




 Eni S.p.A. Divisione Refining & Marketing	CLIENTE Eni S.p.A Divisione Refining & Marketing		 Snamprogetti	
	LOCALITA' Sannazzaro de' Burgondi (PV)		Commessa 317700	UNITA' 00
	PROGETTO IMPIANTO EST ED UNITA' ASSOCIATE		SPC. No.	00-ZA-E-85503
			AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE All. Scheda. D / IV - Fg. 1 di 1	

ALLEGATI SCHEDA D QUATER

 Eni S.p.A. Divisione Refining & Marketing	CLIENTE Eni S.p.A Divisione Refining & Marketing		 Snamprogetti	
	LOCALITA' Sannazzaro de' Burgondi (PV)		Commessa 317700	UNITA' 00
	PROGETTO IMPIANTO EST ED UNITA' ASSOCIATE		SPC. No.	00-ZA-E-85503
			AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE All.n.05-Sch.D/IV-Fg. 1 di 57	

ALLEGATO N.05 - SCHEDA D QUATER

RELAZIONE TECNICA SU DATI METEO CLIMATICI

 Eni S.p.A. Divisione Refining & Marketing	CLIENTE Eni S.p.A Divisione Refining & Marketing	 Snamprogetti	
	LOCALITA' Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Commessa 317700	UNITA' 00
	PROGETTO IMPIANTO EST ED UNITA' ASSOCIATE	SPC. No.	00-ZA-E-85503
		AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE All.n.05-Sch.D/IV-Fg. 2 di 57	

ALLEGATO N.05 - SCHEDA D QUATER 1

RELAZIONE TECNICA SU DATI METEO CLIMATICI 1

1 INTRODUZIONE 3

2 DATI METEO-CLIMATICI 4

2.1 Analisi locale 5

2.1.1 Caratterizzazione anemologica 7

2.1.2 Precipitazione 9

2.1.3 Temperatura 11

2.1.4 Umidità relativa 14

2.2 Descrizione meteorologica 15

2.2.1 Venti al suolo 16

2.2.2 Venti in quota 31

2.2.3 Precipitazione 35

2.2.4 Temperatura 36

2.2.5 Umidità relativa 41

3 DESCRIZIONE DEL MODELLO 41

3.1 Descrizione dell'output del modello CALMET 47

3.1.1 Vento 47

3.1.2 Temperatura 52

3.1.3 Strato di rimescolamento 53

3.2 Descrizione del modello di dispersione AERMOD 55

3.2.1 Input meteorologico 56

3.2.2 Uso dei parametri meteorologici 56

3.2.3 Turbolenza 56

3.2.4 Dispersione in condizioni convettive 56

3.2.5 Dispersione in condizioni stabili 57

3.2.6 Innalzamento del pennacchio 57

3.2.7 Trattazione dell'ambiente urbano 57

3.2.8 Terreno complesso 57

1 INTRODUZIONE

La Raffineria di Sannazzaro, in fase di stesura della domanda di Autorizzazione Integrata Ambientale, ha richiesto la realizzazione di uno studio modellistico per lo studio della dispersione in atmosfera degli effluenti gassosi emessi a seguito dell'entrata in esercizio del nuovo impianto EST ed unità associate e per il calcolo delle ricadute a suolo.

Scopo del presente studio è fornire una descrizione del software modellistico utilizzato per stabilire i valori massimi di concentrazione al suolo, presentando i parametri richiesti per le operazioni di simulazione matematica.

2 DATI METEO-CLIMATICI

Il contenuto di questo paragrafo viene ripreso, con alcune modifiche, dal Rapporto sulla Qualità dell'Aria di Pavia e Provincia, Anno 2006.

“La situazione meteorologica della Pianura Padana, con la presenza delle Alpi e dell'Appennino è particolarmente svantaggiata. Si tratta di una vasta pianura circondata a Nord, Ovest e Sud da catene montuose che si estendono fino a quote elevate, determinando così peculiarità climatologiche sia dal punto di vista fisico sia da quello dinamico. La Lombardia si trova nella parte centrale della Pianura Padana, in un contesto che presenta caratteristiche uniche, dal punto di vista climatologico, determinate in gran parte dalla conformazione orografica dell'area. Le principali caratteristiche fisiche sono la spiccata continentalità dell'area, il debole regime del vento e la persistenza di condizioni di stabilità atmosferica.

Dal punto di vista dinamico, la presenza della barriera alpina influenza in modo determinante l'evoluzione delle perturbazioni di origine atlantica, determinando la prevalenza di situazioni di occlusione e un generale disaccoppiamento tra le circolazioni nei bassissimi strati e quelle degli strati superiori. Tutti questi fattori influenzano in modo determinante le capacità dispersive dell'atmosfera, e quindi le condizioni di accumulo degli inquinanti, soprattutto in periodo invernale, ma anche la presenza di fenomeni fotochimici nel periodo estivo.

Il clima della pianura padana è, pertanto, di tipo continentale, ovvero caratterizzato da inverni piuttosto rigidi ed estati calde, l'umidità relativa dell'aria è sempre piuttosto elevata. Le precipitazioni di norma sono poco frequenti e concentrate in primavera ed autunno. La ventilazione è scarsa in tutti i mesi dell'anno.

La continentalità del clima è meno accentuata in prossimità delle grandi aree lacustri.

Durante l'inverno il fenomeno di accumulo degli inquinanti è più accentuato, a causa della scarsa circolazione di masse d'aria al suolo. La temperatura media è piuttosto bassa e l'umidità relativa è generalmente molto elevata.

La presenza della nebbia è particolarmente accentuata durante i mesi più freddi. Lo strato d'aria fredda, che determina la nebbia, persiste spesso tutto il giorno nel cuore dell'inverno, ma di regola si assottiglia in modo evidente durante le ore pomeridiane.

La zona centro-occidentale della Pianura Padana, specie in prossimità delle Prealpi, è interessata dalla presenza di un vento particolare, il foehn, corrente di aria secca che si riscalda scendendo dai rilievi. La frequenza di questo fenomeno è elevata nel periodo compreso tra dicembre e maggio, raggiungendo generalmente il massimo in marzo. Il fenomeno del foehn, che ha effetti positivi sul ricambio della massa d'aria quando giunge fino al suolo, può invece determinare intensi fenomeni di accumulo degli inquinanti quando permane in quota e comprime gli strati d'aria sottostanti, formando un'inversione di temperatura in quota”.

2.1 Analisi locale

Nei paragrafi successivi è riportata la caratterizzazione meteorologica locale dell'area di studio, effettuata sulla base dei dati storici riportati nell'archivio SCIA (Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale) di APAT (<http://www.scia.sinanet.apat.it>). Le stazioni considerate per l'analisi climatologica e le variabili da esse misurate sono riepilogate in

Tabella 2-1. La posizione delle stazioni meteorologiche (cerchi verdi) viene illustrata in Figura 2-1 assieme alla posizione del sito industriale (poligono blu). Le distanze delle stazioni di monitoraggio dal sito industriale variano dai circa 6 km della stazione di Lomello ai circa 50 km della stazione di Linate.

Tabella 2-1. Stazioni considerate per l'analisi climatologica

Stazione	Tipo di stazione	Var misurate
Alessandria-Lobbi	Regionale	Rosa del vento
Casale Monferrato	Regionale	Rosa del vento
Castello d'Agogna	Regionale	Precipitazione
Isola Sant'Antonio	Regionale	Precipitazione, temperatura, umidità
Lomello	Regionale	Precipitazione, temperatura
Linate	Sinottica UGM/ENAV	Rosa del vento
Pavia	Regionale	Precipitazione
Voghera	Regionale	Precipitazione, temperatura, umidità

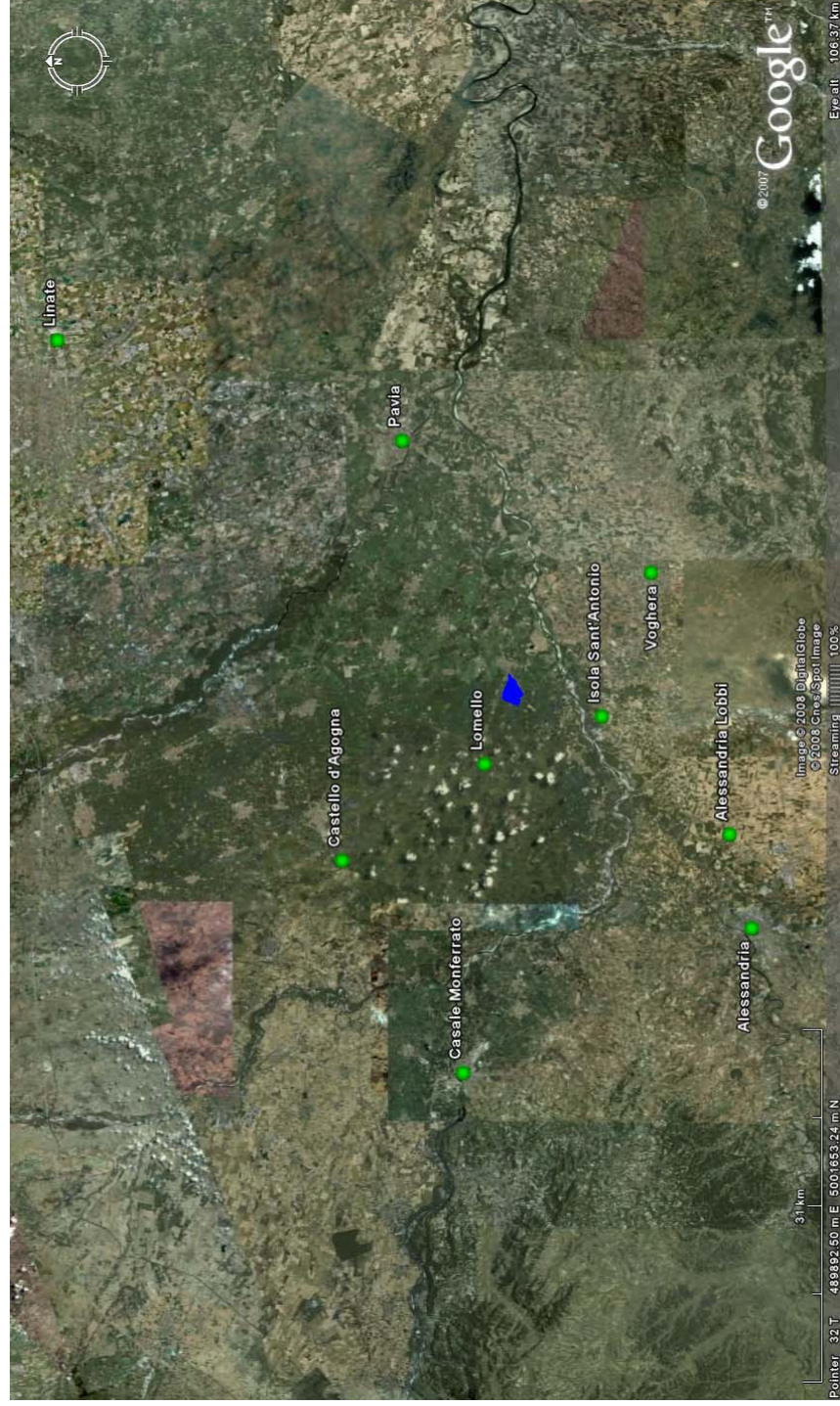


Figura 2-1. Posizione delle stazioni utilizzate per l'analisi climatologica. L'area in cui sono ubicate la Centrale EniPower e la Raffineria è indicata con un poligono blu.

2.1.1 Caratterizzazione anemologica

In questo paragrafo vengono riportate le rose dei venti costruite a partire dai dati SCIA delle stazioni di Linate (Figura 2-2), Alessandria-Lobbi (Figura 2-3) e Casale Monferrato (Figura 2-4). Come indicato nel sito SCIA, le frequenze di direzione e velocità del vento sono state ottenute da almeno 15 anni, anche non consecutivi, di dati validi. Nella descrizione seguente le calme di vento devono essere intese come vento di intensità inferiore a 0.5 m/s.

Nella stazione di Linate le calme di vento riguardano il 54.1% delle misure, mentre nel 32.2% dei casi il vento è compreso tra 0.5 e 3 m/s. La direzione di provenienza del vento più frequente è la Est Nord Est con 5.8% degli eventi, e con venti da deboli a moderati. Sono però frequenti anche i venti da Sud Ovest (5.5% degli eventi); i venti provenienti dall'arco compreso, in senso antiorario, da Sud Sud Ovest a Ovest Sud Ovest caratterizzano quasi il 16% degli eventi.

Nella stazione di Alessandria-Lobbi le calme costituiscono l'11.8% delle misure, mentre i venti con intensità inferiore ai 3 m/s sono circa il 70%. Le direzioni di provenienza del vento più frequenti sono Sud Sud Ovest con il 15% delle occorrenze, e Sud Ovest con il 13% circa. I venti da Nord si presentano all'incirca nel 10% delle misure.

Nella stazione di Casale Monferrato le calme di vento interessano il 16.5% dei casi, e nel 72% circa dei casi il vento ha velocità inferiore ai 3 m/s. La direzione di provenienza del vento più frequente è Nord Nord Ovest con il 13.2% degli eventi, seguita dalla direzione contigua, Nord Ovest, con oltre il 9% degli eventi. Anche i venti provenienti da Sud sono abbastanza frequenti (8.5% delle misure).

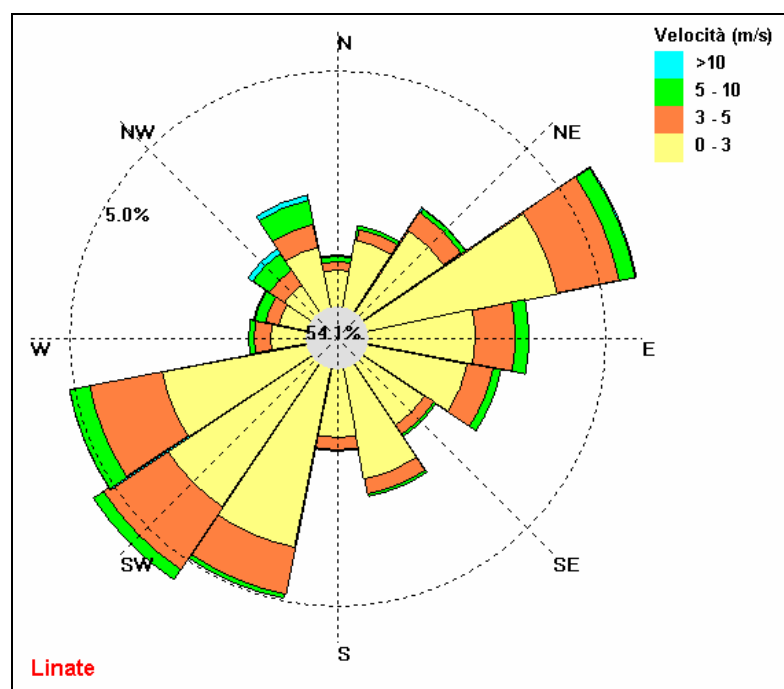


Figura 2-2. Rose dei venti derivate dai dati climatologici del sito SCIA per Linate.

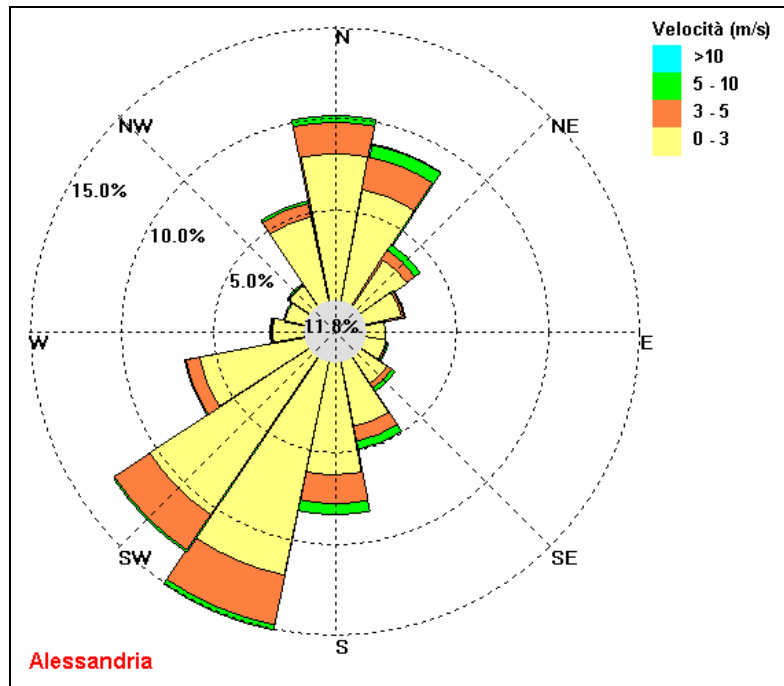


Figura 2-3. Rose dei venti derivate dai dati climatologici del sito SCIA per Alessandria.

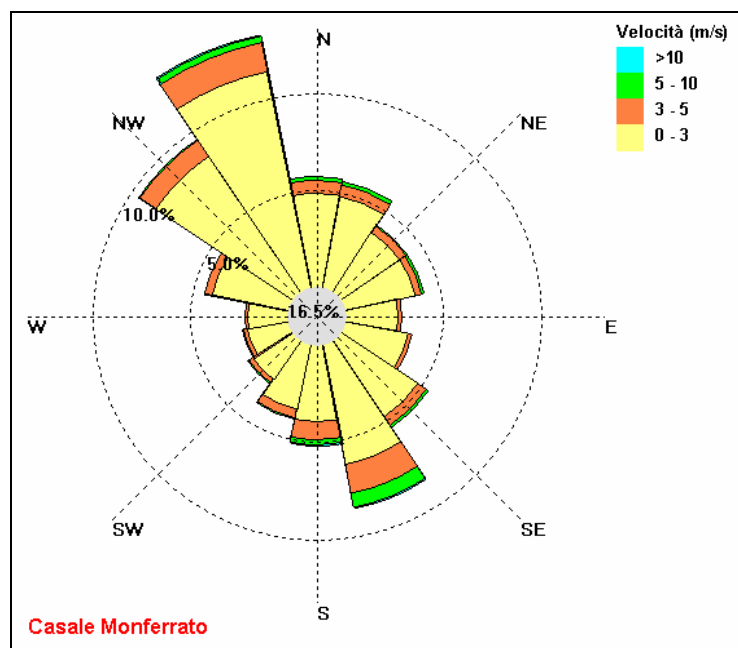


Figura 2-4. Rose dei venti derivate dai dati climatologici del sito SCIA Casale Monferrato.

La Figura 2-5 riporta le percentuali di occorrenza della velocità del vento nei tre siti dell'archivio SCIA considerati. Si osserva l'alta percentuale di ore con venti deboli, essendo sempre maggiori dell' 80% le osservazioni con vento non superiore a 3 m/s.

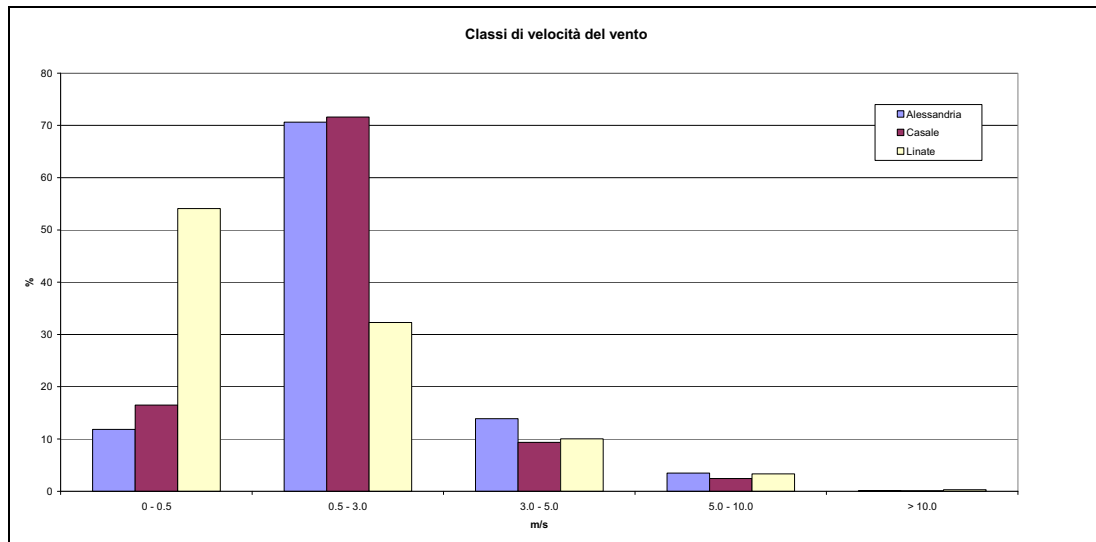


Figura 2-5. Percentuale di occorrenza delle classi di velocità del vento per i tre siti dell'archivio SCIA considerati.

2.1.2 *Precipitazione*

In questo paragrafo vengono mostrate le precipitazioni medie mensili relative al periodo temporale 1961-1990, statistica disponibile direttamente sul sito SCIA di APAT, e al periodo più recente 1977-2007, ottenuto invece elaborando dati mensili di un trentennio provenienti sempre da SCIA.

Gli andamenti della precipitazione massima e media mensile per gli anni 1961-1990 relativi alle stazioni di Voghera e Isola Sant'Antonio sono mostrati in Figura 2-6. Per entrambe le stazioni il mese più piovoso è ottobre, con oltre 80 mm di pioggia. La precipitazione media annua misurata a Voghera è di 717 mm, mentre a Isola Sant'Antonio è di 742 mm.

