

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II

Dottorato di ricerca in Architettura
XXX Ciclo

Indirizzo: Tecnologia dell'architettura e Rilievo e
Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente

POTENTIAL OF REGENERATION FOR SMALL
HISTORICAL CENTERS IN ITALY.
*Guidelines for the reduction of acoustic impact
produced by the Micro-Wind power system*

Tutor:
Prof. Dora Francese
Co- Tutor:
Prof. Gino Iannace
Prof. Domenico Coiro

Dottoranda:
Emanuela Adamo

Coordinatore:
Prof. Michelangelo Russo

Borgo Serrone



INDICE

I Parte *Introduzione*

1. Il concetto di Sostenibilità ambientale
2. Obiettivo della ricerca
3. Metodologia di ricerca
4. Potenzialità dei risultati da raggiungere

II Parte *Stato dell'arte*

5. *Evoluzione del concetto di Centro storico*
 - 5.1 Aspetti legislativi vigenti in Italia
 - 5.1.1 I centri storici urbani
 - 5.1.2 I centri storici minori
 - 5.2 Il recupero architettonico dei centri storici
6. *L'energia proveniente dal Vento*
 - 6.1 Energia:
 - 6.1.1 Etimologia
 - 6.1.2 Concetto di energie rinnovabili
 - 6.1.3 Legislatura italiana relativa al concetto di rinnovabili.
 - 6.2 Evoluzione dello sfruttamento dell' eolico: dai mulini a vento agli aereo generatori del nuovo millennio
 - 6.3 Analisi delle tipologie di impianti eolici
 - 6.3.1 Classificazione degli impianti eolici
 - 6.3.2 Gli impianti microeolici
 - 6.4. Azioni politiche in Europa ed in Italia: dalla strategia di Europa 2020 alla stipulazione dei Piani energetici Regionali
 - 6.5. Microeolico: opportunità e criticità
7. *Acustica*
 - 7.1. Concetto di suono e la legislazione italiana correlata
 - 7.2. Acustica come fattore di criticità del microeolico
 - 7.3. Eventuali correlazioni tra vento e suono
8. *Integrazione di un sistema microeolico in un centro storico*
 - 8.1. Potenzialità di inserimento del microeolico nei centri storici minori: tematiche connesse
 - 8.2. Metodologia di lettura di un sistema microeolico in un centro storico

III Parte *Applicazione delle metodologie proposte*

9. *Il caso studio: il centro storico di Sant'Arsenio, Vallo del Diano (Salerno)*
 - 9.1 Criteri di scelta del caso
 - 9.2 La conoscenza
 - 9.2.1 Introduzione
 - 9.2.2 La storia di Sant'Arsenio
 - 9.2.3 Il clima
 - 9.2.4 Strumenti urbanistici vigenti in zona
10. *Sperimentazioni*
 - 10.1 Proposte e strategie di sperimentazione
 - 10.2 Azioni in campo e risultati
11. *Simulazioni*

- 11.1 Selezione della metodologia di simulazione
- 11.2 Selezione degli strumenti di simulazione
- 11.3 Descrizione del software scelto: CFD
- 11.4 Procedura ed elaborazione dati
- 11.5 Risultati ottenuti dalla simulazione

IV Parte Risultati

- 12. *Sintesi delle attività svolte e confronto tra i diversi risultati*
 - 12.1. Confronto tra sperimentazione in campo e simulazione
 - 12.2. Lettura comparata con il clima, con la storia e con il luogo.
- 13. *Elaborazione di un modello "ad hoc" per la valutazione ambientale del microeolico in un centro storico*
 - 13.1. Stato dell'arte dei modelli
 - 13.2. Scelta del modello appropriato
 - 13.3. Evoluzione ed integrazione del VaDE→VaME
- 14. *Lettura dei risultati secondo il VaME*
 - 14.1. Vantaggi del VaME in un centro storico
 - 14.2. Scelta degli indicatori per l'inserimento di un impianto microeolico in un centro storico
- 15. *Proposta di linee guida*
 - 15.1. Linee guida per l'integrazione del microeolico in un centro storico
 - 15.2. Scelta degli indicatori appropriati
 - 15.3. Scheda campione di possibili linee-guida

V Parte Conclusioni

- 16. *Conclusioni e prospettive future di Ricerca*

Bibliografia e Sitologia

Appendice

I Parte *Introduzione*

1. Il concetto di Sostenibilità ambientale

Negli ultimi decenni si è discusso in edilizia dello sviluppo sostenibile, considerato un elemento che ha come prerogativa essenziale quella di garantire una determinata stabilità negli ecosistemi e come obiettivo principale un'idea di sviluppo che coniughi produttività e rinnovo con tutela e conservazione delle risorse e dei valori che l'ambiente custodisce¹.

Di fronte all'acuirsi delle problematiche ambientali emerse nel periodo post-industriale, si è cercato di trovare, da parte delle varie popolazioni dell'Europa e del resto del mondo industrializzato, soluzioni che potessero consolidare il rapporto tra le diverse popolazioni e l'ambiente circostante.

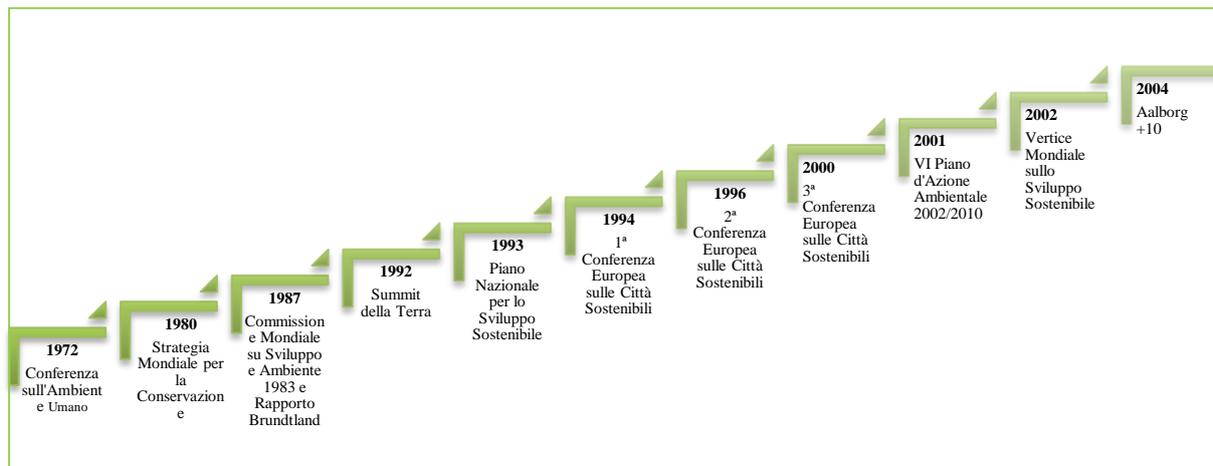


Figura 1: i principali avvenimenti in cui si è discusso del concetto di sostenibilità.

Il concetto di sviluppo sostenibile, come è noto, nasce a valle della Conferenza sull'Ambiente Umano del 1972 delle Nazioni Unite che condusse, nel 1987, al Rapporto Brundtland: *ambiente e sviluppo non sono realtà separate, ma al contrario presentano una stretta connessione. Lo sviluppo non può infatti sussistere se le risorse ambientali sono in via di deterioramento, così come l'ambiente non può essere protetto se la crescita non considera l'importanza anche economica del fattore ambientale. Si tratta, in breve, di problemi reciprocamente legati in un complesso sistema di causa ed effetto, che non possono essere affrontati separatamente, da singole istituzioni e con politiche frammentarie².*

Il Rapporto Brundtland sottolinea la possibilità di mettere in atto una nuova strategia che metta allo stesso piano l'esigenza dello sviluppo consumistico, che caratterizza le popolazioni del nord del mondo, e le diverse esigenze ambientali. Il suddetto Rapporto, che prende il nome dell'allora premier norvegese Gro Harlem Brundtland, ha finalmente portato alla luce la questione che il problema ambientale non è affrontabile senza considerare le problematiche sociali, politiche ed economiche ad esso correlate.

¹ De Joanna, P., 2010, "Il recupero edilizio nelle aree protette", Franco Angeli, Milano, 2010, p. 21

² <http://online.scuola.zanichelli.it/50lezioni/files/2010/01/RapportoBrundtland.pdf>



Figura 2: le dimensioni della sostenibilità

In seguito al Rapporto Bruntland, i diversi movimenti politici e ambientalisti hanno finalmente indirizzato la società verso una maggiore integrazione e collaborazione.

Una azione importante, negli anni successivi al Rapporto, fu affrontata durante Conferenza ONU su ambiente e sviluppo tenutasi a Rio de Janeiro nel 1992. In tale occasione fu redatta l'Agenda 21, ovvero un ampio e articolato "programma di azione" in cui erano previsti transizioni verso lo sviluppo sostenibile, includendo obiettivi, responsabilità e stima dei costi. In tale programma furono riportati diversi temi di alto rilievo tra cui: l'armonizzazione dello sviluppo economico del Sud con la sostenibilità ambientale; metodi di risoluzione dei problemi correlati ai nuovi insediamenti urbani; modalità di gestione efficace del problema dei rifiuti tossici e prodotti radioattivi; possibili soluzioni al problema del cambiamento globale³.

Questo nuovo concetto, che si stava diffondendo nel mondo, ha portato a riconsiderare il ruolo dell'architettura in una nuova ottica, in cui vennero individuate una serie di azioni e teorie volte a concretizzare le tre grandi dimensioni della sostenibilità (ambientale-sociale-economico) da parte di ogni categoria di figure professionali; i più importanti strumenti per l'attuazione dello sviluppo sostenibile in architettura, ovvero il VAS ed il VIA⁴.

Il VAS ha *la finalità di garantire un elevato livello di protezione dell'ambiente e contribuire all'integrazione di considerazioni ambientali all'atto dell'elaborazione, dell'adozione e approvazione di detti piani e programmi assicurando che siano coerenti e contribuiscano alle condizioni per uno sviluppo sostenibile*⁵, ovvero includere l'aspetto ambientale nei diversi piani urbanistici, garantendo l'integrazione dello sviluppo sostenibile nel piano stesso.

Il VIA è, invece, *una procedura tecnico-amministrativa che ha lo scopo di individuare, descrivere e valutare, in via preventiva alla realizzazione delle opere, gli effetti sull'ambiente biogeofisico, sulla salute e benessere umano di determinati progetti pubblici o privati, nonché di identificare le misure atte a prevenire, eliminare o rendere minimi gli impatti negativi sull'ambiente, prima che questi si verifichino effettivamente*⁶, ovvero è uno strumento atto a individuare gli effetti di un progetto sulle diverse componenti ambientali ma anche culturali.

³ Marchettini, N., & Tiezzi, E., 1999. "Che cos'è lo sviluppo sostenibile?: le basi scientifiche della sostenibilità e i guasti del pensiero unico", Donzelli Editore, Roma, pp.32-33.

⁴ Cfr. VAS: Valutazione ambientale strategica;

VIA: Valutazione di impatto ambientale.

⁵ <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/autorizzazioni-e-valutazioni-ambientali/valutazione-ambientale-strategica-vas/normativa-via>

⁶ http://www.arpa.fvg.it/cms/istituzionale/servizi/VIA/pagine/cosa_VIA.html

Passando ad un aspetto più specifico dell'architettura, ovvero alle costruzioni, i progettisti dovrebbero adottare delle soluzioni architettoniche che, secondo la concezione di Klaus Daniels riportata di seguito, siano caratterizzate dalle seguenti azioni:

- presentare un costo minore di quelle tradizionali;
- usare materiali ecologici tenendo in considerazione il ciclo di vita dell'edificio e dei materiali stessi (LCA);
- creare abitazioni completamente inserite nell'ambiente circostante, con cui interagire;
- ridurre i costi di gestione dell'energia stessa⁷.

Uno dei risultati teorici già presentati e riconosciuti in questo campo sono quelli cosiddetti del NZEB⁸ (introdotta con la "Direttiva sulla prestazione energetica nell'edilizia" 2010/31 UE), che già sembrano contenere le soluzioni sopra accennate.

Con tale locuzione si intende infatti descrivere quegli edifici ad altissima prestazione energetica che minimizzano i consumi legati al riscaldamento, al raffrescamento, alla ventilazione, alla illuminazione, alla produzione di acqua calda sanitaria, e che al contempo utilizzano energia da fonti rinnovabili, elementi passivi di riscaldamento e raffrescamento, sistemi di ombreggiamento, tali da garantire un'ideale qualità dell'aria interna e un'adeguata illuminazione naturale in accordo con le caratteristiche architettoniche dell'edificio. L'adeguamento a tali principi genera evidentemente un elevato equilibrio tra il costruito e l'ambiente.

Tutte queste componenti ci riportano al concetto di sostenibilità energetica che consiste nel garantire la riduzione della domanda di energia di un edificio in termini di usi finali; l'uso razionale dell'energia negli edifici; lo sfruttamento delle energie rinnovabili e, più in generale, dei bacini di risorse naturali; la minimizzazione dell'impatto ambientale degli edifici⁹.

L'efficienza energetica dell'edificio sostenibile è verificata tramite la certificazione energetica attraverso il documento redatto secondo la direttiva europea 2002/91/CE¹⁰ ed in cui vengono riportati i consumi energetici del manufatto ed i possibili interventi da effettuare per il suo miglioramento energetico.

Proprio da quest'ultima caratteristica, ovvero il miglioramento dell'edificio, possiamo dire che l'efficienza energetica è il primo aspetto specifico che ci aiuta a definire un progetto sostenibile, ma non è da considerare come l'unica e complessiva azione da dover affrontare. Questa fase può far parte del concetto di recupero sostenibile, in linea con quanto sottolineato dalle Paganuzzi e Bano: *"il progetto di recupero, che implica nella sua etimologia il senso della ripetizione di un'azione e del positivo rinnovo o riacquisto di una funzionalità perduta, appartiene a pieno titolo alla cultura del costruire sostenibile in quanto utilizza le risorse edilizie già presenti sul territorio, senza sprecaire ulteriori"*¹¹. Il compito del recupero sostenibile è quello di non distruggere l'identità e gli spazi appartenenti ad un luogo storico,

⁷ Cfr. De Santoli, L., 2005, "Energia e architettura: l'innovazione tecnologica nella progettazione e nella gestione", Kappa.

⁸ NZEB: Nearly Zero-Energy Building. Edifici ad altissima prestazione energetica, il cui fabbisogno, molto basso o quasi nullo, dovrebbe essere coperto in misura significativa dalle fonti energetiche rinnovabili. Fonte: <http://www.ediltecnico.it/34778/nzeb-edifici-a-energia-quasi-zero-ecco-le-istruzioni-per-realizzarli/>

⁹ Per tale argomento si fa riferimento alla Direttiva europea sulla prestazione energetica degli edifici 2010/31/CE, il cui obiettivo è il miglioramento della prestazione energetica degli edifici.

¹⁰ L'obiettivo della presente direttiva è promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi.

¹¹ AA.VV., 2006, "Costruire il progetto sostenibile", in <http://www.iuav.it/SISTEMA-DE/Archivio-d/approfondi/sostenibil/Saggio-bibliografico.pdf>

poiché esse rappresentano un importante patrimonio per le generazioni future (considerato un caposaldo del Rapporto Bruntland). Per tanto è fondamentale la conoscenza iniziale dell'oggetto, considerando il suo sistema tecnologico, i materiali di costruzione e la sua storia.

Il recupero sostenibile, che ha il compito principale di coniugare la qualità architettonica con ciò che lo circonda, permette di:

- risparmiare nuove risorse di costruzione e ridurre l'uso del suolo;
- garantire il benessere della popolazione.

Con il primo beneficio si vuole esplicitare che valorizzando e recuperando spazi già edificati, si ha modo di non dover sfruttare ulteriormente il suolo, tutelando quindi le aree libere che possono essere utilizzate per le aree agricole. In tal modo, si ottiene un vantaggio economico, poiché non dovranno esser fatte nuove opere di urbanizzazione in quanto già presenti.

Il secondo vantaggio, invece, si focalizza sul concetto di benessere degli abitanti che il recupero non deve tralasciare, così come la conoscenza e la tutela della salute dell'uomo, l'equilibrio socio-economico, la cura dell'ambiente e l'aspetto estetico del costruito che deve essere in armonia proprio con l'ambiente stesso.

I delicati aspetti emersi dallo studio dell'architettura sostenibile, nello specifico del recupero sostenibile, ci permettono di raggiungere una nuova visuale del rapporto ambiente-società - economia, e come quest'ultimi argomenti si stiano facendo spazio in questo periodo storico negativamente caratterizzato dall'inquinamento ambientale.

2. Obiettivi della ricerca

In relazione alle attuali dispositive europee, *sull'emergenza ambientale che ha caratterizzato lo scenario globale degli ultimi decenni, sia dal punto di vista sociale sia dal punto di vista architettonico*, ma soprattutto in relazione alla crisi immobiliare che l'Italia e tutto il mondo sta affrontando nel campo del mercato edilizio, la ricerca intende indagare sulle potenzialità di ripristino dei centri storici minori attraverso l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili.

La ricerca in esame nasce da un interesse verso ciò che sta accadendo in Italia, ovvero la presenza di innumerevoli centri storici minori abbandonati che è conseguenza di una serie di problemi, non ultimo dei quali la mancata manutenzione degli edifici considerati dispendiosi nel loro mantenimento. Difatti, il centro storico preso in osservazione, cioè Borgo Serrone in Provincia di Salerno, non offre attrattive alla popolazione locale o al turismo.

Il recupero dei centri storici minori è rilevante per diverse ragioni:

- Può essere considerato una nuova fonte economica per la popolazione;
- Assegna una nuova destinazione d'uso o la riconsegna alla vecchia popolazione;
- Valorizza i valori del luogo;
- Recupera la storia del luogo.

Nel primo caso, l'intervento di recupero simboleggia una ricrescita economica poiché si valorizza l'area d'intervento ed in modo indiretto anche ciò che la circonda. In più, se questo riuso è eseguito secondo criteri di sostenibilità, in modo da utilizzare energia proveniente da fonti rinnovabili, aumenta l'efficienza energetica dello stabile al contempo facendo incrementare gli sgravi fiscali.

Nel secondo caso, l'azione di recupero permette alla popolazione del luogo di riprendere le attività all'interno del centro storico minore ripristinando l'attività commerciale. Invece, se si cambia destinazione d'uso, come ad esempio realizzando un albergo diffuso, potrebbe verificarsi una maggiore affluenza di turismo.

Nel terzo caso una ottimale valorizzazione della zona da recuperare, che fino ad ora era considerata un luogo abbandonato, emergerebbe dalla sua conservazione attraverso il suo ripristino. In tal modo si attinge alla cultura del luogo, partendo dalle risorse architettoniche fino ad arrivare a quelle culinarie.

Il quarto caso riguarda, invece, i luoghi abbandonati, dai quali emerge l'identità storica della cultura locale, e quindi vanno considerati quali spazi rappresentativi delle azioni del passato e soprattutto testimonianza delle attività tradizionali della regione.

Il compito di questa sperimentazione è quello di individuare le strategie migliori per il ripristino di queste realtà del nostro Paese attraverso le seguenti azioni:

- ridurre i costi energetici per la gestione dei centri storici (da riqualificare o già riqualificati), poiché considerato uno dei problemi di gestione economica (insieme agli aspetti sociali, ai costi per la manutenzione ed esercizio, alla destinazione d'uso, al degrado, al ripopolamento);
- mitigare le criticità nell'uso del microeolico rappresentate principalmente dalla necessità di approfondire le analisi necessarie a stabilire la miglior adeguatezza di installazione dell'impianto in un centro storico.

Questi due obiettivi, precedentemente esposti, sono raggiungibili tramite l'ausilio di tecniche di conoscenza del luogo che sono state esaminate nella mia tesi, ovvero analisi sperimentali e simulate, e tramite lo studio di un sistema multicriteriale che ha il compito di controllare il corretto inserimento del sistema eolico all'interno del centro storico abbandonato. Queste tipologie di intervento sono state supportate da linee guida che permettano l'inserimento di energia eolica in un centro storico.

3. Metodologia di Ricerca

Sono innumerevoli le discipline che si avvalgono della ricerca scientifica come unico modo utile a migliorare la crescita e lo sviluppo della società attuale e che permettono a quest'ultima di trovare le soluzioni idonee per la vita quotidiana dell'uomo. Bisogna, però, precisare che la ricerca si propone non soltanto di ampliare le conoscenze scientifiche ma di consentire anche le corrispondenti applicazioni pratiche e di perfezionare, diffondere e valorizzare le tecnologie soprattutto nei settori dell'industria, dell'agricoltura e dei servizi ¹².

Al fine di giungere ad una ricerca scientifica, dalle solide fondamenta, bisogna definire una valida e concreta metodologia di ricerca che si basi sullo studio di un metodo che caratterizzi la determinata scienza o disciplina. Il concetto di metodologia scientifica nacque con Galileo Galilei, il quale conìò una modalità innovativa tramite cui la scienza procede per giungere a delle risposte concrete e dimostrabili.

La metodologia applicata per la ricerca in esame è stata suddivisa in quattro differenti fasi, che sono state svolte parallelamente sebbene siano da considerarsi come quattro differenti stadi:

Le quattro fasi in questione sono:

- I. Analitico-conoscitiva;
- II. Applicazione delle metodologie proposte ;
- III. Risultati;
- IV. Linee guida.

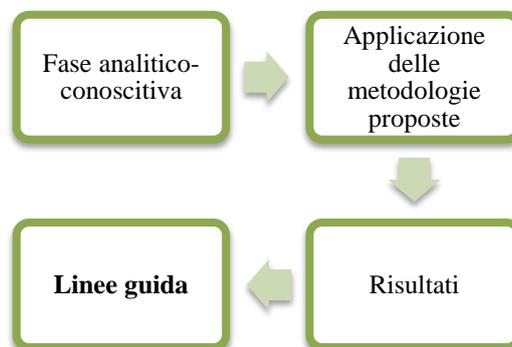


Figura 3: sintesi delle fasi intraprese per la ricerca

Nella prima fase, ovvero quella analitico conoscitiva, è stata esaminata tutta la letteratura presente, sia in formato cartaceo sia elettronico, degli elementi di interesse, che sono stati scelti durante lo studio del concetto di sostenibilità e degli argomenti connessi. Questo studio ha fatto emergere il mio particolare interesse verso gli elementi che compongono la ricerca e mi ha spinto all'analisi di diversi stati d'arte di tali elementi, ovvero lo studio dello stato dell'arte $\bar{\tau}$ prima del centro storico in senso generico, poi approfondito con quello relativo al concetto di centro storico minore; lo stato dell'arte dell'energia rinnovabile proveniente dal vento; infine lo studio dell'arte delle criticità fondamentali collegate all'inserimento

¹² Cfr. : <http://www.treccani.it/enciclopedia/ricerca-scientifica-e-tecnologica/>

dell'impianto eolico in un centro storico, sottolineando il problema dell'acustica e della produzione di rumore della pala microeolica .

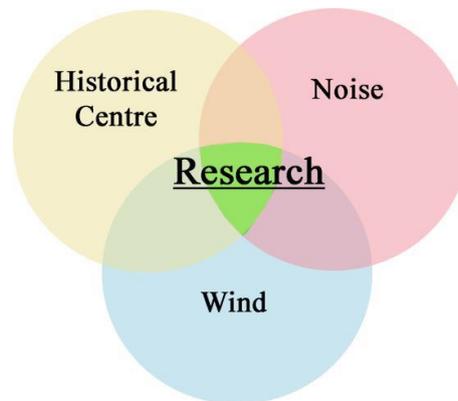


Figura 4: modello di ricerca

Alla base dello stato dell'arte, sono state stipulate le potenzialità che venivano estratte dall'inserimento di un impianto eolico in un centro storico attraverso lo studio di casi simili e paragonabili a quello trattato nella ricerca.

La seconda parte ha inizio con lo studio di una metodologia di lettura di un sistema microeolico in un centro storico che ha permesso di considerare le strategie adottate per l'applicazione di un impianto eolico di piccola taglia in un centro storico minore. In questa fase è approfondita la conoscenza della storia e dei valori storici, delle criticità climatiche (con attenzione maggiore allo studio del vento) e della legislatura del caso studio della ricerca, ovvero Borgo Serrone in Sant'Arsenio. A questa tipologia di studio basilare, si sono affiancate due diverse azioni, aventi come scopo finale l'essere considerate interventi necessari per il processo di compatibilità tra un impianto microeolico e lo spazio di installazione. Le azioni precedentemente citate sono principalmente due: azioni sperimentali, con l'ausilio di strumenti di misurazione scientifica e azioni di simulazione mediante un software.

Parallelamente a questa seconda fase, confrontando i risultati emersi, si è svolta la terza fase che prevede l'elaborazione dei risultati utili a sviluppare un nuovo modello multicriteriale che permettesse la conoscenza dei vantaggi, ma anche gli svantaggi dal punto di vista dell'eco-sostenibilità, della bio-compatibilità e della convenienza nell'installare un impianto in queste circostanze.

L'ultima fase, ma non quella meno importante, mette a sistema tutto ciò che è emerso dalle fasi precedenti, delineando delle linee guida, le quali sono di fondamentale rilievo nel processo decisionale per chi è interessato all'inserimento in un centro storico di energia rinnovabile proveniente dal vento e affrontano la ricerca della implementazione allo scopo di risolvere le criticità di tale tematica, come ad esempio l'inquinamento acustico.

Le diverse fasi della ricerca sono state affrontate con l'aiuto di diversi attori: enti pubblici e privati.

Della prima categoria fanno parte gli enti universitari, come il CITTAM (Centro Interdipartimentale di ricerca per lo studio delle Tecniche Tradizionali dell'Area Mediterranea), con la prof.ssa Dora Francese; il dipartimento di ingegneria aerospaziale, tramite l'aiuto del prof. Domenico Coiro; il dipartimento di architettura della Seconda Università di Napoli, mediante il prof. Gino Iannace. Oltre ad enti universitari, però, la ricerca

si è avvalsa della collaborazione dell'ente autonomo GAV (Giovani Architetti del Vallo di Diano), in particolar modo dell'architetto Luigi Pandolfo.

4. Potenzialità dei risultati da raggiungere

“Stabilire la potenzialità di un oggetto significa essere a conoscenza del momento che precede la piena realizzazione o manifestazione dell’oggetto in esame”. Ciò è quanto l’enciclopedia Treccani¹³ sottolinea, in particolare le potenzialità di una ricerca sono rappresentate dalla conoscenza delle attività che si vogliono svolgere e come si possono realizzare, tramite obiettivi misurabili sia temporalmente sia quantitativamente.

La presente tesi ha lo scopo di approfondire le potenzialità di un impianto microeolico da installare in un centro storico abbandonato, secondo lo scenario attuale europeo.

Come si vedrà nei capitoli successivi, poiché il recupero di un centro storico abbandonato è considerato un’operazione dal grande impegno, per giungere a tale scopo bisogna analizzare diversi aspetti importanti. Nel caso in esame di Borgo Serrone, alcuni di tali elementi chiave si possono riconoscere nelle seguenti questioni:

- In primo luogo il centro storico abbandonato si presenta come un elemento importante da dover riqualificare. A supporto di questa ipotesi possiamo considerare la qualità dell’architettura tradizionale ivi presente, nonché la localizzazione, che risulta molto prossima al Monte Carmelo, oltre a far parte del grande polmone verde del sud, vale a dire il Parco del Cilento. Queste sue caratteristiche definiscono un grande potenziale di benefici in termini di recupero dell’esistente, purché non ne venga sottovalutato l’aspetto energetico, così consentendo a chi usufruirà di queste strutture un risparmio sia sul canone dell’elettricità che del condizionamento.
- In secondo luogo, l’inserimento di un impianto microeolico comporta lo studio di diverse prestazioni, le più importanti delle quali sono il benessere visivo, che un impianto eolico di piccola taglia può compromettere in un piccolo centro, ed il benessere acustico che l’impianto da fonte rinnovabile può limitare.

Il risparmio energetico, di cui potrebbero usufruire coloro i quali adottano un impianto microeolico come fonte di energia, è considerato il primo passo importante da valutare. Per tale motivo è necessario conoscere quali sono le zone circostanti con maggiore intensità di vento, e quindi le attività di conoscenza del luogo rappresentano un elemento essenziale da affrontare e da esaminare attentamente.

Il disturbo visivo che si genera a causa dell’installazione di un impianto eolico in un centro abitato, è considerato dannoso anche qualora si consideri un centro abitato dalle grandi dimensioni. Nel caso di un centro storico dalle dimensioni ridotte, tale problema viene ovviamente ampliato. L’obiettivo della presente tesi è quello di raggiungere una soluzione ambientalmente compatibile per evitare questo problema e a tale fine si effettueranno studi sui materiali possibili da utilizzare per un impianto microeolico e sulla composizione di un sistema multicriteriale ad hoc che possa permettere di approfondire questo problema.

Nel sistema multicriteriale precedentemente enunciato si discuterà, non solo del problema visivo che l’installazione di un impianto microeolico comporta, ma anche di ulteriori aspetti negativi che esso comporta. Prime tra tutti saranno le problematiche connesse alla produzione di rumore che le pale eoliche stesse producono. Questo aspetto principale ci porterà alla

¹³ www.traccani.it

conoscenza di linee guida per l'installazione di un impianto eolico in un centro storico sottolineando le problematiche collegate alla diffusione del rumore. In contemporanea, si cercherà uno studio ergonomico delle pale al fine di identificare la forma "ideale" che possa ridurre la produzione del rumore.

Questa tipologia di approccio che si è andato a definire in questo paragrafo viene poi approfondito e dettagliato nel paragrafo della metodologia di ricerca, in cui si sottolineano le modalità di analisi per giungere allo scopo finale della suddetta tesi.

II Parte *Stato dell'arte*

5. Evoluzione del concetto di Centro storico

5.1. Aspetti legislativi vigenti in Italia

*“Il termine storico è quello principale addicendosi correttamente sia alle opere del passato, sia a quelle del presente e persino a quelle del futuro, alle tre dimensioni della storia ... Ciò che è antico è storico, ma non tutto ciò che è storico è antico. Il centro antico esclude il nuovo ed il moderno e definisce, come si è accennato, il nucleo primitivo, dalle origini fino al tardo medioevo; ivi incluse, ovviamente, le forme rinascimentali, barocche ed ottocentesche che sono state configurazione delle successive stratificazioni.”*¹⁴ Alla definizione storica di Roberto Pane si può aggiungere quella dell'urbanista Pierluigi Cervellati ovvero: *“la città storica coglie il segno di un disegno iniziale cui si sono sovrapposti altri progetti che, in ogni caso, sono progetti di nuovo impianto: di addizione, quando la nuova città si somma a quella vecchia; di metamorfosi, allorché l'assetto originario cambia forma, colore, misura”*¹⁵, ma anche quella di Di Gioia, il quale afferma che può essere qualificato come centro storico *“un luogo più o meno configurabile entro un perimetro, nel quale tradizionalmente la cittadinanza ha svolto (e continua a svolgere) le attività principali, e si sono quindi consolidate da tempo le sedi più rappresentative per tali funzioni...”* e soprattutto precisa che *“la nozione di centro storico tende oggi ad allargarsi ulteriormente, per applicarsi a tutti i contesti insediativi aventi valore di testimonianza storica, a qualunque epoca appartengano...Centro storico non è soltanto il centro antico di una città...l'espressione di centro storico è assunta a significare tutti quei valori urbanistici, di ambiente architettonico e d'arte, che si intendono oggi tutelare: ivi compreso perciò ogni valore che, nella loro storia, critica e recente, la città, il piccolo centro, od anche l'insediamento più isolato e modesto, abbiano saputo esprimere”*¹⁶.

In Italia, il concetto di centro storico è considerato un concetto giovane, discusso, per la prima volta, solo nel secolo scorso e considerato una nozione fondamentale per la costruzione di piani, programmi per il settore urbanistico, fino ad ora unico cardine preso in considerazione per i centri storici, *ignorandone le caratteristiche che fanno di loro (i centri storici) soprattutto dei beni culturali*¹⁷. Poiché considerata quale nozione alquanto complicata da affrontare ed inoltre concepita come termine usato spesso impropriamente, gli studiosi non hanno ancora raggiunto un consenso unanime sul suo significato.

Agli inizi del secolo scorso si iniziò a pensare ad una legislazione idonea a fronteggiare il problema inerente ai centri storici per la prima volta emerso in quel periodo. Con la legge del 1.6.1939 n. 1089, si considerò elemento da tutelare solo il singolo elemento e separatamente lo scenario in cui esso si collocava. Nello stesso anno, a distanza di pochi mesi, in Italia fu emanata la legge del 29.6.39 n. 1497 che si focalizza, sempre per la prima volta all'interno dello scenario politico, sulla protezione delle bellezze naturali¹⁸.

¹⁴ Pane, R., 1971, “Il Centro Antico di Napoli: restauro urbanistico e piano d'intervento”, Edizioni scientifiche italiane, p.15

¹⁵ Cervellati, P. L., 2000, “L'arte di curare la città”, Società Editrice il Mulino, Bologna, p.

¹⁶ D'Alessandro, E., 2015, “Il progetto Universitas Casalium - 3000 posti letto in 30 paesi albergo. L'esperienza dei Casali di Cosenza”, pg.681.

¹⁷ <http://www.aedon.mulino.it/archivio/2001/2/sanapo.htm>, presente in ... W. Cortese, *La tutela dei centri storici e delle città d'arte. Profili normativi e prospettive alla luce della legislazione statale, regionale e comunitaria*, in *Nuove Autonomie*, 2-3/1998, 236.

¹⁸ Cfr Franchina, L., 2010, “La nuova questione dei centri storici in Italia. Una ricognizione: nella letteratura, nelle politiche urbanistiche, nei progetti”, pp. 55-56

Dopo circa tre anni dalle suddette leggi, fu decretata la legge urbanistica del 17.8.1942 n. 1150 in cui *la problematica della conservazione del centro storico non compare nel testo della legge, qualora il centro storico o un insieme di edifici di particolare pregio vengano riconosciuti, il processo di pianificazione urbana prevenderà la loro "espulsione" da qualsiasi trasformazione, lasciando i manufatti "vincolati" ad una generica conservazione limitatamente al loro aspetto fisico*¹⁹.

Per avere una prima idea del concetto di centro storico, più vicino a quello che noi consideriamo adesso, bisogna aspettare il 1960 quando si svolse, nella città umbra di Gubbio, il Convegno Nazionale per la Salvaguardia e il risanamento dei Centri Storici al termine del quale venne promulgata la "Carta di Gubbio"²⁰. Per la prima volta in Italia, con l'ausilio di otto comuni principali che furono considerati promotori per la salvaguardia del centro storico, si discusse di un problema nazionale impellente, ossia individuare e risanare, attraverso strumenti urbanistici di iniziativa pubblica, i centri storici *nella loro interezza mettendo in rilievo come fosse stato sbagliato, fino a quel momento, prendere in considerazione il singolo monumento, enucleandolo dal complesso urbano, quando occorreva considerarlo un tutt'uno con il suo contesto di appartenenza*²¹. Inoltre, *La Carta invoca l'immediata disposizione di vincoli di salvaguardia e la sospensione di ogni intervento edificatorio, in attesa della predisposizione dei necessari Piani di risanamento conservativo: essi vengono intesi come speciali piani particolareggiati di iniziativa pubblica, di cui un'apposita, urgente, legge generale dovrà stabilire caratteri e procedure; la legge dovrà anche definire criteri e finanziamenti per il censimento dei centri storici e prevedere, tra gli operatori del risanamento, gli Enti per l'edilizia sovvenzionata; sul piano delle modalità operative, la Carta "rifiuta i criteri del ripristino e delle aggiunte stilistiche, del rifacimento mimetico, della "demolizione" di edifici anche modesti, non ammette diradamenti del tessuto, isolamento di monumenti, nuovi inserimenti in ambiente antico*²².

