

TECNICHE DI VALUTAZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE E PAESAGGISTICO DEGLI IMPIANTI EOLICI: IL CASO DELLA REGIONE MOLISE

Daniela TONTI, Ugo CHIAVETTA, Marco MARCHETTI, Gherardo CHIRICI

EcoGeoFor – Laboratorio di Ecologia e Geomatica Forestale, Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'Ambiente ed il Territorio, Università del Molise. Contrada Fonte Lappone snc, 86090 Pesche (IS) (Italy). Tel. +39 0874 404113, Fax: +39 0874 404123, e-mail: daniela.tonti@unimol.it

Riassunto

L'orientamento del nostro paese verso le nuove forme d'energia rinnovabile, come quella proveniente dal vento, ha portato allo sviluppo di numerosi impianti eolici (*wind farm*), soprattutto nelle zone appenniniche. Pur trattandosi di una forma di energia pulita, la costruzione di un impianto eolico comporta comunque un certo grado di impatto sull'ambiente e sul paesaggio che pone la necessità di sviluppare opportuni strumenti per la valutazione quantitativa di tali effetti.

Questo lavoro ha l'obiettivo di fornire una prima valutazione sull'entità dell'impatto ambientale e paesaggistico potenziale dei parchi eolici nella regione Molise, in relazione alla distribuzione della popolazione e alla diffusa presenza sul territorio di aree protette. La metodologia applicata si basa sulla produzione di mappe di intervisibilità derivate a partire da un Modello Digitale del Terreno e dalla posizione e altezza di 133 impianti eolici. L'analisi di intervisibilità e di distanza dagli impianti è quindi incrociata con la localizzazione delle aree antropizzate e delle aree protette della rete EUAP e Natura2000.

Tali risultati permettono di valutare il potenziale forte impatto sul paesaggio e sull'ambiente di questi impianti: le torri risultano potenzialmente visibili dal 98% della popolazione locale, sul 46% del territorio e dal 50% delle aree protette.

Abstract

The new strategic interest for renewable energies has increase the development of wind farms, in Italy such process is frequently interesting mountaneous areas of the Appennini chain. Even if these plants produce clean energy (without atmospheric emissions) they have a potential sensible impacts on landscape and the environment. For this reason their development require valuable tools for the quantification of such effects. This work has the final aim to produce a first draft evaluation of the potential impact of wind farms on landscape and environment in the Regione Molise. The analysis is carried out with a viewshed operator in a GIS environment based on the position and height of 133 towers and a Digital Elevation Model. The results are than overlaid with the location of urban and protected areas. As a result the wind towers are potentially visible from the 46% of the Regione Molise, from the 50% of the protected areas and by the 98% of the local population.

Introduzione

Le fonti rinnovabili d'energia, al contrario dei combustibili fossili e nucleari destinati ad esaurirsi in un tempo definito, possono essere considerate inesauribili. Con opportune tecnologie è possibile convertire queste risorse in energia termica, elettrica, meccanica o chimica.

Tali fonti energetiche possiedono due caratteristiche fondamentali che ne rendono auspicabile il loro impiego: esse rinnovano la loro disponibilità in tempi brevi e il loro utilizzo produce un inquinamento ambientale ridotto o trascurabile.

Gli impianti eolici sono, al momento, insieme a quelli idroelettrici, gli unici impianti a fonti rinnovabili che possano sostituire quote significative di carico elettrico, abitualmente prodotte con fonti fossili, e sicuramente con una importante quota di emissioni inquinanti evitate. Dall'altra parte tali impianti producono un impatto su diverse componenti ambientali e paesaggistiche spesso di entità tutt'altro che trascurabile.

In Italia le fattorie eoliche (*wind farm*) si sono diffuse lungo i crinali dell'Appennino Meridionale, dove vi è maggiore disponibilità della risorsa vento, così come accade in Regione Molise. Tali aree sono però considerate di elevato pregio naturalistico e paesaggistico, da qui la necessità di individuare metodologie tese a razionalizzare la localizzazione degli impianti coniugando produttività energetica e tutela ambientale.