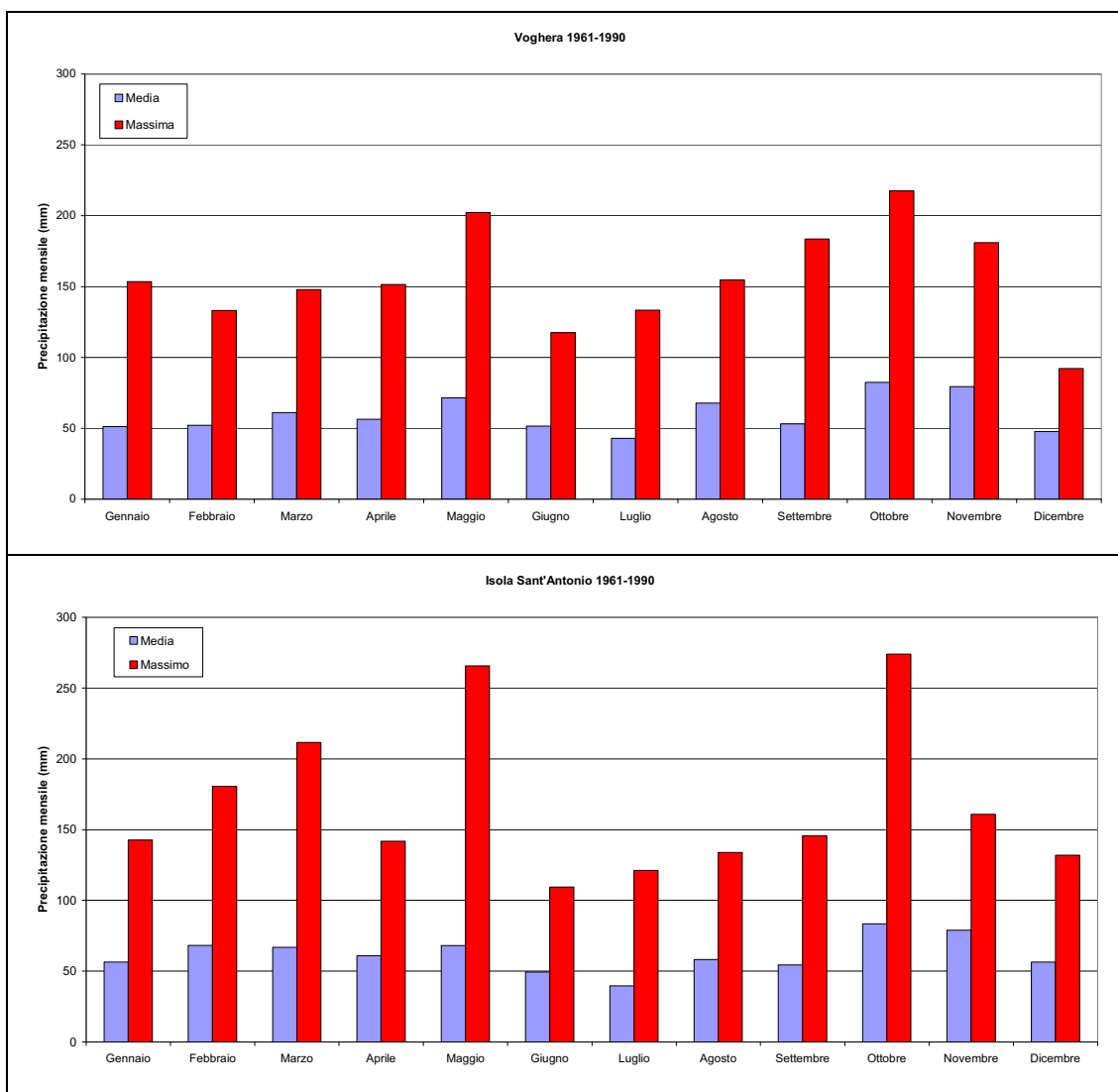


Figura 2-6. Precipitazione massima e media mensile negli anni 1961-1990 a Voghera e Isola Sant'Antonio.

Le precipitazioni negli anni 1977-2007 sono state misurate nelle stazioni di Pavia, Lomello e Castello d'Agogna. In Figura 2-7 vengono mostrate le precipitazioni medie mensili ed i loro valori minimi e massimi. La massima precipitazione totale annuale viene registrata nella stazione di Pavia, dove si raggiungono circa 850 mm, mentre a Lomello e a Castello d'Agogna la precipitazione annuale media si attesta attorno ai 680 mm.

Il mese mediamente più piovoso secondo la statistica di Pavia e Lomello è ottobre con 115 e 98 mm rispettivamente. Per Castello d'Agogna invece il mese più piovoso è novembre con 91 mm.

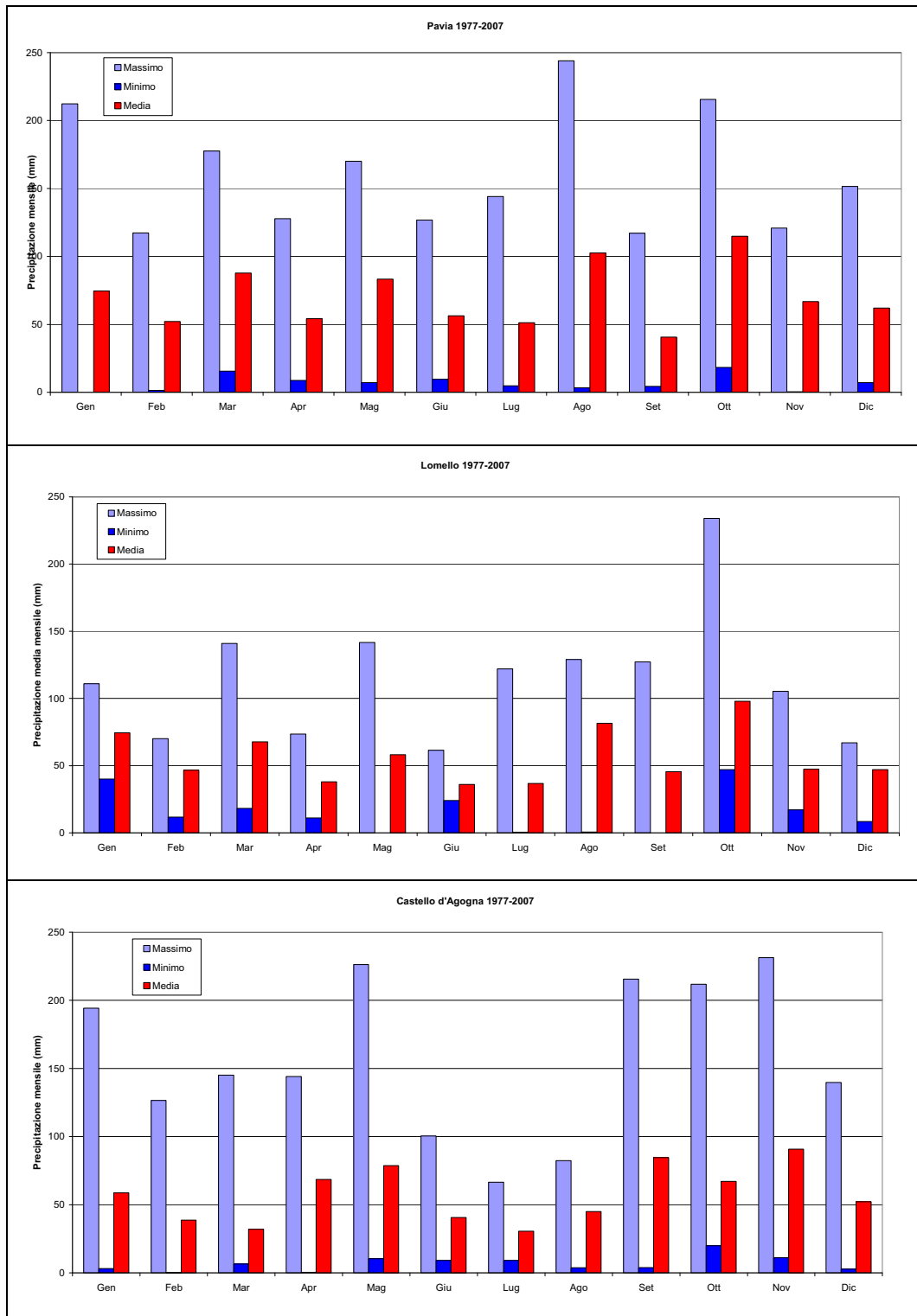


Figura 2-7. Precipitazione mensile: massimo, minimo e media negli anni 1977-2007 a Pavia, Lomello e Castello d'Agogna.

2.1.3 Temperatura

Come per la precipitazione, anche la temperatura è disponibile dal servizio SCIA come statistica già elaborata per il periodo 1961-1990, oppure come dato medio mensile per un periodo limitato di anni. Il dato mensile è stato utilizzato per calcolare le statistiche relative al periodo 1977-2007.

La statistica relativa alle temperature per il trentennio 1961-1990 è disponibile per la stazione di Voghera, mentre i dati per il periodo 1977-2007 sono disponibili sempre per Voghera, per Lomello e Isola S. Antonio. Per il periodo più recente i valori medi mensili di ciascun anno sono stati analizzati per determinare le medie, le minime e le massime nel trentennio.

Le temperature medie mensili vengono mostrate nella parte alta di Figura 2-8. Il grafico riporta la temperatura media della stazione di Voghera sia per il periodo 1961-1990 che per il periodo 1977-2007; come si osserva i valori non hanno subito grandi variazioni durante i due periodi.

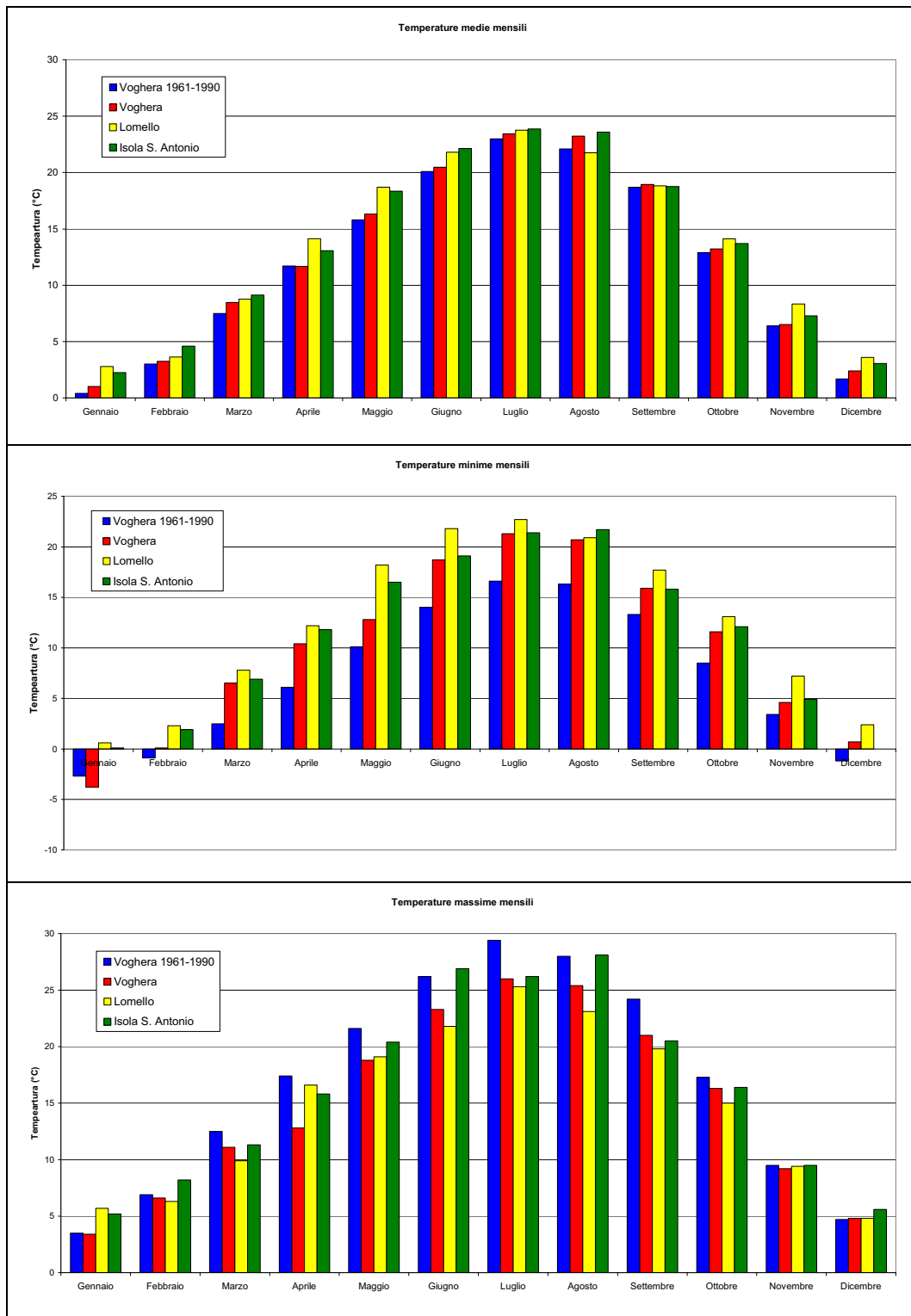


Figura 2-8. Temperature medie (alto), minime (centro) e massime (basso) mensili.

Per quanto riguarda i valori delle temperature minime e massime, si osserva che per il periodo 1961-1990, esse rappresentano le medie delle minime o delle massime giornaliere, mentre per il periodo più recente esse rappresentano le minime o le massime medie mensili.

I valori minimi di temperatura (Figura 2-8, centro) vanno da circa -3 °C della stazione di Voghera nel mese di gennaio, a circa 23 °C del mese di luglio nella stazione di Lomello. I valori massimi mensili (Figura 2-8, basso) invece vanno dai 3.5 °C di Voghera ai quasi 30 °C, sempre di Voghera.

2.1.4 *Umidità relativa*

Il grafico dell'andamento mensile dell'umidità relativa nelle stazioni di Voghera e Isola Sant'Antonio è illustrato in Figura 2-9 per il periodo 1977-2007.

Nella stazione di Voghera il valore minimo dell'umidità relativa media è 55% a luglio, mentre nella stazione di Isola S. Antonio il valore minimo è 67% circa a giugno. Nei mesi invernali l'umidità relativa ha valori più elevati, poco superiori all'80% a Voghera e al 90% a Isola S. Antonio.

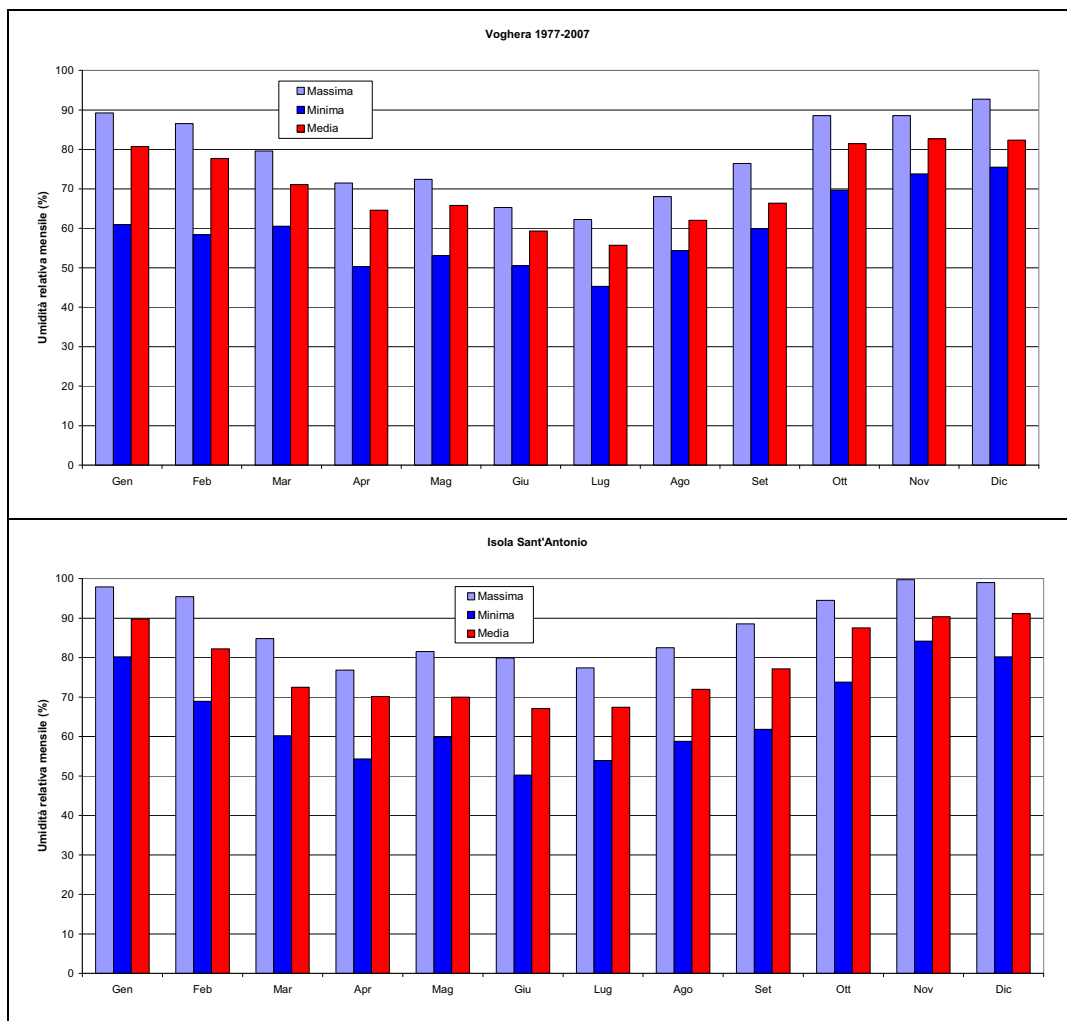


Figura 2-9. Andamento del valor medio mensile dell'umidità relativa nelle stazioni di Voghera e di Isola Sant'Antonio (1977-2007).

2.2 Descrizione meteorologica

Per la definizione della meteorologia locale con dettaglio orario al fine delle simulazioni di dispersione degli inquinanti è stato scelto l'anno 2006. Per l'anno 2006 sono state prese in considerazione le informazioni ottenute da:

- i radiosondaggi effettuati nell'aeroporto di Linate (dati in quota),
- i dati misurati dalle stazioni meteorologiche ARPA Lombardia di Landriano, Lacchiarella, Vigevano, Pavia, Castello d'Agogna e Certosa di Pavia (dati in superficie),
- i dati dell'anemometro sonico della stazione meteorologica EniPower di Ferrara Erbognone (dati in superficie).

Le variabili meteorologiche considerate, per ciascuna stazione sono riportate in Tabella 2-2:

Stazione	Tipo di stazione	Var misurate
Landriano	Regionale	Direzione e velocità vento, temperatura, umidità relativa, pressione, precipitazione
Lacchiarella	Regionale	Direzione e velocità vento, temperatura, umidità relativa, precipitazione
Vigevano	Regionale	Direzione e velocità vento, temperatura, umidità relativa, pressione, precipitazione
Pavia	Regionale	Direzione e velocità vento, temperatura, umidità relativa, pressione, precipitazione
Certosa di Pavia	Regionale	Direzione e velocità vento, temperatura, umidità relativa, precipitazione
Castello d'Agogna	Regionale	Direzione e velocità vento, temperatura, umidità relativa, precipitazione
Ferrera Erbognone	Privata EniPower	Direzione e velocità vento, temperatura, precipitazione

Tabella 2-2. Stazioni considerate per l'analisi meteorologica relativa all'anno 2006

Si osserva che non è stato possibile utilizzare i dati per l'anno 2007 poiché sia i dati dell'anemometro sonico di Ferrera Erbognone (EniPower) che i dati delle stazioni meteorologiche convenzionali di Pavia e Castello d'Agogna, sono stati caratterizzati da rendimenti molto bassi. Inoltre non sono stati utilizzati i dati meteorologici della stazione AGIP di Sannazzaro a causa di anomalie persistenti in tutti gli anni nei dati di direzione e velocità del vento.

Le stazioni di misura disponibili per la caratterizzazione meteorologica dell'anno 2006 differiscono da quelle disponibili per la caratterizzazione meteoclimatica del paragrafo precedente. Ove possibile i risultati della caratterizzazione meteorologica sono stati comunque valutati per verificarne la rappresentatività rispetto alle informazioni climatologiche disponibili.

2.2.1 Venti al suolo

Le rose del vento per l'anno 2006 presso le stazioni considerate vengono mostrate in Figura 2-10.

Si osserva che le rose del vento hanno caratteristiche abbastanza diverse tra loro, in quasi tutte però si nota una importante componente del vento di provenienza Sud Ovest. Tale componente è evidente anche nelle rose del vento delle stazioni di Linate e Alessandria create a partire dai dati climatologici (Figura 2-4).

Tra le altre caratteristiche comuni del vento nell'area in esame si evidenziano l'elevata frequenza di vento con velocità inferiore ad 1 m/s e la maggiore intensità dei venti provenienti di settori settentrionali, benché meno frequenti.

Dal confronto con i risultati dell'analisi meteoclimatica si osserva la consistenza della rosa dei venti dell'anno 2006 presso Ferrera Erbognone con quella climatologica di Alessandria: entrambe mostrano venti prevalenti da Sud Sud Ovest. Allo stesso modo risultano consistenti le rose dei venti per l'anno 2006 presso Castello D'Agogna e Vigevano con quella climatologica di Casale Monferrato: in questo caso è presente infatti una significativa componente di venti dai quadranti Nord occidentali.