Nella stessa decade la Commissione Franceschini²³ propone 84 "Dichiarazioni" (edite nel 1964) al fine di valorizzare e tutelare il patrimonio storico-artistico, archeologico e paesaggistico. La Commissione definisce il patrimonio culturale come "bene che costituisca testimonianza avente valore di civiltà"; diffonde il concetto di "beni culturali e ambientali" *con il significato di "tutto ciò che costituisce testimonianza materiale avente valore di civiltà"*²⁴ e puntualizza l'ampio ventaglio di temi di cui si occupa ormai la cultura della conservazione (ad es. il verde urbano, i parchi ...).

¹⁹ Sanapo, M., 2001, "I centri storici come beni culturali: un percorso difficile", in Aedon n.2, 0-0, Fonte: <http://www.aedon.mulino.it/archivio/2001/2/sanapo.htm>

²⁰ *La Carta di Gubbio è la dichiarazione finale approvata all'unanimità a conclusione del Convegno Nazionale per la Salvaguardia e il Risanamento dei Centri Storici (Gubbio, 17-18-19 settembre 1960) promosso da un gruppo di architetti, urbanisti, giuristi, studiosi di restauro, e dai rappresentanti dei comuni di Ascoli Piceno, Bergamo, Erice, Ferrara, Genova, Gubbio, Perugia, Venezia. Le relazioni sono state svolte da: G. Samonà, A. Cederna, M. Manieri Elia, G. Badano, D. Rodella, E.R. Trincanato, G. Romano, L. Belgiojoso, E. Caracciolo, P. Bottoni. Fonte <http://www.italianostra.org/?p=32687>*

²¹ Op. cit.

²² <http://www.ancsa.org/storia-dibattito/1960/1960>

²³ Con la *legge del 26 aprile 1964 n. 310* fu istituita, su proposta del Ministro della Pubblica Istruzione, una Commissione d'indagine per la tutela e la valorizzazione del patrimonio storico, archeologico, artistico e del paesaggio. Questa Commissione concluderà i suoi lavori nel 1966. E' conosciuta anche come "Commissione Franceschini" dal nome del suo presidente, Francesco Franceschini. Fonte: http://www.beap.beniculturali.it/opencms/opencms/BASAE/sito-BASAE/contenuti/aree/Notizie/Belle-arti/visualizza_asset.html?id=4055&pagename=783

²⁴ http://www.beap.beniculturali.it/opencms/opencms/BASAE/sito-BASAE/contenuti/aree/Notizie/Belle-arti/visualizza_asset.html?id=4055&pagename=783

Ad opporsi, invece, alla legge del 1942, modificandone il contenuto, fu l'ordinamento giuridico n.765/1967, la cosiddetta "Legge Ponte".

La summenzionata legge prevedeva l'adozione di strumenti urbanistici, introduceva il concetto di centro storico e l'esigenza di considerarlo elemento rilevante nell'ambito della pianificazione urbanistica generale. Inoltre la legge Ponte prevedeva la perimetrazione dei centri urbani, l'imposizione di limiti volumetrici all'edificabilità che furono approfonditi con il D.M. 2.4.1968 n. 1444, che pone limiti inderogabili di densità edilizia, di altezza di distanza fra i fabbricati e definisce le zone territoriali omogenee ed i relativi standard urbanistici, introdotti dalla L. 765. La zona A comprende le porzioni di territorio interessate da agglomerati urbani che rivestono carattere storico, artistico o di pregio ambientale. La perimetrazione delle zone A e B è un'attività tecnica con interessanti risvolti concettuali e di studio²⁵.

Un importante passo verso un'idea moderna di questo concetto è stato effettuato con la legge del 5.8.1978 n. 457 che non si occupava nello specifico del centro storico ma prevedeva, per la prima volta, la stesura di piani di recupero che i singoli comuni dovevano adottare.

Lo scenario italiano inerente alla nozione di centro storico cambierà solo agli inizi degli anni novanta, quando, come nel 1960, a Gubbio si tenne il Congresso ANCSA²⁶ e fu stipulata la nuova Carta di Gubbio che *profila una nuova e più ampia attenzione all'intera struttura storica della città, al suo territorio, al paesaggio come insieme interconnesso di sistemi territoriali di valore storico-culturale. Supera, inoltre, la visione strettamente legata al territorio nazionale per porsi in una più ampia ottica comunitaria Europea*²⁷.

Gli ultimi provvedimenti legislativi riguardanti i centri storici sono:

- la legge 4.12.1993 n. 493;
- il D.M. 8.10/1998 n. 1169;
- il D.M. 28.5.1999;
- il D.Lgs. 29.10.1999 n. 490, testo unico sui beni culturali e ambientali.

Il primo provvedimento ha introdotto i Programmi di recupero urbano che prevedono una serie di opere finalizzate alla realizzazione, manutenzione e ammodernamento delle urbanizzazioni primarie, all'edificazione di completamento e di integrazione dei complessi urbanistici esistenti, all'inserimento di elementi di arredo, alla manutenzione ordinaria e straordinaria, al restauro e al risanamento conservativo ed alla ristrutturazione edilizia di edifici.

Il D.M. 8/10/1998 n. 1169 e il DM 28/5/1999 introducono il PRUSST (Programma di Riqualficazione Urbana e sviluppo sostenibile del territorio)²⁸, associando alla

²⁵ Cassatella, C., in http://www.ordinearchitettivercelli.it/bbb/file_content/fl337.pdf

²⁶ L'associazione Nazionale Centri Storico-Artistici è stata costituita nel 1960-61 allo scopo di promuovere iniziative culturali e operative a sostegno dell'azione delle amministrazioni pubbliche per la salvaguardia e la riqualificazione delle strutture insediative esistenti. Sono soci dell'A.N.C.S.A. Regioni, Province e Comuni Italiani, strutture universitarie, enti pubblici e privati, studiosi e cultori.

²⁷ https://www.unipa.it/centriinterdipartimentali/c.i.r.ce.s/.content/documenti/JANNI_25-Novembre.pdf

²⁸ I Programmi di riqualificazione urbana e sviluppo sostenibile del territorio hanno due obiettivi fondamentali:

- la realizzazione, l'adeguamento e il completamento di attrezzature, sia a rete che puntuali, di livello territoriale e urbano in grado di promuovere e di orientare occasioni di sviluppo sostenibile sotto il profilo economico, ambientale e sociale, con riguardo ai valori di tutela ambientale, alla valorizzazione del patrimonio storico, artistico e architettonico, e garantendo l'aumento di benessere della collettività
- la realizzazione di un sistema integrato di attività volte all'ampliamento e alla realizzazione di insediamenti industriali, commerciali e artigianali, alla promozione turistico-ricettiva e alla riqualificazione di zone urbane centrali e periferiche interessate da fenomeni di degrado

riqualificazione urbana i tre aspetti, economico, ambientale e sociale, dello sviluppo sostenibile. Infine il testo unico introduce alcune novità rispetto alle precedenti leggi di tutela (1089/39 e 1497/39) qui raggruppate, come la definizione di restauro e nuove procedure per la D.I.A. (introdotta dalla legge 23/12/1996, n. 662), ammessa anche per i beni vincolati, purché sia stato già espresso parere favorevole al progetto da parte della Soprintendenza competente

²⁹

5.1.1. I centri storici urbani

Quello dei centri storici è certamente uno dei temi più scottanti che si siano affrontati nel secolo scorso.

Considerato come argomento molto difficile da studiare, poiché racchiude in sé molteplici fenomeni complessi, per avere maggiore conoscenza di questo argomento bisogna definire la tipologia di centro storico che si vuole analizzare: i centri storici urbani o i centri storici minori.

In questa sede si intende analizzare il termine centro storico urbano ed alcuni esempi che si possono trovare in Italia.

Il termine centro storico urbano è composto da tre differenti parole dalle diverse origini: con il termine centro si vuole sottolineare l'elemento di maggiore interesse di un oggetto; con il termine urbano, aggettivo che deriva dal latino, si definisce quello spazio che fa parte della città e relativo alla comunità cittadina; invece, il termine storico ~~si~~ esalta ciò che è di antica formazione. Da queste parole possiamo evincere che con il termine centro storico urbano si vuole rappresentare quella parte di città caratterizzata da opere di urbanizzazione primarie e secondarie situate nella parte antica della città, in questa parte di città in cui sono localizzate le parti architettoniche di maggior rilievo che, insieme al sistema della viabilità e della forma del suolo, determinano la forma della città attuale.

In Italia sono presenti moltissimi centri storici urbani. Quelli di maggiore interesse e che esprimono nella loro interezza il concetto, sono quello di Napoli, Roma, Firenze, Venezia, Bologna, Siena, ecc.

Ad esempio il centro storico urbano di Napoli si articola intorno alle aree romane preesistenti, anche se le origini della città sono greche³⁰: attorno ai decumani e cardini romani si articola il cuore, circondato da strutture di elevata importanza storica, tra cui gli elementi architettonici nell'Ottocento o primo Novecento fino ad imbattersi con le numerose risorse culturali ed artistiche precedenti gli ultimi secoli come obelischi, monasteri e musei.

I PRUSST sono stati promossi dal Decreto Ministeriale del 8 ottobre 1998. fonte:

<http://www.mit.gov.it/progetti/programmi-riqualificazione-urbana-sviluppo-sostenibile-territorio>.

²⁹ Cfr Coletta, T., PhD Thesis, 2005, "La conservazione dei centri storici minori abbandonati, il caso della Campania", p. 65.

³⁰ Poche sono le testimonianze della civiltà greca in Napoli. Sono visibili, sono in alcuni punti nord est della città, come in Piazza Bellini, alcuni resti delle mura greche.



Figura 5: foto aerea del centro storico urbano di Napoli.

La situazione non è molto diversa se si parla di Roma. Il suo centro storico è racchiuso all'interno delle mura aureliane (a sinistra del Tevere) e delle mura gianicolensi (a destra del fiume), comprende ben 25.000 punti di interesse ambientale e archeologico³¹, considerato un museo a cielo aperto delle eccellenze, dove convivono perfettamente modernità, quotidianità e storia.

Accenniamo per ultimo anche a Siena, che è considerata, nell'immaginario collettivo, come centro storico urbano esemplare ove è possibile ritrovare e leggere coerenza tra i ruoli, le funzioni e l'uso dei materiali³².



Figura 6: immagine della piazza principale e fulcro del centro storico urbano di Siena.

Altro elemento importante da dovere sottolineare è il fatto che la città abbia conservato le proprie caratteristiche medievali in quanto gli edifici sono stati disegnati per essere adattati alla struttura urbana creando un tutt'uno con il circostante paesaggio culturale.

Oltre a quelle urbane però nel nostro paese è presente un'altra categoria di centro storico, accennato ad inizio paragrafo, ovvero quello minor e, concetto che diviene nodale nella ricerca qui descritta.

³¹ <http://www.italia.it/it/idee-di-viaggio/siti-unesco/roma-la-citta-eterna.html>

³² D'Astoli, S., 2012, "Centro urbano", fonte: <http://www.wikitecnica.com/centro-urbano/>

5.1.2. I centri storici minori

In Italia abbiamo circa 22mila centri storici, di cui 9mila sono centri storici principali, 6850 sono centri storici minori e circa 15mila sono piccoli borghi rappresentando così un notevole patrimonio storico, culturale ed economico.

Secondo lo storico Enrico Guidoni *il termine centro storico minore è stato coniato per il loro dimensionamento progettuale e non per l'aspetto qualitativo, per meglio dire essi conservano l'organicismo progettuale originario*³³. Attilio La Padula sottolinea il concetto di centro storico minore affermando che *è solo una classificazione geografica - descrittiva poiché sono quei paesi italiani con meno di 5000 abitanti*³⁴.

Per ricordare le prime nozioni di centro storico minore, o almeno una nuova differenza tra i centri storici di grandi città e quelli dalle dimensioni ridotte, dobbiamo ritornare ai primi anni 70. Il concetto di centro storico minore e centro storico abbandonato fu introdotto, nel 1971 a Bergamo, durante il VI Convegno dell'ANCSA da Alberto Prediari *che presentò in quella occasione una classificazione dei centri storici suddivisi in tre categorie: i "centri storici delle grandi aree metropolitane", i "centri storici minori" ed i "centri storici minori abbandonati". In particolare lo studioso ha definito i secondi come quelli «inseriti in città in rapido sviluppo o anche stazionarie, originariamente sedi di importanti funzioni politico-culturali ed economicamente svolte nell'ambito di aree di cui costituiscono punti nodali, oggi decaduti, ma di grande valore storico-artistico- ambientale e di possibile interesse turistico-culturale» ed i terzi come quelli «in cui il degrado fisico e tecnologico degli edifici sembra trovare la propria origine nell'esodo demografico»*³⁵.



Figura 7: esempio di un piccolo centro storico, Marano Calabro (fonte: <http://www.prolocomorano.it/morano-calabro.html>)

L'attenzione politica e sociale degli ultimi anni è sempre, o quasi, rivolta i grandi centri storici delle grande metropoli, prestando poco interesse ai centri storici minori che sono vittime del fenomeno dell'abbandono da parte della popolazione verso le grandi città. Questo danno sociale, ovvero l'abbandono, seguito da uno stato di degrado della zona che ostacola il suo sviluppo, è determinato da diversi fattori:

- isolamento dovuto dalla mancanza di infrastrutture;
- deterioramento degli edifici e mancanza di interesse verso il loro ripristino, poiché considerato dispendioso;

³³ AA.VV., 1980, "Storia dell'Arte Italiana. Inchiesta sui centri storici minor i", Giulio Einaudi Editore, Torino.

³⁴ Mancine, M.P. , Mariani, L., 1981, "Centri storici minori:indagine metodologica", Bulzoni editore, Roma.

³⁵ D'Alessandro, E., 2015, "Il progetto Universitas Casalium - 3000 posti letto in 30 paesi albergo. L'esperienza dei Casali di Cosenza", in Atti del XXVII Convegno annuale di Sinergie Proceeding Heritage, management e impresa: quali sinergie?, p. 681.

- assenza di collegamenti con le città principali;
- spazi preesistenti insufficienti alle esigenze delle nuove generazioni poiché non sono stati incentivati dalla popolazione anziana locale;
- calamità naturali che colpiscono il centro storico minore.

Dal punto di vista legislativo, sia il concetto di centro storico che la sua salvaguardia non sono stati presi molto in considerazione, tanto è vero che non solo non c'è una legge specifica, ma anche e soprattutto a livello nazionale, per la salvaguardia di quest'ultimi si consulta ancora il decreto ministeriale n. 1444.

Se invece spostiamo l'attenzione alle leggi che le singole regioni hanno stipulato negli anni su tale tema, la prima da considerare è quella della Regione Piemonte del 5.12.1977 n. 56. In tale legge, non troviamo tutela del centro storico minore ma viene citato, per la prima volta, la tutela di un nucleo minore³⁶. Più attuale, invece, è la legge della Regione Veneto del 1.2.2001 n.2, in cui si *promuove la salvaguardia e la valorizzazione dei centri storici dei comuni minori nel cui territorio sia individuato un agglomerato insediativo urbano considerato come centro storico ai sensi dell'articolo 40 della legge regionale 23 aprile 2004, n. 11... si considerano minori i comuni con popolazione inferiore a tremilacinquecento abitanti ... sono equiparati ai comuni minori i nuclei abitati che risultino, sulla base delle verifiche operate dai relativi comuni d'appartenenza, con popolazione fino a mille abitanti purché ricompresi nel territorio dei comuni con popolazione fino a quindicimila abitanti*³⁷.

La regione Campania inizia ad affrontare questo “nuovo” scenario politico con due leggi stipulate a distanza, l'una dall'altra, di circa 15 anni.

La prima Legge Regionale del 19.2.1996 n.3 prevedeva la formazione di programmi integrati urbanistici, edili ed ambientali che permettessero la valorizzazione del territorio. Nello specifico, nel comma 5 della suddetta legge, si specificano le aree di intervento considerate di prim'ordine:

- aree ad alto degrado urbanistico-edilizio all'interno delle città e di periferie contigue urbane;
- aree di centri minori interessati da fenomeni conurbativi generati dalla prossimità di città fortemente congestionate;
- aree di centri minori ai fini di salvaguardare e valorizzare impianti urbanistico-edilizi originari.³⁸

La sopracitata legge viene modificata dalla legge del 18.10.2002 n.26, la quale prende in considerazione le norme e gli incentivi per la valorizzazione dei centri storici e dei nuclei e quartieri urbani antichi della Campania, ed inoltre si considera la catalogazione dei Beni ambientali e paesaggistici.

Gli elementi che dovranno essere catalogati sono presi in esame secondo i seguenti criteri:

- a) impianto urbano generato da una delle tipiche matrici storiche;
- b) disposizione geomorfologica che determina unità di paesaggio edificato e non edificato di elevata qualità morfologica urbana, con valore storico-documentale, etnografico, artistico, ambientale e naturalistico;

³⁶ Articolo 24, comma 2.

³⁷ Disponibile dal sito: <http://www.consiglioveneto.it/crvportal/leggi/2001/01lr0002.html>

³⁸ Legge Regionale Campania 19 febbraio 1996, n. 3, articolo 1, comma 5.

- c) connotati storici urbanistici, dei quali l'opera d'arte, gli edifici o i complessi monumentali costituiscono una parte integrante;
- d) eventuali altri elementi storico-artistici-architettonici ambientali che contribuiscano a caratterizzare il centro storico, il nucleo ed i quartieri urbani antichi e tradizionali di cui all'articolo 2, comma 1;
- e) inclusione in parco naturale di interesse nazionale, regionale o siti di interesse comunitario indicati da direttive comunitarie e dai Piani urbanistici territoriali;
- f) inclusione in decreti di dichiarazione di notevole interesse pubblico ai sensi del decreto legislativo n.490/99;
- g) inclusione nell'elenco di cui al decreto ministeriale 27 luglio 1971, in applicazione della legge 6 agosto 1967, n.765, articolo 17;
- h) inclusione in aree dichiarate Patrimonio mondiale dell'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'educazione, la scienza e la cultura;
- i) inclusione in aree o piani speciali di valorizzazione promossi dalla Regione o da Enti locali³⁹.

Quest'ultimo punto della suddetta legge esprime per la prima volta il concetto di “valorizzazione di alcune aree”, sottolineando la funzionalità di alcuni elementi architettonici ed il modo in cui essi siano rimessi a disposizione del cittadino. Questo nuovo passaggio contribuisce all'esaltazione dei manufatti architettonici, consentendo ad essi di essere in armonia con le esigenze economiche –commerciali del luogo. La nuova condizione permette di escludere uno dei problemi maggiori che la dimenticanza verso centri storici provoca: l'abbandono di essi ma soprattutto permette di ottenere quei vantaggi ambientali che il recupero ecofriendly può ottenere con l'ausilio di materiali ecocompatibili e energie proveniente da fonti rinnovabili.

5.2. Il recupero architettonico dei centri storici

“I centri storici, più o meno estesi, devono cessare di essere visti come oggetti di conservazione statica, di recupero limitato alle facciate e alle parti comuni, e devono diventare opere in movimento, tessuti non mummificati, beni vitali, che devono essere protetti e non semplicemente conservati”⁴⁰.

Alla suddetta definizione di Alberto Predieri bisogna aggiungere una piccola precisazione della prof. De Joanna : le trasformazioni che avvengono nello scenario dei centri storici negli ultimi anni sono sintomo di un rinnovato e crescente interesse verso il patrimonio costruito inteso come risorsa culturale ed economica ⁴¹. Per far fronte ad uno dei problemi che il sopraccitato concetto deve affrontare, ovvero l'abbandono, bisogna trovare una strategia valida per il recupero.

Agli inizi dei primi anni 70, l'Italia inizia a fare un'attenta valutazione del concetto di recupero. Enti pubblici ed associazioni private, come l'ANCSA, misero in primo piano come la legislazione del nostro paese fosse inadeguata rispetto allo scenario del periodo.

³⁹ Legge Regionale Campana 18 Ottobre 2002, n.26, articolo 3, comma 1.

⁴⁰ Francini, M., Colucci, M., Palermo, A., & Viapiana, M. F., 2012, “I centri storici minori. Strategie di rigenerazione funzionale: Strategie di rigenerazione funzionale”, Franco Angeli, Milano, p. 32

⁴¹ De Joanna, P. , 2010, “Il recupero edilizio nelle aree protette”, Franco Angeli, Milano, p. 16

I primi cenni storici che riguardano il concetto di recupero architettonico sono presenti nella normativa italiana con la legge n.457 del 1978, che recita: *i comuni individuano, nell'ambito degli strumenti urbanistici generali, le zone ove, per le condizioni di degrado, si rende opportuno il recupero del patrimonio edilizio ed urbanistico esistente mediante interventi rivolti alla conservazione, al risanamento, alla ricostruzione e alla migliore utilizzazione del patrimonio stesso. Dette zone possono comprendere singoli immobili, complessi edilizi, isolati ed aree, nonché edifici da destinare ad attrezzature*⁴².

Da queste parole si evince che il concetto di recupero, fino agli anni 70, era considerato un concetto rivolto esclusivamente al patrimonio edilizio, escludendo tutti gli elementi che lo circondano e che interagiscono con esso. Il tema del recupero di quest'ultimi elementi, ambiente e territorio, era considerato solo un'idea teorica difficile dover applicare.

Solo recentemente tale concetto si è esteso sia all'ambiente che al territorio poiché considerati temi centrali e collegati al recupero.

Proprio negli anni 80 si inizia a discutere del recupero di insediamenti minori, in particolare, nel 1986, a Bergamo, al 10° Convegno dell'ANCSA, si esamina la questione del risanamento di alcuni piccoli centri storici, ritenuti, come detto in precedenza, punti dolenti.

In seguito alle varie manifestazioni di quegli anni e alla diffusione di questo concetto, abbiamo altri esponenti della cultura italiana che citano e studiano il concetto di Recupero in Italia, anche se nel nostro paese tale concetto risulta svilupparsi in modo lento e graduale rispetto al panorama europeo, quali ad esempio E. Benvenuto e G. Ciribini. Per Benvenuto il recupero non si riferisce ad un fatto, o a un dato, o a una cosa; è piuttosto un discorso. Voglio dire ciò che è stato una volta detto intorno a quel fatto, a quel dato a quella cosa, questo viene ridetto nell'atto di recuperare⁴³. Invece si deduce una certa conflittualità verso tale tema quando si esaminano le parole di Ciribini poiché secondo il tecnologo: il progetto di recupero è una relazione di dualità tra i due termini poiché il tessuto edilizio preesistente, ciò che è, viene ad essere strettamente collegato con ciò che non è⁴⁴.

Partendo dalle parole di Ciribini, possiamo comprendere il processo progettuale che il recupero comprende. La prima fase da dover svolgere è l'analisi delle risorse del manufatto da recuperare, poiché il tema del recupero è diverso da caso a caso, dal momento che l'elemento in esame è diverso sia per il luogo sia per il periodo di appartenenza. Bisogna conoscere il suo contesto ambientale, quello territoriale ed edilizio esistente, senza poi dimenticare l'analisi dei vincoli. Questi ultimi risultano essere di varia natura, ad esempio nei centri storici possono essere culturali, ambientali, normativi ma anche paesaggistici. Studiate le risorse ed i vincoli, bisogna poi elaborare gli obiettivi che il progetto di recupero deve ottenere, considerando i problemi fondamentali presenti nella gestione dei centri storici: la sicurezza, l'aspetto, la fruibilità, l'integrabilità, la salvaguardia dell'ambiente ma soprattutto il benessere e la gestione delle energie⁴⁵.

Un esempio di recupero di un centro storico abbandonato può essere rappresentato dal borgo di Colletta Castelbianco. Piccolo borgo medievale situato in Liguria, tra la provincia di

⁴² Art. 27, Legge 5 agosto del 1978 n. 457 in http://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/1978_0457.htm

⁴³ Benvenuto, E., 1984, "Del recupero: la parola e la cosa. Recuperare Edilizia" Design, Impianti, 3(11).

⁴⁴ Caterina, G., 1989, "Tecnologia del recupero edilizio", Utet, Torino, pag. 343.

⁴⁵ Cfr Caterina, G., 2003, "Tecnologie di intervento per il recupero di Ortigia", Liguori editore, Napoli, pag 23.

Savona ed Imperia, è caratterizzato da costruzioni in pietra, tetti in tegole rosse e finestre azzurre dalla bordatura bianca.



Figura 8: vista del borgo medievale di Colletta Castelbianco (fonte: http://www.ilsecoloxix.it/p/savona/2016/09/12/ASYKVyGE-colletta_terremoto_castelbianco.shtml)

Il borgo nasce intorno al XIII secolo e venne colpito nel 1887 da un devastante terremoto che ha coinvolto l'intera regione e che portò all'abbandono del borgo antico da parte dei pochi superstiti del luogo⁴⁶.

Il recupero di Colletta Castelbianco è avvenuto per merito dell'architetto ligure Giancarlo De Carlo agli inizi degli anni 90, comportando la rinascita storica, culturale e sociale di una zona di grande successo ma ormai dimenticata. Tale successo giunse con le innovazioni telematiche inserite nel progetto, conservando l'aspetto architettonico originario.

Questo borgo può essere considerato come punto di riferimento per le operazioni di recupero da dover effettuare per un centro storico abbandonato, perché questo borgo ha permesso la rinascita del luogo, incrementando lo scenario economico e culturale della zona in esame⁴⁷, tramite l'ausilio di innovazioni tecnologiche semplici in grado di conservare e valorizzare l'importanza della tradizione.

⁴⁶Cfr Lo Monaco, A., 2017, "Colletta di Castelbianco: da borgo medievale abbandonato ad albergo diffuso high-tech", fonte: <http://www.vanillamagazine.it/colletta-di-castelbianco-da-borgo-medievale-abbandonato-ad-albergo-diffuso-piu-high-tech-italia>

⁴⁷ Cfr Pelosi, F., 2016 "Colletta di Castelbianco, il borgo rinato dopo il terremoto", fonte: http://www.ilsecoloxix.it/p/savona/2016/09/12/ASYKVyGE-colletta_terremoto_castelbianco.shtml

6. Energia proveniente dal Vento

6.1. Energia: etimologia

“Il concetto di Energia è considerato molto complesso da definire ed è stata espresso per la prima volta da Keplero, ma preso in considerazione solo circa nei tre secoli successivi, dal momento che è un concetto molto astratto . Il termine energia deriva dal greco e significa “che è attivo” e, proprio secondo i dettami della fisica, l’energia è la capacità che un corpo o un sistema di corpi ha di compiere lavoro, sia come energia in atto, cioè che opera nel processo in cui si produce un lavoro ed è ad esso commisurata, sia come energia potenziale, suscettibile di tradursi in atto attraverso opportune, varie trasformazioni ”⁴⁸.

Tutte le trasformazioni sono soggette alle leggi della termodinamica; in particolare il primo principio della termodinamica rappresenta una formulazione del principio di conservazione dell'energia e afferma che l'energia di un sistema termodinamico isolato non si crea né si distrugge, ma si trasforma, passando da una forma ad un'altra.

In aggiunta al suo significato scientifico, l’energia può essere anche intesa come elemento che aiuta la trasformazione della vita dell’uomo, invitandolo alla conoscenza ed all’ideazione di nuove tecnologie e nuove esperienze da dover trasmettere agli altri. Un esempio può essere rappresentato dall’energia dell’acqua che, attraversando le città, ha imposto all’uomo di ridurre il flusso, ponendo dei vincoli, come dighe o turbine (le nuove tecnologie). In particolare nel periodo storico dell’avvento della rivoluzione industriale del 1700, l’utilizzo di enormi quantità di energia fossile non rinnovabile e quindi l’impiego indiscriminato di tali fonti ha condotto ad una trasformazione del territorio quasi irreversibile e nella rottura della ciclicità che ne consentiva la rigenerazione continua delle caratteristiche e delle funzioni. Inoltre, tale “abuso” energetico ha comportato una mancata percezione dei limiti fisici e dei confini spaziali del territorio, che a sua volta ha condotto l’uomo a sentirsi libero di poter fare ciò che vuole e dove vuole.

Le unità di misura delle varie forme di energia sono convenzionalmente regolate dalle norme ISO, secondo le quali il Joule rappresenta il Lavoro; il Kilowattora l’energia elettrica; la Caloria, l’energia termica (sono state prese in considerazione solo le più significative).

6.1.1 Energia: concetto di energie rinnovabili

Prima di poter parlare di energie rinnovabili, bisognerebbe conoscere il significato di un altro concetto ad esse correlato, ovvero quello di impronta ecologica.

Con impronta ecologica si intende “un indicatore di sostenibilità e si esprime in termini di terra produttiva necessaria per soddisfare le richieste umane”.⁴⁹

Assumendo come esempio la città di Roma, che ci aiuta a comprendere al meglio quest’ultimo concetto, i suoi 25 milioni di abitanti e 150 mila ettari di lotto producono circa 15 milioni di tonnellate di CO₂. La maggior parte dei prodotti usati dalle famiglie romane sono importati e questo comporta un notevole utilizzo dei mezzi di trasporto. Questi ultimi, quindi,

⁴⁸ <http://www.treccani.it/enciclopedia>

⁴⁹ Masullo, A., 2013, *Qualità vs Quantità. Dalla decrescita a una nuova economia*, Lit Edizioni, Roma, pag . 28

creano un'emissione ulteriore di CO₂ ed hanno un consumo di circa 100 metri cubi d'acqua in un anno per persona. In conclusione, Roma richiede che siano necessari circa 2,5 milioni di ettari di foresta per assorbire tali quantità di CO₂, ovvero circa venti volte la superficie occupata dalla città stessa. Questo caso è un evidente esempio in cui si assiste ad un'elevata perdita del capitale naturale e si manifesta un grave danno per le comunità future.

Per far sì che questo non accada e che sia garantita la sostenibilità ambientale necessaria a soddisfare il benessere di ciascun cittadino bisogna introdurre elementi che producono energia "pulita" e ciò è ottenibile attraverso l'utilizzo dell'energia rinnovabile che si oppongono alle energie primarie.

*"La produzione di energia primaria, ovvero quella tipologia di energia che si ricava in modo diretto, nell'ultimo millennio è avvenuta tramite fonti non rinnovabili, ovvero energia prodotta mediante carbone o petrolio, considerati fonti di energia fossili poiché ricavati dalla decomposizione di organismi preistorici, contribuendo all'aumento dell'effetto serra e contribuendo ad un'instabilità economica che l'umanità affronterebbe negli anni avvenire. Ad opporsi a tale problematica c'è l'energia prodotta da fonti rinnovabili, vale a dire quelle sorgenti primarie e intonse d'energia cui si possa attingere senza limitazione, che possano in tempi brevi rigenerare, e che non determinano il rischio di un elevato e diffuso inquinamento dell'aria, dell'acqua e del suolo. Difatti tale rischio può essere limitato con l'esclusione dei combustibili fossili. Le fonti rinnovabili possono anche essere dette alternative e pertanto nel linguaggio corrente è comune trovare definizioni che assimilano la sorgente con la tecnologia, così parlando direttamente di energia rinnovabile o di energie alternative"*⁵⁰.

Per quanto riguarda le procedure atte a trasformare le fonti rinnovabili (o appunto alternative) in sistemi atti a produrre energia "pulita", si individuano le seguenti categorie relativamente alla fonte primaria da cui viene estratta:

- energia proveniente dal sole che produce energia chimica, energia termica ed energia elettrica;
- energia generata dal suolo come le biomasse per la combustione, per impianti per la generazione termica e cogenerazione di calore ed elettricità;
- energia del sottosuolo che genera energia geotermica;
- energia ricavata dall'acqua dalle maree e delle correnti marine;
- energia proveniente dalle precipitazioni meteoriche, utilizzabili tramite il dislivello di acque e fonte idroelettrica;
- energia ricavata dal vento che produce energia meccanica ed elettrica.

6.1.2 Energia: la legislatura italiana relativa al concetto di rinnovabili

Il concetto di energia rinnovabile, in Italia, è stato preso in considerazione solo negli anni 90. Per questo motivo il primo provvedimento legislativo importante, relativo alle rinnovabili, è rappresentato dal CIP6/92, che è la sigla che contraddistingue il provvedimento del Comitato Interministeriale Prezzi n°6 del 1992. Quest'ultimo stabilisce i prezzi con i quali i privati possono vendere energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili o assimilata da Enel.

⁵⁰ Ibidem

Nel Convegno nazionale sulle fonti rinnovabili, tenutosi a Napoli nel 1998, si è redatto un documento di indirizzo che individuava, per ciascuna fonte rinnovabile, gli obiettivi che devono essere raggiunti per ottenere la riduzione di emissione di gas serra tramite la delibera CIPE 137/98, indicando le strategie e gli strumenti necessari allo scopo.

Altri due avvenimenti che hanno sottolineato la volontà di affrontare il problema delle rinnovabili in Italia da parte del governo, sono accaduti l'anno del convegno stesso e l'anno successivo. Prima c'è stata l'introduzione , con la legge n. 448/98 “ Misure di finanza pubblica per la stabilizzazione e lo sviluppo ”, della tassazione sull'anidride carbonica (carbon tax), in maniera da proseguire il graduale processo di internalizzazione dei costi sociali della produzione energetica, già avviato con l'istituzione delle tasse sulle emissioni di ossido di zolfo e di azoto.

Il secondo avvenimento è stata l'introduzione di specifiche disposizioni sulle rinnovabili nel decreto n. 77/99 “ attuazione della direttiva europea 1996/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica sancendo la priorità di dispacciamento per le FER e ha introdotto i Certificati Verdi ⁵¹ come strumento incentivante.

Gli incentivi per le rinnovabili, terminati prima quelli per il fotovoltaico e successivamente per la fine del 2016 quelli per le altre fonti (solo i piccoli impianti ad accesso diretto godono degli incentivi fino al 31 dicembre 2017 o prima se gli stanziamenti finiscono) si attendono novità per il periodo 2017-2020 in linea con le indicazioni dell'Unione europea sui finanziamenti all'energia ⁵².

6.2. Evoluzione dello sfruttamento dell'eolico: dai mulini a vento agli aereo generatori del nuovo millennio

L'energia proveniente dal vento, ovvero quella fonte di energia dalle radici storiche molto antiche, è un sistema di produzione energetica sempre più diffusa nel nostro territorio. Se si analizza l'ultimo decennio è una fonte rinnovabile che concorre con altri sistemi, quali il fotovoltaico e le biomasse.

Facendo un passo indietro, ovvero analizzando le tecnologie che utilizzavano in antichità l'energia del vento, si possono classificare secondo il loro differente uso:

- le torri del Vento che garantivano ottime condizioni di vivibilità anche in luoghi dove l'ambiente naturale era meno favorevole;
- i mulini che sostituivano il lavoro manuale o animale.