I principali impatti prodotti dalla costruzione di un impianto eolico sono quello visivo, quello dovuto all'occupazione del territorio, l'impatto sull'avifauna, l'impatto acustico e quello dovuto alle interferenze elettromagnetiche (Regione Toscana, 2004). Il più rilevante però, così come documentato in letteratura, è quello paesaggistico, dato che gli aerogeneratori per la loro configurazione sono visibili in ogni contesto territoriale in relazione alle loro caratteristiche costruttive, alla topografia, alla densità abitativa e alle condizioni meteorologiche (Möller, 2006, Appleton, & Lovett, 2003, Manwell, *et al.*, 2002, Hurtado, *et al.*, 2004, Álvarez-Farizo & Hanley, 2002).

Dal 1994 al 2006 in Molise sono stati installati 91 aerogeneratori, per circa 70 MW (APER, 2006) ai quali se ne sono aggiunti altri 42 installati nel 2007, per un totale di 133 impianti, un numero destinato a crescere nel tempo, vista la grande propensione potenziale allo sfruttamento dell'energia eolica per le caratteristiche anemologiche del territorio (CESI, 2002).

Lo scopo di questo lavoro è quello di fornire un primo quadro conoscitivo dell'impatto degli impianti presenti sul territorio della Regione Molise. La metodologia è ibrida: combina un'analisi di intervisibilità e una di distanza dagli impianti in ambiente GIS, con logica fuzzy. Il risultato ottenuto è incrociato con la localizzazione delle aree urbane e delle case sparse presenti sul territorio regionale al fine di identificare il livello di impatto visivo potenziale. La stessa analisi è stata ripetuta con la rete di aree protette presenti sul territorio regionale.

Materiali e metodi

L'impatto visivo di una turbina eolica è difficile da valutare quantitativamente in maniera oggettiva a causa di diversi fattori, come la distanza dalle turbine, la dimensione, il numero, il colore, le condizioni atmosferiche, la quantità di tempo a cui la popolazione è esposta alla vista delle turbine e a quanto essa possa veramente avvertirne la loro presenza (Bishop e Karadagkis, 1996; Hurtado *et al.*, 2004).

Un metodo oggi largamente accettato è l'analisi di intervisibilità (o *viewshed analysis*) (Manwell *et al.*, 2002) che permette di valutare se da una determinata posizione sul territorio sia possibile vedere uno o più impianti eolici. La linea di vista può essere limitata dalla orografia o da altri elementi presenti (come le aree boscate o le infrastrutture antropiche).

La mappa d'intervisibilità è stata realizzata per l'area della Regione Molise (443.467 ha) a partire da un Modello Digitale del Terreno (DEM) con risoluzione di 25 m e dalla posizione e altezza di 133 torri eoliche. L'analisi è su base raster con risoluzione uguale a quella del DEM utilizzato.

La mappa di intervisibilità è prodotta in termini di *intervisibilità proporzionale* (Regione Toscana, 2004): per ogni pixel del territorio in esame è stato calcolato il numero di torri visibili. Nell'analisi si è tenuto conto degli ostacoli alla linea di vista dovuti alla sola orografia.

Considerando che la dimensione dell'oggetto e la distanza a cui esso si trova ne influenzano la propria dimensione (o ampiezza) visiva (MCBurney & Collings, 1984) è stata realizzata una mappa della distanza dagli impianti eolici. Essa ha permesso di calcolare per ogni pixel del territorio in esame la distanza topografica dal più vicino impianto.

La mappa delle distanze e di intervisibilità sono state quindi integrate in unico strato informativo di distanza dagli impianti nelle aree di intervisibilità in modo che fosse quantificata la distanza dal più vicino impianto per i soli pixel da cui fosse visibile almeno un impianto (Figura 1).