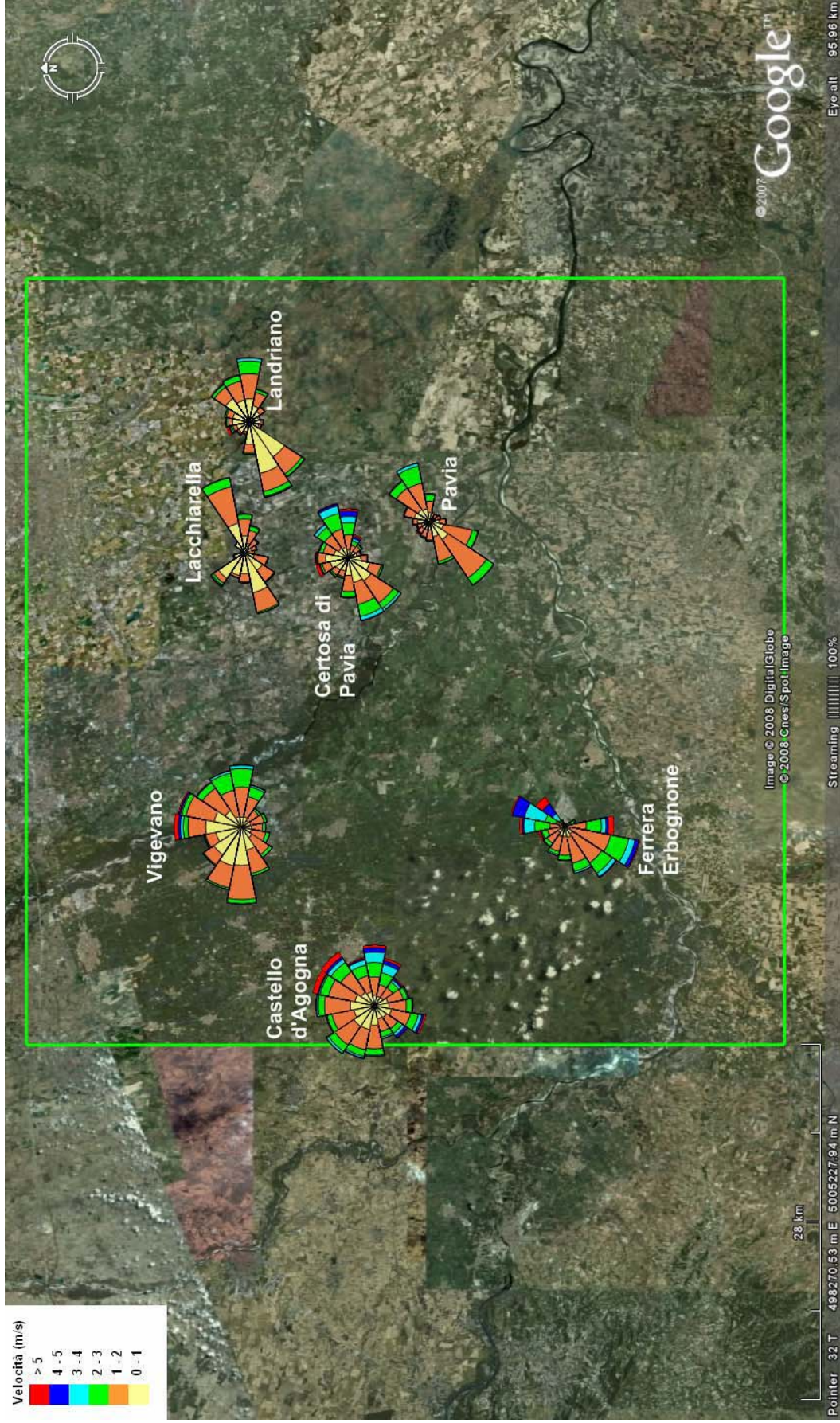


Figura 2-10. Rose dei venti delle stazioni di misura in superficie (anno 2006) e loro posizioni.

Nel seguito sono dettagliate le caratteristiche del campo di vento osservato presso le stazioni.

FERRERA ERBOGNONE

La Figura 2-11 presenta la rosa dei venti per la stazione di Ferrera Erbognone.

La validità sull'intero anno dei dati orari per tale stazione è pari al 94.3%, sia per la velocità che per la direzione del vento. A livello mensile, nel mese di gennaio la validità è del 35% circa. Negli altri mesi non è mai inferiore al 99%.

Le direzioni prevalenti corrispondono all'arco da Sud a Sud Sud Ovest (46% delle misure). La direzione opposta Nord Nord Est è anch'essa frequente (10.6%).

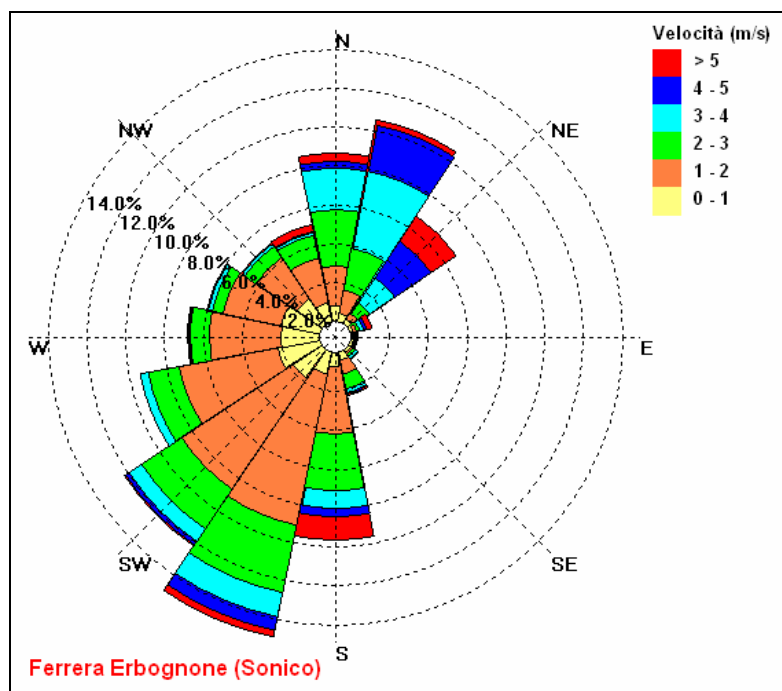


Figura 2-11. Rosa dei venti nell'anno 2006 presso Ferrera Erbognone (anemometro sonico EniPower).

Il 15.4% delle misure di velocità del vento presenta valori non superiori a 1 m/s. La mediana della distribuzione delle velocità è pari a 1.9 m/s, il 75° percentile è pari a 3.0 m/s e il 95° percentile è pari a 9.9 m/s.

I venti da Nord e da Sud, meno frequenti, sono quelli che raggiungono le maggiori intensità. In particolare quelli da Nord Nord Ovest e da Nord presentano picchi superiori a 12 m/s (Figura 2-12).

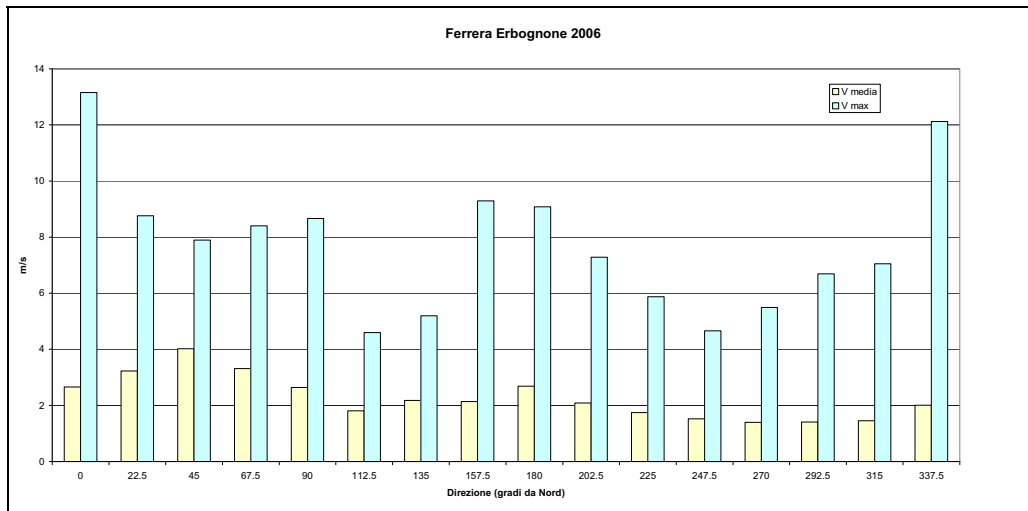


Figura 2-12. Velocità del vento media e massima per direzione nell'anno 2006 presso Ferrera Erbognone (anemometro sonico EniPower).

La massima velocità del vento, 13.2 m/s, si osserva nel mese di marzo mentre il minore valore massimo mensile, 5.5 m/s, si osserva nel mese di gennaio. La velocità media mensile è sempre inferiore a 3.0 m/s, con il valore minore nel mese di gennaio (Figura 2-13) che però ha solo il 35% di dati validi.

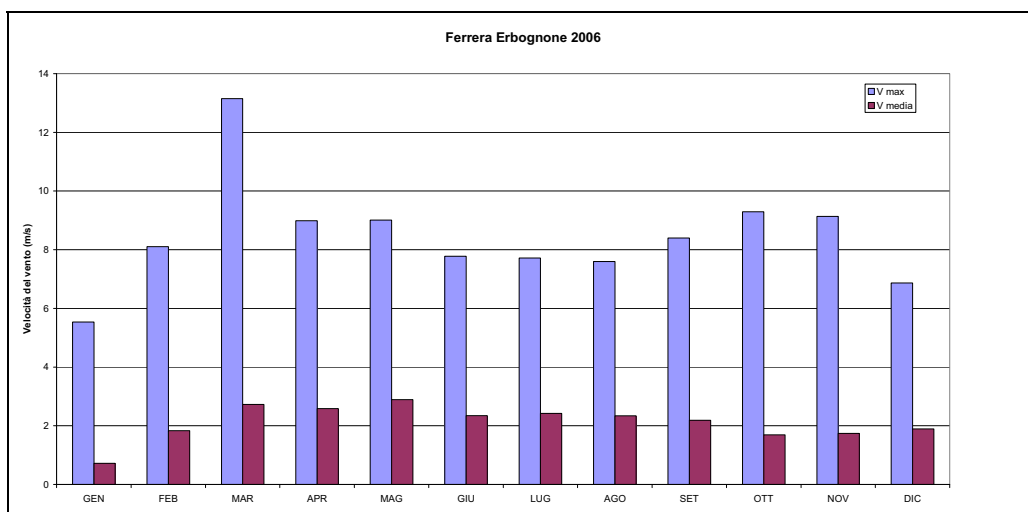


Figura 2-13. Velocità del vento media e massima mensile nell'anno 2006 presso Ferrera Erbognone (anemometro sonico EniPower).

CASTELLO D'AGOGNA

La Figura 2-14 presenta la rosa dei venti per la stazione di Castello d'Agogna.

La validità sull'intero anno dei dati orari per tale stazione è pari al 95.4% per la velocità del vento e al 92.2% per la direzione. La minore percentuale di validità mensile dei dati si ha per il mese di maggio (74.6% per la velocità e 57.4% per la direzione) e nel mese di gennaio (78.4% per la velocità e 74.5% per la direzione). Negli altri mesi la validità è superiore al 92% sia per velocità che direzione.

I venti non presentano una direzione dominante, anche se prevalgono le provenienze dall'arco settentrionale.

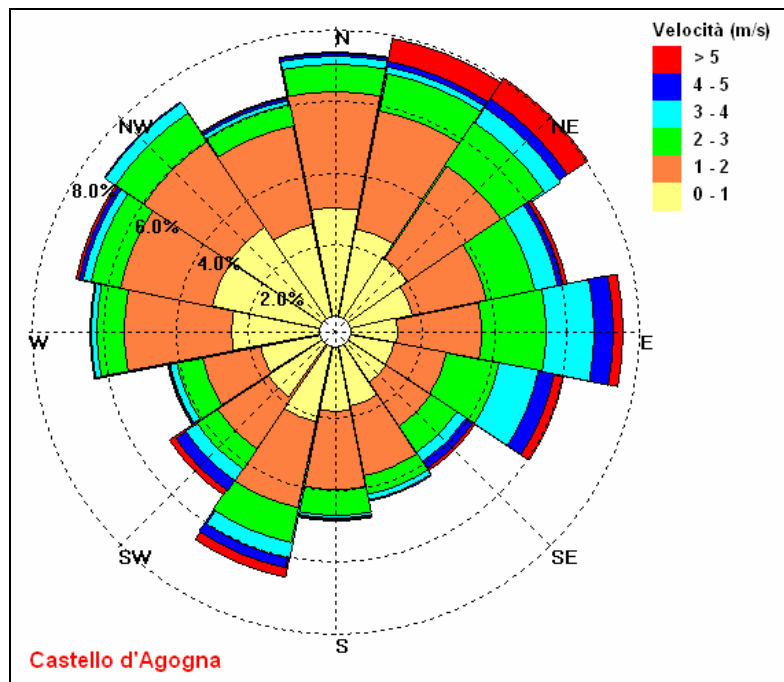


Figura 2-14. Rosa dei venti nell'anno 2006 presso Castello d'Agogna (ARPA).

Il 33.6% delle misure di velocità del vento presenta valori non superiori a 1 m/s. La mediana della distribuzione delle velocità è pari a 1.4 m/s, il 75° percentile è pari a 2.2 m/s e il 95° percentile è pari a 4.2 m/s. I venti da Nord Nord Est e Nord Est sono quelli che raggiungono le maggiori intensità, fino a valori superiori a 14 m/s (Figura 2-15).

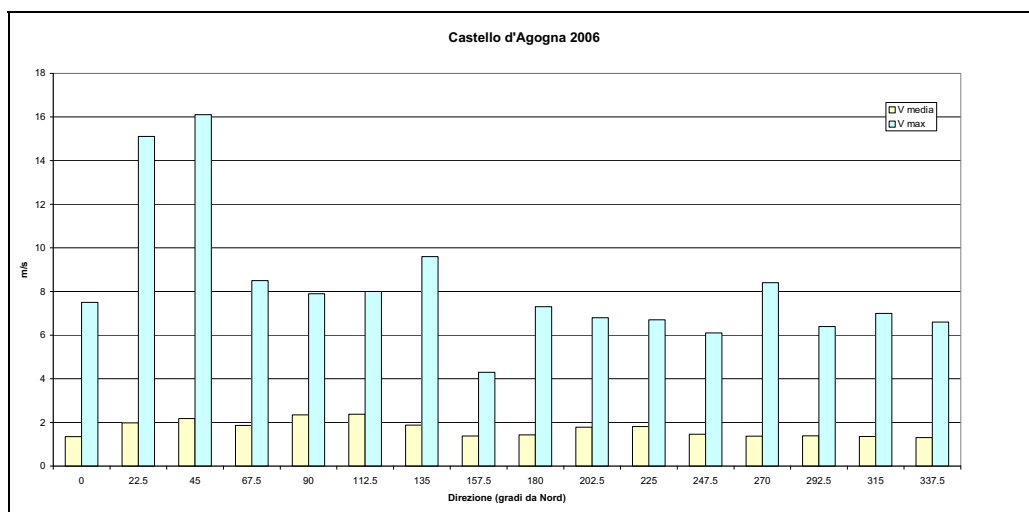


Figura 2-15. Velocità del vento media e massima per direzione nell'anno 2006 presso Castello d'Agogna (ARPA).

La massima velocità del vento, 16.1 m/s, si osserva nel mese di marzo mentre il minore valore massimo mensile, 4.8 m/s, si osserva nel mese di gennaio. La velocità media mensile è sempre inferiore a 2.5 m/s, con il valore minore, 0.8 m/s, nel mese di gennaio (Figura 2-16).

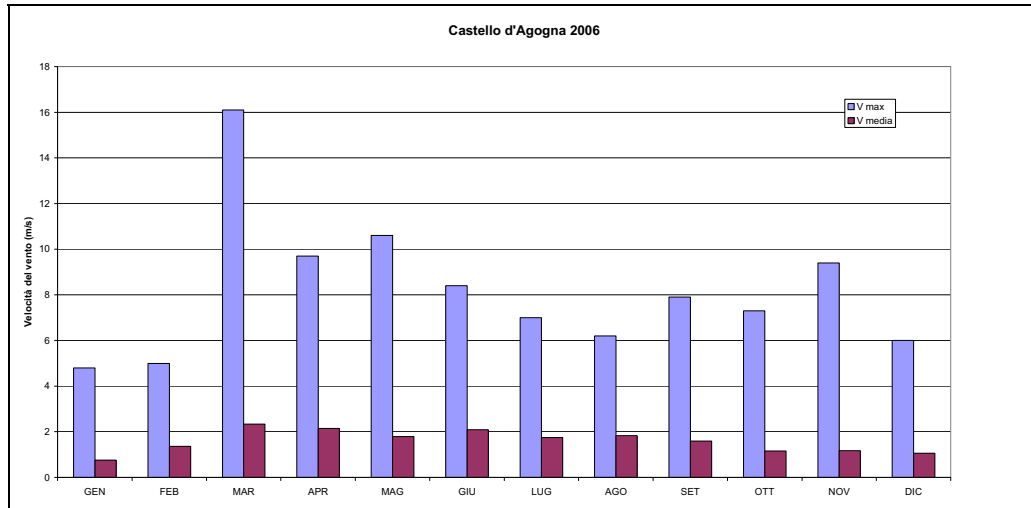


Figura 2-16. Velocità del vento media e massima mensile nell'anno 2006 presso Castello d'Agogna (ARPA).

VIGEVANO

La Figura 2-17 presenta la rosa dei venti per la stazione di Vigevano.

La validità sull'intero anno dei dati orari per tale stazione è pari al 87.2% per la velocità del vento e al 95.2% per la direzione. A livello mensile la minore percentuale di validità dei dati si ha per il mese di giugno (69.9% per la velocità e 73.4% per la direzione). Negli altri mesi la validità è superiore al 79% sia per velocità che direzione.

I venti non presentano una direzione dominante, anche se prevalgono le provenienze dall'arco settentrionale.

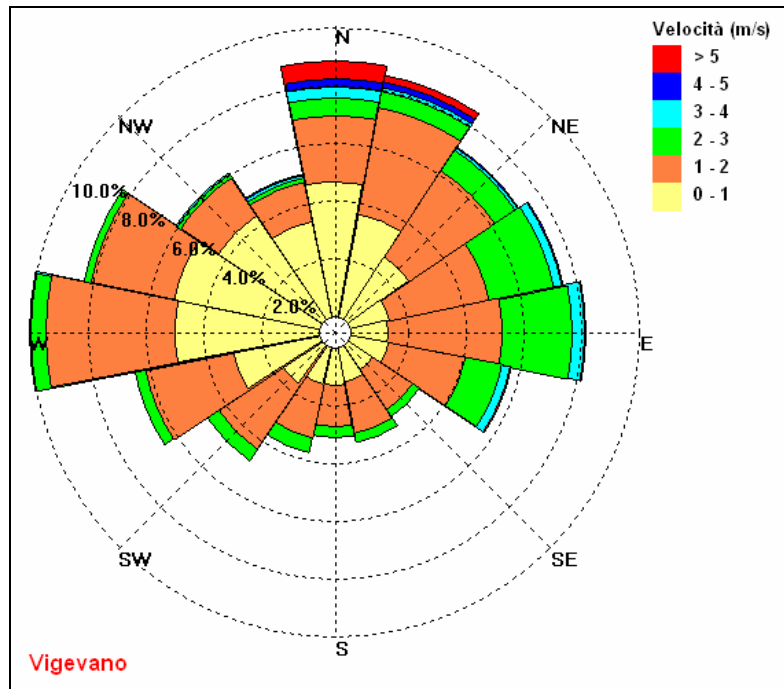


Figura 2-17. Rosa dei venti nell'anno 2006 presso Vigevano (ARPA).

Il 42.4% delle misure di velocità del vento presenta valori non superiori a 1 m/s. La mediana della distribuzione delle velocità è pari a 1.2 m/s, il 75° percentile è pari a 1.7 m/s e il 95° percentile è pari a 2.7 m/s.

I venti da Nord Nord Est e Nord Est sono quelli che raggiungono le maggiori intensità, fino a valori superiori a 14 m/s (Figura 2-18).

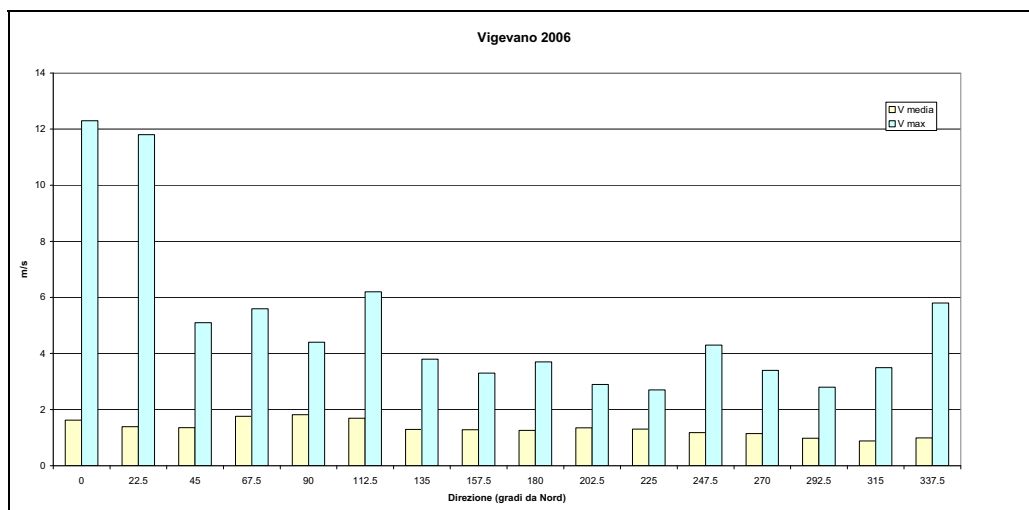


Figura 2-18. Velocità del vento media e massima per direzione nell'anno 2006 presso Vigevano (ARPA).

La massima velocità del vento, 12.3 m/s, si osserva nel mese di marzo mentre il minore valore massimo mensile, 3.0 m/s, si osserva nel mese di gennaio. La velocità media mensile è sempre inferiore a 1.6 m/s, con il valore minore, 0.8 m/s, nel mese di gennaio (Figura 2-16).

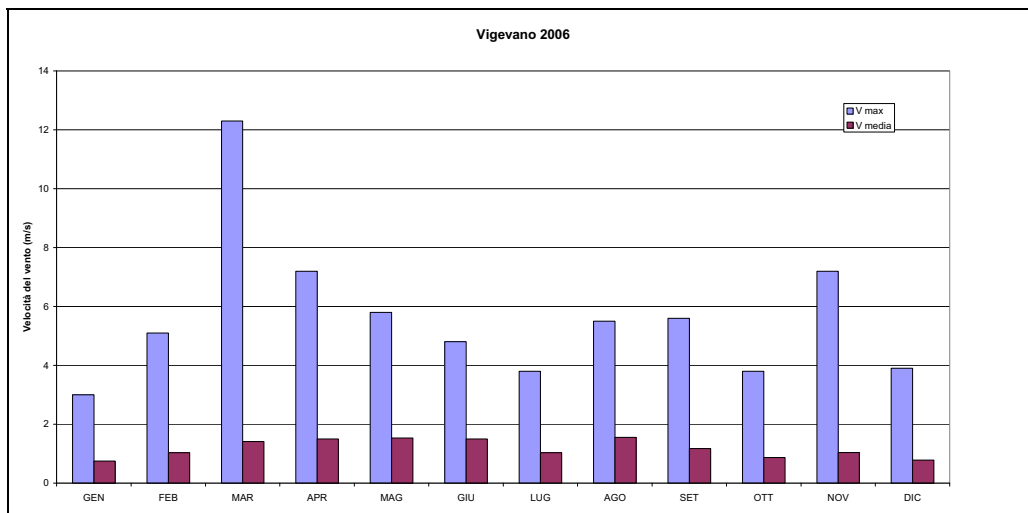


Figura 2-19. Velocità del vento media e massima mensile nell'anno 2006 presso Vigevano (ARPA).

