3.3 Aspetti Energetici[1]

Il presente capitolo è diviso in 4 paragrafi.
Il primo *3.3.1.Introduzione: note di carattere generale e metodologia di analisi* riprende sostanzialmente le analisi già riportate in accompagnamento al documento di PUC preliminare adottato nel 2008.
Il secondo e il terzo paragrafo *3.3.2 Sfruttamento della fonte eolica* e *3.3.3 Sfruttamento della fonte solare* costituiscono un aggiornamento legato ad analisi più puntali, sviluppate sul territorio del Comune di Vado Ligure, e delle ipotesi di quantificazione delle potenzialità microeolica e solare fotovoltaica. Tali ipotesi si basano su presupposti realistici, come verrà illustrato, ma del tutto teorici e la cui attuabilità è determinata da molti fattori, non del tutto controllabili e/o incentivabili.
Il paragrafo 3.3.4 *Proposta di sistema incentivante all'uso delle fonti rinnovabili* costituisce un aggiornamento in grado di rendere efficaci le considerazioni fatte nei paragrafi precedenti, attraverso un meccanismo premiale e il suo richiamo in specifico articolo delle norme di Conformità (art. 26 bis) e Congruenza (art 21 bis).

Alla tavola di analisi già riportata si aggiunge quindi una tavola ulteriore relativa al calcolo, tramite software di simulazione, della velocità adirezionale del vento in diversi siti, oltre a diversi diagrammi contenuti nel testo.

Tavola n° 13bis Rapporto Ambientale - Assetto Ambientale
Energie Rinnovabili, calcolo della velocità adirezionale del vento

Infine, successivamente alla fase di Scoping, è stato elaborato uno strumento di incentivazione all'uso delle fonti solare ed eolica rivolto ai privati e che permette di valutare l'attribuibilità di un premio, in termini percentuali rispetto alla S.A. (Superficie Agibile), S.C. (Superficie Coperta) o Volume geometrico (L.r. 16/2008 s.m.i.) a chi realizza nuove costruzioni, o interventi sull'esistente, con prestazioni energetiche migliori di quelle minime consentite dalla normativa vigente. Il sistema permette il calcolo del premio percentuale, con un massimo del 10%, in funzione di un punteggio ottenibile direttamente collegato alle migliori prestazioni energetiche. La valutazione si basa su parametri a valutazione quantitativa, pertanto non è necessaria (anche se possibile) il coinvolgimento di un ente terzo che esegua la verifica della validità dei dati.
Tale strumento di calcolo è richiamato dall' *Art.26 bis Incentivazioni e premialità* delle Norme di Conformità (Ambiti) e dall'analogo Art. 21bis delle norme di Congruenza (Distretti).

[1] Questo paragrafo, rispetto alla versione presentata per la fase di *scoping*, è stata arricchita con la redazione di un sistema di incentivazione all'uso delle fonti rinnovabili, recepito all'internod elel Norme di Conformità e Congruenza.

3.3.1. Introduzione: note di carattere generale e metodologia di analisi

Secondo il comma 2 dell'articolo 1 della L.R. 36/97, i Piani Urbanistici Comunali devono fondare le proprie scelte progettuali "sulla base della conoscenza, sistematicamente acquisita, dei caratteri fisici, morfologici e ambientali del territorio, delle risorse, dei valori e dei vincoli territoriali […] sulla base del principio generale della sostenibilità ambientale dello sviluppo".
La gestione dell'energia è un tema fondamentale della moderna pianificazione sostenibile ed uno degli aspetti di maggior rilevanza rispetto al controllo dei carichi ambientali derivanti dall'antropizzazione del territorio.
Inoltre sempre nella L.R. 36/97 la lettera a) del comma 3 dell'art.2 prevede che la pianificazione si ispiri al principio del "minimo consumo delle risorse territoriali e paesistico-ambientali, con particolare riguardo a quelle irriproducibili e a quelle riproducibili a costi elevati e a lungo termine", tra le quali si possono a buon diritto includere anche quelle energetiche.

A partire da tali presupposti, nella fase di analisi del territorio oggetto di intervento, tra i temi di indagine che sono stati affrontati, quello dell'energia ha un ruolo di fondamentale importanza, perché permette di valutare e localizzare sul territorio eventuali possibilità per lo sviluppo diffuso di sistemi (anche integrabili all'edilizia) per lo sfruttamento di fonti energetiche rinnovabili, con conseguente riduzione del consumo di risorse energetiche fossili e relative emissioni inquinanti.
In particolare si è puntata l'attenzione sull'energia solare ed eolica, in quanto, tra le fonti energetiche rinnovabili, sono - insieme a quella geotermica - costantemente, immediatamente e indefinitamente presenti in natura.
Le analisi sono state inizialmente condotte[2], sull'intero territorio comunale di Vado Ligure, sulla base di documentazione già disponibile, relativa in particolare a:

- studi climatici e rispettivi rilevamenti già elaborati, con particolare riferimento ad alcune Carte tematiche elaborate nell'ambito del *Progetto Ecozero*, sviluppato dalla Regione Liguria e conclusosi nel 2001: *Mappatura delle aree non idonee alla collocazione di impianti eolici* e *Carta dell'Irraggiamento Solare al suolo*;
- Piano Energetico Ambientale Regionale, approvato dal Consiglio Regionale nel 2003.

Quanto è emerso dalla lettura e dall'analisi della documentazione relativa al Piano Energetico Ambientale Regionale corrisponde sostanzialmente alle indicazioni delle carte elaborate nell'ambito del Progetto Ecozero.
Tutte le informazioni ottenute dalla consultazione della suddetta documentazione hanno evidenziato la particolare situazione del comparto territoriale vadese, permettendo la localizzazione delle valenze energetiche presenti nel Comune stesso e l'individuazione dei siti meglio predisposti all'applicazione di tecnologie solari passive e/o attive e degli aerogeneratori.

Come immediata conseguenza delle valutazioni fatte in questa fase del lavoro, nella Struttura di Piano, nelle aree ove venissero rilevate condizioni favorevoli per lo sfruttamento di energia da fonti rinnovabili, si erano previste delle prescrizioni di Piano che promuovessero iniziative concrete in tal senso.
Le analisi son oggi state raffinate attraverso più dirette considerazioni sul tema dello sfruttamento dell'energia eolica e dell'energia solare, come è illustrato dai due paragrafi aggiunti.
Resta comunque inteso che, in fase attuativa, tali analisi, che tracciano un quadro sintetico, dovranno essere di volta in volta approfondite con analisi puntuali e dettagliate, relative per esempio alla buona esposizione del sito rispetto alla radiazione solare diretta (es. versanti sud, sud-est), all'assenza di ostacoli rilevanti capaci di schermare tale radiazione, alla protezione dell'area (o la facile realizzabilità di protezioni) rispetto alle correnti di vento dominanti nella stagione invernale, all'accessibilità delle brezze refrigeranti estive, alla possibilità di organizzare gli edifici previsti in modo opportuno rispetto agli orientamenti preferenziali in termini di guadagno solare (sud, sud-est, sud-ovest, est), ecc.

