti; un'altra parte è costituita da polvere, vapori di metalli pesanti (mercurio) e cloruri di essi (ad es. piombo, cadmio ecc.). Pertanto, oltre ad una corretta gestione degli impianti, è necessario ricorrere ad una fase di depurazione dei fumi che preveda più stadi di abbattimento in relazione alle caratteristiche chimico-fisiche degli inquinanti. Come si può valutare dall'analisi del progetto proposto, la linea fumi risulta particolarmente articolata e completa e studiata in maniera tale da garantire concentrazioni in uscita dei vari inquinanti molto basse.

La simulazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera grazie all'ausilio di modelli matematici permette di determinare l'impatto ambientale delle emissioni sul territorio.

Tramite l'applicazione del modello di dispersione atmosferica è possibile verificare la concentrazione degli inquinanti per ogni ora del periodo temporale considerato e per ogni punto del dominio.

I risultati delle simulazioni come concentrazioni orarie, medie giornaliere, medie annuali, percentili di concentrazione permettono di effettuare i dovuti confronti con i limiti di legge imposti dalla normativa vigente in materia di qualità dell'aria, rappresentata dal testo unico *D.Lgs n. 155 del 13/08/2010*.

Lo scopo del presente studio è quindi quello di valutare il potenziale impatto sullo stato di qualità dell'aria dovuto alle emissioni in atmosfera generate dalla nuova linea di incenerimento da realizzare in sostituzione delle due linee persistenti nell'ambito degli impianti di trattamento e smaltimento di rifiuti, gestiti dalla società Tossilo S.p.A.




Una prima linea di incenerimento, a letto fluido, è entrata in funzione nel 1993. Nello stesso anno ha preso il via la discarica controllata di "Monte Muradu", costruita per accogliere le scorie prodotte da detta linea di combustione, ma successivamente trasformata in discarica utilizzata anche per la raccolta di sovralli e ceneri.

Una seconda linea, sempre a letto fluido, è entrata in funzione nel 2000. Essa è stata nella sua fase iniziale realizzata solo per fronteggiare situazioni di emergenza o di fermo impianto della linea gemella, ma al contrario ha sempre marciato a pieno regime, per smaltire i rifiuti a valenza combustibile che provenivano da un bacino sempre più ampio.

Attualmente le due linee hanno funzionato in modo integrato con il resto dell'impianto, che effettua un pretrattamento dei RU prima di inviare il flusso a valenza combustibile alla fase dell'incenerimento.

### 1.1 INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO E DELLE CONDIZIONI DI RIFERIMENTO

La presente analisi previsionale ha quindi come scopo quello di valutare l'impatto emissivo in atmosfera della nuova linea di incenerimento da ~28 MWt nell'arco dell'anno, con combustione su griglia, in sostituzione delle due linee esistenti con tecnologia a letto fluido che verranno successivamente dismesse.;

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI          TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA          DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 6/59	

A tal fine è stata effettuata, mediante l'impiego di un modello diffusionale (AERMOD), una stima sia delle ricadute al suolo (immissioni) che e delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera (emissioni) a seguito delle nuove portate fumi derivanti dalla predetta nuova linea.

L'analisi ha riguardato un dominio di calcolo rappresentato da un quadrato di lato 10 km al fine di poter includere nello studio tutti gli ambiti interessati da valori di emissione ritenuti significativi.

Nello studio sono stati presi in esame i dati meteo su base oraria relativi all'anno 2011 ed è stato effettuata una valutazione accurata dell'orografia come specificato nei capitoli successivi.

Inoltre, al fine di valutare il contributo che la nuova configurazione impiantistica determinerà sull'attuale stato di qualità dell'aria, i valori previsionali ottenuti con le simulazioni modellistiche sono stati sommati con le concentrazioni degli stessi inquinanti rilevate attraverso determinazioni dirette effettuate, durante lo stesso l'anno 2011, dalla centralina di *Macomer CENMA1*, ubicata nella zona sud del centro abitato di Macomer e a nord del nuovo impianto, a circa 1300 ml.

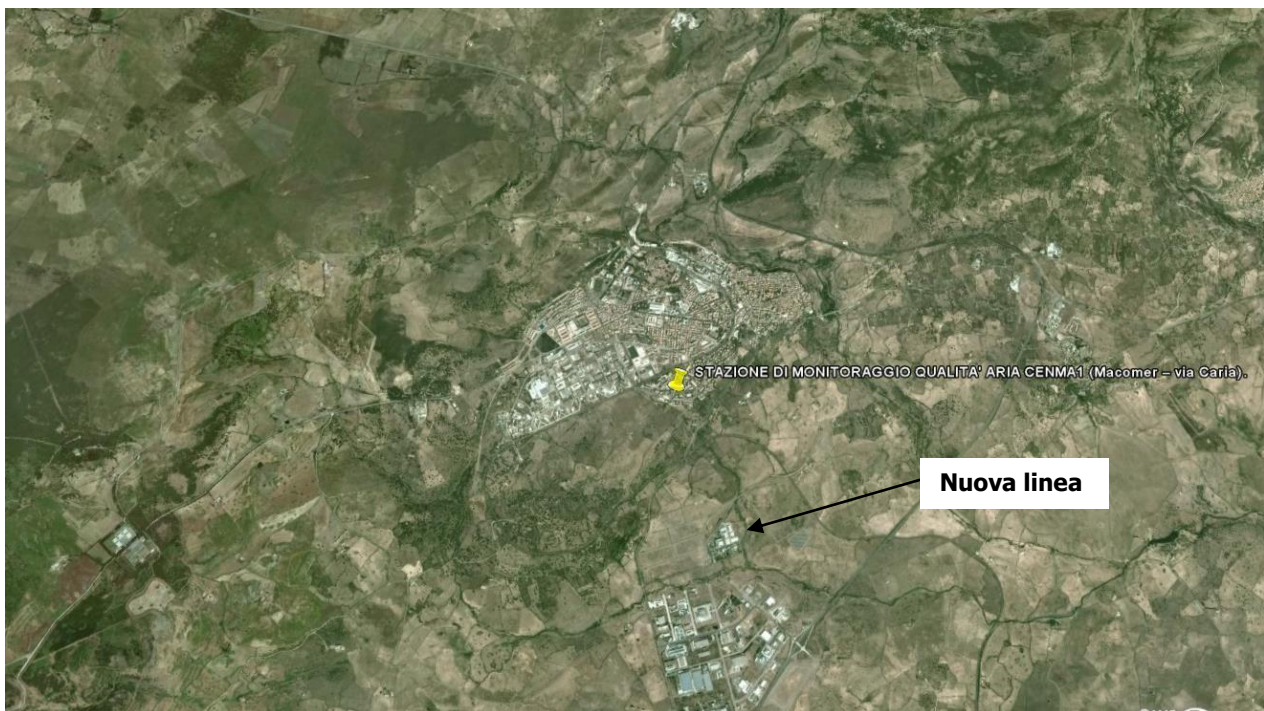


Figura 1 Ubicazione stazione di monitoraggio per la qualità dell'aria, rispetto al centro abitato di Macomer e rispetto all'impianto.




L'anno preso in considerazione, 2011, è congruente con i valori meteo assunti (valori medi orari su base annua di tutti i parametri meteorologici, anno 2011, implementati nel modello come meglio spiegato nel prosieguo).

I valori ottenuti dall'analisi diffusionale sono stati successivamente sommati ai valori di qualità dell'aria risultati dalle misurazioni dirette delle "concentrazioni di fondo" effettuate presso la richiamata stazione di monitoraggio ARPAS *Macomer CENMA1*, e da tale somma si sono ottenuti i valori di qualità dell'aria "attes" a seguito dell'avvio della nuova linea. Detti valori somma sono stati quindi confrontati con i limiti di qualità dell'aria indicati dalla vigente normativa nazionale.



Giova evidenziare che, a favore della sicurezza, i valori assunti come valori di fondo come sopra determinati, tengono già conto dell'incidenza sulla qualità dell'aria determinata dalle due linee di incenerimento preesistenti, che hanno, anche se in maniera discontinua, continuato a funzionare nel corso dell'anno 2011. Per tale ragione assumere come valore di fondo dei dati che subiscono l'influenza delle due linee che saranno successivamente dismesse, è una ipotesi estremamente cautelativa.

Gli inquinanti presi in considerazione nello studio sono: *polveri PM<sub>10</sub>, ossidi di azoto (NO<sub>2</sub>), e biossidi di zolfo (SO<sub>2</sub>)*.

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI          TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA          DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 7/59	

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel corso del 2010 il quadro normativo in materia di qualità dell'aria ha subito importanti modifiche.

La normativa precedente, articolata in una legge quadro (DL 351/99) ed in decreti attuativi (che fornivano modalità di misura, indicazioni sul numero e sulla collocazione delle postazioni di monitoraggio, limiti e valori di riferimento per i diversi inquinanti), è stata sostituita da una unica norma, il Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n.155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"



Il Decreto del 2010 - recepimento della direttiva europea 2008/50/CE - introduce importanti novità nell'ambito del complesso e stratificato quadro normativo in materia di qualità dell'aria in ambiente, introducendo nuovi strumenti che si pongono come obiettivo di contrastare più efficacemente l'inquinamento atmosferico.

Oltre a fornire una metodologia di riferimento per la caratterizzazione delle zone (zonizzazione), definisce i valori di riferimento che permettono una valutazione della qualità dell'aria, su base annuale, in relazione alle concentrazioni dei diversi inquinanti.

In particolare vengono definiti:

- Valore Limite (VL): Livello che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato.
- Valore Obiettivo: Livello da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita.
- Livello Critico: Livello oltre il quale possono sussistere rischi o danni per ecosistemi e vegetazione, non per gli esseri umani
- Margine di Tolleranza: Percentuale del valore limite entro la quale è ammesso il superamento del VL
- Soglia di Allarme: Livello oltre il quale sussiste pericolo per la salute umana, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive
- Soglia di Informazione: Livello oltre il quale sussiste pericolo per la salute umana per alcuni gruppi sensibili, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive
- Obiettivo a lungo termine: Livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate
- Indicatore di esposizione media: Livello da verificare sulla base di selezionate stazioni di fondo nazionali che riflette l'esposizione media della popolazione
- Obbligo di concentrazione dell'esposizione: Livello da raggiungere entro una data prestabilita
- Obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione: Riduzione percentuale dell'esposizione media rispetto ad un anno di riferimento, da raggiungere entro una data prestabilita.

Nella tabella che segue sono riportati, per ogni inquinante, i valori limite e di riferimento contenuti nel *Dlgs 155/2010*.

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 8/59	

Inquinante	Valore	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Biossido di zolfo	limite media oraria	350
	$\leq 24$ volte/anno	
	soglia di allarme	500
3 ore consecutive in tutto il territorio		
Biossido di azoto	limite media oraria	200
	$\leq 18$ volte/anno	
	soglia di allarme	400
3 ore consecutive in tutto il territorio		
PM10	limite media giornaliera	50
	$\leq 35$ volte/anno	
PM2,5	limite media annuale	40
	limite media annuale	25
Ozono	soglia di informazione	180
	1 ora	
	soglia di allarme	240
	1 ora	
valore obiettivo		
8 ore consecutive $\leq 25$ volte/anno		
Ossido di carbonio	limite media	10.000
	8 ore consecutive	(= $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ )
Benzene	limite media annuale	5,0

**Tabella 1** Valori limite secondo il DlgS 155/2010

Il DLgs 155/2010 fissa anche valori obiettivo per la concentrazione di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene nell'aria ambiente per evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi di tali inquinanti sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso. Il valore obiettivo del benzo(a)pirene viene usato come *marker* per il rischio cancerogeno degli idrocarburi policiclici aromatici.




Inquinante	Parametro	Valori Obiettivo	Data raggiungimento <sup>(1)</sup>
<b>Arsenico</b>	Tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile	<b>6,0</b> ng/m <sup>3</sup>	<b>31.12.2012</b>
<b>Cadmio</b>		<b>5,0</b> ng/m <sup>3</sup>	
<b>Nichel</b>		<b>20,0</b> ng/m <sup>3</sup>	
<b>Benzo(a)pirene</b>		<b>1,0</b> ng/m <sup>3</sup>	

(1) art.9 – comma 2 del Decreto

**Tabella 2** Valori obiettivo per inquinanti presenti nella frazione PM10 (DLgs 155/2010)

La norma prevede che debbano essere adottate, nei limiti delle risorse disponibili, le misure che non comportino costi sproporzionati necessarie a perseguire il raggiungimento del valore obiettivo entro il 31 dicembre 2012, con priorità per quelle azioni che intervengono sulle principali fonti di emissione.

Suggerisce inoltre, in un numero limitato di stazioni, di effettuare, contestualmente al benzo(a)pirene la misurazione delle concentrazioni nell'aria ambiente di benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene e dibenzo(a,h)antracene, al fine di verificare la costanza dei rapporti nel tempo e nello spazio tra il benzo(a)pirene e gli altri idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica.

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 9/59	

### 3. DATI SULL'ATTUALE QUALITÀ DELL'ARIA NELL'AMBITO DI INTERESSE

La rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria nella Regione Sardegna, gestita dall'ARPAS, è costituita da 44 centraline automatiche di misura, dislocate nel territorio regionale. Per la verifica degli effetti ai fini dell'analisi di interesse del presente SIA, si è proceduto alla acquisizione dei dati relativi alla qualità dell'aria nel comune di Macomer, anno 2011, stazione MACOMER CENMA1

#### 3.1.1 Relativamente ai valori medi annui

Tali dati misurati da ARPAS sono stati aggregati in maniera tale da poter estrapolare i valori medi annui per gli NO<sub>2</sub> e le PM<sub>10</sub>, inquinanti per i quali esistono limiti su base annua, al fine di poter effettuare la sommatoria degli effetti con gli omologhi valori stimati dal modello, per gli stessi inquinanti, relativamente ai dati su base annua, in linea con quanto previsto dalla normativa vigente.

Tali valori sono stati quindi confrontati con quelli di legge determinandone l'incidenza attuale.

MACOMER CENMA1		Periodo	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
Dati riepilogativi qualità dell'aria			medie annua sulle 24h	medie annua sulle 24h
		<b>anno 2011</b>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
valori medi annuali			<b>7,04</b>	<b>16,91</b>
limiti di legge			<b>40</b>	<b>40</b>
incidenza% nella fase "ante operam" su limiti di legge			<b>17,60%</b>	<b>42,27%</b>

Tabella 3 Riepilogo dei valori medi annui misurati da ARPAS per gli NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>

Lo stato della qualità dell'aria rilevato dalla richiamata centralina Macomer CENMA1 evidenzia valori di incidenza percentuali, rispetto ai corrispondenti valori limite per la qualità dell'aria, molto contenuti.

Tali dati sono influenzati dall'esercizio delle attuali due linee di incenerimento, anche se nell'anno 2011 le stesse mediamente hanno funzionato per circa il 50% della loro potenzialità.

Quindi, cautelativamente, i valori medi annui di qualità dell'aria relativi all'anno 2011 sopra riportati, vengono considerati valori di fondo "ante operam" come se le due vecchie linee dovessero funzionare, al 50%, anche in fase di futuro avvio della nuova linea oggetto di SIA.

In realtà, con l'avvio all'esercizio del nuovo impianto, si procederà alla dismissione delle vecchie linee e verrà meno l'apporto delle stesse. Quindi sotto il profilo del rigore scientifico si dovrebbe decurtare l'apporto di dette linee sullo stato ante operam della qualità dell'aria. Tuttavia a vantaggio della sicurezza nell'assunzione dei valori di fondo non si terrà conto di detta circostanza.

#### 3.1.2 Relativamente ai valori giornalieri ed orari

##### Per gli SO<sub>2</sub>

La normativa vigente fissa dei valori limite per i seguenti periodi di mediazione:




- 1 ora 350µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 24 volte all'anno
- 1 giorno 125µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 3 volte all'anno

##### *Mediazione oraria*

Dalle misurazioni dirette di ARPAS, anno 2011, è stato cautelativamente estrapolato il valore massimo orario registrato per detto inquinante nel corso dell'anno (rilevato in data 13/01/2011) pari a 15µg/m<sup>3</sup>. Tale valore viene cautelativamente assunto quale vale di fondo cui sommare l'omologo valore stimato da AERMOD, cioè il valore massimo orario "atteso" nel corso dell'anno, per lo stesso inquinante e nello stesso punto geografico.

##### *Mediazione giornaliera*

Dalle misurazioni dirette di ARPAS, anno 2011, è stato estrapolato il valore massimo giornaliero registrato per detto inquinante nel corso dell'anno (rilevato in data 11/06/2011) pari a 9,53µg/m<sup>3</sup>. Tale valore viene cautelativamente

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 10/59	

assunto quale vale di fondo cui sommare l'omologo valore stimato da AERMOD , cioè il valore massimo giornaliero "atteso" nel corso dell'anno , per lo stesso inquinante e nello stesso punto geografico.

#### Per gli NO<sub>2</sub>

La normativa vigente fissa dei valori limite per i seguenti periodi di mediazione:

- 1 ora                      200µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 24 volte all'anno

#### Mediazione oraria

Dalle misurazioni dirette di ARPAS, anno 2011, è stato estrapolato il valore massimo orario registrato per detto inquinante nel corso dell'anno (rilevato in data 23/12/2011) pari a 98,76 µg/m<sup>3</sup> . Tale valore viene cautelativamente assunto quale vale di fondo cui sommare l'omologo valore stimato da AERMOD , cioè il valore massimo orario "atteso" nel corso dell'anno , per lo stesso inquinante e nello stesso punto geografico.

#### Per le PM<sub>10</sub>

La normativa vigente fissa dei valori limite per i seguenti periodi di mediazione:

- 1 giorno                      50µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 35 volte all'anno

Dalle misurazioni dirette di ARPAS, anno 2011, risultano 10 superamenti del predetto valore limite della qualità dell'aria, come risulta dalla seguente tabella:

n°	Data	µg/m <sup>3</sup>
1	17/09/2011	100,41
2	06/02/2011	79,41
3	02/09/2011	77,29
4	16/11/2011	69,76
5	13/09/2011	67,34
6	03/09/2011	66,40
7	05/02/2011	62,31
8	08/09/2011	55,82
9	15/09/2011	52,73
10	07/09/2011	52,24
11	12/09/2011	47,74

Da detta tabella è stato estrapolato il valore massimo rientrante nei limiti normativi, corrispondente all'11mo valore di tabella, che non rappresenta un superamento.

Tale valore viene cautelativamente assunto quale valore di fondo cui sommare l'omologo valore stimato da AERMOD, cioè il valore massimo giornaliero "atteso" nel corso dell'anno , per lo stesso inquinante e nello stesso punto geografico.

Tali valori sono stati quindi confrontati con quelli di legge determinandone l'incidenza attuale .

MACOMER CENMA1		SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
Dati riepilogativi qualità dell'aria		Periodo		valore max orario	valore max giornaliero al netto dei superamenti
		valore max orario	valore max giornaliero	valore max orario	valore max giornaliero al netto dei superamenti
valore di fondo assunto		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
limiti di legge		<b>15,59</b>	<b>9,53</b>	<b>98,76</b>	<b>47,74</b>
incidenza% nella fase "ante operam" su limiti di legge		<b>125</b>	<b>350</b>	<b>200</b>	<b>50</b>
		<b>12,47%</b>	<b>2,72%</b>	<b>49,38%</b>	<b>95,48%</b>

Tabella 4 Riepilogo dei valori massimi con mediazione oraria e giornaliera misurati da ARPAS per gli SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>




#### 4. GENERALITÀ SULLA MODELLISTICA PREVISIONALE

Per mettere in relazione le emissioni di inquinanti in atmosfera da parte delle differenti sorgenti (camini, ecc.) con la qualità complessiva dell'aria di una data zona, si ricorre all'uso della modellistica previsionale di diffusione-ricaduta degli inquinanti atmosferici.

In tale ambito, un modello è una procedura di calcolo informatizzata che, partendo da dati relativi alle emissioni in atmosfera, stima la dispersione degli inquinanti emessi nell'aria in diversi punti del territorio.

Esistono numerosi tipi di modelli, ciascuno con differenti caratteristiche, limiti di applicabilità, potenzialità, eccetera. In ogni caso, i vantaggi dell'uso degli strumenti modellistici (peraltro previsti dalla normativa vigente) sono molteplici.

In primo luogo, la modellistica viene a costituire un complemento indispensabile e, in alcuni casi,

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI          TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA          DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 11/59	

un'efficace alternativa alle misurazioni della qualità dell'aria. Molto spesso, infatti, risulta impraticabile effettuare misure dirette di tutti gli inquinanti desiderati nei numerosi siti del territorio a variabile distanza da una o più sorgenti significative di emissione: le misurazioni, peraltro, richiederebbero tempi piuttosto lunghi per produrre informazioni che siano realmente rappresentative della qualità dell'aria in differenti condizioni meteorologiche. Le applicazioni modellistiche permettono di ovviare a tale problema inserendo nei calcoli tutte le variabili meteo relative al periodo che s'intende studiare.

In secondo luogo, le applicazioni modellistiche si prestano, e costituiscono il metodo più idoneo, alla costruzione di scenari, per valutare preventivamente differenti ipotesi di modifica della situazione emissiva locale e quindi per arrivare a una più consapevole assunzione di decisioni circa le azioni da intraprendere in tal senso.

Un ulteriore vantaggio è infine costituito dal fatto che, quando si mettono a confronto i valori risultanti da applicazioni modellistiche con quelli frutto di misure effettive della qualità dell'aria, ciò consente, in genere, di produrre migliori interpretazioni di fenomeni poco chiari relativi alla qualità dell'aria di una data zona.

A fronte di tali vantaggi, esistono ovviamente, nell'uso della modellistica, problemi e limitazioni, riguardanti:

1. il grado di incertezza: le stime, anche ben fatte, dei valori di concentrazione prevedibili per una data zona risultano sempre affette da margini di errore superiori a quelli associati a misure effettive della qualità dell'aria di quella zona;
2. i limiti di applicabilità, relativi soprattutto a inquinanti reattivi e/o secondari;
3. la rappresentatività: le stime sono sempre da riferirsi alle sole pressioni emissive incluse nella specifica applicazione modellistica (eventualmente integrate da informazioni sull'entità del fondo locale). Pertanto le eventuali lacune relative alla identificazione e quantificazione delle fonti di pressione incidono sul risultato finale.




Per la valutazione della qualità dell'aria in relazione alle pressioni inquinanti causate dall'inceneritore sito nella zona industriale del Comune di Macomer, si è fatto ricorso all'utilizzo del consolidato modello AERMOD della US-EPA (*Environment Protection Agency* degli Stati Uniti), con cui si è stimata la dispersione di tutti i tipi di inquinanti provenienti dal camino di nuova realizzazione del suddetto impianto.

Il codice AERMOD è stato sviluppato in ambito EPA dall'American Meteorological Society (AMS)/Environmental Protection Agency (EPA) Regulatory Model Improvement Committee (AERMIC) come evoluzione del modello gaussiano ISC3 ed attualmente figura tra i codici più noti ed utilizzati a livello nazionale e internazionale. Tale modello è stato recentemente riconosciuto come "regulatory" nei protocolli EPA per la modellazione della dispersione atmosferica, in sostituzione di ISC3.

AERMOD è un modello di calcolo stazionario (*steady-state*) in cui la dispersione in atmosfera dell'inquinante emesso da una sorgente viene simulata adottando una distribuzione gaussiana della concentrazione, sia nella direzione orizzontale che in quella verticale, se lo strato limite atmosferico è stabile. Se invece lo strato limite atmosferico è instabile, si è in presenza di meccanismi convettivi e il codice descrive la concentrazione in aria adottando una distribuzione gaussiana nella direzione orizzontale e una funzione densità di probabilità (p.d.f.) bi gaussiana per la direzione verticale (Willis e Deardorff, 1981; Briggs, 1993).

Per tale motivo AERMOD è ritenuto un modello ibrido di nuova generazione, dal momento che è in grado di descrivere in modo molto più rappresentativo gli effetti della turbolenza dello strato limite atmosferico che risultava invece una limitazione per i modelli gaussiani tradizionali (o di vecchia generazione).

Il codice prevede la possibilità di considerare diverse tipologie di fonti emissive (puntuali, areali, volumiche) ed a ciascun tipo di sorgente fa corrispondere un diverso algoritmo per il calcolo della concentrazione. Il modello calcola il contributo di ciascuna sorgente nel dominio d'indagine, in corrispondenza di recettori distribuiti su una griglia (definita dall'utente) o discreti e ne somma gli effetti. Poiché il modello è stazionario, le emissioni sono assunte costanti nell'intervallo temporale di simulazione (generalmente un'ora).

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera		PAG. 12/59	

Il codice consente di effettuare due tipi di simulazioni:

- “*short term*”: fornisce concentrazioni medie orarie o giornaliere e quindi a breve termine, consentendo di individuare la peggior condizione possibile;
- “*long-term*”: tratta gli effetti dei rilasci prolungati nel tempo, al variare delle caratteristiche atmosferiche e meteorologiche, e fornisce le condizioni medie nell’intervallo di tempo considerato, generalmente un anno e quindi a lungo termine.

Il modello si avvale dell’utilizzo di due altri codici per elaborare i dati di input:

- il preprocessore meteorologico AERMET, che consente di raccogliere ed elaborare i dati meteorologici rappresentativi della zona studiata, per calcolare i parametri dispersivi dello strato limite atmosferico; esso permette pertanto ad AERMOD di ricavare i profili verticali delle variabili meteorologiche più influenti sul trasporto e dispersione degli inquinanti;
- il preprocessore orografico AERMAP, che permette di raccogliere ed elaborare le caratteristiche e l’altimetria del territorio, consentendo l’applicazione di AERMOD a zone sia pianeggianti che a morfologia complessa.

