

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Trieste, Piazzale Europa 1, 34127 Trieste

Lucchini Energia-Centrale a ciclo combinato, alimentata a gas naturale, nel porto industriale di Trieste:

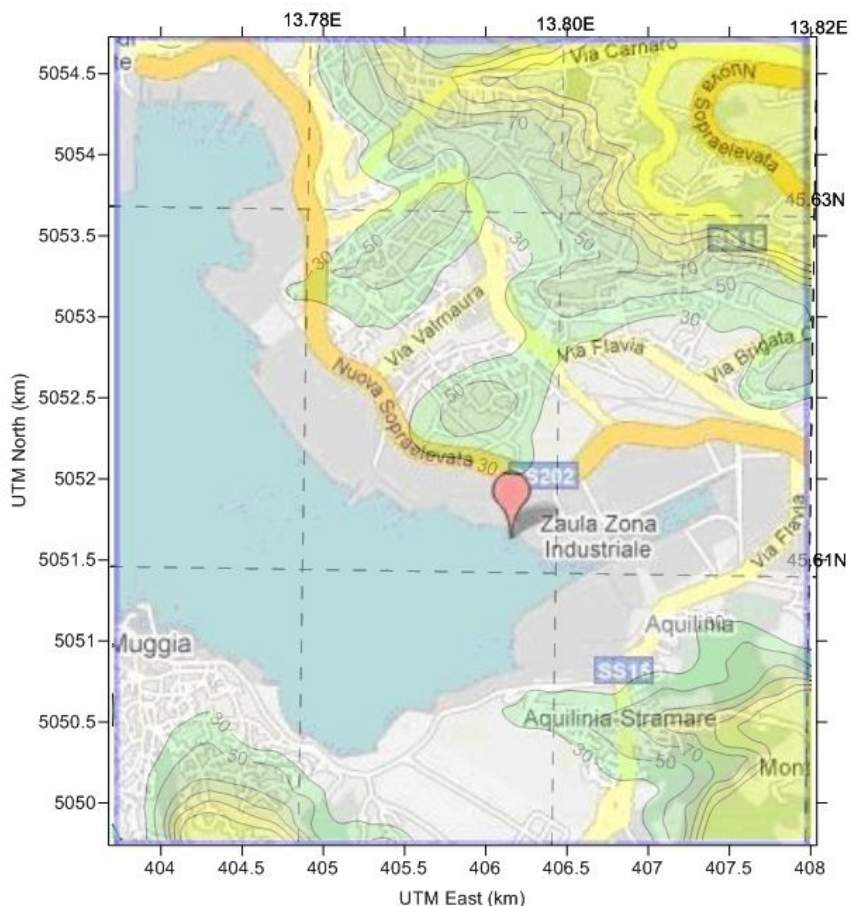
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Allegato 1: Analisi del campo meteorologico

Data: 15 Giugno 2010

Studio eseguito per MEDEA Development S.A.

da IE-Fluids, Coordinato dal Prof. Ing. Vincenzo Armenio, DICA, Università di Trieste



INDICE

PREMESSA.....	3
1. AREA DI UBICAZIONE DELLA CENTRALE LUCCHINI	3
2. DATI METEOROLOGICI.....	4
3. SCENARIO LONG-TERM	
3.1 Definizione del dominio di calcolo.....	9
3.2 Campo meteorologico.....	11
4. SCENARIO SHORT-TERM	
4.1 Definizione del dominio di calcolo.....	16
4.2 Definizione della finestra temporale.....	18
4.3 Analisi del campo meteorologico.....	19
BIBLIOGRAFIA.....	23

PREMESSA

Il presente documento contiene una descrizione dettagliata della ricostruzione del campo meteorologico utilizzato per la simulazione della dispersione e della ricaduta degli inquinanti emessi dalla Centrale Lucchini.

In particolare, viene descritta la ricostruzione del campo meteorologico per:

- 1) l'analisi long-term che analizza la dispersione degli inquinanti sull'intera area della provincia di Trieste e in territorio transfrontaliero, comprendente gli abitati di Piran e Koper.
- 2) l'analisi short-term che analizza la dispersione degli inquinanti in una giornata tipica del periodo primavera-estate e particolarmente critica nei riguardi della dispersione degli inquinanti, caratterizzata da una ventilazione molto bassa (velocità inferiore ai 3 m/s) proveniente dai quadranti occidentali, in una regione limitata intorno al luogo di insediamento della Centrale Lucchini (richiesta contenuta nella nota ARPA-FVG n. 10058 del 30 settembre 2009).

Il modello numerico utilizzato è stato descritto nel dettaglio nella Relazione Conclusiva del presente studio, della quale il presente documento costituisce l'Allegato 1.

1. AREA DI UBICAZIONE DELLA CENTRALE LUCCHINI

L'ubicazione della Centrale è prevista nell' area di Zaule, approssimativamente nella zona di coordinate geografiche 45.61 Lat. Nord, 13.79 Long. Est ($x=405.651$ km, $y=5051.429$ km nel sistema UTM, WGS-84) (figura 1). L'insediamento della Centrale è previsto in corrispondenza della linea di costa, nel cuore della zona industriale di Trieste. L'area urbana di Trieste si trova posta a nord rispetto alla Centrale, mentre il centro cittadino si trova in direzione nord-ovest, di là della collina di Servola. Ad est si trova parte della zona industriale di Trieste, la parte terminale dell'autostrada ed una zona a scarsa densità di popolazione che risale poi verso l'altipiano Carsico. A sud, di là dello specchio di mare della parte sud-orientale della baia di Muggia, si trova l'abitato di Aquilinia e quindi, procedendo verso sud-ovest l'abitato di Muggia. Immediatamente ad ovest della Centrale si trova il sito previsto di insediamento dell'impianto di rigassificazione della società Gas Natural, successivamente i terminali della Siot ed infine la baia di Muggia verso il mare aperto.

L'analisi della figura 1 mostra chiaramente la mancanza di simmetria nei confronti delle direzioni di dispersione degli inquinanti. In particolare dalla figura si osserva che i venti provenienti dai quadranti meridionali avranno un impatto maggiore sulla qualità dell'aria nell'abitato di Trieste, i venti provenienti dal primo quadrante tenderanno a trasportare gli inquinanti verso l'abitato di Muggia, mentre i venti provenienti dai quadranti occidentali (ponente, maestrale) tenderanno a trasportare gli inquinanti verso il vallone di Muggia e nel retroterra.

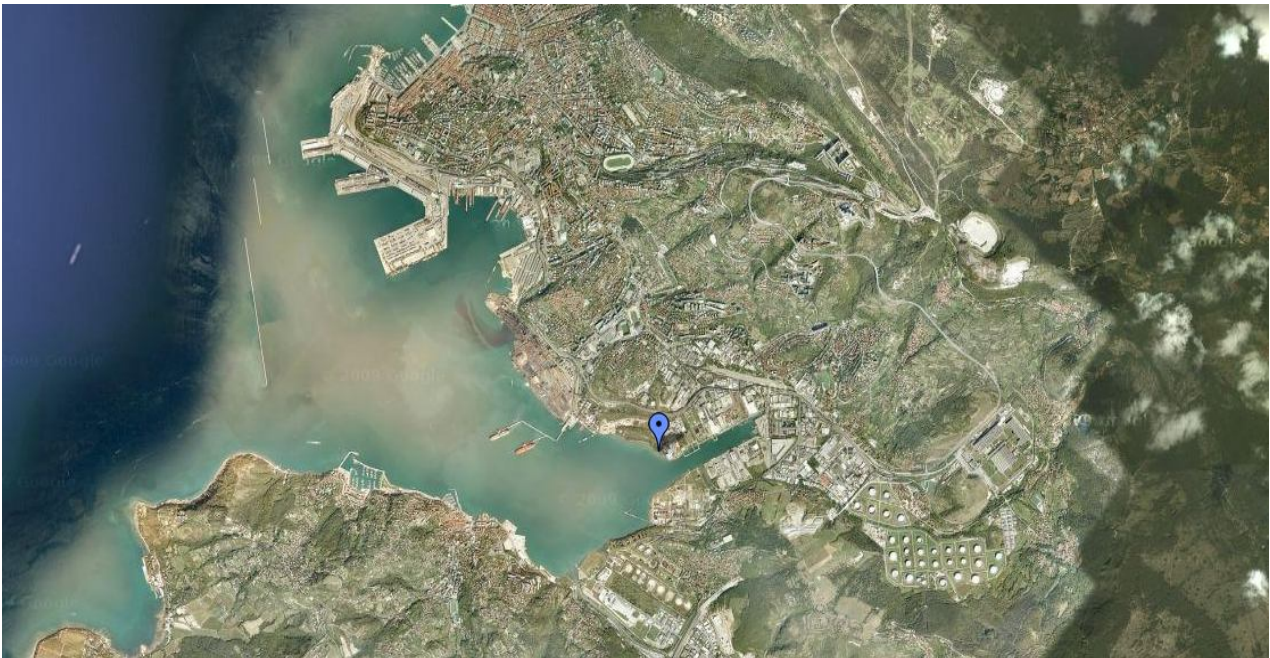


Figura 1: Punto del previsto insediamento della Centrale (puntatore blu) e della zona circostante comprendente parte della città di Trieste, e gli abitati di Aquilinia e Muggia nella parte meridionale (immagine da Google Maps).

2. DATI METEOROLOGICI

La valutazione della dispersione degli inquinanti viene effettuata considerando sia scenari long-term che scenari short-term. Allo scopo di considerare un periodo di tempo sufficientemente lungo e significativo per la valutazione della dispersione e della ricaduta degli inquinanti, per le simulazioni long-term si considerano i dati meteorologici relativi alla durata di un anno. A tal fine, a fronte di una richiesta formale da parte degli esecutori del presente studio, sono stati resi disponibili:

- dall'ARPA-FVG i dati meteorologici registrati con frequenza oraria presso le centraline ARPA site nella regione Friuli Venezia Giulia per un intero anno solare (anno 2008).

- dall' Environmental Agency of the Republic of Slovenia i dati meteorologici registrati con frequenza oraria presso le centraline site nell'area transfrontaliera per un intero anno solare (anno 2008).