PAVIA

La Figura 2-20 presenta la rosa dei venti per la stazione di Pavia.

La validità sull'intero anno dei dati orari per tale stazione è pari al 83.7% per la velocità del vento e al 93.7% per la direzione. A livello mensile la minore percentuale di validità dei dati di velocità si ha per il mese di marzo e ottobre (71.6% e 73.1% rispettivamente). Per la direzione la minore validità si ha per i mesi di marzo e agosto (75.3% e 85.1%). Negli altri mesi la validità è superiore al 77% per velocità e al 88% per la direzione.

I venti sono prevalentemente orientati lungo le direzioni Est Nord Est e Sud Ovest (Figura 2-20).

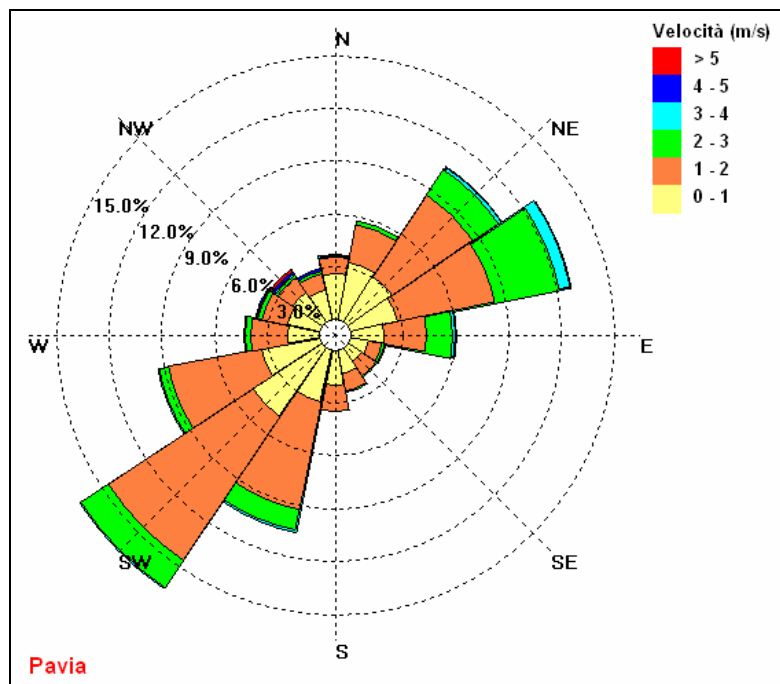


Figura 2-20. Rosa dei venti nell'anno 2006 presso Pavia (ARPA).

Il 37.7% delle misure di velocità del vento presenta valori non superiori a 1 m/s. La mediana della distribuzione delle velocità è pari a 1.3 m/s, il 75° percentile è pari a 1.7 m/s e il 95° percentile è pari a 2.6 m/s.

I venti da Nord Ovest e Nord Nord Ovest sono quelli che raggiungono le maggiori intensità, circa 8.5 m/s (Figura 2-21).

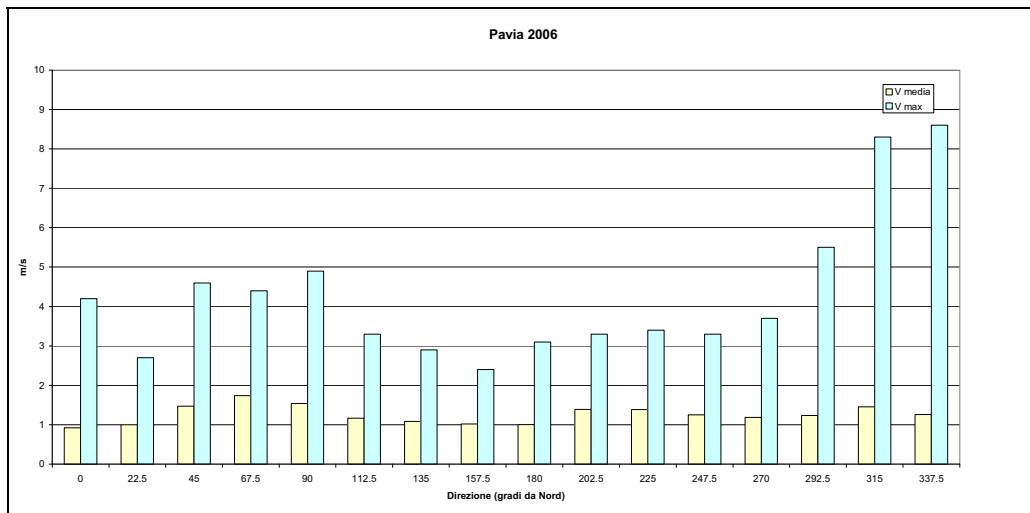


Figura 2-21. Velocità del vento media e massima per direzione nell'anno 2006 presso Pavia (ARPA).

La massima velocità del vento, 8.6 m/s, si osserva nel mese di marzo mentre il minore valore massimo mensile, 3.2 m/s, si osserva nel mese di gennaio. La velocità media mensile non è mai superiore a 1.5 m/s, con il valore minore, 0.7 m/s, nel mese di ottobre (Figura 2-22).

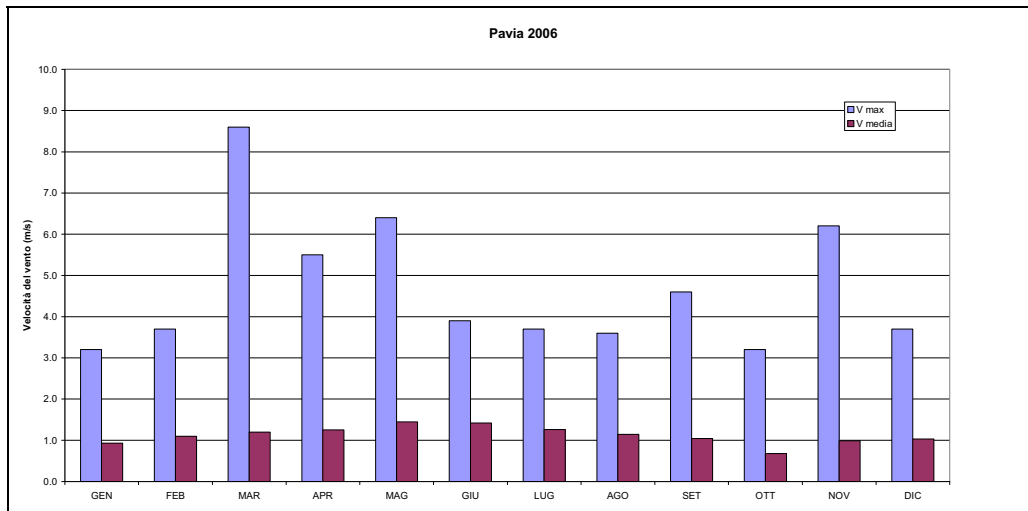


Figura 2-22. Velocità del vento media e massima mensile nell’anno 2006 presso Pavia (ARPA).

CERTOSA DI PAVIA

La Figura 2-23 presenta la rosa dei venti per la stazione di Certosa di Pavia.

La validità sull’intero anno dei dati orari per tale stazione è pari al 99.4%, per la velocità e al 96.4% per la direzione del vento. A livello mensile la validità per la velocità non è mai inferiore al 95.7%, mentre per la direzione la validità è inferiore al 92.3% in tutti i mesi tranne nel mese di gennaio (85.6%).

I venti sono prevalentemente orientati lungo gli archi da Est a Nord Nord Est e da Sud ovest a Ovest Sud Ovest (Figura 2-23).

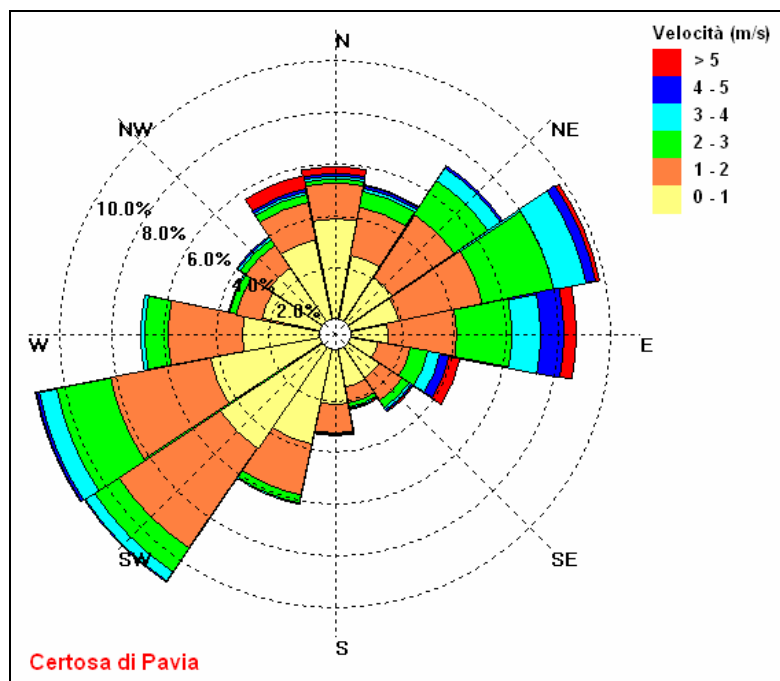


Figura 2-23. Rosa dei venti nell’anno 2006 presso Certosa di Pavia (ARPA).

Il 41.8% delle misure di velocità del vento presenta valori non superiori a 1 m/s. La mediana della distribuzione delle velocità è pari a 1.2 m/s, il 75° percentile è pari a 2.0 m/s e il 95° percentile è pari a 3.9 m/s.

I venti da Nord e da Sud, meno frequenti, sono quelli che raggiungono le maggiori intensità. In particolare quelli da Nord Nord Ovest e da Nord presentano picchi superiori a 15 m/s (Figura 2-24).

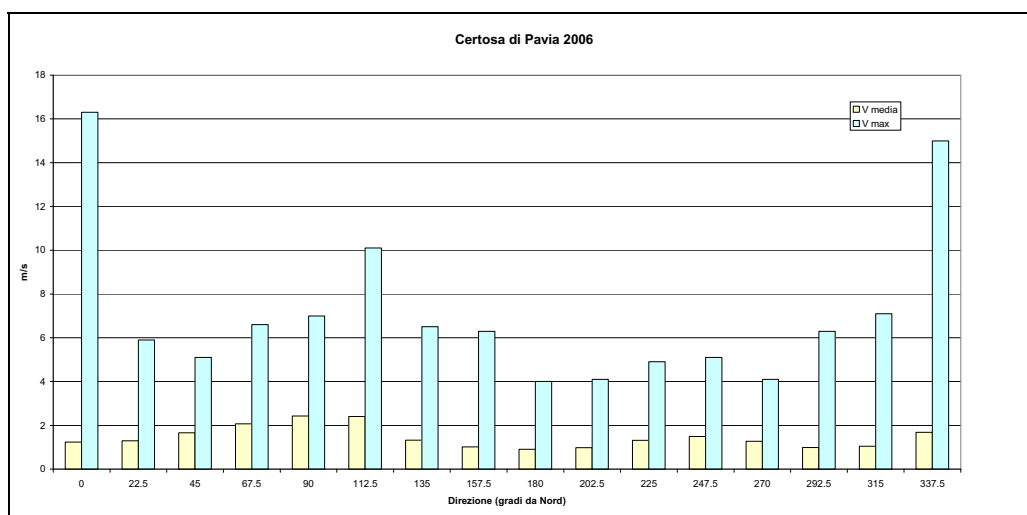


Figura 2-24. Velocità del vento media e massima per direzione nell'anno 2006 presso Certosa di Pavia (ARPA).

La massima velocità del vento, 16.3 m/s, si osserva nel mese di marzo mentre il minore valore massimo mensile, 5.4 m/s, si osserva nel mese di gennaio. La velocità media mensile non è mai superiore a 2.1 m/s, con il valore minore, 0.9 m/s, nel mese di gennaio e ottobre (Figura 2-25).

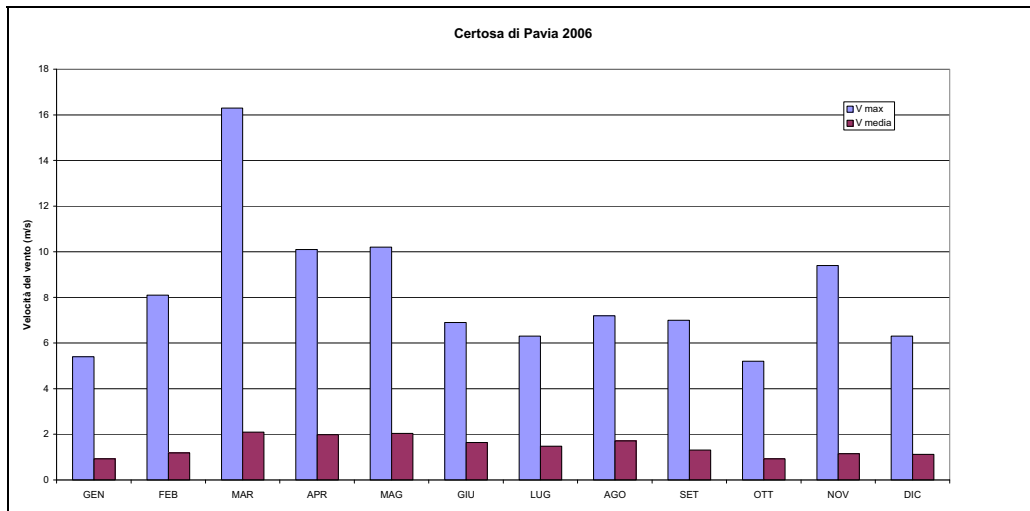


Figura 2-25. Velocità del vento media e massima mensile nell'anno 2006 presso Certosa di Pavia (ARPA).

LACCHIARELLA

La Figura 2-26 presenta la rosa dei venti per la stazione di Lacchiarella.

La validità sull'intero anno dei dati orari per tale stazione è pari al 99.3% sia per la velocità che per la direzione del vento. A livello mensile la validità dei dati non è mai inferiore al 97%.

I venti sono prevalentemente orientati lungo le direzioni Est Nord Est e Ovest Sud Ovest (Figura 2-26).

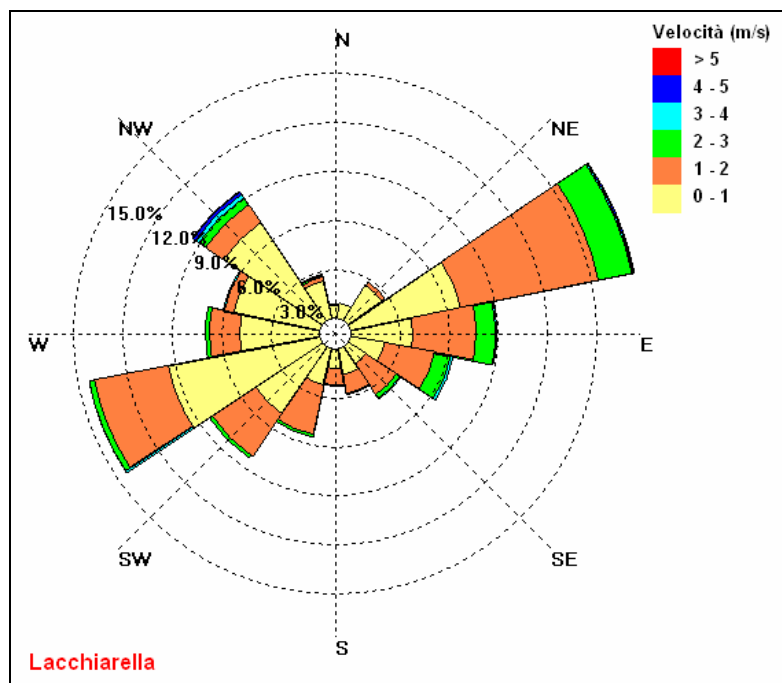


Figura 2-26. Rosa dei venti nell'anno 2006 presso Lacchiarella (ARPA).

Il 57.7% delle misure di velocità del vento presenta valori non superiori a 1 m/s. La mediana della distribuzione delle velocità è pari a 0.9 m/s, il 75° percentile è pari a 1.4 m/s e il 95° percentile è pari a 2.2 m/s.

I venti da Nord Ovest e Nord Nord Ovest sono quelli che raggiungono le maggiori intensità, di poco superiori a 8 m/s (Figura 2-27).

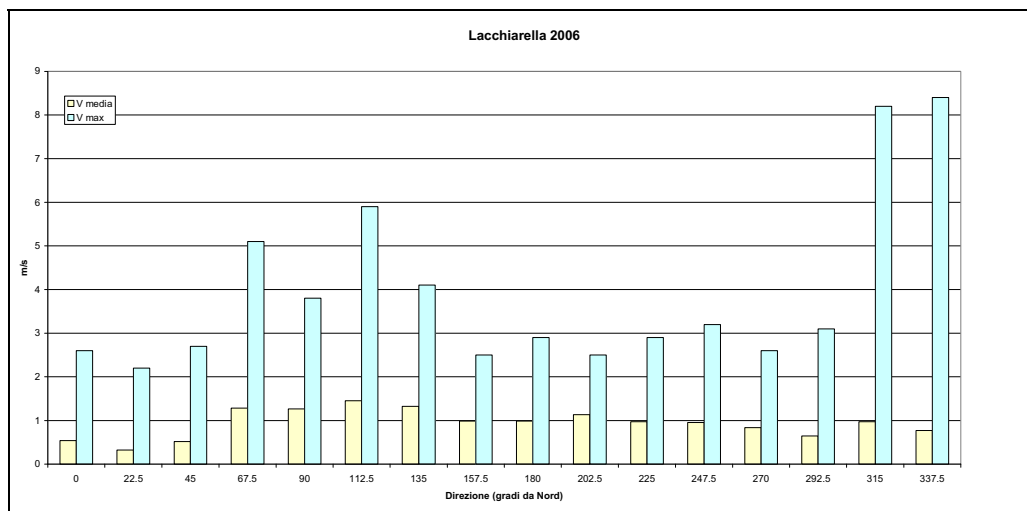


Figura 2-27. Velocità del vento media e massima per direzione nell’anno 2006 presso Lacchiarella (ARPA).

La massima velocità del vento, 8.4 m/s, si osserva nel mese di marzo mentre il minore valore massimo mensile, 2.6 m/s, si osserva nel mese di ottobre. La velocità media mensile non è mai superiore a 1.4 m/s, con il valore minore, 0.7 m/s, nel mese di ottobre (Figura 2-25).

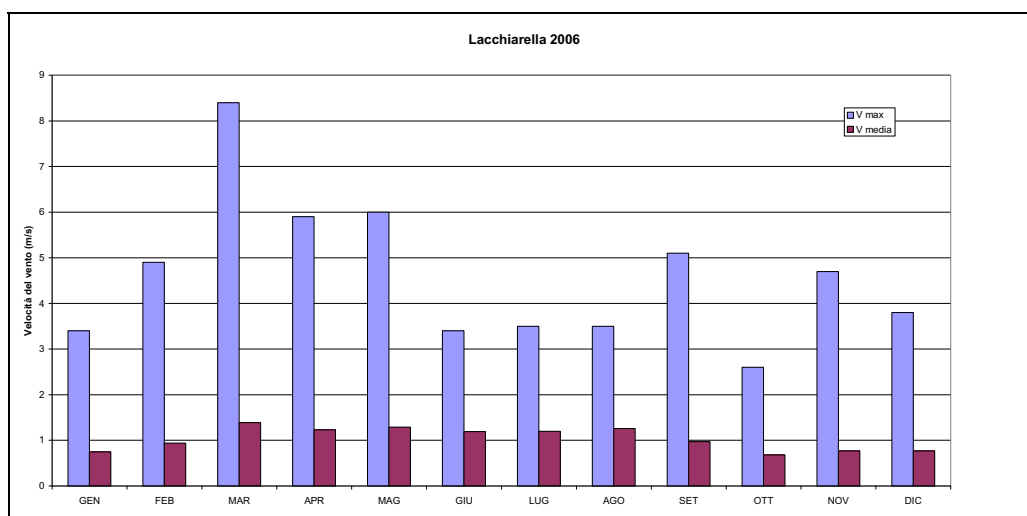


Figura 2-28. Velocità del vento media e massima mensile nell’anno 2006 presso Lacchiarella (ARPA).

LANDRIANO

La Figura 2-29 presenta la rosa dei venti per la stazione di Landriano.

La validità sull'intero anno dei dati orari per tale stazione è pari al 98.3% sia per la velocità del vento e 98.2% per la direzione. A livello mensile la validità dei dati è inferiore al 94.9% solo nel mese di aprile (85%).

I venti sono prevalentemente orientati lungo la direzione Est e l'arco da Sud Ovest a Ovest Sud Ovest (Figura 2-29).

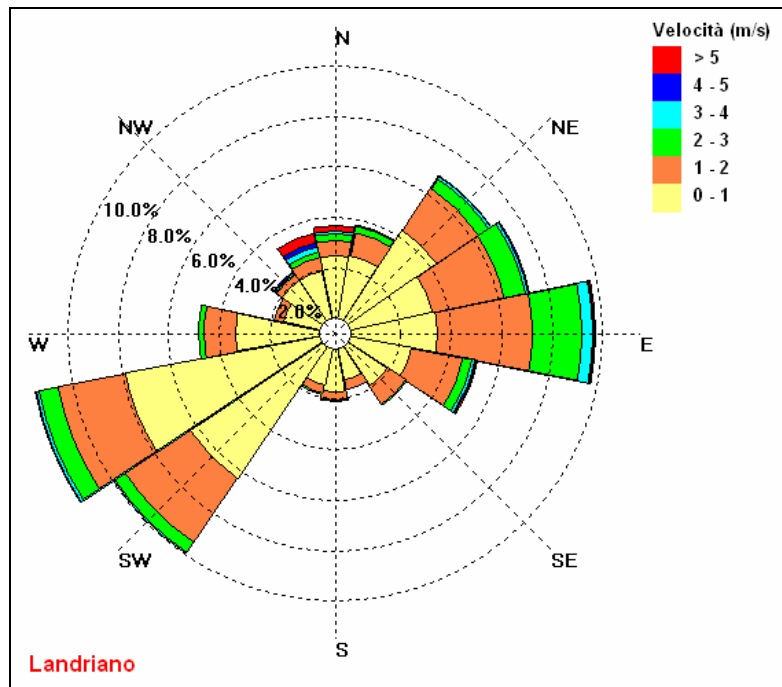


Figura 2-29. Rosa dei venti nell'anno 2006 presso Landriano (ARPA).