Il codice di dispersione AERMOD, infine, dopo aver integrato le informazioni provenienti dai due preprocessori sopra illustrati, calcola le concentrazioni al suolo degli inquinanti emessi in atmosfera assumendo particolari ipotesi. Nel caso di atmosfera stabile il codice suppone che l’inquinante diffonda nello spazio mantenendo una forma sia nella direzione orizzontale che verticale assimilabile ad una distribuzione gaussiana, mentre nel caso di atmosfera convettiva la forma adottata dal codice per diffondere il pennacchio riflette la natura non gaussiana della componente verticale della velocità del vento.




L’attuale versione di AERMOD contiene particolari algoritmi in grado di tenere conto di determinate caratteristiche dello strato limite atmosferico (PBL –*planetary boundary layer*) ed è in grado di simulare il comportamento del pennacchio in diverse situazioni:

- calcola il “*plume rise*”, ossia il sovra innalzamento del pennacchio legato agli effetti di intrappolamento del pennacchio nei flussi turbolenti, sia di natura meccanica che convettiva, che tendono a manifestare una spinta discendente sottovento agli edifici eventualmente presenti vicino alla sorgente e una spinta ascendente collegata ai flussi turbolenti diretti verso l’alto;
- simula la “*buoyancy*”, ossia la spinta di galleggiamento del pennacchio legato alle differenze di densità e di temperatura del pennacchio rispetto all’aria esterna;
- è in grado di simulare i “*plume lofting*”, cioè le porzioni di massa degli inquinanti che in situazioni convettive prima di diffondersi nello strato limite, tendono ad innalzarsi e a rimanere in prossimità del top dello strato limite;
- tiene conto della penetrazione del plume in presenza di inversioni termiche in quota;
- tiene conto del “*building downwash*”, ossia dell’effetto di distorsione del flusso del pennacchio causato dalla presenza di edifici.

#### 4.1 CARATTERISTICHE DELLA SIMULAZIONE MODELLISTICA DIFFUSIONALE

La nuova simulazione modellistica relativa alla nuova linea in esercizio è stata quindi effettuata sulla base delle seguenti assunzioni:

1. Impiego del modello *Aermod* sviluppato dall’US-EPA, l’Ente Federale Americano per la protezione dell’ambiente; tale modello, a partire dal dicembre 2007, che ha sostituito il vecchio modello ISC<sub>3</sub> (utilizzato nello studio d’impatto originario), risulta tra i modelli raccomandati dalla U.S. EPA per simulare l’impatto atmosferico di sorgenti industriali su terreni complessi.
2. Verifica del rispetto degli obiettivi di qualità dell’aria fissati dal DLgs 155/10 basato di recepimento della Direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e della Direttiva 21/05/08 del Consiglio Europeo;

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 13/59	

Inquinante	Valore	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Biossido di zolfo	limite media oraria	350
	$\leq 24$ volte/anno	
	soglia di allarme	500
3 ore consecutive in tutto il territorio		
Biossido di azoto	limite media oraria	200
	$\leq 18$ volte/anno	
	soglia di allarme	400
3 ore consecutive in tutto il territorio		
PM10	limite media annuale	40
	limite media giornaliera	50
PM2,5	$\leq 35$ volte/anno	
	limite media annuale	40
Ozono	limite media annuale	25
	soglia di informazione	180
	1 ora	
	soglia di allarme	240
	1 ora	
	valore obiettivo	120
8 ore consecutive $\leq 25$ volte/anno		
Ossido di carbonio	limite media	10.000
	8 ore consecutive	(= 10 $\text{mg}/\text{m}^3$ )
Benzene	limite media annuale	5,0




### 3. Impiego delle caratteristiche emissive della nuova linea come da tabella seguente:

N° di camini	1
Portata complessiva	81.649 $\text{m}^3/\text{h}$
	54.487 $\text{Nm}^3/\text{h}$
	22,68 $\text{m}^3/\text{s}$
Dati camino	
Altezza del camino	50 m
Diametro	1,4 m
Temperatura dei fumi	130 °C
	403,15 °K
Velocità di efflusso	14,73 m/s

Flussi di massa degli inquinanti emessi	Valori limite concentrazioni ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) fissati dal progetto preliminare	Flussi di massa ( $\mu\text{g}/\text{s}$ )	g/s	dato di riferimento normativo	Valori limite qualità aria	superamenti ammessi	%	percentile
Polveri	3,33666	75676	0,0757	media giornaliera	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35	9,5890411	90,41
NO <sub>x</sub>	33,36661	756764	0,7568	media oraria	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18	0,2054795	99,79
SO <sub>2</sub>	3,33666	75676	0,0757	media h <sub>1h</sub>	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24	0,2739726	99,73

- Impiego del preprocessore del terreno (AERMAP) per preparare i dati relativi all'orografia dell'area vasta per il loro utilizzo all'interno del modello di dispersione.
- Impiego di un modello di dispersione "steady-state" in cui la diffusione in atmosfera dell'inquinante emesso dalle tre sorgenti è stata simulata adottando una distribuzione gaussiana della concentrazione, sia nella direzione orizzontale che in quella verticale, se l'inquinante diffonde nello strato limite stabile SBL. Se invece l'inquinante diffonde nello strato limite convettivo CBL, il codice utilizzato descrive la concentrazione in aria adottando una distribuzione gaussiana nella direzione orizzontale e una funzione densità di probabilità p.d.f. bi-gaussiana per la direzione verticale<sup>1</sup>; nella simulazione effettuata il modello *Aermod* considera l'inomogeneità verticale della struttura dello strato limite atmosferico (attraverso l'utilizzo di un profilo meteorologico verticale).
- L'impiego del modello ha richiesto l'utilizzo di due file meteorologici, uno al suolo e l'altro in quota, entrambi con risoluzione temporale oraria.
- Adozione del limite di riferimento del 90,45° percentile delle medie giornaliere su base annua per il PM10, del 99,8° percentile delle medie orarie su base annua per gli NO<sub>x</sub> e 98° percentile delle medie orarie su base annua di SO<sub>2</sub>.
- Si è tenuto conto delle ore di effettivo funzionamento della linea a regime, max 8000 h/a;
- Adozione dell'ipotesi cautelativa che tutte le polveri emesse abbiano un diametro minore a 10 micron (ovvero l'emissione di polveri è stata considerata come tutto PM<sub>10</sub>) in quanto il sistema di trattamento delle polveri della linea di termovalorizzazione, doppio stadio con elettrofiltro e filtro a maniche, abbatte praticamente tutta la componente di granulometria maggiore.

<sup>1</sup> (Willis and Deardorff, 1981; Briggs, 1993).

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI          TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA          DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 14/59	

## 5. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'impianto sorge nell'area industriale del Tossilo del Comune di Macomer, caratterizzata da diversi insediamenti industriali di cui alcuni dismessi, ed è compreso tra la strada statale 131 e la strada 129b. Al confine dell'Impianto sorge il depuratore Consortile dove sono scaricate e depurate le acque di processo e di pioggia del Termovalorizzatore e dell'impianto di compostaggio. Fa parte del ciclo produttivo anche la gestione della discarica controllata a servizio dell'impianto di termovalorizzazione di Tossilo, ubicata in località Monte-Muradu, nel territorio di Macomer, in corrispondenza dello svincolo tra la vecchia e la nuova S .S.13.

Nell'area in esame l'altimetria è relativamente poco variabile, con quote comprese tra 380 m s.l.m. e 540 m s.l.m. e degradante con regolarità da NW verso SE ; la quota dell'impianto è di circa 410 m s.l.m .

I centri abitati più prossimi all'impianto sono Macomer, con una distanza minima di 1450 m; Borore con una distanza minima di 3500 m e Birori con una distanza di circa 3770 m.



Figura 2 Ubicazione dell'impianto

Dal punto di vista catastale il complesso ricade nel Foglio n. 48 – Particella 22 dell'estratto mappale del Comune di Macomer, di proprietà del Consorzio per la Zona Industriale di Macomer.

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 15/59	

### 5.1 DEFINIZIONE DEL DOMINIO DI CALCOLO

La valutazione degli impatti in atmosfera è stata effettuata assumendo un *dominio di calcolo* di 10 km x 10 km centrato sull'impianto oggetto del presente studio e ciò al fine di poter valutare gli eventuali impatti inquinanti della nuova linea di incenerimento su i centri abitativi limitrofi.

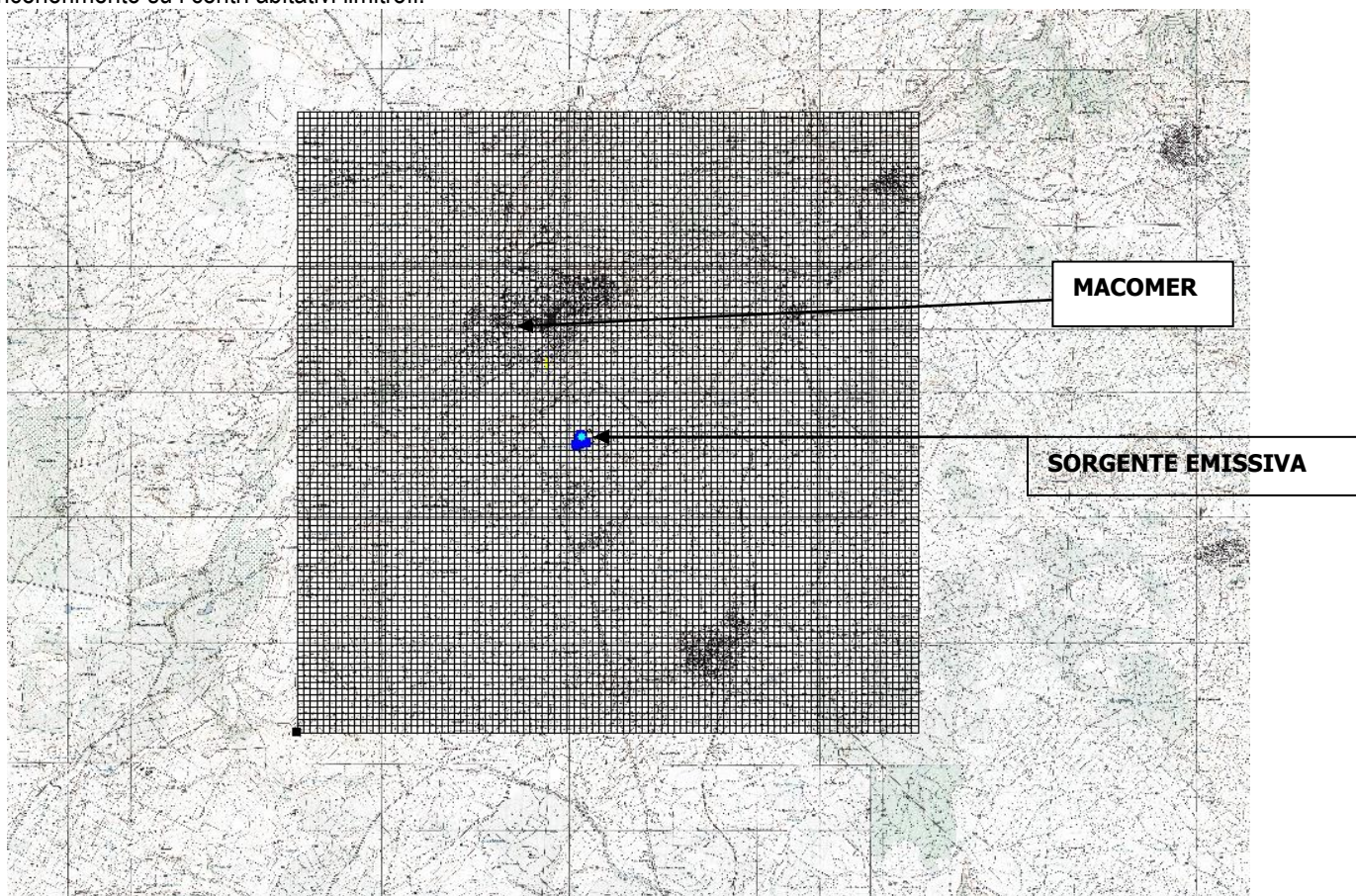





Figura 3 Dominio di calcolo utilizzato da Aermod

Tuttavia nella elaborazione modellistica si è tenuto conto dell'esatta orografia dell'area vasta al contorno dell'impianto, assumendo un *dominio territoriale* di dimensioni 27 000 m x 27 000 m, con maglie da 100 m. Quindi l'orografia implementata nel modello è molto più vasta del dominio di calcolo.

I dati orografici sono stati elaborati utilizzando il codice di calcolo AERMAP che prepara i dati per il loro utilizzo all'interno del modello di dispersione.

Lo scopo di questo preprocessore è quello di raccogliere ed elaborare le caratteristiche e l'altimetria del territorio, consentendo l'applicazione di AERMOD a zone sia pianeggianti che a morfologia complessa. Mediante AERMAP si suddivide il territorio in una griglia di recettori e per ogni punto si introduce una morfologia iniziale, che verrà poi trasformata dal programma in una "morfologia efficace" (da fornire come input ad AERMOD), in dipendenza dall'altitudine e dalla distanza dal recettore.

La capacità di AERMAP di rielaborare i dati sul territorio dal punto di vista del singolo recettore rendono necessario l'utilizzo di un formato digitalizzato per le mappe. Infatti, il modello si avvale del concetto del "dividing streamline", cioè di un'altezza caratteristica  $H_c$  che divide il flusso di inquinante in due parti. Nota questa altezza, il territorio verrà caratterizzato in modo diverso per ciascun punto della griglia. Il formato digitale è utile perché, per ogni punto dell'area in esame, mette a disposizione un vettore che verrà riempito di volta in volta con le altezze relative ai recettori.

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 16/59	

Le mappe che sono state codificate da AERMAP hanno un formato particolare: USGS-DEM file (*United States Geological Survey - Digital Elevation Map*), e in particolare, per applicazioni a scale locali, il formato più adatto è il 7,5-minute DEM: l'area che viene digitalizzata è formata da un quadrato di lato 7,5 minuti e la griglia considerata è formata da punti distanziati tra loro da 30 metri l'uno dall'altro. Nel caso in studio è stato possibile "creare" un DEM file a partire da formati più comuni di mappe digitali (come formati AUTOCAD, dwg e dxf) utilizzando uno specifico software.




Dal punto di vista topografico, l'impianto si trova nell'altopiano di Abbasanta ai piedi della catena del "Marghine", a circa 410 m di quota.



**Figura 4** Orografia dell'impianto rispetto al centro insediativo di Macomer (google earth)

Origine [X0,Y0](m):	470950,4440350
Estremo superiore [X1,Y1](m):	497850,4467250
Dimensione cella [dx,dy](m):	100,100
Numero di punti [nx,ny]:	270,270

**Tabella 5** Riepilogo dati orografici

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I. 
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 17/59	

La schermate riportate di seguito evidenziano le analisi modellistiche preliminarmente effettuate riguardanti l'orografia.

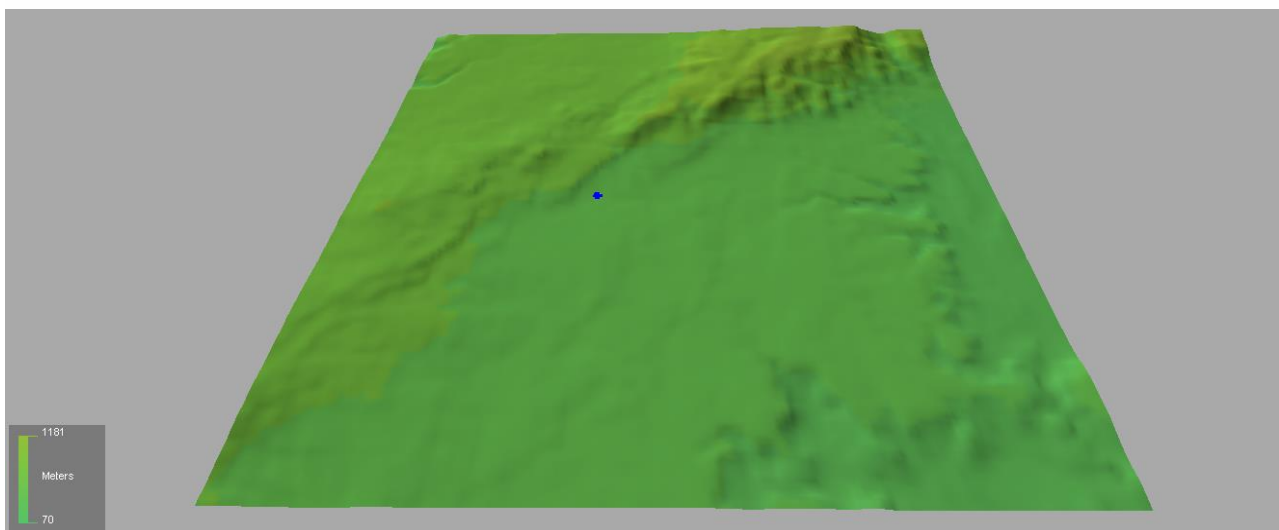
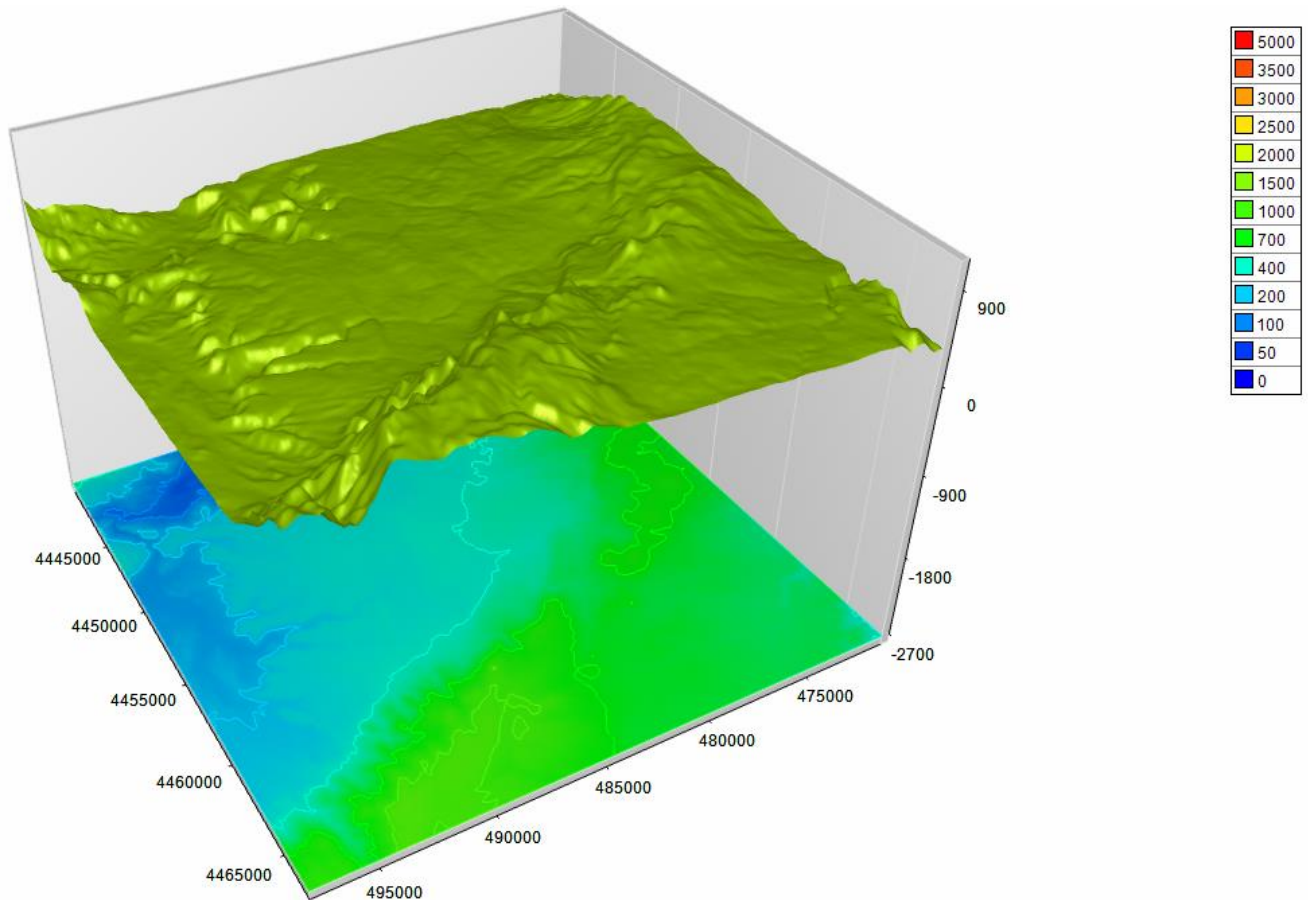





Figura 5 Dettagli del reticolo orografico della griglia di recettori oggetto di valutazione

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I. 
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 18/59	

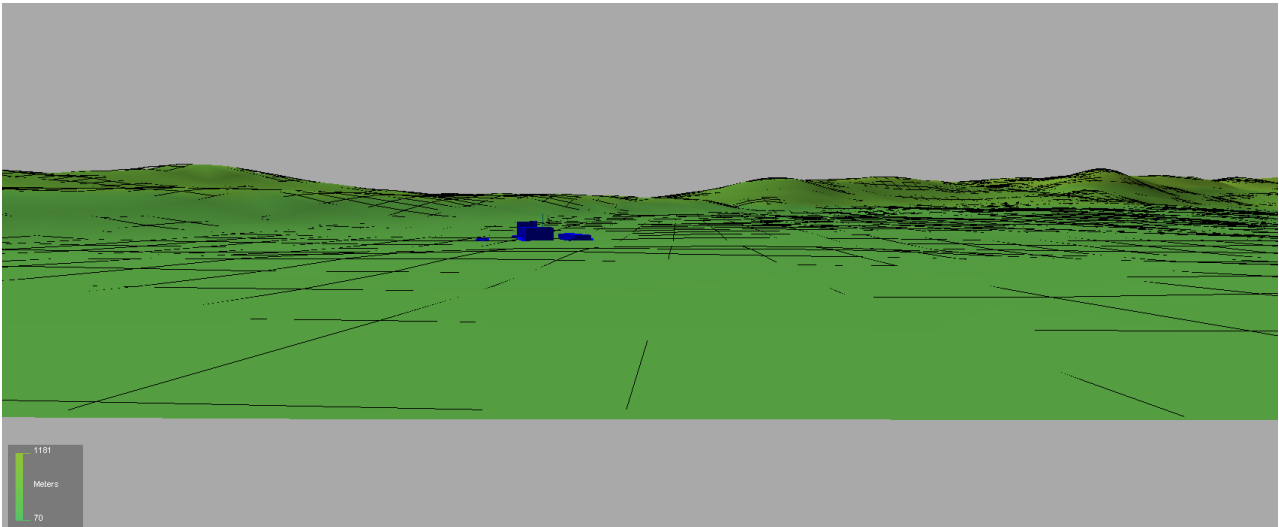


Figura 6 Dettagli del reticolo orografico nell'area dell'impianto

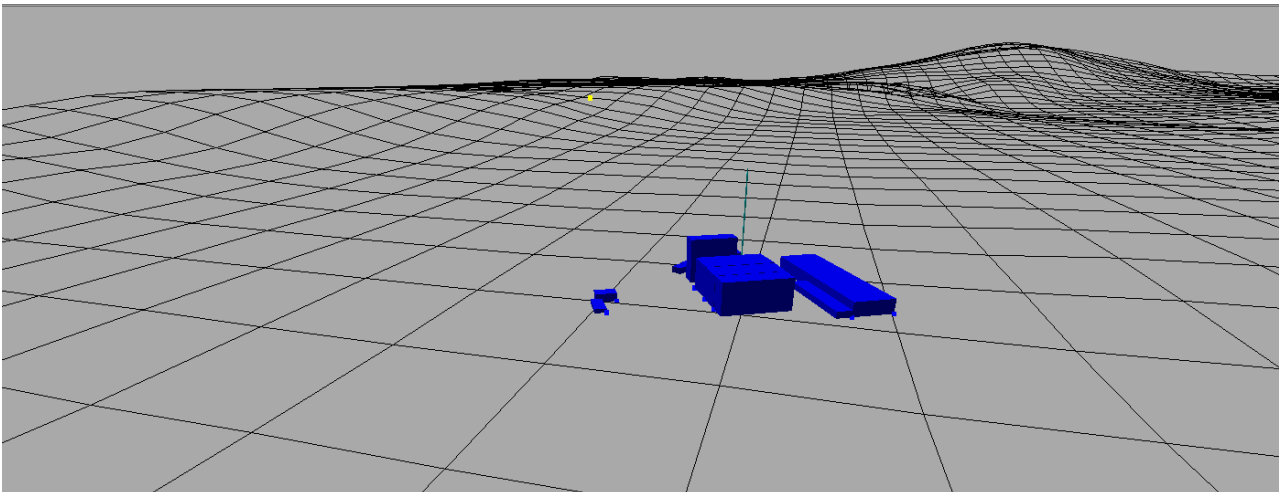


Figura 7 Dettagli del reticolo orografico griglia recettori

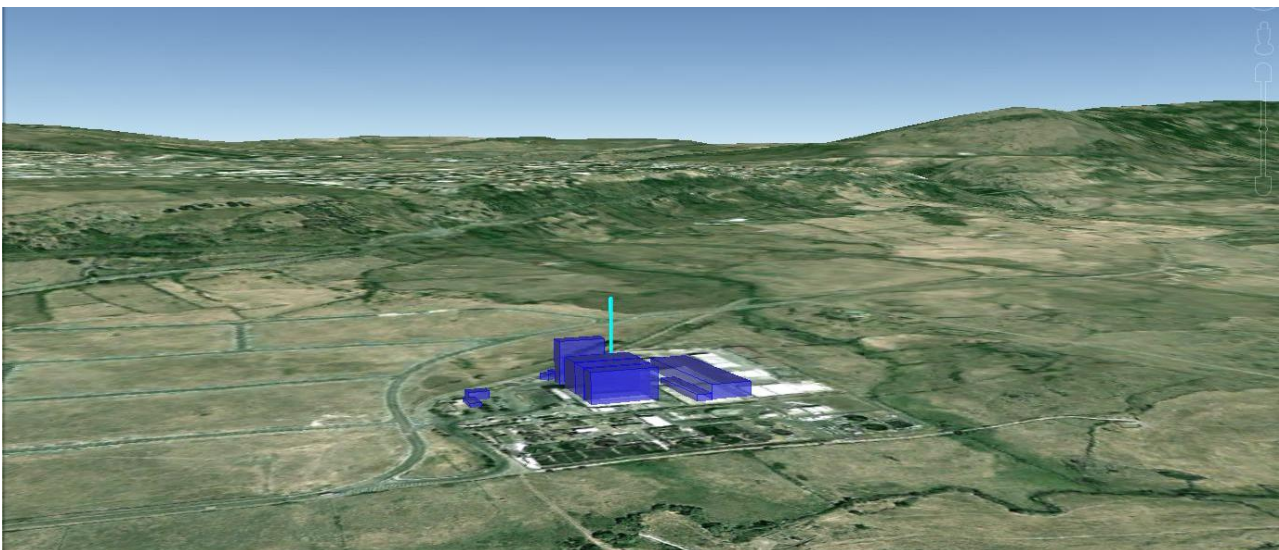





Figura 8 Zoom dell'impianto nel contesto orografico (su google earth)

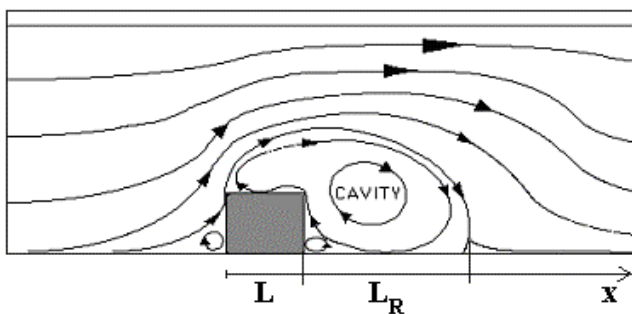
Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI          TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA          DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 19/59	

## 6. EFFETTO *BUILDING DOWNWASH*

Per l'applicazione modellistica è stato valutato anche l'effetto *building downwash*, vedi figura precedente, a partire dal layout di impianto previsto nel progetto. Tale effetto tiene conto delle interferenze determinate dagli edifici limitrofi alla ciminiera nell'analisi diffusionale. La presenza di edifici nelle vicinanze di una sorgente infatti, può influenzare la dispersione della massa d'inquinante emessa. La scia degli edifici all'interno di un campo di vento, genera un aumento nella turbolenza meccanica e quindi di un aumento della turbolenza totale.