Per la ricostruzione dei dati meteorologici, il modello CALMET prevede due tipologie di approccio. Il primo consiste nell'uso di output di tipici modelli meteorologici, per esempio dei modelli MM4 e MM5; il secondo è quello di utilizzare dati registrati da centraline site nel territorio di interesse e quindi di interpolare opportunamente tali dati sul grigliato di calcolo.

Nel presente studio è stato scelto il secondo approccio in virtù della ricchezza di dati meteorologici misurati in prossimità del sito d'interesse e resi disponibili da vari Enti.

Per la ricostruzione del campo meteorologico nella zona d'interesse, circostante il sito di insediamento della Centrale e comprendente sia gli abitati della provincia di Trieste che il territorio transfrontaliero situato nel raggio di 10 km dal sito di ubicazione della Centrale¹, sono stati utilizzati i dati provenienti da:

- una serie di centraline posizionate al suolo e disposte all'interno della provincia di Trieste, nelle provincie circostanti della regione FVG e nell'area transfrontaliera adiacente alla regione studiata;
- dati in quota provenienti da radiosondaggi effettuati ogni 12 ore (alle 0 UTC e alle 12 UTC) nella stazione di Campofornido a differenti altezze nell'atmosfera. Tali dati sono scaricabili dal sito: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> ;
- dati provenienti da centraline poste in mare nella zona d'interesse.

Per quanto riguarda le centraline al suolo sono stati utilizzati i seguenti dati misurati con frequenza oraria nel corso dell'anno 2008:

- precipitazione (precisione 0.2 mm (ITA), 0.1mm (SLO));
- temperatura misurata a 2.0 m dal suolo (accuratezza 0.5 K (ITA), 0.1K (SLO));
- umidità relativa misurata a 2.0 m dal suolo (accuratezza 5% (ITA), 1% (SLO));
- direzione del vento misurata a 10.0 m dal suolo (accuratezza 1 grado);
- velocità del vento misurata a 10.0 m dal suolo (accuratezza 0.2 m/s (ITA), 0.1 m/s (SLO));
- pressione misurata a 2.0 m dal suolo (accuratezza 0.5 hPa (ITA), 0.1 hPa (SLO)).

Tra i dati misurati nei radiosondaggi di Campofornido sono stati utilizzati:

¹ L'estensione dell'analisi al territorio transfrontaliero in un raggio di 10 km dal sito di ubicazione della Centrale è stata suggerita nella nota MATT prot. CTVA=2009-0004879 del 24/12/2009

- profili verticali della velocità del vento;
- profili verticali della direzione del vento;
- profili verticali della pressione;
- profili verticali della temperatura.

Tra i dati misurati dalle centraline poste in mare, sono stati utilizzati:

- velocità e direzione del vento a 10.0 m dal suolo;
- umidità relativa a 2.0 m dal suolo;
- temperatura dell'aria a 2.0 m dal suolo;
- temperatura superficiale del mare 1.0 m al di sotto del livello minimo di marea.

La scelta delle centraline al suolo è stata effettuata sulla base dei seguenti parametri:

- vicinanza all'area di interesse;
- distribuzione spaziale sufficientemente ampia in modo da permettere una buona qualità dell'interpolazione dei dati nei punti del grigliato di calcolo;
- numero di dati sufficientemente ampio (sono state escluse centraline che presentavano mancanze di dati su periodi continuativi superiori a 3 giorni consecutivi). La gestione dei dati mancanti è effettuata in modo da preservare l'accuratezza della ricostruzione spaziale dei dati. Dettagli sulla metodologia sono riportati in [2].

Le centraline al suolo considerate per la ricostruzione del campo meteorologico sono riportate nella tabella 1. Si fa notare che la centralina posta a Gradisca d'Isonzo non è stata considerata, in quanto soddisfaceva ai primi due requisiti ma non al terzo. Infatti, per questa centralina non sono disponibili i dati del mese di Marzo 2008. Analogamente, una delle centraline poste in territorio sloveno (una boa), avendo una quantità considerevole di dati mancanti è stata esclusa dal calcolo.

Le coordinate geografiche delle stazioni di misura sono riportate nella tabella 2. Infine nella tabella 3 sono riportati i dati geografici delle centraline poste in mare.

Da notare che la prima delle stazioni a mare riportate nella tabella 3 è gestita dall'ISPRA e i dati sono stati scaricati dal sito www.mareografico.it nella sezione relativa alla stazione di Trieste. Come per le stazioni a terra, anche quelle in mare registrano dati con frequenza oraria.

	Stazione di Misura	LAT [gradi N]	LON [gradi E]	z [m]
1	Talmassons	45.883	13.157	16
2	Capriva D. F.	45.959	13.513	85
3	Fossalon di Grado	45.716	13.460	0
4	Cervignano del Friuli	45.850	13.338	8
5	Trieste	45.651	13.753	1
6	Sgonico	45.739	13.743	268
7	Lignano	45.703	13.148	15
8	Cividale del Friuli	46.081	13.421	127
9	Grado	45.677	13.396	2
10	Nova Gorica (SLO)	45.956	13.657	113
11	Portoroz (SLO)	45.476	13.621	2
12	Koper (SLO)	45.543	13.718	56
13	Koper Luka (SLO)	45.565	13.749	0
14	Skocjan (SLO)	45.664	13.998	420
15	Bilje (SLO)	45.896	13.629	55

Tabella 1: Dati geografici delle centraline di misura poste a terra, utilizzate per la ricostruzione dei dati meteorologici. La colonna z riporta l'altezza della stazione di misura sul l.m.m.

	Stazione di Misura	LAT [gradi N]	LON [gradi E]
1	Campoformido (radiosondaggio)	46.03	13.19
2	Trieste-Hortis (copertura nuvolosa)	45.647	13.765

Tabella 2: Dati geografici delle stazioni utilizzate per la ricostruzione dei dati meteorologici in quota.

	Stazione di Misura	LAT [gradi N]	LON [gradi E]
1	Molo Fratelli Bandiera	45.649	13.75
2	Boa ITT	45.617	13.567

Tabella 3: Coordinate geografiche delle centraline a mare utilizzate. Si noti che la misura di temperatura dell'acqua è disponibile solamente per la stazione 1. Tale valore è stato assunto valido anche per la stazione 2, grazie alla vicinanza tra le due stazioni.

Una mappa complessiva contenente l'ubicazione delle centraline utilizzate per la ricostruzione del campo meteorologico è mostrata nella figura 2.

Ai fini della caratterizzazione del mescolamento verticale nella colonna d'aria è importante conoscere il grado di radiazione solare e l'altezza della colonna di aria al di sotto delle nubi. Le centraline ARPA-FVG misurano la radiazione solare ma non forniscono informazioni sul grado di copertura nuvolosa e quindi, appaiono 'cieche' in questo aspetto durante le ore notturne. Il

radiosondaggio della Stazione di Campofornido non fornisce informazioni sulla copertura nuvolosa, così come le stazioni di misura in mare.

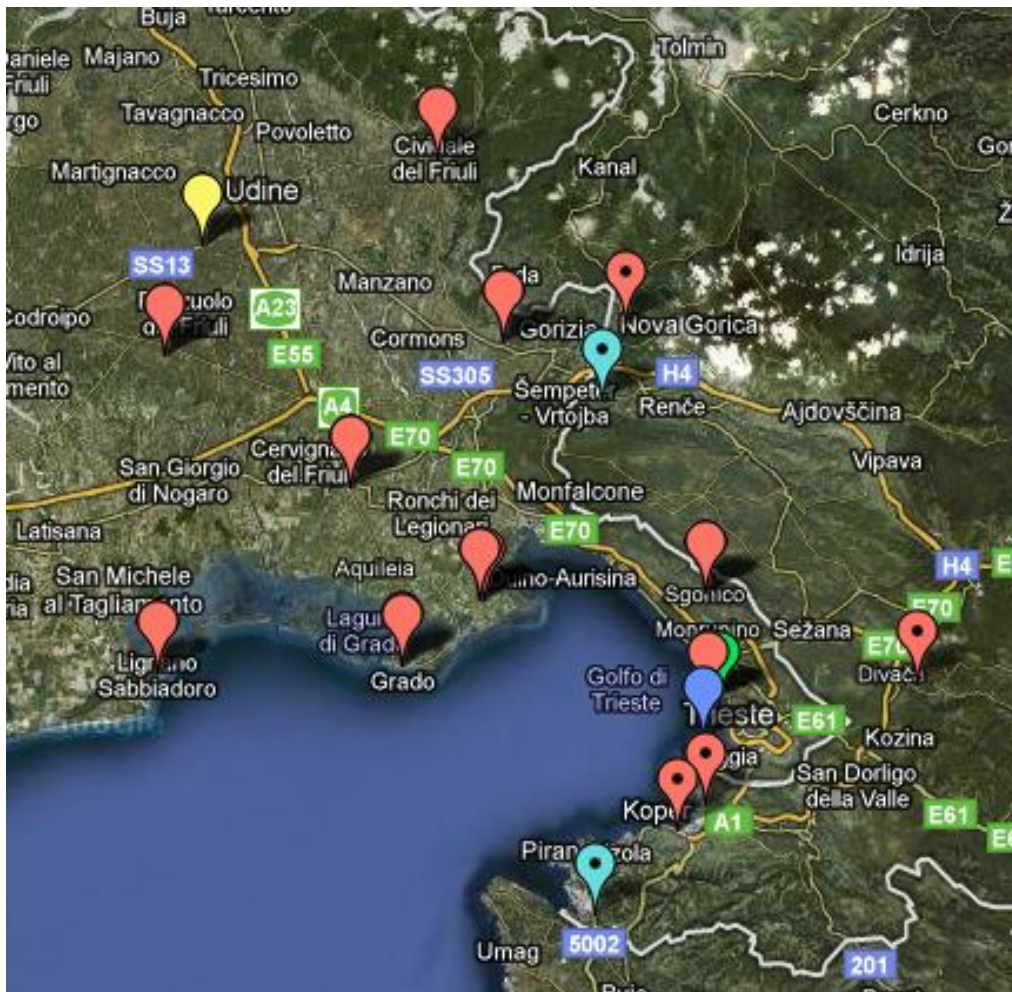


Figura 2: Mappa contenente l'ubicazione delle centraline meteorologiche utilizzate per la ricostruzione del campo tridimensionale. In rosso le centraline al suolo; in rosso con punto nero le centraline al suolo ubicate nella Repubblica Slovena; in giallo l'ubicazione della centralina per i dati in quota; in verde la stazione di misura per la copertura nuvolosa; in blu le centraline poste in mare; in azzurro col punto nero le due centraline slovene aventi dati meteorologici, copertura nuvolosa e *ceiling height* (immagine da Google Maps).