⁵¹ I Certificati Verdi sono titoli negoziabili, rilasciati dal GSE in misura proporzionale all'energia prodotta da un impianto qualificato IAFR (impianto alimentato da fonti rinnovabili), entrato in esercizio entro il 31 dicembre 2012 ai sensi di quanto previsto dal D. lgs. 28/2011, in numero variabile a seconda del tipo di fonte rinnovabile e di intervento impiantistico realizzato (nuova costruzione, riattivazione, potenziamento e rifacimento). Il meccanismo di incentivazione con i Certificati Verdi si basa sull'obbligo, posto dalla normativa a carico dei produttori e degli importatori di energia elettrica prodotta da fonti non rinnovabili, di immettere annualmente nel sistema elettrico nazionale una quota minima di elettricità prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili. Il possesso dei Certificati Verdi dimostra l'adempimento di questo obbligo: ogni Certificato Verde attesta convenzionalmente la produzione di 1 MWh di energia rinnovabile. I Certificati Verdi hanno validità triennale: quelli rilasciati per la produzione di energia elettrica in un dato anno (anno di riferimento dei CV) possono essere usati per ottemperare all'obbligo anche nei successivi due anni. L'obbligo può essere rispettato in due modi: immettendo in rete energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili oppure acquistando i Certificati Verdi dai produttori di energia “verde”.

⁵² <http://www.reteambiente.it/normativa/energia/info/quadro/>

Le torri del vento furono introdotte nell'antica Persia, attuale Iran, nel X secolo a.C. dove le temperature mediorientali diurne raggiungono picchi di caldo torrido elevato nei mesi estivi. Tali tecnologie avevano il compito di mitigare le alte temperature del luogo tramite la ventilazione ed il raffrescamento passivo degli ambienti interni. Una delle prime torri del vento, ancora visibili, è presente in Iran ed è la quella di Dowlat-abad aYazd.

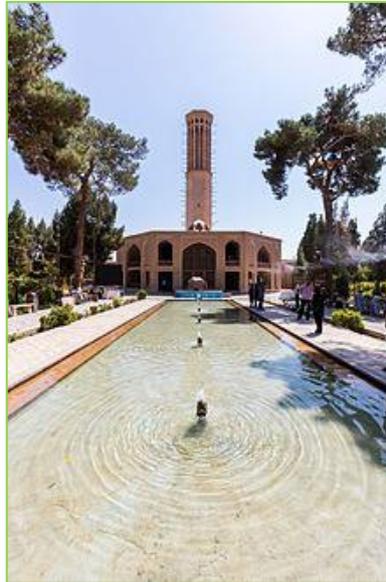


Figura 9: Torre di Dowlat-abad aYazd (fonte https://it.wikipedia.org/wiki/Torri_del_vento)

Queste torri sono degli speciali camini a sezione rettangolare o poligonale, divisi da setti verticali in mattoni e con delle aperture sul lato superiore. In corrispondenza di ogni apertura vi è un condotto, nel quale s'incanalano i venti. Durante la notte la torre del vento tende a raffreddarsi così, durante il giorno, l'aria calda a contatto con le mura diventa più fredda, per questo più densa, e scende nell'edificio espungendo l'aria calda delle stanze.

Esistono in linea di massima due tipologie di torri del vento:

- le torri del vento che ventilano gli interni per convezione, introducendo quindi aria fresca negli ambienti e spingendo fuori aria calda;
- le torri del vento che raffrescano la struttura per l'azione congiunta di convezione ed evaporazione dove la temperatura del flusso d'aria entrante si abbassa per ventilazione ed evaporazione, essendo l'aria spinta sopra un canale d'acqua o in un condotto interrato nel terreno profondo.

Nel caso specifico della seconda tipologia analizzata, l'aria entra da un canale esterno della casa per poi passare lungo un canale sotterraneo, definito Qanat, raggiungendo delle temperature più confortevoli più velocemente e più efficacemente. Tale tipologia è rappresentata dalla Torre del vento a Malqaf.

L'uso di queste torri come sistema di climatizzazione passiva funziona anche in assenza di venti, poiché esse si trasformano in una struttura di estrazione naturale, dove l'aria calda, che tende naturalmente a salire verso l'alto perché più leggera, esce dalle aperture del camino; di notte la torre si raffredda, quindi di giorno l'aria a contatto con la muratura fredda della torre diventa più densa, scende ed entra nell'edificio.

Generalmente i muri di costruzione delle torri sono molto spessi in modo da avere un alto potere di accumulo termico cosicché innescano una forte differenza di pressione tra interno ed esterno ⁵³.

Mentre la torre del vento è una tecnologia sfruttata principalmente nei paesi arabi, la storia dei mulini a vento è ben più complessa. La prima traccia di strutture che si muovevano con l'ausilio dell'energia meccanica prodotta dal vento è la ruota a vento di Erone di Alessandria. Il matematico greco, nei suoi scritti, parla di un oggetto capace di creare moto rotatorio usando il vento ⁵⁴ che permettesse il giusto funzionamento di un organo musicale.

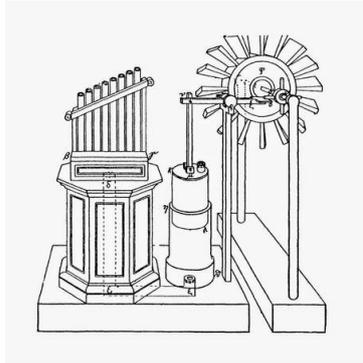


Figura 10: organo musicale funzionante con l'ausilio del vento (fonte: <https://it.paperblog.com/erone-di-alessandria-2256093/>)

Allontanandoci dalla situazione europea antica, per avere le prime tracce dei mulini a vento simili a quelli moderni, bisogna studiare quelli presenti sia in Cina sia nella zona territoriale che in passato si attribuiva alla Persia. Si risale quindi al II millennio AC. La struttura primordiale di questa tecnologia, che ancora oggi vediamo in alcuni scenari europei, era composta da quattro pale di stuoia intrecciata ed una struttura ad asse di rotazione verticale che con l'ausilio dell'energia proveniente dal vento e successivamente trasformata in energia meccanica, permetteva ad una ruota interna collegata alle pale di muoversi per essere utilizzata nei campi.

Queste antiche macchine in Europa, in particolare nella zona del Mediterraneo, però, furono introdotte con l'aiuto dei crociati, intorno al 1200 ed erano molto più grandi rispetto a quelle persiane, oltre ad essere dotate di un maggior grado di complessità. Anche se nell'antica Persia il mulino a vento veniva utilizzato esclusivamente in agricoltura, in Europa, esso fu utilizzato anche per facilitare diverse attività tra le quali ad esempio spremere oli, macinare sale e azionare segherie, per esempio⁵⁵. Oltre a svolgere i compiti sopracitati, soprattutto in Olanda, i mulini a vento avevano il compito di drenare i terreni dopo la costruzione delle dighe.

Una nuova evoluzione tecnologia si ebbe nel Medioevo, quando l'esperienza dei paesi sul editerraneo riguardo questa tematica, fu trasportato verso il nord Europa. Solo, però, nel '600, ci fu un miglioramento dal punto di vista ingegneristico, poiché i profili delle pale vennero ridisegnati in modo da poter catturare maggiore potenza dal vento. I mulini, presenti in nord

⁵³ Cfr Patrone, V., "Torri del vento: i sistemi di raffrescamento più sofisticati risalgono al X secolo a.C.", fonte: <https://www.architetturaecosostenibile.it/component/content/article?id=3203:torri-vento-sistemi-raffrescamento-833>

⁵⁴ Cfr Russo, L., 2001, "La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico e la scienza moderna", Feltrinelli, Milano, pag. 153

⁵⁵ Cfr <http://www.sapere.it/sapere/strumenti/domande-risposte/storia-civiltà/origine-mulini-a-vento.html>

Europa e con maggiore concentrazione nei Paesi Bassi, avevano le pale formate da una struttura in legno sulla quale era fissata la tela, formando delle vele spinte in rotazione dal vento, ed erano caratterizzati da un asse di rotazione orizzontale, come per quasi tutti i mulini europei⁵⁶.

Intorno al 1750 erano in attività circa 10000 mulini in Germania, 8000 in Olanda e 5000 in Danimarca. Lo stesso numero di mulini presenti in Germania, era presente in Inghilterra, dove John Smeaton realizzò un'apparecchiatura per provare sperimentalmente differenti tipi di pale, valutando la potenza che esse potevano estrarre dal vento.

L'avvento della rivoluzione industriale portò alla diminuzione d'interesse per i mulini a vento poiché furono preferiti i motori a vapore o quelli a combustione interna. Nonostante ciò, nei primi anni del '900, in Germania, Olanda e Danimarca ne erano in funzione un numero superiore a quelli in attività due secoli prima.

Dal punto di vista funzionale la svolta, ovvero utilizzare l'energia eolica per produrre elettricità, si ha tra la fine dell'800 e l'inizio del '900 con due diversi pionieri dell'energia eolica, uno in America e l'altro in Europa. Il pioniere dimenticato dell'energia eolica, considerato il primo ingegnere ad essersi avvicinato alla figura moderna dell'energia primaria prodotta dal vento, fu Charles Brush, che nel 1888 costruì la prima turbina eolica che portò energia elettrica alla sua casa ed al suo laboratorio per un decennio circa. Il primo impianto eolico costruito dall'ingegnere americano, e costituito da 144 pale con un diametro di 17 metri, aveva un picco di potenza di circa 12 KW che permise la generazione di energia elettrica necessaria per il funzionamento delle lampade e motori elettrici.

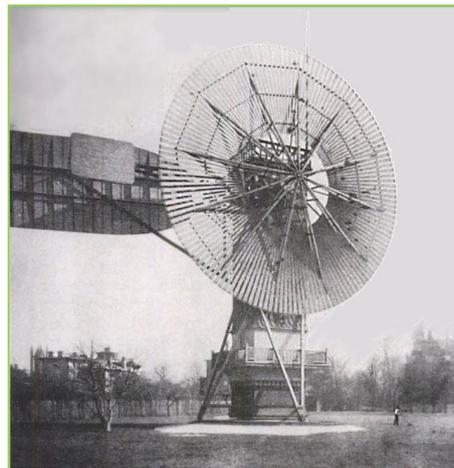


Figura 11: prima pala eolica della storia costruita da Charles Brush in Cleveland, USA (fonte <https://www.billtrack50.com/blog/social-issues/civil-rights/unearthing-clean-energy-regulation/>).

In opposizione all'americano, il secondo pioniere per la produzione di energia elettrica mediante l'utilizzo del vento, fu il professor Poul La Cour, soprannominato l' "Edison danese", che realizzò il primo generatore eolico collegando un mulino a vento a quattro pale a due dinamo da 9 KW che consentirono la produzione di idrogeno e ossigeno per elettrolisi.

⁵⁶ Cfr <http://geom-bartolucci-fausto.webnode.it/edilizia-ecosostenibile/eolico/>



Figura 12: prototipo del mulino a vento ideato da Poul La Cour, visibile presso il museo omonimo in Vejen, Danimarca (fonte: <http://www.poullacour.dk/index-uk.htm>)

La diminuzione del numero delle pale fu un grande passo avanti che La Cour fece per questo tipo di tecnologia, poiché si apprese che un mulino con un numero minore di pale, aveva una maggiore funzionalità. Invece, per quanto riguarda l'aumentare delle sue attenzioni su questo tipo di impianto è dato dal voler evitare lo spopolamento delle zone rurali, causato dall'evoluzione industriale del periodo.

In contemporanea alle realizzazioni di La Cour, in America intorno al 1920, alcune aziende realizzarono turbine tra gli 1 e i 3 kilowatt che trovarono una larga diffusione nelle grandi pianure. Tuttavia, gli anni 1940, a causa dei diversi cambiamenti generali dell'epoca, resero questi piccoli generatori obsoleti⁵⁷.

Le varie iniziative per poter utilizzare l'energia eolica vennero insabbiate poco dopo, sia nello scenario europeo sia in quello americano. Solo con l'avvento della seconda guerra mondiale e la chiusura di generatori di energia tramite fonti combustibili consentì ad alcuni paesi di riconsiderare l'energia eolica tra le varie fonti alternative più allettanti, ma la scarsità di materiale e di tecnologie ne limitarono la realizzazione pratica. Questa situazione perdurò fino al 1973, anno in cui l'embargo petrolifero attuato dai paesi dell'OPEC⁵⁸ e la crisi energetica che ne seguì, risvegliarono l'interesse per le diverse fonti energetiche. Esempio di tale cambiamento fu intrapreso, nel 1975, dal Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti d'America che finanziò un progetto per sviluppare turbine eoliche a grande scala. Negli anni successivi il progetto si è concretizzato con la realizzazione di tredici turbine sperimentali da parte della NASA che hanno aperto la strada per gran parte della tecnologia utilizzata oggi⁵⁹.

Negli anni '90 l'energia eolica prosegue il proprio sviluppo, sottolineando il lavoro svolto negli Usa ed in Europa. Ma non è da sottovalutare il contributo dei paesi in via di sviluppo e di nuova industrializzazione, ad esempio l'India che, nel 1998, è al terzo posto tra i mercati mondiali dell'eolico dopo USA e Germania⁶⁰.

La situazione nel nostro paese, però, era molto diversa rispetto a ciò che accadeva in Europa e nel resto del mondo. In Italia, l'operatore che era il principale responsabile della sviluppo dell'eolico e che gestiva quest'ultima, era l'IVPC (Italian Vento Power Corporation)

⁵⁷ Cfr <http://geom-bartolucci-fausto.webnode.it/edilizia-ecosostenibile/eolico/>

⁵⁸ L'OPEC è l'organizzazione dei paesi esportatori di petrolio è un'organizzazione intergovernativa permanente, creato in occasione della Conferenza di Baghdad il 10-14 settembre 1960 ed ha come obiettivo quello di coordinare e unificare le politiche petrolifere tra paesi membri, al fine di garantire prezzi equi e stabili per i produttori; una fornitura efficiente, economica e regolare del petrolio; una giusta remunerazione del capitale per coloro che investono nel settore.

⁵⁹ Cfr <http://www.mini-eolico.net/impianto-eolico-o-parco-eolico/>

⁶⁰ Cfr Energia eolica: tra passato e futuro un'alternativa attuale, pp 11-25

poi sostituito nel nuovo millennio dall'Erga. Proprio quest'ultima ha costruito la più grande centrale eolica in Italia, che può soddisfare il fabbisogno elettrico di circa 400 famiglie. Attualmente la produzione eolica copre circa il 5% del fabbisogno di energia. "Secondo la European Wind Association nel 2009 la potenza eolica italiana ha rappresentato il 6.7% della potenza installata nell'Unione Europea a 15 membri ed il 3.1% di quello mondiale".⁶¹ Dai dati a nostra disposizione, il picco storico di produzione eolica risale al 5 gennaio 2014 (5.518 MW di potenza oraria su un totale nazionale di poco meno 30.000 MW; vale a dire il 18,3% del fabbisogno nazionale)⁶². Per i prossimi anni, le cose dovrebbero cambiare, infatti si prevede che entro il 2020 l'Italia arriverà a risparmiare quasi 15 milioni di emissioni nocive, pari a 29 milioni di barili di petrolio, dimostrando quindi una grandissima attenzione verso le problematiche ambientali evidenziate dal protocollo di Kyoto⁶³.

6.3. Analisi delle tipologie di impianti eolici

6.3.1 Introduzione

Il sistema eolico è composto da varie parti meccaniche tra cui il rotore che, costituito da pale, va inserito sulla torre di sostegno di un moltiplicatore di giri. Inoltre, in base all'energia che esso sfrutta, possiamo avere:

- gli aeromotori che trasformano l'energia meccanica del vento in energia meccanica dell'asse di rotazione ed azionano macchine come motori primi eolici;
- gli aerogeneratori che effettuano la conversione dell'energia meccanica del vento in energia elettrica continua o alternata (comunemente sfruttata)⁶⁴.

Quando la macchina viene utilizzata per produrre energia, oltre ad un generatore, **contiene** un sistema di controllo ed un trasformatore. Per l'alimentazione di utenze isolate sono previste anche le batterie di accumulo, l'inverter DC/AC⁶⁵ (che trasforma la corrente continua in corrente alternata), carica batterie (per mezzo di un convertitore AC/DC) e infine il sistema di controllo.

Per quanto riguarda la connessione alla rete elettrica dell'impianto, possiamo trovare dei sistemi eolici connessi o con il sistema On-grid o con il sistema Off-grid. Il sistema Off-grid è un impianto o un insieme di impianti autosufficienti ed elettricamente isolati dalla rete di distribuzione elettrica ed in opposizione ai sistemi On-grid, ovvero sistemi connessi, **nei** quali, se viene prodotta energia in più rispetto a quella che l'utente necessita, l'energia cumulata in eccesso è messa in vendita alla rete elettrica.

Per il collegamento alla rete elettrica, il sistema eolico deve essere anche provvisto di un quadro elettrico completo di dispositivo di interfaccia alla rete elettrica di bassa tensione, di un

⁶¹ Andreolli, F., 2011, "Impianti mini e micro eolici. Guida alla progettazione e realizzazione", Flaccovio Dario, Palermo, pag. 5.

⁶² Cfr http://www.albanesi.it/inchieste/energia_eolica.htm

⁶³ Il protocollo di Kyoto prevedeva, infatti, l'attuazione di alcuni principi chiave in materia di lotta internazionale ai cambiamenti climatici. Tale trattato ha focalizzato l'attenzione sulla lotta contro il riscaldamento planetario perché contiene obiettivi vincolanti e quantificati di limitazione e riduzione dei gas ad effetto serra.

⁶⁴ Cfr AA.VV., 2002, "Energia eolica: tra passato e futuro; un'alternativa attuale", Alinea Editore, Firenze, pag. 64

⁶⁵ Con il termine DC (Direct Current) si indica un inverter a corrente continua, invece con AC (Alternative Current) indichiamo un inverter a corrente alternata.

sistema di controllo del “parallelo” alla rete elettrica di bassa tensione e infine di un inverter AC/DC/AC.

Per quanto riguarda la scelta della turbina è importante prestare attenzione alle seguenti caratteristiche:

- velocità di “cut-in”, ovvero la velocità del vento minima per la quale l’aerogeneratore comincia a produrre energia elettrica;
- la velocità di “start-up”, ovvero la velocità in cui il rotore comincia a ruotare senza tuttavia produrre;
- la velocità del “vento nominale”, ovvero velocità minima per cui l’aerogeneratore produce la potenza nominale dichiarata;
- la velocità di “cut-out”, ovvero velocità limite superiore oltre la quale la turbina viene staccata dalla rete e cessa di produrre energia;
- la velocità di “sopravvivenza”, ovvero la velocità massima del vento per cui viene garantita l’integrità strutturale della aerogeneratore⁶⁶.

Oltre alle caratteristiche dell’impianto, bisogna considerare anche le caratteristiche climatiche della zona in cui si colloca il dispositivo. La macchina eolica moderna deve essere installata in un luogo ventoso, quelle attualmente in commercio necessitano di una velocità media minima del vento di circa 3 metri al secondo per poter entrare in funzione. La potenza estraibile dal vento per mezzo di un aerogeneratore cresce all’aumentare della velocità del vento e dell’area spazzata dalle pale; dipende inoltre dalla densità dell’aria, funzione delle caratteristiche condizioni meteo del luogo.

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

*(Potenza = 1/2 densità aria 2 Area intercettata dal vento * Velocità del vento 3)*

Per quanto riguarda la conoscenza dell’effettiva potenzialità di un impianto è indispensabile sapere le ore equivalenti annue di funzionamento alla potenza nominale; tale parametro è determinato da:

- la distribuzione di frequenza della velocità del vento;
- la curva di durata della velocità del vento.

Una mappa del vento è molto importante per sapere il corretto posizionamento dei generatori eolici, perché i venti non soffiano ovunque con la stessa intensità. Il CESI ha pubblicato una nuova versione dell’atlante eolico italiano. Rispetto alla vecchia edizione è possibile zoomare sulla mappa con un buon dettaglio topografico, cercare i singoli comuni italiani, ottenere sia la velocità del vento che la producibilità a 25, 50, 75 e 100 metri dal suolo. Nel caso specifico del microeolico è importante analizzare la mappa del vento a 25 m dal suolo per valutare i siti dove installare l’impianto tecnologico ad energia rinnovabile.

Per quanto riguarda la vita di un impianto moderno, essa varia secondo dei fattori ben specifici. In media è di circa 20 anni, ma la durata generale della macchina è messa in discussione dalle condizioni climatiche non sempre confortevoli cui essa è esposta, ma anche

⁶⁶ Cfr Palumbo, M., 2012, “Architettura produttiva: principi di progettazione ecologica”. Maggioli Editore, Rimini.

dalla continua accensione e disattivazione del sistema che mette a rischio le varie componenti⁶⁷.

6.3.2. Classificazione degli impianti eolici

Fondamentale appare, ora, classificare gli impianti che sfruttano questa fonte di energia in base alla loro potenza nominale. Generalmente, i sistemi eolici sono raggruppabili nelle categorie seguenti:

- impianti di potenza nominale compresa tra 100 kW e 1,5 MW, cosiddetti “megaeolici”;
- impianti di potenza inferiore a 20 kW, cosiddetti “microeolici”.

I sistemi di mega-eolico sono forniti di torri di supporto che superano anche i 100 metri e presentano delle pale di circa 12 metri di diametro. Queste ultime, che rappresentano parte del generatore eolico e servono a captare il vento e a trasformarlo in energia rotatoria, sono di regola disposte ad una distanza pari a 3-5 volte il diametro della circonferenza rotorica spazzata dalle pale se le turbine sono una di fianco all'altra. Diversamente, se le turbine sono posizionate una dietro all'altra, formando così le ormai famose “wind farm” (le famigerate fattorie del vento), le pale sono disposte ad una distanza di 5-7 volte il diametro delle pale.



Figura 13: esempio di wind farm in Kenting, sud del Taiwan.

Gli impianti che appartengono alla seconda categoria, prima citata, sono gli impianti anche definiti “urbani”, poiché possono essere installati all'interno delle abitazioni civili o nei centri urbani, producendo energia necessaria a soddisfare il bisogno di una singola famiglia (ad esempio di 3 o 4 persone) o per illuminare gli spazi aperti. Questi impianti sono caratterizzati da una altezza non elevata e dimensioni ridotte.

A seconda che siano o meno dotati di un collegamento con la rete elettrica, i micro impianti eolici possono configurarsi come:

⁶⁷ Cfr AA.VV. , 2010, “ Wind power generation and wind turbine design”, WIT press, UK, pp. 31-32.

- impianti in rete in cui l'energia prodotta viene valorizzata attraverso i meccanismi dello Scambio sul posto o della Tariffa onnicomprensiva;
- impianti in isola in cui le utenze isolate dalla rete elettrica (baite montane, comunità rurali, ecc.) possono trarre grandi benefici dalla tecnologia eolica, anche in abbinamento ad altre fonti di energia rinnovabili e/o convenzionali⁶⁸.

“Considerando come oggetto di studio il microeolico, ovvero *i generatori che hanno una potenza non superiore ai 20KW, si può subito sottolineare che non sono tecnologie soggette al VIA (Valutazione di impatto ambientale)*⁶⁹, perché la loro installazione è considerata compatibile con l'ambiente; per l'installazione di questi elementi bisogna consultare esclusivamente i decreti attuativi del 2/01/2009 i cui si stabilisce che gli impianti eolici fino a 60KW possono essere autorizzati con la DIA (Denuncia Inizio Attività), in deroga all'articolo 12 del Dlgs 387 che richiede l'autorizzazione unica. A tal proposito, si può notare come il concetto che le turbine eoliche fino a 60kW debbano essere autorizzate solo con la DIA, non sia ancora stato recepito dalle Regioni, che finora hanno emesso normative diversificate che non tengono conto della realtà tecnologica e della normativa nazionale⁷⁰.

*Gli impianti microeolici sono definiti “urbani”, e sono ideali per l'alimentazione di utenze residenziali, agricole e industriali di piccole-medie dimensioni. L'uso degli aereo generatori di piccola taglia è molto diffuso in USA e Canada, considerati i maggiori produttori di questi impianti. Nel vecchio continente, gli impianti microelici sono diffusi principalmente nel Regno Unito ed in nord Europa. Per quanto riguarda la Cina ed il sud America, l'energia eolica prodotta dagli impianti urbani è la fonte principale di energia per le aziende agricole. Però molti impianti eolici sono ibridi, ovvero associati ad altri impianti di energie rinnovabili, come impianti fotovoltaici o impianti di biomasse”*⁷¹.

La successiva classificazione si effettua in base ai materiali da costruzione delle pale. Sono, sul mercato, presenti in tre differenti materiali:

- 1. poliestere di vetro rinforzato**
- 2. fibre di carbonio (minor frequenza)**
- 3. legno (raro utilizzo)**



Figura 14: differenti tipologie di pale eoliche nei tre differenti materiali in commercio: vetro rinforzato, fibre di carbonio, legno.

⁶⁸ Cfr <http://www.officinaenergetica.com/attivita/energie-rinnovabili/impianti-micro-e-mini-eolici/>

⁶⁹ La Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.) è uno strumento di supporto alle decisioni. Si esplica attraverso una procedura amministrativa finalizzata a valutare la compatibilità ambientale di un'opera in progetto, attraverso un'analisi degli effetti che l'opera stessa esercita sulle componenti ambientali e socio-economiche interessate. La V.I.A. dovrebbe inoltre individuare gli interventi per mitigare e compensare eventuali impatti.

⁷⁰ Cfr http://www.albanesi.it/inchieste/energia_eolica.htm

⁷¹ Cfr Andreolli, F., 2011, “Impianti mini e micro eolici. Guida alla progettazione e realizzazione”, Flaccovio Dario, Palermo, pp. 6- 7.

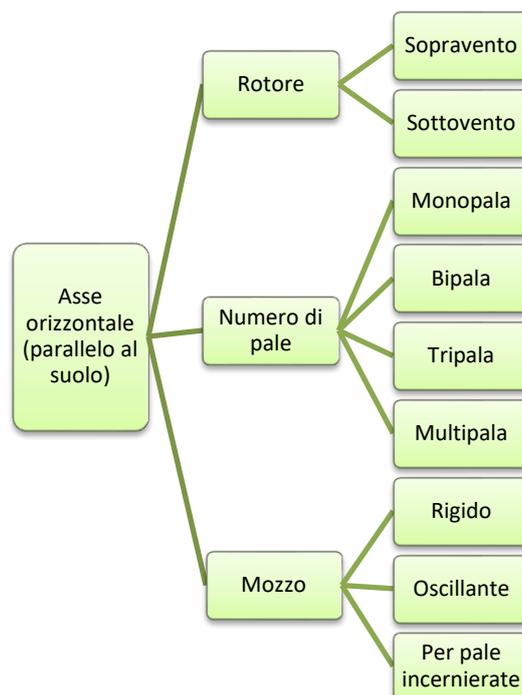
Il materiale da utilizzare per la fabbricazione delle pale è uno dei fattori più rilevanti per la produzione di un impianto eolico poiché le pale, oltre a dover essere resistenti, devono essere molto leggere per diminuire gli stress strutturali che ne accrescono l'usura. Per tale motivo la fibra di vetro è considerata il materiale per eccellenza. Per quanto riguarda l'uso del legno, è poco utilizzato poiché per usare questa tipologia di materiale, il profilo delle pale dovrebbe essere piatto, comportando, di conseguenza, una bassa efficienza della macchina.

6.3.3 Gli impianti microeolici

Durante lo studio degli impianti microeolici, emergono diverse questioni, quali ad esempio la tipologia l'asse di rotazione del rotore degli impianti microeolici. Per tale motivo è importante effettuare una classificazione prende in considerazione tale elemento. Ragion per cui abbiamo:

- turbine ad asse orizzontale o HAWT (*Horizontal Axis Wind Turbine*), con le pale parallele al suolo ;
- turbine ad asse verticale o VAWT (*Vertical Axis Wind Turbine*), con le pale perpendicolari al suolo.

A queste megacategorie si possono aggiungere altre sottocategorie visibili in Fig. 15



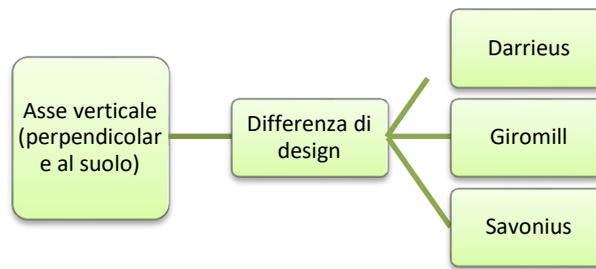


Figura 15: Classificazione microeolica

Per quanto riguarda il microeolico ad asse orizzontale si evincono tre differenti classificazioni che sono dettate dal tipo di rotore, dal numero di pale e dalla tipologia di mozzo. Nel primo caso parliamo di un rotore sottovento che ha la caratteristica di auto allinearsi rispetto al vento, poiché quest'ultimo giunge verso il rotore dalla parte posteriore e permette a quest'ultimo di orientarsi passivamente assecondo le esigenze. Invece quando ci troviamo di fronte un rotore sopravvento, ovvero appartenente alla seconda tipologia di impianto ad asse orizzontale, la macchina eolica è posta secondo la direzione del flusso di vento, così che esso non incontra la torre prima del rotore, ma l'impianto, contrariamente al caso precedente, ha bisogno di un sistema di orientamento per disporsi perpendicolarmente al vento.

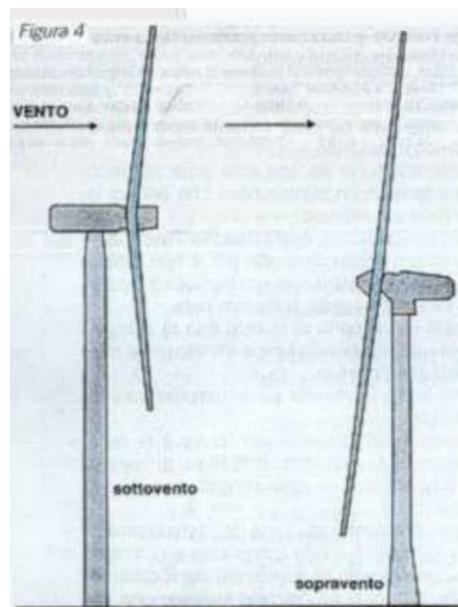


Figura 16 Esempio di pale sopravvento e sottovento (fonte <http://www.energoclub.org/page/aerogeneratori-ad-asse-orizzontale>)

Nella seconda classificazione che si evince dalla tabella, invece, si analizzano le turbine ad asse orizzontale, le quali sono suddivise in base al loro numero di pale. In commercio sono presenti monopala, bipala, tripala e multipala.

Il microeolico monopala è dotato di un contrappeso ed ha un'efficienza molto bassa rispetto ad un microeolico bipala o tripala. La penultima categoria è costituita da due pale montate a

180° l'una rispetto all'altra e con un numero di giri caratteristico di circa 40 RPM; invece l'ultima ha tre pale montate a 120° l'una rispetto all'altra e con numero di giri caratteristico di circa 30 RPM. Quest'ultimo è considerato l'impianto con la configurazione più usata perché è quello che ha il miglior rapporto costi/potenza sviluppato. Quando invece parliamo di aerogeneratori multipala, anche chiamati mulini americani, sono prese in considerazione quelle macchine composte da un numero di pale che varia dalle quindici alle venti ed è caratterizzato da un'elevata solidità.⁷²

Nell'ultima classificazione si mette in risalto la tipologia di mozzo in una turbina eolica, ovvero il componente che connette le pale all'albero principale. Esistono tre differenti tipologie: il mozzo rigido è progettato per mantenere le principali parti che lo costituiscono in posizione fissa rispetto all'albero principale; il mozzo oscillante è utilizzato in quasi tutte le turbine a due pale ed è invece progettato per ridurre i carichi aerodinamici sbilanciati trasmessi all'albero tipici dei rotori bipala; il mozzo per pale incernierate è, per certi versi, una via di mezzo tra i primi due modelli ed è di fatto un mozzo rigido con vincoli a cerniera per le pale ed utilizzato dalle turbine sottovento per ridurre i carichi eccessivi durante i forti venti⁷³.

Per quanto riguarda gli impianti ad asse verticale possono essere suddivisi in tre categorie in base al loro design: l'aerogeneratore Savonius, l'aerogeneratore Darrieus e l'aerogeneratore Giromil. Nel primo caso l'aerogeneratore è formato da due lamiere verticali semi-cilindriche, ed il suo movimento di rotazione è prodotto dal vento che si impatta su uno dei due semi-cilindri e mette in rotazione tutto l'albero. Questa caratteristica dota la macchina di una grande robustezza e consente l'avvio dell'impianto anche alla presenza di venti debolissimi. Il secondo caso è rappresentato da macchine a pale rotanti, progettate dall'ingegnere aeronautico francese, George Darrieus, il quale ottenne il brevetto per la turbina eolica Darrieus formata da profili alari per generare la rotazione. La pala eolica Darrieus sfrutta la potenza creata dal vento sui profili delle ali, dritte o curve, per attivare il generatore. In questo caso non è, però, permesso un avvio spontaneo della macchina ma è necessario prevedere un motore di avviamento ausiliario. L'ultimo caso, ovvero quello dell'aerogeneratore Giromil, è alimentato da due o tre parti aerodinamiche verticali collegate ad un albero centrale con supporti orizzontali. Economico e facile da costruire ma non molto efficiente poiché richiede forti venti (o un motore) per farlo iniziare a ruotare.

⁷² Cfr Pallabazzer, R., 2004, "Sistemi eolici", Rubbettino Editore, Catanzaro, p. 172

⁷³ <http://www.gammaenergy.it/eolico/i-principali-componenti.html>

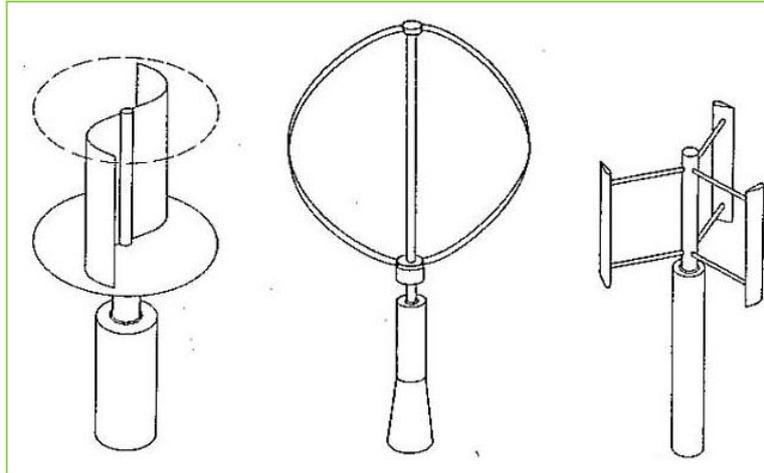


Figura 17: i principali rotori in commercio ad asse verticale: Savonius, Darrieus e Giromil (fonte http://skemman.is/stream/get/1946/19859/45642/1/Margr%C3%A9t_%C3%93sk_%C3%93skarsd%C3%B3ttir.pdf)

Le turbine ad asse verticale ed asse orizzontale presentano vantaggi e svantaggi, le une rispetto alle altre, secondo il seguente schema:

- Vantaggi che hanno le VAWT sulle HAWT:
 - a) minor rumore;
 - b) geometria più compatta;
 - c) economia;
 - d) miglior distribuzione dei carichi;
 - e) costruibilità agevole;
 - f) tecnologia ben collaudata;
 - g) facilità di orientamento;
 - h) Buona trasmissione di energia elettrica al suolo.
- Svantaggi che hanno le Vawt sulle HAWT:
 - a) rese aerodinamiche inferiori;
 - b) superiore vento di cut-in;
 - c) minore efficienza.⁷⁴

⁷⁴ Cfr <https://eolicoefficiente.wordpress.com/2013/08/13/differenze-tra-eolico-ad-asse-verticale-ed-orizzontale/>

6.4. Azioni politiche in Europa ed in Italia: dalla strategia di Europa 2020 alla stipulazione dei Piani energetici Regionali

La politica europea del nuovo millennio è delineata da una profonda crisi nell'ambito sociale, in quello economico e in quello ambientale in relazione ai fattori che sono stati indubbiamente esaminati nella conferenza *sull'Ambiente Umano del 1972*. Per contrastare la suddetta crisi e spinti dalle problematiche ambientali evidenziate dal protocollo di Kyoto del 1997⁷⁵, la Commissione Europea ha lanciato una nuova strategia d'azione, che promuove la sostenibilità e privilegia un'economia a basso consumo: obiettivo questo esplicitato nella strategia decennale che la Commissione Europea ha stipulato, nel marzo del 2007, denominata *Europa 2020* e riassunta in queste parole: "La nuova strategia dovrebbe trasformare l'Unione europea in un'economia intelligente, sostenibile e inclusiva che offre livelli elevati di occupazione, produttività e coesione sociale"⁷⁶. La strategia Europa 2020 ha cinque obiettivi fondamentali da raggiungere entro l'anno prestabilito, ovvero:

- il 75% delle persone di età compresa tra 20 e 64 anni deve avere un lavoro;
- il 3% del PIL dell'UE deve essere investito in ricerca e sviluppo;
- il tasso di abbandono scolastico deve essere inferiore al 10% e almeno il 40% dei giovani (30-34enni) deve essere laureato;
- 20 milioni di persone in meno devono essere a rischio di povertà;
- i traguardi "20-20-20" in materia di clima/energia devono essere raggiunti: riduzione delle emissioni di gas serra, causati dalla produzione di energia con combustibili convenzionali, fino al 20% (o persino al 30%, se le condizioni lo permettono) rispetto al 1990; soddisfacimento del fabbisogno di energia ricavato al 20% da fonti rinnovabili; aumento del 20% dell'efficienza energetica.⁷⁷

Secondo F. Andreolli per raggiungere gli obiettivi del 2020, l'energia eolica dovrà rappresentare almeno il 12% del potenziale produttivo di energia⁷⁸.