Il 47.8% delle misure di velocità del vento presenta valori non superiori a 1 m/s. La mediana della distribuzione delle velocità è pari a 0.6 m/s, il 75° percentile è pari a 1.2 m/s e il 95° percentile è pari a 2.5 m/s.

I venti da Nord e da Sud, meno frequenti, sono quelli che raggiungono le maggiori intensità. In particolare quelli da Nord Nord Ovest e da Nord presentano picchi di poco superiori a 12 m/s (Figura 2-30).

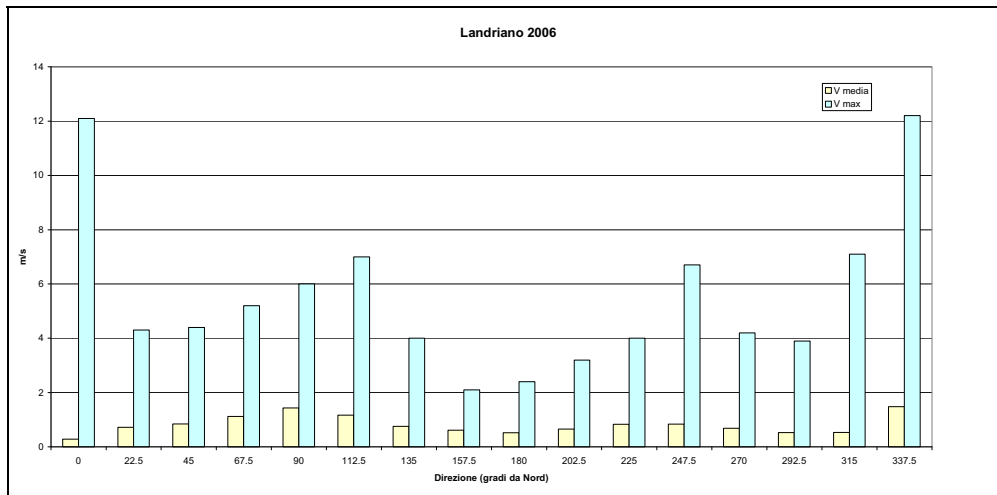


Figura 2-30. Velocità del vento media e massima per direzione nell'anno 2006 presso Landriano (ARPA).

La massima velocità del vento, 12.2 m/s, si osserva nel mese di marzo mentre il minore valore massimo mensile, 3.0 m/s, si osserva nel mese di ottobre. La velocità media mensile non è mai superiore a 1.5 m/s, con il valore minore, 0.3 m/s, nel mese di ottobre (Figura 2-31).

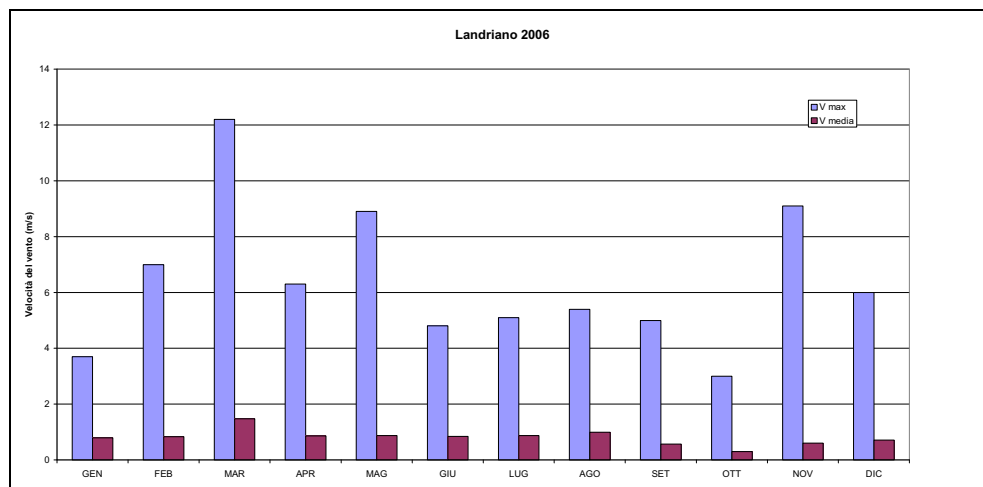


Figura 2-31. Velocità del vento media e massima mensile nell'anno 2006 presso Landriano (ARPA).

2.2.2 Venti in quota

Il venti in quota nel presente studio sono inizializzati mediante il radiosondaggio presso l'aeroporto di Milano Linate (codice ICAO: LIML). Tale radiosondaggio è in genere realizzato alle ore 00, 05, 12 e 17 UTC.

Le rose dei venti in quota ottenute a partire dai dati misurati per l'anno 2006 sono di seguito riportate, per diversi livelli di pressione.

In Figura 2-32 è rappresentata la rosa dei venti per il livello di pressione di 925 mb, che corrisponde, nell'arco dell'anno, a quote variabili tra 500 e 800 m circa sul livello del suolo. Si osserva una componente prevalente di venti da Sud Sud Est, sia in termini di frequenza che di intensità.

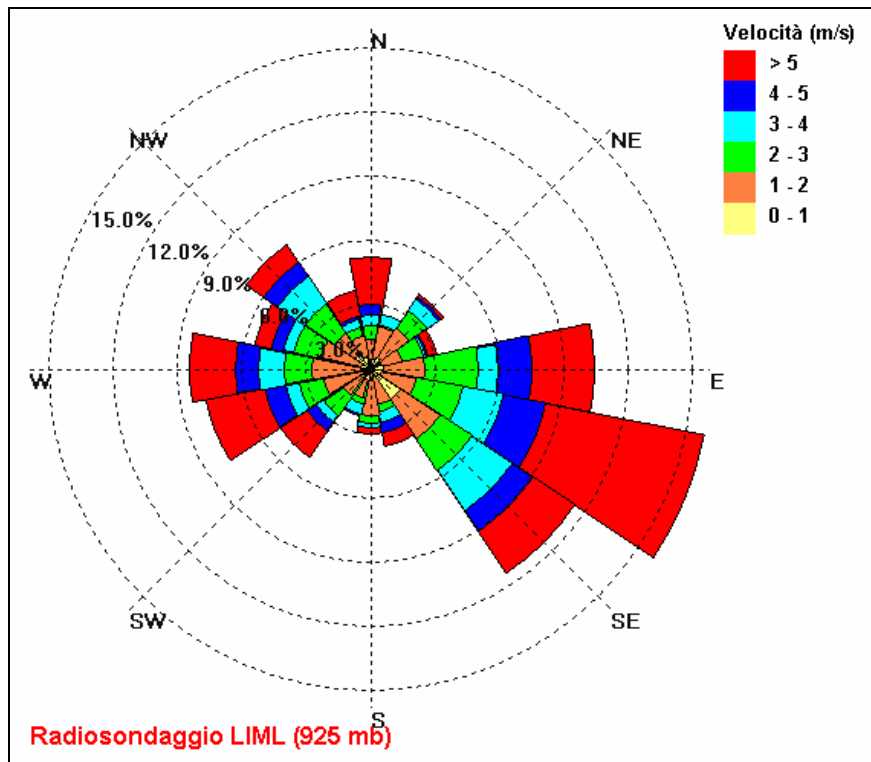


Figura 2-32. Rosa dei venti alla quota di pressione 925 mb nell'anno 2006 presso Milano Linate (LIML).

La Figura 2-33 riporta la velocità media e massima per ciascuna direzione di provenienza. I valori massimi di velocità si osservano da Est Sud Est (22 m/s) e da Est (21 m/s). La velocità media maggiore, di poco superiore a 6 m/s, si riscontra per i venti da Est Sud Est.

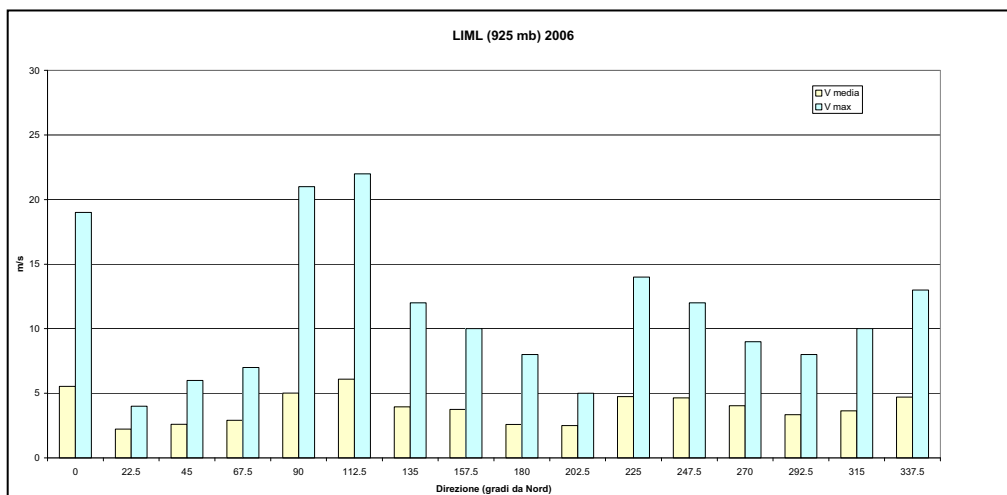


Figura 2-33. Velocità del vento media e massima venti alla quota di pressione 925 mb nell'anno 2006 presso Milano Linate (LIML).

In Figura 2-34 è rappresentata la rosa dei venti per il livello di pressione di 800 mb, che corrisponde, nell'arco dell'anno, a quote variabili tra 1600 e 2000 m circa sul livello del suolo. Si osserva la rotazione dei venti, con una componente prevalente di venti da Sud Ovest. Sono inoltre frequenti i venti provenienti dall'arco da Ovest a Nord.

La Figura 2-35 riporta la velocità media e massima per ciascuna direzione di provenienza. I valori massimi di velocità (23 m/s) si osservano da Est Sud Est e da Sud Sud Ovest. La velocità media maggiore, prossima a 8 m/s, si riscontra per i venti da Est Sud Est.

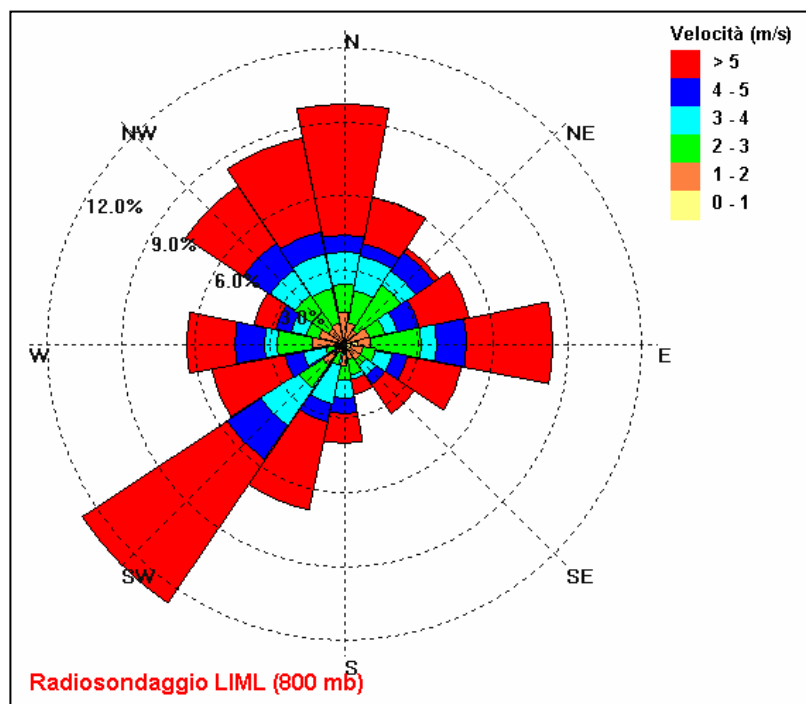


Figura 2-34. Rosa dei venti alla quota di pressione 800 mb nell'anno 2006 presso Milano Linate (LIML).

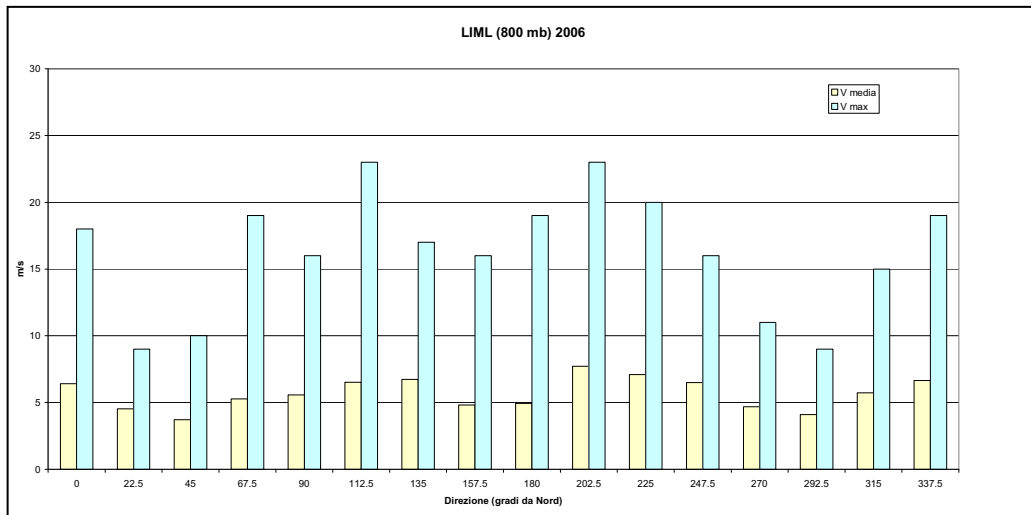


Figura 2-35. Velocità del vento media e massima venti alla quota di pressione 800 mb nell'anno 2006 presso Milano Linate (LIML).

In Figura 2-36 (700 mb) è rappresentata la rosa dei venti per il livello di pressione di 700 mb, che corrisponde, nell'arco dell'anno, a quote variabili tra 2700 e 3100 m circa sul livello del suolo. In questo caso sono maggiormente frequenti i venti provenienti dall'arco che va da Sud Ovest a Ovest.

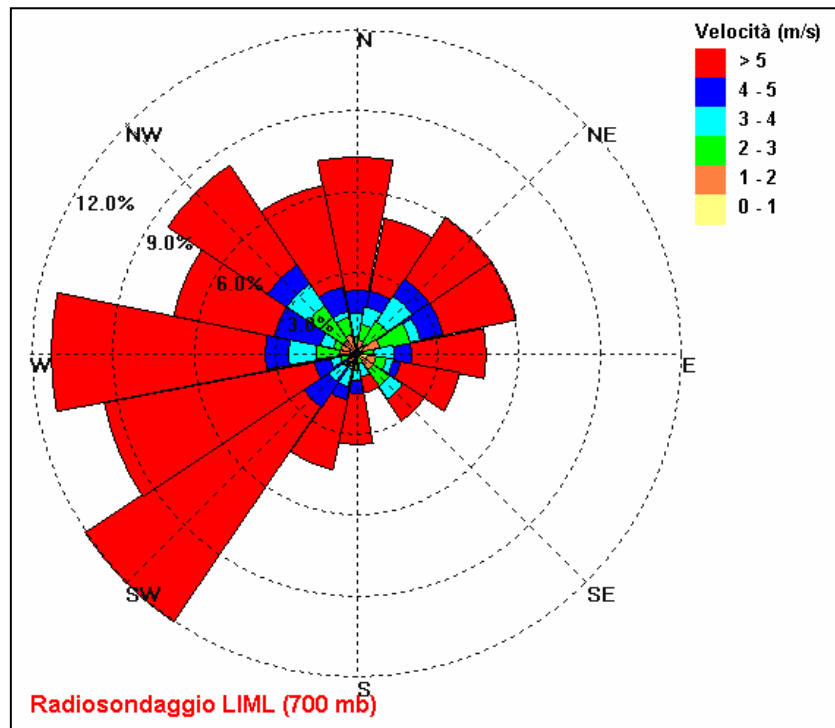


Figura 2-36. Rosa dei venti alla quota di pressione 700 mb nell'anno 2006 presso Milano Linate (LIML).

La Figura 2-37 riporta la velocità media e massima per ciascuna direzione di provenienza. I valori massimi di velocità si osservano da Nord Nord Ovest (27 m/s) e da Nord (24 m/s). La velocità media maggiore, prossima a 10 m/s, riguarda le direzioni Sud Ovest e Sud Sud Ovest.

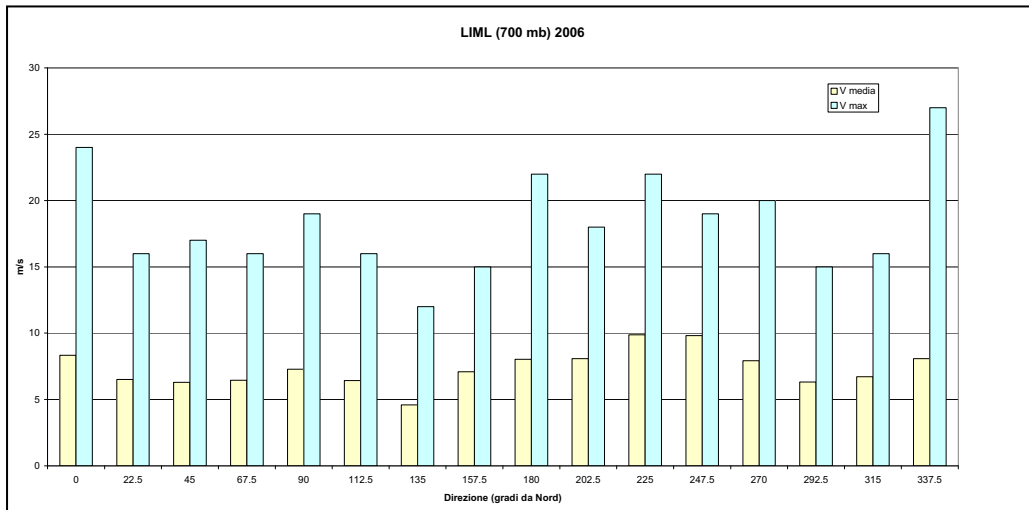


Figura 2-37. Velocità del vento media e massima venti alla quota di pressione 700 mb nell'anno 2006 presso Milano Linate (LIML).

2.2.3 Precipitazione

La precipitazione totale misurata nell'anno 2006 nelle stazioni considerate varia da 584 mm (Pavia) a 762 mm (Landriano). La Figura 2-38 rappresenta l'andamento delle precipitazioni totali mensili e il totale annuo. I mesi con le maggiori precipitazioni sono agosto e settembre. Nel solo mese di agosto le precipitazioni presso Landriano superano i 200 mm.

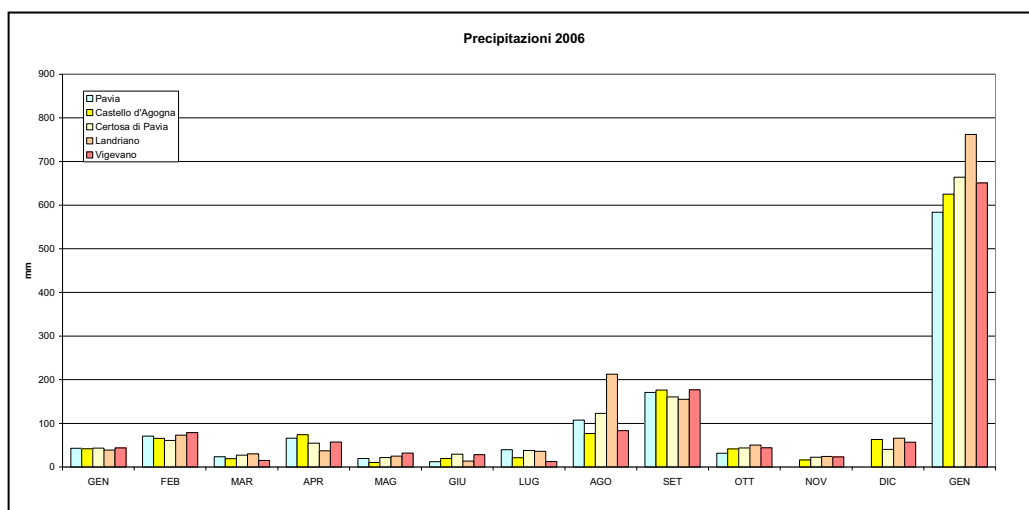


Figura 2-38. Precipitazioni mensili nell'anno 2006 presso le stazioni considerate.

I valori massimi di precipitazione per ciascun mese dell'anno 2006 sono rappresentati in Figura 2-39. Le precipitazioni più intense riguardano i mesi primaverili ed estivi. Il valore massimo orario, 44 mm, si osserva presso Landriano, nel mese di agosto.

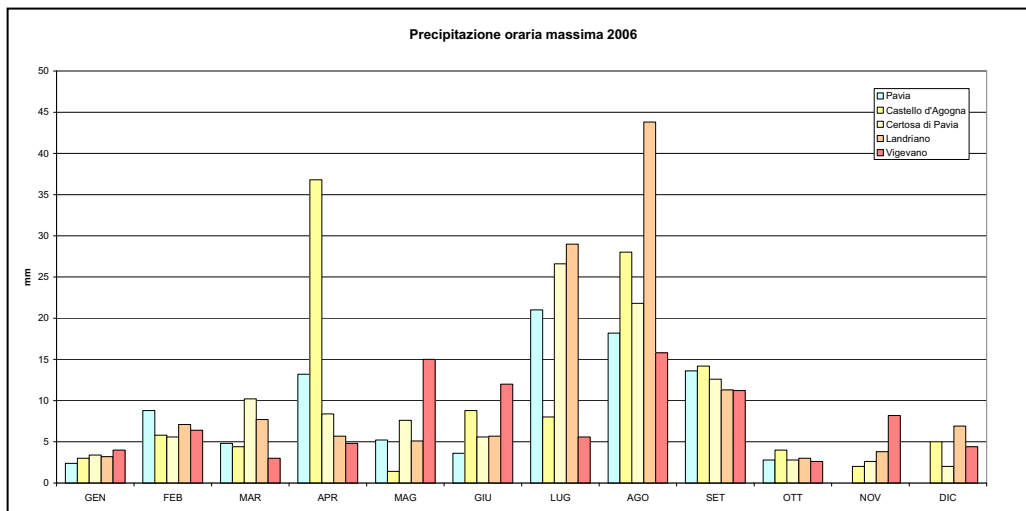


Figura 2-39. Precipitazioni massime orarie mensili nell'anno 2006 presso le stazioni considerate.