I dati di copertura nuvolosa nella zona d'interesse sono i seguenti:

- stime eseguite nella stazione di Piazza Hortis a Trieste (si veda Tabella 2) ogni giorno alle ore 10 per tutto l'anno 2008 (Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Trieste);
- 2/3 misure giornaliere per tutto l'anno 2008 eseguite presso la centralina a terra di Bilje in Slovenia;
- 2/3 misure giornaliere per tutto l'anno 2008 eseguite presso la centralina a terra di Portoroz in Slovenia.

I dati di copertura nuvolosa relativi a Portoroz (SLO) sono stati utilizzati anche per le centraline a terra di Koper, Koper-Luka in quanto situate in una zona climatica affine (ambiente costiero). Per la centralina di Trieste sono stati utilizzati i dati misurati in piazza Hortis, mentre per tutte le rimanenti centraline, italiane e slovene, sono stati utilizzati i dati misurati a Bilje.

Oltre ai dati sopradescritti il pre-processore CALMET richiede la conoscenza della *ceiling height* e della *overwater mixing height*.

Nello specifico le misure di *ceiling height* sono disponibili solo per le centraline slovene di Portoroz e Bilje, come descritto sopra. I dati di *ceiling height* relativi alla centralina di Portoroz sono stati utilizzati anche per le centraline a terra di Koper e Koper-Luka e Trieste, mentre i dati di Bilje sono stati utilizzati per tutte le altre centraline a terra.

La *overwater mixing height* è calcolata tramite la formula:

$$h_{water} = \frac{c_w \cdot u_*}{f}$$

Dove c_w è una costante (~ 0.16), u_* è la velocità d'attrito (m/s) ed f è il parametro di Coriolis assunto pari a 10^{-4}s^{-1} . La velocità d'attrito è stata ricavata considerando il suo legame con la velocità del vento dato dal coefficiente di attrito che si esprime mediante la formula:

$$u_* = u C_{uN}^{1/2}$$

dove u è la velocità del vento e $C_{uN}^{1/2}$ è il coefficiente di attrito della quantità di moto sull'acqua. Il coefficiente è legato alla velocità del vento nel seguente modo: $C_{uN}^{1/2} = (0.75 + 0.067u)10^{-3}$.

Tale procedura di calcolo è quella standard utilizzata all'interno del preprocessore CALMET [2].

3. SCENARIO LONG-TERM

3.1 Definizione del dominio di calcolo

I dati necessari alla ricostruzione delle caratteristiche orografiche del suolo, della caratterizzazione della linea di costa e alla destinazione d'uso della superficie del grigliato di calcolo sono stati rispettivamente ricavati dai seguenti tre database:

- Dati Terreno: Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), definizione $\sim 90\text{m}$, 3 arc-sec tavola usata: N45E013;

- Dati Costieri: “Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Database” (GSHHS);
- Dati di destinazione d’uso: The Global Land Cover Characterization Database” (GLCC), definizione ~1000m, 30 arc-sec Eurasia data ottimizzato per l’Europa.

Il grigliato per la ricostruzione del campo meteorologico è stato disposto con l’origine in mare nel punto di coordinate $x=385.0$ km (13.5276909 Long. Est), $y=5041.0$ km (45.5130463 Lat. Nord) nel sistema UTM WGS-84.

Il dominio ha un’estensione di 37 km x 33 km rispettivamente nelle direzioni est-ovest e sud-nord. E’ stata utilizzata una spaziatura di griglia pari a 1 km in entrambe le direzioni orizzontali, consistentemente con la spaziatura del database GLCC.

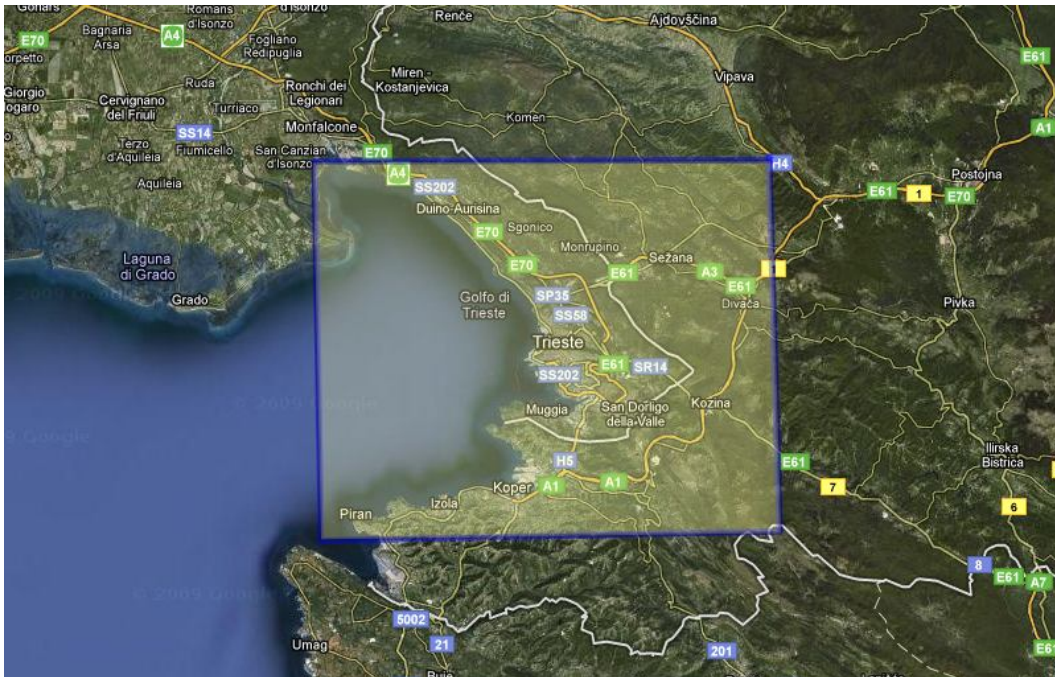


Figura 3: Dominio di calcolo utilizzato per la ricostruzione del campo meteorologico tridimensionale (immagine da Google Maps).

La figura 3 contiene una vista da satellite del dominio considerato. Si osserva che il dominio comprende le città di Piran e Koper a sud e le città di Kozina e Sezana ad est per la parte Slovena del dominio, e l’intera provincia di Trieste. Infine a nord il dominio confina con la città di Monfalcone.

La figura 4 contiene una mappa orizzontale del dominio di calcolo come ricostruito dal modello CALMET.

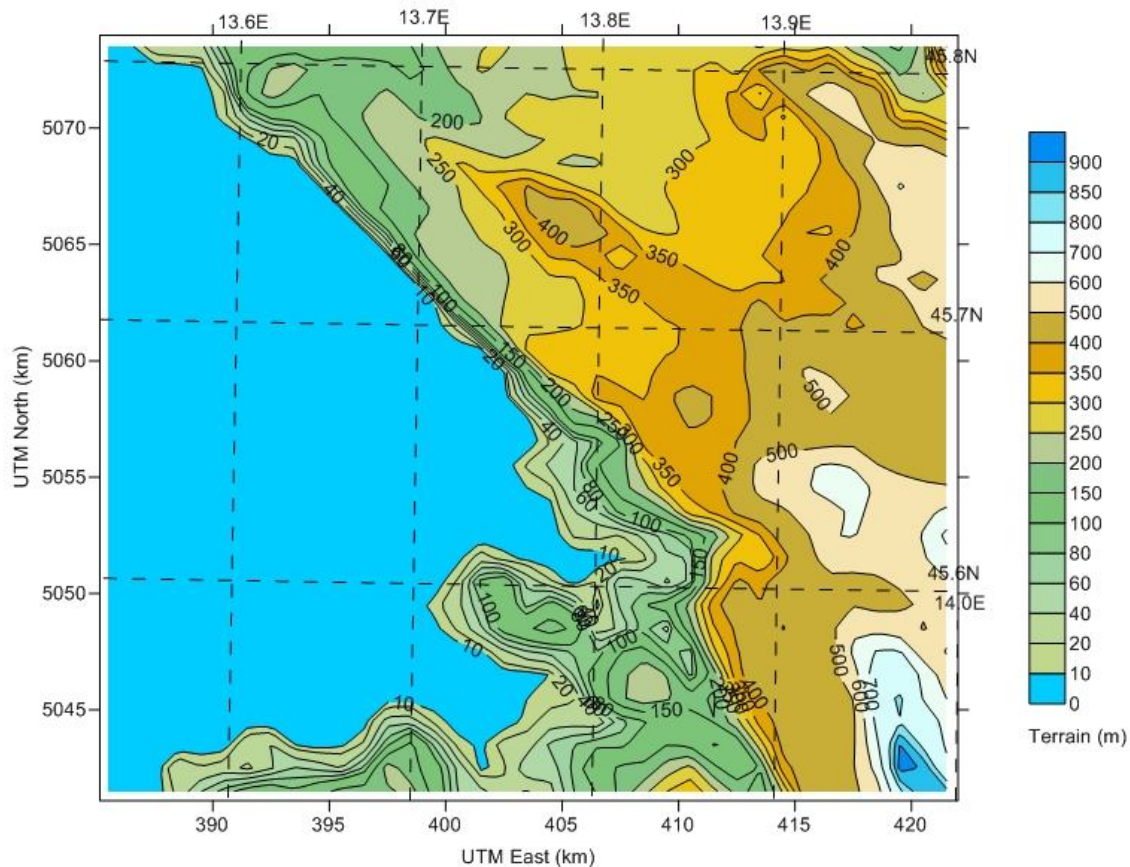


Figura 4: Vista del dominio di calcolo utilizzato per la ricostruzione del campo meteorologico.

3.2 Analisi del campo meteorologico

Per la ricostruzione del campo meteorologico in quota sono stati considerati 12 livelli, rispettivamente $z= 20, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1,000$. Le altezze sono espresse in metri.

