



**CIRIAF**  
Centro Interuniversitario  
di Ricerca sull'Inquinamento  
da Agenti Fisici - "Mauro Felli"

**ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN  
MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA  
REGIONE UMBRIA E CIRIAF**

Relazione tecnico-scientifica

Data: Luglio 2013

Foglio 1 di 39

# ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF

## REPORT ATTIVITA' LUGLIO 2013

**Committente**

**Regione Umbria**

**Gruppo di Lavoro**

**Prof. Ing. Francesco Castellani  
Dott. Emanuele Piccioni**

## Indice

<b>1.</b>	<b>Introduzione .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Strumenti e Metodologie .....</b>	<b>4</b>
2.1	<i>La fluidodinamica computazionale .....</i>	<i>4</i>
2.2	<i>Climatologie.....</i>	<i>5</i>
2.2.1	<i>Climatologie fornite dalla Regione Umbria .....</i>	<i>5</i>
2.2.2	<i>Climatologie a disposizione dell'Università di Perugia .....</i>	<i>7</i>
2.3	<i>Modelli del terreno.....</i>	<i>9</i>
2.3.1	<i>Modellazione Mesoscala .....</i>	<i>10</i>
2.3.2	<i>Modellazione Microscala e Nesting.....</i>	<i>16</i>
<b>3.</b>	<b>Carte eoliche.....</b>	<b>21</b>
3.1	<i>Aree maggiormente ventose .....</i>	<i>24</i>
<b>4.</b>	<b>Vincolistica .....</b>	<b>27</b>
4.1	<i>Comuni interessati da aree ventose fuori vincolo .....</i>	<i>34</i>
<b>5.</b>	<b>Breve analisi del nuovo regime di incentivazione .....</b>	<b>36</b>
<b>6.</b>	<b>Conclusioni e sviluppi futuri.....</b>	<b>39</b>

	<b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b>	
Relazione tecnico-scientifica	Data: Luglio 2013	Foglio <b>3</b> di <b>39</b>

## 1. Introduzione

Il presente lavoro costituisce la prima relazione riguardante le attività svolte dal CIRIAF e dall'Università di Perugia all'interno dell' ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF.

Nel documento saranno analizzate alcune tecniche ed i primi risultati della caratterizzazione dell'intera regione in termini di velocità media del vento stimata a 50 m dal suolo.

Nella prima parte saranno illustrate le tecniche fluidodinamiche utilizzate, mentre nella seconda parte verranno fatte delle considerazioni riguardanti le aree maggiormente vocate dal punto di vista di velocità media più elevata. I risultati di questa sezione saranno confrontati con quelli della vincolistica regionale vigente.

A valle del confronto ne risulterà una valutazione dei comuni potenzialmente interessati - per caratteristiche vincolistico-ambientali – all'approfondimento delle caratteristiche eoliche in ottica di una programmazione energetica che consideri aree idonee alla installazione di turbine eoliche di taglie differenti.

Le parti successive del lavoro riguarderanno:

- aggiornamento tecnico-economico riguardante le attuali forme di incentivazione alla produzione di energia da fonte eolica, analisi che risulta utile al fine di inquadrare il territorio della Regione Umbria in termini di fattibilità economica degli interventi;
- analisi delle criticità normative per l'autorizzazione dell'installazione di campi eolici di differenti taglie
- proposte metodologiche ed operative per lo sviluppo dell'energia eolica all'interno di un quadro condiviso con le realtà comunali del territorio

	<b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b>	
Relazione tecnico-scientifica	Data: Luglio 2013	Foglio 4 di 39

## 2. Strumenti e Metodologie

### 2.1 La fluidodinamica computazionale

In questa sezione si intende fare una rapida rivista delle principali metodologie e teorie con cui viene simulato il comportamento dei campi di vento su terreno complesso, per poter quindi passare alla discussione delle tecniche adottate nel calcolo della carta eolica a 50 m della Regione Umbria.

Terreni di alta complessità orografica e grande estensione vengono in genere indagati mediante l'ausilio di tecniche di fluidodinamica computazionale. Modelli con approssimazione lineare delle equazioni che governano il flusso hanno la caratteristica di poter essere agevolmente utilizzati in situazioni con orografia non complessa e permettono in genere una buona caratterizzazione delle caratteristiche di rugosità superficiale, unitamente alla relativa brevità dei tempi di calcolo richiesti. L'uso dei modelli lineari è consigliabile ed attendibile solo per condizioni climatiche neutre e pendenze contenute, al massimo intorno al 20%.

La complessità del territorio umbro non permette però l'uso di detta modellazione, in quanto le grandi pendenze e differenze altimetriche precipue delle zone oggetto delle analisi impongono un approccio che preveda calcoli di fluidodinamica computazionale (CFD).

La CFD si pone oggi come una strada intermedia tra la fluidodinamica teorica e quella sperimentale, e permette lo svolgimento di esperimenti numerici le cui applicazioni sono assai varie. Nata intorno al 1970, inizialmente la CFD era caratterizzata da algoritmi che potevano risolvere solo un flusso bidimensionale. A partire dagli anni '90 vennero proposte un gran numero di soluzioni per flussi tridimensionali, ed ora il calcolo 3-D rappresenta uno standard per le esigenze industriali di design. Lo sviluppo della CFD è legato alle esigenze dell'industria aerospaziale, ma oggi trova innumerevoli applicazioni nell'industria automobilistica, nella manifatturiera e nell'ingegneria sia energetica che civile o ambientale.

Le equazioni che governano il calcolo dell'evoluzione del flusso scaturiscono da 3 principi:

1. Conservazione della massa

	<b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b>	
Relazione tecnico-scientifica	Data: Luglio 2013	Foglio 5 di 39

2. Seconda legge di Newton  $F^{\vec{}} = m\vec{a}$
3. Conservazione dell'energia

L'analisi condotta è stata possibile grazie ai dati di alcune torri anemometriche dislocate nel territorio umbro. Va notato che la distribuzione degli anemometri i cui dati erano a disposizione per il presente studio ed il numero degli anemometri stessi, in rapporto all'estensione totale del territorio da caratterizzare, hanno imposto il calcolo dei flussi su aree molto vaste, su cui erano disponibili poche climatologie. Questa situazione ha comportato la messa a punto di metodologie proprie della CFD, quali il passaggio da modelli mesoscala a microscala e successiva trattazione delle climatologie (metodi che saranno oggetto dei prossimi paragrafi), che solo l'uso di tecniche di fluidodinamica computazionale avrebbe permesso.

## 2.2 Climatologie

### 2.2.1 Climatologie fornite dalla Regione Umbria

In base ad accordi intercorsi tra Università di Perugia, CIRIAF, Regione dell'Umbria ed imprese attive sul territorio delle Regione per la valutazione della disponibilità della risorsa eolica, si avevano a disposizione alcune climatologie.

Alcune stazioni sono state rese disponibili dalla Regione Umbria. L'analisi dei dati forniti è oggetto dei report allegati al presente lavoro.

Si avevano a disposizione dati forniti dalla Regione Umbria provenienti dalle seguenti 18 stazioni:

- Perugia Sede
  - Narni
  - Polvese
  - Passignano
  - Forca Canapine
  - La Bolsella
-

	<b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b>	
Relazione tecnico-scientifica	Data: Luglio 2013	Foglio <b>6</b> di <b>39</b>

- La Cima
- Montedoglio
- Ponte Santa Maria
- Tresa
- Strada Provinciale 302
- Armenzano
- Carestello Meteo
- Casigliano
- Cerbara
- Foligno
- Gubbio
- Piediluco

I databases disponibili erano molto vari. Per alcune stazioni si aveva un dato mediato sui 10', per altre su 30' ed in alcuni casi all'interno del database inerente ad un'unica stazione si avevano periodi con medie sui 10' ed altri con medie sui 30'. In alcune stazioni per altro il dato di velocità media rilevato si riferiva a km/h mentre le altre avevano dati in m/s.

L'analisi dei dati disponibili, opportunamente filtrati e processati al fine di eliminare cattivi funzionamenti o valori non fisici, ha mostrato medie della velocità del vento molto basse, a causa della localizzazione delle stazioni meteorologiche e delle basse altezze delle torri anemometriche (tutte intorno ai 10 m). I risultati delle analisi, le distribuzioni della velocità, le medie giornaliere mensili ed annuali, le disponibilità dei dati e le rose del vento sono oggetto dei report anemologici inerenti le singole stazioni allegati alla presente relazione.

L'unica stazione con velocità media del vento utile ad essere utilizzata per considerazioni anemologiche era quella di Forche Canapine. L'ubicazione di quest'ultima in aree vincolate a causa dell'altitudine (sempre sopra i 1200 m), della presenza di parchi e dell'esposizione panoramica, e la scarsa significatività dei valori riscontrati per le altre stazioni ha spinto la presente analisi all'utilizzo di altre climatologie, a disposizione dell'Università di Perugia a seguito di accordi con aziende produttrici o disponibili per scopi di ricerca.

	<b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b>	Foglio 7 di 39
Relazione tecnico-scientifica	Data: Luglio 2013	

## 2.2.2 Climatologie a disposizione dell'Università di Perugia

Le climatologie disponibili all'università di Perugia sono quelle presentate nella seguente tabella.

Le singole stazioni sono state indentificate mediante un nome che indica la dicitura ANEM ed un numero progressivo, nome quest'ultimo utilizzato per semplificare l'identificazione delle climatologie e la messa a punto dei modelli digitali del terreno.

Nella tabella 1 sono indicate le posizioni degli anemometri in coordinate UTM - zona 33 - WGS 84. I dati provenienti dalle seguenti stazioni sono stati ritenuti utilizzabili per gli scopi del presente studio a causa soprattutto della loro ubicazione, in quanto trattandosi di anemometri installati in genere per la stima della producibilità eolica, sono localizzati in posizioni significative dal punto di vista anemologico, ovvero sui crinali di montagne, sulla cima di dossi o colline, in aree scoperte dal punto di vista vegetazionale e con esposizione non ostruita dalla presenza di costruzioni o manufatti in grado di schermare il flusso ed inficiare la bontà del dato analizzato.

NOME IDENTIFICATIVO	X COORD (UTM 33 WGS 84)	Y COORD (UTM 33 WGS 84)	ALTEZZA S.L.T. (m)
ANEM1	286959.624	4831761.124	20
ANEM2	320724.245	4750494.755	15
ANEM3	330829.014	4763884.535	40
ANEM4	330205.982	4778006.267	40
ANEM5	301617.638	4739447.903	40
ANEM6	327647.197	4723799.278	15
ANEM7	323545.081	4786256.092	20
ANEM8	327717.044	4772975.354	15
ANEM9	272976.164	4743065.746	15
ANEM10	314349.185	4808081.654	15
ANEM11	332822.982	4762045.575	10
ANEM12	289235.817	4703031.468	50

**Tabella 1: Posizione e nomenclatura delle climatologie utilizzate per la caratterizzazione anemologica della Regione Umbria**

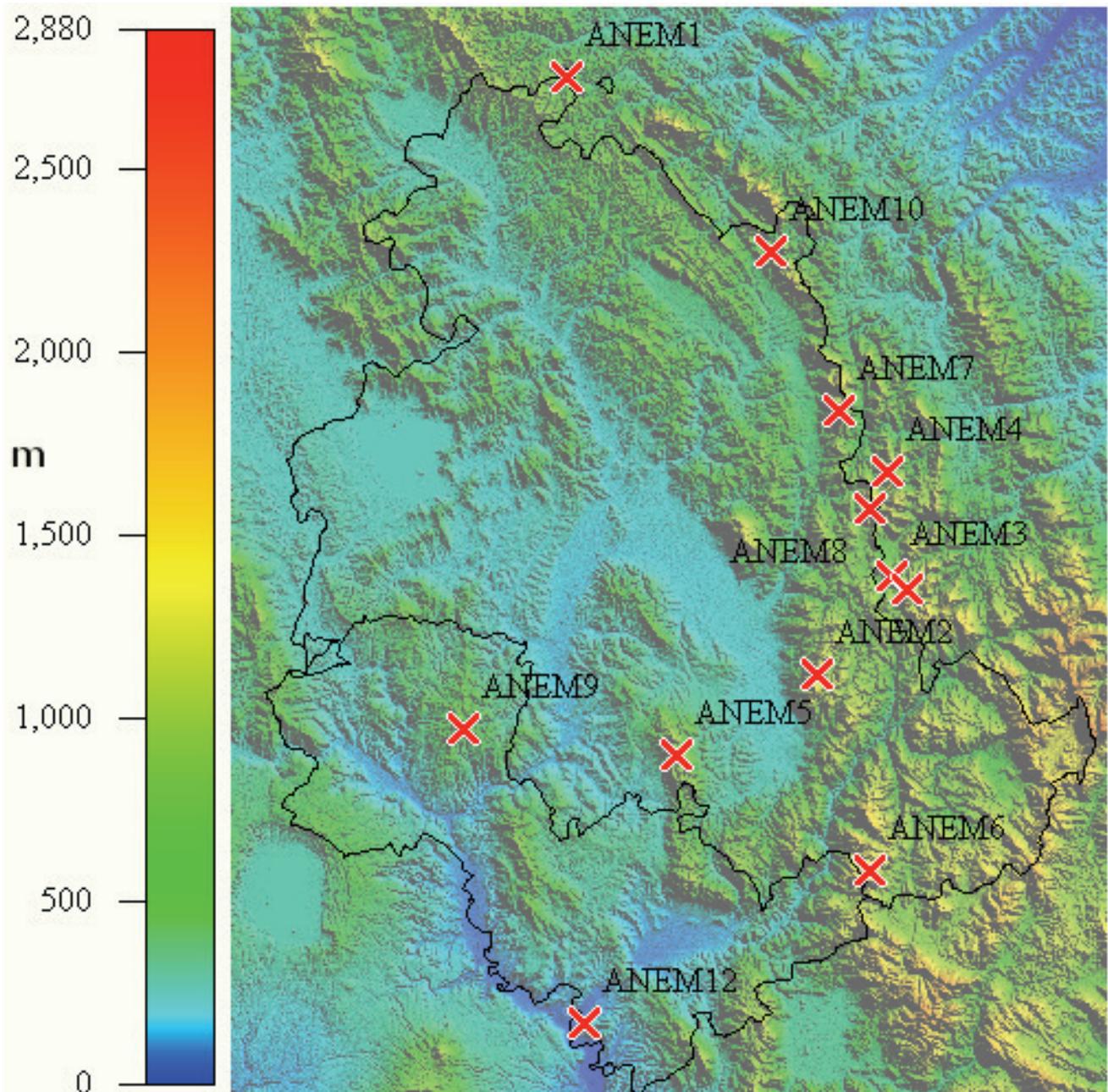
La localizzazione delle stazioni anemometriche è oggetto della seguente figura Fig. 2.1, in cui vengono inquadrare in una carta delle Province della Regione Umbria e sovrapposte alla modellazione digitale del terreno Umbro ASTER Digital Elevation Model (ASTERDEM).

	<p align="center"><b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b></p>	
<p>Relazione tecnico-scientifica</p>	<p>Data: Luglio 2013</p>	<p>Foglio 8 di 39</p>

In generale la corretta valutazione della risorsa eolica di un sito presuppone una campagna di rilevazioni anemometriche molto particolareggiata in quanto gli effetti locali, alle altezze dal suolo interessate dalle turbine eoliche, sono preponderanti rispetto agli effetti dei flussi climatologici geostrofici. In particolare il corretto inserimento delle turbine nelle aree maggiormente ventose può essere valutato esclusivamente con dati anemologici rilevati con una o più torri anemometriche nel sito che si intende studiare, con estensioni areali che comprendano pochi  $km^2$ . Effetti di rugosità superficiale, di stabilità atmosferica, oltre alle caratteristiche orografiche (che sono oggetto dei modelli digitali del terreno), che hanno un grande effetto sulla producibilità energetica dei parchi eolici, possono essere compresi esclusivamente con misurazioni particolareggiate e prolungate in loco.

Risulta evidente dalla localizzazione e dal numero delle stazioni anemometriche in rapporto all'estensione del territorio, la difficoltà di caratterizzare dal punto di vista eolico aree tanto vaste. Le valutazioni che verranno fatte per la ventosità media a 50 m dal suolo pertanto non possono essere considerate esaustive, ed in particolare per le turbine minieoliche, che sono interessate dai venti a bassi livelli sul terreno, si possono fare solo considerazioni qualitative e di massima, non essendo possibile, a questo livello di dettaglio, spingersi oltre.

In particolare le aree della Provincia di Terni sono interessate dalla presenza di due soli anemometri, ed in generale giova sottolineare come la caratterizzazione della risorsa eolica dei comuni umbri porterà a risultati che comunque devono essere considerati in rapporto alla scarsa disponibilità su tutto il territorio di adeguate climatologie. Lo studio che ne risulterà dovrà essere considerato come un primo tentativo di razionalizzazione e visione globale delle risorse eoliche, senza pretesa di fornire indicazioni esaustive o men che meno discriminatorie verso taluni Comuni rispetto ad altri, o fornire addirittura indicazioni di carattere economico sulla fattibilità degli impianti in alcune zone rispetto ad altre. L'installazione delle turbine eoliche deve essere sempre sottoposta ad analisi di micrositing, che possano cogliere nel dettaglio gli aspetti locali del flusso, le caratteristiche di rugosità, di turbolenza ed orografia, che non possono essere oggetto del presente lavoro.



**Figura 2.1** Disposizione delle climatologie su modello del terreno ASTERDEM

## 2.3 Modelli del terreno

Data l'ampiezza del territorio analizzato si è proceduto ad un sezionamento dello stesso, che permettesse procedure di calcolo dettagliate negli intorno degli anemometri, ed a partire dai risultati

	<b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b>	
Relazione tecnico-scientifica	Data: Luglio 2013	Foglio <b>10</b> di <b>39</b>

di dettaglio si è proceduto ad estendere i risultati della caratterizzazione del flusso su aree più vaste, sfruttando il calcolo dei modelli più raffinati.

Per il calcolo delle caratteristiche del flusso nelle aree di interesse si necessita in prima istanza di un modello digitale del terreno (DTM), su cui poi impostare le condizioni al contorno per i calcoli fluidodinamici.

Dividiamo la modellazione del terreno e il conseguente calcolo dei campi di flusso in due fasi.