[2] Nella versione del PUC preliminare adottata nel 2008, già contenente analisi ambientali ed energetiche all'interno della Descrzione Fondativa e della Struttura di Piano, di cui il presente documento costituisce aggiornamento e riorganizzazione delle informazioni sotto forma di Rapporto Preliminare

Carte tematiche elaborate nell'ambito del Progetto "Ecozero"

(Vedasi la Tavola n° 7 della DF e 13 della Struttura di Piano)

Il Progetto Ecozero, nato per sfruttare al meglio il patrimonio di conoscenza dell'ambiente e del territorio regionale e conclusosi nel luglio del 2001, ha avuto come risultato, oltre alla redazione di una serie di linee guida di procedure operative di gestione ambientale, la realizzazione di una serie di documenti relativi a dati ambientali e territoriali, elaborati a varie scale e provenienti da fonti bibliografiche accreditate e/o già presenti nel Sistema Informativo Regionale, con lo scopo di fornire un supporto utile per una progettazione del territorio compatibile con l'ambiente.

Fra le carte tematiche elaborate nell'ambito del progetto Ecozero, sono risultate utili, ai fini dell'analisi del territorio del Comune di Vado Ligure, le carte relative *all'Irraggiamento Solare al suolo* e alla *Mappatura delle aree non idonee alla collocazione di impianti eolici* (tale carta è stata aggiornata dalla DCR 3/2009 in aggiornamento al PEARL).

La prima carta, datata 1996, ha permesso di suddividere l'intero territorio regionale in tre diversi livelli di irraggiamento solare al suolo (intenso, moderato e debole): il Comune di Vado Ligure risulta per lo più caratterizzato da aree ad irraggiamento intenso lungo la costa ed aree ad irraggiamento debole nell'entroterra.

La seconda carta, datata 2003, ha individuato sull'intero territorio regionale le aree non adatte alla collocazione di impianti eolici: il Comune di Vado Ligure risulta per una buona parte libero da vincoli naturalistici e paesaggistici che limitino l'inserimento di questo tipo di impianti.
Tale Carta consente di avere una prima indicazione della distribuzione delle aree alle quali viene applicata una tutela molto elevata in particolari settori sensibili del paesaggio e dell'avifauna e consente di effettuare un primo screening sul territorio delle aree che possono essere, con elevata probabilità, ritenute non idonee alla collocazione di impianti eolici.
Il documento di riferimento è il DGR n.966 del 5.9.02 a tutela delle aree caratterizzate da forte naturalità ed integrità e con l'individuazione di fattori penalizzanti la collocazione di impianti eolici[3].

Piano Energetico Ambientale Regionale

L'Art. 5 della L n°10/91 stabilisce che le Regioni debbano dotarsi di un Piano Energetico Regionale.
Il Piano Energetico Ambientale della Regione Liguria (PEAR), approvato definitivamente dal Consiglio regionale con la deliberazione n. 43 del 2 dicembre 2003, intende tracciare e definire le linee di strategia energetica, in coerenza con le politiche post Kyoto e con quanto stabilito nella "Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome" tenutasi a Torino nel 2001.
Il Piano è lo strumento di attuazione della politica energetica regionale che verrà sviluppata e resa operativa fino al 2010, ai sensi di quanto disposto dall'articolo 107 della legge regionale n°18 del 21.06.1999.
Gli obiettivi che la Regione intende raggiungere con il documento di pianificazione sono l'uso razionale dell'energia, il risparmio energetico e la riduzione delle emissioni di gas serra mediante la valorizzazione e l'incentivazione dell'utilizzo delle fonti rinnovabili e pulite di energia.
Il PEAR, oltre a tracciare e definire le linee di politica energetica, prende in esame e valuta le possibilità offerte dalle fonti rinnovabili di energia nella Regione, differenziando le varie alternative Comune per Comune.
Sono state quindi elaborate delle mappe indicanti, per ciascun Comune della Liguria, il livello di potenziale energetico da fonti rinnovabili.

Fra le mappe elaborate nell'ambito del Piano, sono risultate utili, ai fini dell'analisi del territorio del Comune di Vado Ligure, le carte relative alla fonte eolica e al solare termico e fotovoltaico.

[3] Si veda la più recente DCR 3/2009, come più avanti illustrato nel presente testo.

La mappa relativa al potenziale energetico da fonte eolica è stata ricavata in base alla velocità media del vento (m/s) e alla densità media di potenza del vento. Nelle seguenti tabelle sono riportate le classi predefinite della velocità media del vento (m/s) e della densità media annuale di potenza del vento (W/mq):

Classe	Velocità del vento (m/s)
Classe_1	< 4
Classe_2	4 – 6
Classe_3	6 – 8
Classe_4	> 8

Classe	Densità di potenza (W/mq)
Classe_1	< 100
Classe_2	100 - 200
Classe_3	200 - 500
Classe_4	> 500

Sulla base di questi dati sono stati valutati il potenziale energetico da fonte eolica (tep/anno) e la densità di potenziale energetico annuo da fonte eolica (tep/kmq), riportati in classi nelle seguenti tabelle:

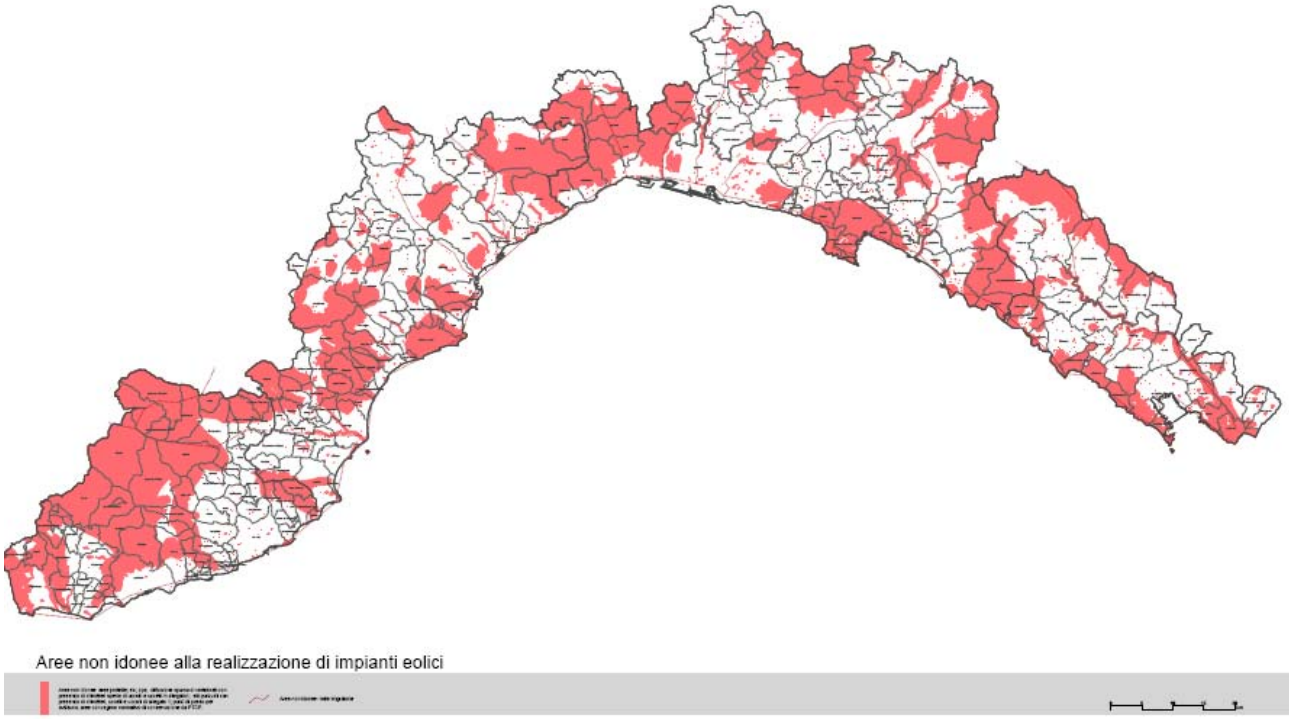
Classe	Potenziale energetico (tep/anno)
Classe_1	< 25
Classe_2	25 – 50
Classe_3	50 – 75
Classe_4	75 – 150
Classe_5	> 150