Nella procedura di ricostruzione del campo di vento sono stati utilizzati i valori di default di CALMET. L'interpolazione è stata effettuata utilizzando una tecnica del tipo $1/R$ con un raggio massimo pari a 10 km utilizzando un numero massimo di centraline per ogni punto pari a 10. Questa metodologia ha permesso di ricostruire il campo meteorologico nei vari punti del grigliato considerando come maggiormente importanti i dati provenienti dalle centraline poste più vicine al punto di calcolo e, allo stesso tempo, ha permesso di escludere dal calcolo dei valori in un punto i dati provenienti da zone lontane e caratterizzate da condizioni microclimatiche differenti. Questa è la metodologia suggerita dagli sviluppatori della catena modellistica CALMET-CALPUFF [2].

I campi di vento interpolati sono stati iterati ai fini dell'ottenimento di valori locali della divergenza del campo di velocità $\text{div}(V) < 5.0 \times 10^{-6}$. Tale procedura permette di tenere conto degli effetti

orografici sul campo di velocità e quindi di tenere conto in maniera accurata delle velocità di risalita/ridiscesa del vento in prossimità dei rilievi collinosi.

Nella figura 5 sono riportati rispettivamente l'andamento della velocità e direzione del vento, della temperatura e dell'altezza di mescolamento della colonna d'aria durante tutto l'anno solare 2008, al punto griglia di coordinate $x=406.0$ km, $y=5051.0$ km UTM WGS-84, prossimo al punto di ubicazione della centrale.

Si osserva che gli eventi a maggiore intensità di vento sono fortemente correlati con una direzione del vento proveniente dal primo quadrante. Questo è un tipico andamento per la zona di Trieste, caratterizzata da valori intensi di venti provenienti da nord-est. A questi eventi sono generalmente associati un abbassamento della temperatura e valori elevati dell'altezza di mescolamento.

Nella figura 5 si osserva anche che in prossimità del punto di ubicazione della Centrale si registrano periodi relativamente lunghi di scarsa ventilazione. Per esempio nella terza decade di Febbraio si osserva un periodo di circa una settimana, caratterizzato da scarsissima ventilazione, direzione del vento variabile e valori molto bassi dell'altezza di mescolamento. In altri periodi dell'anno si registrano condizioni simili, per quanto non estreme come quelle sopra descritte. Da notare che le condizioni osservate nella terza decade del mese di febbraio del 2008, non rappresentano la norma, piuttosto sono da considerare come un evento eccezionale e quindi come un caso di forzante meteorologica fortemente conservativo. In generale si osservano valori bassi dell'altezza di mescolamento nel periodo autunno-inverno. Tale grandezza tende ad assumere valori più elevati nel periodo primavera-estate. Questa tendenza è localmente interrotta dagli eventi di bora che tendono ad innalzare l'altezza di mescolamento nella colonna di fluido. Si osserva anche la presenza di condizioni di brezza molto debole e proveniente dal terzo e quarto quadrante nel periodo primavera-estate. Tali condizioni meteorologiche sono quelle che tendono a trasportare gli inquinanti prodotti nella zona industriale di Trieste verso i quartieri limitrofi.

Lo scatter-plot dell'intensità del vento in funzione della direzione (figura 6), relativamente ai valori riportati in figura 5, conferma che gli eventi a maggiore intensità del vento sono associati ad una direzione di provenienza contenuta nel primo quadrante. Si osserva anche la presenza di un numero non trascurabile di eventi caratterizzati da brezze (inferiori ai 4 m/s) provenienti sia da nord-ovest che da sud-est, mentre a parte eventi isolati con intensità tra i 2 e i 4 m/s, dal quadrante sud-occidentale provengono brezze a intensità molto bassa.

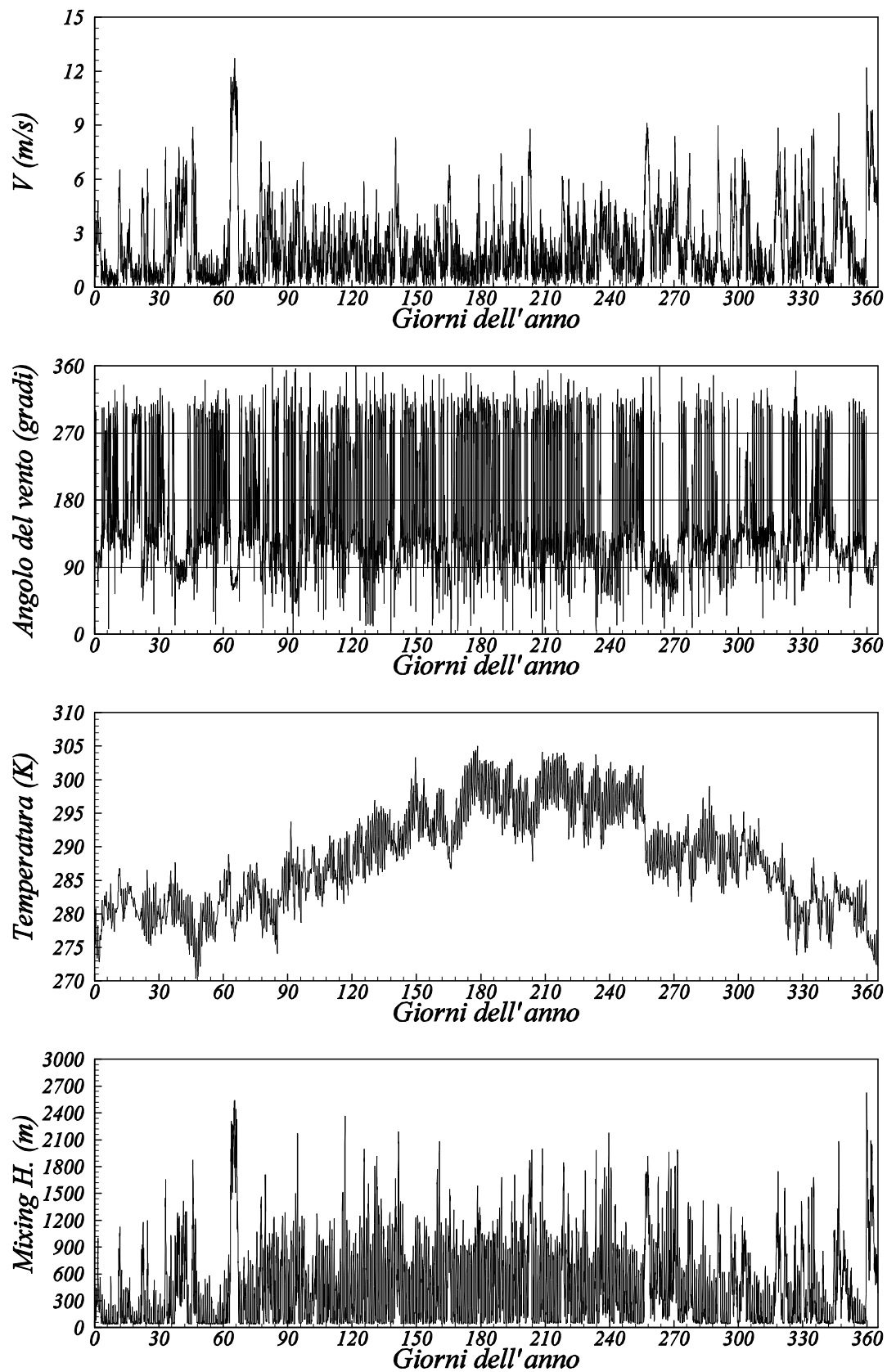


Figura 5: Andamento temporale lungo il 2008 di: a) intensità del vento; b) direzione del vento; c) temperatura; d) altezza di mescolamento. Le grandezze riportate in a-c sono calcolate al primo punto griglia (20 m). Dati calcolati al punto di coordinate $x=406.0$ km, $y=5051.0$ km (UTM WGS-84).

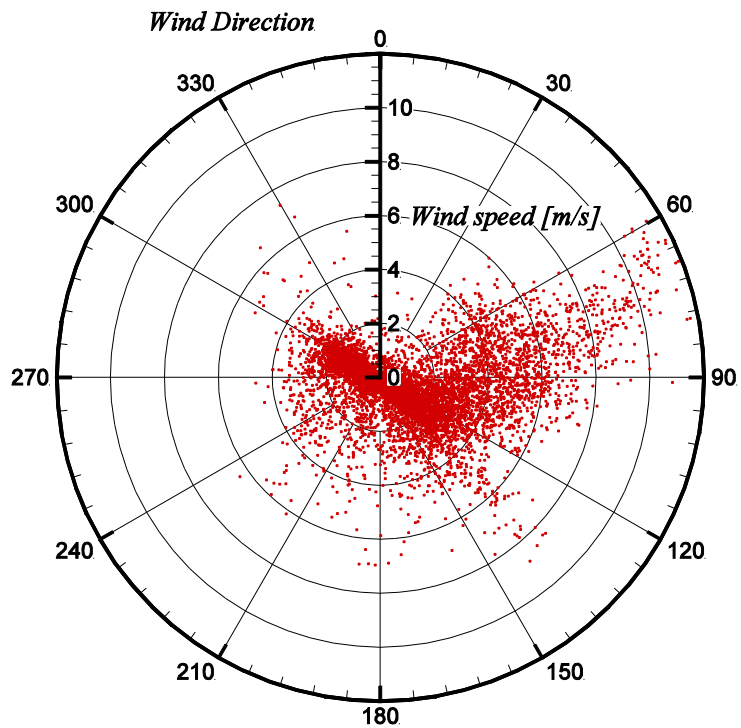


Figura 6: Scatter plot del vento ottenuto al primo punto griglia ($z=20$ m). Dati calcolati al punto di coordinate $x=406.0$ km, $y=5051.0$ km (UTM WGS-84).

feb 24, 2008
20.00 LST(UTC-0000)