- La prima fase (Modellazione Mesoscala ) concerne la divisione del territorio in macro aree dette MESO MODELLI, costruite intorno ai punti ove sono ubicati gli anemometri. Sui MESO MODELLI si procede al primo calcolo dei campi di vento.
- La seconda fase è quella dell'individuazione di aree più ristrette (MICRO MODELLI) in un intorno delle torri anemometriche, nelle quali si attua una procedura di Nesting, e in cui i campi di vento saranno ricalcolati. In questa seconda fase le climatologie saranno esportate ad un'altezza congrua per poter essere utilizzate nei MESO MODELLI per la valutazione delle mappe di vento

### **2.3.1 Modellazione Mesoscala**

In questa fase sono stati composti dei modelli digitali del terreno molto ampi, con dimensioni intorno ai 20x30  $km^2$ , comprendenti al loro interno la posizione di almeno un anemometro.

In corrispondenza di ogni anemometro è stato necessario comporre anche più di un modello del terreno, per poter sovrapporre tra loro i modelli e quindi coprire con la modellazione l'intero territorio di interesse.

Si fornisce un resoconto della modellazione per la prima parte dello studio compiuto, concernente la Provincia di Terni. Le procedure usate per la Provincia di Perugia sono analoghe e saranno oggetto dei prossimi aggiornamenti del lavoro. Una prima fase di calcolo è stata svolta anche per la Provincia di Perugia, ma trattandosi di una fase non definitiva si presenta la parte di lavoro inerente la provincia di Terni.

La modellazione del terreno ha tenuto conto delle caratteristiche orografiche delle zone ove sono ubicati gli anemometri, cercando di comprendere nel calcolo la continuità dei crinali, non

	<b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b>	
Relazione tecnico-scientifica	Data: Luglio 2013	Foglio <b>11</b> di <b>39</b>

interrompendo al contorno i massicci montuosi o gli avvallamenti, per poter dare al calcolo esaustività.

I mesomodelli sono calcolati per una prima inizializzazione dei flussi, che poi saranno ricalcolati nel dettaglio con la procedura di Nesting. Questa prima fase del calcolo è svolta con maglie di calcolo ampie, mentre nel Nesting la griglia di calcolo è molto più stretta.

La griglia impostata per le mappe mesoscala prevede una risoluzione di calcolo di circa 130m di lato, variabile a seconda dell'estensione del modello, avendo imposto un numero di celle massimo di 3000000.

Al calcolo fluidodinamico servono anche informazioni riguardanti la rugosità superficiale, la quale è stata ottenuta mediante modellazione del CORINE LAND COVER; la rugosità in genere viene analizzata con una griglia di calcolo molto più stretta, in genere intorno ai 5mx5m. La vastità delle aree studiate però non ha permesso per tutte di giungere a questa risoluzione, a causa delle difficoltà del calcolo connesse.

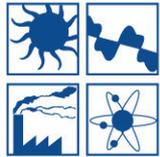
Nella seguente tabella si presentano gli estremi dei modelli del terreno utilizzati nel calcolo per ricoprire la Provincia di Terni, in coordinate UTM 33 WGS 84, l'estensione dei modelli e la risoluzione del modello della rugosità. I modelli sono identificati da un numero progressivo.

<b>PROVINCIA DI TERNI</b>							
<b>MESO MODELLO</b>	Y max	Y min	X max	X min	Estensione Nord (m)	Estensione est (m)	risoluzione rugosità (m)
<b>1</b>	4766452	4719924	332929	314935	46528	17994	4
<b>2</b>	4756850	4735000	362172	317540	22316	34415	20
<b>3</b>	4767570	4717350	314960	286365	50220	28595	5
<b>4</b>	4737491	4715175	358946	324531	21850	44632	20
<b>5</b>	4739630	4694575	344328	315680	45055	28648	5
<b>6</b>	4755460	4731277	286600	257157	24183	29443	4
<b>7</b>	4746464	4723957	276850	245191	22507	31659	4
<b>8</b>	4763345	4735520	281673	243831	27825	37842	3
<b>9</b>	4737409	4698896	295131	272500	38513	22631	3
<b>10</b>	4720000	4693215	317117	286000	26785	31117	3

**Tabella 2: Vertici ed estensione dei Meso modelli**

Di seguito viene presentato un esempio – per il mesomodello 1- della modellazione del terreno e della corrispondente carta della lunghezza di rugosità superficiale.

A seguito del modello DTM viene presentato l'andamento del calcolo dei campi di flusso, i tempi di calcolo per ogni settore e la convergenza degli spot values (valori dei parametri di riferimento con cui si monitora la convergenza del calcolo) per il settore 000.



MESOMODELLO 1

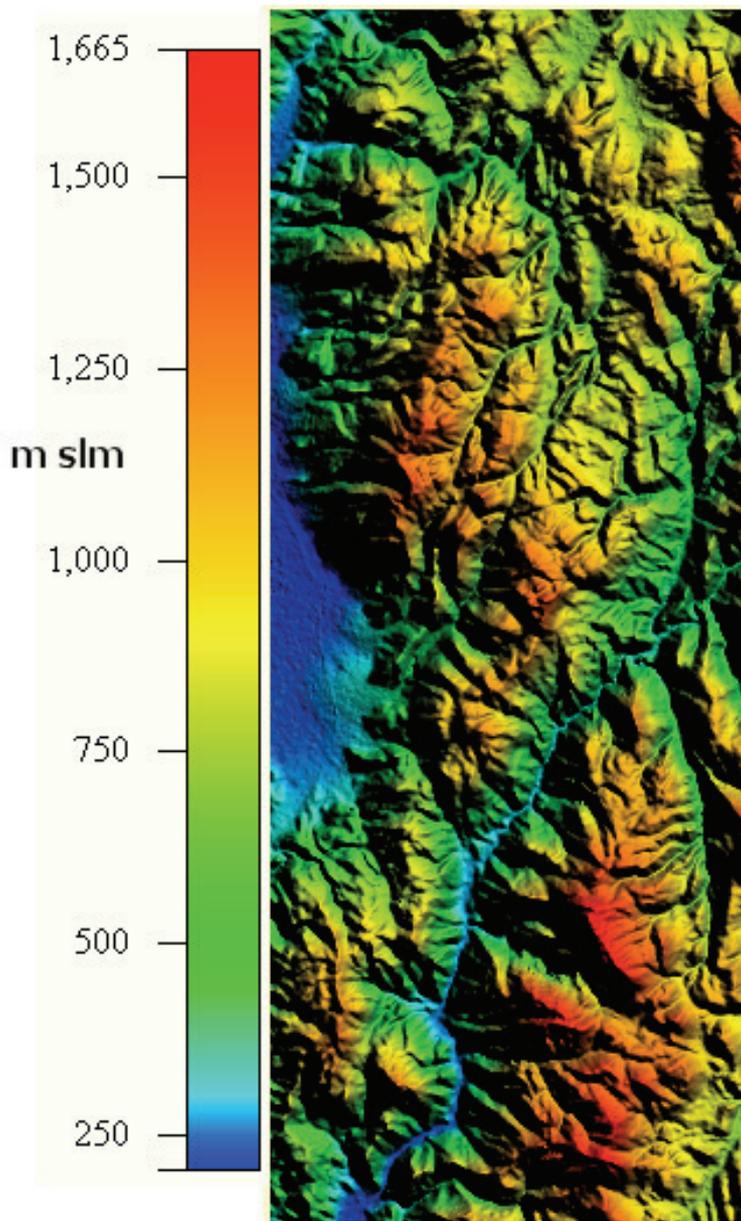


Figura 2.2 Modello del terreno del MESOMODELLO 1



**CIRIAF**

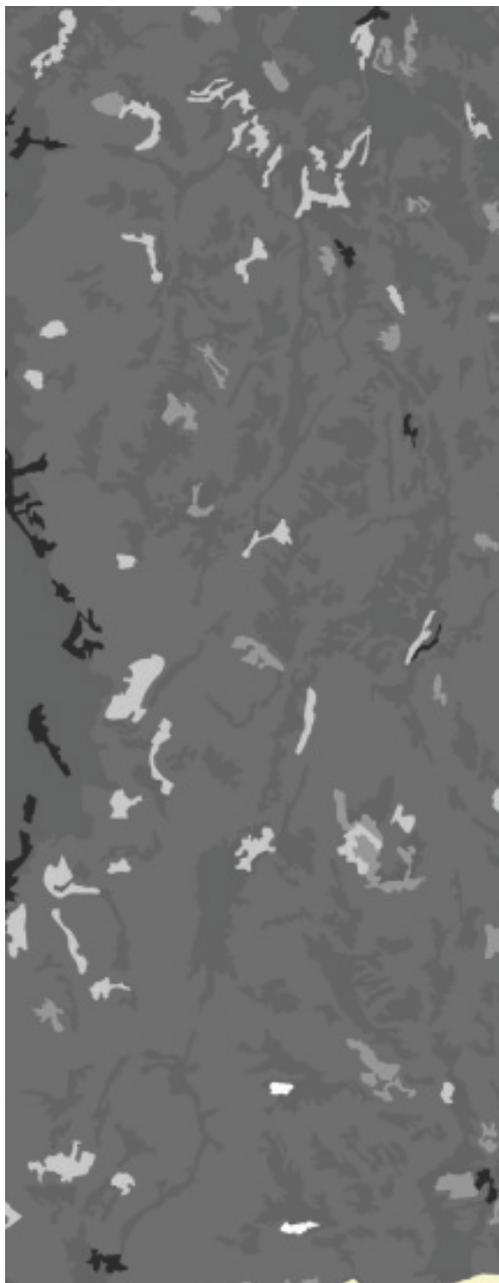
Centro Interuniversitario  
di Ricerca sull'Inquinamento  
da Agenti Fisici - "Mauro Felli"

**ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN  
MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA  
REGIONE UMBRIA E CIRIAF**

Relazione tecnico-scientifica

Data: Luglio 2013

Foglio 14 di 39



**Figura 2.3 lunghezza di rugosità superficiale per il MESOMODELLO 1**

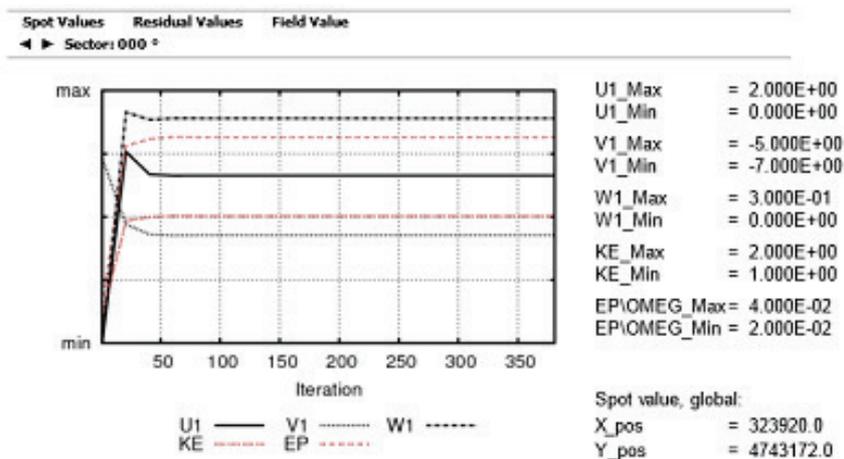


Figura 2.4 Andamento dei valori dei parametri di riferimento spot values in funzione del numero di iterazioni

Date	Time	Sector	Solver	Conviz	#iter	#iter exe	Time exe (S )
22.05.13	12:39:49	000	Coupled	No	400	400	02:01:21 (-)
22.05.13	14:36:48	030	Coupled	No	400	400	01:56:44 (-)
22.05.13	16:38:32	060	Coupled	No	400	400	02:01:29 (-)
22.05.13	18:19:54	090	Coupled	No	400	400	01:41:06 (-)
22.05.13	20:22:05	120	Coupled	No	400	400	02:01:55 (-)
22.05.13	22:02:12	150	Coupled	No	400	400	01:39:50 (-)
22.05.13	23:47:17	180	Coupled	No	400	400	01:44:48 (-)
23.05.13	01:24:55	210	Coupled	No	400	400	01:37:20 (-)
23.05.13	03:13:28	240	Coupled	No	400	400	01:48:15 (-)
23.05.13	04:56:12	270	Coupled	No	400	400	01:42:26 (-)
23.05.13	06:38:12	300	Coupled	No	400	400	01:41:41 (-)
23.05.13	08:38:36	330	Coupled	No	400	400	02:00:05 (-)

Figura 2.5 Caratteristiche del calcolo e tempi di simulazione per ogni settore

	<b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b>	
Relazione tecnico-scientifica	Data: Luglio 2013	Foglio <b>16</b> di <b>39</b>

### 2.3.2 Modellazione Microscala e Nesting

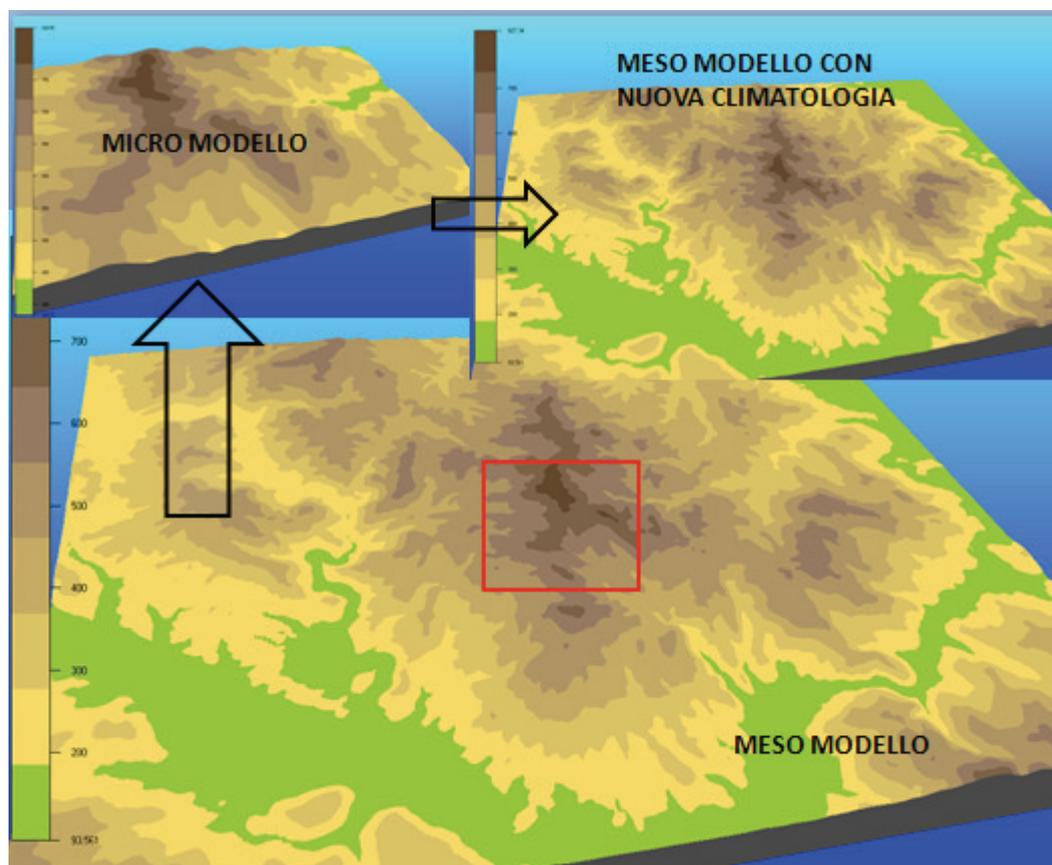
I campi di flusso ottenuti per la modellazione mesoscala sono stati utilizzati come condizioni al contorno per inizializzare modelli con griglia molto più fine ed assai più piccoli, localizzati negli intorno degli anemometri.

I modelli microscala sono annidati nei modelli mesoscala, e le condizioni iniziali per il calcolo dei campi di flusso sono fornite dal calcolo dei campi nei modelli mesoscala.

Con la caratterizzazione microscala si ottiene una analisi del dettaglio delle condizioni orografiche intorno alla torre anemometrica in un'area congrua per il calcolo fluidodinamico (intorno ai 5 km per lato). In tal modo si procede al calcolo dei campi inizializzati come condizione al contorno con i modelli mesoscala, per una caratterizzazione del flusso nell'intorno dell'anemometro.

Il campo calcolato nel micro modello fornisce gli speed-up ovvero il rapporto tra le velocità medie tra vari punti del dominio di calcolo. Inserendo i valori sperimentali delle rilevazioni anemologiche (le climatologie) nel punto di installazione dell'anemometro all'interno del dominio, si hanno i valori corrispondenti della ventosità media per tutti gli altri punti. A partire quindi dalle climatologie sperimentali, tutte situate tra i 10 e i 50 m sul livello del terreno, si esportano i valori della climatologia ad una altezza maggiore (180 m sul livello del terreno), utilizzando i campi di flusso calcolati nel modello micro. La nuova climatologia esportata a 180 viene poi utilizzata nel modello meso come anemometro virtuale a 180 m con cui calcolare il valore del campo di vento nell'area mesoscala a 50 m dal suolo, componendo in tal modo la carta eolica a 50 m.

La procedura che si segue per l'asportazione delle climatologie è caratterizzata da uno schema quale il seguente:



**Figura 2.6: Schema di procedura per la procedura di Nesting ed utilizzo delle climatologie**

Dal meso modello si ottiene il micro modello, in cui il calcolo viene fatto con grid molto raffinata. A questo punto si esporta la climatologia sperimentale relativa all'anemometro ad una altezza di 180 m s.l.t. e con questa si calcolano i valori della velocità media del vento per l'area del meso modello. Si noti che la climatologia va esportata ad una altezza maggiore di quella dell'anemometro, appena sotto l'altezza del database di vento ridotto della simulazione (200 m) in quanto data l'ampiezza della griglia di calcolo nel meso modello non ci si può spingere troppo vicino al terreno, ove le variazioni orografiche sarebbero male interpretate.

Nella successiva tabella viene mostrato il range di ogni micro modello di nesting nelle coordinate UTM 33 WGS 84 unitamente all'estensione, relativamente ai modelli calcolati per la Provincia di Terni. Nelle figure successive viene mostrato il modello del terreno locale relativo al MESOMODELLO 1

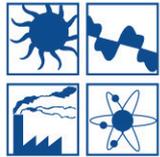
	<b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b>	Foglio <b>18</b> di <b>39</b>
Relazione tecnico-scientifica	Data: Luglio 2013	

Alcuni nesting hanno gli stessi vertici, se riferiti ad uno stesso anemometro, ma avendo come condizioni al contorno iniziali differenti modelli mesoscala, i campi di flusso sono stati calcolati in ogni caso.