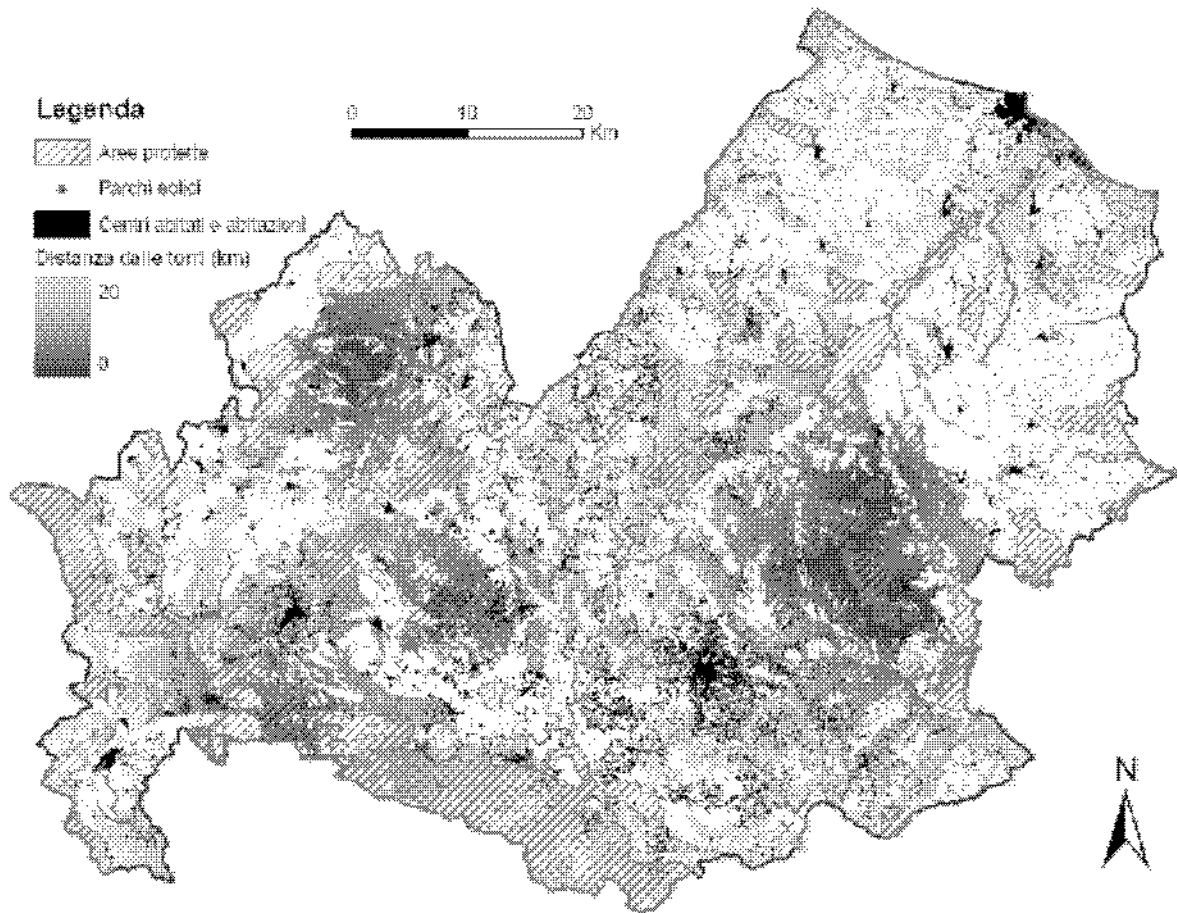


Figura 1: mappa della distanza dagli impianti eolici nelle aree da cui è visibile almeno un impianto. L'analisi è basata sui soli impianti attualmente presenti sul territorio della Regione Molise. Nella mappa sono anche rappresentati i centri urbani, le case sparse e le aree protette.