UTM Zone: 33 -
Hemisphere: N
Datum: WGS-84

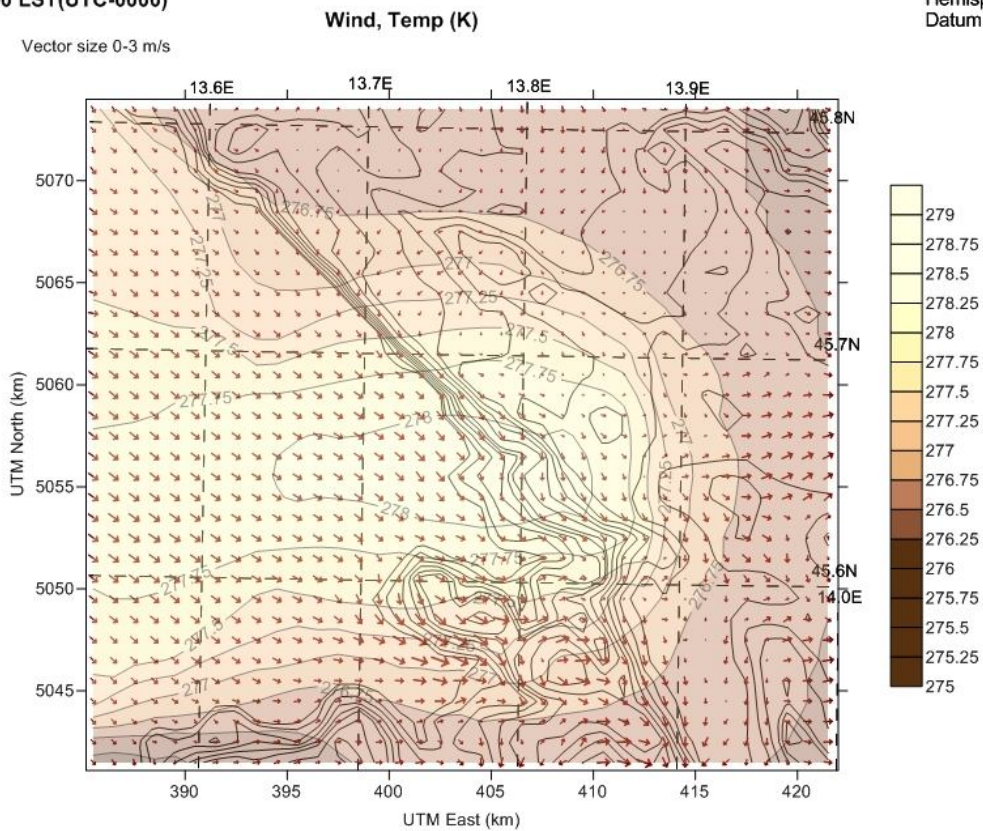


Figura 7: Distribuzione spaziale sull'area di interesse della temperatura e dei vettori del campo di vento ad una altezza pari a 20 m sul suolo. Dati relativi alle ore 20 del 24 febbraio 2008.

Infine nelle figure 7-9 vengono riportate distribuzioni spaziali di temperatura ed il campo vettoriale di velocità in prossimità del suolo (al primo punto griglia, $z=20$ m) in tre differenti condizioni meteorologiche durante l'anno.

Per la giornata del 24 febbraio si osserva una ventilazione molto bassa in tutta l'area di interesse e la presenza di una zona a temperatura maggiore in corrispondenza dei centri abitati e, in particolare sull'abitato di Trieste. In queste condizioni le emissioni sia distribuite che puntuali tenderanno a risiedere nelle vicinanze delle zone di emissione.

La giornata del 4 marzo 2008 (figura 8) è caratterizzata da un evento di bora di notevole intensità, con velocità elevate e pressoché uniformi in tutta l'area di interesse. La temperatura ha una distribuzione circa uniforme con una lieve diminuzione nella zona del Carso Triestino. In queste condizioni lo scenario di diffusione delle emissioni è atteso profondamente differente dal caso precedente, con un rapido decadimento delle concentrazioni e un trasporto nella direzione del mare aperto.

Infine, il caso tipico notturno estivo (30 luglio 2008) riportato nella figura 9 mostra assenza di ventilazione e differenze di temperatura fino a 3 gradi tra le zone urbane e le zone rurali. L'assenza di ventilazione è più marcata nelle zone antropizzate, mentre una ventilazione più sostenuta è presente sul mare.

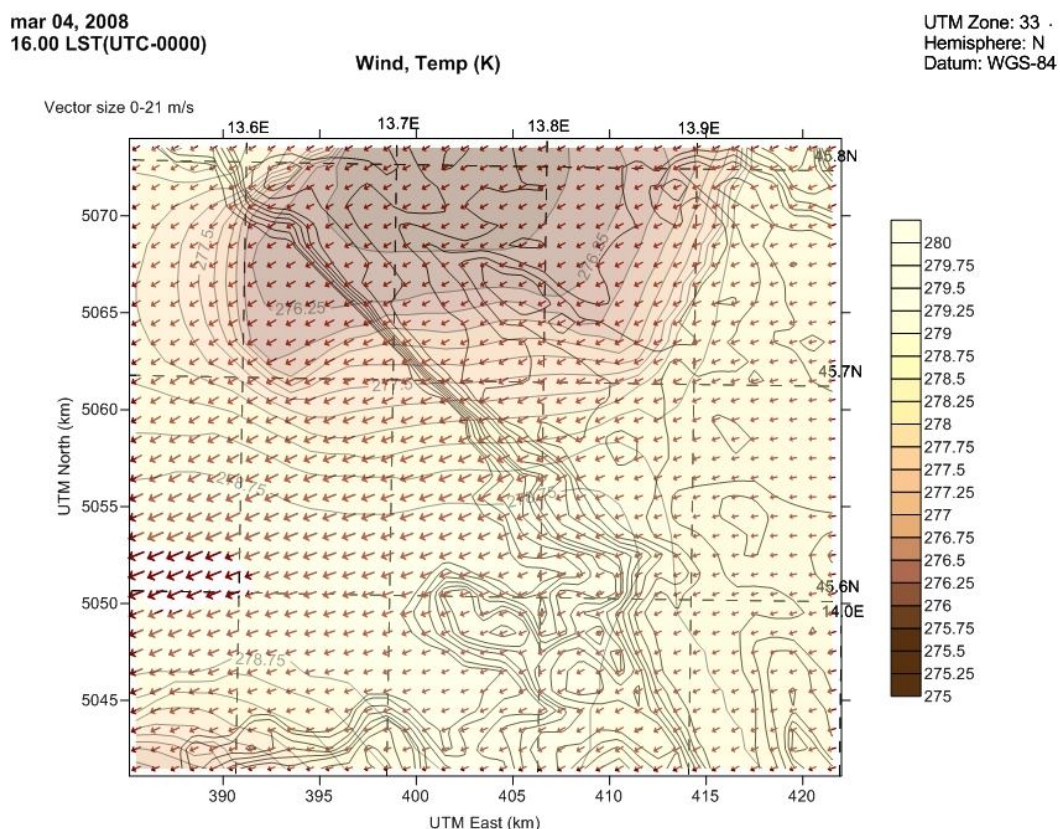


Figura 8: Distribuzione spaziale sull'area di interesse della temperatura e dei vettori del campo di vento ad una altezza pari a 20 m sul suolo. Dati relativi alle ore 16 del 4 marzo 2008.

lug 30, 2008
02.00 LST(UTC-0000)

Wind, Temp (K)

UTM Zone: 33
Hemisphere: N
Datum: WGS-84

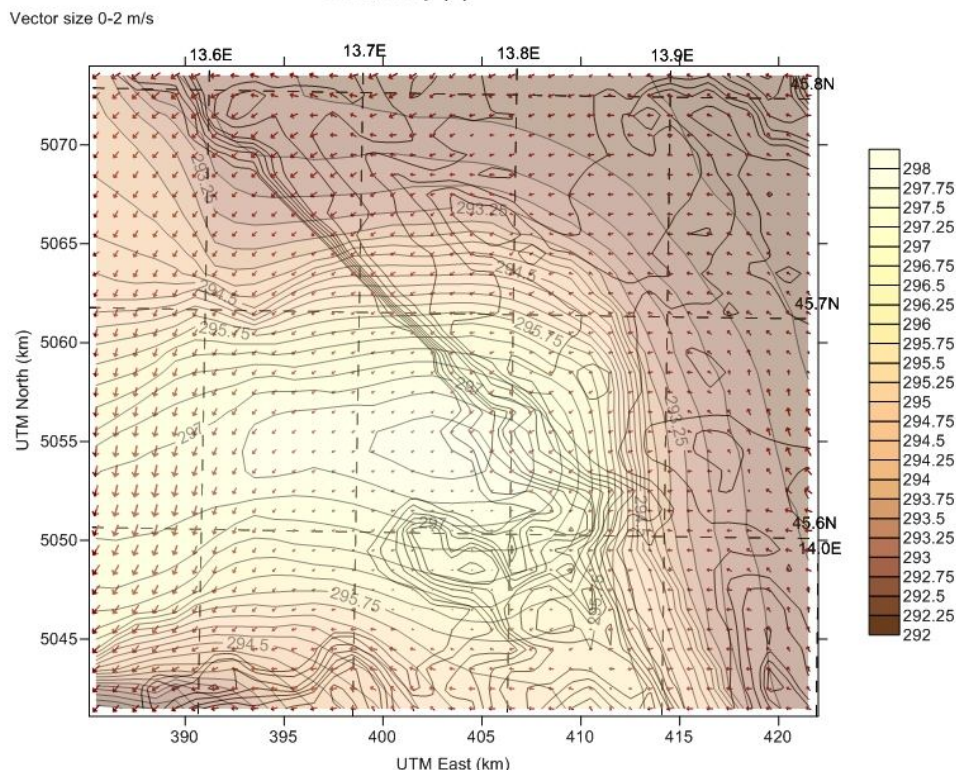


Figura 9: Distribuzione spaziale sull'area di interesse della temperatura e dei vettori del campo di vento ad una altezza pari a 20 m sul suolo. Dati relativi alle ore 2 del 30 luglio 2008.

4 . SCENARIO SHORT-TERM

4.1 Definizione del dominio di calcolo

L'analisi dello scenario short-term è necessaria per identificare eventuali picchi di concentrazioni che seguono ad eventi meteorologici particolarmente critici. Tale scenario considera un dominio di ampiezza limitata discretizzato con una risoluzione molto maggiore di quella utilizzata nello scenario precedente.