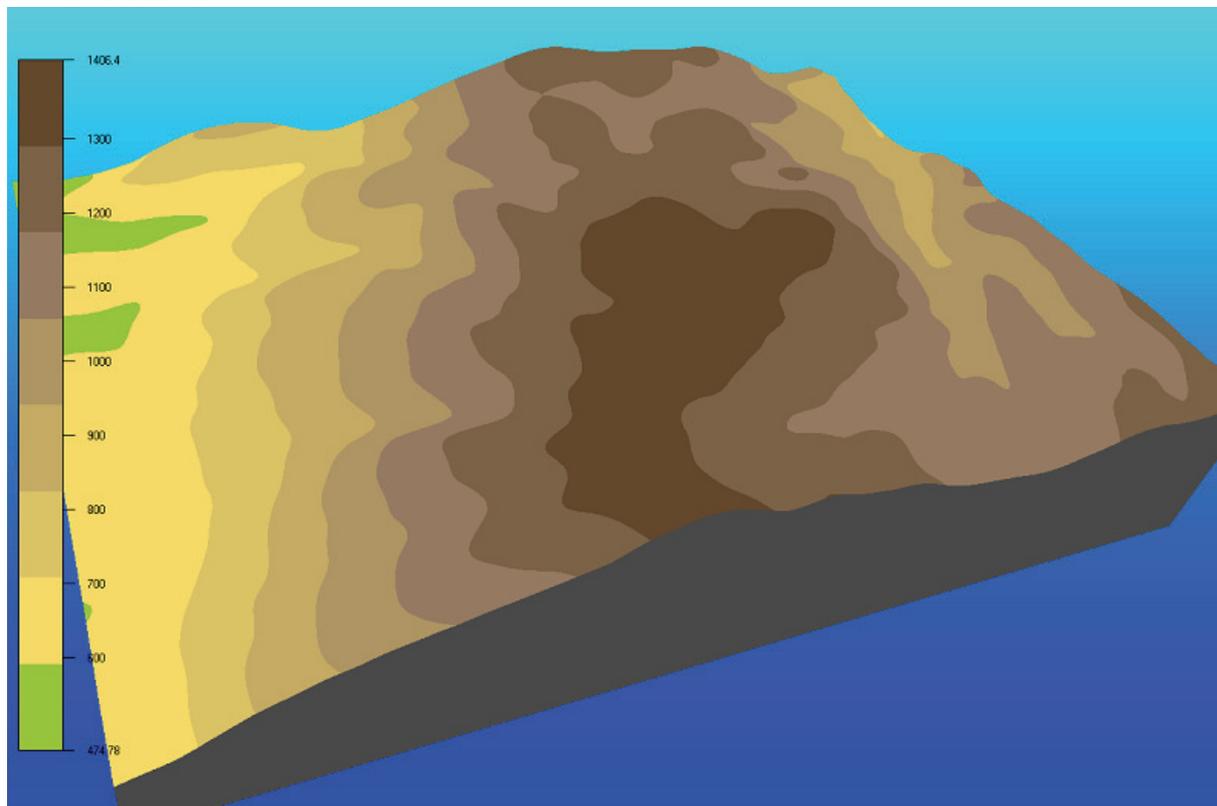
<b>Provincia di Terni vertici ed estensione dei Nesting</b>						
<b>MESOMODELLO</b>	<b>Y max (UTM 33 WGS 84)</b>	<b>Y min (UTM 33 WGS 84)</b>	<b>X max (UTM 33 WGS 84)</b>	<b>X min (UTM 33 WGS 84)</b>	<b>Estensione Nord (m)</b>	<b>Estensione est (m)</b>
<b>1</b>	4752747	4748801	323216	317718	3946	5498
<b>2</b>	4752747	4748801	323216	317718	3946	5498
<b>3</b>	4737962	4740820	303052	299492	2858	3560
<b>4</b>	4726532	4721714	330305	325358	4818	4947
<b>5</b>	4726532	4721714	330305	325358	4818	4947
<b>6</b>	4745593	4740733	276887	269926	4860	6961
<b>7</b>	4745593	4740733	276887	269926	4860	6961
<b>8</b>	4744967	4740733	275636	269926	4234	5710
<b>9</b>	4706036	4699904	291757	287045	6132	4712
<b>10</b>	4706036	4699904	291757	287045	6132	4712

**Tabella 3: vertici ed estensione dei micro modelli**

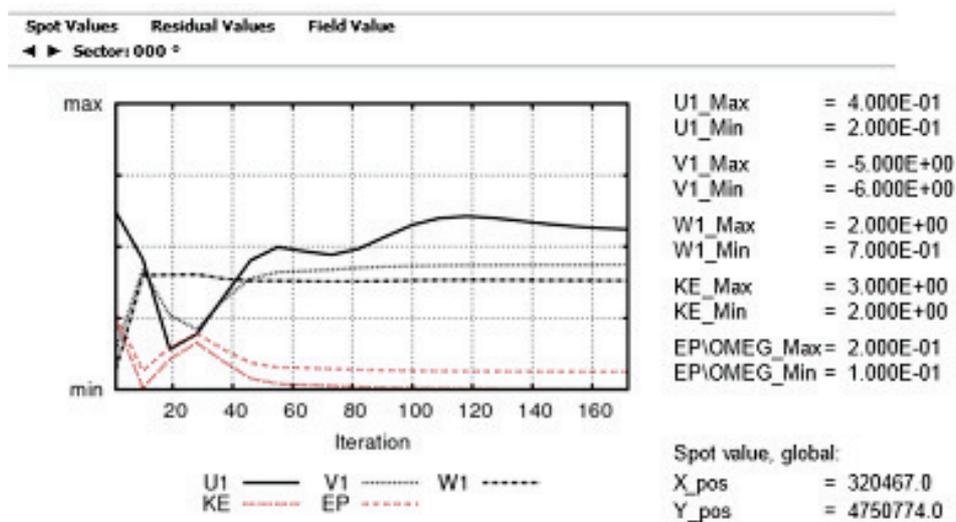
Insieme al modello digitale del terreno ottenuto per il caso del box di calcolo relativo al mesomodello 1 viene presentato il dettaglio del calcolo, con i tempi di calcolo e l'andamento degli spot values per il settore 000 a testimonianza della convergenza del calcolo fluidodinamico.



**MESOMODELLO 1**



**Figura 2.7 Modello del terreno utilizzato per il nesting**



**Figura 2.8 Andamento degli spot values per il settore 000 in funzione del numero di iterazioni**



**CIRIAF**  
Centro Interuniversitario  
di Ricerca sull'Inquinamento  
da Agenti Fisici - "Mauro Felli"

**ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN  
MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA  
REGIONE UMBRIA E CIRIAF**

Relazione tecnico-scientifica

Data: Luglio 2013

Foglio **20** di **39**

Date	Time	Sector	Solver	Conviz	#iter	#iter exe	Time exe (S )
25.06.13	19:06:26	000	Coupled	No	180	180	00:21:05 (-)
25.06.13	19:27:26	030	Coupled	No	180	180	00:20:43 (-)
25.06.13	19:48:15	060	Coupled	No	180	180	00:20:30 (-)
25.06.13	20:10:29	090	Coupled	No	180	180	00:21:56 (-)
25.06.13	20:33:36	120	Coupled	No	180	180	00:22:49 (-)
25.06.13	20:55:35	150	Coupled	No	180	180	00:21:40 (-)
25.06.13	21:17:33	180	Coupled	No	180	180	00:21:39 (-)
25.06.13	21:38:12	210	Coupled	No	180	180	00:20:19 (-)
25.06.13	21:59:55	240	Coupled	No	180	180	00:21:22 (-)
25.06.13	22:21:47	270	Coupled	No	180	180	00:21:31 (-)
25.06.13	22:44:29	300	Coupled	No	180	180	00:22:21 (-)
25.06.13	23:06:36	330	Coupled	No	180	180	00:21:44 (-)

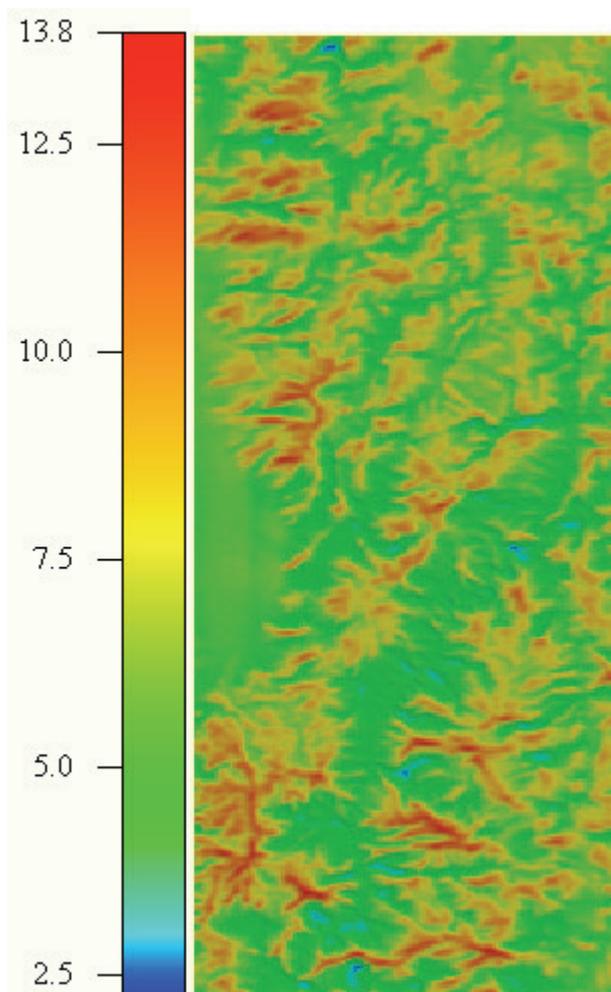
Figura 2.9 Condizioni al contorno e parametri di calcolo

### 3. Carte eoliche

Le climatologie esportate a 180 m sono state inserite nei meso modelli e con gli speed up calcolati su tutto il dominio di calcolo (lo speed up è il rapporto tra la velocità in un punto e quella in un altro), è stato possibile valutare il valor medio della velocità del vento a 50 m per ogni meso modello.

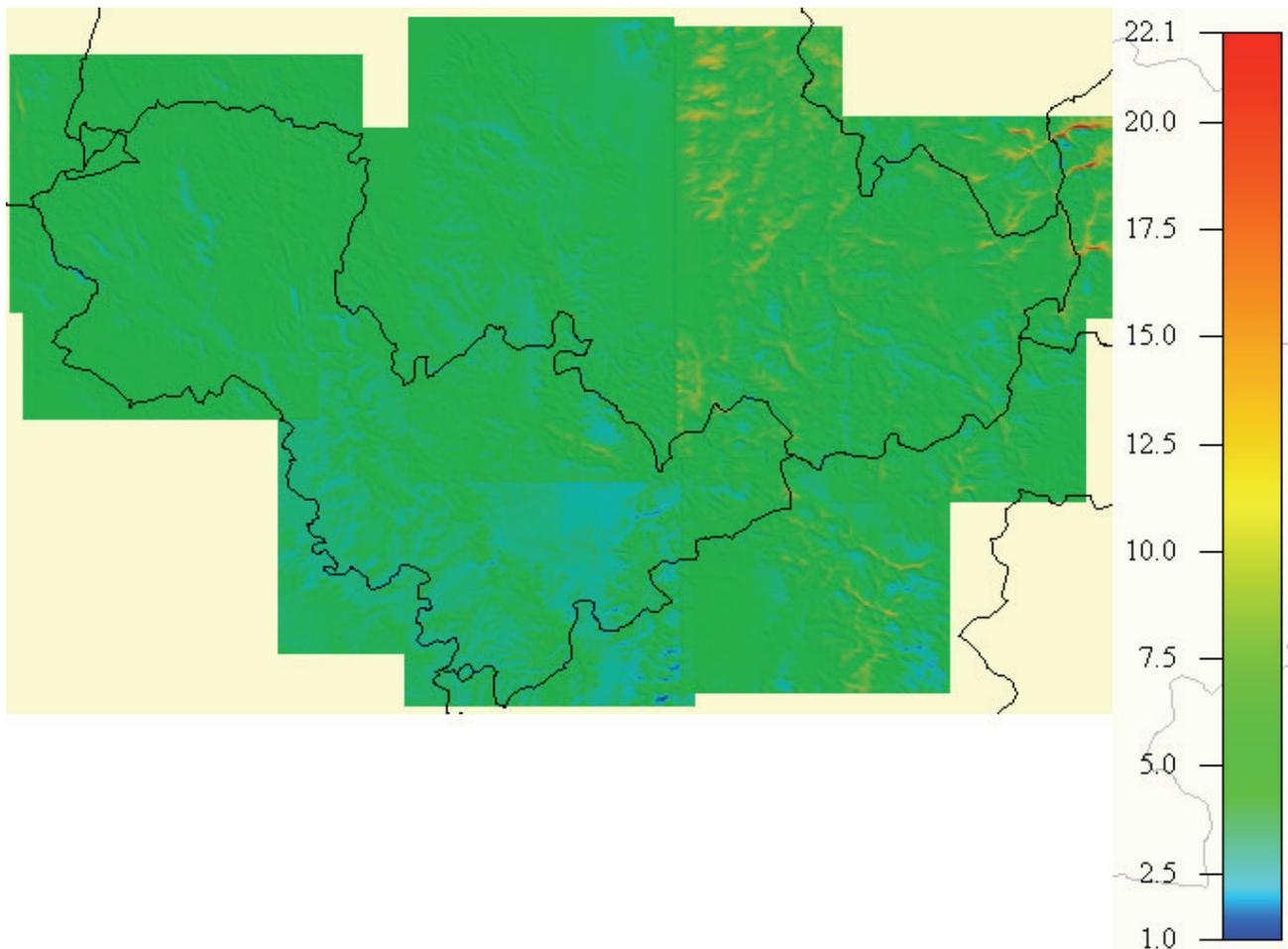
Di seguito si riporta la carta ottenuta per il meso modello ANEM 2 SE 50 a m dal suolo.

MESOMODELLO 1 A 50 m dal suolo



**Figura 3.1: Carta eolica del MESOMODELLO 1**

Le carte ottenute per i diversi modelli meso scala sono state poi sovrapposte, con una procedura che mediasse nelle zone di sovrapposizione i valori ottenuti per i diversi modelli. In tal modo si è ottenuta una carta eolica per la Provincia di Terni.

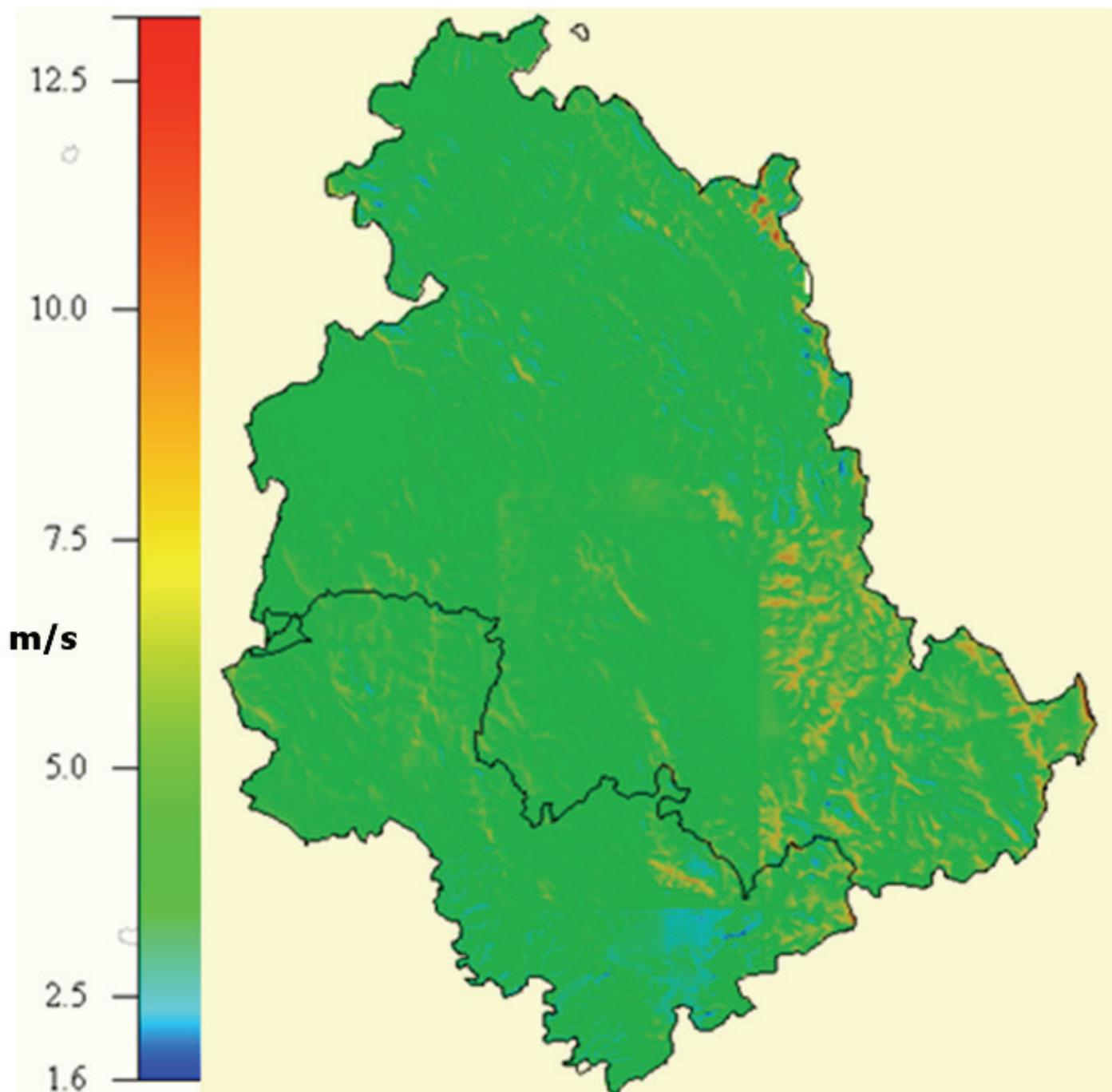


**Figura 3.2: Valutazione della risorsa eolica per tutti i mesomodelli utilizzati per la Provincia di Terni**

Una prima valutazione, con tecniche analoghe, è stata svolta anche per la Provincia di Perugia. Mediando i risultati ottenuti per le due provincie nelle aree di sovrapposizione è stata quindi ottenuta la carta eolica a 50 m dal suolo della Regione dell'Umbria.