Per accompagnare questa strategia, il 30 novembre 2016, l'Unione europea ha stanziato un nuovo pacchetto denominato "Energia pulita per tutti gli europei", che prevede tre obiettivi principali; oltre al già citato incremento dell'efficienza energetica, che si concentrerà soprattutto sull'edilizia con lo scopo di migliorare le prestazioni energetiche di quel 75% di costruzioni che ancora non lo è, l'ambizione è quella di consolidare la leadership europea nell'uso delle fonti rinnovabili, riducendo l'impiego di combustibili fossili, creare un contesto favorevole per i consumatori, attraverso la chiarezza sulle bollette e combattendo la cosiddetta "povertà energetica".⁷⁹

Per far fronte a queste azioni, in Italia sono stati elaborati nuovi Piani Ambientali Energetici Regionali (PAER) che permettessero alle singole regioni di essere in possesso di

⁷⁵ Il protocollo di Kyoto prevedeva l'attuazione di alcuni principi chiave in materia di lotta internazionale ai cambiamenti climatici, focalizzando l'attenzione sulla lotta contro il riscaldamento planetario perché contiene obiettivi vincolanti e quantificati di limitazione e riduzione dei gas ad effetto serra.

⁷⁶ Hoedl, E., 2010, "Europe 2020 Strategy and European Recovery (Strategia Europa 2020 I Europejska Odbudowa)." *Problemy Ekorozwoju-Problems of Sustainable Development* 6.2, pp 11-18.

⁷⁷ <http://www.politicheeuropee.it/attivita/18503/europa-2020>

⁷⁸ Andreolli, F., 2011, "Impianti mini e micro eolici. Guida alla progettazione e realizzazione", Flaccovio Dario, Palermo, pag. 9.

⁷⁹ http://www.repubblica.it/ambiente/2016/11/30/news/la_rivoluzione_dell_energia_pulita_l_ue_stanzia_177_miliardi-153148696/?ref=search

uno strumento per la programmazione e salvaguardia sia ambientale sia energetica. Inoltre il PAER si è dimostrato uno strumento di primario rilievo per la qualificazione e valorizzazione delle funzioni riconosciute alle Regioni e per la composizione dei potenziali conflitti tra Stato, Regioni ed enti locali.

Il compito del piano energetico ambientale della Regione Campania è quello di riprendere gli indirizzi delineati, indicando la strategia complessiva. I cinque pilastri programmatici individuati sono:

- riduzione della domanda energetica tramite l'efficienza e la razionalizzazione, con particolare attenzione verso la domanda pubblica;
- creazione di uno "spazio comune" per la ricerca e il trasferimento tecnologico;
- coordinamento delle politiche di settore e dei relativi finanziamenti;
- diversificazione e decentramento della produzione energetica, con priorità all'uso delle rinnovabili e dei nuovi vettori ad esse associabili.

Questo punto, ovvero l'utilizzo dell'energia proveniente da fonti rinnovabili, si potrebbe configurare come un progredire verso condizioni di soddisfacimento economico ed ambientale per la Campania poiché, secondo i dati del 2010 dell'ISPRA-ENEA- ISTAT, quest'ultima ha emesso in atmosfera 17 milioni di tonnellate di CO₂ ed ha una bolletta energetica del sistema economico più elevata rispetto alla media europea di circa 130 milioni di euro ed un sistema elettrico regionale che vale per consumi circa il 6% di quello nazionale.

Per questo motivo il PAER indica tra gli obiettivi specifici di settore, da intendersi rigorosamente come obiettivi minimi per far fronte ai target indotti dall'Ue per "Europa 2020", i seguenti:

- il raggiungimento di un livello di copertura del fabbisogno elettrico regionale mediante fonti rinnovabili fino al 25% nel 2013, e fino al 35% nel 2020;
- l'incremento dell'apporto complessivo delle fonti rinnovabili al bilancio energetico regionale dall'attuale 4% circa al 12% nel 2013 ed al 17% nel 2020.

Nello specifico, il PAER dovrebbe essere lo strumento principale per il miglioramento della qualità ed il benessere della vita della popolazione, poiché prosegue obiettivi di carattere energetico, socio-economico ed ambientali, considerati fondamentali per la valorizzazione dei luoghi abbandonati incrementando il loro valore.

6.5. Microeolico: opportunità e criticità

Nel caso specifico del sistema di energia alternativa, quale il microeolico, è necessario analizzare gli impatti che esso produce sull'ambiente urbano. Tra i diversi effetti negativi, quelli più importanti sono rappresentati dai seguenti:

- impatto sociale;
- impatto acustico;
- impatto ambientale

Nel primo caso si discute principalmente sul binomio popolazione-fonti di energia rinnovabili. L'installazione di questi nuovi impianti ha avuto sempre un impatto traumatico sugli abitanti del luogo, schiacciata sempre dall'onnipresente sindrome del "NIMBY"⁸⁰.

⁸⁰ NIMBY : Not in my back yard: non nel mio cortile. Fonte: <http://www.nimbyforum.it/>

Questo fenomeno si è diffuso molto negli ultimi anni a causa della scarsa conoscenza delle nuove tecnologie che riguardano il microeolico e poiché considerati un abominio industriale nei confronti del paesaggio. Oltre al problema collegato al NIMBY, l'impatto sociale potrebbe esser causato anche dalla presenza delle ombre prodotte dall'impianto eolico, che sono proiettate o nell'ambiente naturale circostante l'edificio o nelle stanze dell'edificio stesso.

Un altro problema durante l'installazione e la conseguente presenza dell'impianto è l'impatto acustico poiché le pale della turbina ruotano ad una velocità superiore, creando un campo sonoro libero sovrapposto a quello preesistente, creando rumore aggiuntivo nell'etere. Nello specifico di un impianto eolico, per essere a norma di legge (D.P.C.M. del 14.11.1997 ovvero la determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore), non deve superare i 5 dB del livello medio sonoro diurno e i 3dB di quello notturno.

VALORI LIMITE ASSOLUTI DI EMISSIONE		
Leq in dB(A) (art. 3)		
Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento Diurno (6.00/22.00)	Tempi di riferimento Notturno (22.00/6.00)
I aree particolarmente protette	50	40
II aree prevalentemente residenziali	55	45
III aree di tipo misto	60	50
IV aree di intensa attività umana	65	55
V aree prevalentemente industriali	70	60
VI aree esclusivamente industriali	70	70

Figura 18: livelli di rumore ammissibili secondo il D.P.C.M. del 14.11.1997 (fonte:

<http://www.depolzer.it/sito%20studio%20di%20acustica%20de%20polzer/leggi%20acustica/dpr142.htm>)

In caso contrario, l'impianto risulterebbe dannoso alla popolazione dal punto di vista fisiologico e psicologico. Al fine di verificare l'osservanza dei limiti indicati dalla suddetta legge, occorre effettuare rilevamenti fonometrici, prima della realizzazione dell'impianto, per accertare il livello di rumore di fondo.

Successivamente è necessario effettuare rilievi per una previsione dell'alterazione del campo sonoro, alla base delle "torri"⁸¹.

Ultimo, ma non per importanza, è l'impatto ambientale. L'impatto ambientale del microeolico, ovvero il rapporto che nasce tra l'ambiente limitrofo all'impianto e l'impianto stesso, ha elementi in comune con quello dei grandi impianti (notevole occupazione di suolo, impatto visivo, interferenze sulle telecomunicazioni, effetti negativi su fauna e vegetazione, effetti elettromagnetici), poiché interferisce con i medesimi elementi naturali, pur determinando risultati percettivi diversi.⁸² Le varie installazioni eoliche che troviamo lungo i crinali montano-collinari e non solo in quel paesaggio, creano un effetto negativo sui valori paesaggistici e panoramici presenti in quei luoghi. La percezione del paesaggio dipende da

⁸¹ Cfr. Decreto del 10 settembre 2010 : Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili. Pag 32

⁸² Disponibile: http://www.ape.fvg.it/wp-content/uploads/dlm_uploads/2016/03/ADICONS-Micro-eolico.pdf

molteplici fattori, come la profondità, l'ampiezza della veduta, l'illuminazione, l'esposizione, la posizione dell'osservatore, ecc., elementi che contribuiscono in maniera differente alla comprensione degli elementi del paesaggio. La qualità visiva di un paesaggio dipende dall'integrità, dalla rarità dell'ambiente fisico e biologico, dall'espressività e leggibilità dei valori storici e figurativi, e dall'armonia che lega l'uso alla forma del suolo. Occorre quindi tutelare le qualità visive del paesaggio e dell'immagine; attraverso la conservazione delle vedute e dei panorami.

Da qualunque parte si osservi il paesaggio, l'aspetto dei luoghi risulta pesantemente trasformato. Questo è ciò che accade prevalentemente con le turbine di grandi dimensioni. Le microturbine hanno dimensioni notevolmente minori rispetto ai grandi aerogeneratori, conseguentemente necessitano di spazi limitati e sono relativamente poco visibili. D'altra parte, però, sono spesso installate in prossimità delle utenze che possono essere infastidite dalla loro presenza in termini di spazio sottratto ad altri usi, accettabilità dal punto visivo (si tratta di una presenza invasiva con cui convivere anche qualora le turbine siano realizzate in modo da essere piacevoli dal punto di vista estetico), interferenze alle comunicazioni ed effetti elettromagnetici. Pur se quantitativamente non rilevanti questi inconvenienti devono preliminarmente essere messi in conto nello studio di fattibilità del progetto. In Italia, per fronteggiare tale problema, nel febbraio 2001 fu siglato un Protocollo d'Intesa tra ENEL, Federazione Italiana dei Parchi e delle Riserve Naturali, Legambiente e Ministero dell'Ambiente, finalizzato alla sensibilizzazione di Istituzioni, Amministrazioni, Enti Locali e popolazione alla promozione delle FER⁸³ all'interno di piani integrati per lo sviluppo del territori.

Oltre all'impatto visivo che le microturbine hanno sul paesaggio, bisognerebbe considerare anche il grave danno arrecato all'ambiente naturale (biotico e abiotico) intorno ad esso. L'assenza di schermi per evitare interferenze alla direzione ed intensità del vento deve condurre ad una scelta ponderata del modello di turbina e del luogo di installazione. L'inserimento di aerogeneratori, anche se micro, è quindi una questione delicata.

⁸³ Impianti FER: impianti di energia da fonti rinnovabili.

7. Acustica

7.1 Concetto di suono e la legislazione italiana correlata

“Il termine acustica trae origine dal greco acùo (udire) ed indica la scienza che studia il suono. La disciplina si occupa, in senso lato, della generazione, della propagazione e della percezione del suono. Studiata sin dai tempi di Pitagora, è diventata nell’ultimo secolo una scienza che si occupa anche degli ambienti e degli edifici”⁸⁴”. Difatti l’acustica è la scienza che studia il fenomeno del suono intesa come conoscenza della trasmissione di energia attraverso un mezzo elastico, ad esempio l’aria, sotto forma di vibrazioni che raggiungono l’apparato uditivo dell’uomo in cui si crea la sensazione "uditiva" correlata alla natura della vibrazione⁸⁵.

L’acustica è una scienza che risale ai tempi antichi, ma che ha avuto maggiore interesse solo nel XVII secolo, quando fu ritrovato il trattato di Vitruvio, unico reperto storico collegato a questa scienza.

In base alle nostre conoscenze, Vitruvio diede all’architettura il titolo di scienza, ma non si limitò a questo: anzi, la eleva al primato, in quanto contiene praticamente tutte le altre forme di conoscenza. Nella fattispecie, nel libro V, egli esamina la figura dell’architetto, il quale deve avere nozioni di ogni tipo tra cui (ecco che compare per la prima volta) la conoscenza dell’acustica per la costruzione di teatri ed edifici simili. In merito a questo argomento Vitruvio scrive: *“si deve avere cura particolare affinché il sito non sia sordo ma sia un luogo in cui la voce può viaggiare con la massima chiarezza. Ciò può essere conseguito, se si sceglie un sito dove non esistono elementi che generano eco”⁸⁶.*

Quelli di Vitruvio sono i primissimi studi effettuati nel corso degli anni. Se consideriamo gli ultimi decenni, si è assistito, a livello nazionale ed internazionale, ad una crescita esponenziale dell’interesse per le problematiche relative alla qualità dell’acustica poiché è considerata un fattore che contribuisce al benessere dell’uomo.

Ciò che rende l’acustica un elemento nocivo per l’uomo non è il suono che si produce ma il rumore che si può percepire. Dal punto di vista fisico, i due termini, suono e rumore, sono la stessa cosa ma il fattore che rende questi due elementi diversi tra loro è il livello soggettivo di gradevolezza che interessa il suono ed il rumore. Precisando tale concetto, il rumore è un suono che non è gradito ed è considerato un elemento che soggettivamente disturba ~~al~~ l’ascoltatore.

Esaminati i termini che regolano la disciplina dell’acustica si è passati alla conoscenza del rapporto tra acustica e legislazione italiana.

Al fine di ottenere una collaborazione tra il suono e lo spazio che lo ospita, in Italia si è cercato di emanare diverse leggi o decreti che regolano l’inquinamento acustico. Di seguito si riportano le principali:

D.P. C: M. 1 marzo 1991 primo decreto sull’acustica in cui si definisce per la prima volta il concetto di rumore come *qualunque emissione sonora che provochi sull’uomo effetti indesiderati, disturbanti o dannosi o che determini un qualsiasi deterioramento qualitativo*

⁸⁴ www.treccani.it

⁸⁵ In appendice 1 sono presenti i diversi termini collegati all’acustica

⁸⁶ Saccomanno, C., 2014, “L’acustica del teatro romano di Benevento secondo il “De Architectura” di Marco Vitruvio Pollione”

dell'ambiente⁸⁷. In aggiunta si discuteva sui limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e ambiente esterno.

- Legge 447/1995 è la legge quadro sull'inquinamento acustico, in cui vengono analizzate le tematiche riguardanti il rumore, i soggetti volti ad analizzarle e le competenze di Stato, Regione, Provincia e Comuni.
- D.P.C.M. 1997 fissa i livelli acustici ai quali bisogna riferirsi nella redazione di un piano di zonizzazione.
- D.M. 16 Marzo 1998 Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico
- Direttiva 2002/49/CE , Determinazione e gestione del rumore ambientale
- Direttiva 2003/613/CE, Linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità
- Legge Regione Campania 22.12.2004, n. 16, Norme sul governo del territorio Ulteriori direttive disciplinanti l'esercizio delle funzioni delegate in materia di Governo del Territorio ai sensi dell'art. 6 della legge regionale n. 16/04.
- Dlgs 19 agosto 2005 n. 194: attuazione delle direttive 2009/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore (prevenire o ridurre, gli effetti nocivi compreso, il fastidio, dell'esposizione al rumore ambientale).
- Norma UNI 2010 norma sulla classificazione acustica delle unità immobiliari.

Le varie leggi o decreti, emanati negli ultimi anni, hanno sollevato l'attenzione verso questo problema che va considerato di maggiore impatto qualora si tratti di un centro storico dalle dimensioni non elevate. Questo fattore permette di comprendere quanto possa essere complesso inserire un nuovo elemento in tale paesaggio riducendo al minimo i danni acustici sull'ambiente circostante.

7.2 Acustica come fattore di criticità del microeolico

L'inquinamento acustico è considerato un problema rilevante sia per le popolazioni delle grandi città sia per le realtà più piccole presenti nel nostro territorio. Secondo l'articolo 2 della legge quadro 447/95 si definisce inquinamento acustico: "l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi", ovvero l'esposizione di un ambiente chiuso o aperto a fonti sonore di elevata intensità che sono considerate dall'orecchio umano fastidiose⁸⁸ e portatrici di innumerevoli effetti nocivi.

Le fonti di rumore possono essere di diversa natura: in un centro urbano il rumore è causato dall'eccessivo traffico automobilistico e dal continuo rumore provocato dai clacson; invece riferendosi a centri abitati dalle dimensioni ridotte il rumore può nascere dalla presenza di piccole fabbriche nelle vicinanze o da cantieri edili temporanei.

⁸⁷ DPCM 1° Marzo 1991, allegato A- definizioni, fonte: http://www.minambiente.it/sites/default/files/dpcm_01_03_91.pdf

⁸⁸ Il limite massimo di pressione sonora sopportabile dall'orecchio umano si definisce soglia del dolore e corrisponde a suoni di intensità di circa 120 dB, fonte http://www.docente.unicas.it/useruploads/001121/files/igiene_ambientale_3.pdf

Per difendersi da tale fenomeno, come è stato già anticipato nel paragrafo precedente, sono stati emanati diversi decreti legislativi che hanno avuto il compito di prevenire il fenomeno dell'inquinamento, attraverso l'attuazione, da parte dei comuni, delle mappe di zonizzazione acustica o dei relativi piani d'azione. Nel primo caso si esplicitano i livelli di rumore L_{den}^{89} e L_{night}^{90} sul territorio per effetto di tutte le sorgenti sonore in esso presenti. Per quanto riguarda inoltre le azioni da intraprendere, la normativa è da considerare come uno strumento di riprogrammazione strategica e di innovazione per individuare gli interventi e le azioni orientati ad evitare e ridurre il rumore ambientale.

In presenza di impianti eolici si suppone ci sia produzione di rumore. Secondo quanto stabilito dalla legge quadro 447/95, gli impianti di energia rinnovabile a combustibile eolico sono delle "sorgenti sonore fisse"⁹¹ paragonate alle infrastrutture stradali o alle aree adibite ad attività sportive o ricreative.

Quanto dichiarato dalla suddetta legge è stato successivamente modificato con il d.lgs. 17/2/2017, n. 42, in cui, con l'articolo 19, si modifica una parte dell'articolo 3 presente nella vecchia legge quadro che introduce tra le competenze dello Stato : *la determinazione, con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, di concerto con i Ministri dello sviluppo economico, della salute e delle infrastrutture e dei trasporti, dei criteri per la misurazione del rumore emesso dagli impianti eolici e per il contenimento del relativo inquinamento acustico*⁹², in cui si sottolineano i diversi compiti che gli organi dello stato, devono intraprendere affinché l'inquinamento prodotto dagli impianti eolici venga diminuito.

La valutazione dell'impatto acustico prodotto da impianti eolici è una questione complessa poiché ci sono molti elementi che caratterizzano la generazione e propagazione del rumore. Esso nasce dal flusso di aria attorno alle pale, dove si verificano un gran numero di fenomeni fluidodinamici complessi, ognuno dei quali può generare un suono che aumenta con la velocità del rotore. I vari meccanismi di generazione si possono suddividere in tre gruppi:

1. rumore a bassa frequenza: viene generato quando una pala in rotazione incontra carenze di flusso localizzate a causa della torre, quando si ha una variazione della velocità del vento o il vento si diffonde tra le altre pale;
2. rumore del flusso turbolento: dipende dall'incremento della turbolenza atmosferica che si manifesta come forze localizzate o variazioni di pressione sulla pala;
3. rumore del profilo alare: è costituito dal suono generato dal flusso d'aria lungo la superficie del profilo. Questo tipo di suono è tipicamente a banda larga, ma componenti tonali possono verificarsi a causa dello smussamento dei bordi, o dall'azione del flusso d'aria su fessure e buchi⁹³.

Inoltre, quando si parla di rumore prodotto da impianti eolici, bisogna distinguere prima le due differenti macro-categorie di eolico presenti ad oggi, ovvero megaeolico e microeolico, poiché la tipologia di impianto caratterizza la produzione di rumore.

⁸⁹ L_{den} : livello diurno/serale/notturno

⁹⁰ L_{night} : livello notturno

⁹¹ Articolo 2, comma 1, lettera c.

⁹² Articolo 19, comma 4, lettera m-bis.

⁹³ Papa, A., & Mariconte, R., 2011, "Problematiche relative alla valutazione del rumore connesso con gli impianti eolici", in Atti del 38° Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica, pag. 2

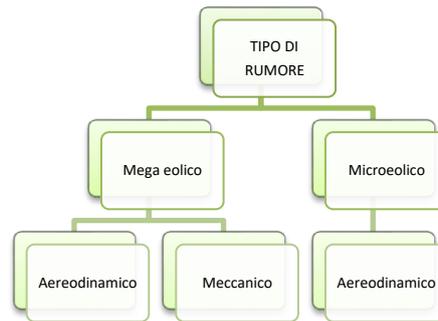


Figura 19: tipologia del rumore prodotto dall'impianto microeolico

Le differenti tipologie di rumore che incontriamo nel caso in esame sono quello meccanico e quello aereodinamico. Nel caso di rumore aerodinamico, ci troviamo ad affrontare un rumore con emissione sonora a banda larga ⁹⁴ che è causato dagli effetti del vento quando si imbatte contro le pale dell'impianto. Per quanto concerne il secondo caso, invece, il rumore tonale ⁹⁵ prodotto, si forma dal movimento delle diverse componenti meccaniche che formano la turbina.

In aggiunta alla classificazione delle due suddette differenti tipologie di rumore e l'origine di esse, è importante considerare un'altra caratteristica del rumore rappresentata dalla quantità di rumore udibile. Questo fattore è legato all'altezza della turbina, considerando che essa influisce in modo inversamente proporzionale rispetto all'emissione sonora dell'impianto. All'aumentare dell'altezza della torre la fonte del rumore viene progressivamente allontanata dal suolo, favorendo così una minor percezione da parte delle persone residenti nei pressi dell'impianto.

Le diverse tipologie di rumore, e come esse siano prodotte, si possono analizzare attraverso delle campagne di misura in loco al fine di definire un metodo o soluzione utile a ridurre l'intensità.

7.3. Eventuali correlazioni tra vento e suono

Le onde sonore, vale a dire le onde in cui *la perturbazione è la variazione di pressione indotta dal corpo vibrante nel mezzo circostante* ⁹⁶, possono essere influenzate dal vento. Gli elementi del suono suscettibili di modificazione sono:

- La velocità;
- L'andamento;
- L'intensità.

In primo luogo, la velocità del vento può essere considerata come elemento che può trasportare il suono più velocemente verso l'uditore. Questo potrebbe essere possibile solo quando entrambi, la velocità del vento e quella del suono, sono uguali tra loro. Per tale motivo questo fenomeno di aumento della velocità del suono con l'ausilio del vento è molto raro, poiché il suono ha una velocità almeno 100 volte maggiore rispetto a quella del vento.

⁹⁴ Rumore a banda larga: tipologia di rumore che occupa una banda di frequenza illimitata.

⁹⁵ Rumore tonale: tipologia di rumore che si organizza intorno ad un punto centrale.

⁹⁶ Cfr http://fisicaondemusica.unimore.it/L_onda_sonora.html

In secondo luogo, in assenza di fenomeni esterni, i raggi sonori sono curvati verso l'alto (figura 20), creando una zona d'ombra con il raggio limite che tocca il terreno. Tale zona è considerata una zona priva di suono.

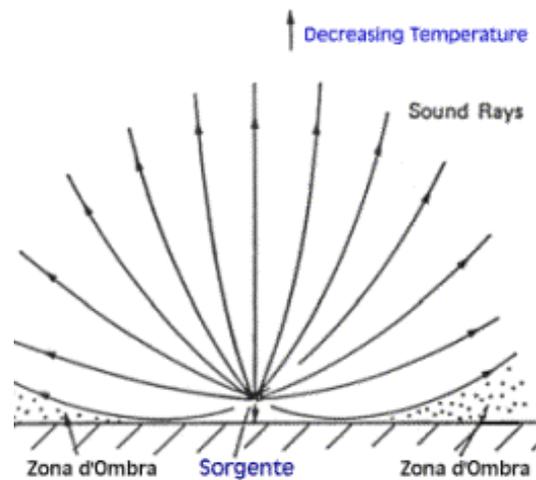


Figura 20: raggi sonori in una situazione normale (fonte: <http://pcfarina.eng.unipr.it/dispense01/gazzola132514/gazzola132514.htm>)

Diversamente dal caso sopra si è discusso, in cui la zona d'ombra dovuta all'assenza di onde sonora sia limitata, nel caso esaminato successivamente (figura 21), l'andamento del suono cambia con la presenza del vento, poiché quest'ultimo può causare una diversa curvatura dei raggi sonori, creando una zona d'ombra sopravvento e una zona in cui il suono "piove" sottovento⁹⁷.

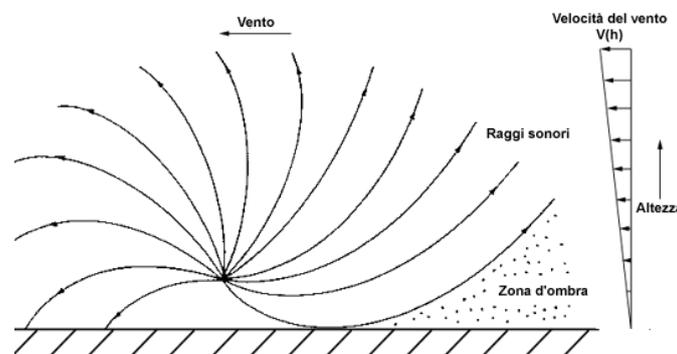


Figura 21: raggi sonori in presenza del vento (fonte: <http://pcfarina.eng.unipr.it/dispense01/gazzola132514/gazzola132514.htm>)

Per quanto riguarda, invece, l'intensità del suono, ma soprattutto del suono quando è fastidioso e quindi un rumore, il vento è considerato un elemento importante. L'uomo, in presenza di una sorgente di rumore, può avere difficoltà di concentrazione o problemi nervosi.

Con la presenza del vento e della vegetazione, il rumore prodotto da elementi esterni può essere attutito indirettamente dall'unione degli elementi elencati inizialmente. Il vento, passando tra il fogliame della vegetazione presente nelle zone limitrofe, può produrre un

⁹⁷ Cfr <http://pcfarina.eng.unipr.it/dispense01/florio130494/florio130494.htm>

suono piacevole che si sovrappone a quello che si suole chiamare rumore. Per tale ragione è importante la presenza di vegetazione in ambienti aperti, ed ancor di più lo diventa in presenza di impianti micro eolici, che possono emettere rumore, come abbiamo visto in alcune circostanze, anche fastidioso, ma che appunto il fruscio della vegetazione vicina può coprire facilmente.

Lo studio dei tre fattori già definiti e cioè velocità, andamento e intensità, ci permette di conoscere gli elementi principali che caratterizzano il suono e di stabilire come essere al corrente della relazione tra vento e suono sia importante in fase di progettazione

8. Integrazione di un sistema microeolico in un centro storico

8.1. Potenzialità di inserimento del microeolico nei centri storici minori: tematiche connesse

Per fronteggiare il difficile problema dell'integrazione, ovvero l'inserimento di un sistema microeolico in centro storico minore, sono stati studiati casi simili, sia dal punto di vista processuale sia dal punto di vista progettuale. Nel caso specifico è stata analizzata l'integrazione di camini in abitazioni storiche. Il primo elemento da considerare per quel che riguarda la canna fumaria è il fatto che non è una costruzione, trattandosi di manufatto che costituisce un semplice accessorio di un impianto (caratteristica comune al microeolico). Il secondo aspetto da contemplare per l'installazione della canna fumaria riguarda l'altezza alla quale deve essere portata (regolata dal d.p.r. n. 412/1993⁹⁸). A questi due aspetti bisogna aggiungere un altro elemento altrettanto importante, ovvero il materiale in cui essa viene costruita (acciaio, mattoni, cemento, pietra). Soffermandomi su quest'ultimo, si evince come uno dei problemi principali che accomuna l'inserimento dell'impianto microeolico e del camino, in un centro storico, è rappresentato dalla difficoltà di integrabilità di questi elementi con l'ambiente circostante. Solo in alcuni casi sembra attuarsi una vera integrazione degli elementi tecnologici, come ad esempio nel Centro Culturale a Rosignano Solvay. Riguardo a quest'edificio, si nota come *la strategia passiva e impiantistica hanno finito per caratterizzare fortemente l'immagine dell'edificio, ampliando, anziché limitando le capacità espressive dell'architettura mediante l'integrazione di elementi tecnologici innovativi e qualificanti*⁹⁹.



Figura 22: Centro Culturale a Rosignano Solvay (fonte: http://www.archiportale.com/news/2015/02/architettura/il-centro-culturale-le-creste-a-rosignano-marittimo_43758_3.html)

Il nuovo impianto tecnologico deve nobilitare l'esistente e considerare l'elemento nuovo come frammento del paesaggio che contribuisce a modificare il paesaggio stesso e al

⁹⁸ Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10.

⁹⁹ <http://www.theplan.it/eng/webzine/the-plan-award-2015/centro-culturale-a-rosignano-solvay#sthash.K906k8wV.dpbs>

contempo a donare nuove espressività. Questa sua integrazione, perciò, è plausibile, poiché, emulando la natura, riesce a confondersi con essa¹⁰⁰.

Al fine di giungere all'obiettivo precedentemente citato, ovvero che l'elemento nuovo deve nobilitare l'esistente, è stato necessario conoscere le problematiche che possono nascere da una possibile integrazione tra i due elementi.

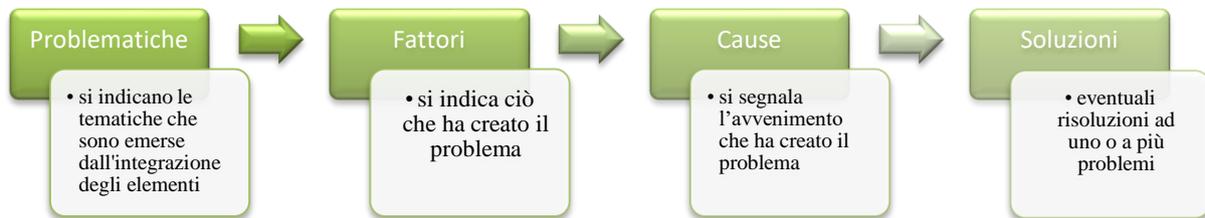


Figura 23: schema delle fasi per giungere ad una possibile soluzione

Lo studio delle diverse problematiche è solo il primo passaggio che si è effettuato, poiché successivamente si sono conosciuti i fattori e le cause, per giungere infine ad una possibile soluzione (vedi figura 23). Questi diversi elementi sono sorti durante lo studio dello stato dell'arte e sono state messe a sistema nella tabella 1.

Problematiche	Fattori	Cause	Soluzioni
Impatto sociale: NIMBY	Posizione dell'impianto	Effetti elettromagnetici (crosstalk)	Pellicola antiradiazione magnetica ¹⁰¹
		Interferenze alle comunicazioni	
Impatto ambientale	Posizione dell'impianto	Case vicine	Posizionare l'impianto sui tetti, così che la turbina non si veda e non produca ombre che possono danneggiare l'utente vicino
		Spazio sottratto ad altri usi	
	Incompatibilità visiva con il paesaggio	Mimetizzazione tramite l'uso del colore	
Danno all'ambiente biotico	Modello di turbina	Modifica habitat della fauna e flora	Minimizzare le modifiche dell'habitat
	Luogo di installazione		Bassa velocità delle pale
			Colorazione pale
Impatto acustico	Posizione dell'impianto	Luogo silenzioso, privo di suoni	

¹⁰⁰ Secondo A. Einstein: ogni cosa che puoi immaginare, la natura l'ha già creata.”

¹⁰¹ Tipologia di pellicola in commercio: sottile Mxene

		Alterazione del campo del flusso atmosferico	
	Velocità	Relazione tra la dimensione del rotore, la velocità del vento e la velocità di rotazione del rotore stesso	

Tabella 1: tabella riassuntiva delle problematiche emerse e delle possibili soluzioni

La prima problematica emersa è quella collegata al fattore del NIMBY creato dallo scorretto posizionamento dell'impianto, causando possibili effetti elettromagnetici (crosstalk) ed interferenze nelle comunicazioni. Come possibile soluzione a questo problema è stata esaminata una ricerca della Drexel University e del Korea Institute of Science & Technology, in cui si è pensato all'ideazione di un nano materiale chiamato MXene, che può contenere la radiazione elettromagnetica e non aumenta lo spessore dell'elemento da ricoprire¹⁰², permettendo così di mantenere inalterata la forma dell'impianto.

L'impianto microeolico è un elemento ad alto impatto ambientale; infatti, dallo stato dell'arte, sono emersi diversi fattori e cause ad esso correlato. I fattori principali si identificano così con lo scorretto posizionamento dell'impianto, già sottolineato, e la presenza di materiali da costruzione non adatti. Al primo fattore sono state associate tutte e tre le cause, mentre al secondo solo una causa. Le cause più comuni sono: la posizione dei fabbricati troppo vicini tra loro, che possono causare una deturpazione paesaggistica; eventuale sottrazione di spazio che potrebbe essere utilizzato per altri scopi; possibile incompatibilità visiva con il paesaggio. Per queste cause sono state trovate soluzioni anche adeguate agli obiettivi della presente ricerca, poiché si può pensare di posizionare l'impianto sui tetti, così che la turbina non si veda e non produca ombre che possano danneggiare l'utente vicino.

Oltre a questa soluzione, ovvero la posizione nascosta della turbina, è possibile pensare alla teoria della mimetizzazione della turbina. Il gioco di mimetici che bisogna effettuare per l'integrazione dell'impianto tecnologico ed il paesaggio stesso, consiste nell'imitare ciò che circonda l'elemento utilizzando del colore, oppure un'altra tecnica definita da Roeland Otten¹⁰³, ovvero nascondere gli elementi brutti che deturpano l'ambiente circostante, ricoprendoli con immagini in buona risoluzione, che permettano l'armonia tra gli elementi.