Al fine di meglio valutare l'effettiva percezione visiva degli impianti è stato utilizzato uno strato informativo dei principali centri urbani in forma vettoriale disponibile a livello nazionale ed è stata realizzata una nuova cartografia vettoriale delle case sparse esterne ai centri abitati. Questo nuovo strato informativo è stato implementato acquisendo la posizione delle abitazioni in forma di punti per digitalizzazione della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 e della copertura ortofotografica IT2000. Per poter individuare la popolazione interessata dall'impatto visivo degli impianti si è utilizzato il numero di abitanti residenti in ciascun centro urbano, informazione disponibile per ogni poligono della copertura vettoriale dei centri urbani, mentre per ogni casa sparsa si è empiricamente assegnato un numero di residenti pari a tre.

Per poter ottenere una prima valutazione dell'impatto degli impianti sulla rete di aree protette presenti sul territorio si è creata una copertura vettoriale contenente tutte le aree protette della rete EUAP (Elenco Ufficiale Aree Protette) e della rete Natura2000 costituita dai Siti d'importanza Comunitaria (SIC) e dalle Zone di Protezione Speciale (ZPS).

La mappa raster di intervisibilità proporzionale è stata discretizzata in sette classi (Tabella 1), quella di distanza dagli impianti in aree di intervisibilità in sei classi (Tabella 2), le coperture risultanti

sono state quindi vettorializzate e incrociate in ambiente GIS con gli strati informativi delle aree urbane, delle case sparse e delle aree protette.

Dall'incrocio con le case sparse e con i centri urbani si è derivato il numero di abitanti ricadenti in ciascuna delle classi di intervisibilità proporzionale e di distanza dagli impianti in zone di intervisibilità. Dall'incrocio con le aree protette si è ottenuta la proporzione di queste ricadenti nelle classi dei due strati informativi di intervisibilità proporzionale e di distanza dagli impianti in zone di intervisibilità.

Risultati e discussione

I risultati ottenuti dall'incrocio della mappa di intervisibilità proporzionale con i diversi strati informativi sono riportati in Tabella 1.

Complessivamente il territorio potenzialmente interessato dall'impatto visivo di almeno una turbina rappresenta il 46,4% dell'intera superficie regionale, in tale area in media sono visibili 25 torri. Le prime tre classi con visibilità di un numero di turbine compreso tra 1 e 53 sono quelle più rappresentate. Le classi 6 e 7 (visibilità di 73-133 turbine) rappresentano una percentuale trascurabile rispetto al territorio regionale (1%).

Se l'analisi si sposta dal territorio agli abitanti allora ben il 98% della popolazione locale della Regione Molise è potenzialmente interessato dall'impatto visivo delle torri. Tale risultato è imputato principalmente alla posizione delle fattorie eoliche molisane. Gran parte di esse sono, infatti, installate lungo i crinali della catena appenninica e ciò consente una visibilità potenziale delle turbine da distanze notevoli.

Le aree urbane e le abitazioni sparse ricadono prevalentemente nella classe di intervisibilità proporzionale 3 (29,90%) corrispondente a un numero di turbine visibili compreso tra 33 e 53. La percentuale minore di abitanti (3%) ricade invece, nella classe 7 (da 113-133 turbine visibili).

La superficie di aree protette da cui risulta visibile almeno una turbina, rappresenta complessivamente circa il 50% del totale, prevalentemente nella classe 1, da 1 a 13 turbine visibili. La classe 7 è invece la meno rappresentata, con circa l'1% della superficie totale.

Tabella 1. Sintesi dei risultati dell'*overlay* fra la mappa di intervisibilità proporzionale rispetto a tutto il territorio regionale, agli abitanti in aree urbane e case sparse e alle aree protette. Per ogni classe di intervisibilità è riportato il numero di torri visibili.