Va notato che questa prima analisi ha coinvolto molte risorse e tempi di calcolo, e risulta in un primo screening riguardante il sezionamento delle aree vaste per la valutazione della risorsa eolica. In cascata a questa prima valutazione andranno fatte ulteriori valutazioni per determinare con maggior precisione la media del vento ed i campi di flusso, soprattutto nelle aree di sovrapposizione dei modelli mesoscala ottenuti.

Si presenta intanto la mappa eolica ottenuta per la Regione dell'Umbria



**Figura 3.3 : Carta eolica della regione Umbria**

Le discontinuità nei pressi delle sovrapposizioni dei modelli mesoscala sono imputabili alla trattazione delle climatologie, le quali andranno confrontate per valutarne le correlazioni, al fine di migliorare l'uniformità del calcolo. La ventosità media va da 1 m/s ai 12.8 m/s. I valori molto alti

	<b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b>	
Relazione tecnico-scientifica	Data: Luglio 2013	Foglio <b>24</b> di <b>39</b>

sono ottenuti in aree assai impervie ove non ci sono sufficienti rilevazioni climatologiche e per tanto vanno considerati con cautela.

### 3.1 Aree maggiormente ventose

In questa sezione analizziamo le aree maggiormente ventose, selezionando quelle in cui la media del vento a 50 m dal suolo è maggiore di alcune soglie.

Per l'installazione di grandi impianti la media del vento a 50 m può non essere altissima e si ritiene che, essendo il mozzo di turbine di grande taglia posto ad oltre 60 m dal suolo, per quanto riguarda la media a 50 m ci si possa attestare per la fattibilità a valori maggiori di 5 m/s.

Per l'installazione di turbine micro e minieoliche, la normativa regionale prevede che sia considerato micro eolico un impianto con altezza al mozzo inferiore a 18 e che sia considerato minieolico un impianto con altezza al mozzo compresa tra i 18 e i 40 m.

Con tali prescrizioni il minieolico ha bisogno di velocità medie del vento maggiori per poter essere installato con convenienza e si è ritenuto di selezionare come potenzialmente vocate quelle aree che sono state stimate aventi velocità a 50 m dal suolo superiore in media a 6 m/s.

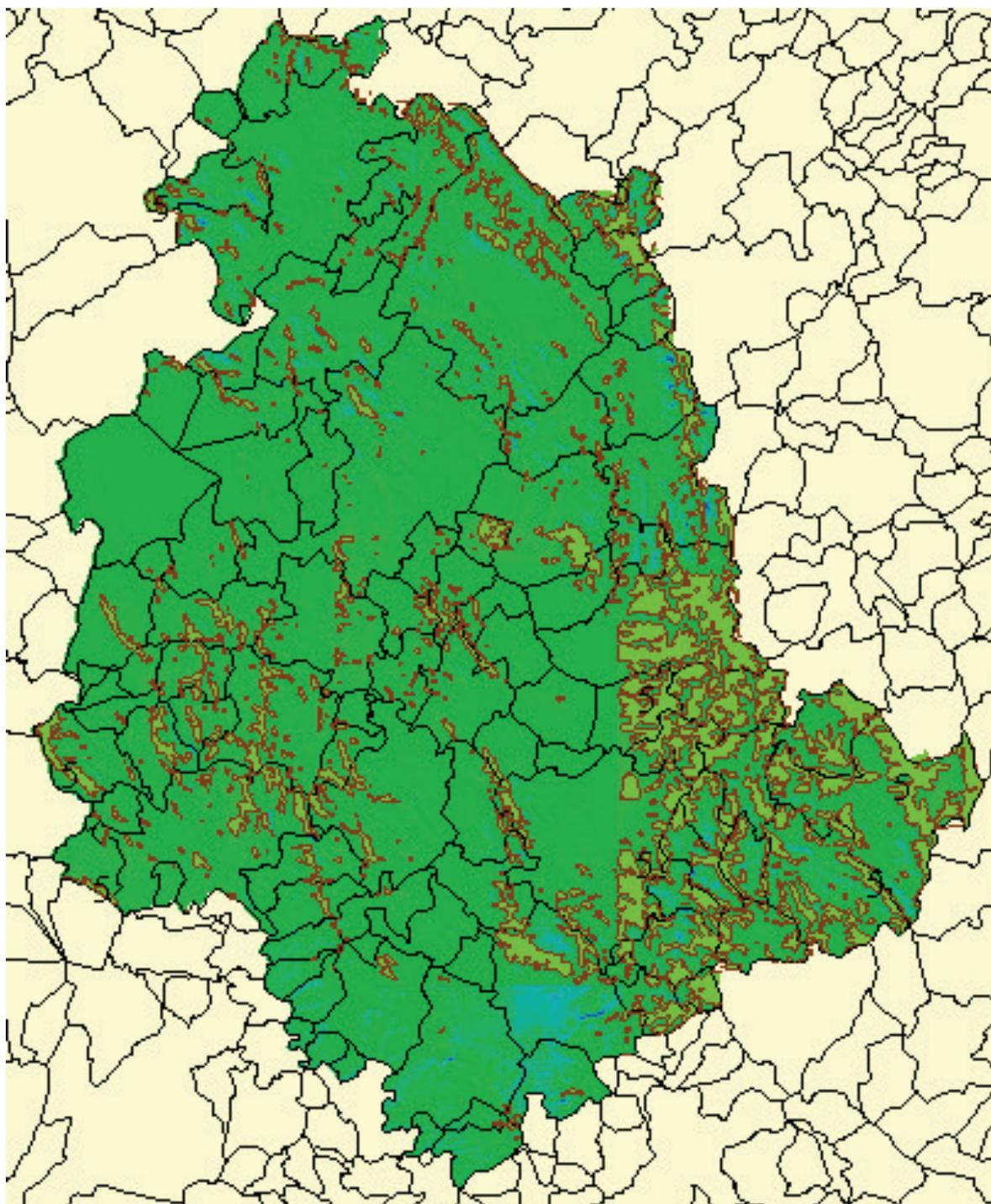
Con queste considerazioni sono state elaborate le seguenti carte eoliche, rispettivamente per impianti eolici e per impianti minieolici.

Si è stimata la percentuale di territorio interessata da velocità medie a 50 m maggiori di 5 e 6 m/s considerando la superficie dell'Umbria pari a 8.456 km<sup>2</sup>.

Le aree ventose sono state calcolate esportando il dato del calcolo con griglie di 100\*100 m.

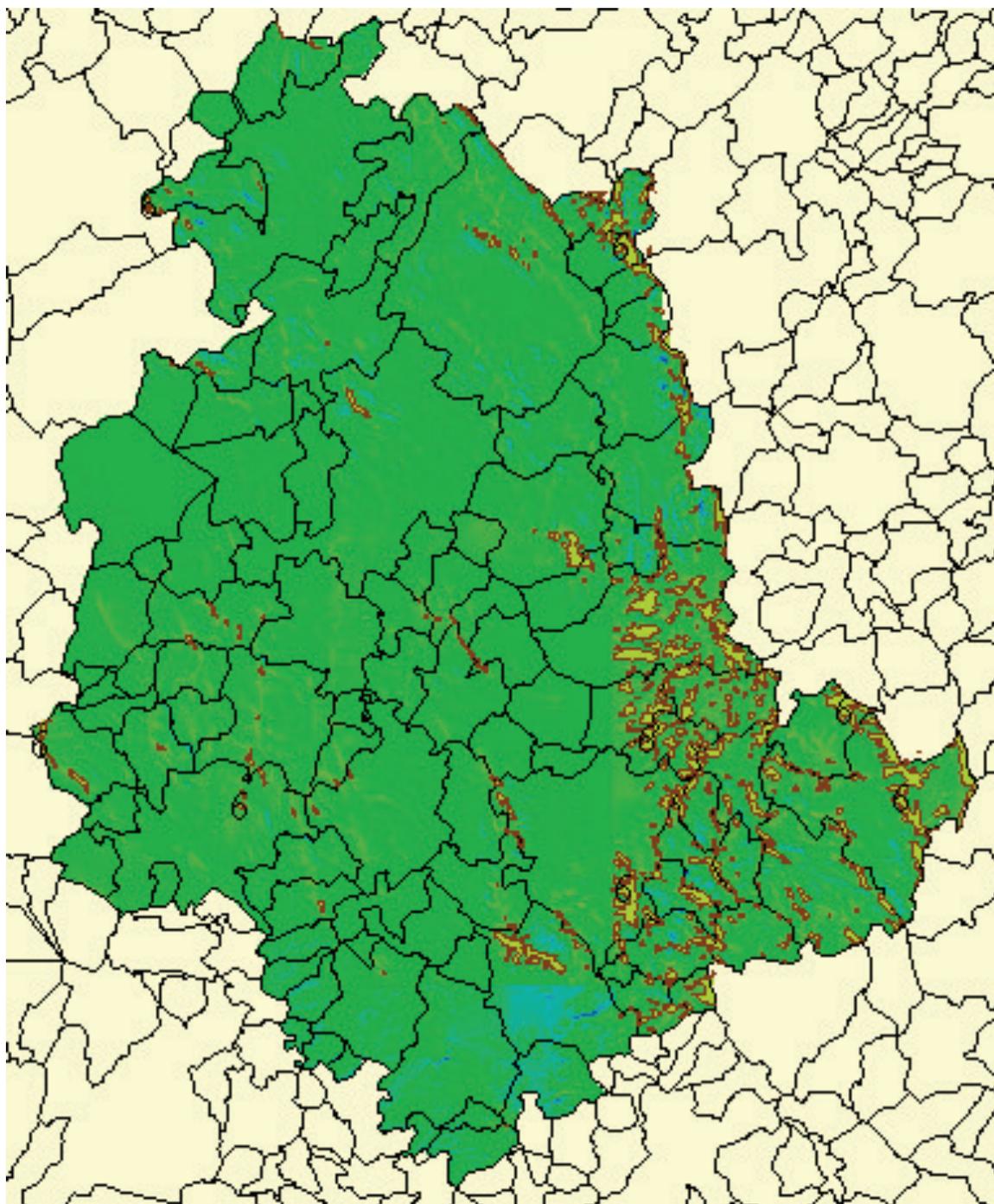
L'area totale avente velocità media a 50 m dal suolo maggiore di 5 m/s è pari a 1092.51 kmq, pari a circa il 12.8% del totale della Regione.

**CARTA DELLA VELOCITA' A 50 m DAL SUOLO MAGGIORE DI 5 m/s (IMPIANTI  
EOLICI)- SOVRAPPOSIZIONE AI COMUNI**



L'area totale avente velocità media a 50 m dal suolo maggiore di 6 m/s è pari a 320.51, corrispondente a circa il 3.7% del totale dell'estensione Regionale

**CARTA DELLA VELOCITA' A 50 m DAL SUOLO MAGGIORE DI 6 m/s (IMPIANTI MINI EOLICI)- SOVRAPPOSIZIONE AI COMUNI**



	<b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b>	Foglio <b>27</b> di <b>39</b>
Relazione tecnico-scientifica	Data: Luglio 2013	

## 4. Vincolistica

Una valutazione delle potenzialità eoliche della regione Umbria va portata avanti considerando parallelamente la risorsa eolica, la cui valutazione è ancora in corso e che è oggetto dei capitoli precedenti, e la vincolistica insistente sul territorio.

Una analisi di questo genere è fondamentale in quanto la presenza di numerosi vincoli quali aree sopra i 1200 m, crinali o aree ad alta esposizione panoramica, pregiudica di per sé l'utilizzo di molte aree- generalmente quelle maggiormente vocate dal punto di vista anemologico- per l'installazione di turbine eoliche.

Nelle carte che seguono vengono presentati i vincoli presenti sul territorio della Regione dell'Umbria, conformemente a quanto indicato dal Regolamento Regionale n. 7 del 29 luglio 2011.

In tal senso per quanto riguarda il grande eolico saranno considerati vincoli:

- SIC
- ZPS
- SIR
- AREE NATURA 2000
- PARCHI
- I BENI PAESAGGISTICI INDICATI all'art.136 del D.Lgs. n. 42/2004 e s.m.i.
- “beni paesaggistici” così come definiti all'art.142, comma 1, lett. b), g), i), ed m) del D.Lgs. n. 42/2004 e s.m.i. , SOLO PER QUANTO RIGUARDA LE AREE, ESCLUDENDO QUEI BENI INDIVIDUATI DA PUNTI O LINEE
- AREE DI PARTICOLARE INTERESSE AGRICOLO
- AREE BOScate

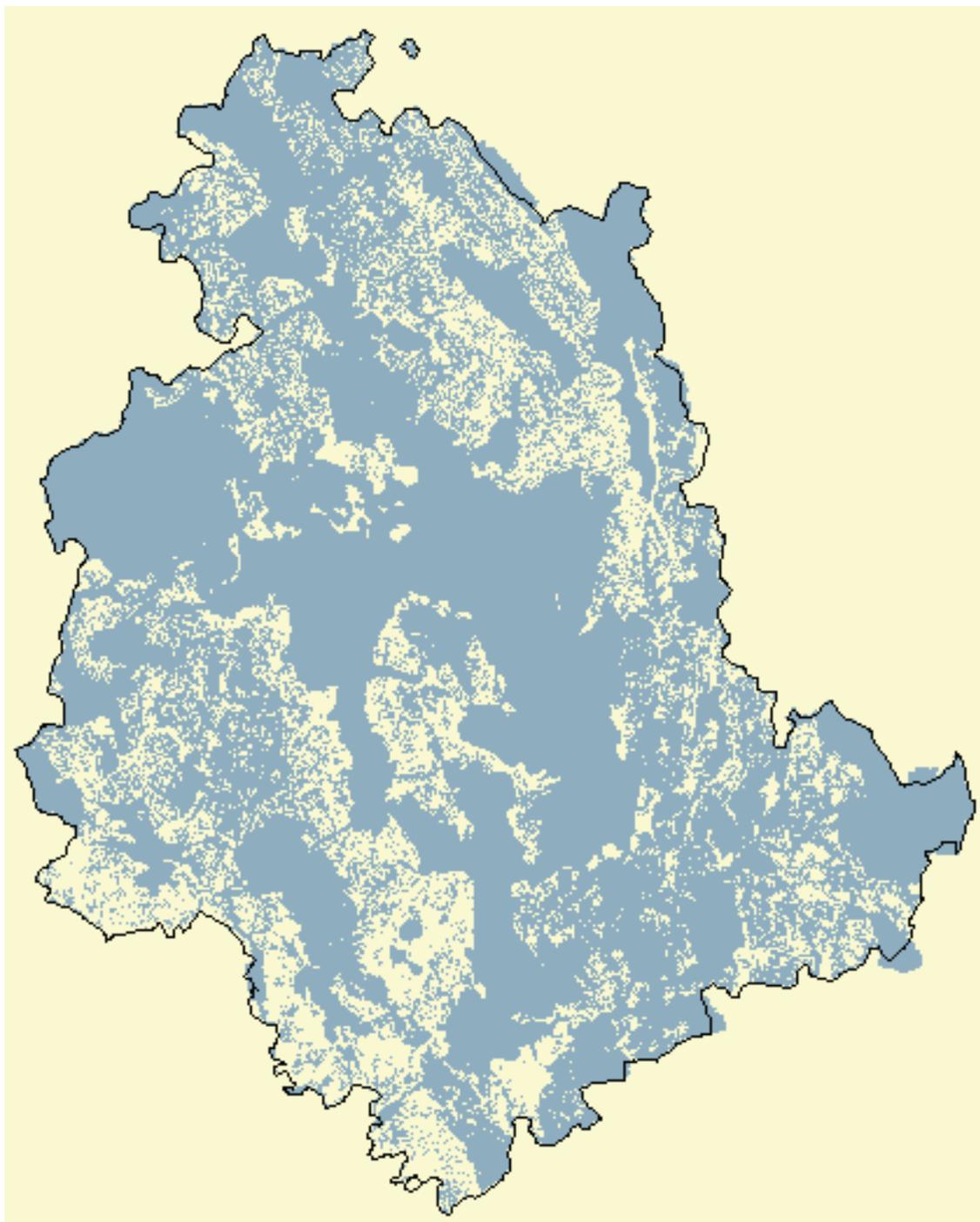
Per il mini eolico in prima approssimazione verranno valutate le aree vincolate considerate per il Grande Eolico escludendo solamente le AREE DI PARTICOLARE INTERESSE AGRICOLO, che sono espressamente escluse dalla limitazione dal Regolamento Regionale, mentre le eccezioni riguardanti parchi ed AREE RETE NATURA 2000 non sono state al calcolo attuale considerate, pertanto quella che si configura è una sottostima delle zone disponibili per l'installazione di impianti minieolici.