¹⁰² Cfr. De Agostini, M., 2016, "Stop alle interferenze elettromagnetiche con uno spray . Smartphone e computer potrebbero essere schermati al meglio dalle interferenze elettromagnetiche con un nanomateriale innovativo chiamato MXene.", fonte: <https://www.tomshw.it/stop-alle-interferenze-elettromagnetiche-uno-spray-79948>

¹⁰³ Ideatore del *camouflage* urbano in olanda, in cui le strutture da lui ideate, attraverso l'uso di foto ad alta risoluzione o mosaici che ricreano l'ambiente del quartiere, di fatto scompaiono ai passanti che spesso non si accorgono della loro presenza

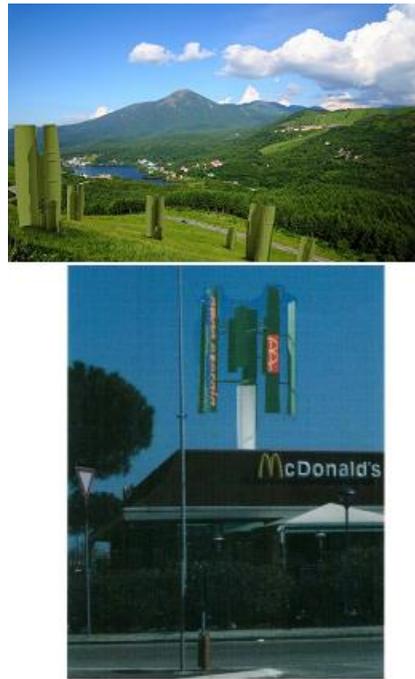


Figura 24: esempi di integrazione di un sistema microeolico

Oltre a questo, però, si potrebbe pensare alla sostituzione dei comuni materiali da costruzione delle pale con un materiale che sia dotato di caratteristiche che armonizzino con il tutto. In quest'ultimo caso, per il cambio di materiale, è importante conoscere il peso della pala. Al fine di garantire la leggerezza fisica bisogna applicare la formula della forza centrifuga:

$$F \text{ (Newton)} = \Omega^2 * r * m$$

Ω = velocità angolare(rad/sec)
 r = raggio (metri)
 m = massa (kg)

Prima di poter applicare la formula della forza centrifuga per conoscere se il materiale è adatto alla costruzione dell'impianto microeolico bisogna conoscere la forma dell'elemento da progettare poiché necessario per conoscerne raggio.

Da non trascurare il danno all'ambiente biotico che le turbine possono provocare a seconda del modello di turbina ed il luogo in cui si pensa di installarla, causando una modifica dell'habitat naturale della fauna e flora presente nel paesaggio in considerazione. Tutto questo potrebbe essere ridimensionato minimizzando le modifiche all'habitat in fase di cantiere e di esercizio; utilizzando aerogeneratori con bassa velocità di rotazione delle pale e/o usando una colorazione delle pale tali da aumentare la percezione del rischio¹⁰⁴.

Oltre alle problematiche analizzate in precedenza, non bisogna dimenticarne una delle più discusse, ovvero la produzione di rumore delle pale eoliche ed il successivo disturbo. Quest'ultima è il fulcro della mia tesi : per tale motivo, in questo paragrafo, e come si può notare dalla tabella 1 descritta in precedenza (in verde le soluzioni, poiché sono ancora in

¹⁰⁴ Andreolini P., Strano, E., "Valutazione di impatto ambientale impianti eolici- regione Puglia", pag. 36.

forma embrionale), sarà approfondita solo una delle possibili soluzioni a tale problema. Torniamo, però, ad esplicitare i fattori e le cause che provocano questo malessere. I primi sono la posizione dell'impianto e la relativa velocità durante la produzione di energia ; invece i secondi si identificano con: la presenza di pochi suoni all'interno del luogo d'interesse, e con l'alterazione del campo del flusso atmosferico. Alla dimensione ridotta del rotore corrisponde una maggiore rotazione rispetto a quelle dei grandi generatori, creando un'alterazione del campo del flusso atmosferico e generando regioni di scie e turbolenze connesse a variazioni di velocità e pressione dell'aria. A questi fattori ed a queste cause, in questa tesi, è stata data una soluzione generica elaborata con la conoscenza dei prodotti in commercio, che ha evidenziato come le pale abbiano emissioni sonore inferiori a 40 dB, livello tutto sommato facilmente sopportabile in ambito urbano, come si evince dalla tabella in figura 25.

Rumore	Percentuale su turbine in commercio
Non percepibile in prossimità della turbina con un vento a velocità di 5 m/s	26
≤ 40 dB in prossimità della turbina con un vento a velocità di 5 m/s	37
> 40 dB ≤ 60 dB in prossimità della turbina con un vento a velocità di 5 m/s	24
> 60 dB ≤ 80 dB in prossimità della turbina con un vento a velocità di 5 m/s	13

Figura 25: emissioni acustiche delle pale e la relativa quantità di distribuzione in commercio (fonte http://cdn-media.ingegneri.info/wp-content/uploads/2015/07/microeolico_2.jpg)

Questa risposta del mercato, ovvero la capacità di progettare dispositivi a rumore così basso è stata una delle migliori strategie di mercato, in quanto è il primo passo che aiuta la collocazione degli impianti eolici lì dove le normative sui decibel sono molto restrittive.

8.2. Metodologia di lettura di un sistema microeolico in un centro storico

Il recupero di un centro storico, come è stato discusso nei paragrafi precedenti , rappresenta un'opera dalle elevate dimensioni, anche a cause dei numerosi ostacoli; uno di questi è il fabbisogno energetico sia inteso come fabbisogno di una famiglia sia come fabbisogno per l'utilizzo urbano.

Ormai molti comuni italiani, per il loro recupero adottano soluzione eco-friendly, vale a dire utilizzare impianti energetici da fonti rinnovabili, come l'energia proveniente da un impianto microeolico.

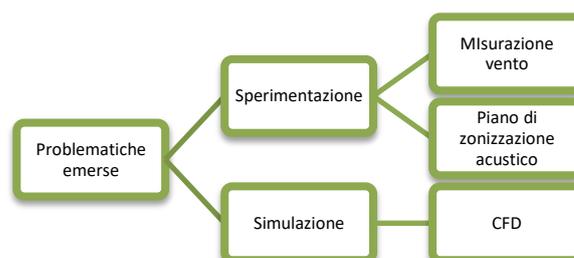


Figura 26: schema esemplificativo, finalizzato alla conoscenza della metodologia di lettura per l'inserimento di un impianto microeolico in un centro storico minore.

All'attuale analisi delle problematiche connesse all'inserimento di un impianto microeolico in un centro storico minore, ovvero alla parte teorica della ricerca, deve conseguire un'analisi più approfondita del luogo, affrontando una parte pratica basata su metodi scientifici che **ei** permette una conoscenza maggiore degli elementi basilari della ricerca.

I metodi che sono stati adottati, tra cui le possibili tecniche per affrontare il problema emerso adattandole alla situazione o ideandone di nuove in base alle specifiche esigenze della ricerca, sono due, ovvero uno tramite la sperimentazione ed uno tramite la simulazione: in tal modo è possibile sapere se il luogo da noi preso come oggetto è adatto alla ricerca specifica della tesi.

Oltre alle verifiche tradizionali del luogo, ovvero con l'acquisizione dei dati tramite la letteratura, saranno effettuati rilevamenti svolti nel luogo di interesse con l'ausilio di strumenti di misurazione scientifica, che permettono la conoscenza approfondita della velocità del vento e dello stato sonoro del luogo.

In aggiunta a questo metodo, verrà attuata la conoscenza tramite simulazioni rese possibili con l'ausilio di software che consentono di ampliare le informazioni sui dati relativi al vento e determinare come la sua velocità possa cambiare in base all'ostacolo che incontra, in particolare in base alla forma di quest'ultima. Il software utilizzato è il CFD, ovvero *computational fluid dynamics*, che attraverso il suo potenziale precedentemente descritto, consente di valutare la potenzialità energetica di una torre microeolica.

III Parte *Applicazione delle
metodologie proposte*

9. Il caso studio: il centro storico di Sant'Arsenio, Vallo del Diano (Salerno)

9.1 Criteri di scelta del caso

Con l'ausilio delle leggi precedentemente elencate ed esaminate, un numero di borghi storici sono stati oggetto di riabilitazione e riqualificazione.

Al fine di contestualizzare la presente ricerca e applicare le metodologie proposte e le soluzioni selezionate, si è definito un ambito di attuazione selezionando un caso-studio; in particolare è stato preso in considerazione uno dei centri storici minori abbandonati in Campania, ovvero Borgo Serrone¹⁰⁵, che conserva intatta la sua originaria struttura e fa parte del Comune di Sant'Arsenio nel Vallo del Diano (in provincia di Salerno).

Nella fase preliminare di ricerca di analisi del luogo da analizzare, si è dedotto che Borgo Serrone poteva essere considerato elemento di interesse poiché era in possesso dei seguenti requisiti basilari:

- valutazione del sito (accessibilità, luoghi di interesse limitrofi ed esposizione ai venti);
- disponibilità dei terreni (verifica delle proprietà o di vincoli);
- stato attuale (popolazione ed edilizia).

Dalle analisi preliminari effettuate è emerso che il borgo si trova in un punto strategico, sia in larga scala, sia in una scala più piccola. Proprio dalla figura 27 si evince che il comune preso in considerazione è facilmente raggiungibile da qualsiasi comune campano con veicoli privati ma non col trasporto pubblico, mentre dalla città di Salerno, il centro storico in esame è raggiungibile anche con mezzi pubblici.

¹⁰⁵ Il significato originario del nome, proprio dei popoli germanici, pare quello di luogo fortificato. In Germania e Francia settentrionale fu designato come b. anche il massimo centro murato, cioè la città. Dal 10° sec. il termine indica due distinti tipi di formazioni territoriali: un aggregato di case nel suburbio o nello spazio tra una più antica cerchia di mura e una nuova difesa (muro o fossato); un centro rurale fortificato anche solo da un fossato. Dal 12° sec., mentre in Germania la parola passava a indicare la rocca feudale, in Italia rimase a indicare nel villaggio fortificato il gruppo delle abitazioni del popolo, contrapposto al castrum o castellum/">castellum, dimora del signore, e distinto dai paesi aperti del contado (vicus, locus, villa, terra).

Gli abitanti del burgus fruivano di una particolare condizione di diritto pubblico, le franchigie. Queste potevano talvolta essere accresciute da speciali concessioni o *da un pratico riconoscimento d'autonomia, arrivando fino alla parificazione del burgus alla città e quindi alla liberazione da ogni vincolo feudale. Le città crearono i b. franchi per contrastare la potenza dei grandi feudatari della campagna, o per guadagnarsi la fedeltà di popolazioni sul confine con città rivali, o per danneggiare altri mercati. Il b. franco d'Italia però non assunse mai tutte le funzioni e l'importanza del corrispondente Freiburg tedesco e del Liber burgus inglese.*

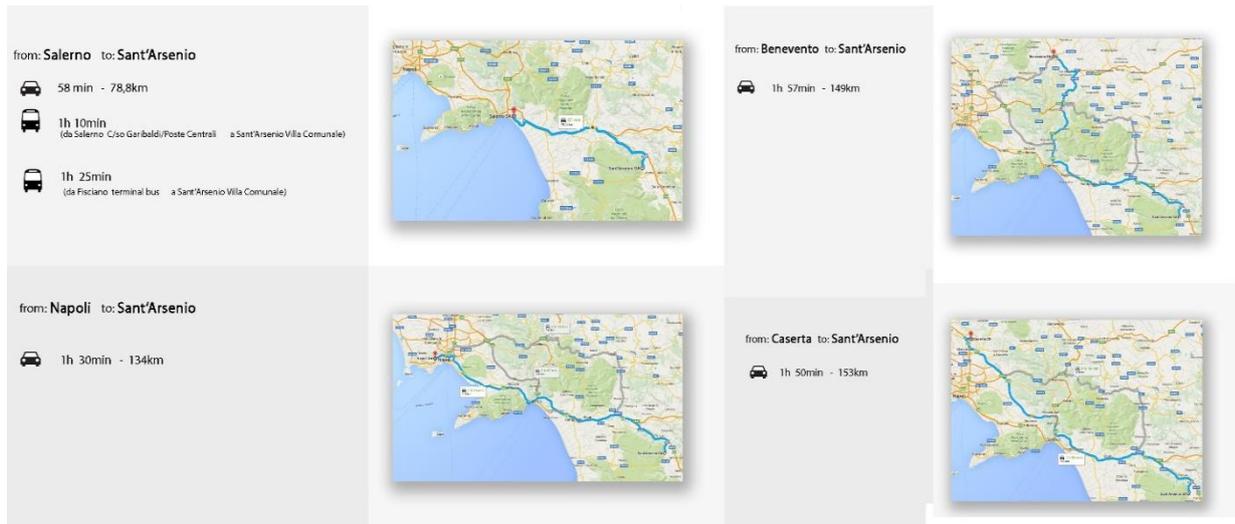


Figura 27: Distanza tra Sant'Arsenio e le principali città in Campania

Passando ad un'analisi a scala ridotta, si nota che Sant'Arsenio è vicina a molti luoghi di interesse, sia naturalistici sia storici. Oltre alla vicinanza di luoghi storici, esso è dotato di tutta una serie di percorsi attrezzati che contribuiscono a rendere apprezzabile la permanenza e la natura che in tutto il suo rigoglio si offre spettacolare soprattutto nelle stagioni della primavera e dell'autunno, allorquando la cromia della vegetazione contrasta con l'azzurro del cielo terso.



Figura 28: quadro generale delle più famose attrazioni presenti nelle vicinanze di Sant'Arsenio

Ma questa non è l'unica caratteristica che ha contribuito alla selezione del Borgo Serrone quale caso studio della tesi.

Collocato in una zona ricca di siti naturali, il borgo è infatti circondato da innumerevoli spazi verdi che partono dal Monte Carmelo, che sovrasta l'intera area d'analisi, fino all'ampia distesa verde situata alle pendici, detta "Lago", dal momento che esso, anticamente, era il fondo di un lago. Questa caratteristica, oltre ad essere un elemento indispensabile per gli spazi liberi disponibili, come vedremo più avanti, è importante poiché essi saranno un elemento importante per la questione acustica dovuta all'installazione dell'eolico,

Ultimo ma non meno importante motivo di selezione di questo luogo è lo stato di abbandono di cui il borgo soffre. Con la bonifica della valle e le nuove costruzioni all'indomani del terremoto del 1857, il borgo cominciò ad essere abbandonato; con il terremoto del 1980, invece, si decretò la chiusura totale delle abitazioni con il definitivo trasferimento della popolazione nella zona valliva.

Questo stato di abbandono è perdurato fino agli inizi degli anni del duemila, allorquando, con l'ausilio delle competenze di riferimento e grazie al desiderio di riappropriarsi delle proprie abitazioni da parte dei cittadini del luogo, borgo Serrone ha cominciato a rivestire un interesse maggiore di recupero così da riabilitare una zona ormai dimenticata.

9.2 La conoscenza

9.2.1. Introduzione

Il comune di Sant'Arsenio fa parte della provincia della città di Salerno e si trova nel Vallo di Diano. Il Vallo di Diano è un fertile altopiano posto a sud della regione Campania al confine con la Basilicata, e fa parte della regione storica della Lucania. Composto da 15 comuni, fa parte della prestigiosa rete delle Riserve della biosfera del Mab-UNESCO¹⁰⁶.

La zona è considerata ricca dal punto di vista culturale poiché presenta tracce di occupazione umana risalenti al Paleolitico ma anche per le innumerevoli testimonianze archeologiche e storiche di diverse civiltà successive al suddetto periodo.

Dal punto di vista floristico, il luogo in analisi è caratterizzato da innumerevoli specie arboree come ad esempio sempreverdi sclerofille forestali, scrub o boschi.¹⁰⁷

9.2.2 La storia di Sant'Arsenio

Sant'Arsenio deve sia l'agionimo sia la fondazione ai monaci italo-greci (VIII-IX sec). Nel corso degli anni Sant'Arsenio ha conosciuto diverse dominazioni a partire dal IX secolo, in cui il Casale di Sant'Arsenio fu dominato dal Castaldato di Diano e divenne parte dello Stato di Diano. La sua situazione rimase immutata fino al XVII secolo, quando il casale, come tutto il Regno di Napoli, conobbe l'imperiosa depressione fiscale imposta dal vice Regno. Terminata la crisi fiscale, il '700, portò sia l'incremento demografico sia l'implementazione delle arti e dei mestieri, facendo di Sant'Arsenio una fucina di maestri d'ascia ed ebanisti, di artigiani ed artisti; nel mentre si andava implementando sempre più l'urbanizzazione civile ed ecclesiastica. Mentre il 700 è considerato periodo di splendore per la zona, l'800 è ricordato come il ritorno degli stenti e dei sacrifici. Pur di scampare alla fame, la popolazione locale suo malgrado dovette emigrare verso le Americhe o arruolarsi nel Regio Esercito, mentre donne e bambini dovettero dedicarsi, in loco, ai lavori della campagna e delle masserie.

¹⁰⁶ Il Programma "Uomo e Biosfera" – Man and the Biosphere Programme (MAB) – nasce nel 1971 nel corso della 16° Conferenza Generale UNESCO come programma intergovernativo volto a fornire basi scientifiche alle azioni di impulso all'uso sostenibile e razionale, oltre che alla conservazione, delle risorse della cosiddetta "biosfera", incoraggiando, allo stesso tempo, formule equilibrate di gestione nel rapporto uomo/ambiente a livello globale. Tra le sue finalità rientrano, in particolare: la promozione della cooperazione scientifica, la ricerca interdisciplinare per la tutela delle risorse naturali, la gestione degli ecosistemi naturali e urbani, l'istituzione di parchi, riserve ed aree naturali protette. Fonte:

<http://www.minambiente.it/pagina/il-programma-uomo-e-biosfera-mab>
¹⁰⁷ Cfr <http://www.unesco.org/mabdb/br/brdir/directory/biores.asp?mode=gen&code=ITA+04>

Per quanto riguarda la storia antica della parte più antica di Sant'Arzenio, ovvero il nucleo abitativo di borgo "Serrone", bisogna iniziare esaminando l'origine del suo nome. La sua nomenclatura greca indica l'inaccessibilità del luogo, che chiarisce la morfologia del luogo "serrato" tra le colline; il piccolo insediamento urbano tra il 500 ed il 700 conobbe il suo massimo sviluppo al punto di divenire un modello insediativo unico ed esemplare nell'intero contesto urbanistico valligiano sia per le sue caratteristiche architettoniche sia per le tipologie rurali adottate. Esso è costituito da una serie di Chiese e cappelle che presentano interessanti portali di ingresso in pietra e sono databili tra il '600 e il '700, nonché da un complesso di antichi palazzi signorili.¹⁰⁸

Passeggiando lungo le scalinate litiche che collegano Sant'Arzenio ed il borgo preso in esame, è possibile osservare dei manufatti edilizi interessanti sia da un punto di vista urbanistico sia stilistico-architettonico. Per lo più prevale la tipologia edilizia rurale, con utilizzo dei locali inferiori come luogo di ricovero degli animali e superiori per l'abitazione vera e propria. L'intero tessuto arcaico è costituito da una serie di case edificate sulla nuda roccia, con solai tradizionali in legno e copertura a doppia falda. Caratteristica forte di queste abitazioni è costituita dai portali d'ingresso in pietra locale, arricchiti da chiavi di volta a motivi araldici, floreali, animali, vegetali o semplici incisioni, come ad esempio le iniziali dei proprietari (figura 27).

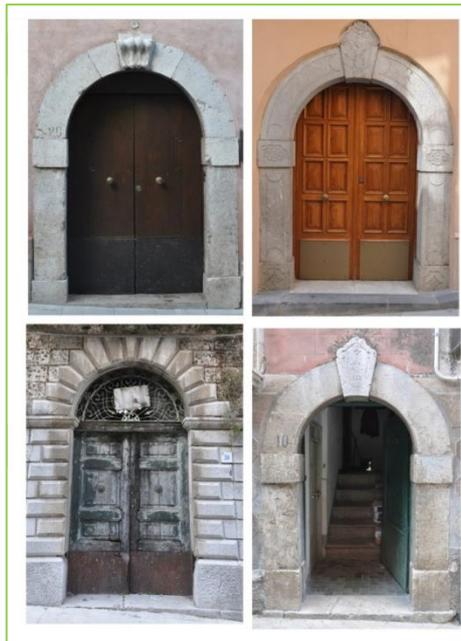


Figura 29: Esempio di differenti tipologie di portoni storici presenti lungo le strade del borgo.

9.1.2 Il clima

Con il termine clima si definisce un elemento dinamico che ha lo scopo di garantire l'equilibrio energetico dei vari sistemi che lo compongono (vale a dire l'atmosfera, gli oceani e le terre emerse) e implicandone un cambiamento ambientale. Per tale motivo, la conoscenza delle risorse climatiche del luogo permette di poter ideare una progettazione bioclimatica che

¹⁰⁸ Cfr. <http://www.comune.santarsenio.sa.it/pagina-8.html>

consente di ridurre l'uso di risorse primarie da combustibili fossili e aiuta a migliorare il benessere ed il comfort ambientale interno per chi usufruisce del manufatto.

I fattori che influenzano il clima sono differenti, a partire dalla latitudine e longitudine del luogo, che influenzano soprattutto le escursioni termiche poiché esse determinano gli orari di alba e tramonto, ma anche la distanza che intercorre tra quest'ultimo e il mare¹⁰⁹. La località presa in esame ha la longitudine di 15.4827°, la latitudine 40.4723° e l'altitudine 450 metri s.l.m.. Ciò comporta che Sant'Arzenio sia caratterizzato da un clima caldo e temperato di inverno con molta piovosità rispetto all'estate.

Questa sua caratteristica climatica e l'analisi di ulteriori dati climatici relativi a quelli della stazione meteo più vicina al borgo, ovvero quella di Palinuro, si è evinto che la zona climatica di riferimento è la D ($1440 < GG^{110} < 2100$) in accordo al Decreto del presidente della Repubblica n. 412 del 26 agosto 1993¹¹¹, che ha suddiviso il territorio nazionale in sei zone climatiche differenti in funzione dei gradi-giorno¹¹².

CAPO PALINURO (SA) 185 m. s.l.m. (a.s.l.)											
TEMPERATURE											
MM	Tm	Tx 1d	Tx 2d	Tx 3d	Txm	Tn 1d	Tn 2d	Tn 3d	Tnm	Tx P85-15	Tn P85-15
Gen(Jan)	10.5	13.3	13.4	13.2	13.3	7.8	7.8	7.7	7.8	4.6	5.6
Feb(Feb)	10.2	13.4	13.1	13.4	13.3	7.4	7.1	7.0	7.2	5.0	6.0
Mar(Mar)	11.7	14.0	14.7	16.0	14.9	7.7	8.3	9.4	8.5	5.4	5.6
Apr(Apr)	13.8	16.9	16.6	18.2	17.2	10.3	9.7	11.2	10.4	5.4	4.6
Mag(May)	17.9	20.0	21.4	22.9	21.5	13.0	14.3	15.5	14.3	6.2	5.0
Giu(Jun)	21.7	24.5	25.3	26.6	25.5	17.0	17.7	18.8	17.9	5.0	4.8
Lug(Jul)	24.4	27.6	28.2	29.1	28.3	19.8	20.6	21.2	20.6	3.8	4.2
Ago(Aug)	25.0	29.5	29.1	28.1	28.9	21.8	21.5	20.3	21.2	3.8	4.4
Set(Sep)	22.3	26.9	26.2	24.9	26.0	19.2	18.7	17.6	18.5	4.8	5.2
Ott(Oct)	18.6	23.2	22.4	20.3	21.9	16.4	15.8	13.9	15.3	5.6	6.0
Nov(Nov)	14.4	19.1	17.4	15.7	17.4	12.9	11.4	9.8	11.4	5.2	6.2
Dic(Dec)	11.7	14.8	14.6	13.9	14.4	9.0	9.2	8.6	8.9	4.4	5.6

MM	NgTn ≤ 0	NgTn ≤ -5	NgTx ≥ 25	NgTx ≥ 30	GrGi > 0	GrGi > 5	GrGi 18	Txx	An Tx	Tnn	An Tn
Gen(Jan)	0.3	0.0	0.0	0.0	328	172	233	19.6	1994	-0.8	1985
Feb(Feb)	0.1	0.0	0.0	0.0	288	148	218	23.4	1977	-0.2	1983
Mar(Mar)	0.2	0.0	0.0	0.0	368	211	198	26.2	1994	0.4	1987
Apr(Apr)	0.0	0.0	0.3	0.0	421	269	129	28.4	1971	3.8	1973
Mag(May)	0.0	0.0	4.3	0.0	565	407	35	33.4	1973	8.0	1992
Giu(Jun)	0.0	0.0	17.9	1.6	651	501	1	36.4	1982	11.4	1976
Lug(Jul)	0.0	0.0	30.2	5.7	766	609	0	38.4	1988	14.6	1978
Ago(Aug)	0.0	0.0	29.9	9.2	772	618	0	37.6	1999	13.4	1977
Set(Sep)	0.0	0.0	21.5	1.4	676	524	2	34.0	1994	9.2	1977
Ott(Oct)	0.0	0.0	4.3	0.0	574	420	24	30.8	1990	6.0	1997
Nov(Nov)	0.0	0.0	0.2	0.0	416	271	107	27.4	1992	2.4	1981
Dic(Dec)	0.0	0.0	0.0	0.0	348	199	190	22.8	1989	0.4	1980

Tabella 2: Informazioni climatiche (fonte: <http://www.clima.meteoam.it>)

¹⁰⁹ <http://www.architettura.unina2.it/docenti/areaprivata/43/documenti/il%20progetto%20ecocompatibile.pdf>

¹¹⁰ GG grado-giorno è una unità di misura atta ad indicare il fabbisogno termico e vengono rilevati nel periodo di riscaldamento convenzionale e rappresenta la somma, estesa a tutti i giorni del periodo annuale convenzionale, delle differenze positive o negative giornaliere tra la temperatura convenzionale, fissata in Italia a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera.

¹¹¹ Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10

¹¹² Le zone climatiche servono per stabilire la durata giornaliera di attivazione ed i periodi di accensione degli impianti termici, con lo scopo di contenere i consumi di energia ed abbiamo le seguenti zone

Zona A: comuni che presentano un numero di gradi-giorno non superiore a 600;

Zona B: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 600 e non superiore a 900;

Zona C: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 900 e non superiore a 1.400;

Zona D: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 1.400 e non superiore a 2.100;

Zona E: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 2.100 e non superiore a 3.000;

Zona F: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 3.000.

Parte rilevante dell'analisi climatica, oltre allo studio della relativa posizione geografica e cosa esso comporta, sono:

- L'analisi del verde;
- L'analisi del vento.

Come ben noto, il verde e la sua presenza permettono di mitigare gli effetti negativi delle variazioni climatiche, ad esempio la presenza di foreste che assorbono l'anidride carbonica che l'uomo produce e prevengono l'erosione del suolo. Per questo è stata eseguita un'analisi del verde presente nel comune di studio e la zona circostante.

Dall'analisi del verde del luogo nella zona che appartiene al parco del Cilento, si evince la forte presenza di piante di latifoglie come le querce, i carpini, i faggi ed i pioppi. Invece, all'interno di Sant'Arsenio, è possibile trovare la *Vitis vinifera*, nota anche come vite europea. In ultimo, le zone isolate o incolte del paese¹¹³ presentano la *Castanea sativa* Mill (castagno) originario dell'Europa meridionale, Nord Africa e Asia occidentale.

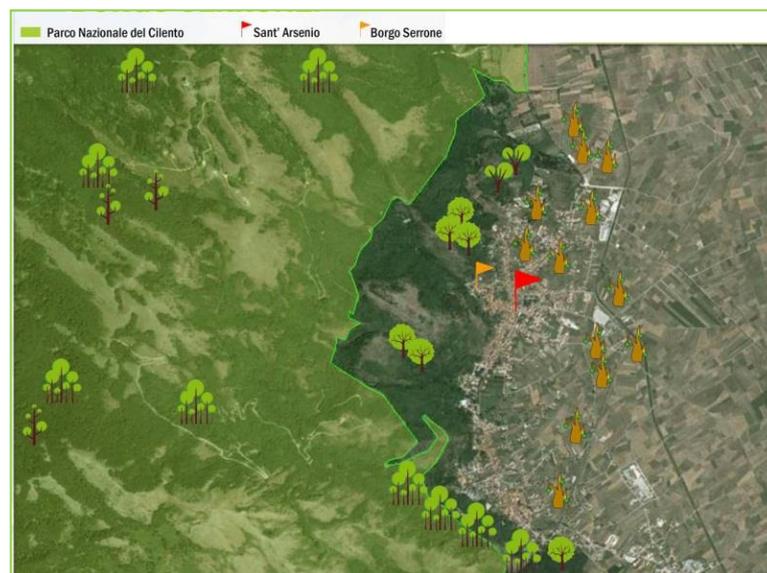


Figura 30 : Analisi del verde presente nel sito di studio

Per quanto riguarda l'analisi dei venti, che nascono dalle differenze di pressione presenti nell'atmosfera, sono stati affrontati due differenti livelli di studio. In questo paragrafo sarà esposto lo studio generico del luogo, mediante lo studio delle mappe presenti nell'Atlante. Le mappe eoliche rappresentano la velocità annua nelle varie zone del territorio italiano e sono analizzate secondo quattro differenti altezze rispetto al livello del mare (a 25 m, a 50m, a 75, a 100 m).

¹¹³ Cfr. <http://www.agraria.org/coltivazioniarboree/castagno.htm>

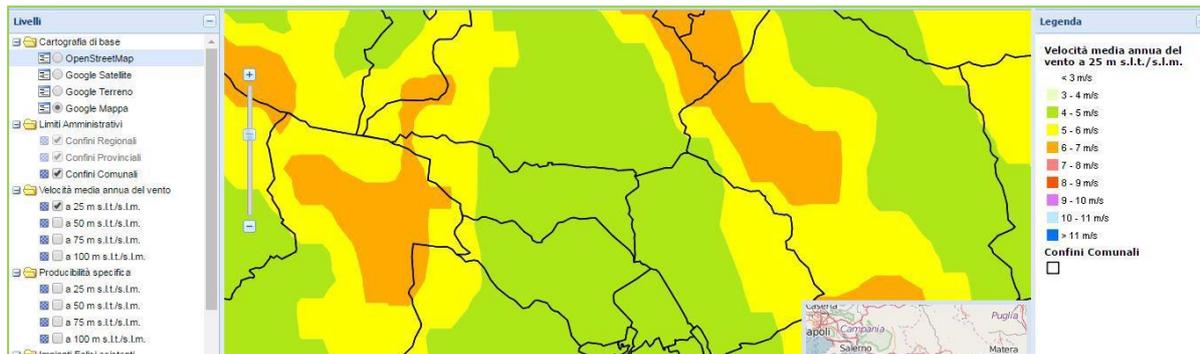


Figura 31: Mapa eolica della zona di studio (fonte: <http://www.atlanteeolico.it/>)

Nel caso del presente studio, è stata analizzata la mappa all'altezza di 225 m s.l.m. e si è evinto che la velocità dei venti presenti è di circa 4-5 m/s.

I venti prevalenti nel Borgo sono la Tramontana e lo Scirocco. Nel primo caso, il vento prevalente è invernale e proveniente da Nord, nel secondo caso il vento è estivo e proviene da Sud. La speciale orografia del luogo fa sì che il vento proveniente da nord si incanali nella valle generando il fenomeno di depressione orografica. La direzione del vento è parallela alla depressione e questo produce un aumento della velocità lungo le pendici ed un effetto vorticoso all'interno del borgo. Privo di ostacoli, lo Scirocco, anche se inizialmente molto caldo poiché proveniente con le caratteristiche di caldo e umido.

9.2.4 Strumenti urbanistici vigenti in zona

Ogni comune necessita dei piani urbanistici corrispondenti alla identità del luogo, ovvero degli strumenti che contengono gli elementi necessari per la trasformazione e al contempo la tutela del territorio. Il piano urbanistico ha carattere tecnico e non politico, viene applicato su un periodo lungo e la sua approvazione è un atto amministrativo.

Nel caso di Sant'Arzenio sono vigenti i seguenti piani urbanistici:

- il Piano Regolatore;
- il Piano Urbanistico Attuativo;
- il Piano di Assetto Idrogeologico.

Il Piano Regolatore di Sant'Arzenio è stato redatto nel 1999 e poi aggiornato nell'ottobre del 2002. Con riferimento al documento in esame, nella prima parte sono state esaminate le trasformazioni del Comune, attraverso un'attenta analisi del territorio, e le attività edilizie che si possono compiere a Sant'Arzenio. Nello specifico, in tale strumento urbanistico, è stato esaminato lo sviluppo ed il cambiamento degli abitanti del territorio, partendo dal censimento della popolazione stessa correlata ai loro fabbisogni e, successivamente, sono stati inseriti anche quelli relativi ai possibili turisti interessati al luogo. Nello stesso documento, troviamo di seguito un'analisi delle attività commerciali ed industriali e le varie tipologie abitative presenti nel comune. Queste analisi hanno il fine di aiutare sia il singolo cittadino sia l'amministrazione di Sant'Arzenio per determinare delle specifiche norme tecniche di attuazione.

Il piano urbanistico attuativo è stato approvato con il Decreto del Sindaco del luglio 2005, considerato come approfondimento tecnico del PRG ed ha il compito di lottizzare le nuove

aree e completare l'edificazione nelle zone di espansione. Nel caso specifico di Sant'Arsenio l'area di Piano è ripartita in zone omogenee le cui destinazioni sono le seguenti:

- D1 – Produttivo industriale mq 25.446,00 con n. 6 lotti da assegnare;
- D2 – Produttivo Commerciale mq 46.931,00 con n. 10 lotti oltre un lotto già edificato;
- T – Terziario mq 5.945,00 con n. 1 lotto;
- C.T. Turistico alberghiero mq 7.945,00 con n. 1 lotto; Inoltre, sono previsti:
- Rete viaria per circa ha. 1,20 complessiva;
- Verde pubblico e parcheggi per circa ha 5,15.

Per ciascuna delle zone in cui è ripartita l'area del Piano, le Norme di Attuazione disciplinano l'uso del suolo, definendo e specificando le destinazioni d'uso ammesse e precisando o limitando, ove necessario, le categorie d'intervento consentite. Per ciascuna delle zone vengono indicati i valori degli indici e dei parametri di carattere limitativo o prescrittivo che ne regolano l'edificazione ed in generale la trasformazione e le modalità di utilizzazione dei lotti.

Il Piano Di Assetto Idrogeologico è lo strumento che permette la conoscenza delle zone a rischio idrologico con le relative misure di salvaguardia. Nel caso di Sant'Arsenio abbiamo due diversi piani: il primo redatto agli inizi del nuovo millennio; il secondo elaborato a circa 10 anni di distanza dalla definitiva adozione del primo Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico. *Questo nuova adozione è stata considerata necessaria per i cambiamenti che il territorio ha subito in questi anni, ed essa tiene conto dei seguenti elementi :*

- *proposte di ripermetrazione, già approvate dal Comitato Istituzionale, corredate da studi specifici, indagini ed elementi informativi a scala di maggior dettaglio;*
- *nuovi dissesti avvenuti, i quali hanno modificato il quadro della pericolosità idrogeologica;*
- *aggiornamento delle conoscenze in campo scientifico e tecnologico;*
- *nuove acquisizioni di dati relativi all'espansione urbanistica avvenuta dopo l'adozione del PSAI 2001;*
- *variazioni relative alle condizioni di rischio o di pericolo derivanti da nuovi eventi o interventi strutturali di messa in sicurezza;*
- *modificazioni di tipo agrario-forestale avvenute sui versanti, anche a seguito di incendi su grandi estensioni boschive¹¹⁴.*

¹¹⁴ <http://www.comune.santarsenio.sa.it/sezione-18.html>

10. Sperimentazioni

10.1 Proposte e strategie di sperimentazione

Per una possibile integrazione tra l'impianto microeolico e un centro storico minore, saranno effettuate diverse analisi, su vari livelli, al fine di raggiungere soluzioni sostenibili e rispettose del paesaggio.