Classe di intervisibilità	SUPERFICIE REGIONALE		ABITANTI	AREE PROTETTE	
	(ha)	(%)	(%)	(ha)	(%)
Nessuna torre visibile	237858,95	53,60	1,98	71446,76	50,86
Classe 1 1-13	82273,11	18,54	22,72	24004,46	17,09
Classe 2 13-33	66567,09	15,00	29,90	18085,77	12,87
Classe 3 33-53	28984,03	6,53	14,31	8951,57	6,37
Classe 4 53-73	15363,37	3,46	11,25	6420,99	4,57
Classe 5 73-93	8303,48	1,87	9,40	7099,83	5,05
Classe 6 93-113	3470,89	0,78	7,54	3439,64	2,45
Classe 7 113-133	946,31	0,21	2,91	1028,78	0,73
Totali	443767,22	100,00	100,00	140477,79	100,00

I risultati degli incroci fra i diversi strati informativi e la mappa della distanza dagli impianti nell'area di intervisibilità sono riportati in Tabella 2.

Tabella 2. Sintesi dei risultati dell'overlay fra la mappa di distanza dagli impianti nell'area di intervisibilità rispetto a tutto il territorio regionale, agli abitanti in aree urbane e case sparse e alle aree protette. Per ogni classe di distanza è riportata la distanza in km dagli impianti.

Classe di distanza	SUPERFICIE REGIONALE		ABITANTI	AREE PROTETTE	
	(ha)	(%)	(%)	(ha)	(%)
Classe 1 0-1	5704,16	1,29	0,20	2609,27	1,86
Classe 2 1-5	32851,80	7,40	5,41	15122,54	10,77
Classe 3 5-10	46672,16	10,52	12,93	13362,57	9,51
Classe 4 10-20	80774,53	18,20	37,81	25127,11	17,89
Classe 5 20-50	39884,35	8,99	13,70	9820,93	6,99
Classe 6 > 50	237880,23	53,60	29,95	74435,36	52,99
Totali	443767,22	100,00	100,00	140477,79	100,00

La distanza media delle aree abitate (centri urbani e case sparse) dagli impianti è pari a 7,6 Km, la maggior parte della popolazione (il 37,81%) ricade nella classe 4 (da 10 a 20 km).

Le aree protette si trovano a una distanza media dagli impianti pari a 6,8 km, ben 3 impianti si trovano direttamente all'interno di aree protette.

Tenendo presente un raggio di 20 km dell'Area d'Impatto Visuale Assoluto (R_A) (*sensu* Regione Toscana, 2004) calcolato sui 133 aerogeneratori presenti sul territorio si può facilmente calcolare che il 37% del territorio, il 66% della popolazione e il 47% delle aree protette si trova entro la R_A .

Conclusioni

Questo lavoro rappresenta un contributo preliminare all'analisi dell'impatto paesaggistico e ambientale degli impianti eolici nella Regione Molise. A tal proposito bisogna precisare che l'impatto analizzato si riferisce soltanto agli impianti effettivamente collocati all'interno del confine regionale. L'impatto effettivo sul territorio è sicuramente maggiore se si considerano i numerosi impianti eolici installati fuori Regione, soprattutto in prossimità dei confini con Lazio e Abruzzo.

Attraverso un'analisi combinata di intervisibilità e distanza sono state analizzate le influenze degli impianti eolici sul territorio, sulla popolazione e sulle aree protette. Da notare che l'analisi di intervisibilità implementata permette solo un primo inquadramento del territorio in quanto: (i) non sono stati presi in considerazione gli ostacoli alla vista degli impianti dovuti all'uso del suolo (per esempio i boschi) e alle infrastrutture di origine antropica (come i fabbricati); (ii) nell'analisi sull'impatto potenziale sulla popolazione si sono prese in considerazione le sole abitazioni e non, per esempio, la viabilità che costituisce un importante punto di osservazione degli impianti; (iii) l'impatto sulla componente ambientale è basato sulla intervisibilità e la localizzazione delle aree protette, per questo costituisce in sostanza la percezione dal punto di vista dell'osservatore all'interno delle aree protette dell'impatto sul paesaggio degli impianti. L'impatto sull'ambiente degli impianti dovrebbe invece essere basato su un'accurata analisi degli aspetti faunistici e floristici (Regione Toscana, cit.).