2.2.4 Temperatura

Le temperature presentano un andamento simile in corrispondenza delle stazioni di misura considerate. Nell'anno 2006 il mese più caldo è luglio, sia in termini di temperatura media che temperatura massima. I valori massimi di settembre sono superiori a quelli di agosto.

I valori osservati sono nel seguito riportati per ciascuna delle stazioni.

FERRERA ERBOGNONE

Gli andamenti delle temperature minime, medie e massime mensili misurate nell'anno 2006 presso la stazione di Ferrera Erbognone sono illustrate in Figura 2-40. La validità dei dati è superiore al 99.2% con esclusione del mese di gennaio (35.5%). Per tutte le statistiche rappresentate il valore minimo si ha nel mese di gennaio e il valore massimo si ha nel mese di luglio.

La temperatura massima mensile varia tra 9.2 °C e 32.3 °C. La temperatura minima mensile varia tra -4.7 °C e 18.0 °C. La temperatura media è compresa tra 0.5 °C e 25 °C.

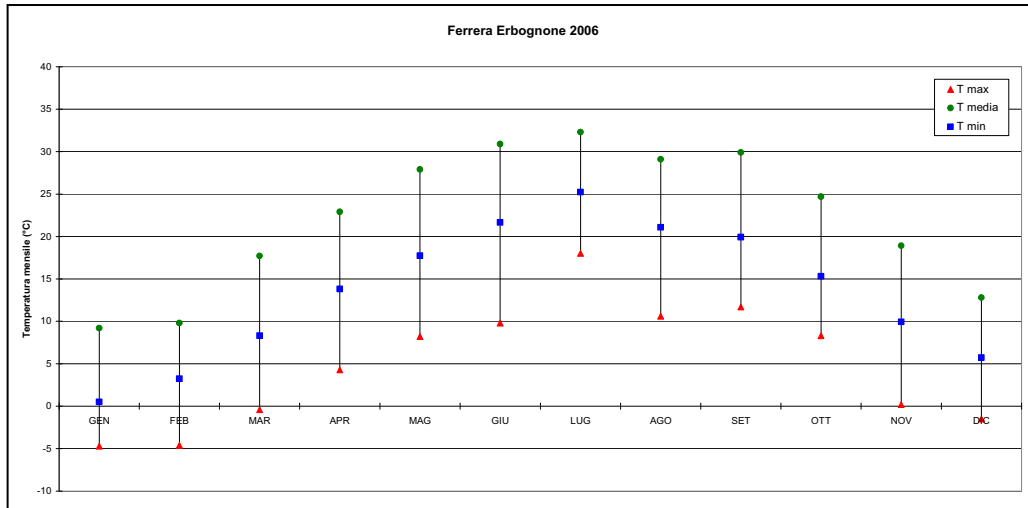


Figura 2-40. Temperature minime, medie e massime mensili nell'anno 2006 presso la stazione di Ferrera Erbognone (sonico EniPower).

CASTELLO D'AGOGNA

Gli andamenti delle temperature minime, medie e massime mensili misurate nell'anno 2006 presso la stazione di Castello d'Agogna sono illustrate in Figura 2-41. La validità dei dati non è mai inferiore al 99.9%. Per tutte le statistiche rappresentate il valore minimo si ha nel mese di gennaio e il valore massimo si ha nel mese di luglio.

La temperatura massima mensile varia tra 10.5 °C e 35.7 °C. La temperatura minima mensile varia tra -8.4 °C e 16.2 °C. La temperatura media è compresa tra -0.6 °C e 25.9 °C.

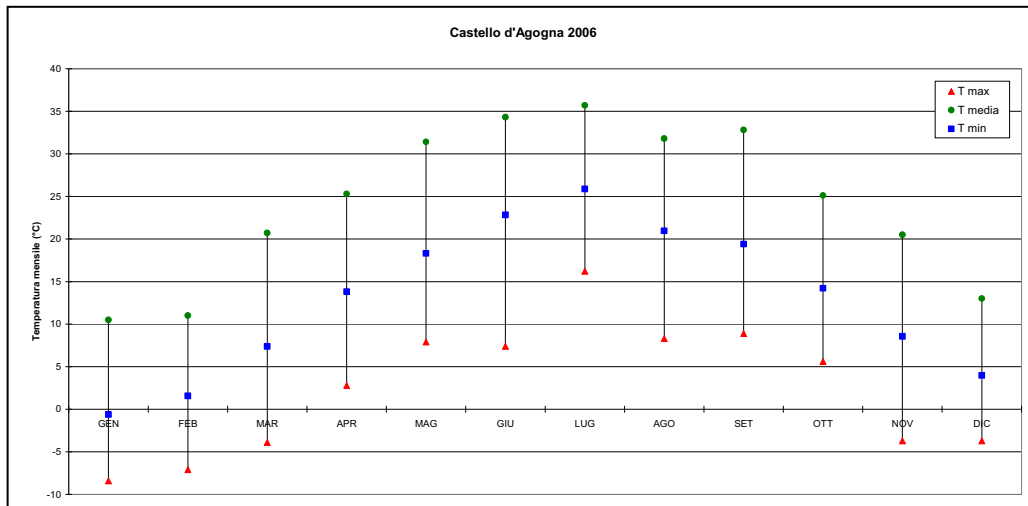


Figura 2-41. Temperature minime, medie e massime mensili nell'anno 2006 presso la stazione di Castello d'Agogna (ARPA).

VIGEVANO

Gli andamenti delle temperature minime, medie e massime mensili misurate nell'anno 2006 presso la stazione di Vigevano sono illustrate in Figura 2-42. La validità dei dati è superiore al 90.3% con esclusione del mese di luglio (73.3%).

Per tutte le statistiche rappresentate il valore minimo si ha nel mese di gennaio e il valore massimo si ha nel mese di luglio.

La temperatura massima mensile varia tra 10.4 °C e 33.7 °C. La temperatura minima mensile varia tra -4.3 °C e 16.8 °C. La temperatura media è compresa tra 2.0 °C e 22.3 °C.

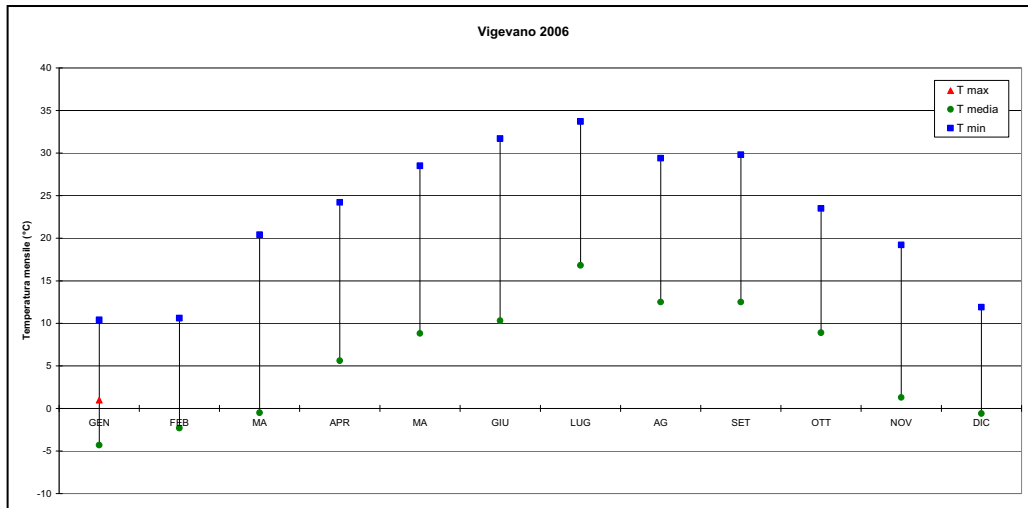


Figura 2-42. Temperature minime, medie e massime mensili nell'anno 2006 presso la stazione di Vigevano (ARPA).

PAVIA

Gli andamenti delle temperature minime, medie e massime mensili misurate nell'anno 2006 presso la stazione di Pavia sono illustrate in Figura 2-43. La validità dei dati è superiore al 87.6% con esclusione del mese di marzo (75.7%).

Per tutte le statistiche rappresentate il valore minimo si ha nel mese di gennaio e il valore massimo si ha nel mese di luglio.

La temperatura massima mensile varia tra 11.8 °C e 36.4 °C. La temperatura minima mensile varia tra -2.6 °C e 19.1 °C. La temperatura media è compresa tra 2.9 °C e 27.3 °C.

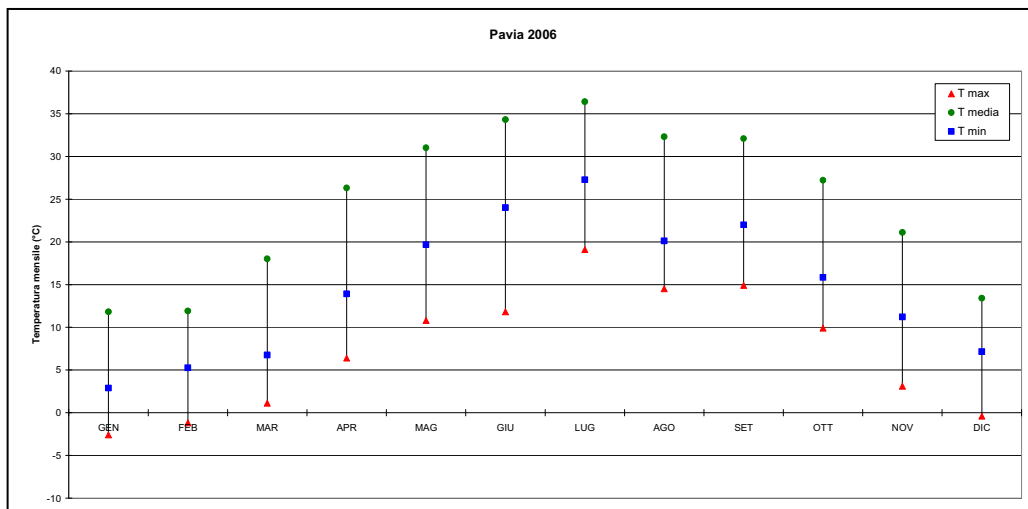


Figura 2-43. Temperature minime, medie e massime mensili nell'anno 2006 presso la stazione di Pavia (ARPA).

CERTOSA DI PAVIA

Gli andamenti delle temperature minime, medie e massime mensili misurate nell'anno 2006 presso la stazione di Certosa di Pavia sono illustrate in Figura 2-44. La validità dei dati è superiore al 95.8%.

Per tutte le statistiche rappresentate il valore minimo si ha nel mese di gennaio e il valore massimo si ha nel mese di luglio.

La temperatura massima mensile varia tra 10.0 °C e 35.9 °C. La temperatura minima mensile varia tra -8.0 °C e 15.9 °C. La temperatura media è compresa tra -0.8 °C e 25.6 °C.

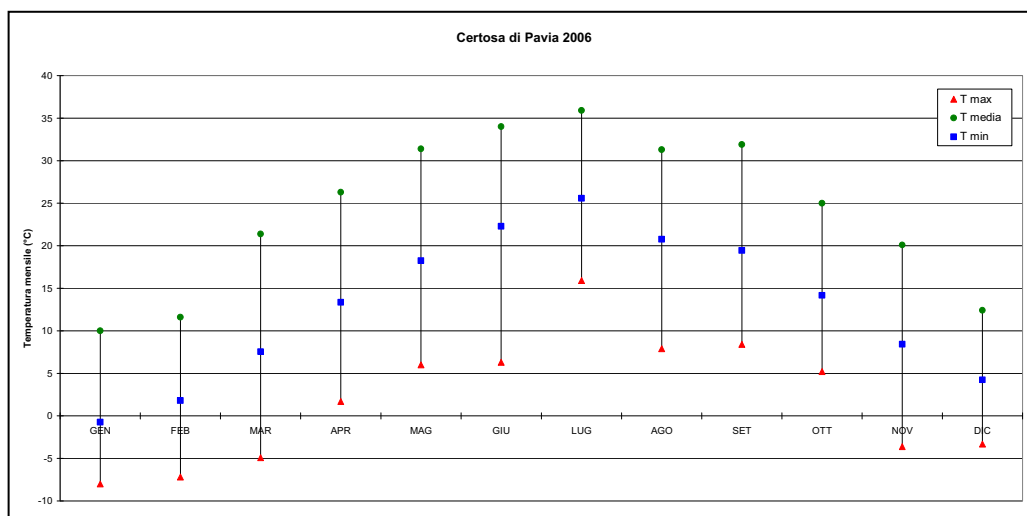


Figura 2-44. Temperature minime, medie e massime mensili nell'anno 2006 presso la stazione di Certosa di Pavia (ARPA).

LACCHIARELLA

Gli andamenti delle temperature minime, medie e massime mensili misurate nell'anno 2006 presso la stazione di Lacchiarella sono illustrate in Figura 2-45. La validità dei dati è superiore al 97.0% con esclusione del mese di novembre (37.6%).

Per tutte le statistiche rappresentate il valore minimo si ha nel mese di gennaio e il valore massimo si ha nel mese di luglio.

La temperatura massima mensile varia tra 8.7 °C e 35.6 °C. La temperatura minima mensile varia tra -6.9 °C e 18.2 °C. La temperatura media è compresa tra -0.4 °C e 25.5 °C.

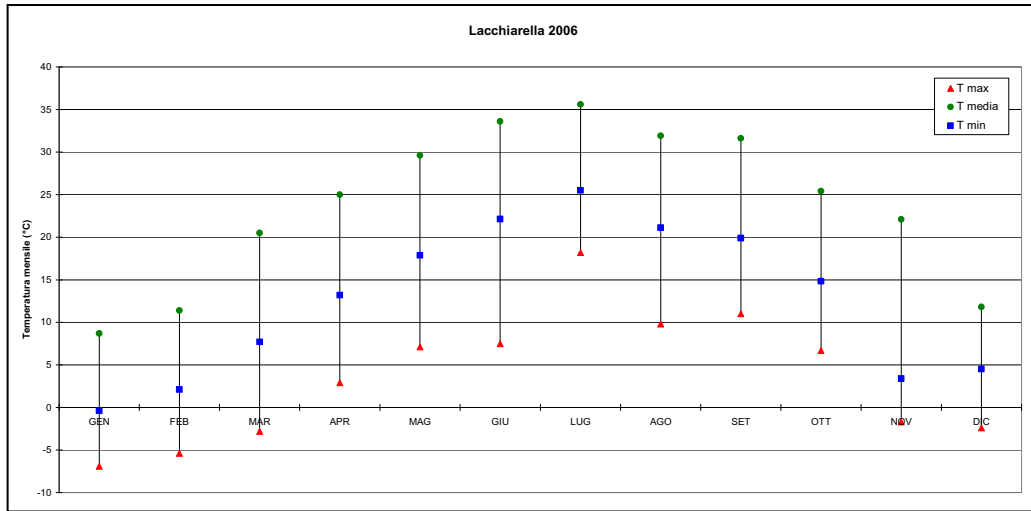


Figura 2-45. Temperature minime, medie e massime mensili nell'anno 2006 presso la stazione di Lacchiarella (ARPA).

LANDRIANO

Gli andamenti delle temperature minime, medie e massime mensili misurate nell'anno 2006 presso la stazione di Landriano sono illustrate in Figura 2-46. La validità dei dati è superiore al 94.9%, escluso il mese di aprile (85.0%).

Per tutte le statistiche rappresentate il valore minimo si ha nel mese di gennaio e il valore massimo si ha nel mese di luglio.

La temperatura massima mensile varia tra 9.2 °C e 38.3 °C. La temperatura minima mensile varia tra -7.7 °C e 15.8 °C. La temperatura media è compresa tra -0.9 °C e 26.4 °C.

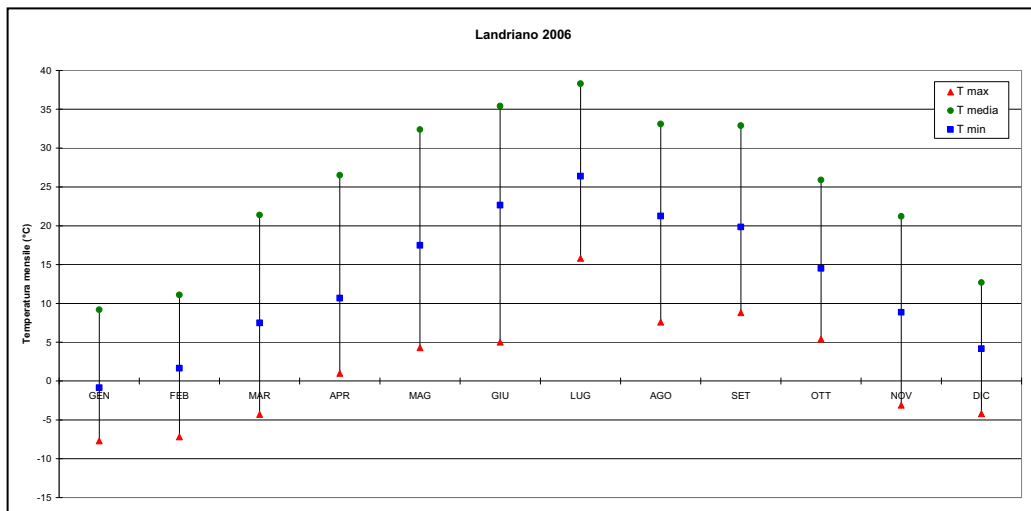


Figura 2-46. Temperature minime, medie e massime mensili nell'anno 2006 presso la stazione di Landriano (ARPA).

2.2.5 Umidità relativa

I valori massimi mensili di umidità relativa si attestano al 100% in tutte le stazioni considerate tranne nei mesi di marzo e dicembre (99%) presso Pavia e, in ogni mese, presso Vigevano, dove la massima umidità varia tra il 92% in giugno e il 97% in dicembre.

I valori minimi mensili di umidità relativa misurati dalle stazioni considerate nell'anno 2006 sono invece illustrati in Figura 2-47. Il valore minimo si osserva presso Castello d'Agogna (1% in aprile), mentre i valori più elevati della minima umidità relativa mensile, tra il 46% e il 55% si osservano in dicembre e gennaio.

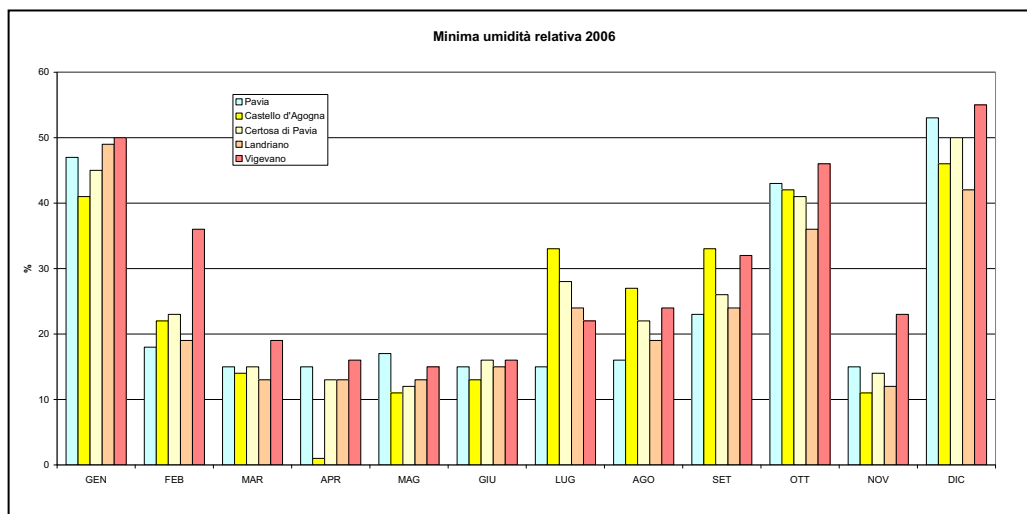


Figura 2-47. Umidità relativa minima nell'anno 2006 presso le stazioni considerate.

3 DESCRIZIONE DEL MODELLO

Il modello di dispersione degli inquinanti utilizzato in questo studio, AERMOD (US-EPA, 2005), richiede la caratterizzazione verticale di velocità e direzione del vento, temperatura e turbolenza. Disponendo di informazioni sia al suolo che in quota per il sito in esame, si è utilizzato il modello meteorologico CALMET per ricostruire tridimensionalmente, con risoluzione oraria, i principali campi meteorologici su un'area sufficientemente estesa da includere sia le stazioni di misura al suolo presentate nella precedente analisi meteorologica che le misure dei radiosondaggi presso l'aeroporto di Linate per quanto riguarda le misure in quota. L'output del modello CALMET è stato qui utilizzato al fine di estrarre le serie temporali al suolo e in quota delle variabili meteorologiche di input del modello AERMOD in corrispondenza del sito in esame.

CALMET (Scire et al., 2000a) è un modello meteorologico diagnostico, cioè in grado di ricostruire il campo di vento 3D su un dominio di calcolo con orografia complessa a partire da misure al suolo, da almeno un profilo verticale e dai dati su orografia e utilizzo del suolo.

Le variabili meteorologiche necessarie al suolo sono: velocità e direzione del vento, temperatura, copertura nuvolosa, altezza del cielo, pressione atmosferica, umidità relativa e rateo di precipitazione. Le variabili meteorologiche necessarie in quota, a distanze temporali non superiori

alle 12 ore, sono, ad ogni livello verticale: velocità e direzione del vento, temperatura, pressione e quota di misura.

Esso contiene inoltre degli algoritmi per il calcolo di parametri micrometeorologici 2D fondamentali nell'applicazione di modelli di dispersione in atmosfera, come, ad esempio, l'altezza di rimescolamento, la lunghezza di Monin-Obukhov, la velocità di frizione e la velocità convettiva. CALMET è stato recentemente modificato allo scopo di migliorare gli algoritmi di interpolazione della temperatura e del calcolo delle componenti diretta, riflessa e diffusa della radiazione solare tenendo conto dell'ombra indotta dall'orografia (Bellasio et al., 2005).

CALMET costituisce il modulo meteorologico del sistema modellistico CALMET/CALPUFF, che è indicato dalla US-EPA (2005) come preferito per la simulazione del trasporto degli inquinanti su lunghe distanze (da 50 km a diverse centinaia di km) e suggerito anche per la simulazione su distanze relativamente brevi quando le condizioni di orografia complessa possono generare situazioni di stagnazione, di ricircolo dei venti e variazioni spazio temporali delle condizioni meteorologiche.