Come abbiamo visto dallo stato dell'arte degli elementi che compongono la ricerca, è emerso che lo strumento più importante per un'adeguata ¹² installazione dell'impianto microeolico è la conoscenza del luogo. Proprio per tale motivo, la scelta del caso studio è considerata come il passo principale.

Per la possibile installazione di un aereogeneratore microeolico in un centro storico minore, ad esempio Sant'Arsenio, due elementi sono considerati fondamentali; il primo è il vento, perché senza di esso l'impianto non funzionerebbe; il secondo è lo stato acustico del luogo.

La sola lettura della mappa eolica della zona del Vallo di Diano, non ci permette di conoscere la velocità dettagliata del vento, pertanto, non ci permette di conoscere accuratamente le caratteristiche ventose del luogo.

Esaminando l'aspetto acustico, invece, è necessario esaminare, ed in alcuni casi redigere, un piano di zonizzazione acustica del luogo, destinato sia a conoscere le sorgenti sonore esistenti, poiché, come ben sappiamo, la presenza di un impianto microeolico in un centro storico minore abbandonato potrebbe produrre eccessivo rumore per il luogo; sia a definire le soglie di comfort in relazione alle attività e destinazioni d'uso, dipendenti dalle esigenze specifiche dell'utenza.

Allo scopo di ottenere maggiori informazioni per l'installazione dell'impianto microeolico in Sant'Arsenio sono state effettuate sperimentazioni in loco tramite strumenti di misurazione scientifica, che hanno permesso di avere una maggiore conoscenza dei due aspetti fondamentali precedentemente descritti, ovvero la presenza del vento e del suono.

Relativamente a questa tipologia di studio sono state quindi effettuate analisi sperimentali sulla presenza del vento secondo studi eseguiti in collaborazione con gli architetti del GAV ed effettuati con l'ausilio di un anemometro. Successivamente, viene svolta un'analisi sperimentale dell'acustica del luogo con l'ausilio di un *App* che mostra il valore in Decibel di ciò che vogliamo misurare, permettendoci di conoscere quale sarà la situazione acustica del luogo.

10.2 Azioni in campo e risultati

L'analisi del vento ha previsto la stima della velocità media e la frequenza di quest'ultimo, ad altezze dal suolo prefissate. Le misurazioni sono state effettuate in prossimità del monte Carmelo ed hanno studiato l'intensità del vento, espressa in m/sec, con l'ausilio di un anemometro. L'anemometro, dal greco *anemos* = vento, è formato da tre o quattro coppette fissate su un asse rotante, che vengono fatte girare dal vento. La rotazione, proporzionale alla forza del vento, viene registrata da un contagiri e convertita in velocità.

	Wind Speed m/sec	Power W/mq	Hours Hrs	Relative Frequency
October	< 4	****	260	48,59
	4.0	36	57	10,65
November	5.0	70	66	12,33
	< 4	****	325	45,13
December	4.0	36	101	14,02
	5.0	70	91	12,63
January	< 4	****	341	45,83
	4.0	36	84	11,29
February	5.0	70	58	7,79
	< 4	****	498	66,93
February	4.0	36	69	9,27
	5.0	70	39	5,24
February	< 4	****	303	55,8
	4.0	36	76	13,99
	5.0	70	57	10,49

Tabella 3: risultati emersi dallo studio del vento

Gli studi sono stati effettuati nel periodo autunno/ inverno ed è emerso che i venti con una velocità minore ai 4 m/sec hanno una frequenza di circa 345 h, fattore molto importante perché molti impianti microeolici moderni iniziano la loro attività con una velocità del vento di circa 3 m/sec.

Importante notare anche che la zona in considerazione ha una presenza del vento a $\dot{\geq}$ 4 m/sec di circa 78 h, elemento importante se si considerano impianti che hanno bisogno di questa intensità di velocità per la partenza.

L'altro fattore importante ai fini della ricerca è lo stato acustico del luogo. Per conoscere la situazione acustica del luogo un team di rilevazione (sotto la sovrintendenza della sottoscritta e su indicazioni del correlatore prof. Iannace) ha effettuato diverse tipologie di indagini, collegate tra di loro.

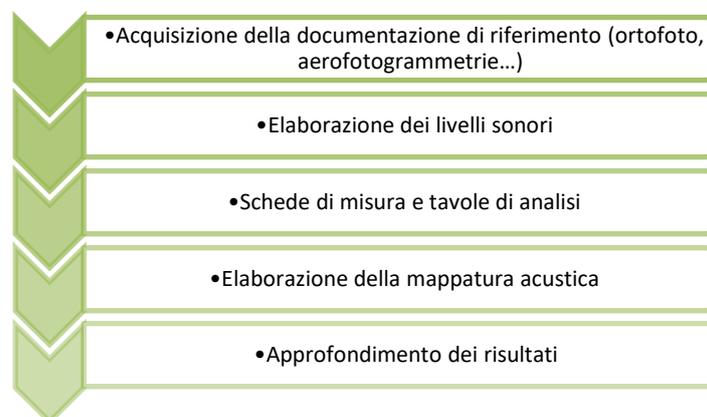


Figura 32: sintesi delle azioni svolte per l'elaborazione del piano di zonizzazione acustico

Analisi preliminare propedeutica alla conoscenza del Piano di Zonizzazione Acustica, è stata la ricerca di una planimetria aerofotogrammetrica, che ci permettesse di conoscere il luogo e la sua morfologia.

Nella aerofotogrammetria presa in esame, sono state evidenziate le maggiori fonti di rumore, partendo dai collegamenti autostradali fino a quelli urbani, esaminando gli edifici residenziali e quelli di minore importanza, concludendo con la ricerca del verde, sia quello boschivo sia quello incolto.

Come si evince dalla figura 33, ovvero l'aerofotogrammetria tratta dal geo-portale della regione Campania, a ridosso del borgo, nella zona ovest, troviamo la zona del parco del Vallo di Diano, considerato una zona dalla bassa presenza di rumore. Nella zona sono presenti numerosi edifici residenziali collegati tra loro da una rete stradale secondaria, mentre solo nella parte più esterna della cittadina, troviamo una strada extraurbana che collega Sant'Arzenio alla linea autostradale.



Figura 33: Aerofotogrammetria di Sant'Arzenio

Il passo successivo per la descrizione del clima acustico del territorio comunale è stato effettuare delle misurazioni in situ di singole zone, considerate dal team, come punto di maggiore interesse. Ad ogni punto rilevato sono stati associati dei dati fondamentali per l'analisi, quali:

- Foto del luogo;
- Livello medio sonoro;
- Traffico automobilistico e motociclistico.



Figura 34: esempio di dati rilevati

Il livello sonoro rilevato è stato misurato tramite un'App da utilizzare su uno Smartphone, chiamata Fonometro (Sound Meter). Il Fonometro (o SPL) è un'App che mostra un valore di decibel per ciascuna delle misure del rumore ambientale che si vuole conoscere in particolare :

- Misurazione dei decibel per ogni manometro;
- Visualizzazione di: minuti; media; valori massimi di decibel;
- Visualizzazione grafica dei decibel;
- Calibrazione dei decibel per ogni dispositivo.

La conoscenza del livello sonoro nei diversi punti di interesse, in diversi orari del giorno, ci ha permesso di elaborare un piano di zonizzazione ma soprattutto di rilevare lo stato acustico del borgo.



Figura 35:elaborato grafico delle analisi e del successivo piano di zonizzazione acustico

Analizzati i risultati si è evinto che il borgo appartiene alla classe I della tabella dei limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi ¹¹⁵, ovvero è un'area particolarmente protetta e che rientra nelle zone nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione. Poiché nella zona di sant'Arsenio i mezzi di trasporto sono più frequenti rispetto a quelli presenti nella zona del borgo in esame e si arriva ad una media di circa 60 dB, il suo territorio fa riferimento alla classe III della tabella dei limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi.

¹¹⁵ La legge quadro 447/95 costituisce il riferimento normativo di base per la valutazione dell'inquinamento acustico ambientale

11. Simulazioni

11.1 Selezione della metodologia di simulazione

Allo scopo di analizzare sezioni di spazi architettonici a grande scala o in possesso di un range maggiore di parametri in termini di quantità, sia dal punto di vista spaziale sia dal punto di vista temporale, è necessario effettuare una simulazione, con l'ausilio di software, della realtà complessa che abbiamo di fronte.

Secondo quanto analizzato nei capitoli precedenti, nel corso dello studio dello stato dell'arte degli elementi che compongono la mia ricerca, sono emerse diverse criticità durante la procedura di inserimento e le successive fasi di esercizio di un impianto microeolico in un centro storico minore. Alle criticità emerse in precedenza devono essere aggiunti altri elementi di disagio, strettamente collegati all'inserimento dei sistemi microeolici: la velocità molto bassa del vento all'interno di impianti suburbani e la concentrazione di turbolenze presenti nelle zone suburbane.



Figura 36: schema sintetico degli elementi che influenzano la velocità di esercizio del vento in un impianto

La velocità del vento e la sua intensità, come sappiamo, dipendono da numerosi diversi fattori. Nel caso specifico della mia ricerca, le caratteristiche del vento che movimentata i sistemi microeolici possono essere influenzate e modificate dalle forme degli edifici presenti nel borgo, soprattutto dalla tipologia dei tetti presenti: piramidali, piani, spioventi, ecc.

Altro elemento fondamentale, oltre alle forme degli edifici, è la stima dei flussi di aria presenti in zone in cui sono presenti abitazioni isolate o in quelle con edifici attigui ¹¹⁶.

Analizzate le cause delle possibili difficoltà di integrazione tra l'impianto eolico e il borgo in esame, di seguito, è descritta la metodologia di indagine da attuare. Essa ha il compito di valutare il flusso del vento presente nella zona in esame, consentendo un miglioramento delle prestazioni energetiche degli impianti microeolici da inserire. Il procedimento adottato nello svolgere la suddetta attività si avvale del metodo di calcolo della fluidodinamica (Computational Fluid Dynamics - CFD) che è ampiamente utilizzato nella valutazione delle risorse energetiche eoliche in un terreno urbano complesso, modellando la circolazione del vento sugli ostacoli urbani ¹¹⁷. In particolare, tale metodo ci permette di identificare i punti di maggiore intensità del flusso del vento presente nel centro storico minore in esame ovvero Borgo Serrone nel Vallo di Diano.

¹¹⁶ Cfr AA. VV., 2011, "Roof mounting site analysis for micro-wind turbines", *Renewable Energy*, 36(5), pp. 1379-1382.

¹¹⁷ Cfr AA.VV., 2010, "Wind power resource assessment in complex urban environments: MIT campus case-study using CFD Analysis", pag. 1.

Le attività eseguite avvengono attraverso una simulazione che rappresenti il comportamento del vento rilevando quali sono i punti ad alta intensità di vento.

Il modello di cui si avvale il CFD si basa sull'equazione di Navier-Stokes e su un modello urbano tridimensionale costituito dagli edifici e strade che compongono la zona d'interesse.

I risultati ottenuti ci aiutano ad analizzare attentamente e correttamente ciò che è emerso, conducendoci alla possibile identificazione di soluzioni ai problemi di integrazione dell'impianto, valutando le possibili alternative e ottenendo delle proposte progettuali che permettano di sfruttare al massimo il flusso del vento.

11.2 Selezione degli strumenti di simulazione

I fenomeni potenzialmente coinvolti nell'analisi sono considerati complessi e molteplici, poiché il caso in esame è quello di un corpo solido immerso in fluido che si muove rispetto al corpo. Per tale motivo occorre utilizzare un modello numerico di simulazione.

Approcciarsi all'uso del software CFD è considerato molto complesso, giacché **esso** dipende da diversi fattori a sua volta non banali. Per tale motivo, in ogni modello che si vuole analizzare, l'equazione di Navier-Stokes associata cambia e a sua volta i risultati variano da caso a caso.

Nel caso in esame, il software dovrà analizzare i flussi esterni al contesto urbano, facendo risaltare le azioni del vento sulle strutture presenti nella zona in esame e garantendo il comfort urbano che esso può produrre.

Il calcolo e il dominio del calcolo stesso, che il software effettuerà, permetterà di conoscere l'andamento del flusso incomprimibile, ovvero del vento, ed analizzare la sua distribuzione ad un'altezza prescelta, esaminando come la forma dell'edificio, ovvero la presenza di ostacoli, causi cambiamenti della direzione del vento, ma in particolar modo, come questi ostacoli possano far aumentare o diminuire il flusso.

Il dominio del calcolo da effettuare dipende da elementi considerati necessari per l'avvio del software:

- Conoscere la geometria del luogo da esaminare;
- Determinare la natura del fluido coinvolto;
- Analizzare le condizioni del flusso (conoscere le sue caratteristiche fisiche);
- Prestabilire il risultato da raggiungere.

Le informazioni sulla geometria vengono reperite dai file in formato CAD, sia in solido 3D sia con geometrie formate da sole facce. Il passo successivo è la determinazione delle condizioni relative al contorno urbano in esame e l'intervallo di tempo necessario per lo sviluppo della simulazione.

Conosciuti i suddetti elementi, bisogna discretizzare il dominio del fluido in celle elementari, poiché il flusso da noi in esame è considerato incomprimibile, così da ottenere una griglia di calcolo, chiamata anche *mesh*, sulla quale applicare dei metodi di risoluzione iterativi al fine di risolvere le equazioni di Navier-Stokes.

Il calcolo effettuato viene interrotto una volta che sia stato raggiunto il grado di accuratezza desiderato. In conclusione, si procede con l'analisi dei risultati che possono essere confrontati con le normative relative alle applicazioni suddette.

11.3 Descrizione del software scelto: CFD

Nell'ultimo decennio la simulazione dei flussi si è molto sviluppata, poiché è considerato un passo importante per la simulazione fluidodinamica e termodinamica di un elemento, determinando la sua efficacia nel tempo, effettuando le decisioni progettuali più affidabili.

Per questo motivo sul mercato possiamo trovare diverse tipologie di software, classificate nel seguente modo:

- Software in house;
- Software opensource;
- Software commerciali.

Alla prima tipologia elencata appartengono quelle tipologie di software che sono prodotti da aziende o enti pubblici (centri di ricerca, università, etc...) per l'utilizzo all'interno dell'organizzazione stessa.

Per quanto riguarda la seconda tipologia, ne fanno parte i software sviluppati da e per la comunità dell'utente e ne viene reso pubblico il codice di sorgente.

All'ultima categoria appartiene il software utilizzato per la ricerca, ovvero il flow designer prodotto da AUTODESK, che consente di modellare il flusso dell'aria attorno all'oggetto da esaminare.

Flow Design è un strumento leggero CFD utile sia per la progettazione dell'edilizia sia per la progettazione del prodotto.

È possibile utilizzarlo per simulare le velocità e le pressioni dell'aria intorno a un cantiere, con simulazioni 2D e 3D. Le prime sono considerate per la conoscenza di un'analisi concettuale, le seconde invece sono preferite per un'analisi precisa e dettagliata.

Come altri software CFD, anche flow designer si avvale di un approccio Euleriano, in cui le grandezze fluidodinamiche si rappresentano in termini di variabili indipendenti di spazio e tempo ed il dominio di calcolo è fisso.

11.4 Procedura ed elaborazione dati

Prima di poter elencare le diverse attività da svolgere per la simulazione, bisogna conoscere i dati preliminari che consentono di giungere all'obiettivo prefissato, in questo caso, la conoscenza della situazione del vento in Borgo Serrone, in modo da conoscere il luogo ideale, dal punto di vista della ventilazione, per l'installazione di un impianto microeolico.

Simulare le azioni del vento, che va ad interagire in un spazio definito, significa conoscere la sua intensità. Nel caso in esame, questa conoscenza è stata rilevata - e quindi descritta nel capitolo precedente - tramite l'utilizzo di un anemometro. Il vento presente nel borgo è mediamente assimilabile ad una velocità di 4 m/sec, per cui le simulazioni tramite il software CFD, saranno effettuate con un vento a tale velocità.

Il seguente software si avvale di 4 differenti *step* che consentono di ottenere i risultati prestabiliti nel migliore dei modi:

1. Creazione di un modello CAD;
2. Definizione di una griglia;

3. Assegnazione automatica delle dimensioni della mesh;
4. Soluzione.

Il modello CAD utilizzato, è stato precedentemente disegnato con il software AutoCAD 3D, in cui è rappresentato, tramite solidi, l'intero Borgo Serrone, considerando le singole abitazioni, i diversi collegamenti esistenti e le diverse differenze di quota. Le unità di misura del modello sono riportate automaticamente in millimetri come utilizzate in AutoCAD.

Trasportato il disegno CAD in Flow design è stata definita la “bounding condition”, inserendo un tunnel del vento e successivamente, si inseriscono i dati relativi al flusso: la velocità del vento (vento considerato come flusso incomprimitibile) e la sua direzione. Nel caso in esame la direzione stabilita è quella del vento proveniente da sud-est, Scirocco, considerato prevalente.

Stabiliti i diversi parametri rilevanti, si crea una mesh automatica, che permetterà l'avvio della simulazione, che ha generato dei risultati sia in 2D sia in 3D.

11.5 Risultati ottenuti dalla simulazione

Le simulazioni effettuate sono state fatte in base ai risultati che volevo ottenere, ovvero conoscere l'intensità del vento a diverse altezze e come esso modifica la sua intensità in base all'ostacolo che si trova ad affrontare.

Per questo motivo i risultati sono stati elaborati tramite sezioni longitudinali e trasversali, in quest'ultimo caso a diverse altezze.

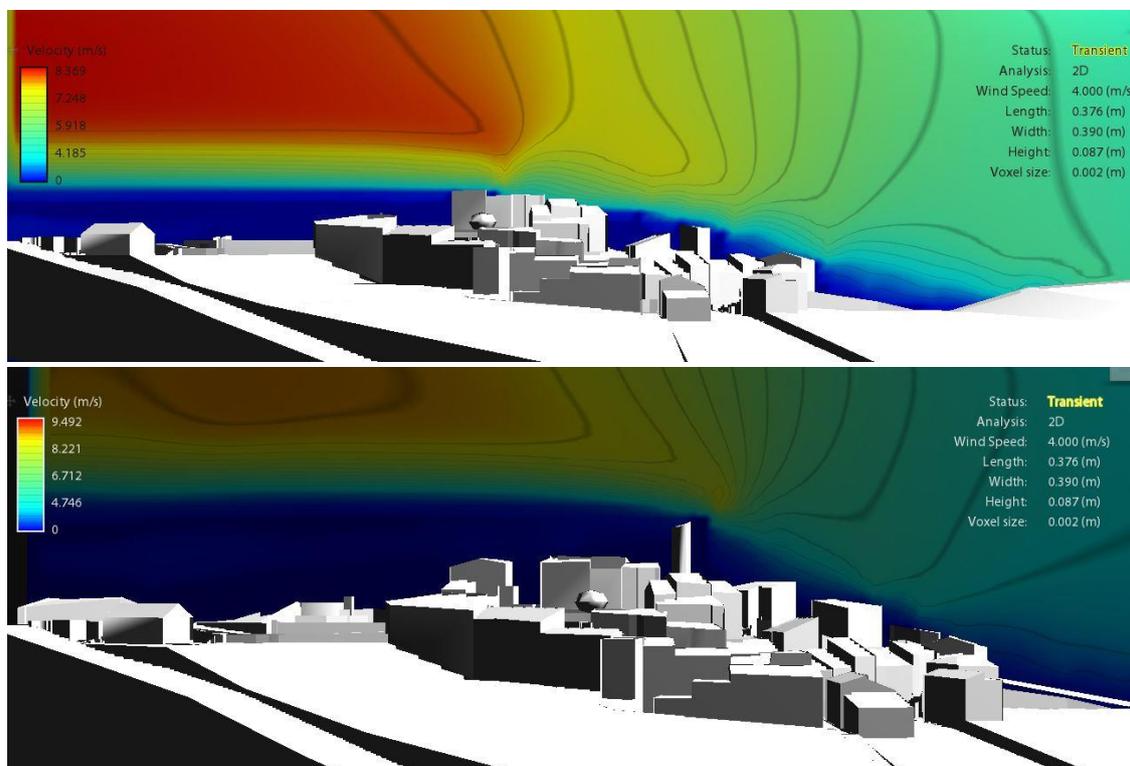


Figura 37: simulazione del vento tramite l'utilizzo di un piano longitudinale.

Dalle immagini in figura 37 si è confermato un elemento importante per lo studio del vento: la forma dell'edificio. il vento può subire variazioni di intensità, frequenza e direzione, che dipendono anche dalla forma dell'edificio. In presenza di tetti spioventi il fattore che si modifica è la velocità, che varia in aumento; in caso di copertura piana tale aumento non si osserva e il vento mantiene la sua velocità iniziale. Fenomeni simili, ma con variazioni opposte si verificano nelle zone basse del costruito.

Dalle stesse immagini, inoltre, si può notare come le diverse altezze degli edifici influenzino, anch'esse, la velocità del vento. Gli edifici che non presentano ostacoli davanti, hanno maggiore vento rispetto ad un edificio che si trova in una posizione non del tutto isolata.

Questi sono i risultati emersi dall'analisi del vento secondo un piano longitudinale. Si è passato successivamente all'analisi dei venti secondo diversi piani trasversali posti a diverse altezze, considerate significative per il mio studio.

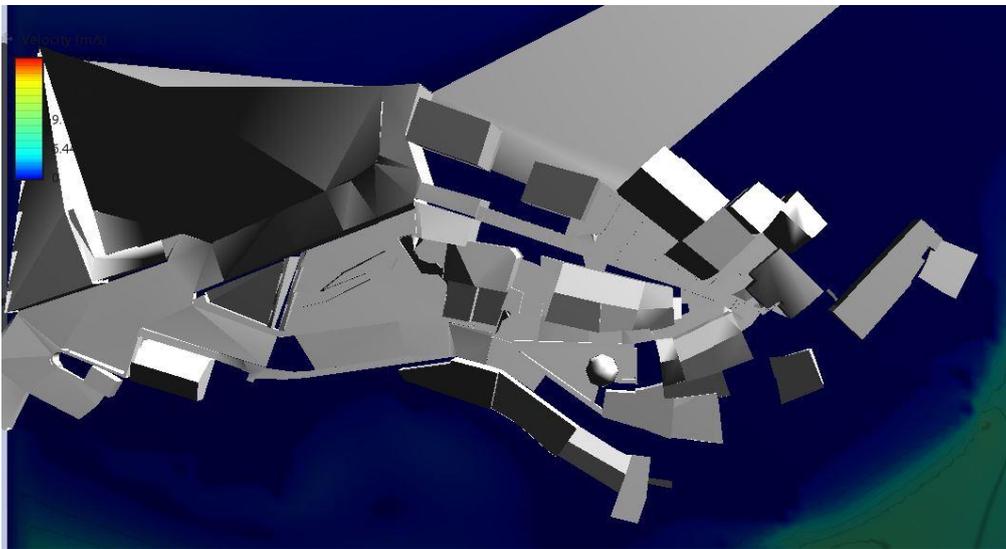


Figura 38: simulazione del vento ad altezza di 5 m.

In figura 38 è presente l'analisi del vento ad un'altezza di 5m, ovvero l'altezza massima dell'abitazione posta alla quota più bassa del paese. L'immagine mette in risalto come la costante velocità del vento presente nel borgo non è considerata quale parametro per la collocazione migliore per l'installazione di una turbina eolica, se si suppone di installarla a questa quota.

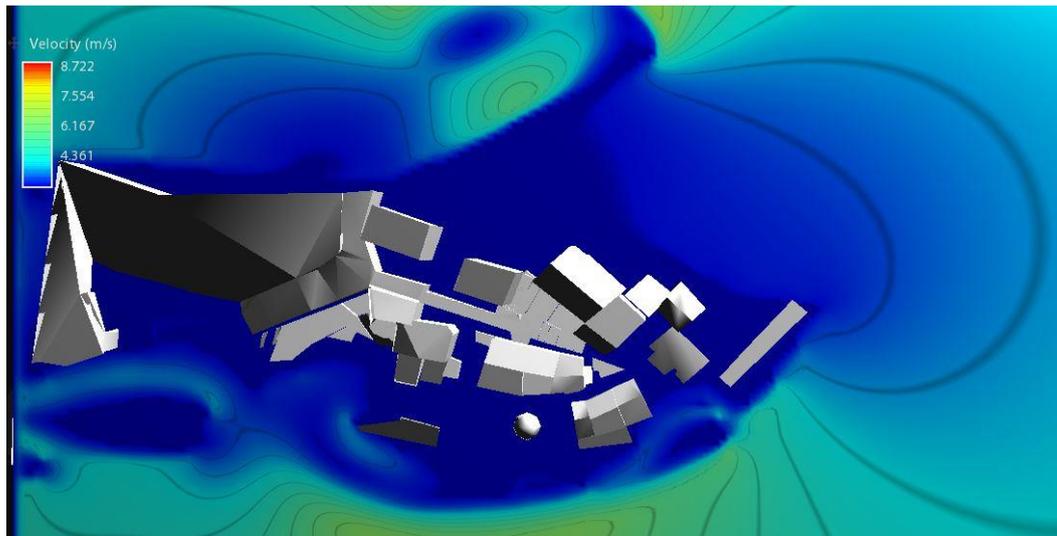


Figura 39: simulazione del vento ad altezza di 26 m

La figura 39 mette in risalto come la velocità del vento subisca un aumento a partire dai 4 m/sec (blu) fino a 5 m/sec (celeste).

Questa configurazione potrebbe essere considerata buona per l'installazione di un impianto.

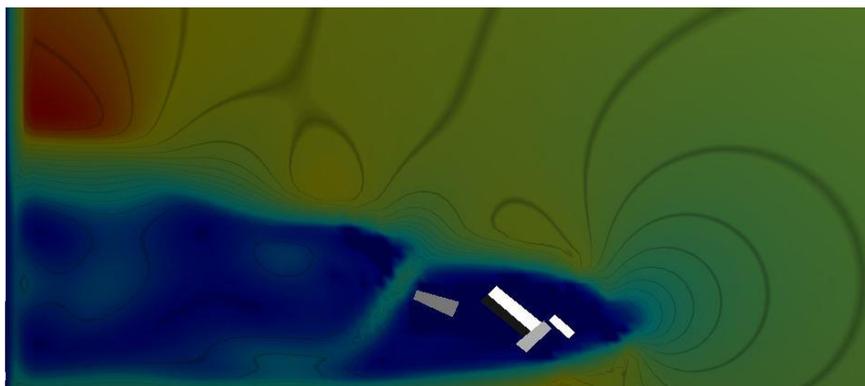


Figura 40: simulazione del vento ad altezza di 57 m

L'ultima simulazione, elaborata ad un'altezza di 57 m (figura 40), rappresenta la parte più alta del borgo. Da questa immagine sono evinti due punti fondamentali:

1. La presenza della velocità del vento superiore rispetto ai risultati emerse dalle simulazioni precedenti;
2. L'incremento della velocità del vento intorno all'edificio.

Il primo punto è considerato favorevole se si vuole installare un impianto eolico che necessita di una velocità costante intorno ai 4 m/s, ma ancora più importante è ciò che emerge dal punto due, poiché il vento nella zona circostante ha intensificato la sua velocità, così da rendere possibile l'installazione di una turbina microeolica che avrà come punto d'appoggio i tetti sottostanti, ed avere una torre alta fino a poter usufruire del vento maggiore.

In conclusione possiamo dire che, grazie al fatto che la metodologia impegnata in questo lavoro dimostra che le caratteristiche del flusso in esame sono influenzate dagli edifici e che quindi esso si comporta in modo variabile a seconda della conformazione dello spazio, sarà possibile selezionare la disposizione del microeolico più adeguata ai vari parametri.

IV Parte *Risultati*

12. Sintesi delle attività svolte e confronto tra i diversi risultati

12.1 Confronto tra sperimentazione in campo e simulazione

La conoscenza del luogo è considerata un elemento rilevante al fine di ottenere la validità, assicurare la tenuta e la fattibilità prestazionale e qualitativa di un impianto microeolico da inserire in un centro storico.

Nei due capitoli precedenti sono state affrontate due diverse tipologie di approccio alla conoscenza del luogo, considerabili complementari tra loro. Le due differenti metodologie di acquisizione dei dati sono rispettivamente basate sul processo di simulazione e su quello di sperimentazione nell'ambito del Borgo in esame.

Riguardo alla conoscenza tramite simulazione, considerato *uno dei più potenti strumenti di analisi attualmente disponibili per coloro che devono progettare e gestire sistemi o processi molto complessi*¹¹⁸, si è elaborato un modello grafico che riproducesse la realtà, ovvero il modello CAD di Borgo Serrone nel caso della presente ricerca. Tale simulazione ha permesso di valutare alcuni processi che nascono dall'applicazione di eventi specifici sul modello, determinando *molteplici aspetti del mondo reale e la loro dinamica evolutiva*¹¹⁹ attraverso dei calcoli complessi elaborati dal software.

Sebbene la simulazione sia considerata uno strumento sperimentale, la seconda tipologia, introdotta sopra come sperimentazione, è ben differente. I risultati dei dati relativi al luogo in esame pervengono tramite prove in cui si applicano delle operazioni dirette e che permettono una conoscenza dei fatti del reale, inteso come risultati degli eventi che accadono nel momento della sperimentazione, ovvero rilievi dello stato reale dell'intorno.

Entrambi i processi sono da considerarsi indispensabili per la conoscenza, non solo del luogo, ma anche dei processi che vi si instaurano in presenza di fenomeni specifici, come ad esempio il vento, poiché ciascuno di essi presenta alcune limitazioni o svantaggi.

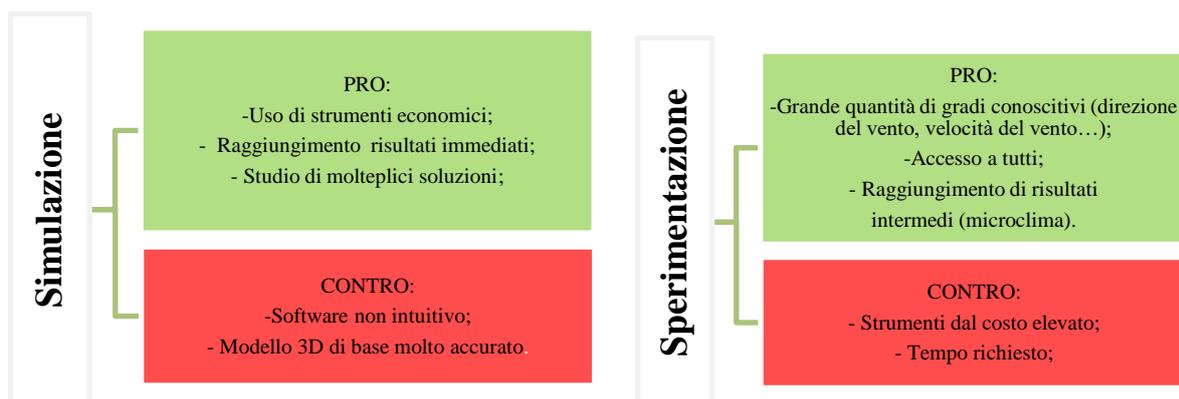


Figura 41: schema esemplificativo dei pro e contro delle tipologie di acquisizione dati presenti nella ricerca.

L'immagine 41 rappresenta sia gli aspetti positivi sia quelli negativi relativi all'utilizzo di queste due tipologie di conoscenza del luogo.

¹¹⁸ Ferrara, G. , 2002, "Le Attività di Simulazione e Sperimentazione pre-operativa presso il Centro Sperimentale CNS/ATM di ENAV SpA", pag.1

¹¹⁹ http://www.treccani.it/enciclopedia/simulazioni-numeriche_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/

L'approccio sperimentale, ad esempio, ha delle limitazioni derivanti dal costo degli strumenti e dall'eccessivo tempo richiesto per l'ottimizzazione dei risultati ma anche da un range limitato di casi che si possono analizzare.

L'approccio simulativo, in cui si costruisce e si manipola un modello virtuale che reagisce secondo le caratteristiche reali del luogo, permette di conoscere una realtà virtuale, effettuando delle simulazioni secondo due diverse variabili: il tempo e le varie condizioni dell'intorno¹²⁰.

Quest'ultima soluzione, però, non è da considerarsi come la migliore perché per ottenere i risultati desiderati bisogna conoscere bene gli elementi da analizzare, disegnando un accurato modello 3D e possedendo una giusta padronanza del software da utilizzare. Quest'ultimo, difatti, non è considerato uno strumento intuitivo come quelli utilizzati per la sperimentazione. Il costo degli strumenti o l'eccessiva durata dell'elaborazione dei dati non devono essere considerati dei limiti della sperimentazione. Per la presente tesi c'è da sottolineare come le prove sperimentali abbiano permesso di conoscere i principali parametri eolici dell'area in osservazione. Tali parametri si sono rivelati indispensabili per la simulazione eseguita a posteriori. Nel caso specifico, per conoscere l'andamento del vento nel borgo e come esso influisse sul microclima, era infatti necessario conoscere la velocità del vento e l'andamento del vento. I relativi valori ottenuti dalla sperimentazione sono stati inseriti come input del software di simulazione.

La simulazione è considerata un elemento valido che può affiancare se non sostituire la sperimentazione per l'ottimizzazione delle informazioni, considerando che permette di conoscere dei dati che difficilmente possono essere reperibili in loco. Questa teoria, però, può essere smentita proprio da ciò che è stato detto in precedenza, ovvero le due diverse tipologie di acquisizione dati non sono da considerarsi separate tra loro ma piuttosto dei processi che devono interagire tra loro.

12.2 Lettura comparata con il clima, con la storia e con il luogo.

Ciascun elemento emerso dall'elaborazione dei calcoli complessi o dalle misurazioni fatte in loco, rappresenta un tassello che ci permette di essere in possesso delle giuste facoltà cognitive per affrontare una scelta appropriata. Queste decisioni non possono essere stabilite soltanto tramite i risultati acquisiti con i metodi enunciati ad inizio paragrafo ma esse devono mettere in discussione quanto emerso dalle analisi climatiche, dalle analisi morfologica-storica e dallo studio dei piani urbanistici vigenti.

Seppure si percorrano strade diverse tra di loro, tuttavia è sempre necessario integrare competenze trasversali per giungere allo scopo ultimo di nostro interesse. In molti casi, la sperimentazione, la simulazione o la combinazione dei due hanno lo scopo di svelare conoscenze maggiori di quelle che, con lo studio esclusivo delle carte climatiche o dei documenti relativi alla storia del borgo già presenti, non è possibile conoscere. Aggiungendo maggiori dati alla conoscenza del luogo si può decidere se approvare o smentire ciò che è stato detto in precedenza.

Nella presente tesi, la simulazione e la sperimentazione da un lato e lo studio delle diverse analisi attinenti al luogo dall'altro non lavorano separatamente bensì in maniera integrata: le

¹²⁰ Cfr Belgiorno, V., Naddeo, V. & Zarra, T., 2012, "Trattati di Biologia avanzati", Edizione Aster, pag. 254

applicazioni in campo, reali o virtuali, sono state supportate da ciò che era stato anticipato nello studio effettuato precedentemente.