Pertanto per il minieolico saranno considerati vincoli:

	<b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b>	
Relazione tecnico-scientifica	Data: Luglio 2013	Foglio <b>28</b> di <b>39</b>

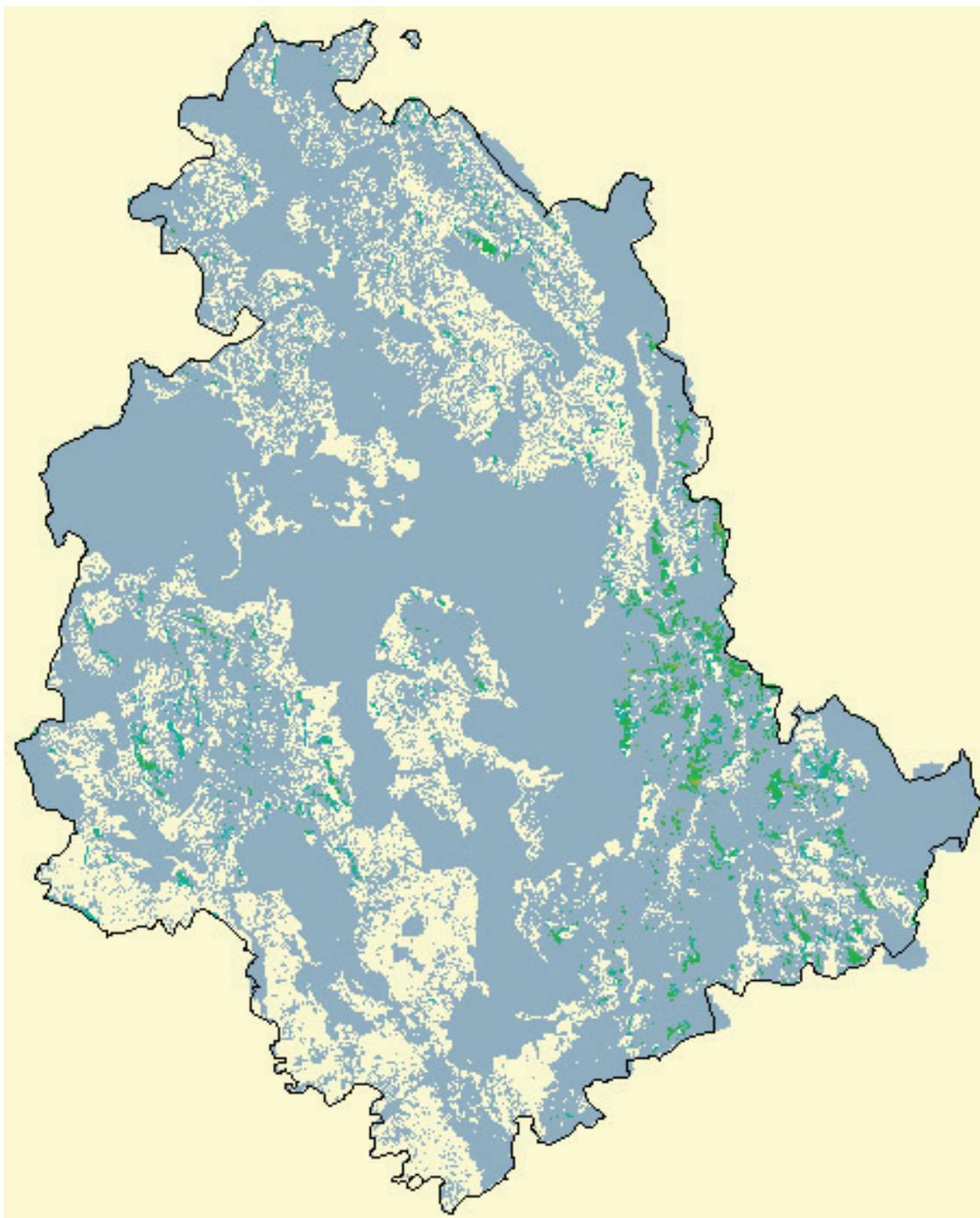
- SIC
- ZPS
- SIR
- AREE NATURA 2000
- PARCHI
- I BENI PAESAGGISTICI INDICATI all'art.136 del D.Lgs. n. 42/2004 e s.m.i.
- “beni paesaggistici” così come definiti all'art.142, comma 1, lett. b), g), i), ed m) del D.Lgs. n. 42/2004 e s.m.i. , SOLO PER QUANTO RIGUARDA LE AREE, ESCLUDENDO QUEI BENI INDIVIDUATI DA PUNTI O LINEE
- AREE BOSCADE

Quella che segue è una carta che presenta in grigio tutta la vincolistica insistente sul territorio Umbro, contenente anche le zone DI PARTICOLARE INTERESSE AGRICOLO, quindi la vincolistica che interessa attualmente il grande eolico.



**Figura 4.1: Carta dei vincoli insistenti sul territorio umbro, per grande eolico**

Sovrapponendo la carta dei vincoli a quella delle aree con velocità media del vento superiore a 5 m/s a 50 m dal suolo si ottiene la seguente carta, indicante in verde le aree con ventosità media maggiore di 5 m/s che non risultano interessate dai vincoli.

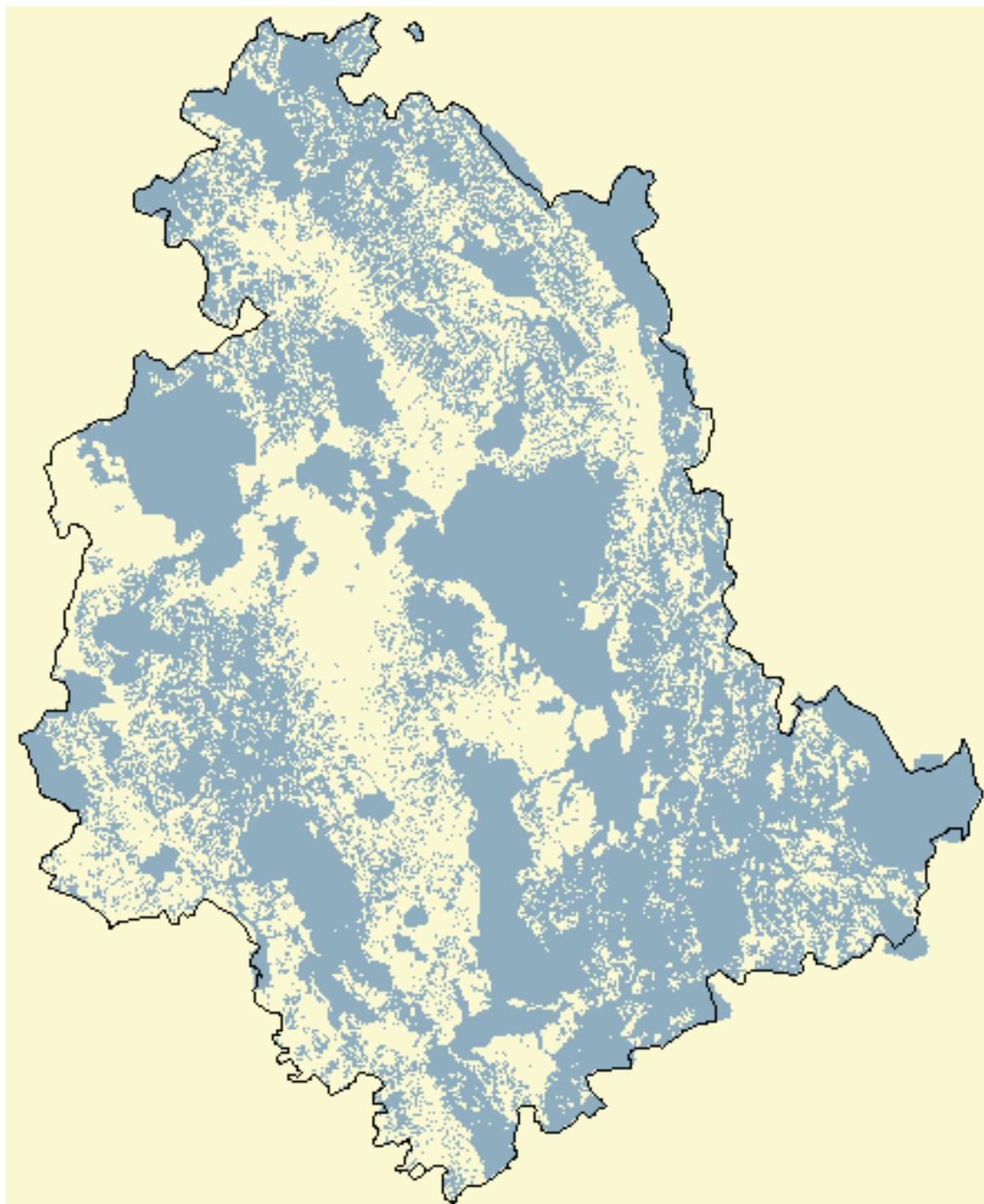
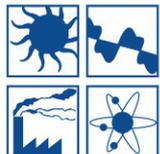


**Figura 4.2 Carta dei vincoli insistenti sul territorio umbro, per grande eolico, sovrapposti alle aree con ventosità media a 50 m dal suolo superiore a 5 m/s**

	<p align="center"><b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b></p>	
Relazione tecnico-scientifica	Data: Luglio 2013	Foglio <b>31</b> di <b>39</b>

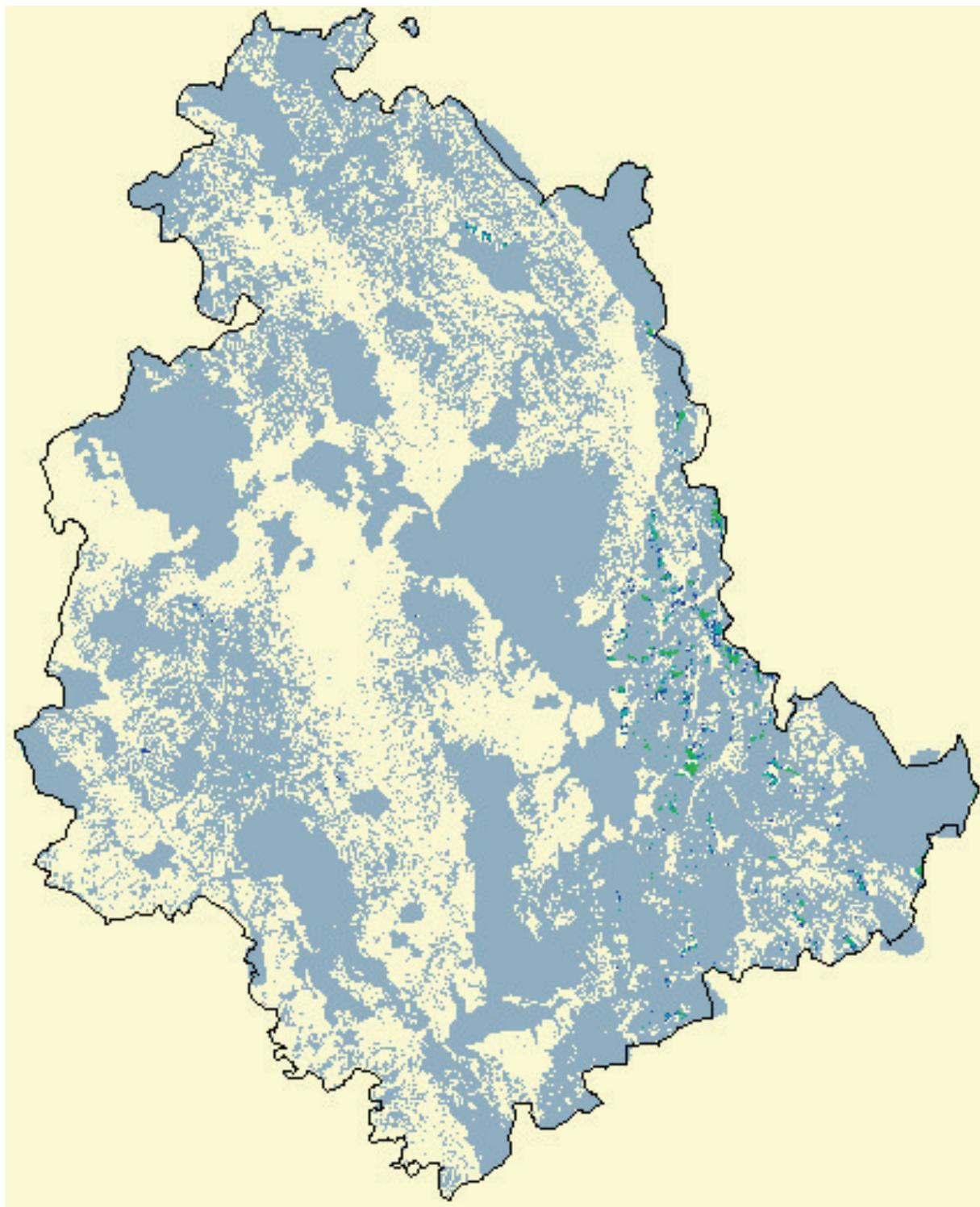
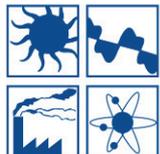
Dal confronto con la precedente carta delle aree con ventosità media superiore a 5 m/s si può notare come le aree residue siano ben poche. In particolare le aree vincolate ricoprono circa l'80% delle aree con ventosità adatta all'installazione del grande eolico.

La carta che segue presenta in grigio tutta la vincolistica insistente sul territorio Umbro, ma esclude le zone DI PARTICOLARE INTERESSE AGRICOLO, quindi la vincolistica che interessa attualmente il mini eolico.



**Figura 4.3:Carta dei vincoli insistenti sul territorio umbro, per mini eolico**

Sovrapponendo la carta dei vincoli (grigio) a quella delle aree con velocità media del vento superiore a 6 m/s a 50 m dal suolo (aree verdi) si ottiene la seguente carta:



**Figura 4.4: Carta dei vincoli insistenti sul territorio umbro, per mini eolico, sovrapposta alle aree con ventosità media a 50 m dal suolo superiore a 6 m/s**

	<b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b>	
Relazione tecnico-scientifica	Data: Luglio 2013	Foglio <b>34</b> di <b>39</b>

Dal confronto con la precedente carta delle aree con ventosità media superiore a 6 m/s si può notare come le aree residue siano ben poche. In particolare le aree vincolate ricoprono circa il 79 % delle aree con ventosità adatta all'installazione del mini eolico.

Come appare evidente dalla carta proposta il territorio è fortemente interessato da vincoli, il che rende ardua una valutazione delle potenzialità eoliche della regione.

#### **4.1 Comuni interessati da aree ventose fuori vincolo**

La sovrapposizione delle aree ventose fuori vincolo ai comuni del territorio umbro produce una scrematura dei comuni potenzialmente interessati da installazioni di tipo eolico.

Le aree con ventosità media superiore alle soglie interessanti per l'installazione di turbine eoliche di varie taglie ( grande o mini eolico) vanno incrociate con differenti regimi vincolistici, come discusso nelle sezioni precedenti. Le aree residue nel territorio sono state suddivise per comuni di appartenenza, eliminando le aree molto ristrette, in quanto la risoluzione del calcolo non permette di affermare la veridicità della valutazione al di sotto di alcune estensioni, ed in quanto la limitazione nel territorio disponibile non permette di considerare appetibili le zone marginali.

Con le considerazioni fatte e con la scrematura effettuata sulle aree piccole i Comuni che risultano interessati dalla presenza di aree con ventosità media sufficiente all'installazione di impianti eolici di varie taglie siti in aree non vincolate ed aventi una estensione compatibile con la risoluzione del calcolo e con l'installabilità stessa sono:

PERUGIA		TERNI	
1	Foligno	1	Terni
2	Città di Castello	2	Orvieto
3	Spoletto	3	Arrone
4	Gubbio	4	San Venanzo
5	Todi	5	Ferentillo
6	Umbertide	6	Ficulle
7	San Giustino	7	Montefranco
8	Trevi	8	Montegabbione
9	Nocera Umbra	9	Polino
10	Norcia		
11	Giano dell'Umbria		
12	Massa Martana		
13	Valfabbrica		
14	Cascia		
15	Fossato di Vico		
16	Campello sul Clitunno		
17	Sigillo		
18	Pietralunga		
19	Valtopina		
20	Scheggia e Pascelupo		
21	Costacciaro		
22	Sellano		
23	Cerreto di Spoleto		
24	Preci		
25	Monteleone di Spoleto		
26	Sant'Anatolia di Narco		
27	Scheggino		
28	Vallo di Nera		
29	Poggiodomo		

**Tabella 4 comuni potenzialmente interessati da installazioni eoliche**

Le aree fuori vincolo descritte non sono state sottoposte ad ulteriori criteri valutativi quali la vicinanza da infrastrutture viarie, infrastrutture di rete, la pendenza del terreno, l'accessibilità. Analisi sulle infrastrutture e sulla pendenza del terreno limiteranno ulteriormente la disponibilità delle aree idonee all'installazione.

	<b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b>	
Relazione tecnico-scientifica	Data: Luglio 2013	Foglio <b>36</b> di <b>39</b>

## 5. Breve analisi del nuovo regime di incentivazione

Il nuovo regime di incentivazione entrato in vigore con il decreto del 6 Luglio 2012 entrerà pienamente a regime nell'anno 2013; gli ultimi impianti incentivati col vecchio sistema dei certificati verdi sono infatti quelli entrati in esercizio entro il 30/4/2012.

Il livello di incentivazione per la produzione eolica ovviamente tende ad abbassarsi e, di conseguenza, si alza la soglia di ventosità minima necessaria per poter realizzare con profitto un impianto eolico.

Un altro aspetto saliente del nuovo sistema è l'introduzione di un contingentamento degli incentivi che pone dei limiti ben precisi alla potenza complessiva incentivabile e introduce una competizione importante fra gli operatori che dunque sono maggiormente interessati a finanziare iniziative nelle regioni in cui l'iter autorizzativo sia fondamentalmente più chiaro e veloce.

Un punto critico del nuovo sistema di incentivazione è incentrato sul fatto che il titolo autorizzativo (in autorizzazione unica o in PAS) alla realizzazione ed esercizio dell'impianto è un requisito fondamentale per poter richiedere gli incentivi. In questo modo, unitamente ai margini di guadagno più bassi, sale in maniera sostanziale il rischio imprenditoriale per gli operatori del settore.

L'esito del primo scaglione di aste e registri conferma questa analisi: in particolare nelle aste in scadenza a Dicembre 2012 si è vista una partecipazione limitata (tale da non saturare la potenza contingentata) con iniziative nelle regioni meridionali particolarmente vocate allo sfruttamento della risorsa.

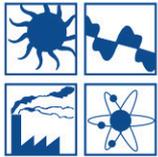
In particolare le aste per il grande eolico sono state aggiudicate in Puglia (con 181 MW), Calabria (con 92 MW) e Basilicata (con 169 MW) con una taglia media di impianto pari a 25,5 MW (taglia minima 10 MW e massima 72 MW).

Le aste introducono forte competitività per iniziative che spaziano da piccoli impianti (appena sopra la soglia per connessione in AT) fino a grandi impianti da realizzare in aree in cui la risorsa possa essere ottimale ed il peso della realizzazione delle infrastrutture sia comunque tollerabile.