Classe	Densità di potenziale energetico (tep/Kmq)
Classe_1	< 100
Classe_2	100 - 300
Classe_3	300 - 500
Classe_4	> 500

Dalla mappa risulta che il territorio del Comune di Vado Ligure è caratterizzato prevalentemente da classe 2 per la velocità media del vento e da classe 2-3 per la densità di potenza del vento e rientra nella classe 1 del potenziale energetico. In particolare, come riportato nell'Allegato A al PEAR "*Potenziale energetico annuo da fonti rinnovabili per Provincia e Comuni della Liguria",* si è calcolato per Vado Ligure un potenziale energetico annuo da fonte eolica nullo.
Da ciò si può dedurre che il Comune di Vado Ligure non ha grandi potenzialità per lo sfruttamento dell'energia eolica. Sono comunque da considerare buone le possibilità di adozione di sistemi di generazione microeolica, previa analisi in loco delle condizioni di esposizione alle correnti ventose.

Dal punto di vista normativo, in Liguria, pertanto il potenziale eolico era individuato tramite la DGR 966/2002 e il primo Piano Energetico Ambientale Regionale; sulla base di stime fatte a partire dal potenziale eolico individuato tramite il studi dal Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova, si era attribuita a questa quota di rinnovabili una capacità di installazione di 8 MW.
Nel 2009 la Delibera del Consiglio Regionale 3/2009 rivede gli obiettivi del PEAR per la fonte eolica- anche sulla base dei i rilievi anemometrici fatti in questi anni da diverse società che hanno - nel frattempo installato circa 16 MW - ponendo come nuovo obiettivo l'installazione di impianti per un totale di 120MW ma, nel frattempo, individuando una carta dei siti non idonei (in quanto caratterizzati da valori naturalistici o paesaggistici) che va a coprire una ampia porzione del territorio ligure. Di fatto alla parte restante di territorio vanno sottratte le aree non caratterizzate da

flussi ventosi adeguati e le aree urbane che, se pur non vincolate paesaggisticamente, per altri ed evidenti motivi non sono adatte all'installazione di grandi pale. Tale mappa, a differenza di quanto individuato dal progetto Ecozero, ha valore normativo essendo allegato della DCR 3/09



Le mappe relative al potenziale energetico ottenibile dal solare termico e dal fotovoltaico sono state ricavate attraverso la valutazione dell'energia solare specifica incidente sulle superfici e la stima delle superfici utilizzabili al fine di captare tale energia. Il valore dell'energia incidente su superficie piana e su superficie verticale è stato rilevato, per ogni Comune, tramite l'utilizzo della procedura di calcolo appositamente predisposta dal Servizio Energia della Regione Liguria.
"La componente della radiazione solare tiene conto delle condizioni di orizzonte orografico naturale reale e viene fornita come valore medio di quella elaborata informaticamente per celle di una rete discretizzata di 200 m x 200 m. L'elaborazione effettuata ha consentito di simulare le condizioni di soleggiamento di ogni comune per un giorno tipo di ogni mese per tutto l'arco dell'anno e la conseguente durata delle ore d'insolazione sulla superficie territoriale presa in esame. Oltre che dal grado d'insolazione disponibile, l'analisi della potenzialità della radiazione al suolo dipende anche dalla superficie che può essere utilizzata per la captazione dei raggi solari. L'ipotesi fatta è quella di una stima del potenziale solare a partire dalla disponibilità di superficie coperta."
Sono state così individuate delle classi di potenziale energetico e di densità di potenziale energetico annuo sia da solare termico sia da fotovoltaico.

Classe	Potenziale energetico da solare termico (tep/anno)
Classe_1	< 500
Classe_2	500 - 1000
Classe_3	1000 - 2000
Classe_4	2000 - 5000
Classe_5	> 5000

Classe	Potenziale energetico da fotovoltaico (tep/anno)
Classe_1	< 50
Classe_2	50 - 150
Classe_3	150 - 300
Classe_4	300 - 1000
Classe_5	> 1000

Classe	Densità di potenziale energetico annuo da solare termico (tep/Kmq)
Classe_1	< 20
Classe_2	20 - 40
Classe_3	40 - 80
Classe_4	> 80

Classe	Densità di potenziale energetico annuo da fotovoltaico (tep/Kmq)
Classe_1	< 3
Classe_2	3 - 5
Classe_3	5 - 15
Classe_4	> 15

La mappa indica che il Comune di Vado Ligure rientra nella classe 4 sia per il potenziale energetico da solare termico sia per quello da fotovoltaico, con le rispettive densità appartenenti alla classe più alta. In particolare, come riportato nell'Allegato A al PEAR "*Potenziale energetico annuo da fonti rinnovabili per Provincia e Comuni della Liguria",* si è calcolato per Vado Ligure un potenziale energetico annuo da solare termico pari a 4959 tep/anno e da fotovoltaico pari a 874 tep/anno.
Da ciò si può dedurre che il Comune di Vado Ligure ha ottime potenzialità per lo sfruttamento dell'energia solare, sia con la tecnologia del solare termico, sia con quella del fotovoltaico.