Dati Climatici	Elaborazione (Sperimentazione e Simulazione)
<ul style="list-style-type: none"> • Definizione della zona climatica • Velocità del vento generico • Definizione del vento prevalente 	<p style="text-align: center;">Velocità, provenienza ed andamento del vento specifico</p>

Tabella 4: confronto tra i dati pervenuti dall'analisi climatica e quelli dalla sperimentazione e simulazione

Secondo l'architetto Enrico Bonilauri *i dati climatici sono una statistica di eventi meteorologici avvenuti in una posizione specifica – la stazione meteorologica – in un lasso di tempo specifico*¹²¹.

Dalle parole dell'architetto precedentemente espresse si possono evincere due particolari fondamentali riguardo i dati climatici:

1. La conoscenza del luogo;
2. L'importanza dell'intervallo di tempo.

Tali elementi sono da considerare fondamentali ai fini di una prima valutazione poiché influenzano il clima, considerato elemento importante per l'efficienza climatica, sia di un singolo edificio sia di un luogo.

La definizione della zona climatica di appartenenza consente di conoscere le condizioni rispetto al clima del luogo, e di conseguenza, permette di apprendere la temperatura del luogo ed i gradi centigradi necessari ogni giorno per riscaldare una casa. Questo fattore ci consente di essere a conoscenza del rapporto temperatura-tempo, ovvero la condizione climatica nelle diverse stagioni dell'anno. Da questo studio non sono emersi solo i dati relativi alla temperatura del luogo, ma anche i dati relativi ai venti presenti nella zona in esame. Un'analisi preliminare della velocità di quest'ultimo ne ha verificato il valore, in seguito, durante la fase sperimentale.

Questi risultati sono solo alcuni dei dati che emergono dall'analisi climatica. Infatti si approfondisce anche lo studio dei dati di natura microclimatica, come la conoscenza del verde.

Lo studio del verde è spesso considerato un fattore non fondamentale per diverse ricerche, ma per il presente studio è di elevata importanza. Gli elementi verdi presenti nella zona sono stati considerati elementi chiave, in primo luogo poiché durante la simulazione è stato necessario valutarli. Difatti, essi rappresentano un ostacolo per il vento e caratterizzano il comportamento di quest'ultimo in presenza di un albero.

Inoltre lo studio della vegetazione influenza anche i fenomeni acustici, poiché parte consistente del presente studio.

¹²¹ <https://emuarchitetti.com/2013/11/25/limportanza-di-dati-climatici-accurati/>

Discutere dei parametri conoscitivi di un luogo, sia dal punto di vista morfologico sia da quello storico, è un processo molto difficile da affrontare. Osservare un paesaggio significa prendere atto delle differenze che il territorio racchiude.

Analisi Morfologica e Storica	Interpretazione (Sperimentazione e Simulazione)
<ul style="list-style-type: none"> • Storia del luogo • Morfologia planimetrica • Tipologie edilizie 	<p style="text-align: center;">Velocità ed andamento del vento in base alla forma degli edifici del vento</p>

Tabella 5: confronto tra i dati pervenuti dall'analisi morfologica e storica e l'interpretazione dei dati tratti dalla sperimentazione e dalla simulazione

Il territorio cambia in base a diversi fattori come la presenza di altipiani o bassipiani ma anche in relazione alla presenza di opere antropizzate.

Dallo studio morfologico¹²² preliminare di Borgo Serrone, prendendo in esame i dati emersi dall'analisi storica del luogo, si è evinto che esso abbia questo nome perché “chiuso” dagli altipiani che formano la catena montuosa dei Monti Lattari. Questa sua conformazione morfologica ci ha permesso di escludere dalla simulazione lo studio dei venti provenienti dalla direzione dei Monti Lattari, poiché questi ultimi non consentono l'arrivo del vento da quella direzione.

Un altro elemento considerato importante per la conoscenza del luogo e per le successive simulazioni è la lettura del territorio da un punto di vista non più naturalistico ma come *lo spazio geografico in qualcosa di inesistente in natura in cui il territorio viene visto come un soggetto attivo con cui collaborare[...] il territorio è uno spazio passivo sul quale proiettare leggi generali con l'intento di localizzare centri, funzioni e servizi*¹²³.

Lo spazio antropizzato descritto in precedenza, è stato un elemento importante per la simulazione effettuata nella seconda fase. Come è stato esplicitato nel capitolo precedente, in particolare nella sezione riguardo ai risultati ottenuti tramite lo studio del vento con il software Flow Design, la morfologia delle abitazioni ha cambiato l'andamento e la velocità del vento, determinando informazioni maggiori di quelle ricavabili da una semplice conoscenza del luogo.

Studiare i piani urbanistici è stata considerato l'atto conclusivo per conoscere il territorio in esame da tutti i punti di vista. I piani urbanistici sono strumenti che hanno il compito di regolarizzare l'utilizzo del suolo e che permettono lo sviluppo delle diverse attività che l'uomo può svolgere nel territorio.

¹²² *morfè* = forma + *logos* = descrizione.

¹²³ Poli, D., 2001, “ Rappresentazione delle identità storico-morfologiche dei luoghi”, pag. 3

Piani Urbanistici vigenti	Sperimentazione e Simulazione
<ul style="list-style-type: none"> • Studio dei piani urbanistici • Zonizzazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Piano di zonizzazione acustico

Tabella 6: confronto tra i dati pervenuti dai piani urbanistici vigenti e quelli dalla sperimentazione e simulazione

Nel caso particolare di Borgo Serrone sono presenti i seguenti piani urbanistici: quelli che regolano i cambiamenti territoriali ed edilizi del luogo (Piano Regolatore); quelli che ripartiscono le zone del territorio (PUA); e quelli che permettono di conoscere le zone a rischio idrologico e le relative misure di salvaguardia.

Dallo studio si è evinto che il territorio in esame era privo di un piano di zonizzazione acustica, secondo il quale, in accordo alla legge quadro 447/ 95, si prevede la classificazione delle aree di un territorio in base alle caratteristiche delle sorgenti sonore ivi presenti.

Il piano di zonizzazione acustica che è stato elaborato nella fase di sperimentazione, ha permesso di ottenere dei dati che gli altri piani vigenti non erano in grado di fornire. Infatti l'elaborazione di un piano acustico ha determinato un'integrità dei dati che riguardano la zona in esame.

In conclusione, in accordo alle diverse considerazioni descritte all'inizio del paragrafo, possiamo affermare che i dati reperiti dalle diverse analisi effettuate a monte sono stati una buona base di analisi per le successive fasi sperimentale e simulativa. Pertanto si sottolinea l'importanza delle singole azioni che hanno permesso di conoscere il luogo in esame.

13. Elaborazione di un modello “ad hoc” per la valutazione ambientale del microeolico in un centro storico

13.1 Stato dell’arte dei modelli

Per ottenere un edificio che rispetti i requisiti necessari per essere definito NZEB, ovvero ad altissima prestazione energetica, e per rispettare le prerogative che l’Europa si è prefissata nel campo della politica ambientale ed energetica da raggiungere entro la seconda decade del nuovo millennio, esso deve rispettare dei precisi criteri. Tali criteri vengono classificati, definiti e gestiti mediante metodi di valutazione con costi molto elevati e competenze specifiche di alto livello, e *che sono finalizzati all’analisi, al confronto e/o al miglioramento, delle prestazioni energetiche ed ambientali di un generico prodotto, durante una o più fasi del suo ciclo di vita.*¹²⁴

Gli strumenti, che ci permettono di ottenere informazioni affidabili in merito al concetto di sostenibilità di un edificio, sono molteplici.

I primi strumenti, che hanno analizzato gli impatti ambientali che un edificio produce, esaminano il suo ciclo di vita e partono dalla conoscenza del metodo di estrazione e trattamento dei materiali che lo compongono fino al loro smaltimento a fine vita. Tali strumenti si basano sulla metodologia imposta dall’LCA e dall’Ecological Footprint¹²⁵.

Il primo metodo, ovvero il Life Cycle Assessment¹²⁶, è suddiviso in quattro fasi principali che determinano la sua efficienza, ovvero: gli obiettivi; l’inventario del ciclo di vita; la valutazione dell’impatto del ciclo di vita; e l’interpretazione finale. Considerata la prima fase come più importante, si definiscono difatti gli obiettivi da analizzare nelle fasi successive ed il contesto generale.

Per ciò che riguarda l’analisi d’inventario, essa inizia dalla raccolta dati e dalle procedure di calcolo in accordo l’obiettivo e il campo di applicazione. Passando alla fase di valutazione dell’impatto del ciclo, è necessario valutare i potenziali impatti ambientali forniti dall’analisi di inventario del ciclo di vita. Si giunge quindi alla fase finale, ovvero all’interpretazione dei risultati delle fasi di inventario e di valutazione degli impatti che sono scientificamente verificabili. Proprio da questi ultimi è stato possibile durante la presente ricerca, estrarre alcune conclusioni e raccomandazioni che ci permettono di giudicare nella sua integrabilità l’oggetto in analisi.¹²⁷

¹²⁴ Filagrossi Ambrosino, C., PhDthesis “Strumenti per la verifica della sostenibilità dei prodotti edilizi con materiali avanzati. Confronto tra i livelli di ecosostenibilità, biocompatibilità e convenienza del fotovoltaico a film sottile e di quello organico”, pag. 90

¹²⁵ CfrBarucco, M.,”Analisi dei sistemi di valutazione della sostenibilità” in AA.VV., 2009, “Sfide per una dimensione sostenibile del costruire. Contributi sull’uso dell’energia in architettura”.

¹²⁶ Il riferimento normativo internazionale per l’esecuzione degli studi di LCA è rappresentato dalle norme ISO della serie 14040:

UNI EN ISO 14040 (2006) Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Principi e quadro di riferimento.

UNI EN ISO 14044 (2006) Valutazione del ciclo di vita , Definizione e Linee guida. Fonte:

<https://www.csqa.it/CSQA/Norme/Sostenibilita-Ambientale/ISO-14040-LCA>

¹²⁷ Cfr ibidem



Figura 42: Inquadramento della valutazione del ciclo di vita. (fonte: <https://www.csqa.it/CSQA/Norme/Sostenibilita-Ambientale/ISO-14040-LCA>)

Esaminato nel dettaglio l' LCA, abbiamo attualmente previsto di esaminare il secondo metodo sopracitato, vale a dire il Ecological Footprint. Esso fu concepito nel 1990 da MathisWackernagel e William Rees presso l' University of British Columbia e si basa sul concetto di impronta ecologica che rappresenta *un indicatore di sostenibilità e si esprime in termini di terra produttiva necessaria per soddisfare le richieste umane*¹²⁸. Rispetto all' LCA, l'impronta ecologica inserisce la valutazione di sostenibilità dell'edificio all'interno del contesto sul quale esso insiste. Assumendo come esempio la città di Roma per comprendere al meglio quest'ultimo concetto, si nota che essa produce circa 15 milioni di tonnellate di CO₂. Per assorbire tali quantità di CO₂, Roma richiede che siano necessari circa 2,5 milioni di ettari di foresta ovvero circa venti volte la superficie occupata dalla città stessa. In conclusione si supera la biocapacità della regione comportando un deficit ecologico della regione stessa, un'elevata perdita del capitale naturale e un grave danno per le comunità future.

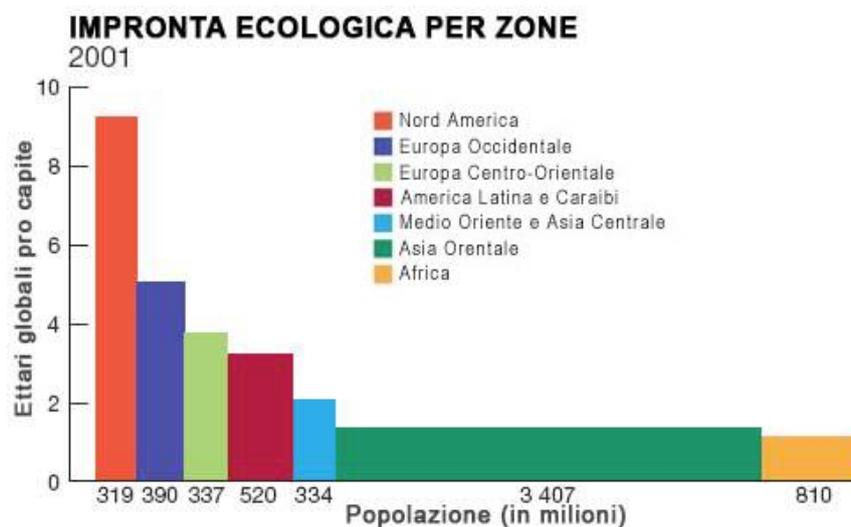


Figura 43: L'altezza della singola barra è proporzionale all'Impronta media pro capite di ciascuna regione, la larghezza è proporzionale alla sua popolazione, mentre l'area della barra è proporzionale alla "Impronta Ecologica Totale" della regione stessa. (fonte: http://www.riminiambiente.it/altri_progetti/falecosegiuste/impronta_ecologica/)

¹²⁸ Cfr. Masullo, A., 2013, "Qualità vs Quantità. Dalla decrescita a una nuova economia", Lit Edizioni, Roma, pag.10

Oltre alle valutazioni che considerano LCA e l'impronta ecologica, l'ISO sta lavorando per normare i criteri alla base di questi metodi d'analisi, prestando attenzione in particolare all'integrazione e alla sinergia di diverse strategie d'incremento dell'eco-efficienza relative ad ambiti quali la qualità ambientale degli spazi interni, il consumo di risorse e materiali, il consumo d'energia, l'impatto sull'ambiente esterno e qualità del servizio. Gli strumenti indicati dal gruppo di lavoro ISO WG12 "Framework of assessment of environmental performance of building" sono ad esempio : GBTool, BREEAM, ENVEST, CASBEE-J, Ecoprofile, Eco-effect, LEED, Eco-Quantum, Green Calc, mng.¹²⁹

In Italia il primo dei sistemi sopracitati, il GBTool (Green Building Tool), è stato rielaborato e aggiornato tramite il Protocollo ITACA, realizzato dall'istituto per l'innovazione e trasparenza degli appalti e la compatibilità ambientale¹³⁰. Il protocollo, articolato secondo sette aree di valutazione, a loro volta definite attraverso ulteriori sottoclassi e requisiti¹³¹, consente di conoscere i consumi e l'efficienza energetica dell'edificio ma soprattutto l'impatto che quest'ultimo ha sull'ambiente.

13.2 Scelta del modello appropriato

Al fine di supportare ed affrontare una decisione progettuale è necessario effettuare numerose valutazioni e considerare gli effetti che esse hanno complessivamente sull'elemento da analizzare. Quest'ultimo aspetto è proprio l'obiettivo dei modelli multicriteriali per la valutazione dell'oggetto.

La presente ricerca ha preso in considerazione, come modello di riferimento per la valutazione di un impianto microeolico, un modello multicriteriale che è stato oggetto di una ricerca dell'ex Dipartimento di Configurazione ed Attuazione dell'Architettura dell'Università di Napoli "Federico II", coordinata dalla prof. Dora Francese. Tale modello, detto VaDE (Valutazione Ambientale degli Edifici), è stato elaborato e adeguato a diverse ricerche, una delle quali è quella della tesi di dottorato dell'arch. Cristian Filagrossi Ambrosino.

*L'obiettivo del nuovo modello non si pone come quello di giudicare il valore ecologico - morale e artistico di un'opera ma si limita a stabilire ed organizzare alcuni criteri - base per la lettura di un manufatto appena costruito o in fase di esercizio ed infine a definire le linee guida per la stesura del progetto*¹³². Nel caso specifico, il VaDE vuole analizzare due diverse categorie d'impatto che l'elemento in analisi ha sull'ambiente, ovvero l'eco-sostenibilità e la bio-compatibilità. Un edificio può essere definito ecosostenibile se è altamente efficiente dal punto di vista energetico e costruito con materiali reperiti senza inutili sprechi energetici, facilmente re-integrabili una volta dismesso, così da non provocare alterazioni "quantitative" della capacità di carico del sistema ambiente in cui sorge. Inoltre un edificio è definito biocompatibile se è durante l'intero ciclo di vita, dalla fase di progettazione a quella di dismissione, non produce alterazioni negative sulla "qualità" di vita di chi ne usufruisce, in

¹²⁹ Barucco, M., "Analisi dei sistemi di valutazione della sostenibilità" in AA.VV., 2009, "Sfide per una dimensione sostenibile del costruire. Contributi sull'uso dell'energia in architettura".

¹³⁰ http://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp

¹³¹ Filagrossi Ambrosino, C., PhDthesis "Strumenti per la verifica della sostenibilità dei prodotti edilizi con materiali avanzati. Confronto tra i livelli di ecosostenibilità, biocompatibilità e convenienza del fotovoltaico a film sottile e di quello organico", pag. 107

¹³² Francese, D., 2007, "Architettura e vivibilità", Franco Angeli, Milano, pp. 109-110.

termini di energia e materia, mediante emissioni di diversa natura fisica, per lo più gassose.¹³³ Le due suddette categorie sono solo il primo livello che il metodo di valutazione affronta cui si integrano altre classi considerate fondamentali per rendere compatibile il *manufatto ed il sistema da verificare*¹³⁴.

Il secondo livello del metodo VaDE contiene i criteri di vivibilità che nelle prime due classi si riferiscono all'uomo (salute e benessere) e nelle ultime due all'ambiente (mitigazione e risparmio); il terzo livello rappresenta le esigenze (salubrità, benessere acustico, etc.); al quarto livello appartengono i parametri o requisiti che corrispondono agli indicatori, *i quali misurano con diverse modalità il livello dei parametri attraverso unità di misura quantitative, qualitative o soggettive, contribuendo ad elaborare la valutazione*¹³⁵, del quinto livello; il sesto livello fornisce, per ogni indicatore, una scala di valori (soglie) che va da 1 a 5. Nel settimo livello sono riportati i punteggi relativi ad ogni indicatore che consentono la conoscenza del grado di compatibilità del manufatto. L'ultima categoria, invece, include le relative norme di riferimento, oppure, qualora assenti, i valori risultati da attinenti ricerche scientifiche.

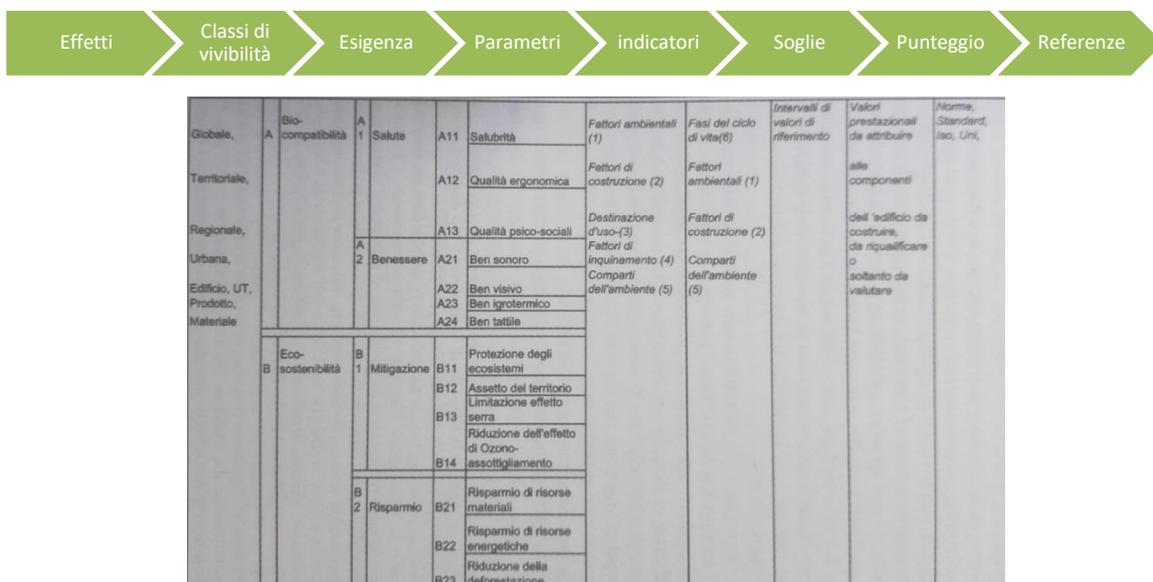


Figura 44:matrice semplificata con tutti i livelli e le tipologie dei livelli (fonte: Francese, D. ,2007, “ Architettura e vivibilità”, pag. 119).

Oltre ai diversi livelli, il VaDE è composto da un altro elemento importante per la valutazione finale, ovvero l'attribuzione dei pesi alle classi di elementi, dovendoli distinguere in base alla rilevanza di ciò che esaminiamo. *Essi vengono attribuiti secondo l'influenza che il consumo e l'uso dei beni ambientali esercitano sul territorio*¹³⁶.

¹³³ Cfr. Ambrogetti, L., “Differenza tra ecosostenibile e biocompatibile”, fonte: <http://www.ecoage.it/differenza-tra-ecosostenibile-e-biocompatibile.htm>

¹³⁴ Francese, D. ,2007, “ Architettura e vivibilità”, Franco Angeli, Milano, pag. 11.

¹³⁵ Filagrossi Ambrosino, C., PhDthesis “Strumenti per la verifica della sostenibilità dei prodotti edilizi con materiali avanzati. Confronto tra i livelli di ecosostenibilità, biocompatibilità e convenienza del fotovoltaico a film sottile e di quello organico”, pag. 135-136.

¹³⁶ Op.cit., pag. 125.

Assegnati i punteggi ed i diversi pesi ad ogni livello, si otterranno dei risultati che ci permettono di valutare l'aspetto bio-compatibile ed eco-sostenibile dell'edificio, ed in ultima analisi migliorarne il progetto.

13.3 Evoluzione ed integrazione del VaDE *versus* il VaME

Considerata la matrice iniziale del sistema multicriteriale VaDE esaminata nel paragrafo precedente, nel corso degli anni essa è stata modificata secondo il suo impiego, come già detto ad esempio nella tesi di Cristian Filagrossi Ambrosino, in cui il modello è stato adattato per rispondere alle problematiche emerse dalla relativa ricerca sul FV. Proprio tale **ii** sistema di valutazione ha rappresentato il punto di partenza per la mia ricerca. Lo schema principale non è cambiato, poiché in esso sono presenti le due categorie principali ovvero la bio-compatibilità e l'eco-sostenibilità. Con il termine biocompatibile, composto dal prefisso bio- (dal greco βίος, "vita, essere vivente") e dalla parola compatibilità, derivante dal latino cum patior (letteralmente "partecipare a"), si definisce un materiale compatibile con la vita e che non produce effetti nocivi su di essa. Nel caso specifico di un impianto di energia rinnovabile, esso è biocompatibile se non causa forme di patologie nocive alla salute degli uomini che usufruiscono di tale elemento e che rispetta i requisiti presenti nella tabella 7.

Categoria	Classe di Esigenza	Esigenza	Requisito	Parametro
Biocompatibilità	Salute	Salubrità	Assenza di emissioni nocive (Norme UNI)	VOC e altre emissioni nocive
				Fibre minerali
				Elettromagnetismo
			Controllo del rumore prodotto (Norme UNI)	Inquinamento acustico
	Benessere	Benessere Acustico	Protezione dal rumore (C. Filagorssi)	Isolamento acustico ai rumori aerei esterni
		Benessere Visivo	Controllo del flusso luminoso (Norme UNI)	Caratteristiche dell'impianto eolico
	Sicurezza	Sicurezza strutturale	Stabilità agli agenti atmosferici (C. Filagorssi)	Resistenza al vento
				Resistenza alla neve

Tabella 7: Schematizzazione della categoria d'impatto Bio-compatibilità

Quando invece si parla di ecosostenibilità, ovvero dell'attività umana che regola la propria pratica secondo assunti ecologisti nel quadro dello sviluppo sostenibile, l'impianto di energia rinnovabile eolico deve rispettare i requisiti presenti nella tabella 8.

Categoria	Classe di Esigenza	Esigenza	Requisito	Parametro
Ecosostenibilità	Salvaguardia dell'ambiente	Mitigazione	Limitazione dei cambiamenti climatici (C. Filagorssi)	Effetto serra
				Acidificazione
				Eutrofizzazione
				Smog fotochimico
				Buco dell'ozono
				Deforestazione
		Protezione dell'ecosistema	Controllo dei rifiuti prodotti (C. Filagorssi)	Rifiuti solidi
				Rifiuti liquidi
				Ciclo di riuso
		Risparmio di risorse	Controllo delle risorse materiali utilizzate (C. Filagorssi)	Prestazioni ambientali dei materiali utilizzati
				Energia incorporata delle materie prime
Controllo delle risorse energetiche utilizzate (C. Filagorssi)	Energia consumata per il prodotto			
	Tipo di energia consumata nel processo produttivo			

Tabella 8: Schematizzazione della categoria d'impatto Eco-compatibilità

Come elaborato per il caso studio della PhD Thesys di C. Filagrossi A. anche per la mia tesi è stata inserita la terza categoria d'impatto, che è stata denominata "Convenienza". Mentre nel caso precedente essa è stata elaborata per esaminare un sistema fotovoltaico, come le altre due categorie, anche quella della convenienza è stata plasmata secondo le esigenze presenti nella mia ricerca e le problematiche emerse esaminando il sistema microeolico. È stato usato il termine convenienza, ovvero elemento che si addice o appropriato a qualcosa, perché si vuol definire l'aspetto vantaggioso, redditizio e proficuo dell'installazione di un impianto eolico rispetto ad un diverso impianto di energia rinnovabile, considerandolo a buon mercato rispetto ad altri. Per questa ragione, il modello multicriteriale VaDE assume il nome di VaME¹³⁷, vale a dire Valutazione Ambientale Micro-Eolico.

La categoria Convenienza segue gli stessi livelli che erano stati esaminati per le categorie di biocompatibilità ed ecosostenibilità, partendo dal secondo livello presente già precedentemente, ovvero le classi di esigenze, fino a stabilire dei parametri di valutazione.

In questa categoria sono state esaminate le cinque classi di esigenze:

- Aspetto;

¹³⁷ La sintesi degli schemi del VaME sono schematizzati nell'appendice 2

- Fruibilità;
- Gestione;
- Integrabilità;
- Economicità.

Per ogni classe di esigenza sono assegnate delle esigenze, degli obiettivi ed infine dei parametri, come si può evincere dalla tabella 9.

Categoria	Classe di Esigenza	Esigenza	Requisito	Parametro
Convenienza	Aspetto	Armonia con l'elemento architettonico	Controllo dell'inserimento nell'elemento tecnico (C. Filagorssi)	Volume
	Fruibilità	Funzionalità	Facilità di intervento (C. Filagorssi)	Tipologia d'installazione
			Spostabilità e Ricollocabilità (C. Filagorssi)	Tipologia d'installazione
	Gestione	Resistenza	Affidabilità ed Efficienza (Norme UNI)	Dati Climatici
				Caratteristiche tecniche della pala eolica Efficienza
	Integrabilità	Integrabilità morfologica	Controllo dell'inserimento nell'edificio (C. Filagorssi)	Colore
				Postazione ed interazione
	Economicità	Risparmio	Controllo dell'inserimento per l'uomo (C. Filagorssi)	Rumore
				Controllo delle spese e dei ricavi (C. Filagorssi)

Tabella 9: Schematizzazione della categoria d'impatto Eco-compatibilità

Dai risultati relativi alla terza categoria, si può constatare che il sistema microeolico può essere preferibile rispetto ad un altro in base alle caratteristiche dell'edificio e del paesaggio. Nello specifico, questa categoria della convenienza consente di valutare l'appropriatezza dell'elemento rispetto a ciò che lo circonda, secondo le diverse classi di esigenza elencate in precedenza.

Per questo motivo, l'impianto viene esaminato secondo:

- L'armonia con l'elemento architettonico con cui l'impianto interagisce;
- L'aspetto amministrativo secondo diversi fattori che l'utente deve considerare;
- La conoscenza delle diverse condizioni relative all'economia di esercizio del sistema edilizio;
- La conoscenza delle condizioni relative all'impianto eolico e agli elementi del sistema edilizio con cui esso si rapporta;
- La conoscenza delle diverse condizioni che permettono di ridurre al minimo i costi dell'impianto.

In conclusione, questa terza categoria d'impatto, ovvero la convenienza, permette di analizzare le diverse interferenze, ambientali e socio-economiche sfruttando le componenti caposaldo del concetto di sostenibilità, che sono generate dall'inserimento dell'impianto eolico nel contesto.

Per ottenere una maggiore validità del sistema multicriteriale, a supporto delle classi d'esigenza di ogni singola categoria, è necessario assegnare dei pesi ad ogni elemento del sistema. Naturalmente la somma di tutti i pesi percentuali deve essere pari al 100%.

Questa attribuzione deve essere un'azione effettuata con profonda razionalità, ponendo maggiore importanza su ciò che si considera come una priorità per il raggiungimento dell'obiettivo finale, allo scopo di scongiurare l'assegnazione di un peso sbagliato, che potrebbe distorcere fortemente il risultato finale.

I pesi assegnati nella presente ricerca sono principalmente quelli della matrice principale successivamente modificati secondo le esigenze attuali. Per quanto riguarda le categorie d'impatto, il peso maggiore è stato attribuito alla biocompatibilità (40%), poi all'ecosostenibilità (35%) ed in ultimo la convenienza (25%).

Categoria	Classe di Esigenza	Esigenza	Requisito	Parametro	
Biocompatibilità (40%)	Salute (40%)	Salubrità (100%)	Assenza di emissioni nocive (55%)	VOC e altre emissioni nocive (45%)	
				Fibre minerali (10%)	
				Elettromagnetismo (45%)	
	Benessere (35%)	Benessere Acustico (60%)	Protezione dal rumore (100%)	Controllo del rumore prodotto (45%)	Inquinamento acustico (100%)
					Isolamento acustico ai rumori aerei esterni (100%)
	Sicurezza (25%)	Sicurezza strutturale (100%)	Stabilità agli agenti atmosferici (100%)		Caratteristiche dell'impianto eolico (100%)
					Resistenza al vento (55%)
				Resistenza alla neve (45%)	

Tabella 10: definizione dei pesi delle categorie di biocompatibilità

Categoria	Classe di Esigenza	Esigenza	Requisito	Parametro
Ecosostenibilità (35%)	Salvaguardia dell'ambiente (100%)	Mitigazione (40%)	Limitazione dei cambiamenti climatici (100%)	Effetto serra (20%)
				Acidificazione (15%)
				Eutrofizzazione (15%)
				Smog fotochimico (15%)
				Buco dell'ozono (20%)
				Deforestazione (15%)
		Protezione dell'ecosistema (30%)	Controllo dei rifiuti prodotti (100%)	Rifiuti solidi (30%)
				Rifiuti liquidi (35%)
				Ciclo di riuso (35%)
		Risparmio di risorse (30%)	Controllo delle risorse materiali utilizzate (45%)	Prestazioni ambientali dei materiali utilizzati (100%)
				Energia incorporata delle materie prime (30%)
Controllo delle risorse energetiche utilizzate (55%)	Energia consumata per il prodotto (40%)			
	Tipo di energia consumata nel processo produttivo (30%)			

Tabella 11: definizione dei pesi delle categorie dell'ecosostenibilità

I pesi delle esigenze di ciascuna classe di biocompatibilità ed eco sostenibilità, rispettivamente alla salute e della sicurezza per l'utente, e della salvaguardia e del risparmio per l'ambiente, vengono attribuiti secondo l'influenza che il consumo e l'uso dei beni ambientali esercitano sul territorio¹³⁸.

¹³⁸ Op. cit., pag. 368

Categoria	Classe di Esigenza	Esigenza	Requisito	Parametro
Convenienza	Aspetto (20%)	Armonia con l'elemento (100%)	Controllo dell'inserimento (100%)	Volume
	Fruibilità (10%)	Funzionalità (100%)	Spostabilità e Ricollocabilità (50%)	Tipologia d'installazione (100%)
			Spostabilità e Ricollocabilità (50%)	Tipologia d'installazione (100%)
	Gestione (25%)	Resistenza (100%)	Affidabilità ed Efficienza (100%)	Dati Climatici (20%)
				Caratteristiche tecniche (35%)
				Efficienza (35%)
	Integrabilità (25%)	Integrabilità morfologica (100%)	Controllo dell'inserimento nell'edificio (45%)	Colore (60%)
				Postazione ed interazione (40%)
	Economicità (20%)	Risparmio (100%)	Controllo dell'inserimento per l'uomo (55%)	Rumore (100%)
				Controllo delle spese e dei ricavi (100%)

Tabella 12: definizione dei pesi della categoria della convenienza

I pesi delle esigenze per le classi della convenienza sono stati attribuiti considerando le esigenze principali che la categoria in esame vuole rappresentare. I pesi in questione sono stati attribuiti secondo il loro livello di adeguatezza all'impianto in un determinato contesto.

14 Lettura dei risultati secondo il VaME

14.1. Vantaggi del VaME in un centro storico

Il processo di valutazione di un oggetto, o come in questo caso di integrazione tra diversi elementi, è considerato un procedimento che permette, a chi ne usufruisce, di giungere ad un giudizio valido in merito a ciò che si analizza e di definire la soluzione più adatta per la scelta di un impianto microeolico tra le diverse alternative che possono emergere dall'analisi.

Secondo le discussioni trattate negli studi precedenti, svolti in questa ricerca, l'installazione di una qualunque tipologia di impianto di energia rinnovabile in un centro storico presenta molteplici criticità. In casi analoghi a quelli della ricerca in esame, è prassi tendere a definire una soluzione complessa attraverso un solo criterio di valutazione che possa regolare diversi aspetti. E' però evidente che un problema decisionale, come nel caso di tale ricerca caratterizzato da diversi componenti complessi, non può giungere ad un solo risultato.

Il sistema multicriteriale in questione ha lo scopo di fornire delle regole che guidino il processo decisionale confrontando le diverse alternative emerse nel corso dell'utilizzo del nuovo sistema.

Considerato unico nel suo genere, il VaME ha lo scopo principale di supportare, sia designer sia semplici abitanti del luogo, l'installazione dell'impianto riducendo gli impatti ambientali che l'esame ha identificato.

Nel caso specifico in questione, l'integrazione di un impianto eolico nel centro storico minore di Borgo Serrone ha la necessità di rispettare le tre categorie d'impatto esaminate in precedenza: biocompatibilità, ecosostenibilità e convenienza. Tutte sono considerate fondamentali, ma la categoria d'impatto della Convenienza evidenzia quale possano essere i vantaggi, ma anche i relativi svantaggi, nell'installazione di impianto nella realtà in esame.

In altri sistemi multicriteriali quest'ultima categoria non è considerata ma per la presente ricerca è **considerata** indispensabile. Mentre le categorie della biocompatibilità e dell'ecosostenibilità sono invariate rispetto alla matrice iniziale, la categoria d'impatto della convenienza è nuova e rappresenta l'elemento chiave della ricerca. Nella suddetta categoria sono elencate le esigenze emerse dagli studi di incompatibilità tra eolico e centro storico. In aggiunta alle incompatibilità emerse, sono prioritari i requisiti che l'impianto deve avere rispetto all'edificio, il sito e l'ambiente circostante. In particolar modo sono stati sottolineati alcuni parametri fondamentali, come il volume, la tipologia d'installazione, i dati climatici, le caratteristiche tecniche della pala eolica, efficienza, colore, postazione ed interazione con il paesaggio, per definire una soluzione alle criticità emerse dagli studi fatti a valle.

Di seguito una sintesi delle varie schede del VaME.