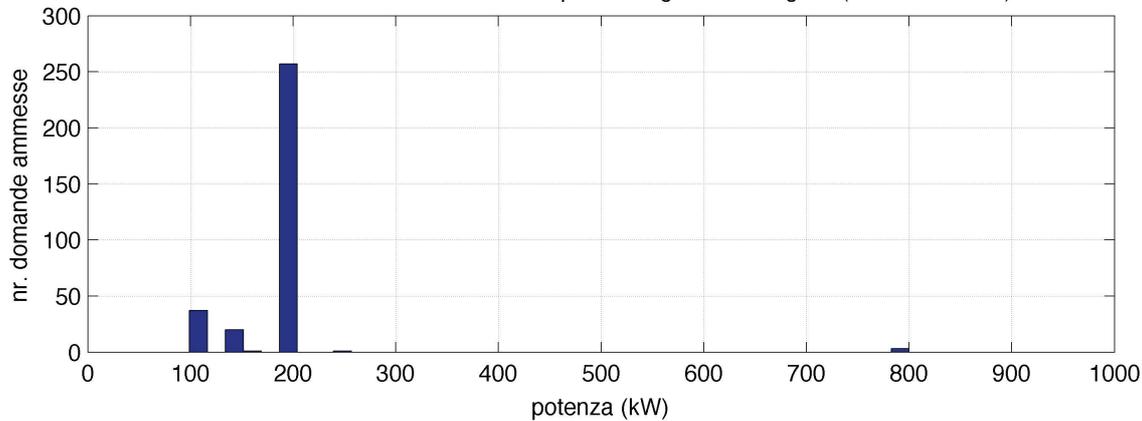
I registri per gli impianti eolici sotto i 5 MW hanno visto invece larghissima partecipazione di piccole società che sono andate ampiamente a saturare lo scaglione di potenza (60 MW).

Questo è dovuto soprattutto alla modulazione della tariffa omnicomprensiva ed alla crisi bancaria.

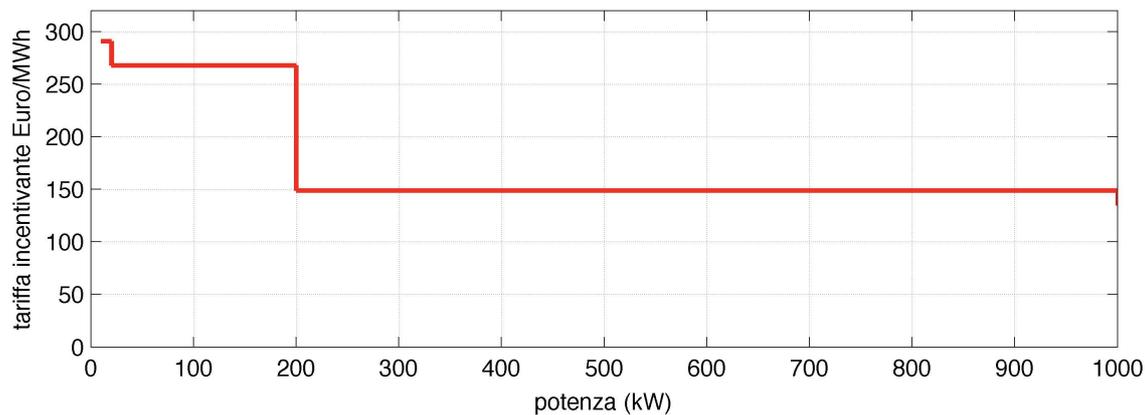
Nei grafici che seguono c'è una analisi delle domande ammesse a godere della tariffa omnicomprensiva tramite l'iscrizione al registro (fonte GSE).

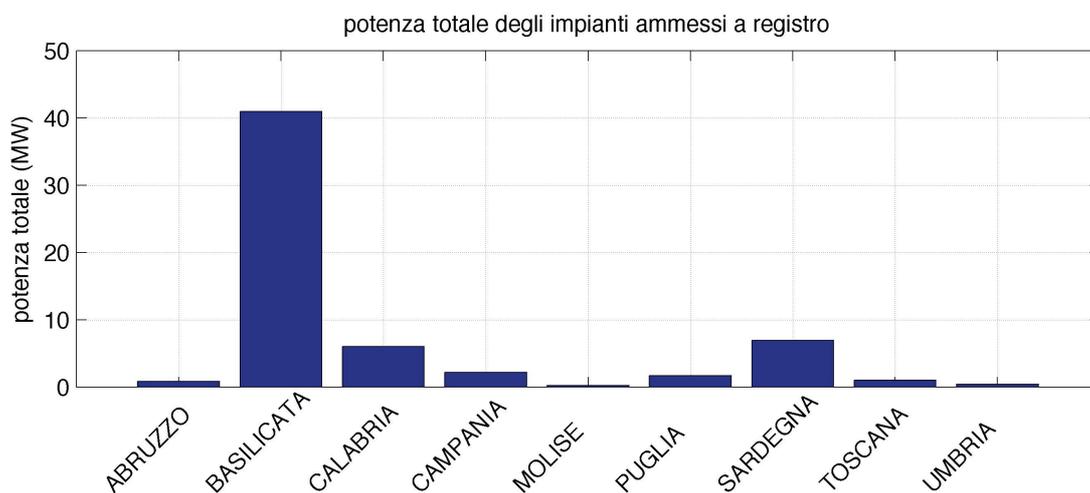
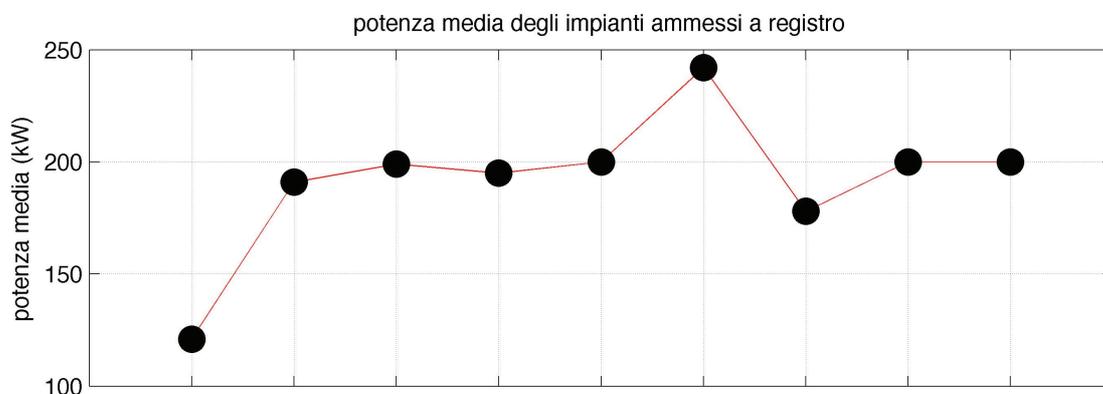


Analisi delle domande ammesse nel primo scaglione dei registri (Dicembre 2012)



Andamento della tariffa incentivante





Appare evidente che:

- la scelta della potenza di impianto viene, per questo tipo di iniziative, fatta in base alla modulazione dell'incentivo (che cala appena sopra i 200 kW);
- i nuovi meccanismi fanno in modo che le realizzazioni siano indirizzate nelle regioni in cui l'iter autorizzativo è più chiaro e veloce; in particolare le regioni del sud che prevedono PAS anche per iniziative da 200 kW (Basilicata) si sono accaparrate il maggior volume di potenza incentivata.

	<b>ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF</b>	
Relazione tecnico-scientifica	Data: Luglio 2013	Foglio <b>39</b> di <b>39</b>

## 6. Conclusioni e sviluppi futuri

Nell'analisi svolta sono state distinte aree con ventosità adatta all'installazione di turbine mini eoliche ed aree con ventosità potenzialmente adatta all'installazione del grande eolico. Le aree idonee al mini eolico sono di minore estensione, in quanto le limitazioni nelle dimensioni oltre che nelle potenze impongono una ventosità media maggiore per poter considerare l'ipotesi dell'installazione ad una quota più vicina al suolo.

La sovrapposizione delle aree ventose con la vincolistica vigente (in questa fase sono state confrontate solamente i vincoli di area, e non quelli individuati da punti quali castelli, ville etc..) ha mostrato come le aree ventose residue al netto delle aree vincolate siano assai limitate rispetto alla disponibilità della risorsa. In particolare è stato stimato che i vincoli interessino una percentuale di circa l'80 % delle aree ventose, sia nel caso del mini eolico sia nel caso dell'eolico.

L'analisi della situazione delle altre regioni d'Italia mostra come il nuovo regime di incentivazione renda necessaria l'individuazione di percorsi autorizzativi più snelli e chiari per poter adeguare i tempi di istruttoria al regime di competizione per l'accesso alle incentivazioni nel panorama nazionale. Questi elementi sono fondamentali per lo sviluppo di qualsiasi iniziativa pubblica o privata per quanto riguarda la produzione di energia da fonte eolica.

L'analisi svolta costituisce un contributo ad una visione globale della questione dell'energia eolica nei territori umbro, ma dal punto di vista tecnico-scientifico è ancora in fase di elaborazione e miglioramento, per una valutazione più corretta della risorsa ed una selezione ancor più quantitativa delle aree idonee alle installazioni.

In particolare sarà proposta l'implementazione di una analisi multi criteri che tenga conto della vastità dell'area, della pendenza media, della distanza dei baricentri delle aree da linee di comunicazione e da reti.

Un metodo importante che sarà utilizzato per tentare di incrementare la durata delle serie storiche climatologiche disponibili e quindi aumentare l'affidabilità del calcolo sarà la storicizzazione dei dati, ovvero il confronto delle stazioni disponibili con i dati provenienti dalle stazioni di modellazione meteorologica di meso-scala. Dal confronto dei dati si definirà il grado di correlazione esistente tra le varie stazioni e quindi la possibilità di estendere le serie storiche.



**CIRIAF**  
Centro Interuniversitario  
di Ricerca sull'Inquinamento  
da Agenti Fisici - "Mauro Felli"

**ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN  
MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA  
REGIONE UMBRIA E CIRIAF**

Relazione tecnico-scientifica

Data: Luglio 2013

# ACCORDO DI COLLABORAZIONE IN MATERIA DI ENERGIA EOLICA TRA REGIONE UMBRIA E CIRIAF

REPORT ATTIVITA' - LUGLIO 2013

## ALLEGATO

**Committente**

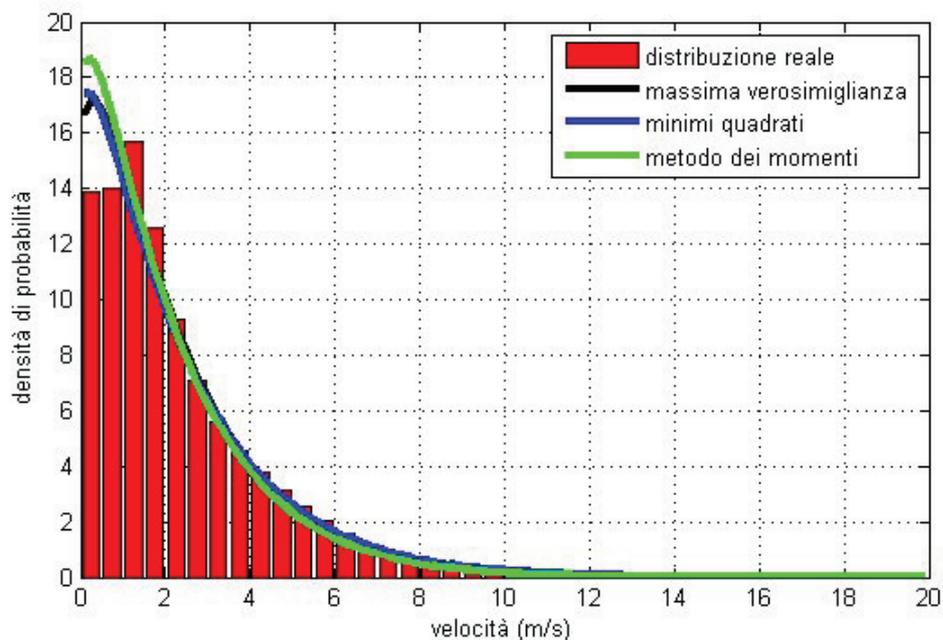
**Regione Umbria**

**Gruppo di Lavoro**

**Prof. Ing. Francesco Castellani  
Dott. Emanuele Piccioni**

<b>Nome stazione</b>	<b>Tresa</b>
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2012 23:50
Dati Disponibili	210384
Dati Invalidi Velocità	26232
Percentuale dati validi Velocità	87.5314
Dati Invalidi Direzione	37502
Percentuale dati validi Direzione	82.1745
Frequenza di campionamento	10 min
Velocità Media Vento (m/s)	2.2550

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

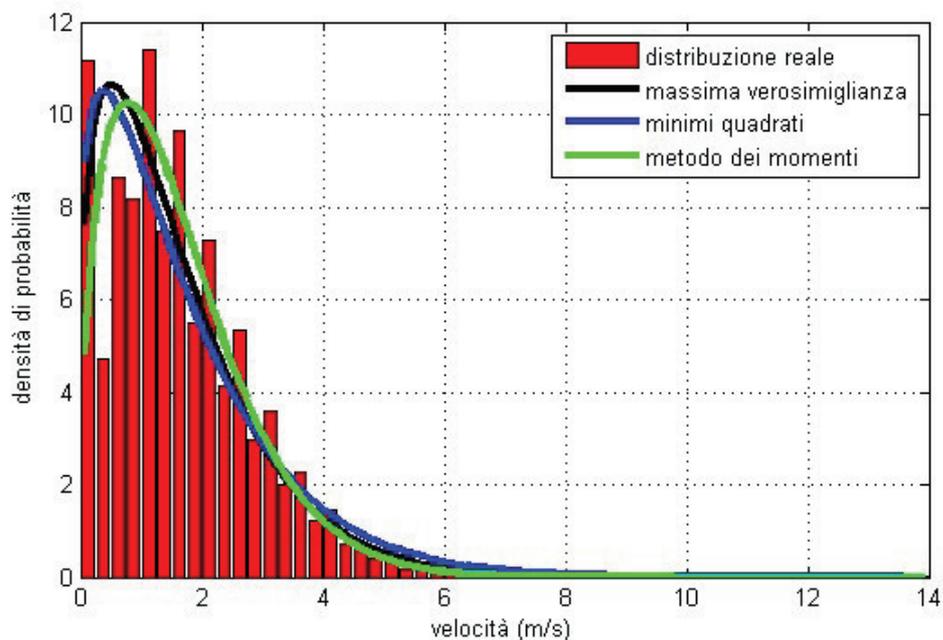


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	2.255
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	2.335
Media Massima Verosimiglianza: k	1.1
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	2.396
Media Minimi Quadrati: k	1.066
Media Momenti A: (m/s)	2.197
Media Momenti k	1.079

<b>Nome stazione</b>	<b>Strada Provinciale 302</b>
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2012 23:50
Dati Disponibili	210384
Dati Invalidi Velocità	40881
Percentuale dati validi Velocità	80.5684
Dati Invalidi Direzione	55907
Percentuale dati validi Direzione	73.4262
Frequenza di campionamento	10 min
Velocità Media Vento (m/s)	1.6190

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

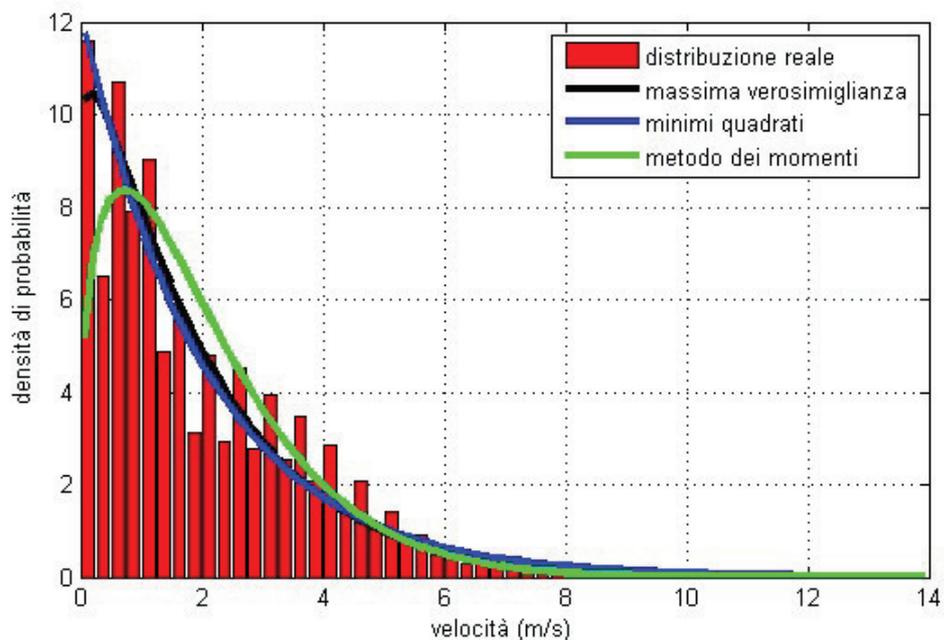


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	1.619
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	1.734
Media Massima Verosimiglianza: k	1.266
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	1.808
Media Minimi Quadrati: k	1.176
Media Momenti A: (m/s)	1.797
Media Momenti k	1.434

<b>Nome stazione</b>	<b>Ponte Santa Maria</b>
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2012 23:50
Dati Disponibili	210384
Dati Invalidi Velocità	32619
Percentuale dati validi Velocità	84.4955
Dati Invalidi Direzione	37323
Percentuale dati validi Direzione	82.2596
Frequenza di campionamento	10 min
Velocità Media Vento (m/s)	1.9460

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

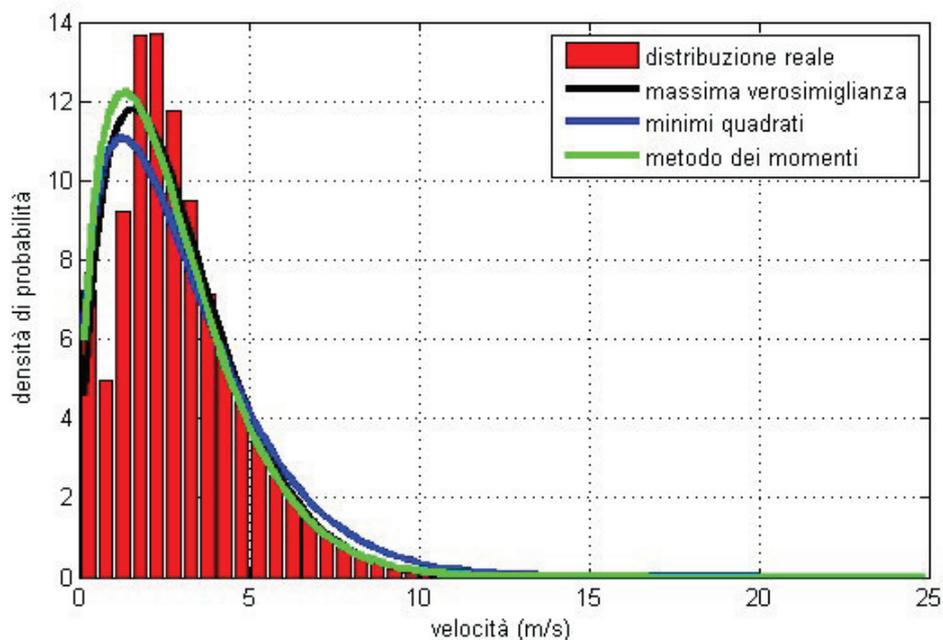


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	1.946
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	1.997
Media Massima Verosimiglianza: k	1.07
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	2.042
Media Minimi Quadrati: k	1.003
Media Momenti A: (m/s)	2.196
Media Momenti k	1.302