A discapito di tali limiti la metodologia adottata ha permesso di ottenere in modo semplice una valutazione oggettiva e replicabile del potenziale impatto sul paesaggio e sull'ambiente degli impianti realizzati in Regione Molise che risulta essere complessivamente importante su un territorio di elevato pregio ambientale (oltre il 31% del territorio è incluso in aree protette).

Per questi motivi l'analisi dovrebbe essere estesa territorialmente, possibilmente a livello nazionale, in modo da poter supportare il corretto inserimento dei nuovi parchi eolici in un ottica di ottimizzazione della sostenibilità ambientale di tali impianti, oltre che di massimizzazione della produttività energetica, e dovrebbe essere approfondita tematicamente in modo da ampliarne la capacità e il dettaglio analitico.

Ringraziamenti

Il presente contributo è stato realizzato nell'ambito delle attività del corso di Progettazione Ambientale del Corso di Laurea in Scienze dell'Ambiente e della Natura della Facoltà di Scienze MMFFNN dell'Università degli Studi del Molise (docente Prof. Gherardo Chirici). Gli Studenti del'A.A. 2006-2007 hanno realizzato lo strato informativo delle case sparse della regione Molise e hanno contribuito allo sviluppo della metodologia di analisi.

Bibliografia

- Álvarez-Farizo B., Hanley N. (2002), "Using conjoint analysis to quantify public preferences over the environmental impacts of wind farms. An example from Spain", *Energy Policy*, 30: pp.107–116.
- APER, Associazione Produttori Energia da Fonti Rinnovabili (2006), "Report eolico 2006-2007", on-line: www.aper.it.
- Appleton K, Lovett A. (2003), "GIS-based visualisation of rural landscapes: defining sufficient realism for environmental decision-making", *Landscape Urban Plan*, 65:pp. 117–31.
- Bishop I.D., Karadagkis C. (1996), "Combining GIS based environmental-modelling and visualisation: another window on the modelling process", in *Proceedings of the 3rd international conference on integrating GIS and environmental modelling*. Santa Barbara: National Center for Geographic Information and Analysis, Santa Fe.
- CESI (2002), "Atlante Eolico dell'Italia", *Progetto ENERIN. Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano e Università di Genova*, disponibile on-line: <http://www.cesi.it>.
- Herrmann J.T. (2006), "IDRISI Andes Edition Enhances Modules, Adds Land Change Modeler", *Earth Imaging Journal*, November/December.
- Hurtado J.P., Fernandez J., Parrodo J.L., Blanco E. (2004), "Spanish method of visual-impact evaluation in wind farms", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*., 8: 483-491.
- Magrini M. (2001), "Considerazioni sull'importanza delle praterie montane dell'Umbria per l'avifauna e prima analisi bibliografica sull'impatto degli impianti eolici", *Relazione preparata da OIKOS Studio Naturalistico*: pp. 11.
- Manwell JF, McGowan JG, Rogers AL. (2002), "Wind-energy systems: environmental aspects and impacts", in: *Wind-energy explained*. New York: Wiley & Sons.
- McBurney D.H. & Collings V.D. (1984), "Introduction to Sensation/Perception (2nd edn)", *Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, Inc.*: pp. 10, 16, 60, 115.
- Möller B. (2006), "Changing wind-power landscapes: regional assessment of visual impact on land use and population in Northern Jutland, Denmark", *Applied Energy*, 83: pp. 477–494
- Regione Toscana (2004), "Linee guida per la valutazione dell'impatto ambientale degli impianti eolici", *Direzione Generale delle Politiche Territoriali e Ambientali-Settore Energia e Risorse Minerarie; Direzione Generale della Presidenza, Area di Coordinamento Programmazione e Controllo-Settore Valutazione Impatto Ambientale*, on line:www.rete.toscana.it.