Lo studio descritto in questo documento è stato realizzato utilizzando la versione del modello CALMET ufficialmente suggerita dalla US-EPA (Versione 5.8, Livello 070623).

Il diagramma di flusso del modello CALMET è illustrato in Figura 3-1. Il modulo per la ricostruzione del campo di vento utilizza un approccio costituito da due passi successivi.

Nel primo passo modifica il vento iniziale (Initial Guess Field) in funzione degli effetti cinematici del terreno e dei venti di pendenza e produce un primo campo di vento (Passo 1); nel secondo passo questo campo di vento viene modificato tramite una analisi oggettiva che introduce i dati misurati ed utilizza l'equazione di continuità (e, eventualmente, altri algoritmi specifici) al fine di produrre il campo di vento finale (Passo 2). In maniera opzionale, CALMET può utilizzare i campi di output di modelli meteorologici prognostici come CSUMM, MM4 e MM5. L'output dei modelli prognostici può essere utilizzati a tre diversi livelli:

- per la produzione dell'Initial Guess Field,
- per la produzione del campo vento al Passo 1,
- come pseudo osservazioni nella procedura di analisi oggettiva.

L'utilizzo dei campi di vento predetti da modelli meteorologici prognostici in alcuni casi ha il vantaggio di rappresentare meglio, rispetto all'utilizzo delle sole misure, certi aspetti legati alle circolazioni indotte dalle brezze di mare e di montagna.

Il modulo micrometeorologico presente in CALMET utilizza, sopra il suolo, i metodi di Holtslag e Van Ulden (Holtslag e Van Ulden, 1982, 1983) per il calcolo del flusso di calore sensibile, della lunghezza di Monin-Obukhov, della velocità di frizione. Sopra l'acqua invece si utilizza un metodo

diverso che prende in considerazione le diverse proprietà termiche. I parametri micrometeorologici vengono quindi utilizzati per calcolare lo spessore dello strato limite planetario e i coefficienti di dispersione turbolenta dei modelli di trasporto.

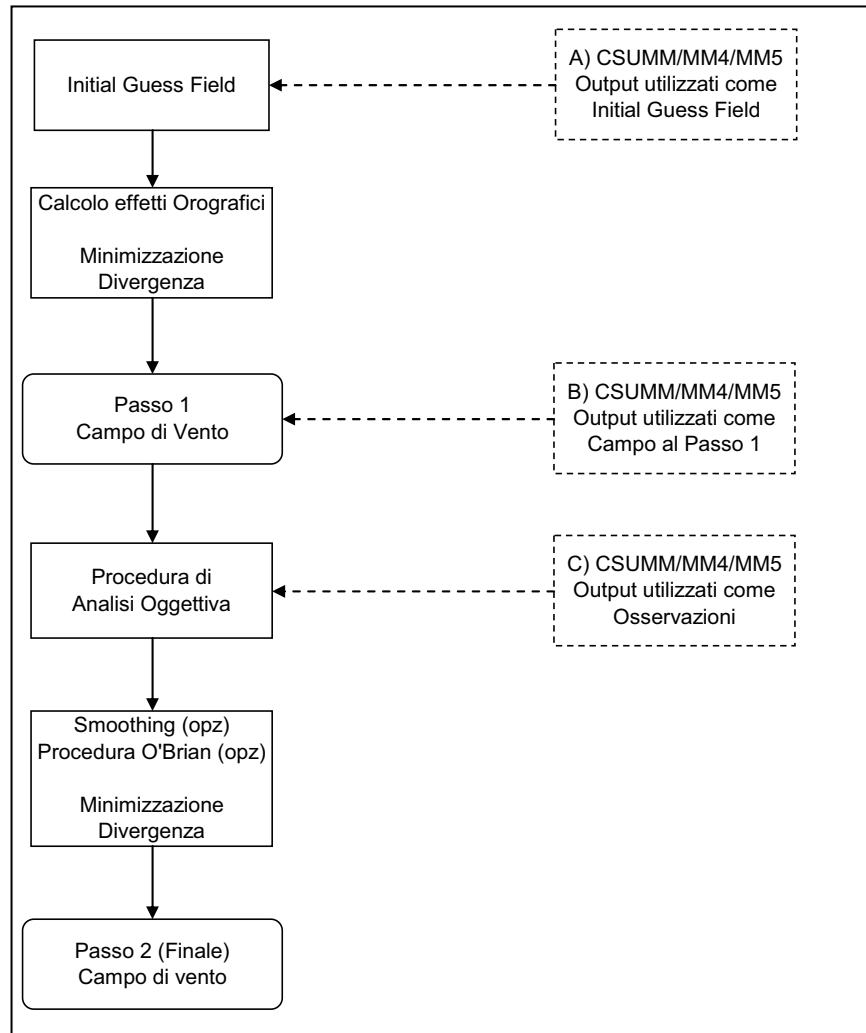


Figura 3-1. Schema a blocchi delle operazioni effettuate dal modello meteorologico diagnostico CALMET per la ricostruzione del campo di vento.

L'output di CALMET viene utilizzato in maniera diretta dal modello di dispersione Lagrangiano a puff CALPUFF (Scire et al., 2000b) e dal modello di dispersione Euleriano fotochimico CALGRID (Yamartino et al., 1989; Yamartino et al., 1992).

Il dominio di simulazione del modello meteorologico diagnostico CALMET (rappresentato in Figura 3-2 con un rettangolo verde) è situato per la maggior parte all'interno della Regione Lombardia, ma interessa anche aree del Piemonte e dell'Emilia Romagna. Il dominio è posizionato in modo tale che al suo interno sia compreso l'aeroporto di Linate a Nord Est, da cui derivano i radiosondaggi.

Le coordinate UTM 32T dell'angolo di Sud Ovest del dominio di CALMET sono $X = 472000$ m, $Y = 4977000$ m; la dimensione del dominio di simulazione è di 60×59 km².

Poiché il modello CALMET è di tipo diagnostico, per determinare i valori delle variabili in ogni punto del suo dominio esso effettua interpolazioni che dipendono dalla distanza. Quindi, in prossimità del sito industriale, il vento avrà caratteristiche dettate principalmente dalla rosa dei venti di Ferrera Erbognone.

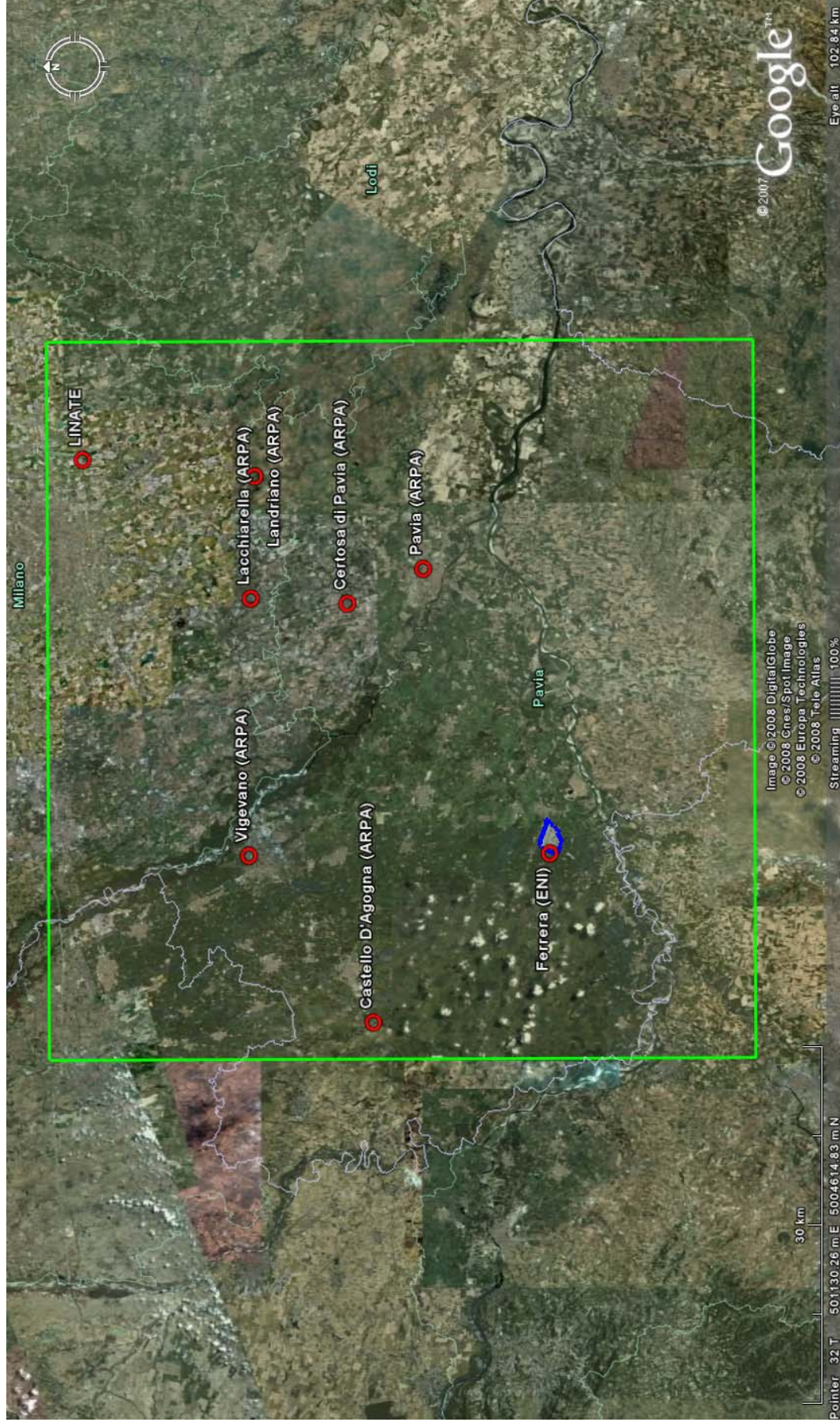


Figura 3-2. Dominio di simulazione del modello meteorologico diagnostico CALMET

La zona di studio è situata all'interno di un'area con orografia non molto complessa.

L'orografia media e l'utilizzo del suolo sono stati determinati per ogni cella del dominio di calcolo descritto a partire da dati originali che hanno una risoluzione di 30" (cioè circa 700 m in longitudine e 900 m in latitudine). Sia i dati di orografia così ottenuti che i dati di utilizzo del suolo (derivati da CORINE) sono stati verificati utilizzando mappe satellitari. La mappa di utilizzo del suolo ottenuta a seguito del procedimento descritto è mostrata in Figura 3-3. L'orografia media sulle celle di lato pari a 500 m (Figura 3-4) varia da circa 50 metri a circa 600 m nella zona a Sud Ovest del dominio.

In direzione verticale sono state utilizzate 8 griglie di calcolo per un'altezza totale di 3000 m. Il periodo temporale di simulazione è l'intero anno 2006.

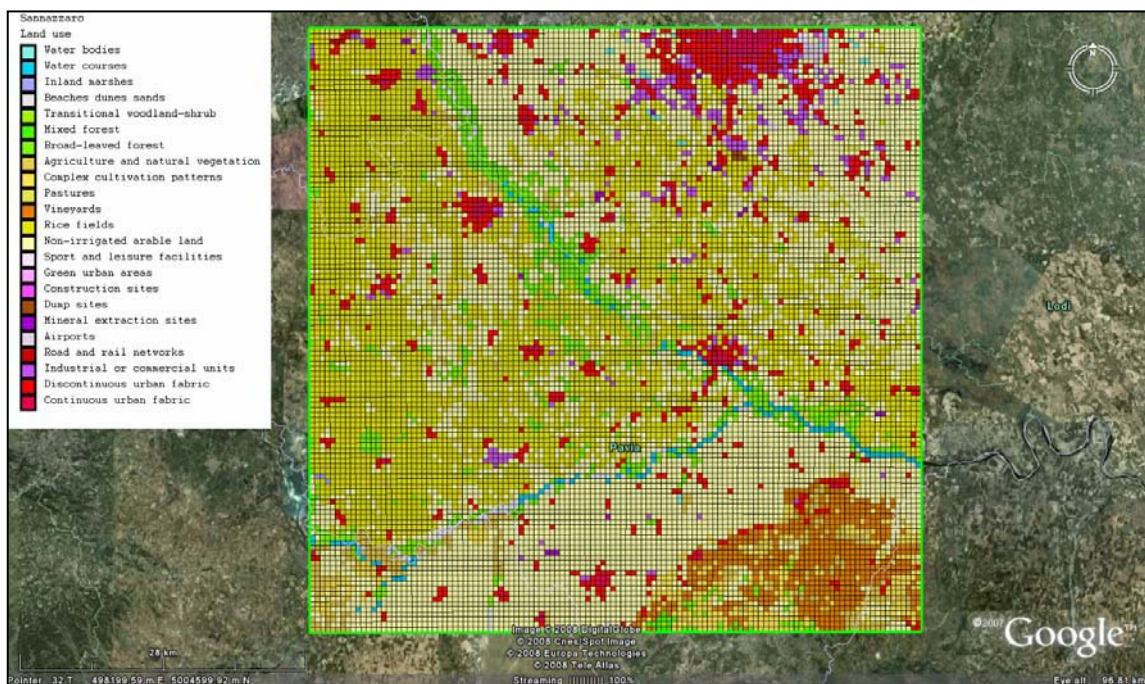


Figura 3-3. Utilizzo del suolo sul dominio discretizzato con celle di 500 m.

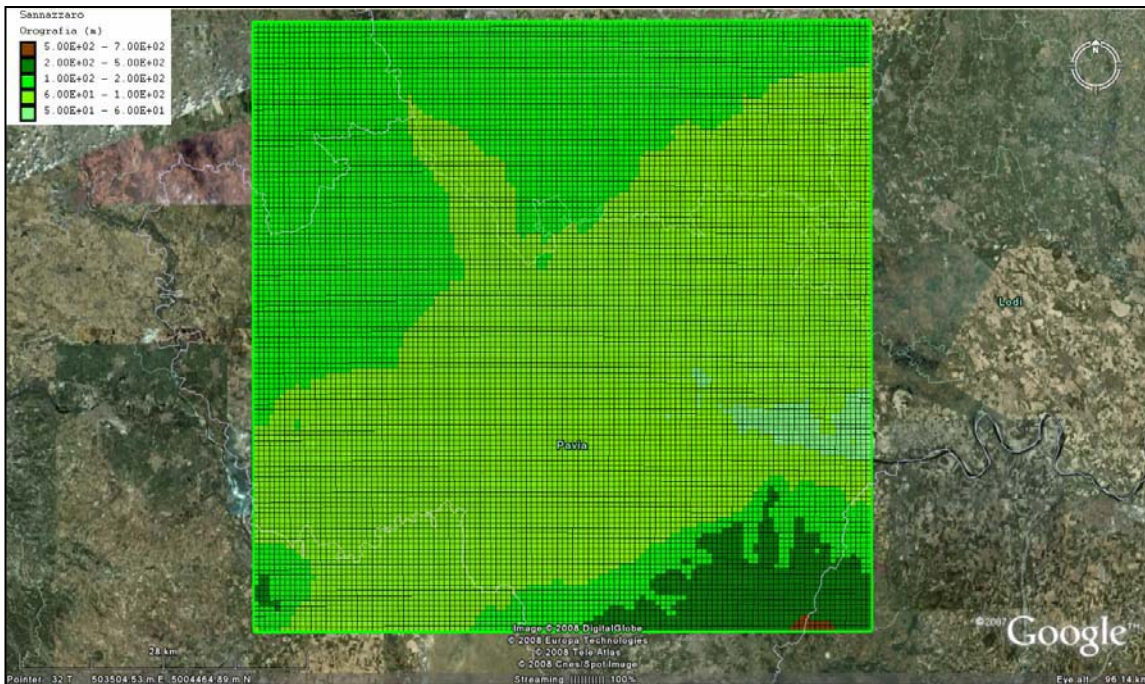


Figura 3-4. Orografia sul dominio discretizzato con celle di 500 m

3.1 Descrizione dell'output del modello CALMET

Questo paragrafo presenta i risultati dell'analisi dei campi meteorologici calcolati dal modello CALMET a partire dai dati meteorologici, orografici e di uso del territorio descritti nei paragrafi precedenti in corrispondenza del sito industriale oggetto del presente studio (nodo di coordinate 490000E,4994000N, UTM 32).

3.1.1 Vento

La Figura 3-5 riporta la rosa dei venti calcolata al primo livello (10 m sopra il suolo) in corrispondenza del sito industriale. Si nota la corrispondenza con il dato di input più vicino (Ferrera Erbognone, Figura 2-11).

I venti più frequenti provengono dall'arco compreso tra Sud e Ovest Sud Ovest (46.6%). La componente di Nord Nord Est ha frequenza superiore al 10%.

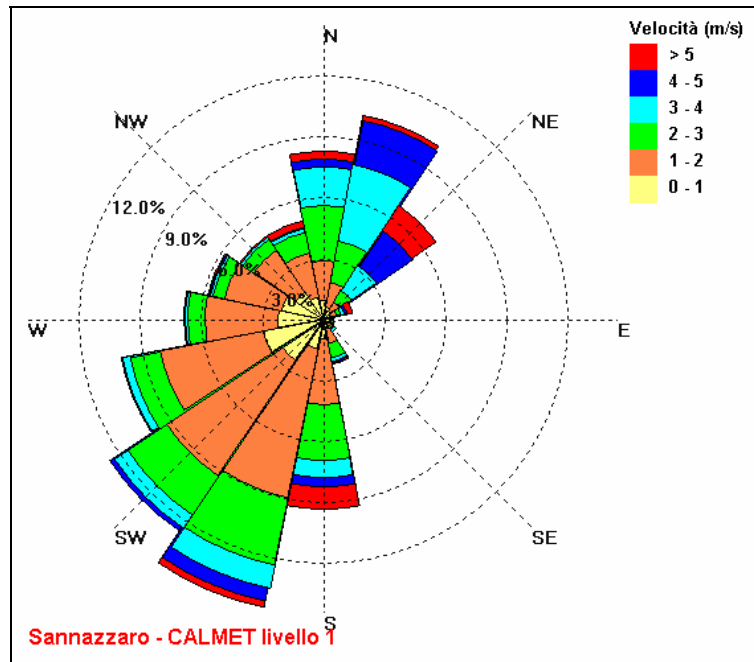


Figura 3-5. Rosa dei venti calcolati da CALMET al primo livello (10 m sopra il suolo) nell'anno 2006 presso l'area del sito industriale (coord UTM 32 490000E,4994000N).

I venti da Nord sono quelli che raggiungono le maggiori intensità. In particolare quelli da Nord Nord Ovest e da Nord presentano picchi superiori a 12 m/s (Figura 3-6).

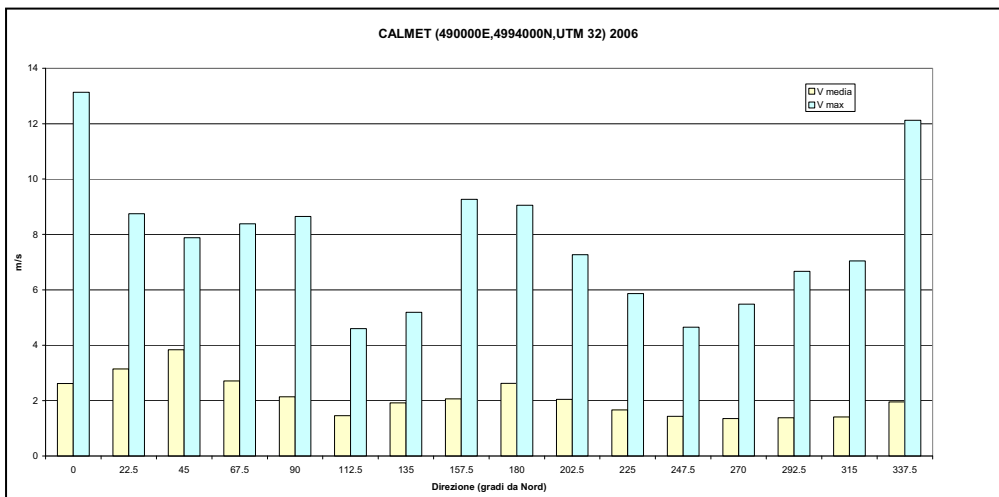


Figura 3-6. Velocità del vento calcolata da CALMET al primo livello (10 m sopra il suolo) nell'anno 2006 presso l'area del sito industriale (coord UTM 32 490000E,4994000N).

La Figura 3-7 riporta la rosa dei venti calcolati da CALMET al quarto livello (150 m sopra il suolo) in corrispondenza del sito industriale. Qualitativamente la rosa dei venti è simile a quella al suolo, con predominanza dei venti da Sud Ovest.

Lo stesso discorso vale per il vento al sesto livello (750 m sopra il suolo), la cui rosa dei venti è rappresentata in Figura 3-8. Tuttavia le intensità sono maggiori rispetto a quelle suolo, sia come valori medi che valori massimi, con picchi superiori a 20 m/s nel caso del quarto livello (Figura 3-9) e prossimi a 25 m/s nel caso del sesto livello (Figura 3-10).