Gli algoritmi che descrivono i fenomeni di downwash, si attivano solo se la sorgente ricade in un'area ben definita in vicinanza dell'edificio, sia sopravento che sottovento a questo. Inoltre per determinare se effettivamente la presenza degli edifici influisca sul pennacchio sono utilizzate le linee guida fornite dall'EPA (1985): "*Guideline for Determination of Good Engineering Practice Stack Height (GEP)*"




*Height (GEP)*"



In queste condizioni, se il camino è sopravento o all'interno della zona di "cavity", le linee di flusso sono fortemente distorte, con conseguente risalita del pennacchio e cattura di parte dello stesso all'interno della "cavity", dove si crea un forte ricircolo che omogeneizza le concentrazioni sulla verticale.

Si possono individuare tre tipi di concentrazione:

- CN = concentrazione "near wake" dovuta alla diluizione causata dalla turbolenza all'interno della "cavity"; è costante sulla verticale e funzione della porzione di pennacchio catturato dalla "cavity"
- CF = concentrazione dovuta alla parte del pennacchio catturato, considerato come una sorgente di volume
- CP = concentrazione dovuta alla parte del pennacchio non catturata, calcolata come in assenza di *downwash*

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI          TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA          DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 20/59	

## 7. DATI METEOROLOGICI.

Il codice AERMOD, come accennato, ha richiesto l'impiego di serie complete a livello orario di dati meteorologici al suolo. Difatti tali dati, necessari per calcolare i parametri di superficie che caratterizzano il PBL<sup>2</sup>, sono velocità e direzione del vento, temperatura e umidità dell'aria, copertura nuvolosa e altezza della base delle nubi.

AERMOD ha richiesto l'impiego di due file meteorologici, uno al suolo e l'altro in quota, entrambi con risoluzione temporale oraria. Le variabili necessarie in superficie sono: flusso di calore sensibile, velocità di frizione, velocità convettiva, gradiente di temperatura verticale nei primi 500 m oltre lo strato di rimescolamento, l'altezza dello strato limite convettivo, l'altezza dello strato limite meccanico, la lunghezza di *Monin Obukhov*, la rugosità superficiale, il rapporto di Bowen, l'albedo, la velocità del vento, la direzione del vento, l'altezza dell'anemometro, la temperatura, l'altezza del termometro. Le variabili necessarie nel profilo verticale sono, per ogni quota di misura, la quota stessa, la velocità del vento, la direzione del vento, la temperatura, la deviazione standard della direzione del vento e la deviazione standard della velocità verticale del vento.

I dati in formato AERMOD sono stati ottenuti attraverso il processore AERMET 06341 utilizzando i dati grezzi del 2011 di seguito indicati:

Stazione meteorologica virtuale "On Site" anno 2011 rappresentata dal punto di griglia del modello matematico meteorologico WRF più prossimo al sito [40.2° N 8.8° E]. Tale punto dista circa 5 km dall'impianto.

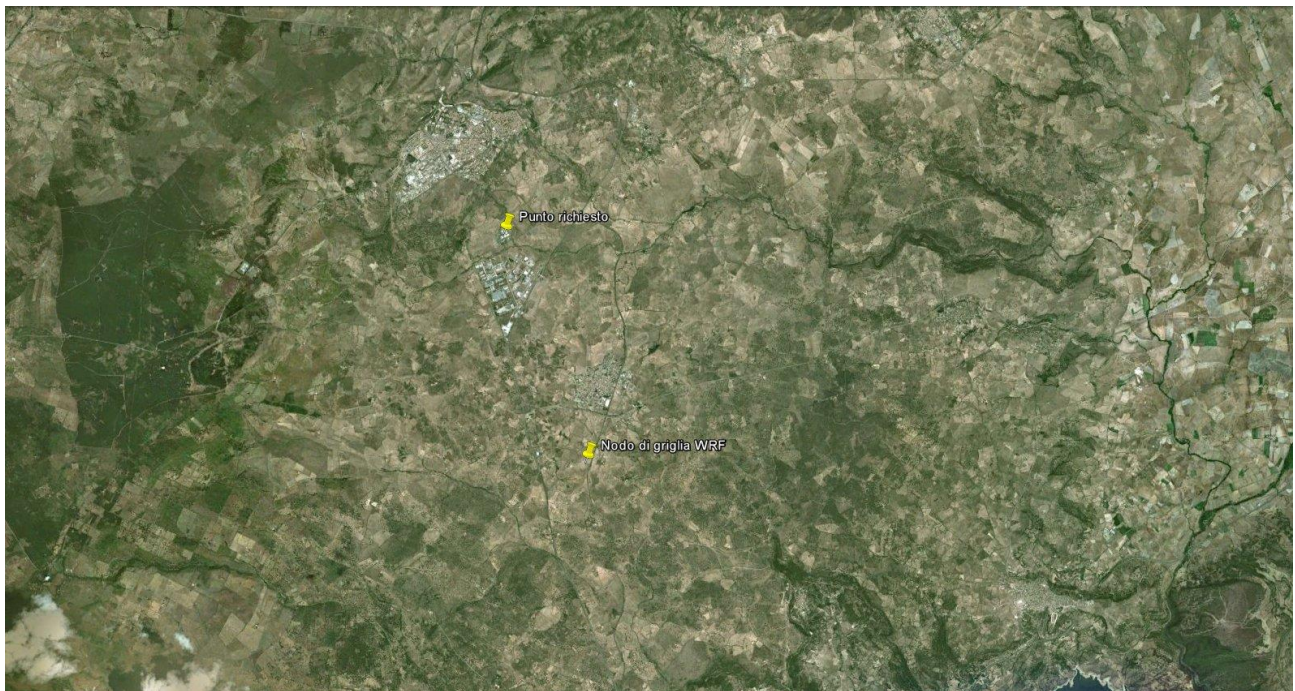





Figura 9 Punto di riferimento dei dati meteo utilizzati nel modello

Lo scopo di questo preprocessore è stato quello di raccogliere ed elaborare i dati meteorologici rappresentativi della zona studiata, per calcolare i parametri dispersivi del PBL (*Planetary Boundary Layer*) e consentire così ad AERMOD di ricavarsi i profili verticali delle variabili più influenti su trasporto e dispersione degli inquinanti.

L'input di AERMET è consistito nell'acquisizione/elaborazione dei seguenti principali tipi di dati:

1. *dati orari di superficie*: parametri rilevati dalle stazioni meteorologiche (generalmente a 10 m dal suolo), che comprendono:
  - dati relativi alla stazione: numero identificativo, coordinate (UTM, North America 1927 datum), quota;
  - dati meteorologici: temperatura, velocità e direzione del vento, copertura nuvolosa.

<sup>2</sup> strato limite planetario

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI          TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA          DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 21/59	

2. *dati on-site* : che comprendono: radiazione solare, pressione atmosferica, umidità relativa, turbolenza, visibilità, precipitazioni.
3. *dati "upper air"*: che comprendono i dati meteorologici in quota, ad una serie di livelli di pressione compresi tra il suolo e l'altezza massima dello strato di mescolamento; possono essere direttamente rilevati da stazioni meteorologiche (attrezzate con sonde, radar, ecc) che effettuano sondaggi in quota almeno due volte al giorno, o da sistemi di misurazione satellitari; altrimenti, possono essere utilizzati modelli meteorologici (per esempio RAMS) che elaborano i dati al suolo misurati dalle centraline per ottenere i valori corrispondenti alle diverse quote d'interesse. I dati "upper air" richiesti da AERMOD, oltre a quelli relativi alla stazione sono, per ogni livello di misurazione: pressione atmosferica, altezza geopotenziale, velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, (formato TD6200). AERMET elabora i dati meteorologici descritti per produrre i seguenti parametri, che sono stati poi forniti come input ad AERMOD:
  - H: flusso di calore sensibile;
  - L: lunghezza di Monin-Obukhov per tutte le ore disponibili;
  - $u^*$ : velocità di attrito;
  - zim: altezza di rimescolamento meccanico per tutte le ore disponibili;
  - zic: altezza di rimescolamento convettivo (solo per le ore in cui si ha turbolenza di origine convettiva);
  - $w^*$ : velocità di scala turbolenta (solo per le ore in cui si ha turbolenza di origine convettiva);
  - $r(\Phi)$ : Albedo;
  - B0: Bowen ratio;
  - uref: velocità del vento alla quota di riferimento zref;
  - Tref: temperatura ambiente alla quota di riferimento zTref;
  - $d\theta/dz$ : gradiente di temperatura potenziale.
4. *Inoltre, AERMOD* ha ricevuto in ingresso alcuni dati di input dello stesso AERMET:
  - velocità e direzione del vento;
  - temperatura;
  - turbolenza verticale e laterale.

L'output di AERMET è stato elaborato da AERMOD per ottenere due record di parametri caratterizzanti il PBL: uno per i valori delle variabili meteorologiche al suolo ed i parametri di superficie (SURFACE.DAT), e l'altro per i profili verticali delle variabili più significative per il trasporto e la dispersione degli inquinanti (PROFILE.DAT) che sono:

- velocità del vento;
- direzione del vento;
- temperatura;
- gradiente di temperatura potenziale;
- turbolenza verticale;
- turbolenza orizzontale

A questo punto, attraverso un'operazione simile alla media statistica, AERMOD ha effettuato una conversione delle variabili disomogenee, rendendole uniformi: partendo dai profili verticali si sono ottenuti singoli valori delle variabili meteorologiche, che sono stati assunti come rappresentativi del loro andamento in tutto lo strato esaminato.

## 7.1 RIEPILOGO DEI PRINCIPALI DATI METEO IMPIEGATI NELLA MODELLAZIONE

### 7.1.1 Temperatura

Anno	Temperatura (°C)		
	Minima	Massima	Media
Anno	-3.39	41.87	15.09
Primavera	0.88	28.17	13.36
Estate	8.49	39.94	22.86
Autunno	6.00	31.29	16.63
Inverno	-2.67	19.16	7.30

Primavera:	marzo, aprile, maggio
Estate:	giugno, luglio, agosto
Autunno:	settembre, ottobre, novembre
Inverno:	dicembre, gennaio, febbraio

gennaio	-3.38	18.53	6.72
febbraio	-3.09	19.93	6.45
marzo	-3.39	23.25	9.29
aprile	1.33	29.47	13.70
maggio	4.70	31.80	17.10
giugno	4.28	37.38	20.76
luglio	10.72	41.87	22.90
agosto	10.48	40.56	24.93
settembre	10.25	40.13	21.49
ottobre	5.44	30.06	16.03
novembre	2.31	23.67	12.37
dicembre	-1.53	19.01	8.74

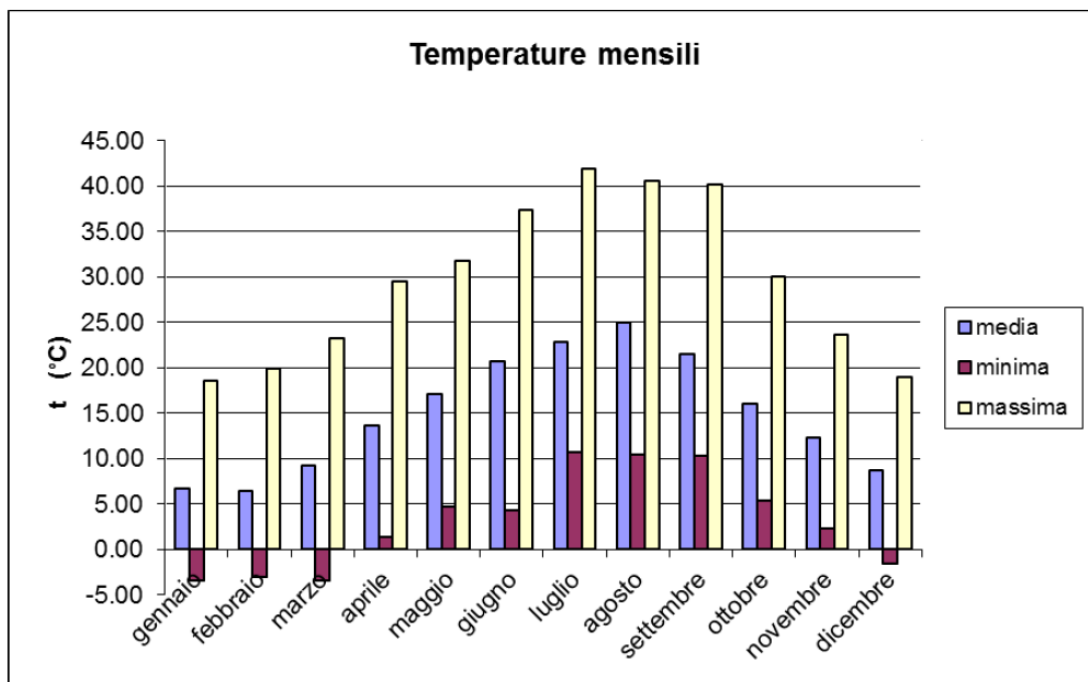


Tabella 6 Analisi statistica dei dati di superficie\_temperature

### 7.1.2 Pressione

	Pressione (mb)		
	Minima	Massima	Media
<b>Anno</b>	948.32	984.02	969.28
<b>Primavera</b>	952.11	979.95	968.96
<b>Estate</b>	961.39	973.55	968.02
<b>Autunno</b>	958.37	977.43	970.44
<b>Inverno</b>	954.53	981.47	969.63

Primavera:	marzo, aprile, maggio
Estate:	giugno, luglio, agosto
Autunno:	settembre, ottobre, novembre
Inverno:	dicembre, gennaio, febbraio

<b>gennaio</b>	954.60	980.57	968.81
<b>febbraio</b>	950.47	980.68	967.91
<b>marzo</b>	956.73	984.02	969.97
<b>aprile</b>	948.32	978.82	967.36
<b>maggio</b>	951.29	977.00	969.56
<b>giugno</b>	959.38	975.04	969.04
<b>luglio</b>	960.54	972.41	966.37
<b>agosto</b>	964.26	973.20	968.66
<b>settembre</b>	961.22	975.73	969.65
<b>ottobre</b>	961.07	976.27	971.13
<b>novembre</b>	952.81	980.30	970.52
<b>dicembre</b>	958.53	983.16	972.17

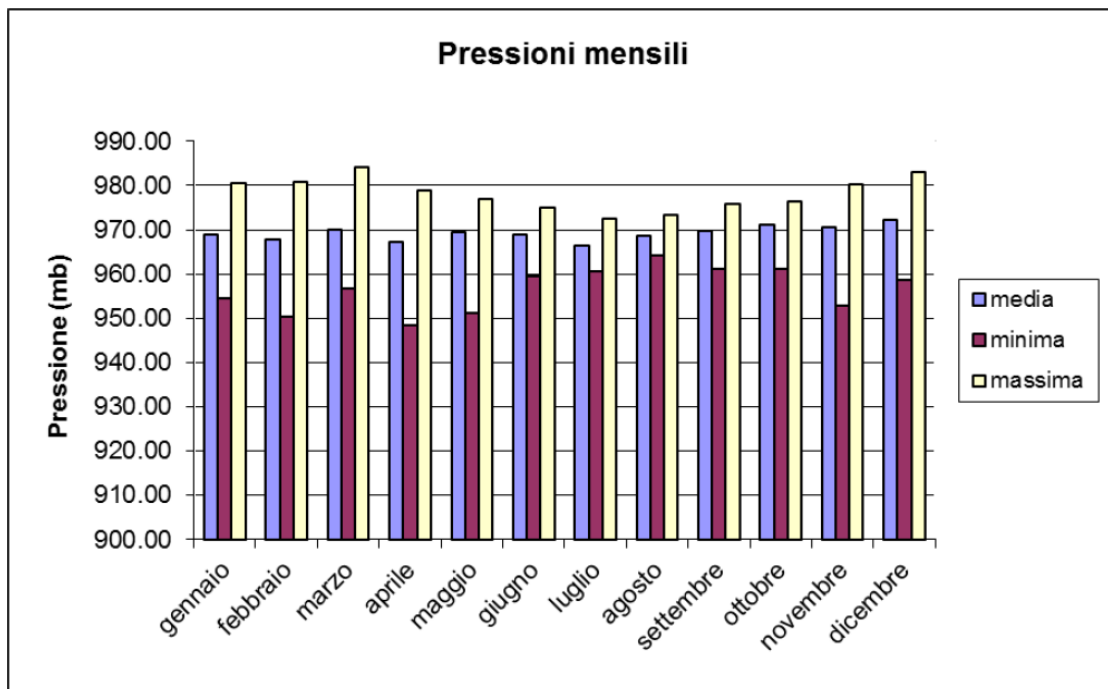


Tabella 7 Analisi statistica dei dati di superficie\_pressioni

### 7.1.3 Umidità relativa

	Umidità relativa (%)		
	Minima	Massima	Media
Anno	25.65	100.00	81.44
Primavera	40.95	100.00	81.04
Estate	27.92	100.00	71.74
Autunno	42.72	100.00	84.43
Inverno	49.03	100.00	88.69

Primavera: marzo, aprile, maggio  
 Estate: giugno, luglio, agosto  
 Autunno: settembre, ottobre, novembre  
 Inverno: dicembre, gennaio, febbraio

gennaio	48.90	100.00	89.63
febbraio	39.85	100.00	85.25
marzo	43.65	100.00	85.82
aprile	39.35	100.00	79.05
maggio	39.85	100.00	78.24
giugno	31.11	100.00	76.93
luglio	25.65	100.00	71.43
agosto	26.99	100.00	66.86
settembre	30.67	100.00	79.15
ottobre	42.29	100.00	83.40
novembre	55.19	100.00	90.74
dicembre	58.33	100.00	91.20

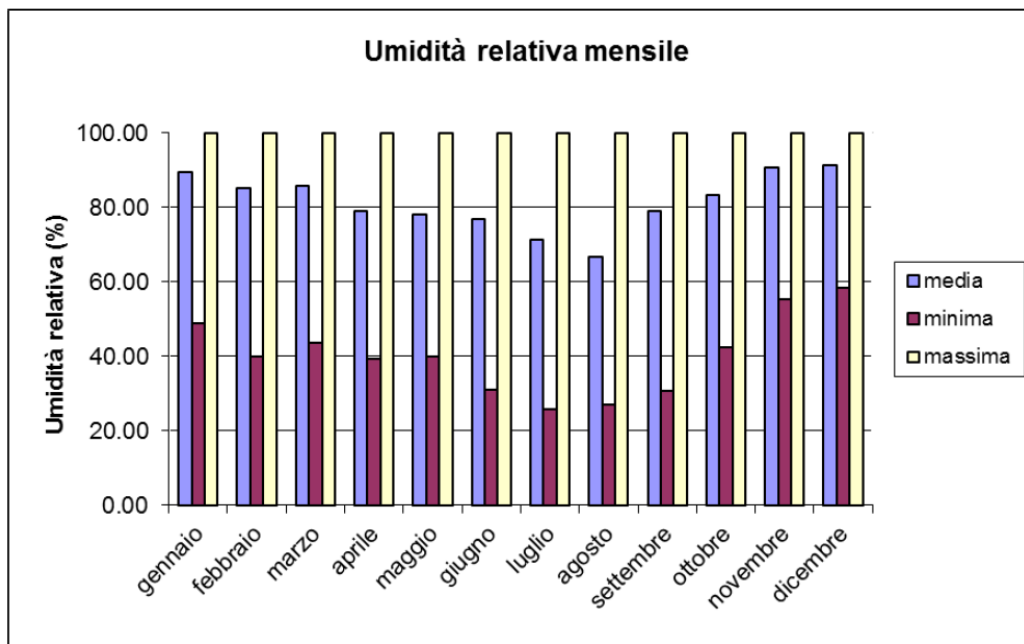


Tabella 8 Analisi statistica dei dati di superficie\_umidità

### 7.1.4 Precipitazioni

	Precipitazioni (mm)		
	Minima	Massima	Cumulata
<b>Anno</b>	0.00	8.62	616.46
<b>Primavera</b>	0.00	3.25	174.17
<b>Estate</b>	0.00	2.74	74.47
<b>Autunno</b>	0.00	6.66	194.12
<b>Inverno</b>	0.00	3.13	173.70

Primavera:	marzo, aprile, maggio
Estate:	giugno, luglio, agosto
Autunno:	settembre, ottobre, novembre
Inverno:	dicembre, gennaio, febbraio

<b>gennaio</b>	0.00	2.54	40.73
<b>febbraio</b>	0.00	2.44	63.77
<b>marzo</b>	0.00	4.12	69.66
<b>aprile</b>	0.00	3.47	50.22
<b>maggio</b>	0.00	2.16	54.29
<b>giugno</b>	0.00	4.15	44.44
<b>luglio</b>	0.00	3.59	28.90
<b>agosto</b>	0.00	0.49	1.13
<b>settembre</b>	0.00	8.03	80.85
<b>ottobre</b>	0.00	3.33	29.81
<b>novembre</b>	0.00	8.62	83.46
<b>dicembre</b>	0.00	4.41	69.20

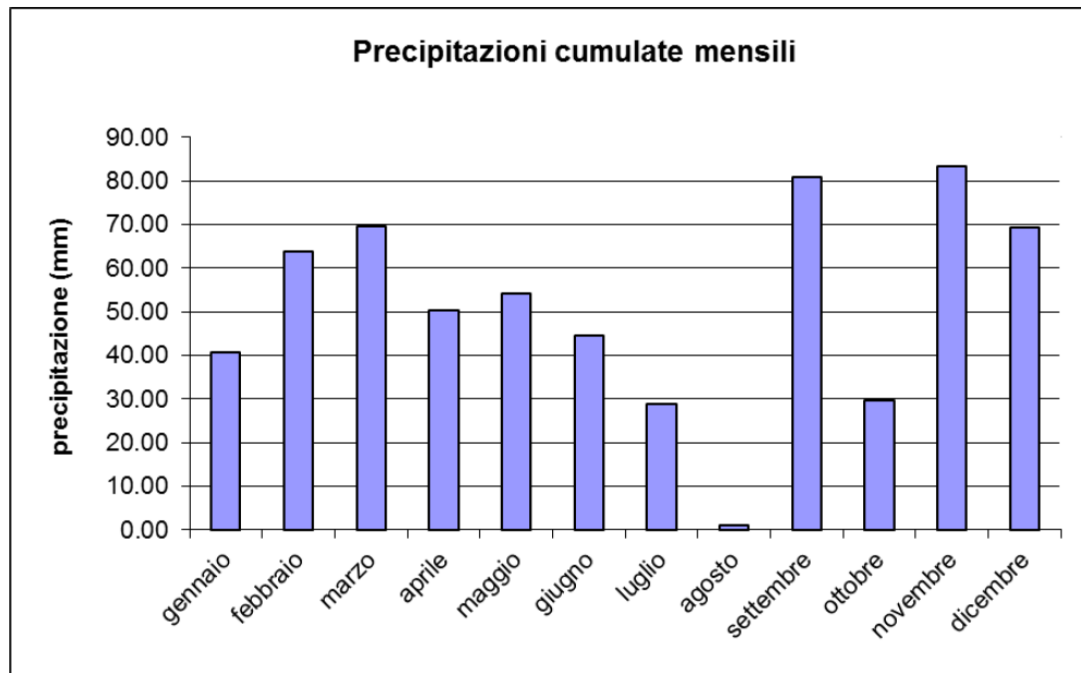





Tabella 9 Analisi statistica dei dati di superficie\_precipitazioni



Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI          TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA          DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 27/59	

## 7.2 CARATTERISTICHE DELLA SORGENTE EMISSIVA

L'impianto, ai fini della modellazione effettuata, è stato previsto funzionare in continuo, per 8000 ore all'anno, ed a pieno carico. Per la nuova linea è stato tenuto conto del fermo impianto manutentivo corrispondente a circa 1 mese/anno.