<b>Nome stazione</b>	<b>Polvese</b>
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2012 23:50
Dati Disponibili	110078
Dati Invalidi Velocità	32937
Percentuale dati validi Velocità	70.0785
Dati Invalidi Direzione	32610
Percentuale dati validi Direzione	70.3756
Frequenza di campionamento	10 min/30 min
Velocità Media Vento (m/s)	2.8720

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

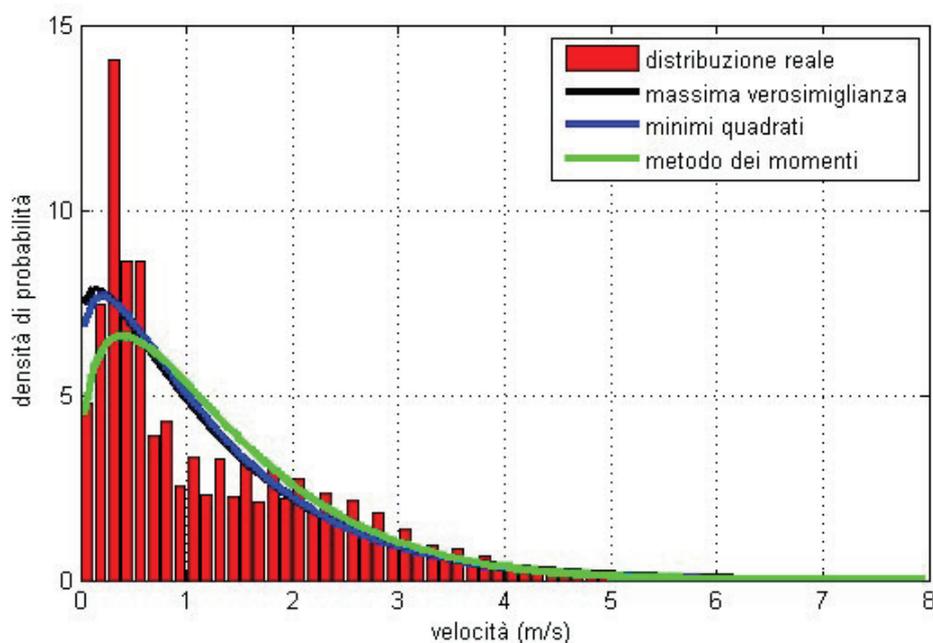


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	2.872
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	3.158
Media Massima Verosimiglianza: k	1.508
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	3.314
Media Minimi Quadrati: k	1.351
Media Momenti A: (m/s)	3.016
Media Momenti k	1.428

<b>Nome stazione</b>	<b>Piediluco</b>
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2012 23:50
Dati Disponibili	210384
Dati Invalidi Velocità	14789
Percentuale dati validi Velocità	92.9705
Dati Invalidi Direzione	16010
Percentuale dati validi Direzione	92.3901
Frequenza di campionamento	10 min/ 30 min
Velocità Media Vento (m/s)	1.2440

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

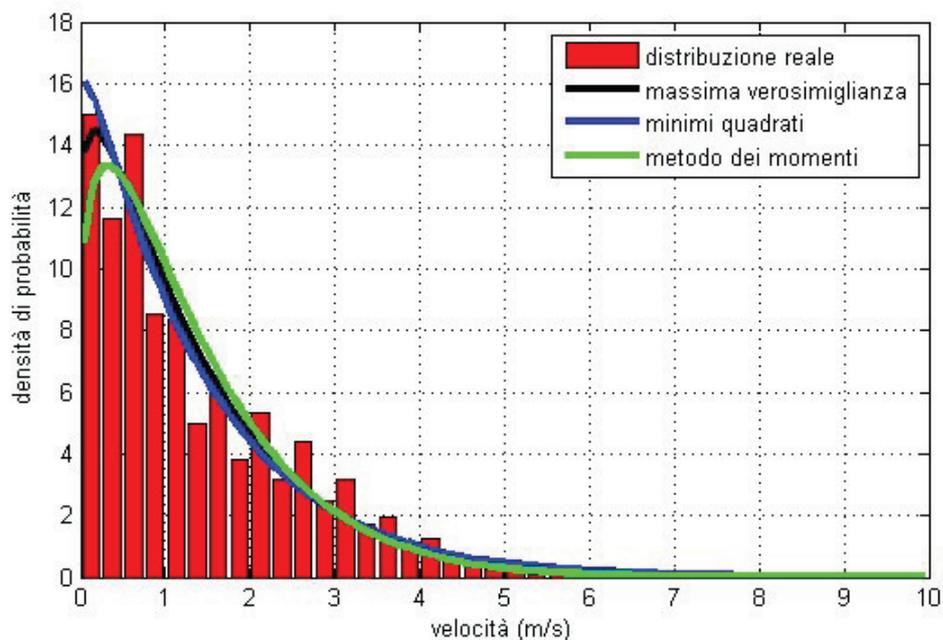


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	1.244
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	1.288
Media Massima Verosimiglianza: k	1.095
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	1.274
Media Minimi Quadrati: k	1.133
Media Momenti A: (m/s)	1.406
Media Momenti k	1.254

Nome stazione	Perugia Sede
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2011 23:30
Dati Disponibili	52560
Dati Invalidi Velocità	47
Percentuale dati validi Velocità	99.9106
Dati Invalidi Direzione	2479
Percentuale dati validi Direzione	95.2835
Frequenza di campionamento	30 min
Velocità Media Vento (m/s)	1.3450

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

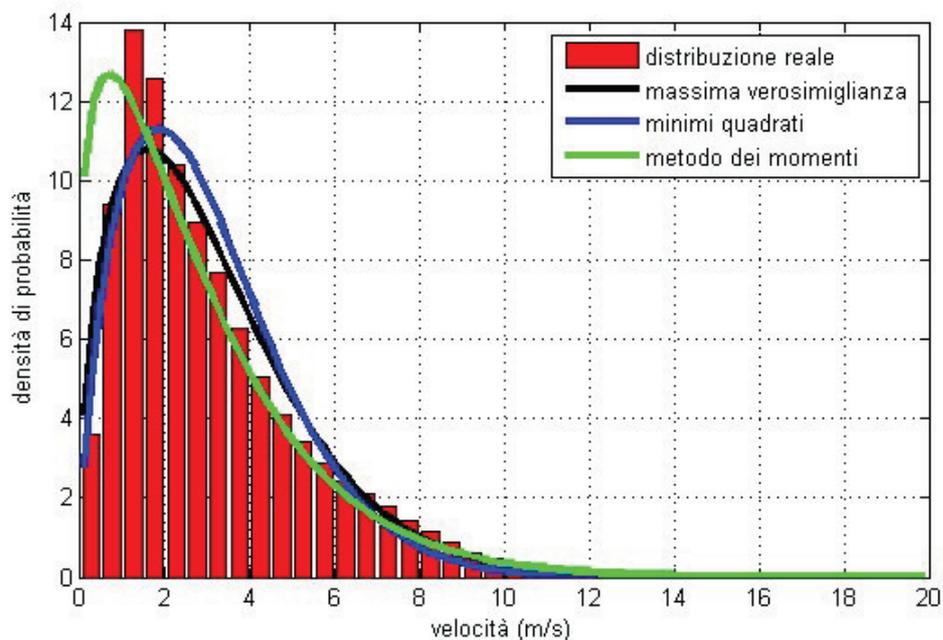


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	1.345
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	1.395
Media Massima Verosimiglianza: k	1.1
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	1.4
Media Minimi Quadrati: k	1.032
Media Momenti A: (m/s)	1.414
Media Momenti k	1.192

<b>Nome stazione</b>	<b>Passignano</b>
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2012 23:50
Dati Disponibili	144694
Dati Invalidi Velocità	117
Percentuale dati validi Velocità	99.9191
Dati Invalidi Direzione	123
Percentuale dati validi Direzione	99.9150
Frequenza di campionamento	10 min/ 30 min
Velocità Media Vento (m/s)	3.0960

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

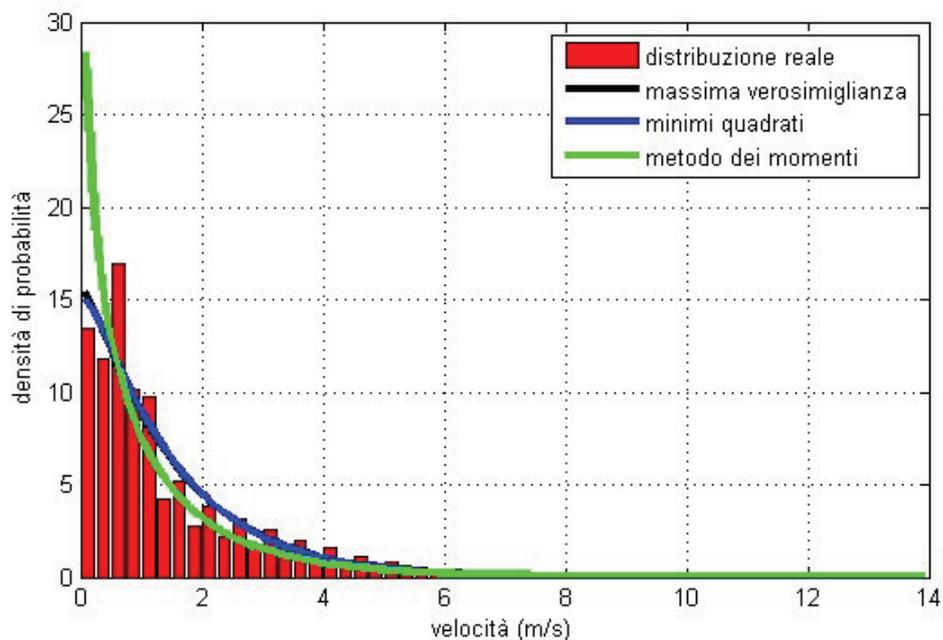


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	3.096
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	3.434
Media Massima Verosimiglianza: k	1.467
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	3.375
Media Minimi Quadrati: k	1.607
Media Momenti A: (m/s)	2.977
Media Momenti k	1.197

<b>Nome stazione</b>	<b>Narni Scalo</b>
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2011 23:30
Dati Disponibili	52560
Dati Invalidi Velocità	187
Percentuale dati validi Velocità	99.6442
Dati Invalidi Direzione	1839
Percentuale dati validi Direzione	96.5011
Frequenza di campionamento	10 min
Velocità Media Vento (m/s)	1.4390

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

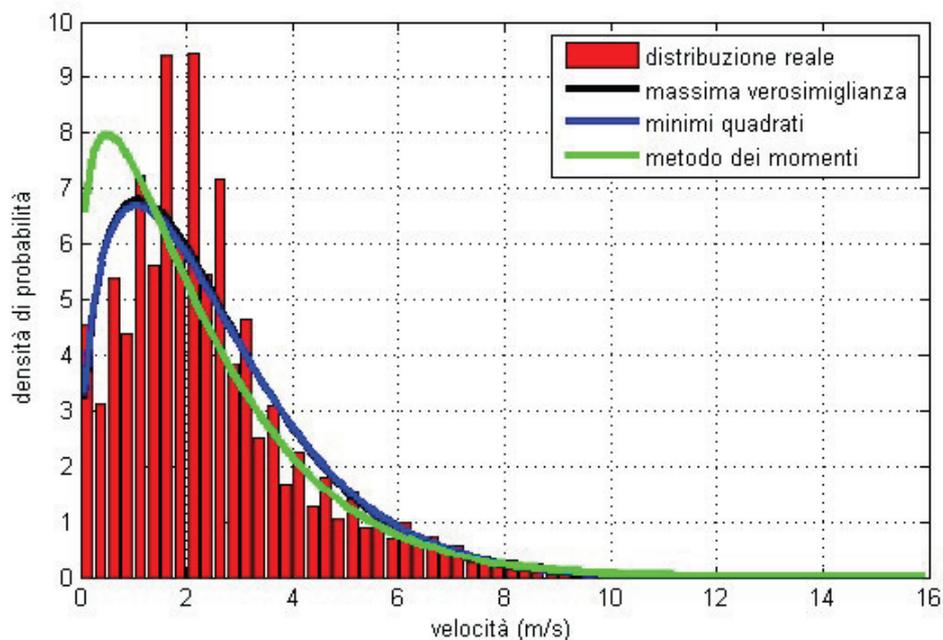


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	1.439
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	1.46
Media Massima Verosimiglianza: k	1.032
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	1.444
Media Minimi Quadrati: k	1.051
Media Momenti A: (m/s)	1.055
Media Momenti k	0.824

<b>Nome stazione</b>	<b>Montedoglio</b>
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2012 23:50
Dati Disponibili	210384
Dati Invalidi Velocità	74701
Percentuale dati validi Velocità	64.4930
Dati Invalidi Direzione	77020
Percentuale dati validi Direzione	63.3908
Frequenza di campionamento	10 min
Velocità Media Vento (m/s)	2.4650

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

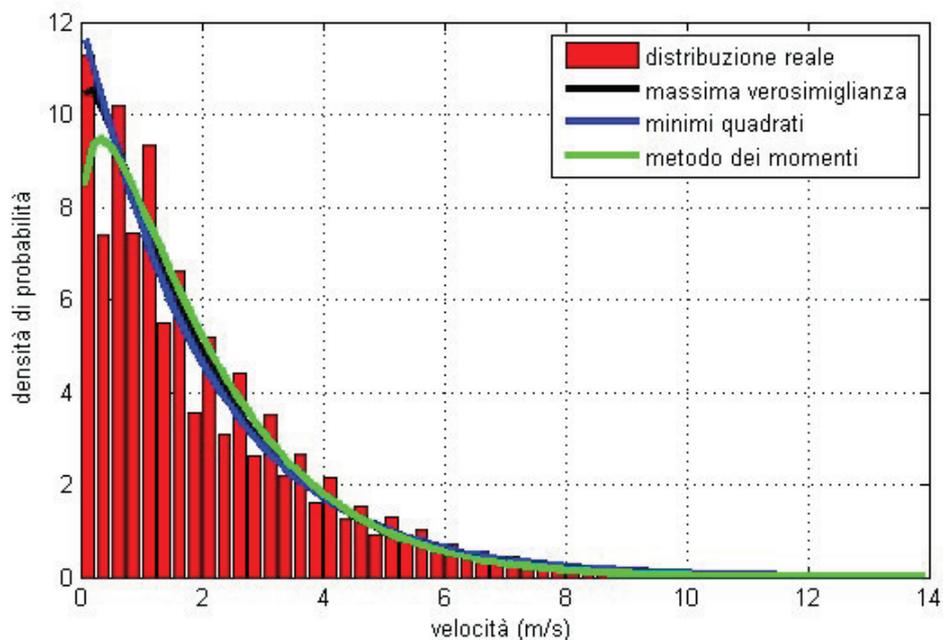


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	2.465
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	2.698
Media Massima Verosimiglianza: k	1.392
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	2.745
Media Minimi Quadrati: k	1.372
Media Momenti A: (m/s)	2.383
Media Momenti k	1.18

Nome stazione	La Cima
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2012 23:50
Dati Disponibili	210384
Dati Invalidi Velocità	34262
Percentuale dati validi Velocità	83.7145
Dati Invalidi Direzione	39557
Percentuale dati validi Direzione	81.1977
Frequenza di campionamento	10 min
Velocità Media Vento (m/s)	1.9610

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

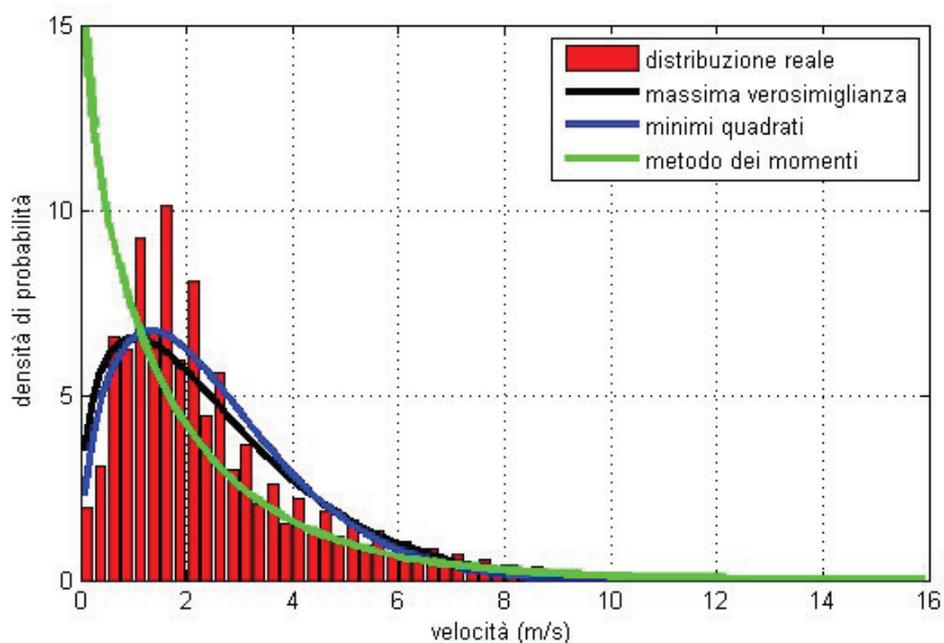


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	1.961
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	2.009
Media Massima Verosimiglianza: k	1.061
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	2.026
Media Minimi Quadrati: k	1.012
Media Momenti A: (m/s)	2.063
Media Momenti k	1.137