La scelta delle dimensioni spaziali del dominio di calcolo è eseguita a partire dallo scenario di concentrazioni ottenuto nelle simulazioni numeriche long-term (Allegato 2 della Relazione Conclusiva). In particolare, il dominio da considerare comprenderà le zone della regione di interesse caratterizzate da valori significativi delle concentrazioni degli inquinanti considerati nello studio. L'analisi della dispersione degli inquinanti di interesse, riportata nella Relazione Conclusiva e nell'Allegato 2 alla stessa, mostra che i valori più rilevanti delle concentrazioni sono registrati in corrispondenza delle centraline di San Sabba, via Pitacco, monte San Pantaleone, via Carpineto e

via Svevo, cioè nella aree cittadine limitrofe alla zona di insediamento dei principali impianti industriali di Trieste. L'effetto degli impianti industriali sulle aree transfrontaliere è trascurabile, mentre valori di concentrazione bassi, ma comunque apprezzabili sono osservati nella zona di Muggia.

Sulla base di queste considerazioni (discusse in dettaglio nell'Allegato 2 alla Relazione Conclusiva) il dominio di calcolo scelto è quello mostrato nella sottostante figura 10.

Il dominio si estende per 4.4 km nella direzione est-ovest e per 5 km nella direzione sud-nord. Si noti che il dominio comprende gran parte dei quartieri sud orientali della città di Trieste e parte del comune di Muggia, che sono le zone maggiormente interessate dalle emissioni del comparto industriale.

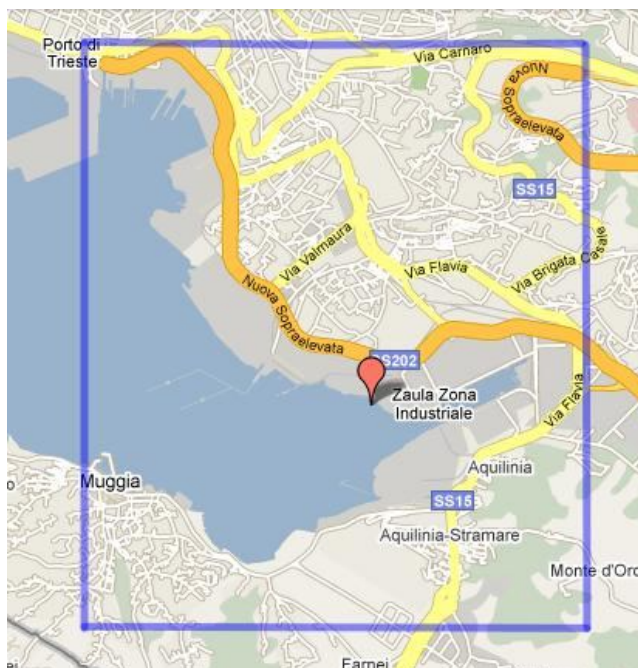


Figura 10: Dominio di calcolo utilizzato per la ricostruzione del campo meteorologico tridimensionale (immagine da Google Maps).

I dati necessari alla ricostruzione delle caratteristiche orografiche del suolo, della caratterizzazione della linea di costa sono stati ricavati dagli stessi database utilizzati nello scenario long-term mentre per la destinazione d'uso della superficie del grigliato di calcolo è stato utilizzato il database "Corine Land Cover" (CLC), definizione ~100 m, fornito dalla European Environment Agency (EEA).

Da osservare che rispetto al caso long-term, è stato utilizzato un differente database per la definizione della destinazione d'uso del terreno. Tale scelta segue dal fatto che il database utilizzato in questo caso ha una risoluzione fino a 100 m, e quindi è adatto per la simulazione su grigliati di calcolo molto spinti, tipici delle analisi short-term.

Il grigliato per la ricostruzione del campo meteorologico è stato disposto con l'origine nel punto di coordinate $x=403.652$ km (13.7647065 Long. Est), $y=5049.725$ km (45.5943891 Lat. Nord) nel sistema UTM WGS-84. Come anticipato, il dominio ha dimensioni 4.4 km x 5 km e sono utilizzati 44 x 50 punti di calcolo rispettivamente nelle due direzioni. Tale scelta conduce ad una risoluzione di 100 metri su ogni direzione orizzontale.

4.2 Definizione della finestra temporale

Seguendo le indicazioni del punto 3a della nota ARPA-FVG n. 10058 del 30 settembre 2009, si è scelto di riprodurre nello scenario short-term una finestra temporale pari a un giorno compreso nel periodo Aprile-Settembre durante il quale il vento abbia una velocità inferiore ai 3 m/s e direzione predominante dai quadranti occidentali. Tali condizioni di brezza leggera sono tipiche di tale periodo stagionale e sono le più critiche in quanto accentuano le ricadute degli inquinanti verso terra. E' stato analizzato tutto l'anno 2008 e trovato che la giornata del periodo primavera-estate che meglio risponde ai requisiti del punto 3a della nota ARPA-FVG (n. 10058 del 30 settembre 2009) è il 23 luglio 2008, le cui caratteristiche di vento e temperatura sono riportate in figura 11.

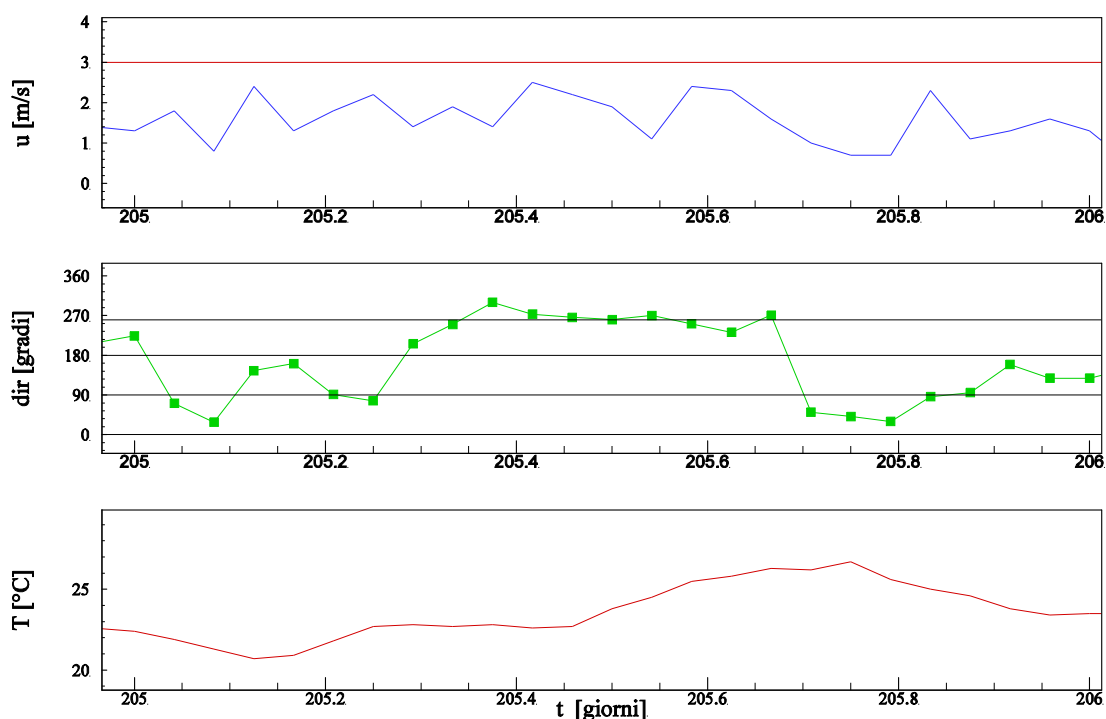


Figura 11: Caratteristiche meteorologiche del 23 Luglio 2008: nell'ordine sono riportati l'intensità del vento, la direzione del vento, e la temperatura. La linea rossa nel pannello superiore indica il valore di velocità pari a 3 m/s. Dati misurati alla centralina meteorologica di Trieste (no. 5 della tabella 1).

Si osserva che durante tutta la giornata il vento ha una intensità inferiore ai 3 m/s, con direzione variabile. Durante le ore notturne si osserva che la brezza proviene dai quadranti orientali, e poi si ha una inversione di direzione durante le ore diurne, con una predominanza della direzione 270° (ponente).

4.3 Analisi del campo meteorologico

Per la ricostruzione del campo meteorologico in quota sono stati considerati i 12 livelli riportati nella Sezione 3.2. Il campo meteorologico è stato ricostruito seguendo la stessa procedura utilizzata nel caso long-term e utilizzando gli stessi dati.

Le figure seguenti (12-17) mostrano la distribuzione spaziale dei vettori della velocità del vento ad una altezza di 20 metri dal suolo, ad ore significative della giornata del 23 luglio 2008.

Alle ore 00.00, il vento proviene prevalentemente da est con deviazioni verso sud nella zona industriale a causa dei rilievi collinari (figura 12). Si osservi che il valore massimo della velocità del vento è pari a 1.71 m/s.

La figura 13, relativa alle ore 4.00, mostra una variazione della direzione del vento rispetto al caso precedente, e valori più bassi di velocità. La direzione del vento è tale da trasportare gli inquinanti prodotti dalla Centrale Lucchini verso in centro cittadino di Trieste.

La figura 14 mostra che alle 6.00 del mattino il vento è molto debole (massima intensità pari a 0.79 m/s) e proviene da sud-ovest contribuendo a trasportare gli inquinanti prodotti dalla Centrale Lucchini verso l'abitato di Trieste.

La figura 15 mostra che alle ore 11.00 è presente la tipica brezza da ovest con una intensità fino a 3.32 m/s che convoglierà gli inquinanti verso la zona industriale e successivamente verso l'altipiano carsico.

La figura 16 mostra una ulteriore variazione dello scenario alle ore 17.00, con vento proveniente da nord-nord-ovest con massima intensità inferiore a 2 m/s che tenderà a trasportare gli inquinanti verso l'abitato di Aquilinia.

La figura 17 mostra che alle ore 22.00 il vento proviene nuovamente da sud con intensità molto bassa e tenderà a trasportare nuovamente gli inquinanti verso il centro cittadino di Trieste.

In definitiva, le distribuzioni e l'intensità dei vettori di velocità alle varie ore della giornata, indicano la rappresentatività del giorno 23/07/2008 per l'analisi short-term della dispersione degli inquinanti.