Il camino è stato simulato come una sorgente puntuale isolata, caratterizzate da altezza di 50 metri, da un diametro del camino di 1,4 metri, da una velocità e da una temperatura di uscita dei fumi pari rispettivamente a circa 14,73 m/s e a 130 °C (403°K).

N° di camini		<b>1</b>
Portata complessiva	m <sup>3</sup> /h	<b>81.649</b>
	Nm <sup>3</sup> /h	<b>54.487</b>
	m <sup>3</sup> /s	22,68
<b>Dati camino</b>		
Altezza del camino		<b>50</b> m
Diametro		<b>1,4</b> m
Temperatura dei fumi		<b>130</b> °C
		403,15 °k
Velocità di efflusso		<b>14,73</b> m/s

Il valore di emissione annuale del singolo inquinante (in mg/anno) è stato determinato mediante il calcolo seguente:

$$[\text{concentrazione media annuale}] \times [\text{portata media annuale}] \times [\text{ore/anno di funzionamento dell'impianto}]$$

dove:

- concentrazione media annuale = valore medio di emissione di inquinante calcolato su base annuale a partire dai valori misurati con i sistemi di misura o di campionamento in continuo (mg/m<sup>3</sup>);
- portata media annuale = valore medio annuale di portata di emissione rilevato mediante il sistema di misura in continuo previsto (m<sup>3</sup>/h);
- ore/anno di funzionamento dell'impianto = ore complessive di funzionamento effettivo dell'impianto nel corso dell'anno (h/anno).

### 7.2.1 Scala temporale.

Il codice AERMOD ha calcolato le concentrazioni medie previste dalla normativa. La simulazione eseguita è stata condotta su un arco temporale di un anno intero (2011), anno del quale sono stati reperiti i dati meteo su base oraria .

### 7.2.2 Tipologia di inquinante.

#### Relativamente al PM<sub>10</sub>

È stata stimata dal modello la concentrazione media giornaliera (il cui limite è 50 µg/m<sup>3</sup>) e la concentrazione media annuale (il cui limite è 40 µg/m<sup>3</sup>).

#### Relativamente agli NOx

È stata stimata la concentrazione media oraria (il cui limite è 200 µg/m<sup>3</sup>) e la concentrazione media annuale (il cui limite è 40 µg/m<sup>3</sup>).

#### Relativamente agli SO<sub>2</sub>

È stata stimata la concentrazione media oraria (il cui limite è 350 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 24 volte durante l'anno) e la concentrazione giornaliera (il cui limite è 125 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 3 volte durante l'anno ).

E' stata altresì stimata la deposizione al suolo delle polveri, per la quale non esistono limiti normativi.

## 8. ANALISI RISULTATI

A seguito della elaborazione del modello di calcolo AERMOD sono state stimate, per i predetti inquinanti, le concentrazioni in atmosfera come di seguito evidenziate.

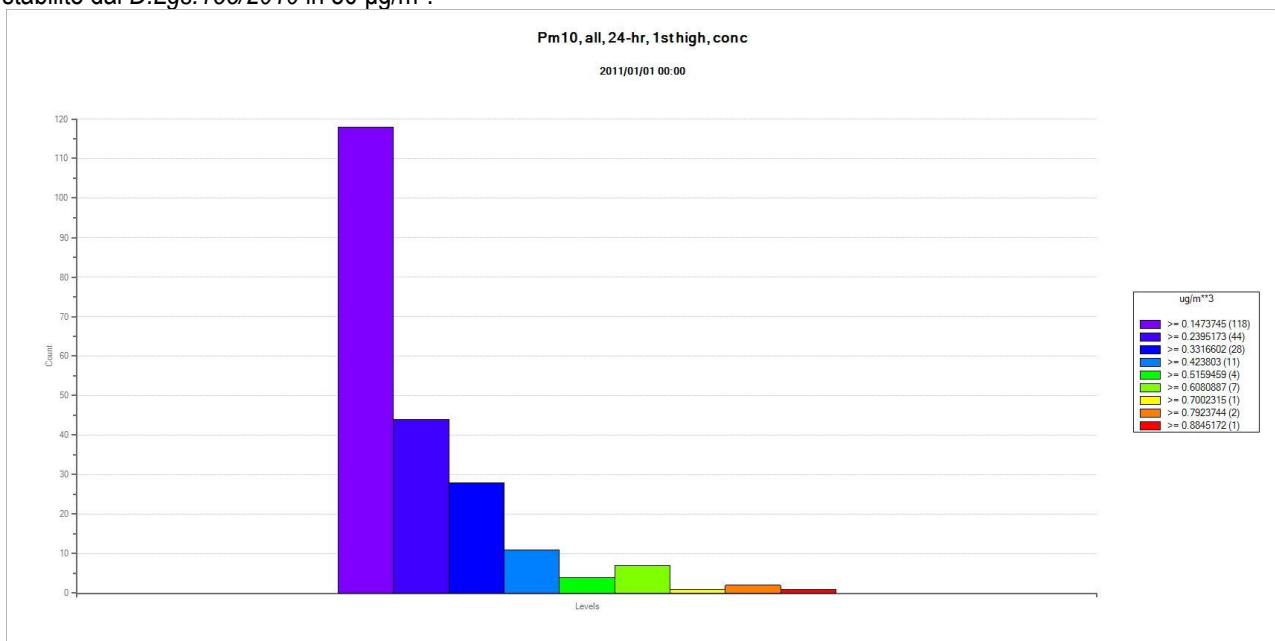
### 8.1 CONCENTRAZIONI "STIMATE" DI PM<sub>10</sub>

PM10	limite media giornaliera ≤ 35 volte/anno	50
	limite media annuale	40

Tabella 11 Limiti normativi PM<sub>10</sub>

Le Tavole seguenti riportano i massimi di concentrazione, nell'anno di riferimento, dei valori medi giornalieri.

Il valore massimo si registra in direzione NNW , a circa 1036 ml. dal punto di emissione, con un valore pari 0,977 µg/m<sup>3</sup> registrato in un unico giorno durante l'anno; il dato risulta comunque essere ampiamente al di sotto del limite di legge stabilito dal *D.Lgs. 155/2010* in 50 µg/m<sup>3</sup>.



Il grafico sopra riportato simula gli accadimenti per classi di concentrazione di inquinanti in atmosfera sul dominio territoriale analizzato.

Come si può chiaramente notare durante l'anno i valori stimati dal modello sono scarsamente significativi in quanto in tutti i punti studiati nel dominio si ha un valore medio giornaliero della concentrazione in atmosfera di PM<sub>10</sub> compreso tra **0,14 e 0,977 µg/m<sup>3</sup>**. Tutti gli altri valori di concentrazione nel dominio territoriale analizzato, non riportati nel grafico, sono inferiori a **0,14 µg/m<sup>3</sup>**.

Progettazione:



**REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO**

REV. 0

A.T.I.



Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera

PAG. 29/59

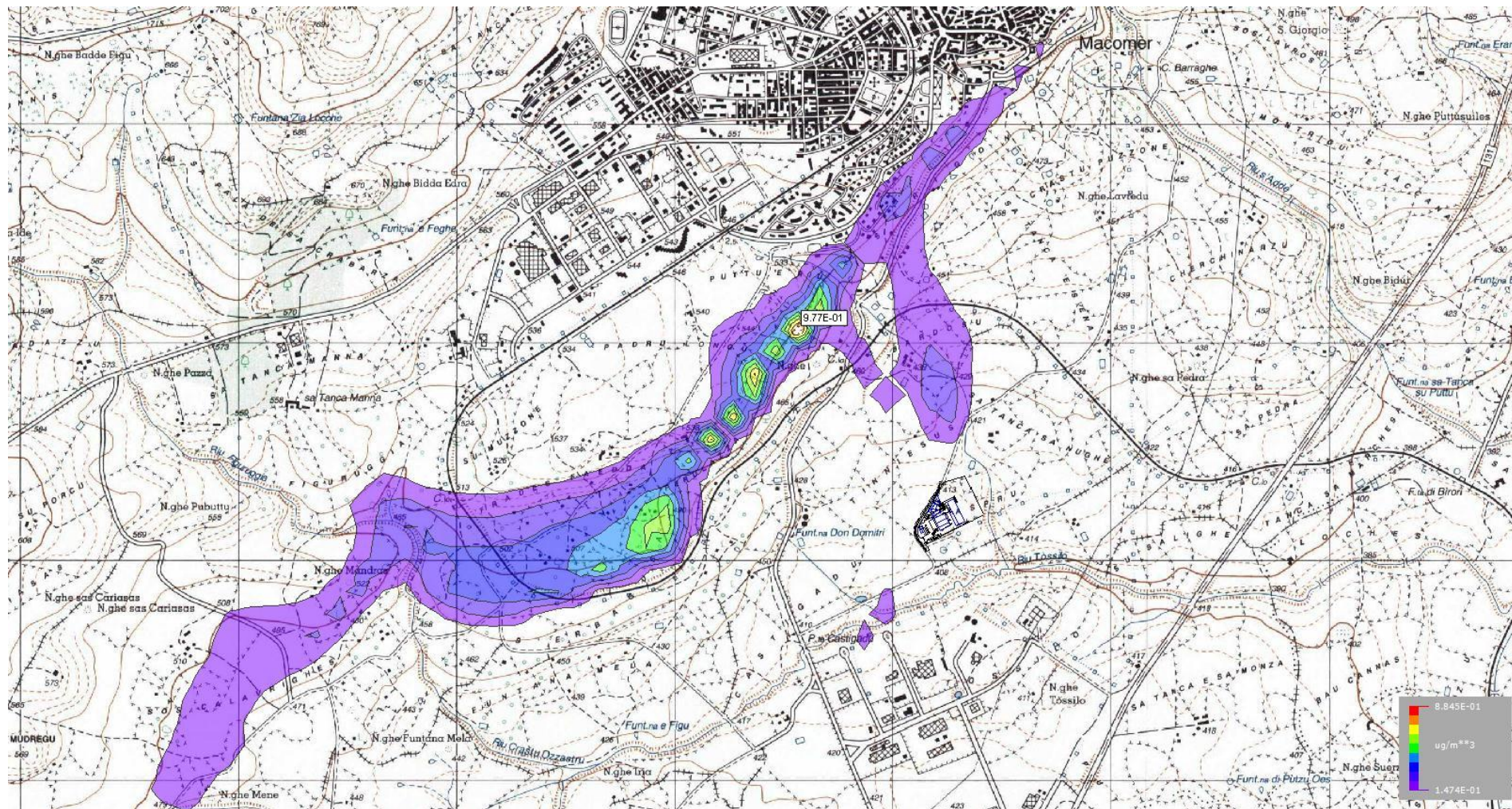


Figura 10 Valori massimi delle medie giornaliere PM<sub>10</sub> nell'anno di riferimento

Progettazione:



**REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO**

REV. 0

A.T.I.



Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera

PAG. 30/59

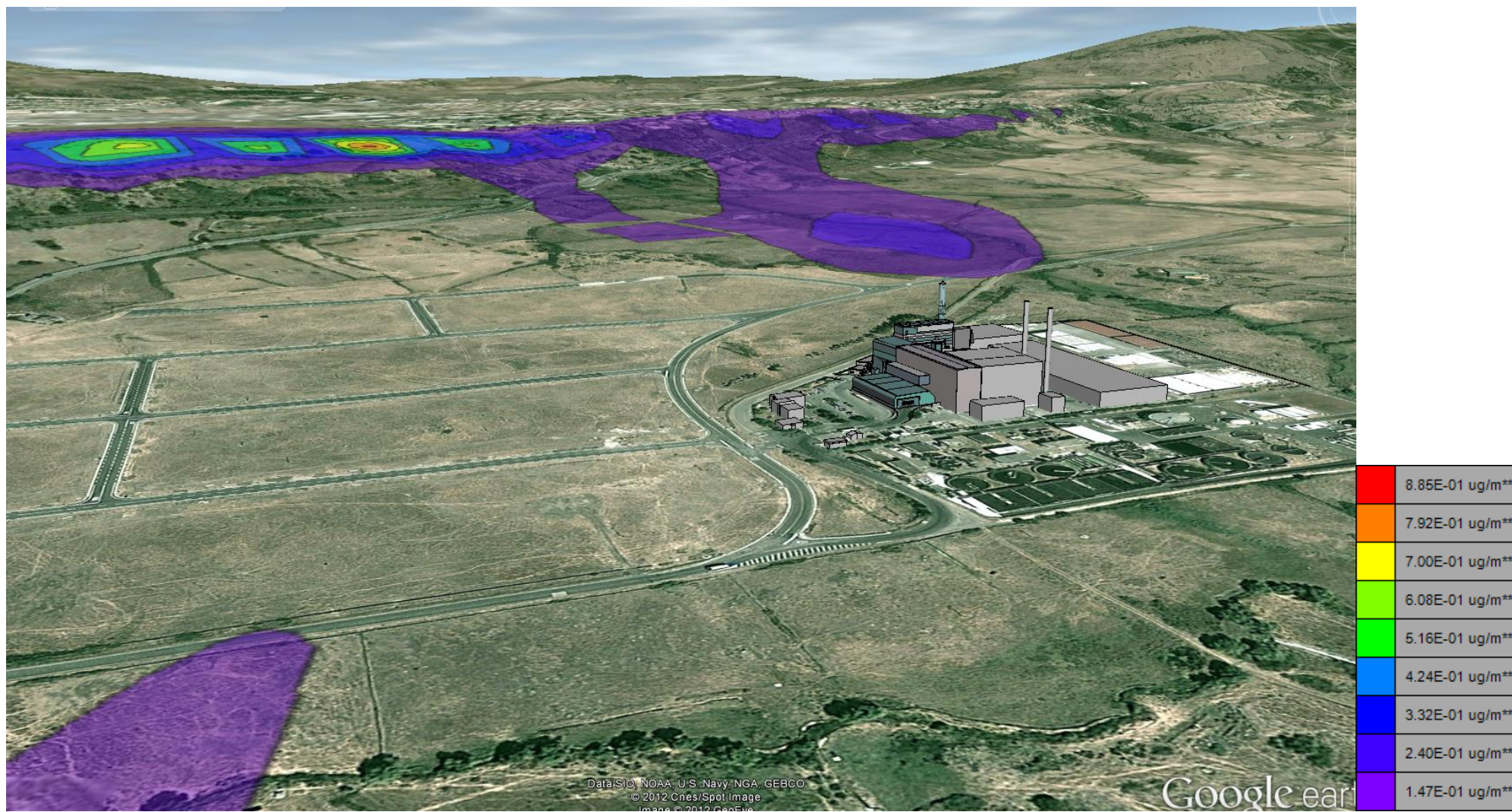
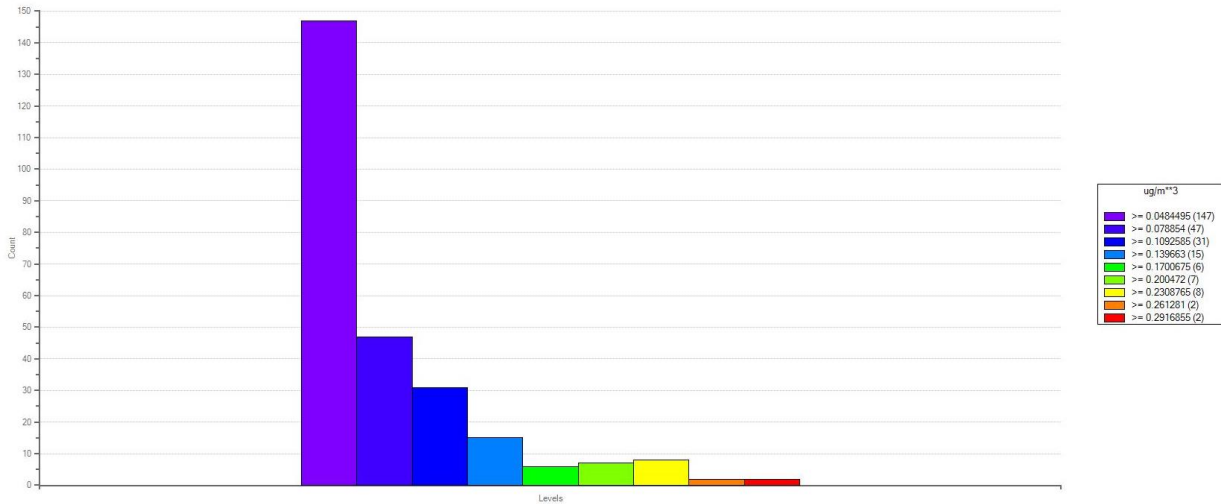


Figura 11 Valori massimi delle medie giornaliere PM<sub>10</sub> nell'anno di riferimento da google earth\_vista 3D

Inoltre il modello ha stimato il valore medio annuo, riportato nella tavola grafica seguente.

Il valore massimo di detta media si registra sempre in direzione NNW , a circa 1004 ml con un valore pari  $0,0387 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; il dato risulta comunque essere ampiamente al di sotto del limite di legge stabilito dal *D.Lgs.155/2010* in  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Il grafico sopra riportato rappresenta la distribuzione della frequenza di accadimento dei valori medi annuali, nell'anno di riferimento, stimati dal modello (valore/numero di punti del dominio). Tutti gli altri eventi sono scarsamente significativi.

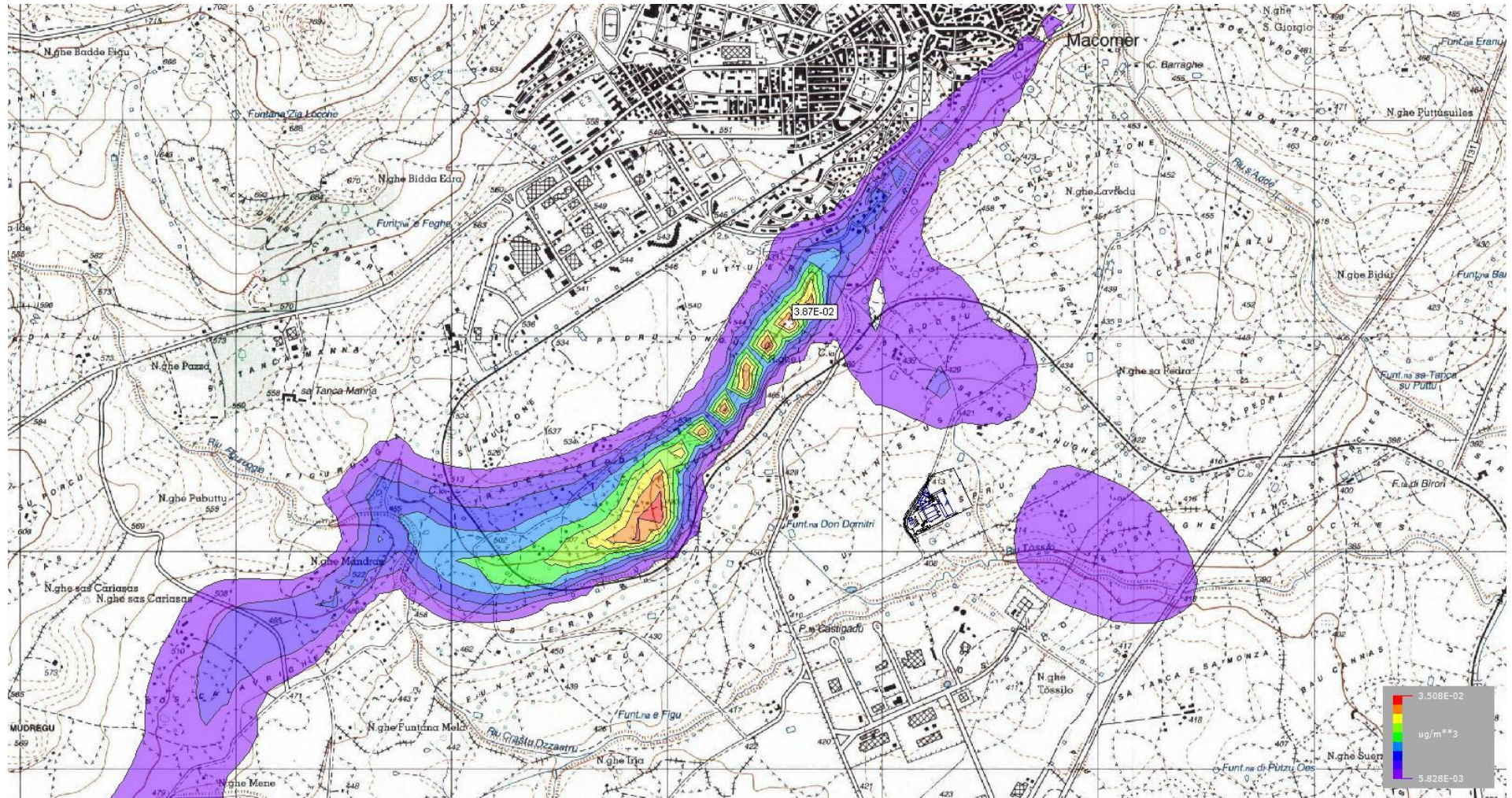





Figura 12 Valori medi annui dei PM<sub>10</sub> nell'anno di riferimento

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I. 
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 33/59	

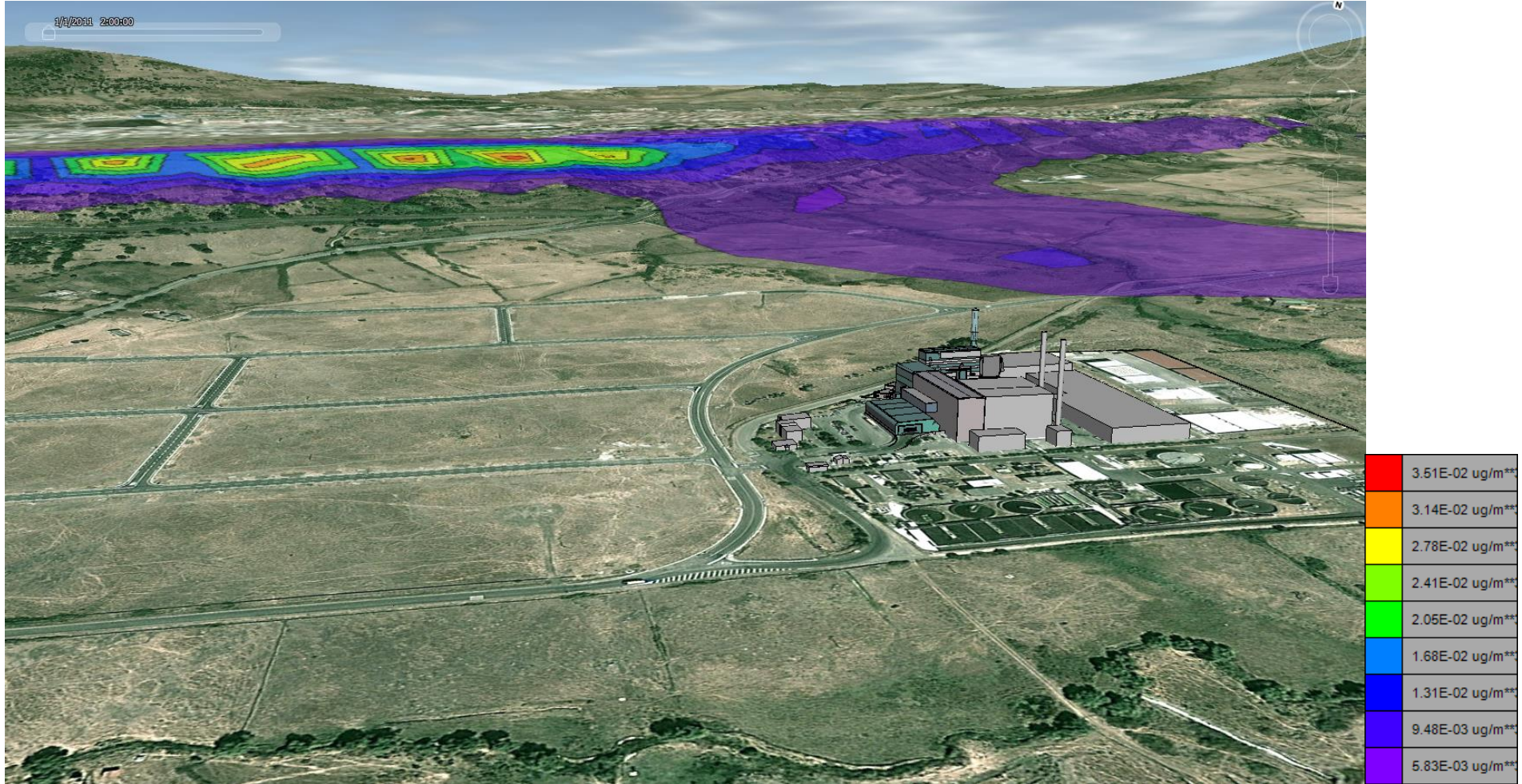


Figura 13 Valori medi annui dei PM<sub>10</sub> nell'anno di riferimento da google earth\_vista 3D

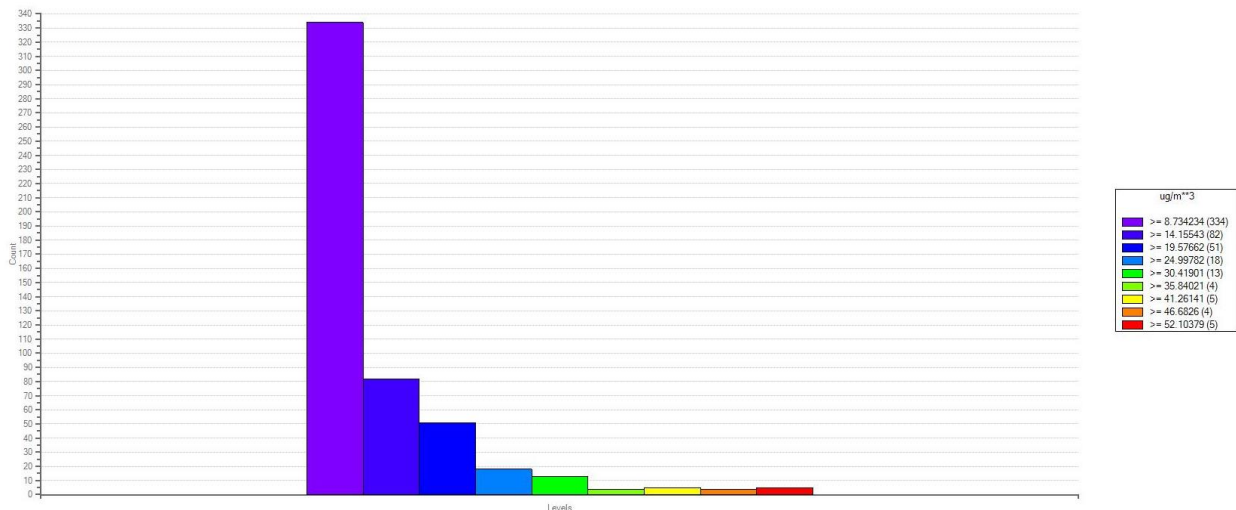
## 8.2 CONCENTRAZIONI STIMATE DI NO<sub>x</sub>

Biossido di azoto *			
1 ora	200 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 18 volte per anno civile	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010
Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010

Tabella 12 Limiti normativi NO<sub>x</sub>

Le Tavole seguenti riportano i massimi di concentrazione, nell'anno di riferimento, dei valori medi orari.