3.3.2 Sfruttamento della fonte eolica

Attraverso questa analisi si intende valutare la potenzialità del territorio di Vado Ligure in merito allo sfruttamento locale delle fonti energetiche rinnovabili, ovvero la sua "vocazione energetica", in particolare in relazione all'energia eolica. Considerando che, come risulta nell'Allegato 2 della Delibera del Consiglio Regionale n.3/2009 "*Aggiornamento degli obiettivi del Piano Energetico Ambientale Regionale ligure – PEARL – per l'energia eolica*" che individua le "*Aree non idonee alla realizzazione di impianti eolici*", ci sono ampie porzioni del territorio comunale dove non è possibile installare impianti eolici industriali di grande taglia, si è qui effettuata una valutazione sulla potenzialità di impiego del microeolico integrato in edilizia. Il settore del microeolico è relativo ad installazioni di dimensioni limitate di autoproduzione, a carattere non commerciale, e, pur non essendo ad oggi prevedibile il suo sviluppo futuro, rappresenta un potenziale ambito di sviluppo economico e di ricerca perché promuove una produzione energetica a piccola scala direttamente sul luogo del consumo. Basandosi su quanto previsto dalla normativa della Regione Liguria in merito all'installazione di impianti microeolici ad asse verticale (DGR n°966 del 5.09.2002, DGR n°551 del 23.05.2008, LR n°45 del 24.12.2008), installabili, sino a 5kW di potenza, con una semplice DIA, e con lo scopo finale di integrare la normativa ambientale del PUC di Vado Ligure individuando linee guida volte a controllarne l'impatto visuale ed acustico, si è fatta una valutazione delle potenzialità di sfruttamento di tale tecnologia nel contesto urbano ed extra-urbano: il risultato di tale stima è la Tavola n°13bis

Tipo di pala	D< 1 m H< 1,5 m	P<5 kW solo VAWT	P< 60 kW	P> 60 kW
CIA	X			
DIA		X	X	
VIA				X
Ubicazione sul territorio ligure	Siti idonei e non idonei	Siti idonei e non idonei	Siti idonei	Siti idonei

Di seguito si esplicita la metodologia utilizzata, pur nella consapevolezza dell'esistenza di un margine di errore che impone più accurate analisi nel caso di installazione di un impianto.

L'analisi è stata condotta sulla base di dati anemometrici resi disponibili da ARPA Liguria. La stazione meteorologica di Capo Vado è parte della rete dell'Osservatorio Meteo-Idrologico (OMIRL), gestito dall'Agenzia Regionale per l'Ambiente Ligure (ARPAL). La stazione di rilevamento è posta sulla sommità di un rilievo tra le città di Vado Ligure e Bergeggi, nella provincia di Savona. Si è utilizzato il software ESDU 84011[4] per "trasferire" i dati in un altro sito (target) posto nell'abitato di Vado Ligure, come ipotetico sito di installazione del microeolico.
In particolare il sistema ESDU stima gli effetti del cambiamento della rugosità del terreno, dei tempi medi di raffica e della topografia. Il programma calcola le caratteristiche del vento in funzione del dislivello rispetto al sito target, utilizzando la velocità del vento su media oraria e la massima

[4] Studi realizzati con la collaborazione di: ingegnere in Aeronautica Spaziale (Università di Pisa) Francesco Poggi, dottorando presso Dottorato di Ingegneria Strutturale e Geotecnica dell', Università di Genova, e con la collaborazione di: arch. Giovanna Rosselli e Caterina Valenzano nella loro tesi di laurea "Paesaggio Microeolico", relatore prof. arch. Adriano Magliocco.

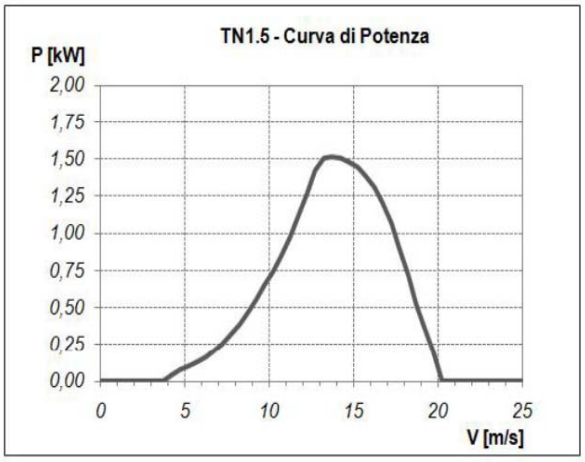
velocità di raffica, insieme alle caratteristiche delle componenti longitudinali e laterali di turbolenza. Tuttavia c'è differenza tra prevedere le caratteristiche del vento al di fuori del tessuto urbano, dove esistono ampi campi di rugosità più o meno uniforme, e all'interno, dove la rugosità cambia frequentemente. Il vento nel tessuto urbano è meno stabile e prevedibile ed è turbolento. Strumenti come ESDU non possono essere applicati in tutti i casi. ESDU è uno strumento utile a determinare il potenziale basandosi su misure fatte vicine all'area di interesse, con valori di rugosità delle aree circostanti e ostacoli sparsi a buona distanza dal punto di interesse. Per conoscere più a fondo siti posti all'interno del tessuto urbano è possibile utilizzare la fluidodinamica computazionale, campagne anemometriche locali o test in galleria del vento, impiegando un modello dell'area circostante sufficientemente esteso. Il problema del calcolo della produzione energetica, invero, può essere diviso in due. Innanzitutto deve essere stimata la velocità media intorno agli edifici (con strumenti come ESDU) e poi va impiegato un fattore di correzione per permettere di determinare l'effetto locale della posizione precisa della turbina.
La simulazione in oggetto ha quindi valore immaginando l'installazione delle turbine in copertura in tessuti caratterizzati da altezze degli edifici omogenee, in modo da poter considerare il campo ventoso sufficientemente libero da ostacoli.
Prima di tutto si è analizzata la Carta dell'uso e della copertura del suolo - su base CTR - della Descrizione Fondativa del PUC preliminare di Vado Ligure (Luglio 2008). Tra i fattori che influenzano il campo di vento al suolo vi è infatti, come detto, la rugosità del terreno, che può essere più o meno accentuata. Le categorie presenti nella Carta dell'uso del suolo sono raggruppabili per caratteristiche simili in relazione alla rugosità, dovuta ad alberi ed edifici, ovvero alla opposizione che tali elementi possono fare alle correnti ventose. E' noto infatti che in ambito extra-urbano esistono estesi campi di rugosità più o meno uniforme (per cui sono preferibili le turbine ad asse orizzontale, quelle di grossa taglia), mentre in un ambito urbano il vento è meno stabile e prevedibile ed è più turbolento: le correnti generate dai blocchi edilizi causano un flusso d'aria accelerata al di sopra e ai lati dell'edificio, per cui si hanno forti incrementi di velocità con l'aumentare dell'altezza, con variazioni improvvise e frequenti della direzione dei flussi (per cui sono preferibili le turbine ad asse verticale). Nel caso specifico del Comune di Vado Ligure, sono state individuate 5 classi di rugosità del terreno:
- 0.7-1 aree non urbanizzate, ad alta rugosità
- 0.5 aree urbanizzate, ad alta rugosità
- 0.3 aree urbanizzate, a bassa rugosità
- 0.1 area portuale
- 0.005 mare