Jul 23, 2008
00:00 LST(UTC-0000)

UTM Zone: 33 -
Hemisphere: N
Datum: WGS-84

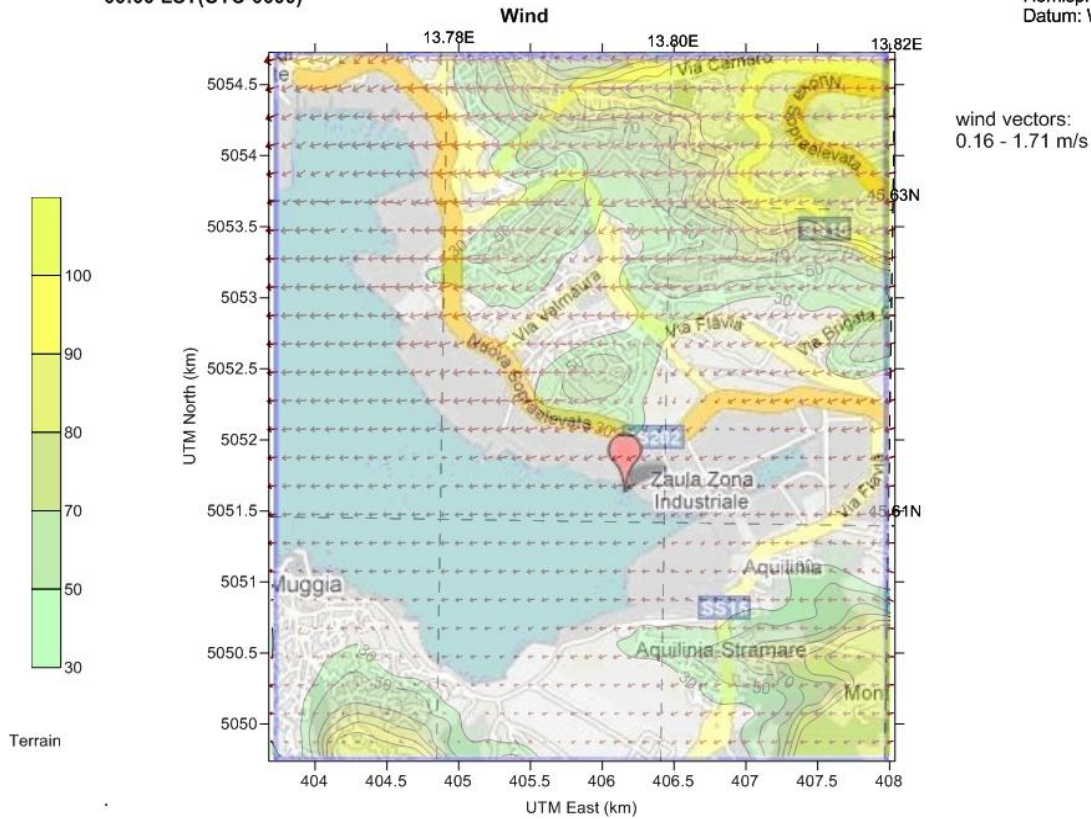


Figura 12: Distribuzione spaziale sull'area di interesse dei vettori del campo di vento ad una altezza pari a 20 m sul suolo. Dati relativi alle ore 00.00 del 23 luglio 2008.

Jul 23, 2008
04:00 LST(UTC-0000)

UTM Zone: 33 -
Hemisphere: N
Datum: WGS-84

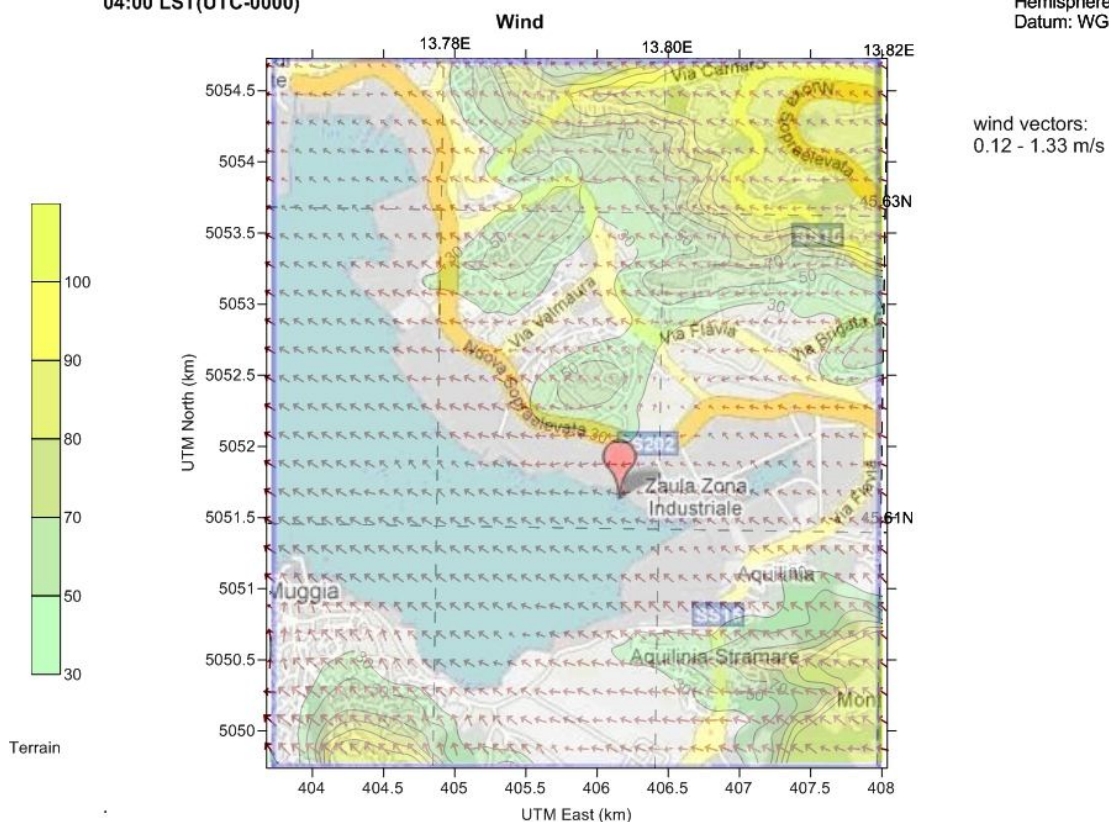


Figura 13: Distribuzione spaziale sull'area di interesse dei vettori del campo di vento ad una altezza pari a 20 m sul suolo. Dati relativi alle ore 04.00 del 23 luglio 2008.

Jul 23, 2008
06:00 LST(UTC-0000)

UTM Zone: 33 -
Hemisphere: N
Datum: WGS-84

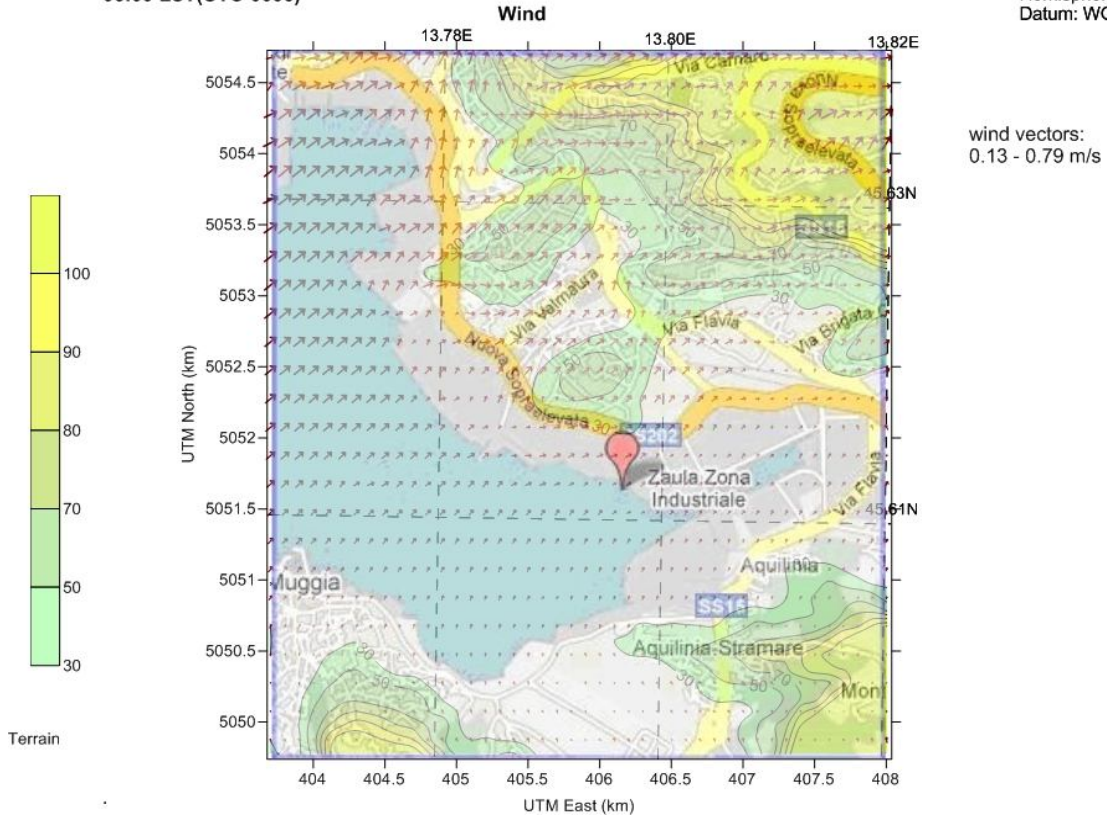


Figura 14: Distribuzione spaziale sull'area di interesse dei vettori del campo di vento ad una altezza pari a 20 m sul suolo. Dati relativi alle ore 06.00 del 23 luglio 2008.