Il valore massimo si registra in direzione NNW , a circa 972 ml. dal punto di emissione, con un valore medio orario pari **57,5 µg/m<sup>3</sup>** registrato in un unico giorno durante l'anno; il dato risulta comunque essere ampiamente al di sotto del limite di legge stabilito dal *D.Lgs.155/2010* in 200 µg/m<sup>3</sup>.



Il grafico sopra riportato rappresenta la distribuzione della frequenza di accadimento, nel dominio territoriale studiato, dei massimi valori medi orari stimati dal modello (valore/numero di punti nel dominio) nell'anno di riferimento. Tutti gli altri eventi sono scarsamente significativi.

Progettazione:



**REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO**

REV. 0

A.T.I.



Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera

PAG. 35/59

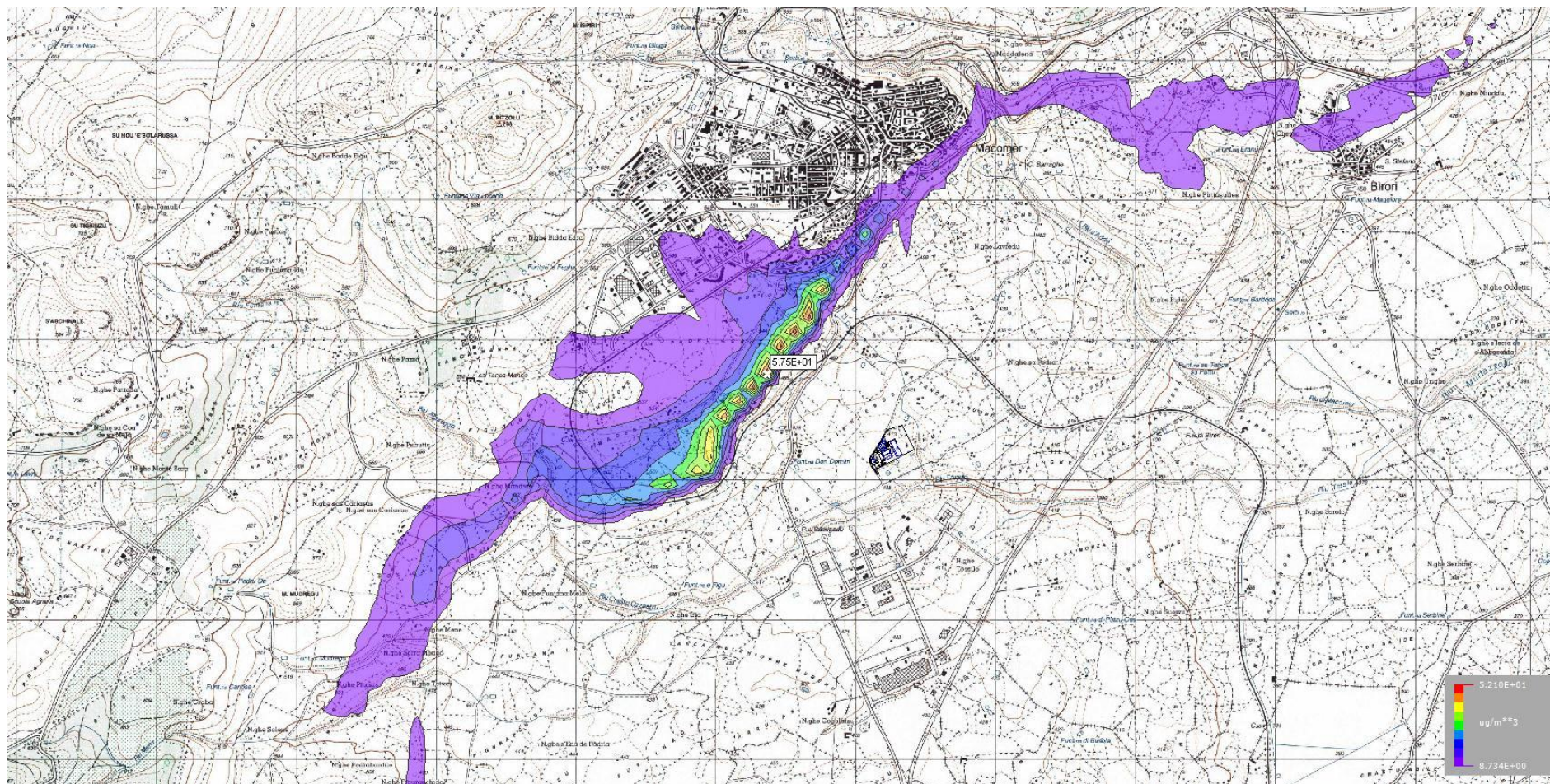


Figura 14 Valori massimi delle medie orarie NOx nell'anno di riferimento

Progettazione:



**REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI  
TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA  
DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO**

Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera

REV. 0

PAG. 36/59

A.T.I.

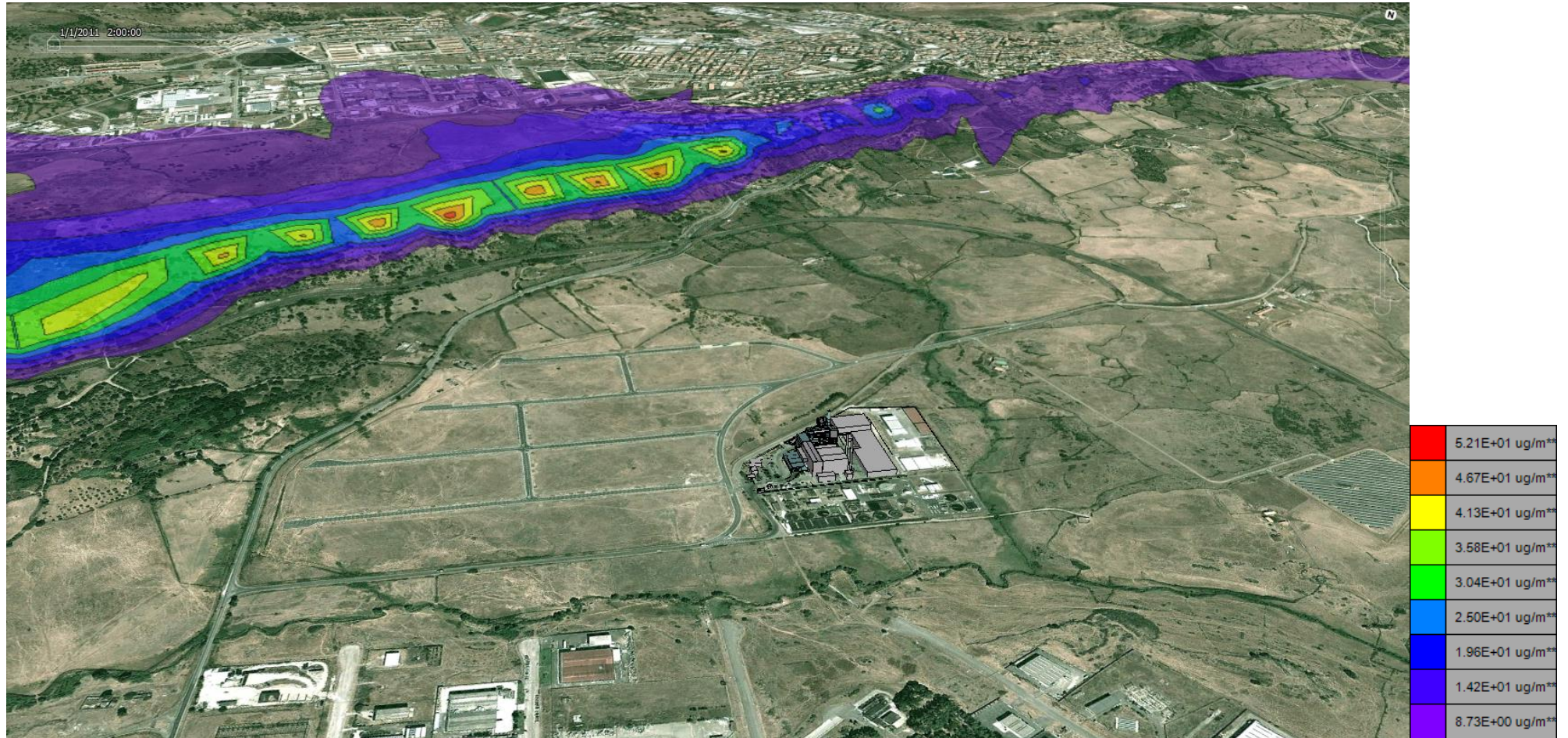
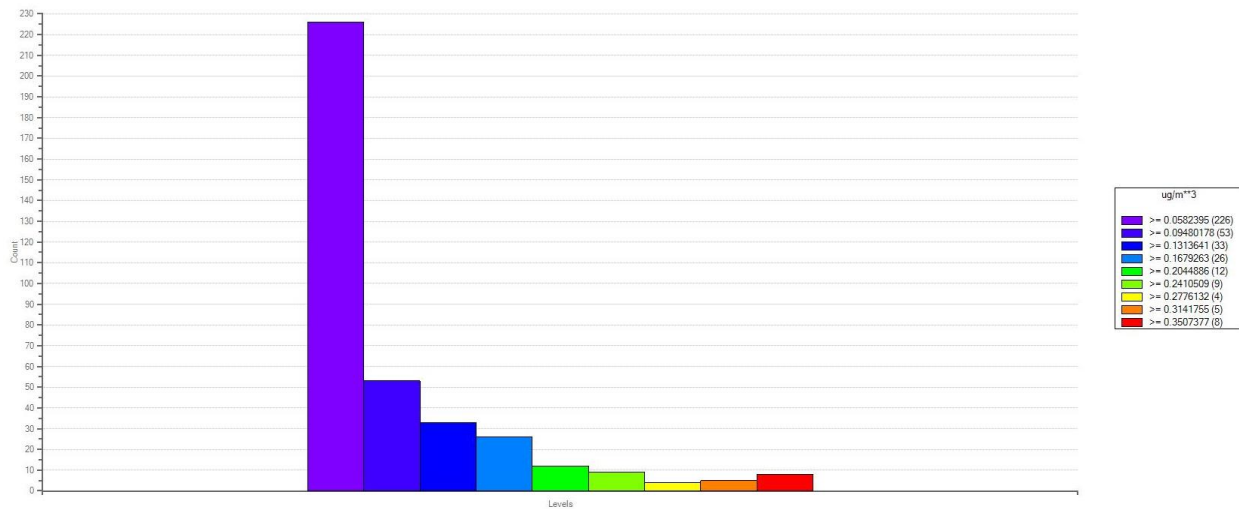


Figura 15 Valori massimi delle medie orarie NOx nell'anno di riferimento da google earth\_vista 3D

Inoltre il modello ha stimato il valore medio annuo di concentrazione di NOx in atmosfera, riportati nella tavola seguente.

Il valore massimo di dette medie annue si registra sempre in direzione NNW , a circa 1046 m con un valore pari **0,387** µg/m<sup>3</sup>; il dato risulta comunque essere ampiamente al di sotto del limite di legge stabilito dal *D.Lgs.155/2010* in **40** µg/m<sup>3</sup>.

Il grafico seguente rappresenta la distribuzione della frequenza di accadimento, nell'anno di riferimento, dei valori medi annui, stimati dal modello (valore/punti del dominio). Tutti gli altri eventi sono scarsamente significativi.



Progettazione:



**REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO**

REV. 0

A.T.I.



Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera

PAG. 38/59

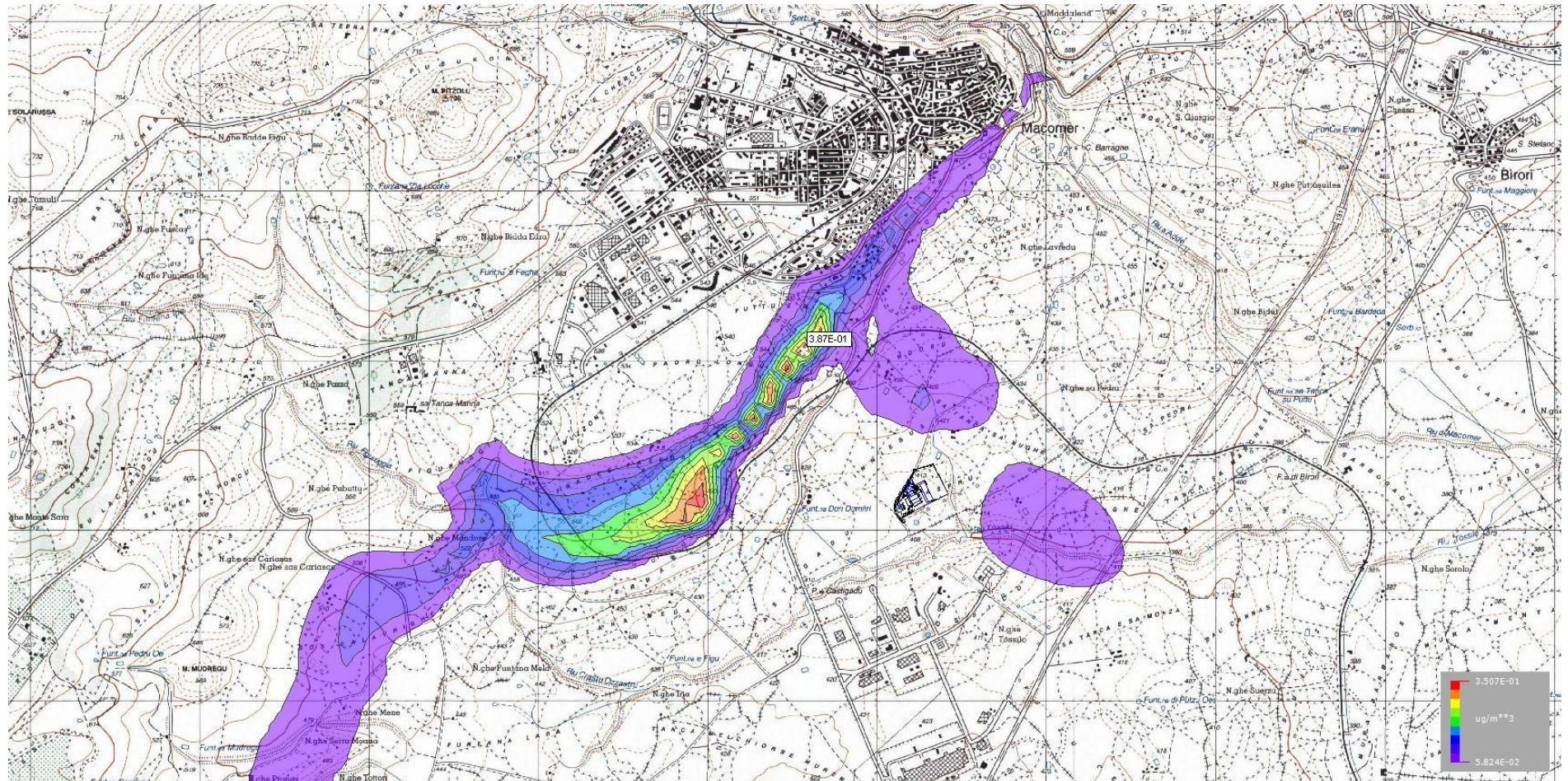


Figura 16 Valori medi annui degli NO<sub>x</sub> nell'anno di riferimento

Progettazione:



**REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO**

Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera

REV. 0

PAG. 39/59

A.T.I.

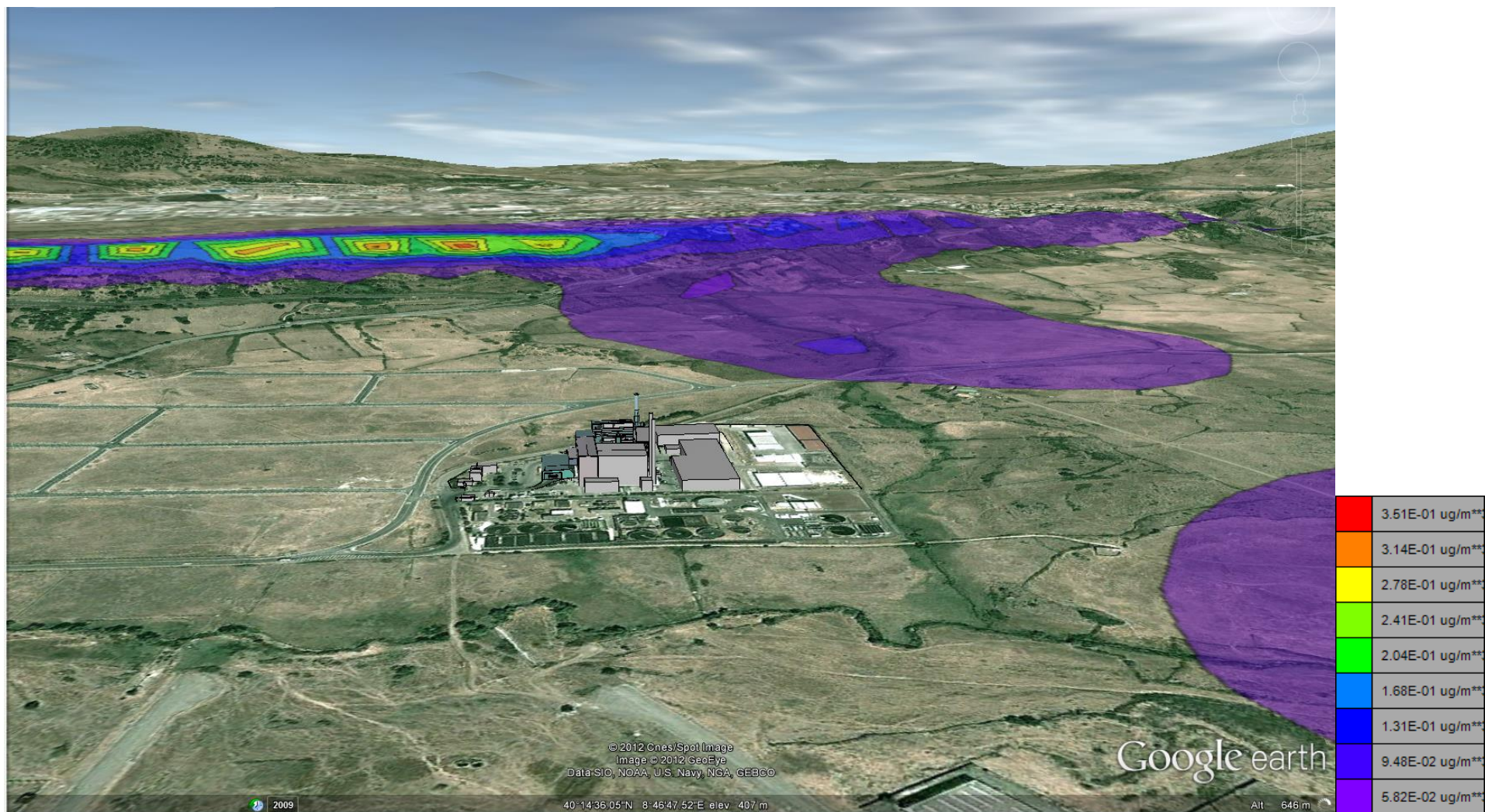


Figura 17 Valori medi annui degli NO<sub>x</sub> nell'anno di riferimento da google earth \_vista 3D

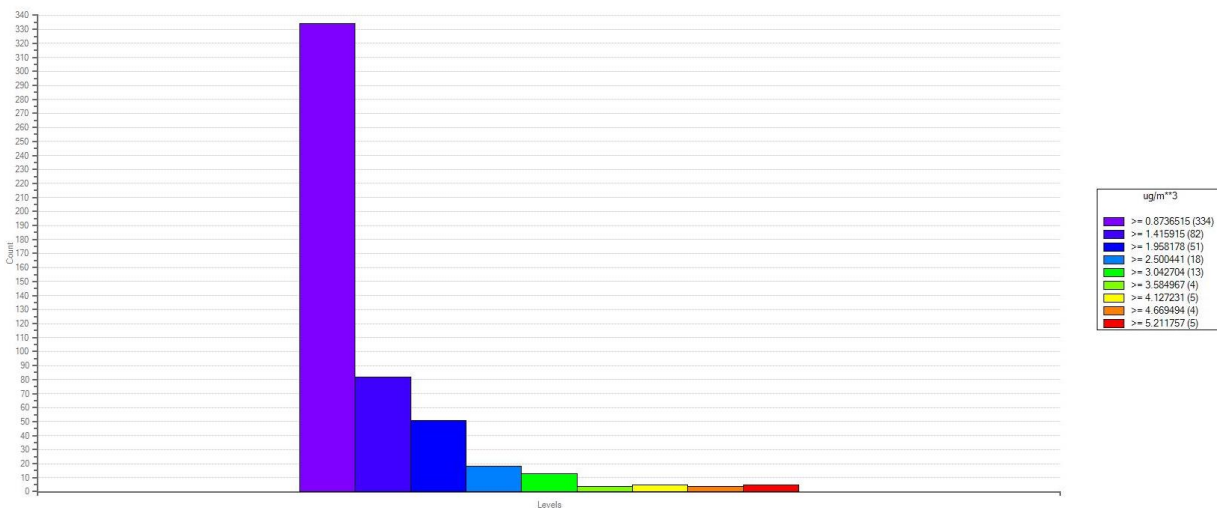
### 8.3 CONCENTRAZIONI STIMATE DI SO<sub>2</sub>

Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data entro la quale il valore limite deve essere raggiunto
<b>Biossido di zolfo</b>			
1 ora	350 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 24 volte per anno civile		— (1)
1 giorno	125 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 3 volte per anno civile		— (1)

Tabella 13 Limiti normativi SO<sub>2</sub>

Le Tavole seguenti riportano i massimi di concentrazione, nell'anno di riferimento, dei valori medi orari.

Il valore massimo si registra in direzione NNW, a circa 974 ml. dal punto di emissione, con un valore pari **5,75 µg/m<sup>3</sup>** registrato in un unico giorno durante l'anno di riferimento; il dato risulta comunque essere ampiamente al di sotto del limite di legge stabilito dal *D.Lgs. 155/2010* in **350 µg/m<sup>3</sup>**.



Il grafico sopra riportato rappresenta la distribuzione della frequenza di accadimento dei valori medi orari, nell'anno di riferimento, stimati dal modello (valore/numero di punti del dominio).

Tutti gli altri eventi sono scarsamente significativi.

Progettazione:



**REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO**

REV. 0

A.T.I.



Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera

PAG. 41/59

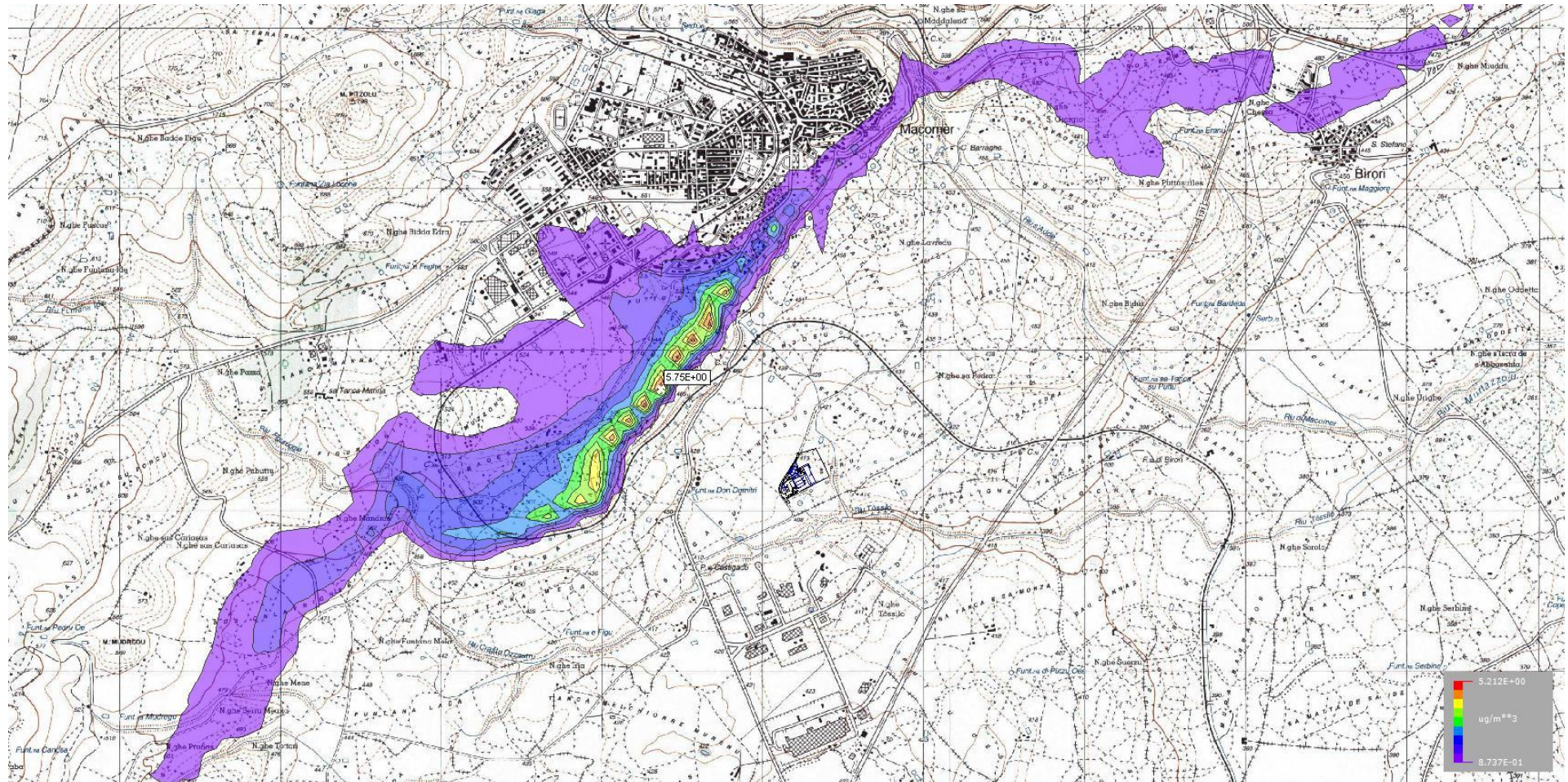





Figura 18 Massimi delle medie orarie SO<sub>2</sub> nell'anno di riferimento

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 42/59	

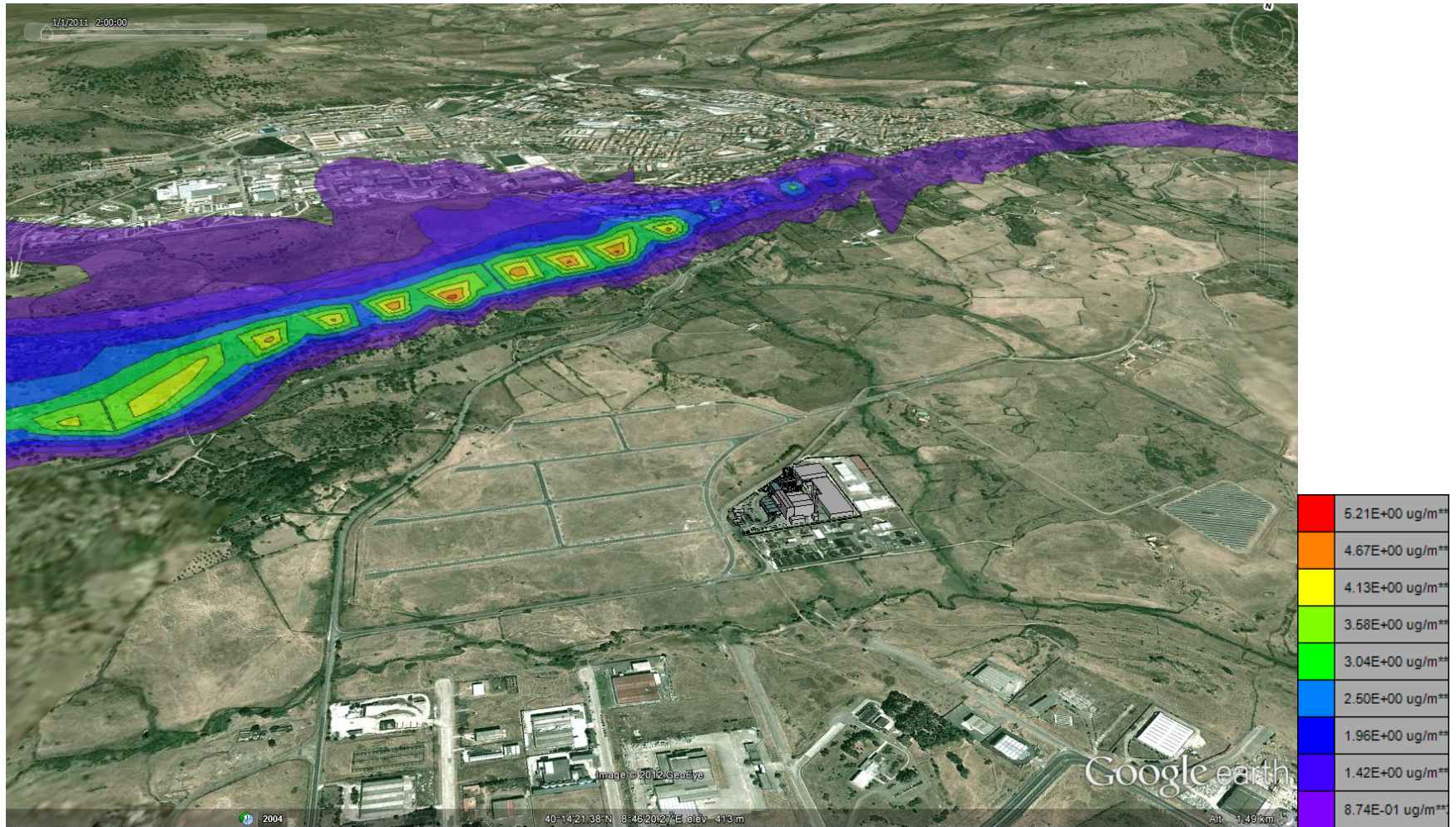





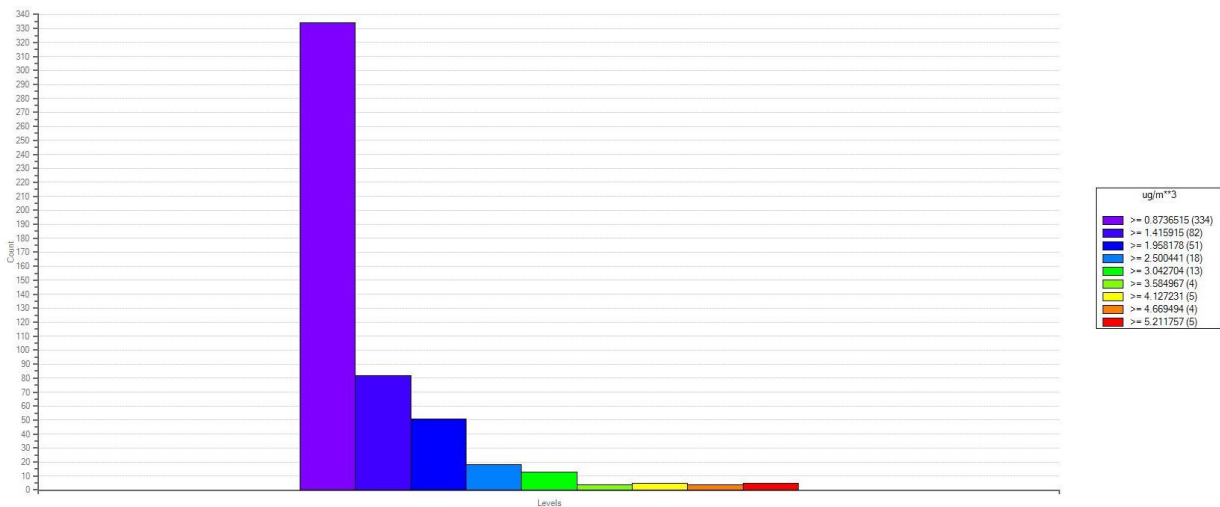
Figura 19 Massimi delle medie orarie SO<sub>2</sub> nell'anno di riferimento da google earth

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 43/59	

Inoltre il modello ha stimato per lo stesso inquinante i massimi attesi dei valori medi giornalieri, sempre riferiti all'anno 2011, riportati nella tavola grafica seguente.

Il valore massimo di dette medie giornaliere si registra sempre in direzione NNW, a circa 1010 ml con un valore pari **0,977  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** ; il dato risulta comunque essere ampiamente al di sotto del limite di legge stabilito dal *D.Lgs.155/2010* in **125  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Il grafico seguente rappresenta la distribuzione della frequenza di accadimento, nell'anno di riferimento, dei valori medi giornalieri, stimati dal modello (valore/numero di punti nel dominio). Tutti gli altri eventi sono scarsamente significativi.



Progettazione:



**REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO**

REV. 0

A.T.I.



Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera

PAG. 44/59

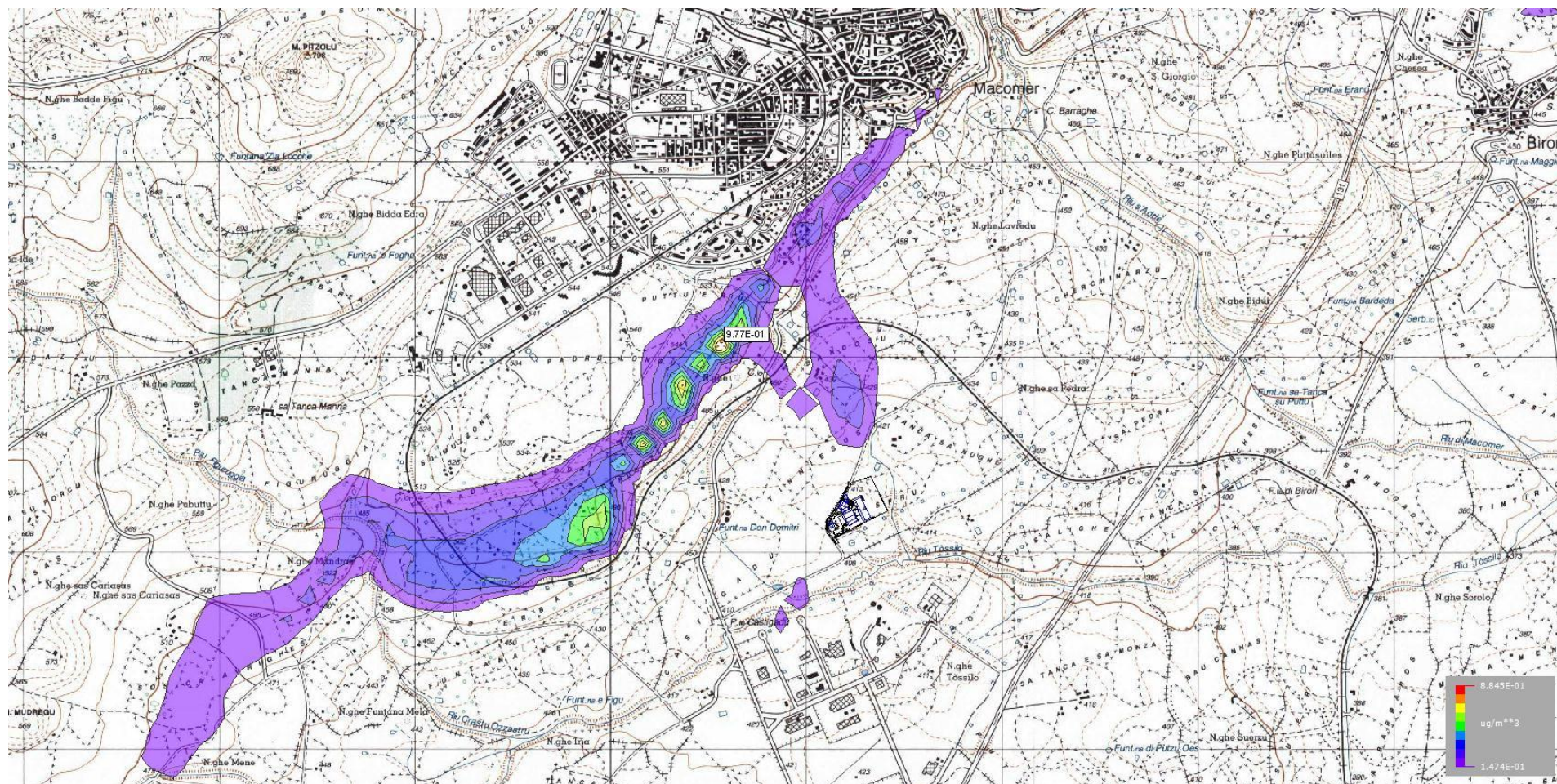


Figura 20 Massimi dei valori medi giornalieri degli SO<sub>2</sub> nell'anno di riferimento

Progettazione:



**REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO**

REV. 0

A.T.I.



Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera

PAG. 45/59

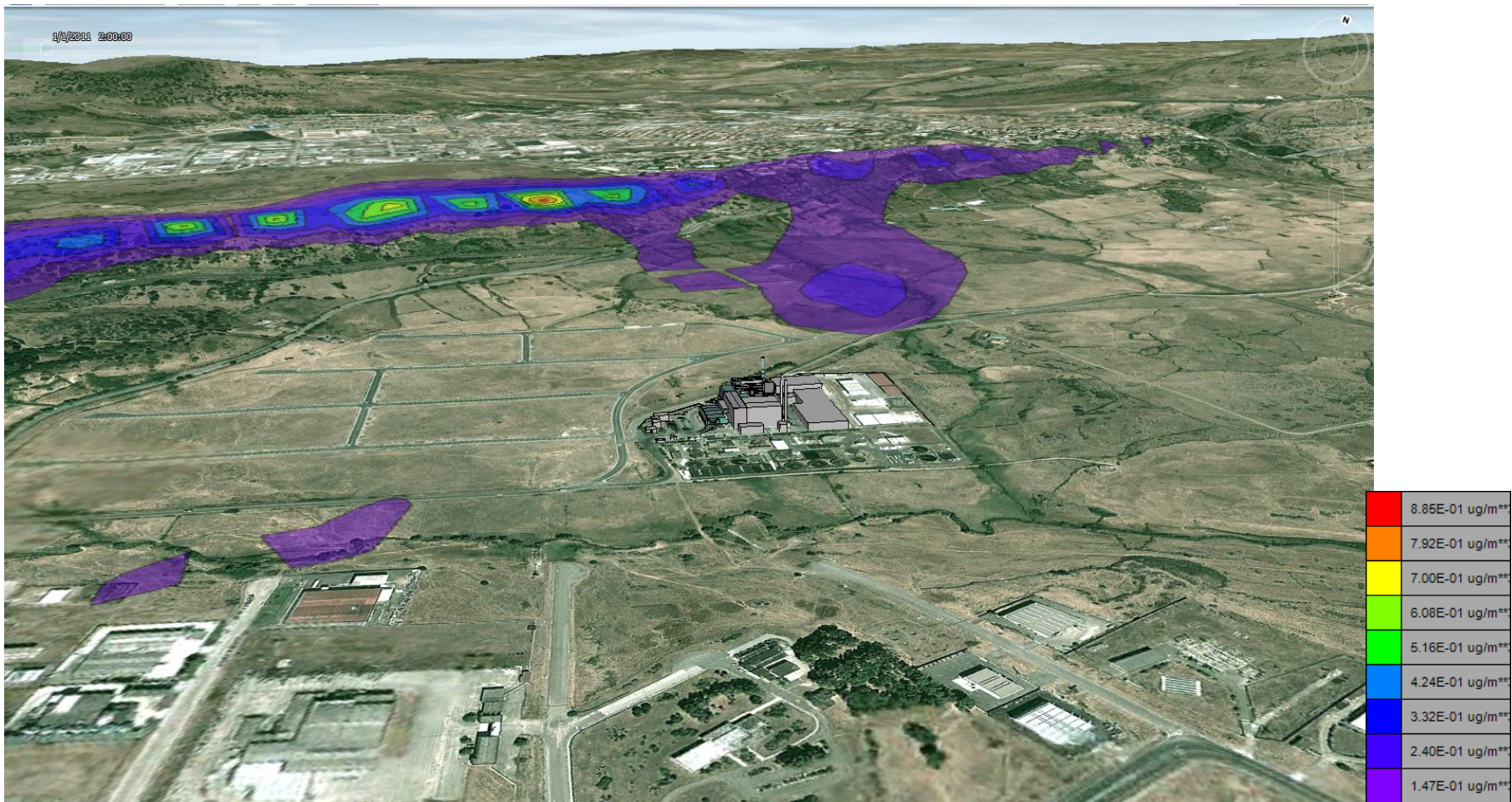





Figura 21 Massimi dei valori medi giornalieri degli SO<sub>2</sub> nell'anno di riferimento da google earth\_vista 3D

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 46/59	

#### 8.4 SOMMATORIA DEGLI EFFETTI

Come si è già avuto modo di evidenziare, per la sovrapposizione degli effetti, i dati sulla qualità dell'aria "attesa" stimati dalla modellistica diffusionale nell'esatta posizione della centralina di rilevamento, sono stati sommati agli omologhi dati misurati nello stesso anno di riferimento, 2011, presso la medesima stazione MACOMER CENMA1. Si tratta di una scelta obbligata in quanto è l'unica posizione geografica a disposizione della quale si conoscono i dati sulla qualità dell'aria.

##### 8.4.1 Relativamente ai valori medi annui

Tali dati misurati da ARPAS sono stati aggregati in maniera tale da poter estrapolare i valori medi annui per gli NO<sub>2</sub> e le PM<sub>10</sub>, inquinanti per i quali esistono limiti su base annua, al fine di poter effettuare la sommatoria degli effetti con gli omologhi valori stimati dal modello, per gli stessi inquinanti, relativamente ai dati su base annua, in linea con quanto previsto dalla normativa vigente.

Tali valori sono stati quindi sommati con l'omologo contributo stimato da AERMOD e confrontati con quelli di legge determinandone l'incidenza attuale.

MACOMER CENMA1 Dati riepilogativi qualità dell'aria		Periodo	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
		anno 2011	medie annua sulle 24h µg/m <sup>3</sup>	medie annua sulle 24h µg/m <sup>3</sup>
valori medi annuali			<b>7,04</b>	<b>16,91</b>
limiti di legge			<b>40</b>	<b>40</b>
incidenza% nella fase "ante operam" su limiti di legge			17,60%	42,27%
valori stimati dal modello AERMOD su recettore (*)			<b>0,10482</b>	<b>0,01048</b>
sommatoria degli effetti			7,15	16,92
incidenza% nella fase "post operam" su limiti di legge			17,86%	42,30%

Tabella 14 Riepilogo dei valori medi annui misurati da ARPAS per gli NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub> sommati alle stime di AERMOD

Come si evince dalla tabella sopra riportata, sommando i valori medi annuali direttamente misurati nella centralina CENMA1 con quelli omologhi, dovuti alla nuova linea, così come stimati dal modello, si ottiene un valore medio annuo di 7,15 µg/m<sup>3</sup> (NO<sub>x</sub>) e 16,92 µg/m<sup>3</sup> (PM<sub>10</sub>). Si tratta di valori ampiamente rispettosi dei limiti di legge e che non tengono conto, a favore della sicurezza, del fatto che i valori misurati direttamente nella centralina sono già influenzati dall'esercizio delle due attuali linee di incenerimento che verranno dismesse con l'avvio della nuova linea. Quindi è lecito attendersi un ulteriore miglioramento del quadro suesposto.

##### 8.4.2 Relativamente ai valori giornalieri ed orari

###### Per gli SO<sub>2</sub>

La normativa vigente fissa dei valori limite per i seguenti periodi di mediazione:

- 1 ora                    350µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 24 volte all'anno
- 1 giorno                125µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 3 volte all'anno




###### Mediazione oraria

Dalle misurazioni dirette di ARPAS, anno 2011, è stato cautelativamente estrapolato il valore massimo orario registrato per detto inquinante nel corso dell'anno (rilevato in data 13/01/2011) pari a 15µg/m<sup>3</sup>. Tale valore viene cautelativamente assunto quale valore di fondo al quale è stato sommato l'omologo valore stimato da AERMOD, cioè il valore medio orario massimo "h" nel corso dell'anno di riferimento, per lo stesso inquinante e nello stesso punto geografico.

MACOMER CENMA1 Dati riepilogativi qualità dell'aria		Periodo	SO <sub>2</sub>
		anno 2011	valore max orario µg/m <sup>3</sup>
valore di fondo assunto			<b>15,59</b>
limiti di legge			<b>125</b>
incidenza% nella fase "ante operam" su limiti di legge			12,47%
valori stimati dal modello AERMOD su recettore (*)			<b>2,25477</b>
sommatoria degli effetti			17,84
incidenza% nella fase "post operam" su limiti di legge			14,28%

Tabella 15 Valore max orario misurato da ARPAS per gli SO<sub>2</sub> sommato alla stima di AERMOD

Sommando il predetto valore medio orario direttamente misurato nella centralina CENMA1 con quello omologo, così come stimato dal modello, si ottiene un valore medio orario di 17,84 µg/m<sup>3</sup> (SO<sub>2</sub>). Si tratta di valore ampiamente

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 47/59	

rispettoso dei limiti di legge e che non tiene conto, anche in questo caso a favore della sicurezza, del fatto che il valore misurato direttamente nella centralina risulta già influenzato dall'esercizio delle due attuali linee di incenerimento che verranno dismesse con l'avvio della nuova linea. Quindi è lecito attendersi un ulteriore miglioramento del quadro suesposto.

Lo stato della qualità dell'aria così determinato evidenzia valori di incidenza percentuali per detto inquinante, rispetto ai corrispondenti valori limite per la qualità dell'aria, molto contenuti.

#### Mediazione giornaliera

Dalle misurazioni dirette di ARPAS, anno 2011, è stato estrapolato il valore massimo delle medie giornaliere registrato per detto inquinante nel corso dell'anno (rilevato in data 11/06/2011) pari a  $9,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Anche tale valore viene cautelativamente assunto quale valore di fondo cui è stato sommato l'omologo valore stimato da AERMOD, cioè il valore massimo delle medie giornaliere "atteso" nel corso dell'anno, per lo stesso inquinante e nello stesso punto geografico.

MACOMER CENMA1		Periodo	SO <sub>2</sub>
Dati riepilogativi qualità dell'aria			valore max giornaliero
		anno 2011	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	valore di fondo assunto		9,53
	limiti di legge		350
	incidenza% nella fase "ante operam" su limiti di legge		2,72%
	valori stimati dal modello AERMOD su recettore (*)		0,11474
	sommatoria degli effetti		9,64
	incidenza% nella fase "post operam" su limiti di legge		2,76%

Tabella 16 Valore max giornaliero misurato da ARPAS per gli SO<sub>2</sub> sommato alla stima di AERMOD

Sommando il predetto valore medio giornaliero direttamente misurato nella centralina CENMA1 con quello omologo, così come stimato dal modello, si ottiene un valore medio giornaliero di  $9,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (SO<sub>2</sub>). Si tratta, anche in questo caso, di valore ampiamente rispettoso dei limiti di legge e che non tiene conto, a favore della sicurezza, del fatto che il valore misurato direttamente nella centralina risulta già influenzato dall'esercizio delle due attuali linee di incenerimento che verranno dismesse con l'avvio della nuova linea. Quindi è lecito attendersi un ulteriore miglioramento del quadro suesposto.

Lo stato della qualità dell'aria così determinato evidenzia valori di incidenza percentuali per detto inquinante, rispetto ai corrispondenti valori limite per la qualità dell'aria, molto contenuti.

#### Per gli NO<sub>2</sub>

La normativa vigente fissa dei valori limite per i seguenti periodi di mediazione:




- 1 ora 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  da non superare per più di 24 volte all'anno

#### Mediazione oraria

Dalle misurazioni dirette di ARPAS, anno 2011, è stato estrapolato il valore massimo orario registrato per detto inquinante nel corso dell'anno (rilevato in data 23/12/2011) pari a  $98,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tale valore viene cautelativamente assunto quale valore di fondo cui è stato sommato l'omologo valore stimato da AERMOD, cioè il valore massimo orario "atteso" nel corso dell'anno, per lo stesso inquinante e nello stesso punto geografico.