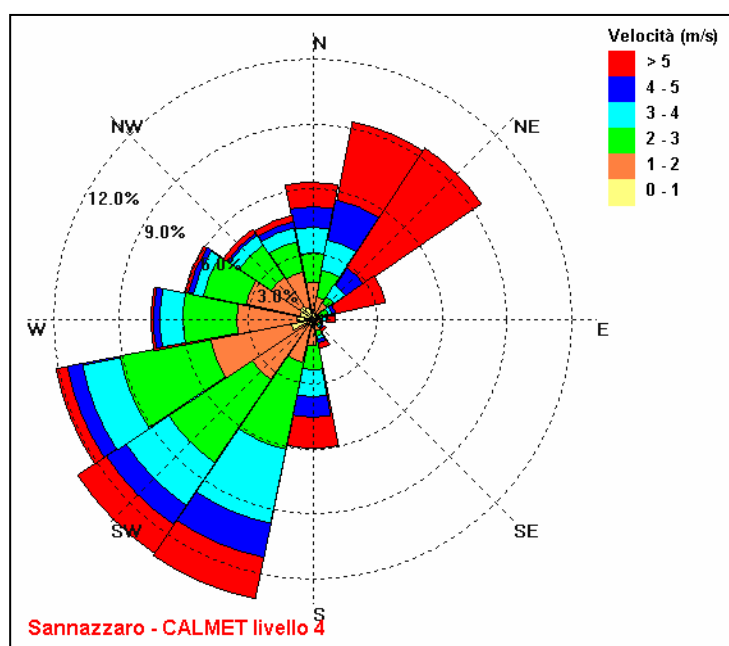


Figura 3-7. Rosa dei venti calcolato da CALMET al quarto livello (150 m sopra il suolo) nell'anno 2006 presso l'area del sito industriale (coord UTM 32 490000E,4994000N)

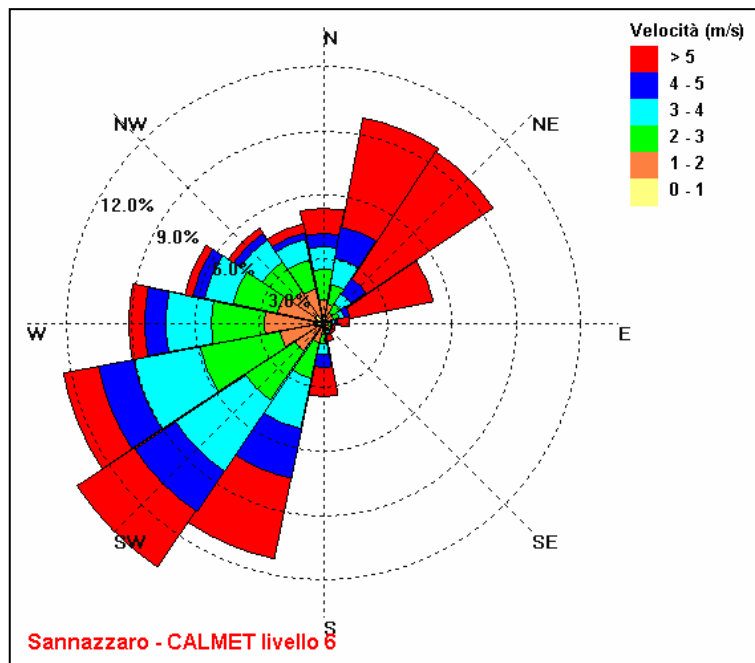


Figura 3-8. Rosa dei venti calcolato da CALMET al sesto livello (750 m sopra il suolo) nell'anno 2006 presso l'area del sito industriale (coord UTM 32 490000E,4994000N)

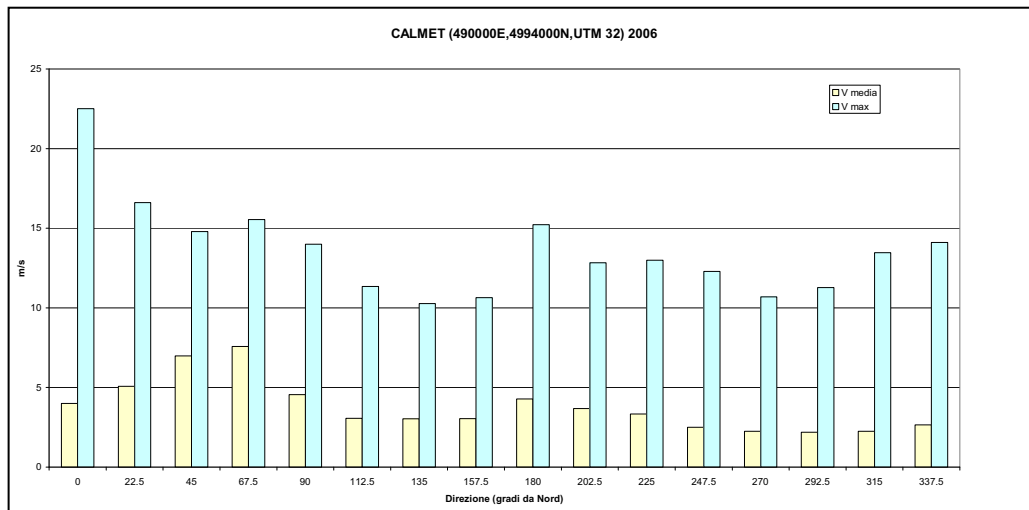


Figura 3-9. Velocità del vento calcolata da CALMET al quarto livello (150 m sopra il suolo) nell'anno 2006 presso l'area del sito industriale (coord UTM 32 490000E,4994000N).

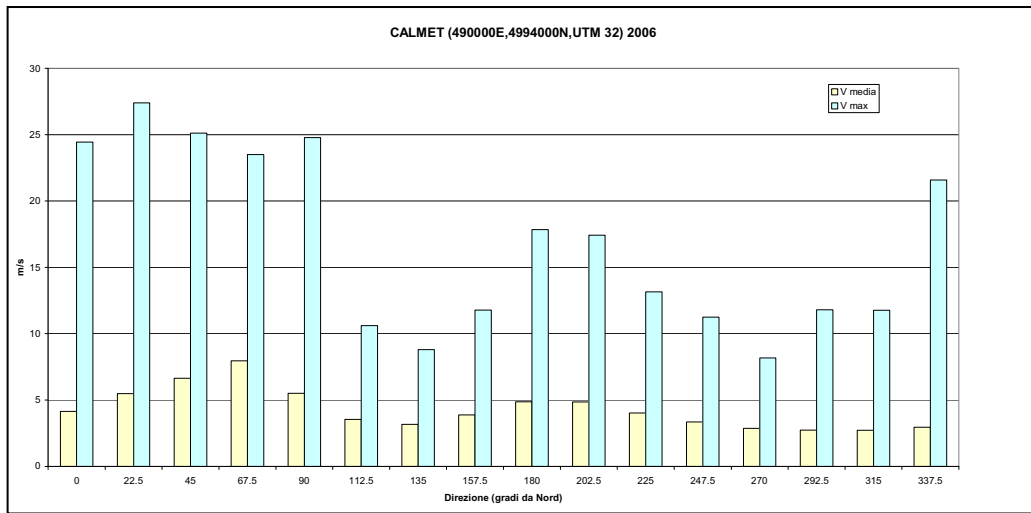


Figura 3-10. Velocità del vento calcolata da CALMET al sesto livello (750 m sopra il suolo) nell'anno 2006 presso l'area del sito industriale (coord UTM 32 490000E,4994000N).

Esempi di campo di vento a 10 m sul suolo sono riportati in Figura 3-11, Figura 3-12 e Figura 3-13.

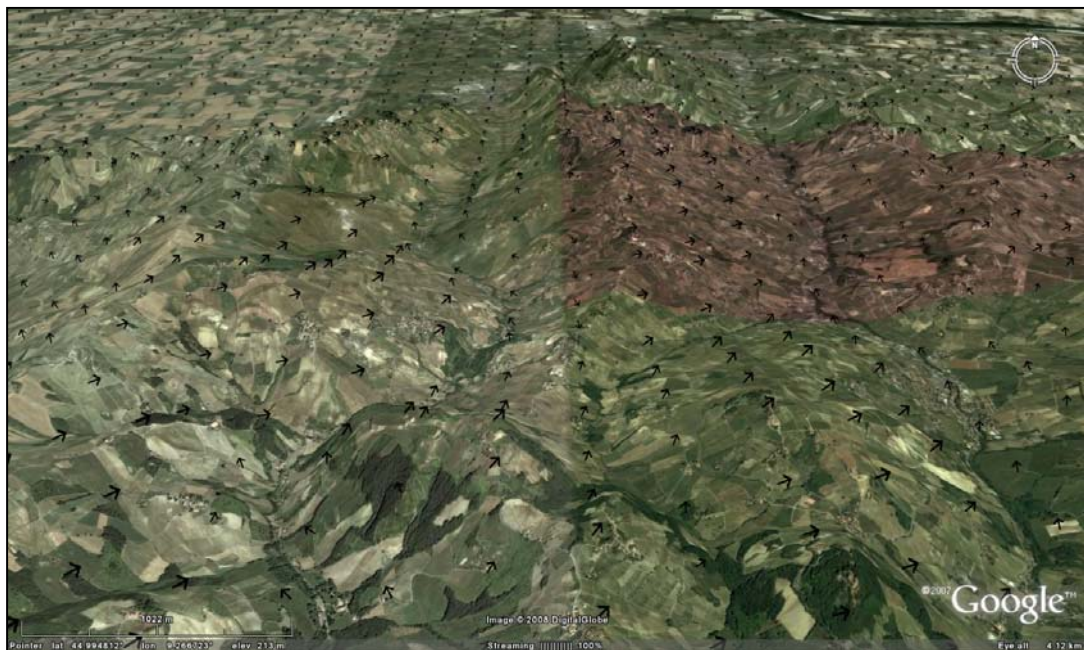


Figura 3-11. Esempio di campo di vento calcolato da CALMET al primo livello (10 m sopra il suolo)



Figura 3-12. Esempio di campo di vento calcolato da CALMET al primo livello (10 m sopra il suolo)



Figura 3-13. Esempio di campo di vento calcolato da CALMET al primo livello (10 m sopra il suolo)

3.1.2 Temperatura

L'andamento mensile della temperatura calcolata da CALMET al primo livello (10 m sopra il suolo) in corrispondenza del sito industriale è riportato in Figura 3-14. I valori calcolati sono consistenti con il dato di input. Le temperature presentano un andamento simile a quello osservato in corrispondenza delle stazioni di misura considerate.

La temperatura massima mensile varia tra 9.6 °C e 33.1 °C. La temperatura minima mensile varia tra -4.9 °C e 17.9 °C. La temperatura media è compresa tra 0.7 °C e 25.6 °C.

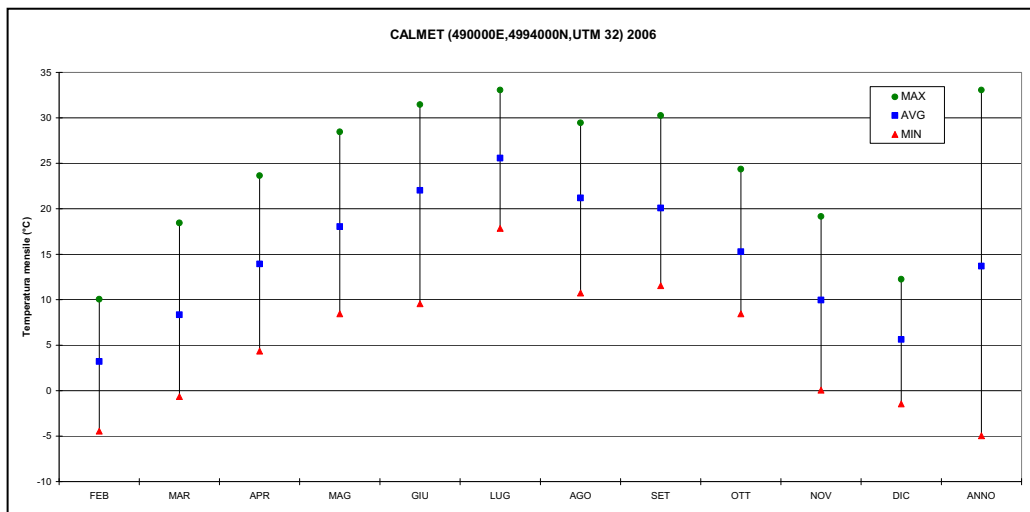


Figura 3-14. Temperature minime, medie e massime mensili calcolato da CALMET al primo livello (10 m sopra il suolo) nell’anno 2006 presso l’area del sito industriale (coord UTM 32 490000E,4994000N).

3.1.3 Strato di rimescolamento

L'altezza media e massima mensile dello strato di rimescolamento calcolato da CALMET è rappresentata in Figura 3-15. Lo strato di rimescolamento è mediamente più elevato nella stagione calda, a causa del maggiore irraggiamento solare e del maggior numero di ore diurne. Le altezze massime calcolate si raggiungono nei mesi di maggio e di giugno (2995 m). La maggiore altezza media mensile risulta per i mesi di luglio (930 m) e di giugno.

La Figura 3-16 presenta la distribuzione dell'altezza oraria dello stato di rimescolamento in funzione del numero di ore dell'anno. Il 50° percentile è circa 270 m e il 75° percentile circa 820 m.

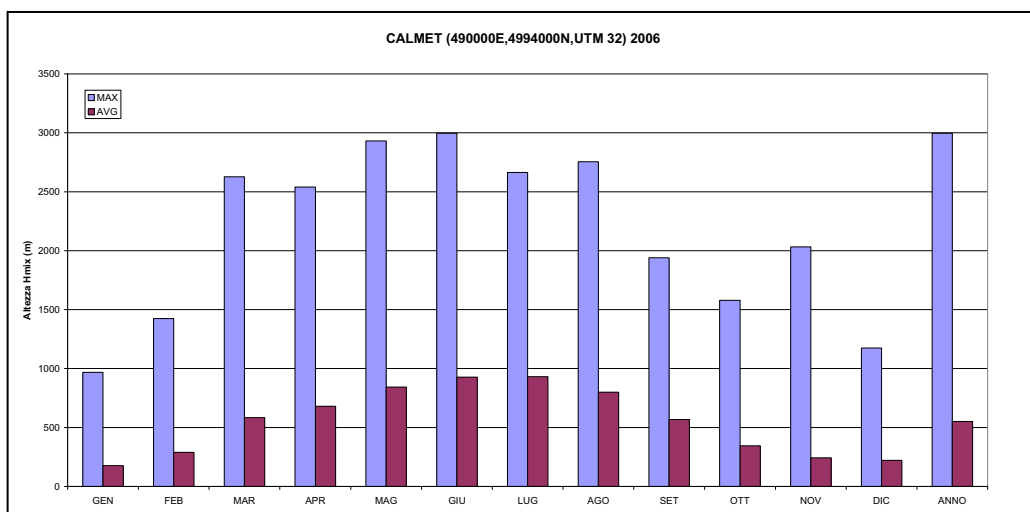


Figura 3-15. Altezza media e massima mensile dello strato di rimescolamento calcolato da CALMET al primo livello (10 m sopra il suolo) nell'anno 2006 presso l'area del sito industriale (coord UTM 32 490000E,4994000N).

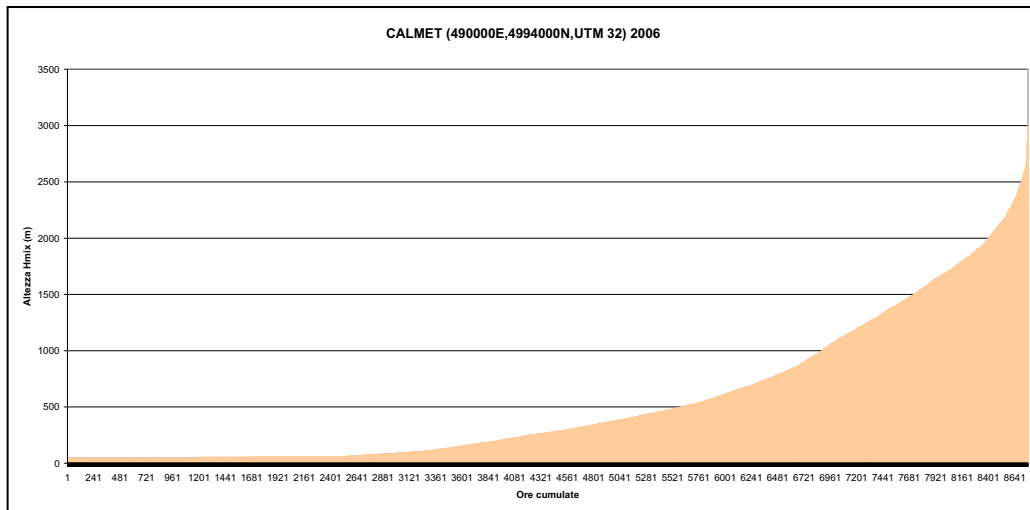


Figura 3-16. Distribuzione dell'altezza dello strato di rimescolamento calcolato da CALMET nell'anno 2006 presso l'area del sito industriale (coord UTM 32 490000E,4994000N).

3.2 Descrizione del modello di dispersione AERMOD

Lo sviluppo di AERMOD è iniziato nel 1991 sulla base delle conclusioni del gruppo AERMIC (American Meteorological Society / Environmental Protection Agency Regulatory Model Improvement Committee) che hanno delineato una nuova piattaforma per i modelli stazionari da utilizzare a fini regolatori, che abbia la capacità di simulare emissioni vicine al suolo o elevate e la capacità di trattare sia orografia piano, sia complessa. A partire dal 9/12/2006 AERMOD ha sostituito ISC3 tra i modelli di dispersione raccomandati dalla US-EPA (Environmental Protection Agency) per la simulazione dell'impatto generata da sorgenti industriali.

Caratteristiche peculiari di AERMOD sono la capacità di trattare l'inomogeneità verticale all'interno dello strato limite planetario (anche attraverso l'utilizzo di un profilo verticale di variabili meteorologiche), l'utilizzo di sorgenti areali di forma irregolare, un trattamento particolare per rilasci che avvengono al suolo e una limitazione del rimescolamento verticale nel caso di condizioni atmosferiche stabili.

La dispersione atmosferica in presenza di terreno complesso viene descritta da AERMOD in maniera più efficace rispetto ad ISC3.

La struttura del file di controllo di AERMOD (il file di input principale) e degli altri file di input è stata progettata identica a quella di ISC3, con differenze solo su alcune delle voci di input.

Il modulo AERMET è utilizzato per creare i file di input meteorologici di AERMOD a partire dai valori misurati. L'utilizzo di tale modulo non è tuttavia necessario qualora vengano utilizzati altri processori per creare i file di input di AERMOD a partire dalle misure o dai valori calcolati da un modello meteorologico. Per questo studio si è scelto di utilizzare l'output orari del modello meteorologico CALMET al suolo e in quota, in corrispondenza del sito in esame.

AERMOD richiede la disponibilità di input meteorologici da due punti, uno in superficie e l'altro da profilo verticale, entrambi con risoluzione oraria. Le variabili meteorologiche necessarie al file di

input superficiale sono il calore sensibile, la velocità di frizione, la velocità di scala convettiva, il gradiente di temperatura verticale nei 500 m sopra lo strato limite planetario, la dimensione dello strato limite di origine convettiva, la dimensione dello strato limite di origine meccanica, la lunghezza di Monin Obukhov, la rugosità superficiale, il rapporto di Bowen, l'albedo, la velocità del vento, la direzione del vento, la quota dell'anemometro, la temperatura e la quota del termometro.

Le variabili meteorologiche che devono essere contenute nel profilo verticale sono, per ogni quota, la quota stessa, la direzione del vento, la velocità del vento, la temperatura, la deviazione standard della direzione del vento e la deviazione standard della velocità verticale.

Il modulo AERMAP è un processore del terreno utilizzato, nel caso di simulazione su terreno complesso, per determinare l'altezza di scala di ciascun recettore.

AERMOD contiene numerosi miglioramenti nella trattazione degli aspetti significativi della dispersione degli inquinanti in atmosfera, rispetto ai modelli gaussiani convenzionali, tra cui ISCST3. Tali miglioramenti sono discussi in EPA (2003) e sintetizzati nel seguito:

3.2.1 *Input meteorologico*

Nei modelli gaussiani convenzionali si utilizza un solo livello di dati meteorologici, a partire dai quali si costruisce un unico profilo verticale delle variabili. Al contrario, AERMOD crea i profili di vento, temperatura e turbolenza usando tutti i livelli di misura disponibili. AERMOD è pertanto in grado di utilizzare l'informazione proveniente da un modello meteorologico tridimensionale, quale in modello CALMET utilizzato per questo studio.

3.2.2 *Uso dei parametri meteorologici*

I modelli gaussiani convenzionali utilizzano il valore - eventualmente estrapolato - alla bocca del camino per tutte le variabili. In AERMOD, le variabili vengono stimate entro l'intero pennacchio (mediate dal centro del pennacchio fino a 2.15 sigma z al di sotto dell'asse, tenendo conto dei cambiamenti con la distanza sottovento).

3.2.3 *Turbolenza*

I modelli gaussiani si basano su 6 classi di stabilità discrete; inoltre, le curve per i parametri di dispersione corrispondenti (Pasquill Gifford) si basano su rilasci in superficie (e.g. Prairie Grass). Al contrario, AERMOD usa profili di turbolenza sia orizzontale, sia verticale (da misure e/o teoria dello strato limite) utilizzando un approccio continuo.

3.2.4 *Dispersione in condizioni convettive*

AERMOD è in grado di descrivere la dispersione verticale non gaussiana dovuta alla presenza di updraft e downdraft, con un approccio basato sulla funzione di densità di probabilità dei moti convettivi.

Mentre i modelli gaussiani come ISCST3 assumono una concentrazione nulla al suolo se l'asse centrale del pennacchio è al di sopra del limite superiore dello strato rimescolato, in AERMOD si considerano – in condizioni convettive - tre componenti del pennacchio: un pennacchio “diretto” che viene portato al suolo da un downdraft, un pennacchio indiretto che viene catturato da un updraft, raggiunge il lid superiore e viene eventualmente riportato in basso al suolo da un downdraft, e un pennacchio che penetra il mixing lid e si disperde più lentamente nello strato limite stabile al di sopra (e che può successivamente rientrare nello strato rimescolato e disperdersi al suolo).

Il trattamento di AERMOD evita quindi le potenziali sottostime dovute al trattamento “tutto o niente” del pennacchio.

3.2.5 *Dispersione in condizioni stabili*

In condizioni stabili entrambi i modelli descrivono in termini gaussiani la dispersione lungo la componente orizzontale e la componente verticale. Tuttavia, mentre in genere nei modelli gaussiani convenzionali si ipotizza uno strato limite infinito, AERMOD tiene conto di una possibile riflessione da parte di un lid superiore.

3.2.6 *Innalzamento del pennacchio*

I modelli gaussiani convenzionali utilizzano tipicamente le equazioni di Briggs con velocità del vento all'altezza della bocca del camino e gradiente verticale di temperatura, AERMOD in condizioni stabili usa le equazioni di Briggs con venti e gradienti di temperatura all'altezza della bocca del camino e a metà distanza dall'innalzamento finale del pennacchio; in condizioni convettive l'innalzamento viene sovrapposto agli spostamenti causati dalle componenti random delle velocità convettive.

3.2.7 *Trattazione dell'ambiente urbano*

In AERMOD le sorgenti possono essere individualmente trattate come rurali o urbane, oltre a poter specificare la distribuzione di popolazione a partire dalla quale le sorgenti possono essere discriminate dal codice tra urbane e rurali.

3.2.8 *Terreno complesso*

AERMOD dispone di un preprocessore per il terreno (AERMAP) che predispone i dati per l'utilizzo di algoritmi avanzati che discriminano la divisione della streamline in base ad un'altezza critica.