<b>Nome stazione</b>	<b>La Bolsella</b>
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2012 23:50
Dati Disponibili	210384
Dati Invalidi Velocità	27225
Percentuale dati validi Velocità	87.0594
Dati Invalidi Direzione	27954
Percentuale dati validi Direzione	86.7129
Frequenza di campionamento	10 min
Velocità Media Vento (m/s)	2.5630

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

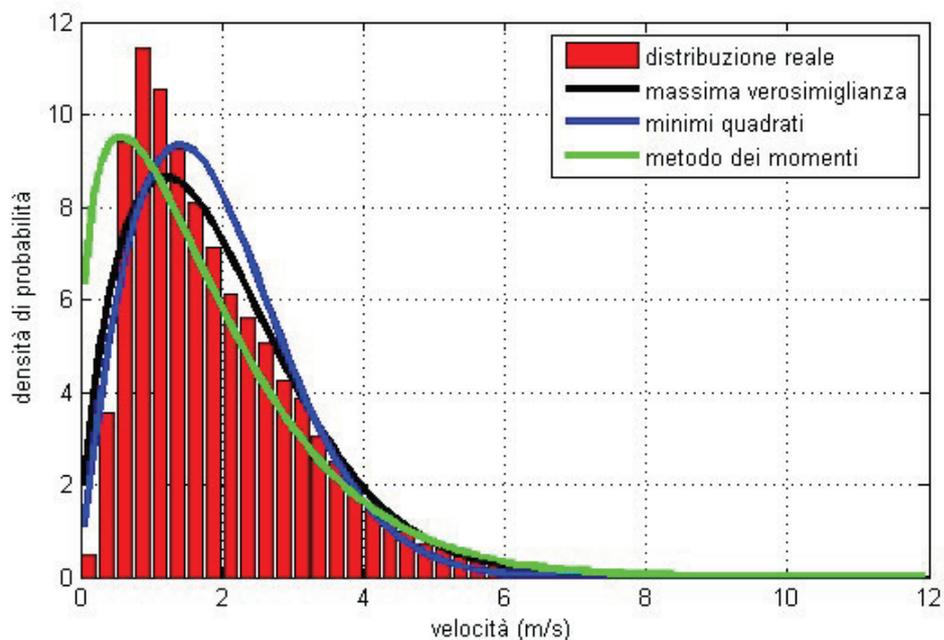


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	2.563
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	2.806
Media Massima Verosimiglianza: k	1.343
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	2.766
Media Minimi Quadrati: k	1.497
Media Momenti A: (m/s)	1.932
Media Momenti k	0.907

<b>Nome stazione</b>	<b>Gubbio</b>
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2012 23:50
Dati Disponibili	210384
Dati Invalidi Velocità	11884
Percentuale dati validi Velocità	94.3513
Dati Invalidi Direzione	12479
Percentuale dati validi Direzione	94.0685
Frequenza di campionamento	10 min/ 30 min
Velocità Media Vento (m/s)	1.9650

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

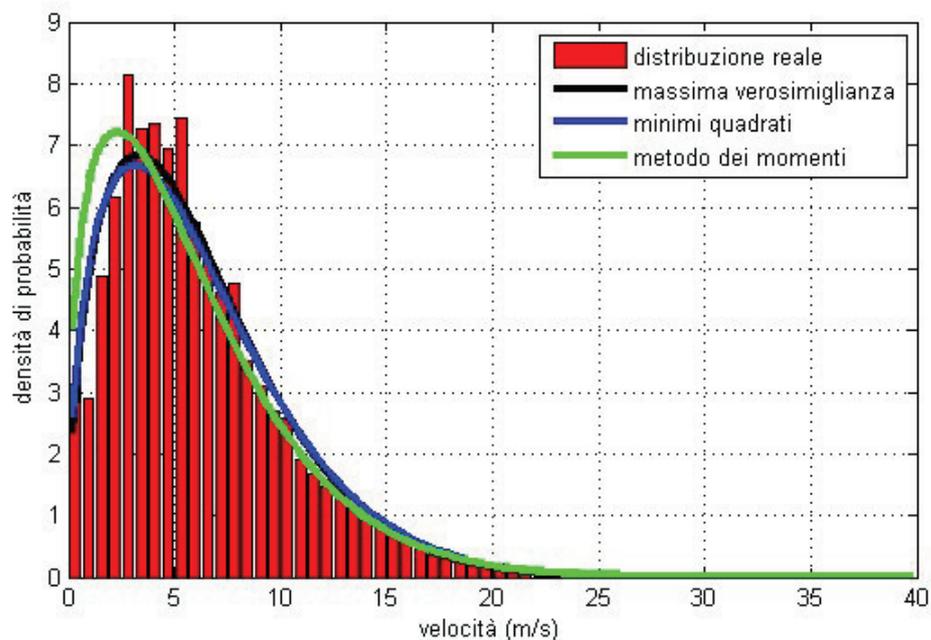


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	1.965
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	2.205
Media Massima Verosimiglianza: k	1.607
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	2.168
Media Minimi Quadrati: k	1.823
Media Momenti A: (m/s)	1.94
Media Momenti k	1.269

<b>Nome stazione</b>	<b>Forca Canapine</b>
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2012 23:50
Dati Disponibili	210384
Dati Invalidi Velocità	36308
Percentuale dati validi Velocità	82.7420
Dati Invalidi Direzione	38094
Percentuale dati validi Direzione	81.8931
Frequenza di campionamento	10 min
Velocità Media Vento (m/s)	6.1530

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

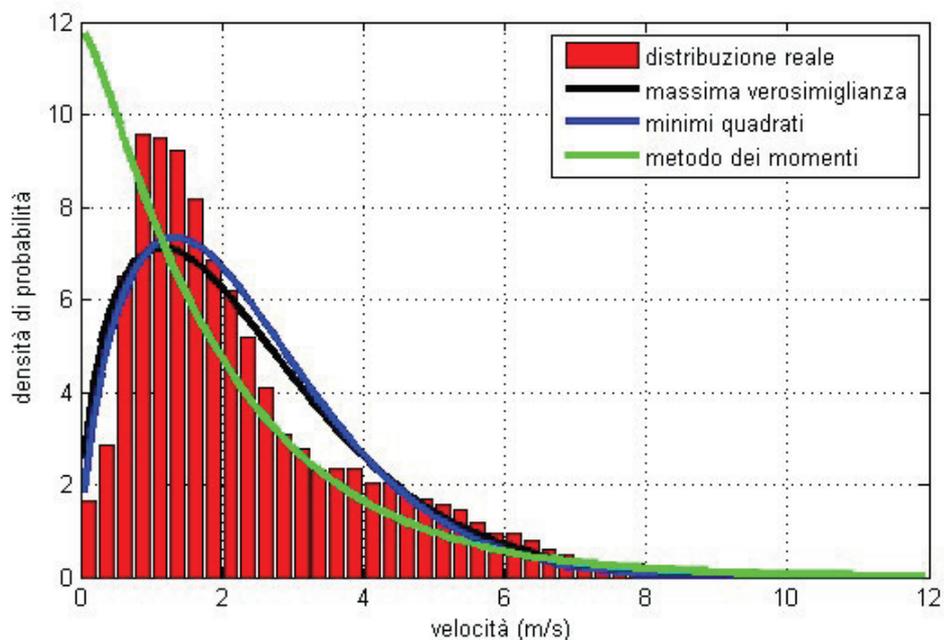


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	6.153
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	6.81
Media Massima Verosimiglianza: k	1.501
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	6.919
Media Minimi Quadrati: k	1.454
Media Momenti A: (m/s)	6.355
Media Momenti k	1.338

Nome stazione	Foligno
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2012 23:50
Dati Disponibili	210384
Dati Invalidi Velocità	19045
Percentuale dati validi Velocità	90.9475
Dati Invalidi Direzione	15285
Percentuale dati validi Direzione	92.7347
Frequenza di campionamento	10 min/30 min
Velocità Media Vento (m/s)	2.3420

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

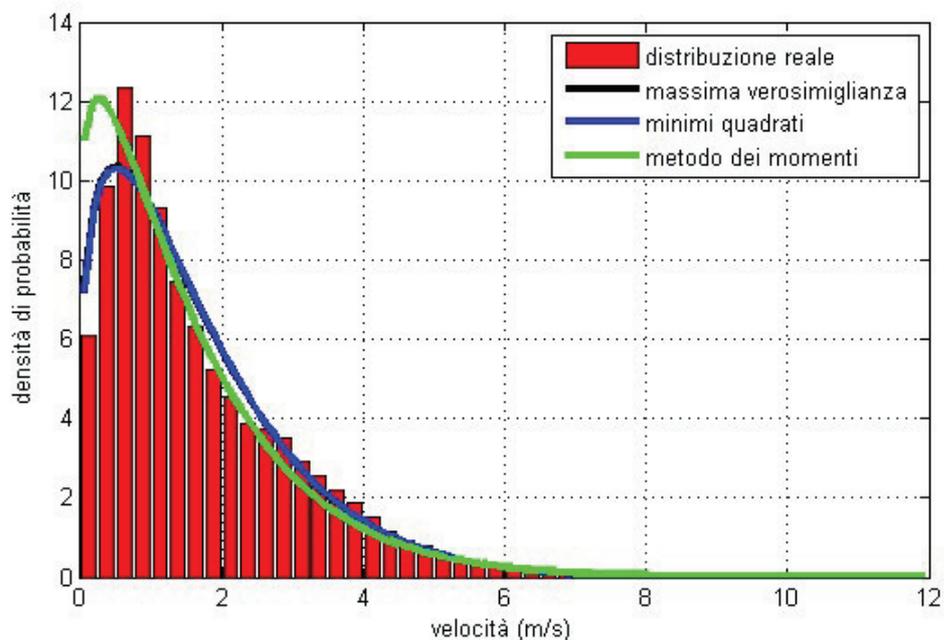


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	2.342
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	2.593
Media Massima Verosimiglianza: k	1.446
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	2.569
Media Minimi Quadrati: k	1.557
Media Momenti A: (m/s)	1.935
Media Momenti k	1.027

<b>Nome stazione</b>	<b>Cerbara</b>
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2012 23:50
Dati Disponibili	210384
Dati Invalidi Velocità	10171
Percentuale dati validi Velocità	95.1655
Dati Invalidi Direzione	12770
Percentuale dati validi Direzione	93.9301
Frequenza di campionamento	10 min/ 30 min
Velocità Media Vento (m/s)	1.6700

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

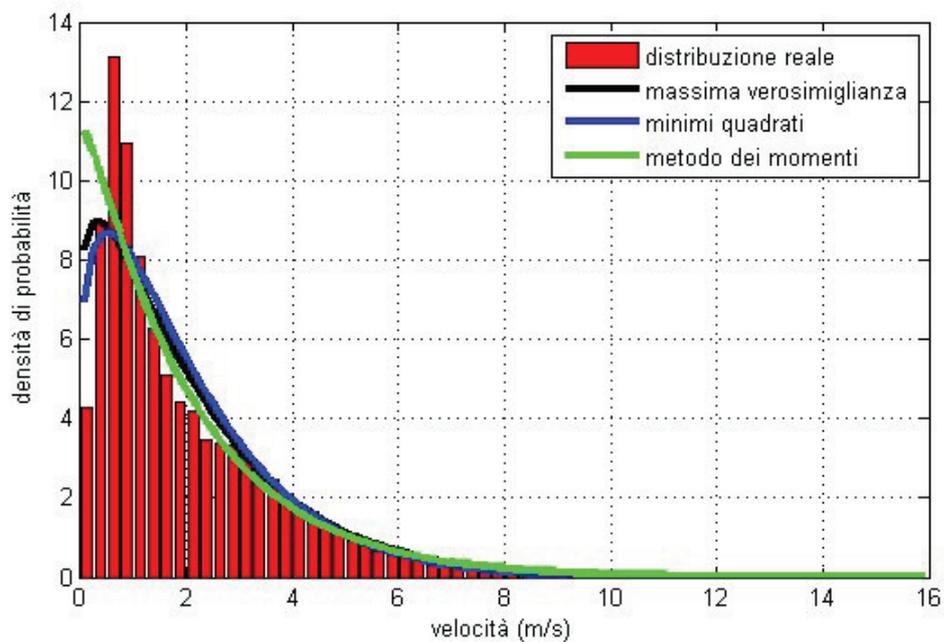


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	1.67
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	1.793
Media Massima Verosimiglianza: k	1.249
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	1.798
Media Minimi Quadrati: k	1.258
Media Momenti A: (m/s)	1.621
Media Momenti k	1.132

<b>Nome stazione</b>	<b>Casigliano</b>
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2012 23:50
Dati Disponibili	210384
Dati Invalidi Velocità	3512
Percentuale dati validi Velocità	98.3307
Dati Invalidi Direzione	6424
Percentuale dati validi Direzione	96.9465
Frequenza di campionamento	10 min/ 30 min
Velocità Media Vento (m/s)	2.0900

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

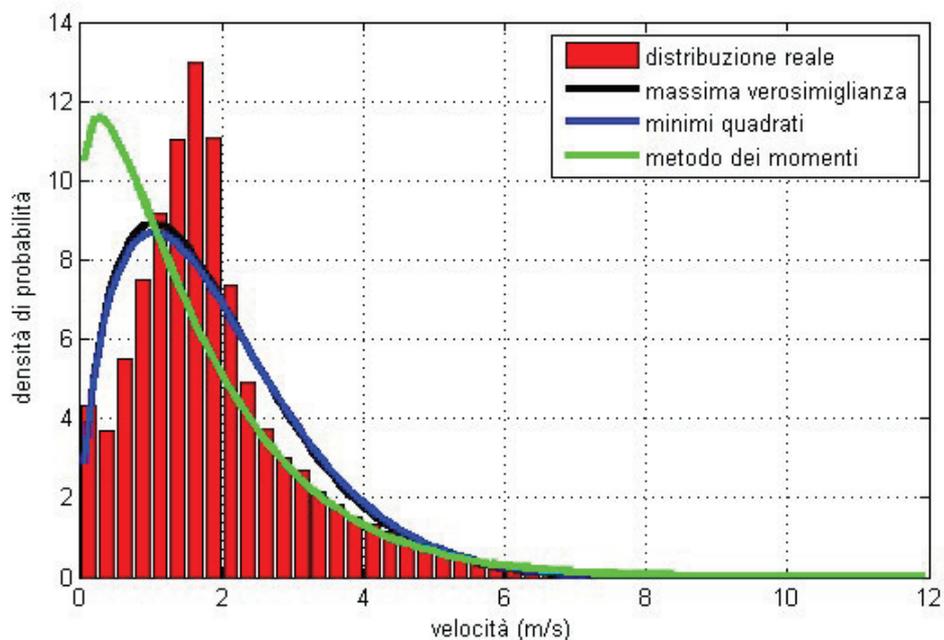


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	2.09
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	2.188
Media Massima Verosimiglianza: k	1.127
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	2.163
Media Minimi Quadrati: k	1.204
Media Momenti A: (m/s)	2.032
Media Momenti k	1.024

<b>Nome stazione</b>	<b>Carestello Meteo</b>
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2012 23:50
Dati Disponibili	210384
Dati Invalidi Velocità	6979
Percentuale dati validi Velocità	96.6827
Dati Invalidi Direzione	8000
Percentuale dati validi Direzione	96.1974
Frequenza di campionamento	10 min/ 30 min
Velocità Media Vento (m/s)	1.8930

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**

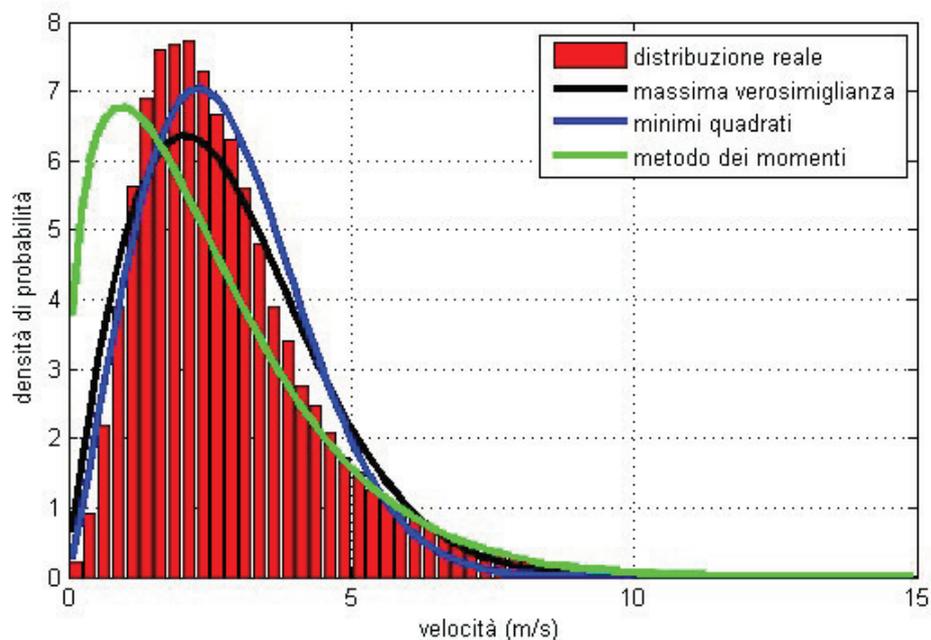


**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	1.893
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	2.093
Media Massima Verosimiglianza: k	1.517
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	2.149
Media Minimi Quadrati: k	1.503
Media Momenti A: (m/s)	1.688
Media Momenti k	1.133

<b>Nome stazione</b>	<b>Armenzano</b>
Inizio acquisizione	01/01/2009 00:00
Fine acquisizione	31/12/2012 23:50
Dati Disponibili	210384
Dati Invalidi Velocità	7770
Percentuale dati validi Velocità	96.3068
Dati Invalidi Direzione	7873
Percentuale dati validi Direzione	96.2578
Frequenza di campionamento	10 min/30 min
Velocità Media Vento (m/s)	2.8230

**Figura 1. Velocità Vento a 10 m Distribuzione di probabilità**



**Tabella 1. Tabella medie dalle distribuzioni**

Media Distribuzione Reale: V (m/s)	2.823
Media Massima Verosimiglianza: A (m/s)	3.189
Media Massima Verosimiglianza: k	1.823
Media Minimi Quadrati: A (m/s)	3.143
Media Minimi Quadrati: k	2.092
Media Momenti A: (m/s)	2.712
Media Momenti k	1.324