MACOMER CENMA1		Periodo	NO <sub>2</sub>
Dati riepilogativi qualità dell'aria			valore max orario
		anno 2011	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	valore di fondo assunto		98,76
	limiti di legge		200
	incidenza% nella fase "ante operam" su limiti di legge		49,38%
	valori stimati dal modello AERMOD su recettore (*)		22,54177
	sommatoria degli effetti		121,30
	incidenza% nella fase "post operam" su limiti di legge		60,65%

Tabella 17 Valore max orario misurato da ARPAS per gli NO<sub>2</sub> sommato alla stima di AERMOD

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 48/59	

Lo stato della qualità dell'aria così determinato evidenzia valori di incidenza percentuali per detto inquinante, rispetto ai corrispondenti valori limite per la qualità dell'aria, molto contenuti.

Si ricorda ancora una volta che cautelativamente:

- i valori di fondo assunti non tengono conto del fatto che le due attuali linee di incenerimento verranno dismesse in fase di avvio della nuova linea;
- che quale valore di fondo è stato assunto il valore massimo orario registrato nella stazione ARPAS nell'arco dell'intero anno di riferimento

Per le  $PM_{10}$

n°	Data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	17/09/2011	100,41
2	06/02/2011	79,41
3	02/09/2011	77,29
4	16/11/2011	69,76
5	13/09/2011	67,34
6	03/09/2011	66,40
7	05/02/2011	62,31
8	08/09/2011	55,82
9	15/09/2011	52,73
10	07/09/2011	52,24
11	12/09/2011	47,74

La normativa vigente fissa dei valori limite per i seguenti periodi di mediazione:

- 1 giorno  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  da non superare per più di 35 volte all'anno

Come già precedentemente evidenziato, dalle misurazioni dirette di ARPAS, anno 2011, risultano 10 superamenti del predetto valore limite della qualità dell'aria, come risulta dalla seguente tabella:

Da detta tabella è stato estrapolato il valore massimo rientrante nei limiti normativi, corrispondente all'11<sup>mo</sup> valore di detta tabella, che non rappresenta un superamento.

Tale valore è stato cautelativamente assunto quale valore di fondo cui è stato sommato l'omologo valore stimato da AERMOD, cioè il valore massimo giornaliero "atteso" nel corso dell'anno, per lo stesso inquinante e nello stesso punto geografico.

MACOMER CENMA1		Periodo	$PM_{10}$
Dati riepilogativi qualità dell'aria		anno 2011	valore max giornaliero al netto dei superamenti
			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
valore di fondo assunto			<b>47,74</b>
limiti di legge			<b>50</b>
incidenza% nella fase "ante operam" su limiti di legge			95,48%
valori stimati dal modello AERMOD su recettore (*)			<b>0,11474</b>
sommatoria degli effetti		47,85	
incidenza% nella fase "post operam" su limiti di legge		95,71%	

**Tabella 18** Valore max giornaliero misurato da ARPAS per le  $PM_{10}$  sommato alla stima di AERMOD

Si evidenzia come il contributo del nuovo impianto in termini di valore medio giornaliero di concentrazioni di  $PM_{10}$ , pari a  $0,11\mu\text{g}/\text{m}^3$ , rappresenti solo lo 0,02% di incidenza sul valore limite di legge.

Si ricorda ancora una volta che cautelativamente:

- i valori di fondo assunti non tengono conto del fatto che le due attuali linee di incenerimento verranno dismesse in fase di avvio della nuova linea;
- che quale valore di fondo è stato assunto il 1° valore massimo giornaliero di non superamento dei limiti di qualità dell'aria registrato nella stazione ARPAS nell'arco dell'intero anno di riferimento.

## 9. LA SCELTA DELL'ALTEZZA MAX DEL PUNTO DI EMISSIONE



Prima della definitiva scelta dell'altezza del camino si è proceduto ad effettuare una simulazione comparata di tre distinte soluzioni, a parità di flussi di massa, temperature, velocità di efflusso, eccetera. Le tre soluzioni analizzate hanno riguardato tre distinte altezze della ciminiera e cioè rispettivamente 50, 60, 70 mt.

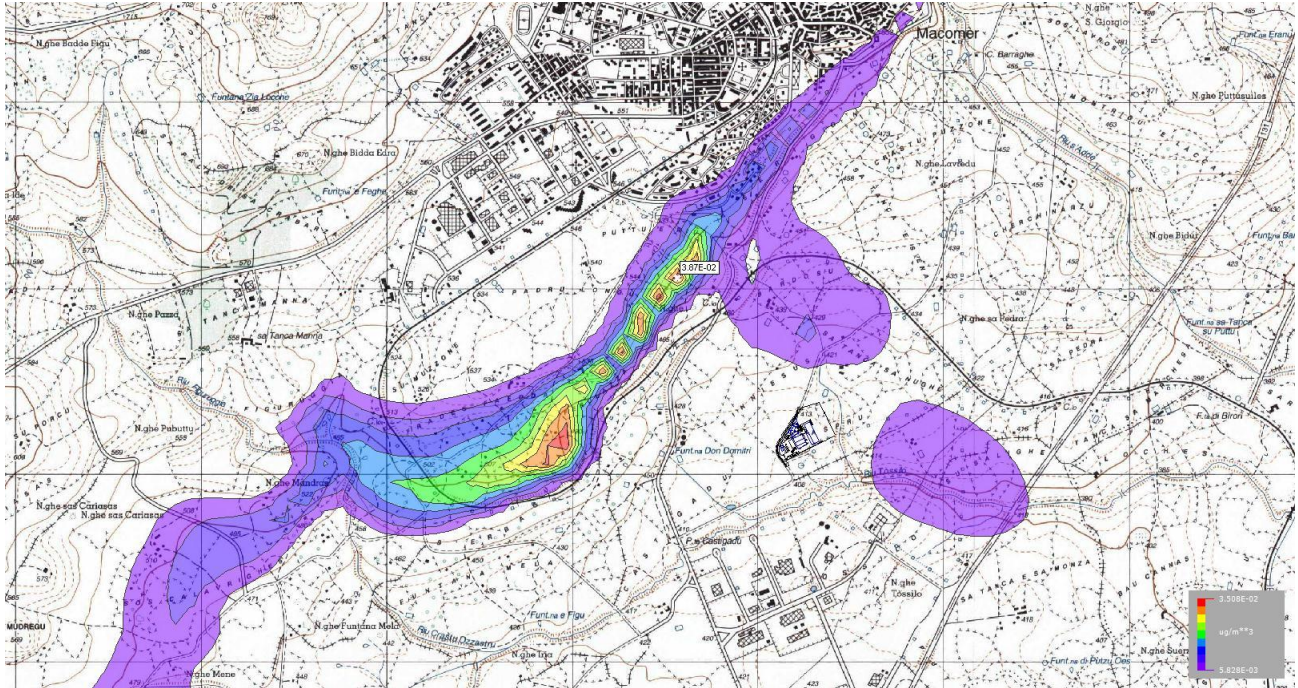


Figura 22 Concentrazioni medie annue di PM10\_Caso altezza camino h=50 mt

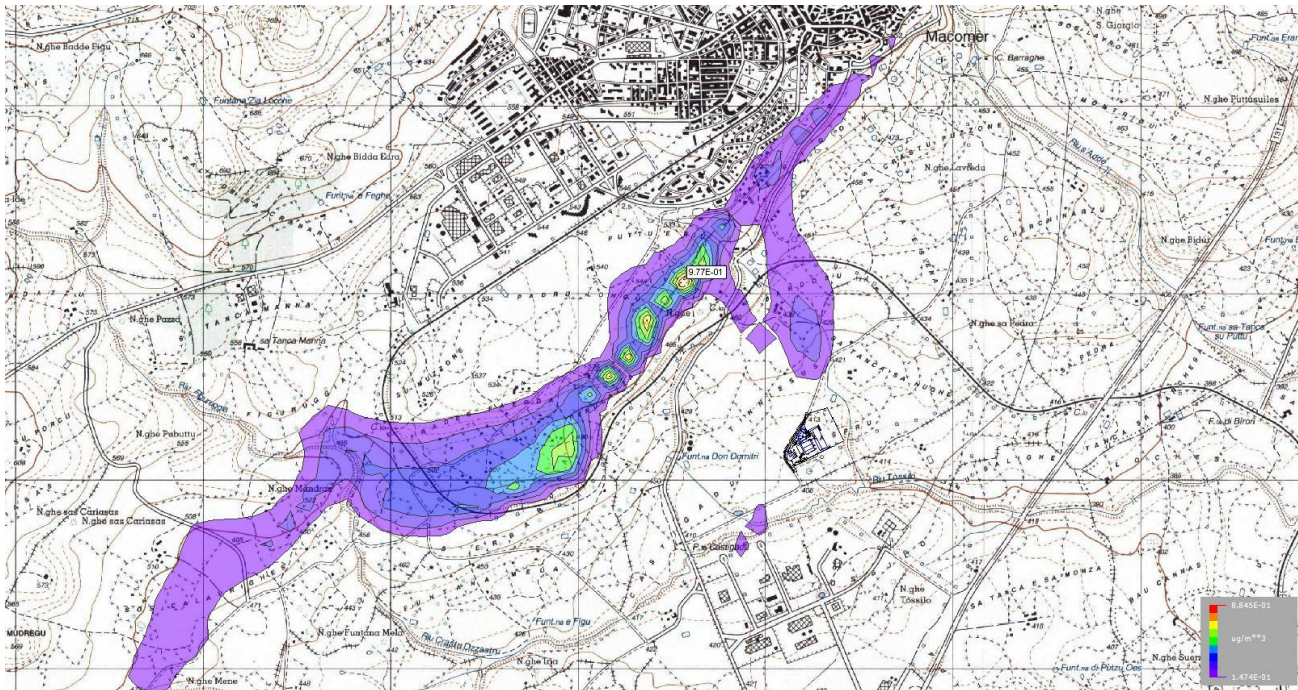


Figura 23 Massimi delle medie giornaliere di PM10\_Caso altezza camino h=50 mt

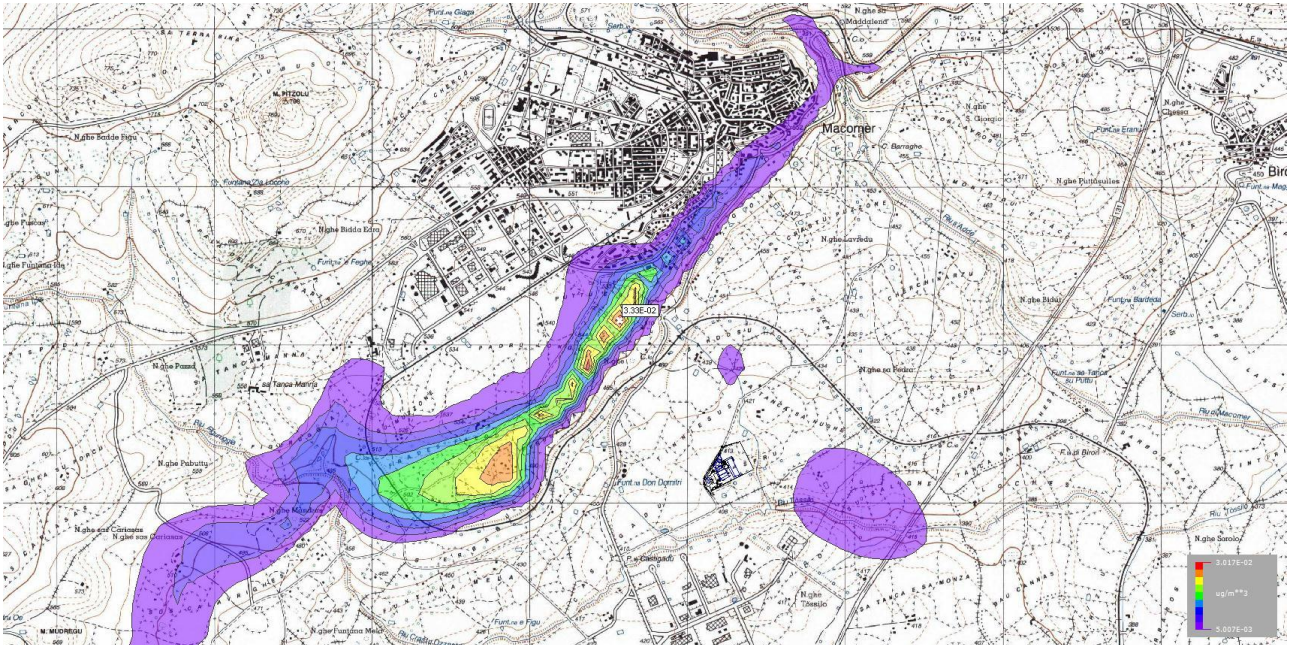


Figura 24 Concentrazioni medie annue di PM<sub>10</sub>\_Caso altezza camino h=60 mt

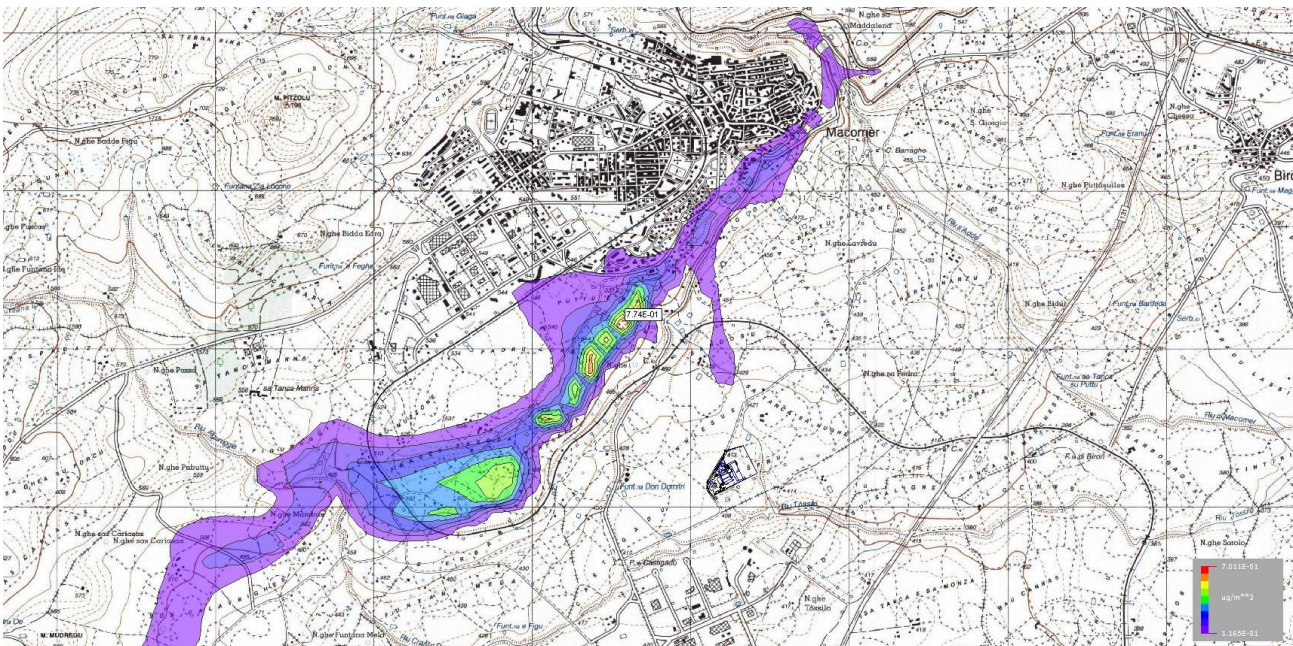


Figura 25 Massimi delle medie giornaliere di PM<sub>10</sub>\_Caso altezza camino h=60 mt

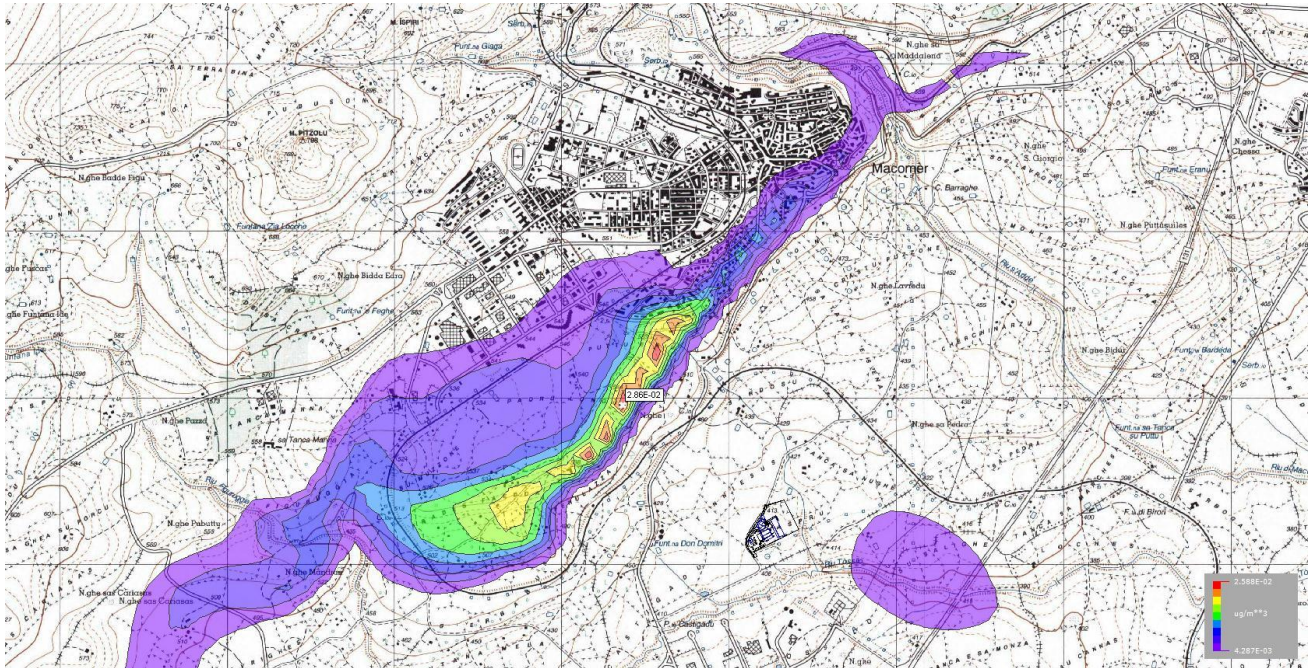


Figura 26 Concentrazioni medie annue di PM<sub>10</sub> Caso altezza camino h=70 mt

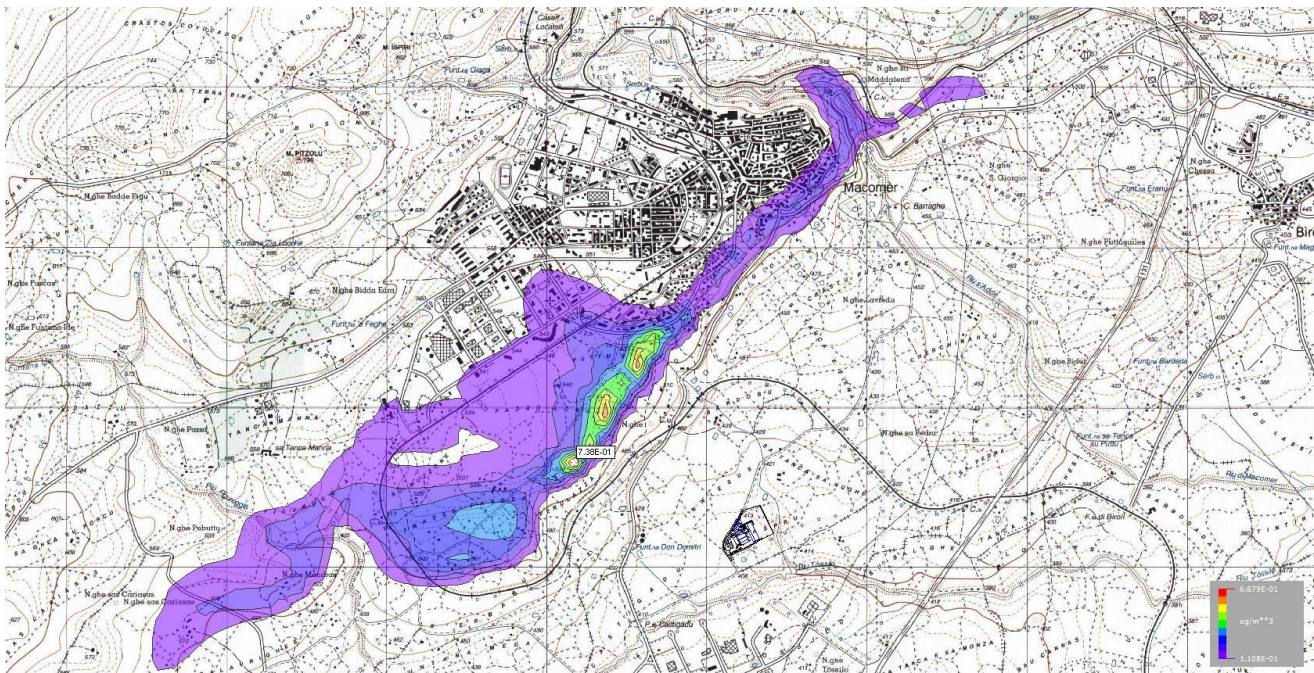





Figura 27 Massimi delle medie giornaliere di PM<sub>10</sub> Caso altezza camino h=70 mt

Come si evince dal report grafico precedentemente riportato aumentando l'altezza del punto di emissione, a parità di altre condizioni, e in relazione alla specifica orografia dell'area al contorno, si incrementa la porzione di centro abitato di Macomer interessato, seppur nell'ampio rispetto dei limiti di legge, da una modificazione delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera. Per tale ragione la scelta è ricaduta su una altezza pari a 50 ml.

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI          TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA          DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 52/59	

## 10. STIMA E VALUTAZIONE DELLA DEPOSIZIONE AL SUOLO DI MICROINQUINANTI

Nello studio diffusionale è stata presa altresì in considerazione la potenziale deposizione di inquinanti derivanti dalle ricadute sul terreno delle emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera.

Il codice AERMOD utilizzato nella modellistica diffusionale contiene specifici algoritmi per il calcolo della deposizione secca, come quelli presenti nel modello ADOM (Pleim et al. 1984) e basati su considerazioni di Slin & Slin (1980), e, per la deposizione umida, un algoritmo basato sui lavori di Scire et al. (1990).

La deposizione è il risultato del trasferimento su generiche “*superfici di impatto*” dei composti atmosferici attraverso processi “*a secco*” e/o “*a umido*”.

La deposizione “*a secco*” origina da una molteplicità di fattori che comprendono, tra gli altri, la forzante gravitazionale, gli effetti aerodinamici e quelli elettro- termo-foretici, le caratteristiche proprie delle superfici ricettrici, le condizioni micro-meteorologiche, la scabrezza del rilievo, etc.

Nella deposizione a “*secco*” il trasferimento viene condizionato da differenti fattori:

- *gli effetti aerodinamici*: Sono responsabili del trasporto in prossimità della superficie ad opera di moti turbolenti; dipendono dalla velocità del vento, dalla instabilità atmosferica, dalle caratteristiche dell'inquinante e dal tipo di terreno.
- *gli effetti foretici*: Termoforesi - La particella si muove, in presenza di gradiente termico, verso la zona a temperatura minore. Diffusoforesi - La particella è influenzata dal gradiente di concentrazione. Elettroforesi - I campi elettrici del mezzo o della particella ne condizionano il moto.
- *gli effetti regolati dalla teoria dello strato quasi laminare*: Nelle vicinanze della superficie non sono più i moti turbolenti a governare l'andamento degli inquinanti. Avremo a che fare con i moti molecolari legati alle forze viscosi, per i gas, e con i moti browniani, se le dimensioni sono  $<0,1\mu\text{m}$ , o con le forze d'inerzia per diametri superiori, per le particelle.




La “*deposizione umida*” comprende tutti i processi per mezzo dei quali gli inquinanti atmosferici sono trasportati al suolo, attraverso varie forme di precipitazione (nubi, pioggia, neve, nebbia, etc.) Avremo a che fare con due processi principali: il *rainout*, nel quale l'inquinante all'interno delle nubi diventa il nucleo di condensazione delle gocce d'acqua ed il *washout*, in cui l'inquinante al di sotto delle nubi, urtando le gocce d'acqua viene trascinato al suolo; in entrambi i casi, l'interazione acqua-inquinante caratterizza il processo. Nel processo di S la dimensione delle gocce d'acqua, il PH delle piogge ed il tipo di specie inquinante sono alcuni degli aspetti da valutare. Se si considera il caso (aerosol o gas altamente solubili) per cui il dilavamento di inquinanti per impatto è un fenomeno irreversibile, la legge che descrive la diminuzione nel tempo degli inquinanti è di tipo esponenziale.

In termini molto semplici nello studio modellistico qui presentato, la deposizione atmosferica viene stimata come flusso di inquinante per unità di superficie ( $\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) in funzione della velocità di deposizione ( $\text{m s}^{-1}$ ) e della concentrazione al suolo ( $\text{g m}^{-3}$ ).

Le velocità di deposizione utilizzate nella simulazione modellistica sono quelle previste di *default* dal programma (variabili in funzione di una serie di parametri micro-meteorologici e chimico-fisici).

Tutti i valori di deposizione presentati nei grafici e/o tabelle successive sono espressi come contenuto totale in massa dell'inquinante considerato ( $\text{mg}$ ), depositato sull'unità di superficie ( $\text{m}^2$ ) e sull'unità di tempo ( $a = \text{anno}$ ).