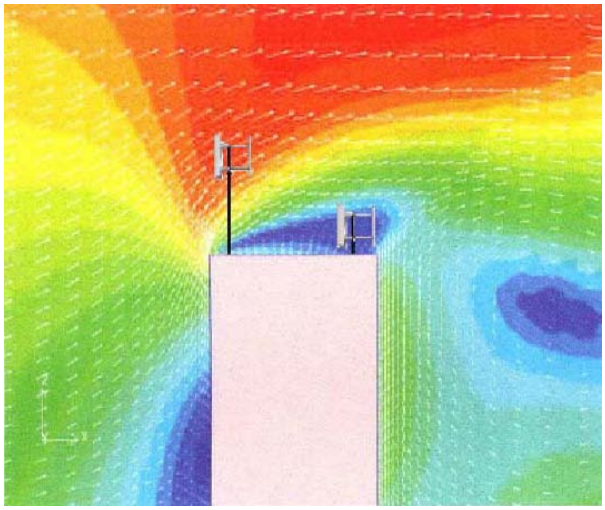
Nella Tavola n°13bis le categorie presenti nella Carta d'uso del territorio sono state quindi accorpate secondo le suddette classi di rugosità:

0.7-1 BOSCHI	aree AT, AM, CM, AC (ovvero tutti i boschi) + altre aree individuate sulla CTR ma non presenti in legenda (aree Sf, CT), assimilate ai boschi, perché all'interno di aree verdi non urbanizzate;
0.5 CENTRO CITTA'	aree SA, DI, IC + aree VU e AS (verde urbano e aree sportive);
0.3	CASE SPARSE aree PR, A, AR, CS, M, V, O, OA (aree con vegetazione o coltivazioni basse, in ambiti poco urbanizzati) + aree ES e D (aree estrattive e discariche), assimilabili alle prime in relazione alla rugosità del terreno;
0.1 MAERSK	area PO (non riportata in legenda) + area MAERSK in progetto (non riportata nella CTR)
0.005 MARE	

con la precisazione che alcune piccole aree isolate, invece che seguire la suddivisione sopra

riportata, sono state inglobate nelle aree limitrofe predominanti (anche se facenti parte di un'altra classe di rugosità del terreno).
Utilizzando i dati disponibili misurati dall'anemometro della stazione di rilevamento posta a ridosso del confine con il Comune di Bergeggi, è stato possibile determinare a campione, in vari punti del territorio comunale, la probabilità della direzione del vento, mettendo a sistema la rugosità del terreno e i dati del vento (velocità media oraria e massima velocità di raffica). Per ognuno dei 15 punti di simulazione, è riportato sulla Tavola n°13bis un grafico che rappresenta la distribuzione a-direzionale della velocità del vento calcolata in quel determinato punto, ovvero quante ore di vento ad una determinata velocità (espressa in m/s) si hanno nell'arco di un anno. Quello che si può dedurre è che le velocità del vento, anche se modeste (prevalenza di maggior numero di ore con velocità del vento pari a 4m/s), possono comunque permettere l'impiego di microeolico, soprattutto nei punti in cui sono rilevabili periodi di significativa lunghezza nei quali sono ipotizzabili velocità maggiori di 4m/s: i dispositivi microeolici tuttavia dovranno avere una bassa velocità di cut-in. Questo tipo di previsione è comunque più accurato rispetto al semplice uso della velocità media (es. quella indicata nell'Atlante Eolico ERSE, ex CESI), in quanto l'efficienza degli impianti microeolici cresce molto, e non linearmente, all'aumentare della velocità del vento.





Al fine di permettere la comprensione di quale sia la potenzialità produttiva di un impianto di questo tipo è stata calcolata, per uno dei siti target analizzati, la produzione annua teorica di una pala ad asse verticale di tipo "Diarreus elicoidale", da 1,5 kW nominali (si veda la curva di potenza sopra), di dimensioni circa 1,8 di diametro e 2,5 di altezza del rotore.

Velocità vento(m/s)	Durata % annua	ore/anno	Potenza(kW	Energia(kWh/anno)
3,75	46,733	3751,2	0	0
5	14,346	1151,5	0,1	115,08
7	11,797	946,95	0,25	240,41
9	7,8954	633,75	0,46	349,57
11	4,1054	329,53	0,85	319,9
13	1,2329	98,96	1,5	148,49
15	0,40681	32,654	1,44	47,027
18	0,085098	6,8306	0,72	4,9155
Energia totale prodotta in un anno				1225,9925

Il valore può ovviamente variare in funzione dell'altezza della pala e della morfologia dell'edificio: tale valore corrisponde a circa una volta e mezzo il consumo medio di elettricità per usi domestici

di un singolo cittadino. Tale tipo di impianto ha un costo medio che può arrivare a 5000 euro/kW installato (che scende al crescere della potenza installata sino a 1000 euro/kW) e si avvale del sistema tariffario "scambio sul posto". Ovviamente per una stima accurata, servono ulteriori simulazioni con software di maggior livello di precisione e analisi più approfondite che devono considerare più nello specifico, oltre alla conformazione delle coperture dove installare il microeolico, anche l'altezza e la distanza tra gli edifici.

È opportuno ricordare che in virtù del fatto che la produttività è legata al valore della velocità del vento elevata al cubo - e la velocità è fortemente determinata dall'altezza della pala - oltre che dall'area spazzata dalla pala, non c'è una relazione lineare tra produttività e dimensione della pala (e quindi potenza nominale), pertanto una pala 10 volte più potente a una produttività di gran lunga superiore a 10 volte la produzione della pala più piccola, a parità di localizzazione.
Pertanto l'uso del microeolico va considerato non come possibile sostitutivo del macro-eolico, quanto uno dei possibili sistemi di autoproduzione (alla stregua del fotovoltaico) utilizzabile ogni qual volta è possibile calcolare una produttività in grado di definire tempi di ammortamento superiori alla vita probabile dell'impianto, scegliendo comunque la pala più grande possibile in relazione ai vincoli esistenti (di impatto visuale, di sicurezza, di rumorosità).