Jul 23, 2008
11:00 LST(UTC-0000)

UTM Zone: 33 -
Hemisphere: N
Datum: WGS-84

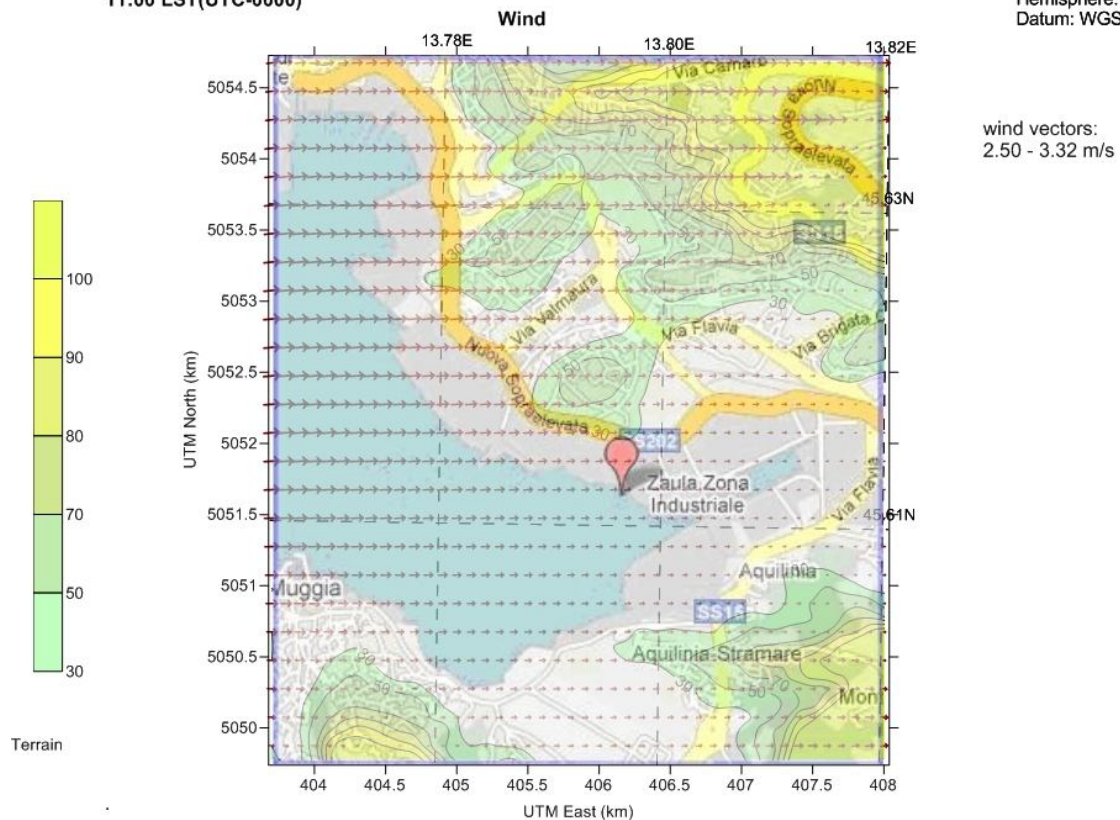


Figura 15: Distribuzione spaziale sull'area di interesse dei vettori del campo di vento ad una altezza pari a 20 m sul suolo. Dati relativi alle ore 11.00 del 23 luglio 2008.

Jul 23, 2008
17:00 LST(UTC-0000)

UTM Zone: 33 -
Hemisphere: N
Datum: WGS-84

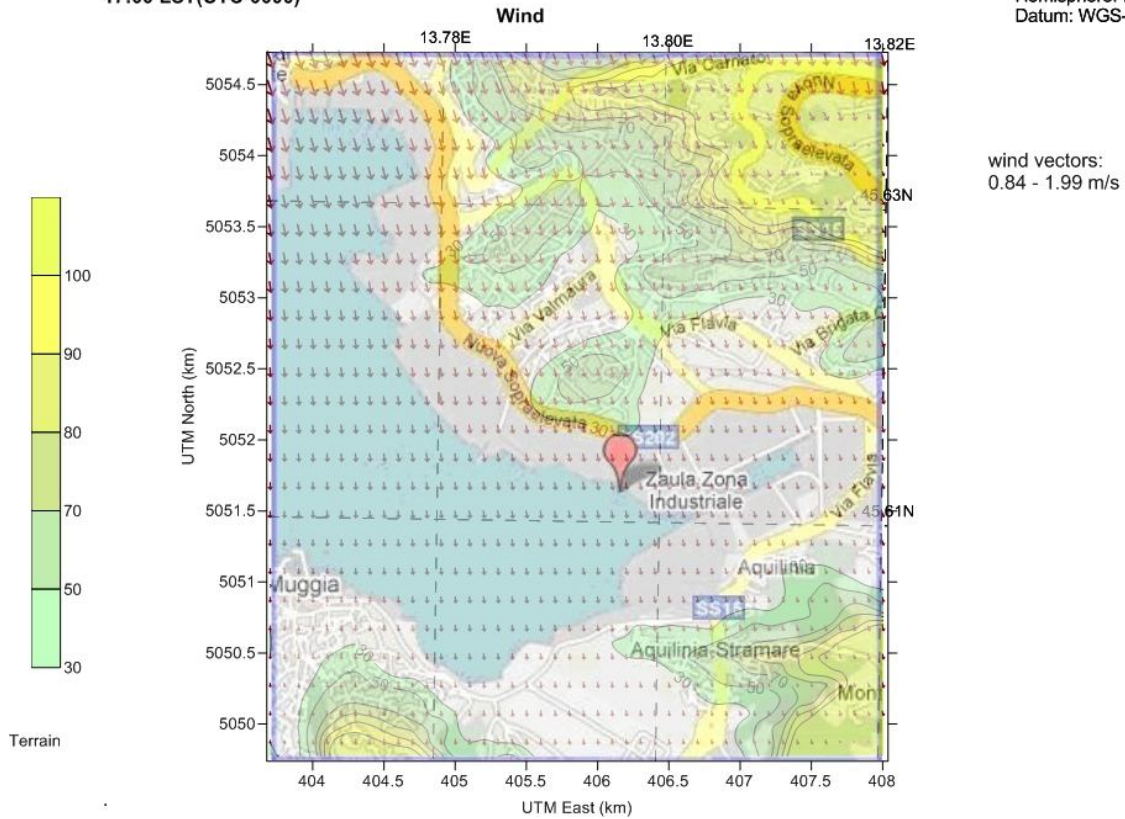


Figura 16: Distribuzione spaziale sull'area di interesse dei vettori del campo di vento ad una altezza pari a 20 m sul suolo. Dati relativi alle ore 17.00 del 23 luglio 2008.

Jul 23, 2008
22:00 LST(UTC-0000)

UTM Zone: 33 -
Hemisphere: N
Datum: WGS-84

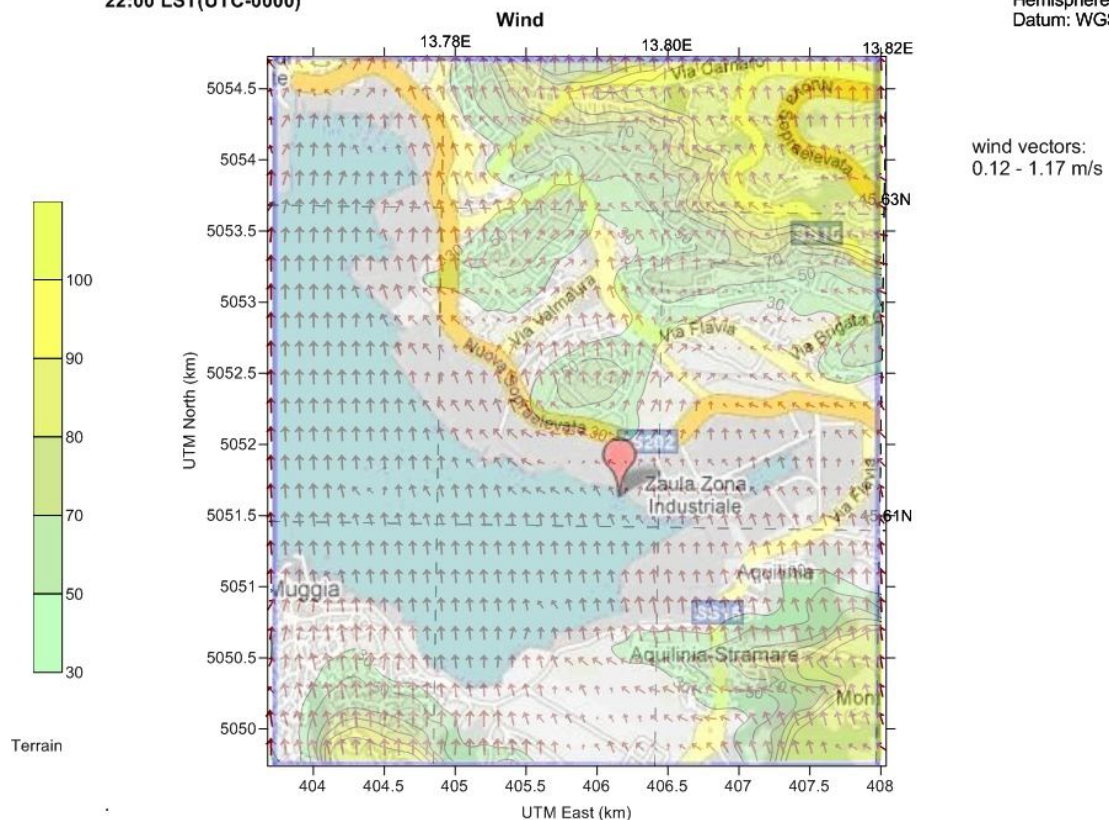


Figura 17: Distribuzione spaziale sull'area di interesse dei vettori del campo di vento ad una altezza pari a 20 m sul suolo. Dati relativi alle ore 22.00 del 23 luglio 2008.

BIBLIOGRAFIA

- [1] The Calpuff Modeling System, <http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm>
- [2] Scire, J.S., Robe, F.R., Fernau, M.E., Yamartino, R.J. "A User's guide for the CALMET meteorological model". 2000.
- [3] Scire, J.S., Strimaitis, D.G., Yamartino, R.J. "A User's guide for the CALPUFF dispersion model". 2000.
- [4] Strimaitis, D.G., Scire, J.S., Chang, J.C. "Evaluation of the CALPUFF dispersion model with two power plant data sets". 10th Conference on Air Pollution Meteorology, Phoenix, AZ , January 1998.
- [5] Sozzi, R. "La micrometeorologia e la dispersione di inquinanti in aria". APAT CTN-ACE, 2003.

Prof. Ing. Vincenzo Armenio