La deposizione è stata stimata dal modello per le  $\text{PM}_{10}$ . E' noto infatti come il particolato emesso in atmosfera funzioni come nucleo di condensazione di altri microinquinanti che quindi vengono immessi sul suolo nella fase di deposizione del particolato. Le ipotesi fatte, cautelativamente, prevedono che tutto il flusso di massa dei vari microinquinanti emessi

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI          TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA          DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I. 
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 53/59	

dall'impianto venga condensato nel particolato. Ovviamente per flusso di massa si intende il prodotto tra il valore di concentrazione garantito per ogni microinquinante e la portata fumi.

Sulla base di detta ipotesi è stato possibile stimare , insieme alla deposizione delle PM<sub>10</sub>, la deposizione di altri microinquinanti e confrontarla con i limiti di legge.

in ogni mg di PM<sub>10</sub> depositata si ha:

1,3346642335E-08 mg di PCDD+PCDF
0,00267 mg di IPA
0,13347 mg di Hg+As+Pb+Cr+Cu+Mg+Ni+V+Sn
0,01335 mg di Cd+Tl

**Tabella 19** Milligrammi di microinquinanti contenuti in ogni mg di PM<sub>10</sub> depositata

Progettazione:



**REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO**

Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera

REV. 0

PAG. 54/59

A.T.I.

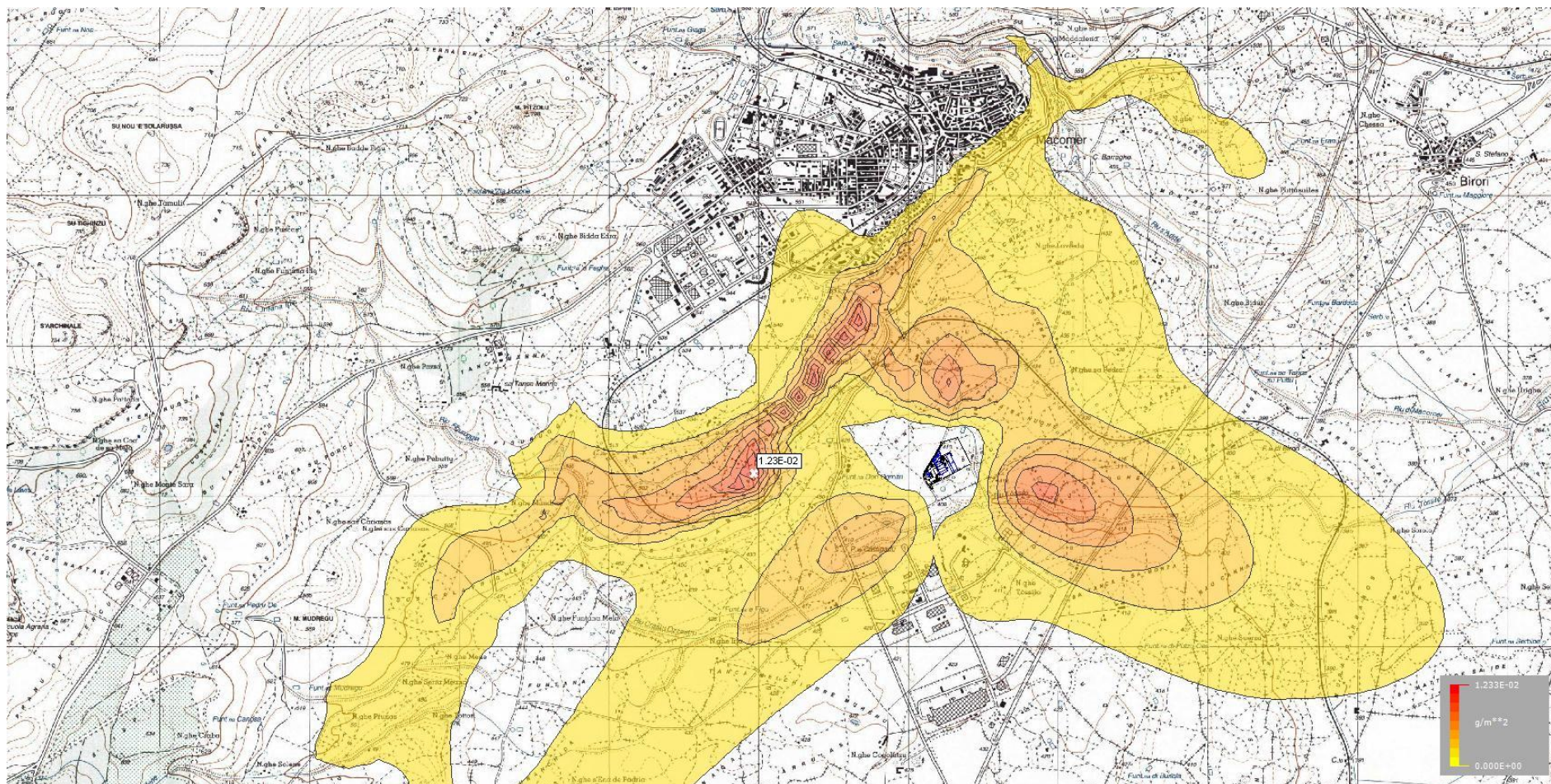


Figura 28 Deposizione totale secca\_anno di riferimento dello studio (2011)

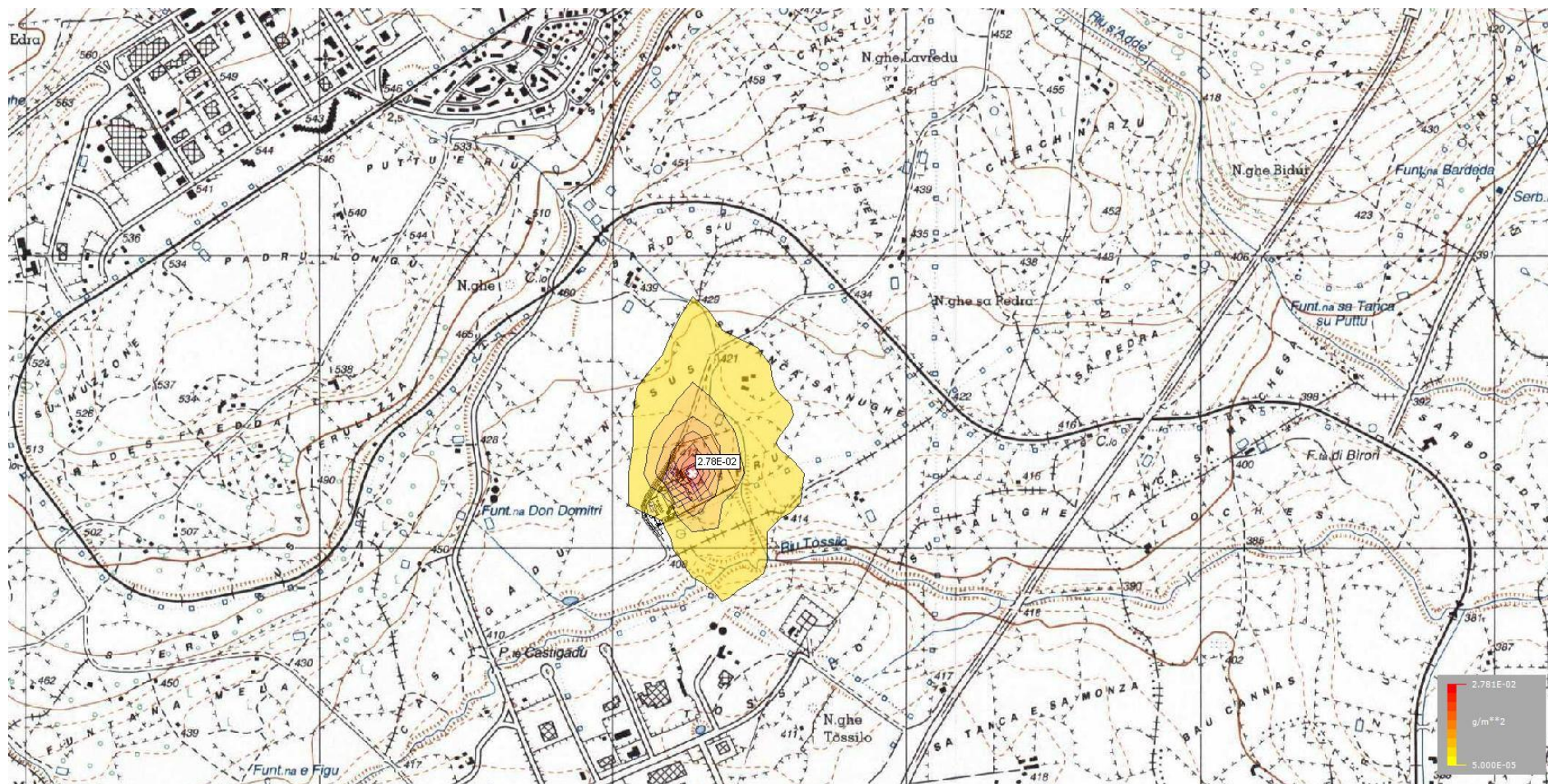


Figura 29 Deposizione totale umida\_anno di riferimento dello studio (2011)

Progettazione:



**REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO**

Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera

REV. 0

PAG. 56/59

A.T.I.

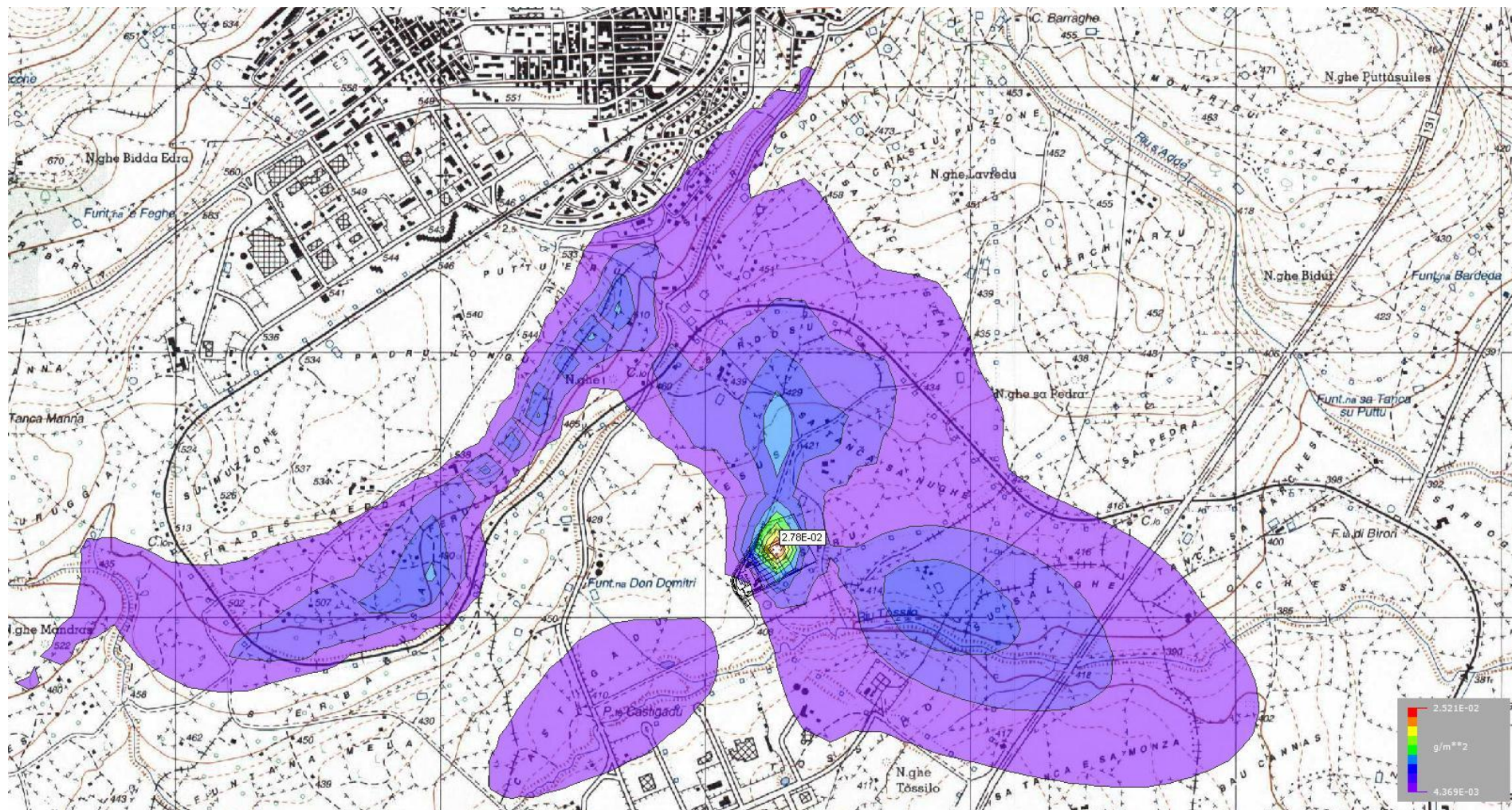





Figura 30 Deposizione totale\_anno di riferimento dello studio (2011)

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I. 
	Modellistica diffusionale emissioni in atmosfera	PAG. 57/59	

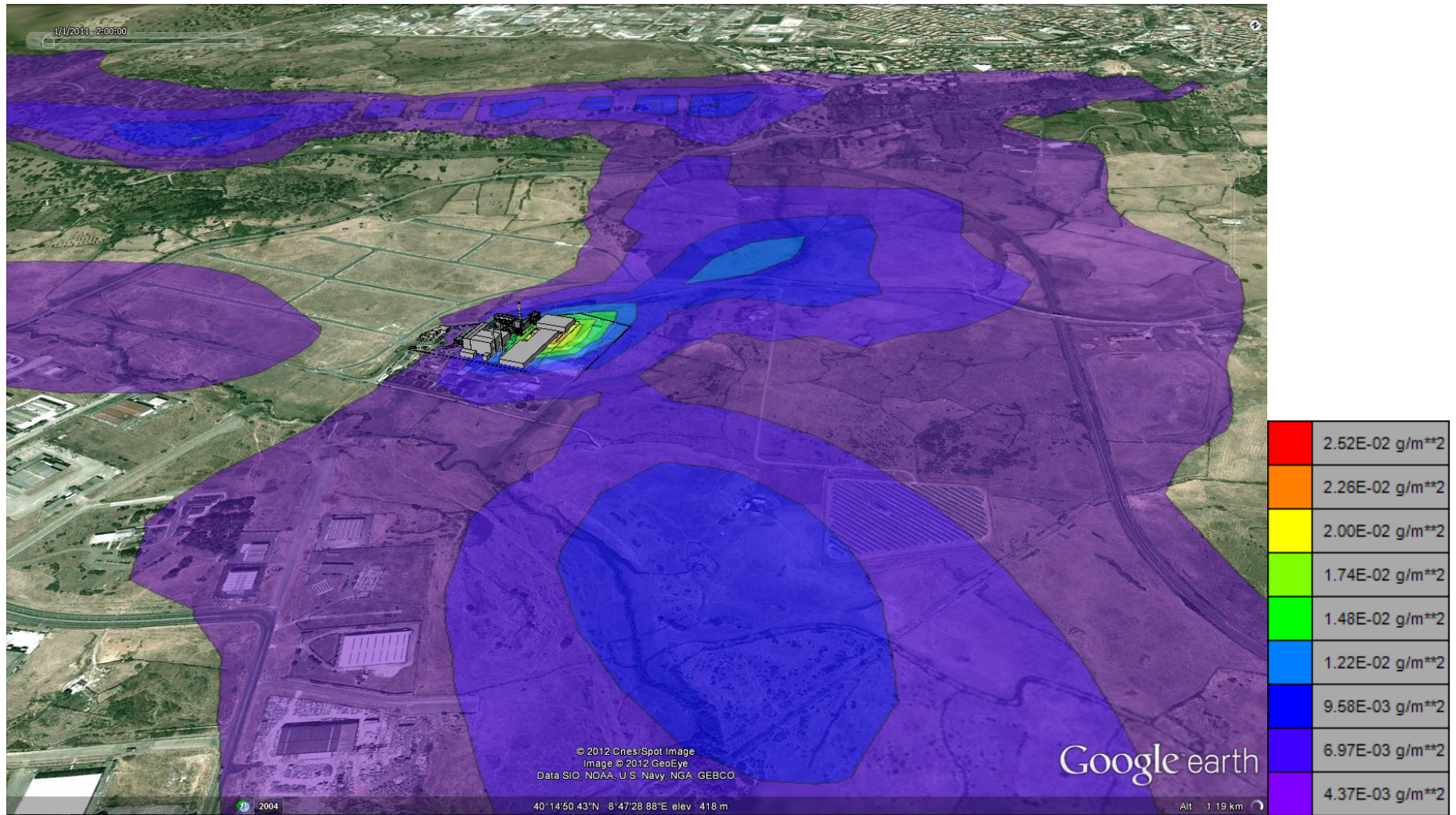


Figura 31 Deposizione totale\_anno di riferimento dello studio (2011) da google earth\_vista 3D

### 10.1 ANALISI DEI RISULTATI

Sulla base delle analisi di output del software AERMOD , con specifico riferimento alle PM<sub>10</sub>, è emerso che la deposizione secca risulta prevalente rispetto a quella umida, come si evince dal grafico sotto riportato.

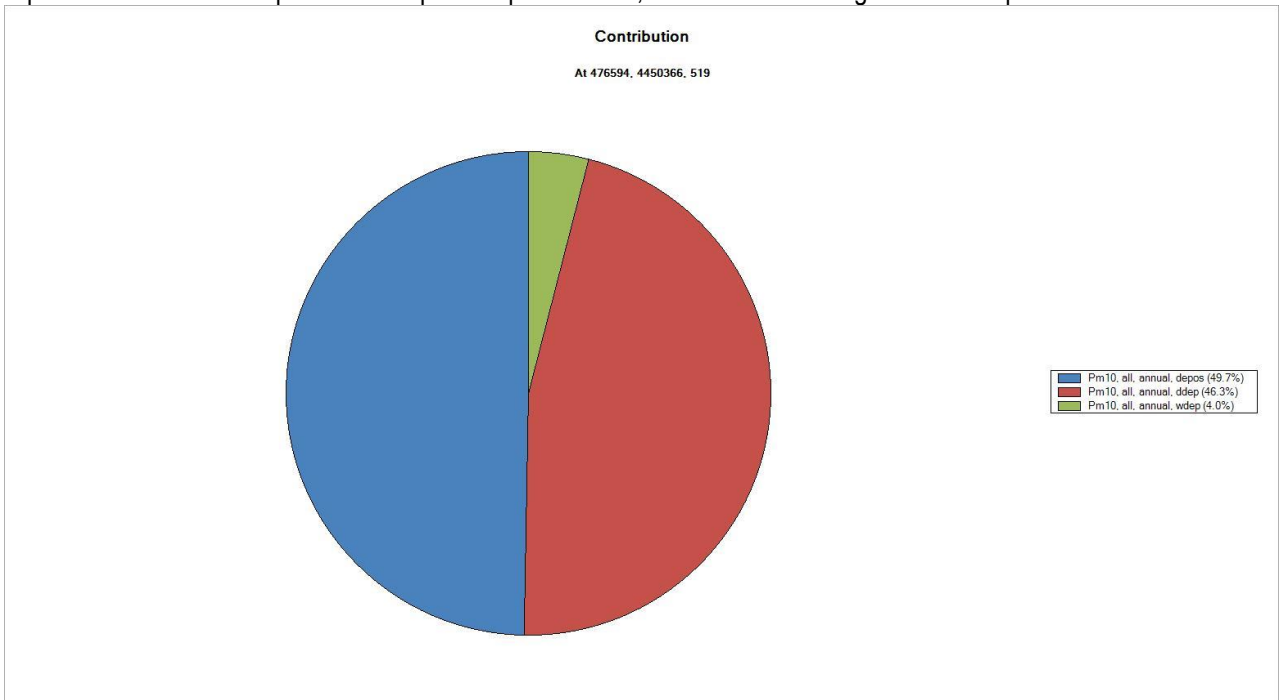


Grafico 1 Rappresentazione dei rapporto tra la deposizione secca e quella umida rispetto a quella totale

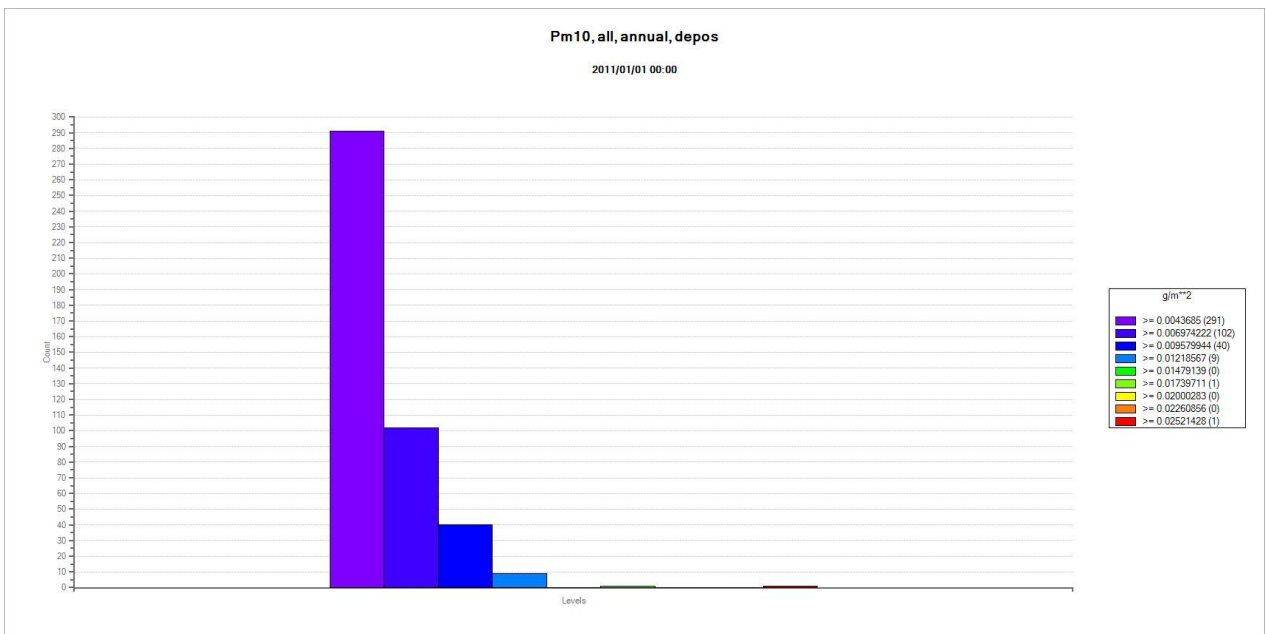


Grafico 2 Frequenza di accadimento dei vari range di deposizione totale nell'arco dell'anno di riferimento

Sulla base di quanto esposto in precedenza è stata elaborata la tabella seguente dalla quale si evince la deposizione totale stimata dal modello riferita all'anno 2011 del PM<sub>10</sub> e conseguentemente di tutti gli altri microinquinanti analizzati.

Non sussistendo una specifica normativa che fissi i limiti alla deposizione dei microinquinanti si è fatto riferimento ai limiti fissati dal *D. Lgs. 152/06, all.V.* per la qualità dei suoli residenziali.

Tabella 20 Concentrazioni al Suolo in seguito a Deposizioni Continue per 30 Anni

Inquinante	Valori limite concentrazioni fissati dal progetto preliminare	Flusso di massa al camino	Deposizione max al suolo stimata	Tempo	Densità del suolo	Altezza strato interessato dall'inquinante	concentrazione finale	Limiti All. V DLgs 152/06
	(mg/m <sup>3</sup> )	(μg/s)	(g/m <sup>2</sup> /a)	anni	kg/m <sup>3</sup>	m	mg/kg	mg/kg
<b>PM<sub>10</sub></b>	3,336660584	75676,389	<b>0,0278</b>	30	1700	0,1	0,00491	2+1
Cd+Tl	0,133466423	3027,056	3,71E-01	30	1700	0,1	0,06548	2+1
IPA	0,002669328	60,541	7,42E-02	30	1700	0,1	0,01310	10
PCDD+PCDF	1,33466E-08	0,00000001	3,71E-07	30	1700	0,1	6,55E-08	1,00E-05
Antimonio (Sb)								
Arsenico (As)								
Piombo (Pb)								
Cromo (Cr)								
Rame (Cu)	0,133466423	0,13347	3,71E+00	30	1700	0,1	0,65477	1,0
Manganese (Mg)								
Nichel (Ni)								
Vanadio (V)								
Stagno (Sn)								

cautelativamente si prende a riferimento il limite più restrittivo fra quelli attribuiti ai diversi metalli, considerando la deposizione di tale inquinante proporzionalmente alla deposizione totale

### 10.1.1 Conclusioni

Sulla base dei dati risultanti dalla modellazione effettuata, nonché delle ulteriori considerazioni relative alla condensazione dei microinquinanti nel particolato che si deposita, per la stima degli impatti sulla componente suolo le deposizioni massime di sostanze inquinanti determinate dall'immissione sul suolo delle PM<sub>10</sub> prodotte dall'impianto di termovalorizzazione, anche nelle ipotesi molto conservative fatte, si manterranno a livelli significativamente inferiori ai pur restrittivi limiti imposti dal regolamento di bonifica dei suoli per uso residenziale o a verde (*DLgs 152/2006 Parte IV, Allegato V*), anche dopo 30 anni di esercizio continuato dell'impianto.