Orientamenti progettuali
Al fine di dare una prima indicazione per una pianificazione urbanistica improntata sui principi della sostenibilità, questa simulazione può essere una buona base di partenza per una prima valutazione del potenziale microeolico diffuso, nel Comune di Vado Ligure, per stimolare un'applicazione sempre più ampia di questa tipologia di impianti, soprattutto considerando che oggi (dicembre 2011) è supportata da adeguati incentivi, anche se inferiori a quelli di cui giova la tecnologia fotovoltaica. È evidente che lo scopo di questa analisi è quello di evidenziare la possibilità di autoproduzione energetica a livello famigliare o di piccoli gruppi di cittadini o, ancora, di piccoli complessi di tipo commerciale, artigianale e turistico, infatti è evidente che, ad oggi, da un punto di vista economico, la produzione da microeolico non è competitiva con il grande eolico su scala industriale.
L'installazione di impianti microeolici, apparentemente "libera" se consideriamo le sole norme regionali di riferimento (entro i limiti di potenza indicati), non è però scevra da problemi legati al contesto in cui questi vanno a porsi. Pertanto per incentivare l'uso dell'eolico anche in zone edificate è opportuno individuare alcune linee guida che potranno essere meglio definite nel progetto di PUC definitivo. In generale il progetto di DIA dovrà affrontare i seguenti passi:

1. analisi dei flussi d'aria: è necessario fare delle misure o usare un software per verificare l'influenza della rugosità e della morfologia dell'edificio;
2. definizione di una prima ipotesi di progetto secondo criteri prestabiliti e condivisi con l'ufficio tecnico comunale e analisi di fattibilità economica;
3. verifica dell'ipotesi di progetto in relazione a:
    - impatto acustico: controllo dei valori di fondo ammessi (zonizzazione), valori di emissione della pala, effetti di cumulo, calcolo dei livelli in prossimità delle utenze;
    - rischio di incidente: ipotesi di ribaltamento o di lancio (gittata) di frammento (improbabile per impianti ad asse verticale);
    - impatto visivo: illustrazione di come vengono soddisfatti i criteri progettuali sopra definiti attraverso l'uso di fotomontaggi che mostrano soluzioni alternative;
    - relazione elettrotecnica.

I criteri progettuali, per le installazioni negli edifici esistenti, dovrebbero seguire le presenti indicazioni di massima (de definire ulteriormente in sede di progetto di PUC definitivo):

- prevedere una installazione unitaria ed organica che possa eventualmente permettere un ampliamento secondo criteri predefiniti;
- usare, possibilmente, sistemi ad asse verticale;
- dimensionare, oltre che in relazione a criteri di produzione energetica e di ammortamento, comparativamente con altri elementi esistenti (abbaini, camini, ecc.);
- porre a centro copertura (se piana) o sulla falda verso il lato meno "pubblico" (corte, strada

minore, ecc.) compatibilmente con l’andamento dei flussi d’aria;
- il numero di pale va relazionato allo schema compositivo dell’edificio (presenza di assi verticali, simmetrie, ecc.);
- il colore va scelto avvicinandosi a quello della copertura e/o dello sfondo in funzione degli angoli visuali;
- scegliere il numero minore delle pale più grandi utilizzabili in relazione alle necessità.

Per i nuovi edifici si auspica che l'uso del microeolico possa determinare potenzialità espressive, dal punto di vista architettonico, che ne permettano una visibilità, invece che un occultamento, con piena integrazione rispetto al linguaggio impiegato, pertanto il progetto dovrà soprattutto evidenziare il superamento degli eventuali problemi legati all'impatto acustico e al rischio di incidente, lasciando maggiore libertà dal punto di vista compositivo.

Incentivi
Le forme di incentivazione che può scegliere una amministrazione comunale possono essere legate a forme di comunicazione e diffusione oltre che a incentivi economici; ad esempio:
- campagne di informazione ai cittadini;
- campagne di comunicazione presso le scuole;
- adozione di procedure amministrative ed esplicitazione chiara delle modalità operative per il rilascio delle autorizzazioni (o accettazione delle DIA);
- individuazione di aree dedicate all'impiego del microeolico (magari di taglia maggiore) e minieolico;
- istituzione di concorsi di idee e progettuali, magari con la partecipazione delle Facoltà universitarie competenti (Ingegneria, Architettura, ecc.);
- realizzazione di impianti dimostrativi per edifici e spazi pubblici (e monitoraggio);
- messa a bilancio di incentivi in conto capitale da porre a bando;
- forme di detrazione fiscale.

3.3.3 Sfruttamento della fonte solare

Per verificare le potenzialità intrinseche nel territorio del Comune di Vado Ligure per lo sfruttamento locale delle fonti energetiche rinnovabili, ovvero della sua "vocazione energetica", in particolare in merito allo sfruttamento dell'energia solare, si è fatta una stima di massima delle superfici delle coperture degli edifici potenzialmente ben esposte ai fini dello sfruttamento dell'energia solare per la produzione di energia elettrica (fotovoltaico) o per la produzione di acqua calda (solare termico).
Nella Tavola n°13ter, sono state campite con colore rosso le coperture a falde degli edifici, in coppi o ardesia, e con colore blu le altre tipologie di coperture, quelle piane, compresi i capannoni industriali. Alcuni edifici non sono stati campiti: l'analisi compiuta infatti ha messo in evidenza alcune difformità tra la base cartografica e la realtà, dovute al fatto che la CTR non è aggiornata con le ultime realizzazioni e/o demolizioni di edifici; ***si tratta ovviamente di una stima di massima***, che però fa ben comprendere l'ordine di grandezza delle quantità potenziali in gioco.

Complessivamente si contano circa 137.000 mq di coperture a falde e circa 281.000 mq di coperture piane: per ottenere una stima il più possibile veritiera, si ritiene ragionevole considerare come ben esposte 1/3 delle coperture a falde e i 2/3 delle coperture piane, e quindi si ritiene che ***siano potenzialmente solarizzabili circa 230.000 mq*** di coperture esistenti nel territorio comunale.

Considerate le caratteristiche di irraggiamento solare del sito possiamo dire che, valutando sull'adozione di un prodotto di mercato in silicio policristallino, si abbia una produzione annua di circa 1500 kWh/mq di impianto. Ovviamente i valori sono variabili in funzione della tecnologia impiegata, dell'orientamento dei pannelli, della loro inclinazione, della presenza di ostacoli vicini o lontani che riducono le ore di irraggiamento diretto.
Possiamo quindi immaginare un valore massimo ipotetico (se tutte le coperture solarizzabili ospitassero un impianto fotovoltaico!) di 345.000 MWh/anno. Il consumo medio massimo di un cittadino, nelle sue funzioni domestiche, è di 1 MWh/anno. Potremmo quindi sicuramente coprire il fabbisogno elettrico domestico avendo anche un buon avanzo per usi del terziario e del comparto artigianale.
Questo calcolo, del tutto teorico, ci è utile a comprendere come potrebbe essere comunque importante, nonostante la tecnologia del fotovoltaico non sia ancora considerabile matura e, soprattutto, competitiva, adottare misure che ne incentivino l'impiego, in integrazione a quanto previsto dal 4° conto energia, ad esempio favorendo soluzioni che adottano impianti integrati, onde evitare l'occupazione di suolo diversamente utile, e tecnologie ad alta efficienza, come d'altronde già richiamato dal Regolamento Edilizio Comunale:
"art, 51 Antenne e pannelli solari, comma 3 e 4
*3. Nell'istallazione dei **moduli fotovoltaici**, in assenza di comprovati impedimenti di natura tecnica e salvo quanto diversamente disposto con apposito regolamento regionale, dovranno essere adottati gli accorgimenti previsti per l'integrazione architettonica totale o parziale dalla "Guida agli interventi validi ai fini del riconoscimento dell'integrazione architettonica del fotovoltaico" predisposta dal Gestore Servizi Elettrici (G.S.E.).*
*4. Salvo diverse disposizioni contenute nel P.U.C., si evidenziano come **non idonei all'installazione di impianti fotovoltaici a terra**, qualora eccedenti il limite massimo di 1 MW, i siti e le aree seguenti:*

- *Aree sottoposte a tutela del paesaggio e del patrimonio storico, archeologico, artistico e culturale;*
- *Aree protette e siti di importanza comunitaria nell'ambito della Rete Natura 2000;*
- *Aree agricole, fatta eccezione per gli impianti che siano realizzati con tecnologie tali da non necessitare di fondazioni in calcestruzzo e non compromettere la fertilità e la capacità d'uso del suolo;*
- *Aree a suscettività al dissesto elevata o molto elevata secondo le previsioni del Piano di Bacino stralcio vigente."*

l'art. 61 - *REQUISITI ENERGETICI* del Regolamento Edilizio che, ai commi 3 e 4, prescrive, inoltre, quanto segue:

"*3. Ai fini del rilascio del permesso di costruire, per gli edifici di nuova costruzione e per quelli interessati da interventi di demolizione e ricostruzione:*
deve essere prevista l'installazione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (es. moduli fotovoltaici), in modo tale da garantire una produzione energetica non inferiore a 1 kW per ciascuna unità abitativa, compatibilmente con la realizzabilità tecnica dell'intervento. Per i fabbricati industriali, di estensione superficiale non inferiore a 100 metri quadrati, la produzione energetica minima è di 5 kW;
...omissis
4. Nel caso di edifici di nuova costruzione o in occasione di nuova installazione di impianti termici o di ristrutturazione degli impianti termici esistenti, l'impianto di produzione di energia termica deve essere progettato e realizzato in modo da coprire almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia primaria richiesta per la produzione di acqua calda sanitaria con l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili di cui all'art. 2, comma 1, lett. a) del D.Lgs. n. 387/2003 (es. pannelli solari termici). Tale limite è ridotto al 20% per gli edifici situati nei centri storici. Negli edifici di nuova costruzione, salvo comprovati impedimenti tecnici, deve essere comunque prevista l'installazione di impianti solari termici per la produzione di acqua calda dimensionati in modo da garantire la copertura del fabbisogno annuo di acqua calda ad uso sanitario non inferiore al cinquanta per cento".

Si ricorda che il Quarto Conto Energia (emanato dal Ministro dello Sviluppo Economici di concerto col Ministro della Tutela del Territorio e del Mare) ridefinisce le tariffe e le categorie di integrazione ai fini dell'ottenimento delle tariffe incentivanti con conseguente aggiornamento da parte della GSE. Gli incentivi devono essere previsti per gli edifici esistenti ove alcuna norma impone obblighi (per gli edifici nuovi il decreto Romani prevede l'obbligo di uso di fonti rinnovabili).

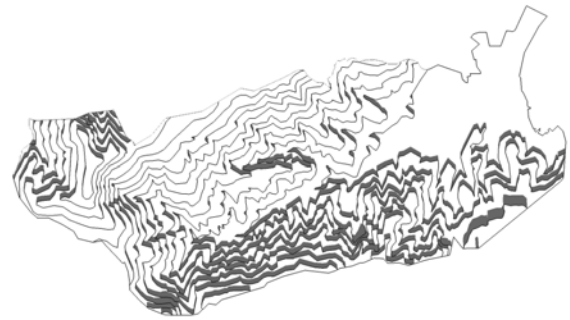
È stata fatta inoltre una analisi di massima delle condizioni di irraggiamento solare a terra, per tutto il territorio comunale, da cui si evince, cosa d'altronde intuibile, che, essendo la vallata praticamente disposta sull'asse est-ovest, abbiamo un versante esposto a sud, particolarmente soleggiato e senza grossi ostacoli (salvo eventuali ostacoli vicini, quali alberi, altri edifici...) e un versante esposto a nord che riceve irraggiamento diretto in misura nettamente inferiore.
I reali livelli di irraggiamento diretto dipenderanno anche dall'altezza da terra del punto in cui si fa il rilevamento, dall'orientamento che si darà al dispositivo (es. pannello fotovoltaico o pannello solare termico) e dalla sua inclinazione. si tenga inoltre conto che i livelli di irraggiamento solare estivi sono nettamente superio a quelli invernali, pertanto per soluzioni per le quali risulta interessante il guadagno annuale, e non mensile, come nel caso del fotovoltaico, il posizionamento sul versante esposto a nord potrebbe non essere un reale problema.



21 dicembre ore 9



21 marzo ore 9



21 dicembre ore 12



21 marzo ore 12



21 dicembre ore 16



21 marzo ore 16



21 giugno ore 9



21 giugno ore 12



21 giugno ore 16

I possibili strumenti di incentivazione

Al fine di promuovere l'impiego delle fonti rinnovabili, il Comune di Vado Ligure ha predisposto progetti di impianti per la produzione di energia elettrica a pannelli fotovoltaici sulle coperture di diversi edifici di proprietà comunale:

1) Scuola Media Peterlin sita in via XXV Aprile 6 - potenza 19,74 kWp;

2) Palazzo Comunale sito in p.zza S. G. Battista 5 - potenza 3,52 kWp (con rifacimento copertura);

3) Scuola Primaria G. Bertola sita in via P. Sacco 12 - potenza 6,58 kWp;

4) Scuola Primaria Don Peluffo sita in p.zza S. G. Battista 9 - potenza 9,87 kWp.

Il Comune di Vado ligure, in concomitanza con l'approvazione del progetto definitivo di PUC individuerà una forma di incentivazione all'uso del fotovoltaico da individuare tra le seguenti possibili:
- convenzione con ditte locali per acquisti a costo ridotto rispetto ai prezzi di mercato per i residenti; secondo determinate condizioni di accesso alla promozione (ed eventualmente per un numero limitato di impianti); la convenzione deve essere stipulata tramite bando per metter in condizione tutte le aziende installatrici, appartenenti ad un determinato ambito territoriale (es. Provincia di Savona) di accedere all'iniziativa;
- contributi economici in conto capitale (secondo un importo massimo da mettere a bilancio) da assegnare ai richiedenti secondo determinate condizioni definite in un bando;
- sgravi fiscali per chi installa impianti.

3.3.4 Proposta di sistema incentivante all'uso delle fonti rinnovabili

Al fine di rendere operative le considerazioni fatte nei paragrafi precedenti, con riferimento alla disponibilità delle fonti eolica e solare sul territorio comunale di Vado Ligure, anche al fine di non sovrapporsi o interferire con le indicazioni normative a livello nazionale e regionale - sedi proprie per la normazione in ambito energetico – è stata elaborata una semplice scheda di calcolo per definire l'entità del premio (in S.A. o S.C. o V. geom.) da attribuire a chi sia in grado di dimostrare migliori performance energetiche del proprio edificio. si fa notare che la percentuale di premio massimo ottenibile è pari al 10%.
Secondo tale sistema, si valuta positivamente:
- la produzione di energia da fonte rinnovabile con due fasce di punteggio: 3 punti se la copertura del fabbisogno termo-elettrico normalizzato è >A+10%<A+25%, 6 punti se è >= A+ 25%, dove A è la copertura vigente per legge. Tale copertura minima non viene qui quantificata al fine di permettere l'uso del meccanismo premiale al variare dei valori che verranno indicati dalla normativa (in evoluzione) senza continue modifiche; trattasi cioè di parametro "prestazionale" invece che "oggettuale". Viene inoltre dato 1 punto o 0,5 punto aggiuntivo in funzione del grado di integrazione architettonica (definita dalle linee guida vigenti al momento della richiesta del premio).
- la performance energetica dell'edificio stesso, in termini di classe di certificazione energetica: viene attribuito 1 punto unicamente se l'edificio è in classe A;
- infine il terzo parametro è volto ad incentivare la tecnologia micro-eolica, per i motivi citati nei paragrafi precedenti: 1 punto per impianti inferiori a 1 kW di potenza nominale e 2 punti per gli impianti tra 1 e 20 kW.
Si ritiene che tale forma di incentivazione possa stimolare il cittadino a considerare favorevolmente il ricorso alle fonti rinnovabili, che spesso vede invece solo come un'imposizione dall'alto, senza però modificare eccessivamente il peso insediativo definito attraverso gli indici edificatori individuati per le diverse zone del PUC. (Ambiti e Distretti).

Tabella A per il computo della percentuale premiale di S.A. (Superficie Agibile), S.C. (Superficie Coperta) o Volume geometrico (L.r. 16/2008 s.m.i.) in relazione all'utilizzo di strategie per il contenimento dei consumi energetici da fonte fossile					
Superamento degli obblighi di legge – vigenti alla data di presentazione della richiesta di Permesso di costruire o altro titolo edilizio necessario - in relazione alla copertura dei consumi di calore, di elettricità e per il raffrescamento degli edifici attraverso l'impiego di fonti energetiche rinnovabili; viene indicata con la lettera A la percentuale di copertura vigente per legge (1)	> A + 10% < A + 25% (2) (se viene marcata la relativa casella sotto presente viene attribuito il punteggio indicato pari a 3)	≥ A + 25% (3) (se viene marcata la relativa casella sotto presente viene attribuito il punteggio indicato pari a 6)	**Modalità di integrazione architettonica dei sistemi energetici da fonte rinnovabile impiegati**: **+1** in caso di integrazione architettonica totale secondo quanto indicato delle attuali norme vigenti di livello nazionale, regionale o comunale ovvero – in assenza - delle circolari esplicative degli organi competenti (4); **+ 0,5** in caso di integrazione parziale a norma delle citate norme e circolari (il punteggio 1 viene attribuito anche quando l'utilizzo di sistemi per la produzione energetica da fonte rinnovabile sia totalmente non visibile)	Indicare in questa casella gli estremi (n. fascicolo, titolo, tecnico incaricato, altri eventuali dati identificativi) della relazione tecnica di progetto per la presentazione della richiesta di Permesso di costruire o altro titolo edilizio, nella quale vengono chiaramente provate le prestazioni dei sistemi impiegati ed il superamento percentuale degli obblighi di legge come indicato nelle caselle a sinistra e nella quale siano chiarite (con opportuni riferimenti ai disegni di progetto render e/o fotoinserimenti) le modalità di integrazione architettonica	
	❒ 3 (5)	❒ 6 (5)	+	TOTALE RIGA → (a destra indicare il risultato ottenuto dalla somma: il punteggio massimo che si può ottenere per questa riga della tabella è pari a 6+1=7)	.....
Classe energetica dell'edificio, secondo le vigenti norme in materia	Edificio in classe A (6)			Per ottenere il punteggio, deve essere prodotta certificazione a norma di legge	+
	❒ 1			TOTALE RIGA → (massimo 1)	.....
Impiego di micro-eolico anche se già computato per il raggiungimento delle percentuali maggiorate di cui sopra (7)	Potenza nominale installata < 1kW	Potenza nominale installata > 1kW	Indicare in questa casella gli estremi (n. fascicolo, titolo, tecnico incaricato, altri eventuali dati identificativi) della relazione tecnica di progetto per la presentazione del Permesso di costruire o altro titolo edilizio, nella quale vengono chiaramente provate le prestazioni dei sistemi mini-micro eolici impiegati		+
	❒ 1	❒ 2		TOTALE RIGA → (massimo 2)	.....
(1) La tabella tiene conto degli sviluppi normativi in corso, in ambito nazionale e regionale, che tendono ad accorpare i consumi energetici per la copertura dei consumi di calore, elettricità e per il raffrescamento degli edifici e a non considerare più, separatamente, il fabbisogno per il riscaldamento dell'acqua calda ad uso sanitario; (2) questo vuol dire che il mix di sistemi da fonte rinnovabile impiegato garantisce una copertura superiore a quella di legge di una percentuale addizionale pari almeno ad un ulteriore 10% del fabbisogno per la copertura totale dei consumi di calore, di elettricità e per il raffrescamento degli edifici, ma inferiore ad un ulteriore 25%; (3) questo vuol dire una copertura superiore a quella di legge di almeno il 25%; (4) per esempio, ad oggi vale come riferimento, in merito all'integrazione architettonica del fotovoltaico, quanto riportato negli Allegati 2 e 4 del DM del 5/05/2011 - Quarto conto energia; per le aree soggette a vincolo paesaggistico valgono invece le indicazioni fornite dal Documento congiunto Regione Liguria - Soprintendenza del 13/03/2012. (5) può essere marcata solo una delle due caselle e quindi può essere attributo punteggio pari a 3 o pari a 6 – questo concetto vale anche per le caselle in tabella relative all'impiego del mini-micro eolico con punteggi in alternativa pari a 1 o 2; (6) ad oggi vale come riferimento la L.r. 29/05/2007 n.22, art. 29, e il conseguente Regolamento regionale 22/1/2009 n.1; viene attribuito un punto solo se l'edificio è in classe A; (7) si privilegia in tal senso l'applicazione di sistemi micro-eolici (potenza < 20 kW) poiché meno finanziati e di carattere sperimentale.				**Il totale ottenuto a lato dalla somma dei punteggi della colonna più a destra in tabella equivale alla percentuale massima di incremento della SA (Superficie agibile)** →	**.....** **%**