Ecostenibilità

A1.1.1.1

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Mitigazione > Limitazione dei cambiamenti climatici > **Effetto Serra**

A1.1.1.2

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Mitigazione > Limitazione dei cambiamenti climatici > **Acidificazione**

A1.1.1.3

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Mitigazione > Limitazione dei cambiamenti climatici > **Eutrofizzazione**

A.1.1.1.4

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Mitigazione > Limitazione dei cambiamenti climatici > **Smog Fotochimico**

A.1.1.1.5

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Mitigazione > Limitazione dei cambiamenti climatici > **Riduzione dello strato di Ozono**

A.1.1.1.6

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Mitigazione > Limitazione dei cambiamenti climatici > **Deforestazione**

A.1.2.1.1

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Protezione dell'ecosistema > Controllo dei rifiuti prodotti > **Rifiuti Solidi**

A.1.2.1.2

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Protezione dell'ecosistema > Controllo dei rifiuti prodotti > **Rifiuti liquidi**

A.1.2.1.3

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Protezione dell'ecosistema > Controllo dei rifiuti prodotti > **Ciclo di Riuso**

A.1.3.1.N

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Risparmio di risorse > Controllo delle risorse materiali utilizzate > **Materiale 1**

A.1.3.2.1

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Risparmio di risorse > Controllo delle risorse materiali utilizzate > **Energia incorporata delle materie prime**

A.1.3.2.2

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Risparmio di risorse > Controllo delle risorse materiali utilizzate > **Energia consumata per il prodotto**

A.1.3.2.3

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Risparmio di risorse > Controllo delle risorse materiali utilizzate > **Tipo di energia consumata per il processo produttivo**

Biocompatibilità

B.1.1.1.1

Biocompatibilità > Salute > Salubrità > Assenza di emissioni nocive > **VOC e altre emissioni nocive**

B.1.1.1.2

Biocompatibilità > Salute > Salubrità > Assenza di emissioni nocive > **Fibre minerali**

B.1.1.1.3

Biocompatibilità > Salute > Salubrità > Assenza di emissioni nocive > **Elettromagnetismo**

B.1.1.2.1

Biocompatibilità > Salute > Salubrità > Controllo del rumore prodotto > **Inquinamento acustico**

B.2.1.1.1

Biocompatibilità > Benessere > Benessere Acustico > Protezione dal rumore > **Isolamento acustico ai rumori aerei esterni**

B.2.2.1.1

Biocompatibilità > Benessere > Benessere Visivo > Controllo del flusso luminoso > **Caratteristiche dell'impianto eolico**

B.3.1.1.1

Biocompatibilità > Sicurezza > Sicurezza strutturale > Stabilità agli agenti atmosferici > **Resistenza al vento**

B.3.1.1.2

Biocompatibilità > Sicurezza > Sicurezza strutturale > Stabilità agli agenti atmosferici > **Resistenza alla neve**

Convenienza

C. 1.1.1.1

Convenienza > Aspetto > Armonia con l'elemento architettonico > Controllo dell'inserimento nell'elemento tecnico > **Volume**

C. 2.1.1.1

Convenienza > Fruibilità > Funzionalità > Facilità d'intervento > **Tipologia d'installazione**

C. 2.1.2.1

Convenienza > Fruibilità > Funzionalità > Spostabilità e Ricollocabilità > **Tipologia d'installazione**

C. 3.1.1.1

Convenienza > Gestione > Resistenza > Affidabilità ed Efficienza > **Dati climatici del sito**

C. 3.1.1.2

Convenienza > Gestione > Resistenza > Affidabilità ed Efficienza > **Caratteristiche tecniche dell'impianto eolico**

C. 3.1.1.3

Convenienza > Gestione > Resistenza > Affidabilità ed Efficienza > **Efficienza**

C. 4.1.1.1

Convenienza > Integrabilità > Integrabilità morfologica > Controllo dell'inserimento nell'edificio > **Colore**

C. 4.1.1.2

Convenienza > Integrabilità > Integrabilità morfologica > Controllo dell'inserimento nell'edificio > **Posizione**

C. 4.2.2.1

Convenienza > Integrabilità > Integrabilità antropologica > Controllo dell'inserimento per l'uomo > **Rumore**

C. 5.1.1.1

Convenienza > Economicità > Risparmio > Controllo delle spese e dei ricavi > **Costo di realizzazione**

C. 5.1.1.2

Convenienza > Economicità > Risparmio > Controllo delle spese e dei ricavi > **Costo di gestione e manutenzione**

Il sistema multicriteriale VaME può essere applicato per le varie tipologie installative di impianto microeolico, sia quello ad asse verticale sia ad asse orizzontale. Questa caratteristica permette di effettuare un confronto diretto tra le due tipologie discusse in precedenza, con ciò facilitando la ricerca delle soluzioni migliori in base a ciò che è emerso dai risultati.

I dati da inserire nel VaME sono facilmente reperibili dalle schede tecniche del prodotto. Quest'ultima caratteristica rende lo strumento accessibile a tutti sebbene si avvalga della scientificità e della complessità dei modelli multicriteriali.

14.2. Scelta degli indicatori per l'inserimento di un impianto microeolico in un centro storico

La categoria di impatto della convenienza ha generato gli indicatori che *rappresentano insieme di attributi intrinseci al fenomeno in esame*¹³⁹. Gli indicatori che sono stati prodotti prendono in considerazione le caratteristiche dell'impianto, sia quelle fisiche sia quelle prestazionali. Nel primo caso si esaminano gli elementi che caratterizzano l'impianto come i materiali che lo compongono, la sua forma o la sua altezza. Nel secondo caso, invece, si indica la potenza nominale dell'impianto eolico.

¹³⁹ Cossari A., Selezione del gruppo di controllo. : Dipartimento di Economia e Statistica - Arcavacata di Rende (CS), 2003, *Progetto di riferimento: Primo rapporto di ricerca sul sistema di monitoraggio del mercato del lavoro e di valutazione degli effetti occupazionali del POR Calabria*, pag. 130

Di ogni singola categoria della convenienza è stato definito:

- ~~le~~ esigenze;
- requisiti;
- parametro;
- indicatore.

CONVENIENZA - (PARAMETRO)	TIPOLOGIE DI SCHEDA	
	<u>Esigenza</u>	
	<u>Requisito</u>	
	<u>Parametro</u>	
	<u>INDICATORE</u>	Nome indicatore in esame
	<u>DESCRIZIONE</u>	Si descrive l'indicatore in esame
	<u>TIPOLOGIA</u>	Si indica la natura dell'indicatore
<u>TARGET D'IMPATTO</u>	Si indica il bersaglio dell'impatto considerato dall'indicatore	
<u>SOGLIA E PUNTEGGI</u>	Si indica la corrispondenza tra soglie e punteggi per l'indicatore considerato	

Tabella 13: schema-tipo della matrice degli indicatori della classe d'impatto della Convenienza

A sua volta, ogni indicatore è stato sviluppato secondo i seguenti fattori, riportati anche nella tabella 13:

- il nome del singolo indicatore;
- la descrizione dell'indicatore in esame;
- la natura dell'indicatore ;
- il bersaglio dell'impatto considerato dall'indicatore;
- la corrispondenza tra soglia e punteggio per l'indicatore considerato.

CONVENIENZA - VOLUME

Convenienza > Aspetto > Armonia con l'elemento architettonico > Controllo dell'inserimento nell'elemento tecnico > **Volume**

Esigenza Insieme dei rapporti geometrici, morfologici e materici che consentono un equilibrato inserimento del sistema microeolico nell'elemento architettonico in cui è installato.

Requisito La propensione dell'elemento eolico di essere in perfetta armonia con il l'elemento tecnico che lo contiene o che lo supporta.

Parametro L'estensione dell'impianto considerato come elemento d'intralcio

INDICATORE	SUPERFICIE	ALTEZZA
DESCRIZIONE	Si considera l'ingombro dell'impianto rispetto alla superficie d'installazione	Si considera l'altezza dell'impianto microeolico rispetto alla superficie d'installazione
TIPOLOGIA	Quantitativo	Quantitativo
TARGET D'IMPATTO	Edificio	Edificio
SOGLIA E PUNTEGGI	1 = totalmente decentrata 2 = parzialmente decentrata 3 = culmine tetto 4 = centrata orizzontalmente e verticalmente 5 = integrata nell'edificio	1 = altezza superiore ai 2 m 3 = altezza compresa tra i 2 m ed 1 m 5 = altezza inferiore ad 1 m

CONVENIENZA - TIPOLOGIA D'INSTALLAZIONE

Convenienza > Fruibilità > Funzionalità > Facilità d'intervento > **Tipologia d'installazione**

Esigenza Insieme delle condizioni relative alla semplicità intrinseca del sistema di essere gestito ed utilizzato per svolgere in modo continuo la funzione ad esso richiesta.

Requisito Possibilità di operare ispezioni, manutenzione e ripristini in modo agevole.

Parametro Si valutano le caratteristiche della tipologia d'installazione del sistema eolico

INDICATORE	TORRE DI SOSTEGNO	POSIZIONE
DESCRIZIONE	Si considera la tipologia di struttura rispetto alla facilità di sostituzione	Si considera l'altezza dell'impianto microeolico rispetto alla facilità di sostituzione
TIPOLOGIA	Qualitativo	Qualitativo
TARGET D'IMPATTO	Edificio Economico	Edificio Economico
SOGLIA E PUNTEGGI	1 = a cavalletto 3 = palo controventato 5 = palo	1 = culmine tetto 2 = su superficie inclinata 3 = su superficie verticale 4 = integrata nell'edificio 5 = esterna

CONVENIENZA - TIPOLOGIA D'INSTALLAZIONE (2)

Convenienza > Fruibilità > Funzionalità > Spostabilità e Ricollocabilità > Tipologia d'installazione		
Esigenza Insieme delle condizioni relative alla semplicità intrinseca del sistema di essere gestito ed utilizzato per svolgere in modo continuo la funzione ad esso richiesta.		
Requisito Attitudine del sistema a subire variazioni di installazione e posizionamento.		
Parametro Si valutano le caratteristiche della tipologia d'installazione del sistema eolico		
<u>INDICATORE</u>	TORRE DI SOSTEGNO	POSIZIONE
<u>DESCRIZIONE</u>	Si considera la tipologia di struttura rispetto alla possibilità di ricollocazione	Si considera la posizione dell'impianto microeolico rispetto ad un possibile riposizionamento
<u>TIPOLOGIA</u>	Qualitativo	Qualitativo
<u>TARGET D'IMPATTO</u>	Edificio Economico	Edificio Economico
<u>SOGLIA E PUNTEGGI</u>	1 = a cavalletto 3 = palo controventato 5 = palo	1 = culmine tetto 2 = su superficie inclinata 3 = su superficie verticale 4 = integrata nell'edificio 5 = esterna

CONVENIENZA - DATI CLIMATICI DEL SITO

Convenienza > Gestione > Resistenza > Affidabilità ed Efficienza > Dati climatici del sito	
Esigenza Insieme delle caratteristiche dei vari componenti dell'impianto che consentono una gestione semplificata e vantaggiosa relativamente al rendimento delle prestazioni durante l'intera vita utile del sistema eolico.	
Requisito Capacità di mantenere sensibilmente invariata nel tempo la qualità in condizioni d'uso determinate.	
Parametro Si analizzano alcuni dati climatici al fine di valutare la producibilità di energia elettrica.	
<u>INDICATORE</u>	VELOCITÀ DEL VENTO MEDIA ANNUALE
<u>DESCRIZIONE</u>	Si considera la quantità di vento necessaria per il funzionamento dell'impianto
<u>TIPOLOGIA</u>	Qualitativo
<u>TARGET D'IMPATTO</u>	Economico
<u>SOGLIA E PUNTEGGI</u>	1 = 1-2 m/sec 2 = 3-4 m/sec 3 = 5-6 m/sec 4 = 7-8 m/sec 5 = >9 m/sec

CONVENIENZA - CARATTERISTICHE TECNICHE

Convenienza > Gestione > Resistenza > Affidabilità ed Efficienza > **Caratteristiche tecniche dell'impianto eolico**

Esigenza Insieme delle caratteristiche dei vari componenti dell'impianto che consentono una gestione semplificata e vantaggiosa relativamente al rendimento delle prestazioni durante l'intera vita utile del sistema eolico.

Requisito Capacità di mantenere sensibilmente invariata nel tempo la qualità in condizioni d'uso determinate.

Parametro Si valuta il grado di rispondenza alle esigenze relative alle sue caratteristiche tecniche.

INDICATORE	POSIZIONE PALA	POTENZA NOMINALE	VITA UTILE	PESO
<u>DESCRIZIONE</u>	Si considera l'altezza dell'impianto rispetto agli ostacoli	Si considera la potenza generata o assorbita durante il funzionamento dell'impianto microeolico	Si considera il periodo di tempo entro cui l'impianto è in grado di svolgere le sue funzioni operative entro un prefissato livello di prestazioni.	Si considera il peso, espresso in kg, di un solo impianto microeolico
<u>TIPOLOGIA</u>	Qualitativo	Quantitativo	Qualitativo	Qualitativo
<u>TARGET D'IMPATTO</u>	Economico	Economico	Economico	Economico
<u>SOGLIA E PUNTEGGI</u>	1 = inferiore a 15 mt 5 = superiore a 15 mt	1 = inferiore a 1 KW 3 = da 10 a 1 KW 5 = da 10 a 20 KW	1 = inferiore ai 5 anni 2 = da 5 a 10 3 = da 11 a 15 4 = da 16 a 20 5 = oltre i 20	1 = superiore a 50 3 = da 30 a 50 5 = inferiore a 30

CONVENIENZA - EFFICIENZA

Convenienza > Gestione > Resistenza > Affidabilità ed Efficienza > Efficienza

Esigenza Insieme delle caratteristiche dei vari componenti dell'impianto che consentono una gestione semplificata e vantaggiosa relativamente al rendimento delle prestazioni durante l'intera vita utile del sistema eolico.

Requisito Capacità di mantenere sensibilmente invariata nel tempo la qualità in condizioni d'uso determinate.

Parametro Si valuta il grado di efficienza elettrico relativo alle sua posizione tecnica

INDICATORE	VELOCITÀ DEL VENTO	MATERIALE
<u>DESCRIZIONE</u>	Si considera la forma dell'edificio che aiuta ad incrementare la velocità di vento	Si considera il materiale adottato per la costruzione delle pale dell'impianto
<u>TIPOLOGIA</u>	Qualitativo	Qualitativo
<u>TARGET D'IMPATTO</u>	Edificio Economico	Edificio Economico
<u>SOGLIA E PUNTEGGI</u>	1 = linea di bordo tetto a falde 3 = linea di colmo tetto a falde 5 = tetto piano	1 = legno 3 = fibre di carbonio 5 = poliestere di vetro rinforzato

CONVENIENZA - COLORE

Convenienza > Integrabilità > Integrabilità morfologica > Controllo dell'inserimento nell'edificio > **Colore**

Esigenza Insieme delle condizioni relative alla fruizione percettiva del sistema eolico in relazione all'intero organismo architettonico.

Requisito Attitudine del sistema ad essere inserito in maniera equilibrata in relazione con l'intero organismo edilizio.

Parametro Si considera la qualità delle differenze cromatiche tra i moduli e l'elemento tecnico su cui sono installati.

INDICATORE	CONTRASTO CON IL PAESAGGIO	MATERIALE DIFFERENTE	OPACITÀ E RIFLESSIONE
DESCRIZIONE	Si considera la differenza cromatica tra l'impianto eolico e l'edificio	Si considera il materiale adottato per la costruzione delle pale dell'impianto	Si considera il grado di opacità o di riflessione dell'impianto eolico rispetto all'edificio
TIPOLOGIA	Qualitativo	Qualitativo	Qualitativo
TARGET D'IMPATTO	Edificio	Edificio	Edificio
SOGLIA E PUNTEGGI	1 = colori contrastanti disarmoniosi 2 = colori contrastanti armoniosi 3 = gradazioni molto differenti dello stesso colore 4 = gradazioni leggermente differenti dello stesso colore 5 = colore perfettamente mimetizzato	1 = poliestere di vetro rinforzato 3 = fibre di carbonio 5 = legno	1 = opaco/riflettente 2 = differenti livelli di riflessione 3 = differenti livelli di opacità 4 = stesso livello di riflessione 5 = stesso livello di opacità

CONVENIENZA - POSIZIONE

Convenienza > Integrabilità > Integrabilità antropologica > Controllo dell'inserimento nel paesaggio > **Posizione**

Esigenza Insieme delle condizioni relative alla fruizione percettiva del sistema eolico in relazione all'uomo.

Requisito Attitudine del sistema ad essere inserito in maniera equilibrata in relazione con la vita del fruitore.

Parametro Il luogo, o il punto di un luogo in cui l'impianto eolico è posto e come esso interagisce con l'uomo.

INDICATORE	OMBRA PRODOTTA
DESCRIZIONE	Si considera il luogo in cui ricadono le ombre
TIPOLOGIA	Qualitativo
TARGET D'IMPATTO	Prodotto e componente
SOGLIA E PUNTEGGI	1= vicinato 3 = proprio spazio/giardino 5 = tetto

CONVENIENZA - RUMORE

Convenienza > Integrabilità > Integrabilità antropologica > Controllo dell'inserimento per l'uomo > **Rumore**

Esigenza Insieme delle condizioni relative alla fruizione percettiva del sistema eolico in relazione all'uomo.

Requisito Attitudine del sistema ad essere inserito in maniera equilibrata in relazione con la vita del fruitore.

Parametro Il livello di disturbo che l'impianto eolico produce e come esso possa interferire con la vita dell'uomo.

INDICATORE	FONTI DI PRODUZIONE DI RUMORE	DISTANZA DALLA FONTE DI RUMORE	PRODUZIONE DELLA QUANTITÀ DI RUMORE
DESCRIZIONE	Si considerano le differenti fonti di rumore prodotte dall'impianto	Si considera la distanza tra la fonte del rumore e la popolazione	Si considera la soglia di livello sonoro che l'impianto deve rispettare
TIPOLOGIA	Qualitativo	Quantitativo	Quantitativo
TARGET D'IMPATTO	Uomo	Uomo	Uomo
SOGLIA E PUNTEGGI	1 = tonale 3 = aereodinamico e tonale 5 = aereodinamico	1 = < 20 m 3 = > 20 < 50 m 5 = > 50 m	1 = > 80 dB 2 = > 60 < 80 dB 3 = > 40 < 60 dB 4 = 40 dB 5 = non percettibile

CONVENIENZA - COSTO DI REALIZZAZIONE

Convenienza > Economicità > Risparmio > Controllo delle spese e dei ricavi > **Costo di realizzazione**

Esigenza Insieme delle condizioni relative alla capacità del sistema di minimizzare le spese e massimizzare i profitti.

Requisito Attitudine del sistema a garantire un soddisfacente rapporto tra i costi (di realizzazione e di gestione) e i benefici (in termini di livelli prestazionali e di risparmio monetario).

Parametro Il parametro considera i costi dei principali componenti del sistema microeolico.

INDICATORE	COSTO UNITARIO DELL'IMPIANTO	COSTO STRUTTURA DI SOSTEGNO
DESCRIZIONE	Si considera il costo un impianto microeolico	Si considera il costo della struttura di sostegno dell'impianto eolico
TIPOLOGIA	Quantitativo	Quantitativo
TARGET D'IMPATTO	Edificio Costi	Edificio Costi
SOGLIA E PUNTEGGI	1 = > 4000 € 3 = > 4000 < 2000 € 5 = < 2000 €	1 = palo controventato 3 = palo 5 = a cavalletto

CONVENIENZA - COSTO DI GESTIONE E MANUTENZIONE

Convenienza > Economicità > Risparmio > Controllo delle spese e dei ricavi > **Costo di gestione e manutenzione**

Esigenza Insieme delle condizioni relative alla capacità del sistema di minimizzare le spese e massimizzare i profitti.

Requisito Attitudine del sistema a garantire un soddisfacente rapporto tra i costi (di realizzazione e di gestione) e i benefici (in termini di livelli prestazionali e di risparmio monetario).

Parametro Il parametro considera i costi dell'impianto durante la sua fase di utilizzo dovuti alla necessaria periodica manutenzione.

INDICATORE	PAYBACK PERIOD DI UN IMPIANTO MICROEOLICO	INCENTIVI
DESCRIZIONE	Si considera il tempo di recupero del credito investito inizialmente	Si considerano gli incentivi statali per la produzione di energia
TIPOLOGIA	Qualitativo	Qualitativo
TARGET D'IMPATTO	Edificio Costi	Edificio Costi
SOGLIA E PUNTEGGI	1 = > 5 anni 3 = > 5 < 2 anni 5 = < 2 anni	1 = produzione energia inferiore al consumo 3 = produzione energia uguale al consumo 5 = produzione energia maggiore al consumo

15. Proposta di linee guida

15.1. Eventuali linee guida per l'integrazione del microeolico in un centro storico

Nel corso della presente tesi, sono state effettuate diverse analisi conoscitive, sia teoriche sia pratiche, sia appartenenti alla disciplina dell'architettura sia appartenenti ad ambiti diversi. Esempio di conoscenza proveniente da altri ambiti può essere quello collegato all'ambito dell'ingegneria o dell'acustica. Questi diversi approcci hanno permesso la conoscenza completa degli elementi che compongono la tesi.

Essere in possesso dei dati sopraccitati permette di affrontare l'argomento della stesura di linee guida che consentono l'individuazione di approcci corretti per un recupero energetico di un centro minore tramite l'installazione di un impianto microeolico.

Le linee guida proposte permettono di giungere ad una soluzione appropriata al problema secondo dati specifici esaminati in precedenza. Per tale motivo, infatti, le linee guida hanno come riferimento il concetto di Sostenibilità.

Per quanto concerne l'elaborazione delle linee guida collegate al concetto di sostenibilità, bisogna considerare tre elementi fondamentali, ad essa collegati, per ottenere una buona architettura: ambiente, società ed economia. Esse devono considerare l'identità del luogo, che secondo le parole dello psicologo ambientale Proshansky¹⁴⁰ *l'identità di luogo rimanda a quelle dimensioni del sé che definiscono l'identità personale dell'individuo in relazione all'ambiente fisico attraverso un complesso sistema di idee, credenze, preferenze, sentimenti, valori e mete consapevoli e inconsapevoli unite alle tendenze comportamentali e alle abilità rilevanti per tale ambiente*. Da queste parole si evince l'importanza dell'ambiente da esaminare e la memoria ad esso collegata presente in ogni abitante del luogo (collegamento ambiente-società), e come qualsiasi elemento nuovo da dover introdurre, debba essere ben integrato con il contesto in esame. Inoltre è necessario sottolineare che in questo caso è da affrontarsi un luogo importante dal punto di vista storico, pertanto bisogna considerare rilevante una giusta coesione tra la storia, il costruito, il paesaggio e le tecnologie avanzate da inserire.

Da quest'ultimo punto, ovvero quello relativo alle tecnologie avanzate, emerge una delle problematiche più critiche che verranno esaminate durante l'elaborazione delle linee guida. Un elemento che sarà ritenuto tra i più importanti rispetto agli altri aspetti è quello delle problematiche acustiche collegate all'impianto microeolico.

Per generare delle linee guida consone alle problematiche acustiche emerse bisogna considerare due fattori fondamentali:

- il rapporto tra l'oggetto da inserire e l'uomo;
- le possibili soluzioni da adottare da considerare appropriate per tale problema.

Le varie soluzioni che emergeranno possono essere considerate come un campionario da essere preso in considerazione in contesti che sono in possesso degli stessi requisiti o almeno di una parte di essi.

¹⁴⁰ Proshansky, H. M. , 1978, "The city and self-identity". *Environment and behavior*, 10(2), p. 155.

15.2. Scelta degli indicatori appropriati

Le linee guida che sono state elaborate per la seguente tesi sono delle proposte per il processo di inserimento di impianto eolico in centro storico minore. Tali linee guida sono frutto di un'elaborazione che lega due fattori:

- L'analisi delle Norme Uni 11277 del 2008¹⁴¹, in cui, con esse, si intende attivare un unico metodo per la valutazione della compatibilità degli interventi edilizi;
- L'analisi del caso studio in esame.

L'elaborazione delle linee guida si è sviluppata secondo i criteri che la norma UNI sopraccitata indica. In essa si definiscono tre classi di esigenze (salvaguardia dell'ambiente; utilizzo razionale delle risorse; benessere igiene e salute dell'utente¹⁴²), 18 esigenze e 37 requisiti.

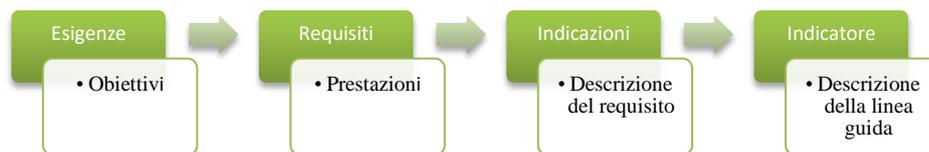


Figura 45: sintesi dello schema delle linee guida

Nel caso della presente ricerca, lo schema delle linee guida sarà suddiviso secondo quanto rappresentato nella figura 43:

- la categoria delle esigenze rappresenta gli obiettivi che la singola linea guida deve raggiungere;
- la categoria dei requisiti rappresenta le prestazioni da ottenere;
- la categoria delle indicazioni rappresenta le azioni da dover effettuare per ottenere il nostro obiettivo iniziale, in cui si spiega il nostro requisito;
- la categoria degli indicatori rappresenta le azioni per svolgere il compito al meglio secondo le problematiche presenti.

Il presente schema, con opportune modifiche, potrebbe essere destinato a chiunque volesse usufruire di un sistema microeolico come fonte di energia, in qualsiasi centro abitativo, non solo in un centro storico minore.

¹⁴¹ La norma rappresenta la prima di un gruppo destinato a sviluppare un metodo di riferimento nazionale per la valutazione dell'ecocompatibilità negli interventi edilizi. Essa definisce esigenze e requisiti relativi all'ecocompatibilità dei progetti edilizi riferiti al ciclo di vita dell'edificio.

¹⁴² Salvaguardia dell'ambiente: Insieme delle condizioni relative al mantenimento e miglioramento degli stati dei sovrasistemi di cui il sistema edilizio fa parte;

Utilizzo razionale delle risorse: Insieme delle condizioni per utilizzare le risorse dell'ambiente in modo coerente nei confronti degli utenti e dell'ambiente stesso con un regime economico/ambientale definito;

Benessere, igiene e salute dell'utente: insieme delle condizioni relative a stati del sistema edilizio adeguati alla vita, alla salute ed allo svolgimento delle attività degli utenti.

15.3. Scheda campione di possibili linee-guida

Allo scopo di individuare il compendio di linee guida per un progettista che voglia intraprendere questo approccio progettuale nuovo, vale a dire recuperare un centro storico minore e prestando attenzione al risparmio energetico utilizzando un impianto microeolico presente in commercio, vengono definite alcuni modelli più significativi per la realizzazione di ripristino del centro storico minore di Borgo Serrone.

Classe d'esigenza	Salvaguardia dell' ambiente
Esigenza	Salvaguardia dell'ambiente
Requisiti	Utilizzo di materiali, elementi e componenti a ridotto carico ambientale
Indicatori	<p>I materiali, gli elementi e i componenti devono avere un elevato grado di riciclabilità che dipende da:</p> <ul style="list-style-type: none"> - condizioni relative all'ubicazione del cantiere rispetto alle attività di trattamento e recupero dei materiali, che sono effettuate nel contesto territoriale; - disponibilità di spazi nel cantiere di demolizione per la raccolta dei rifiuti e dei materiali recuperati; - condizioni relative alla vicinanza al sistema della viabilità.
Azioni	Utilizzo di materiali reperibili in loco o nelle vicinanze della fabbricazione e da privilegiare i materiali in fibre naturali

L'obiettivo della linea guida, come emerge dallo schema qui riportato, è di mantenere e migliorare gli stati di cui il sistema edilizio fa parte. E' possibile giungere a questo obiettivo tramite l'utilizzo di quei prodotti che non comportano impatti negati sull'ambiente. I diversi fattori che possono influenzare tale scelta sono l'ubicazione del cantiere, poiché è rilevante conoscere gli spazi relativi al deposito dei rifiuti, e la vicinanza alla viabilità.

Per raggiungere gli obiettivi prefissati bisogna pensare ad utilizzare materiali che il compratore può reperire in loco. Questa azione è da considerare critica poiché anche se si utilizza un materiale naturale ma proveniente da luoghi lontani, il trasporto del materiale produce CO₂ nocivo per l'ambiente. Un esempio può essere quello di utilizzare un legno proveniente dall'America. Esso anche se è una fibra naturale, per essere sfruttato, deve essere trasportato da un luogo distante da quello italiano che i suddetti effetti negativi.

Oltre a considerare i materiali prodotti in loco o in un raggio di circa 50 km, per ottenere la salvaguardia dell'ambiente è necessario bisogna privilegiare i materiali naturali e non artificiali.

Classe d'esigenza	Salvaguardia dell'ambiente
Esigenza	Salvaguardia dei sistemi naturalistici e paesaggistici
Requisiti	Tutela e valorizzazione della diversità biologica del contesto naturalistico
Indicatori	L'impatto negativo del progetto sul sistema naturalistico di contesto, incluse le reti ecologiche, deve essere minimo e documentato negli elaborati di progetto.
Azioni	Utilizzo di un impianto che sia in armonia con l'intorno che si possa ottenere tramite l'utilizzo di un colore che possa mimetizzarsi con il l'intorno e che comporti una velocità elevata delle pale.

La linea guida in tabella ha il compito di esaminare le problematiche che si riferiscono alla salvaguardia del paesaggio e degli aspetti naturalistici presenti nel sito. Ciò è possibile tutelando e valorizzando tutto ciò che è presente in tal contesto dal punto di vista biologico. I diversi fattori che generano questo problema sono i molteplici impatti negativi che il progetto produce su ciò che lo circonda.

Per giungere all'obiettivo finale bisogna ipotizzare di utilizzare impianti che siano in armonia con il paesaggio naturalistico adottando diverse tecniche, come: l'utilizzo di colore simile all'intorno, che permette all'impianto di mimetizzarsi ed incrementare la velocità delle pale, così da non rappresentare un elemento di disturbo.

Classe d'esigenza	Utilizzo razionale delle risorse
Esigenza	Utilizzo razionale delle risorse
Requisiti	Utilizzo di materiali, elementi e componenti riciclati
Indicatori	Deve essere previsto un elevato utilizzo di materiali, elementi e componenti riciclati per diminuire i rifiuti prodotti
Azioni	Riutilizzare materiali o componenti dell'impianto per ridurre l'impatto

Secondo la normativa UNI, in questa linea guida, è importante analizzare l'utilizzo razionale delle risorse, sfruttando materiali, elementi e componenti riciclabili. Per stabilire quale materiale o componente sia ideale allo scopo suddetto, essi devono essere in possesso di requisiti ideali, ad esempio essi devono essere, in parte o del tutto, riciclati evitando, in questo modo, di produrre ulteriore rifiuti non necessari per il fine ultimo.

Il raggiungimento dell'obiettivo finale è vincolato inoltre all'utilizzo di materiali reperibili da altre strutture simili dismesse, così da riciclare gli elementi e ridurre in modo evidente i rifiuti.

Classe d'esigenza	Utilizzo razionale delle risorse
Esigenza	Utilizzo razionale delle risorse climatiche ed energetiche - requisito energetico
Requisiti	Riduzione del fabbisogno d'energia primaria e sostituzione di fonti energetiche da idrocarburi con fonti rinnovabili o assimilate
Indicatori	L'efficienza energetica (con riferimento all'energia primaria) del sistema complessivo edificio-impianto in progetto, deve essere incrementata rispetto alla prassi corrente e all'utilizzo di combustibili fossili non gassosi. Tale incremento può essere ottenuto riducendo il fabbisogno (misure di conservazione energetica e di aumento di rendimento degli impianti) e utilizzando sistemi energetici, basati su fonti rinnovabili
Azioni	La maggiore efficienza energetica dell'impianto microeolico è dovuta al suo posizionamento, ovvero è consigliabile posizionarlo su di un tetto piano, poiché da qualsiasi punto di esso giunge vento quasi sempre alla stessa velocità. Se invece ci troviamo di fronte ad un tetto a falde è consigliabile posizionare l'impianto più vicino al colmo.

Lo schema soprastante descrive un'altra linea guida che esamina la stessa classe di residenza considerata nella precedente linea guida. In questo caso, però, non sono i materiali ad essere considerati come ostacolo, ma le risorse energetiche primitive. Quest'ultime devono essere ridotte ed è necessario considerare di produrre energia attraverso l'utilizzo di impianti di energia da fonte rinnovabile. Il fabbisogno energetico può migliorare ripristinando l'edificio con tecnologie adeguate per la conservazione energetica, ad esempio l'adeguamento del sistema verticale principale (la muratura). Il ripristino energetico è ottenibile anche adottando sistemi energetici basati su fonti rinnovabili.

Per ottenere un esito positivo, ovvero ottenere il livello massimo dell'efficienza delle impianto microeolico, è utile esaminare le "best practices" in merito al corretto posizionamento dell'impianto. Se si è di fronte ad una superficie d'appoggio piana, non c'è un punto ideale poiché, in questo caso, il vento è caratterizzato dalla stessa intensità in tutti i punti dello spazio. Diversamente, se la superficie d'appoggio è inclinata, come un tetto a falde, il punto ideale è quello più vicino al colmo del tetto.

Classe d'esigenza	Benessere, igiene e salute dell'utente
Esigenza	Benessere, igiene e salute dell'utente
Requisiti	Benessere visivo degli spazi esterni
Indicatori	Le scelte progettuali relative alla sistemazione degli spazi esterni devono evitare il verificarsi di eventuali disturbi visivi quali, per esempio, l'abbagliamento provocato dalle interazioni tra gli elementi del progetto e il contesto
Azioni	Inserire la pala microeolica sui tetti, preferibilmente integrato con l'edificio in esame, così da evitare che essa sia vista da qualsiasi punto e che produca ombre sullo spazio altri; utilizzare pale con una torre che abbia una altezza massima di 2 m; utilizzo di un materiale che abbia lo stesso livello di opacità dell'edificio

La linea guida schematizzata come sopra, così come quella che si descrive nel paragrafo successivo, appartiene alla stessa classe di esigenza, vale a dire quella del benessere, igiene e salute dell'utente. Queste hanno il compito di controllare il sistema edilizio secondo la vita, la salute e lo svolgimento delle attività dell'uomo che ne usufruisce. Nel caso della linea guida precedente, ciò che si vuole ottenere è il benessere visivo, considerando l'armonia che si vuole raggiungere con l'esistente.

Come risposta a tale esigenza, il progettista ha il compito di utilizzare una pala microeolica integrata con l'edificio, così da evitare la produzione di ombre sugli edifici altrui, ad esempio ombra sui giardini o case dei vicini. Ciò è possibile evitando di utilizzare degli impianti con una torre di sostegno con un'altezza superiore a 2 metri e indirizzando la scelta verso una soluzione composta da materiali simili a ciò che circonda l'impianto.

Classe d'esigenza	Benessere, igiene e salute dell'utente
Esigenza	Benessere acustico degli spazi esterni
Requisiti	Protezione degli spazi d'attività esterni da fonti di rumore esterne agli spazi stessi
Indicatori	Le scelte progettuali, relative alla sistemazione degli spazi esterni, devono essere adeguate a proteggere gli spazi d'attività da fonti di rumore esterne agli spazi stessi
Azioni	Utilizzare una pala eolica di ultima generazione che, da certificazione, deve produrre un rumore pari o minore ai 40 dB; utilizzare pale tali che producano un rumore aerodinamico; posizionare la pala ad una distanza maggiore dalle abitazioni; posizionare dei piccoli arbusti, così da mimetizzare il rumore dell'impianto con il fruscio degli alberi.

Altra tipologia di benessere che si considera in questo studio è il benessere acustico degli spazi esterni, ovvero ottenere il benessere degli spazi interni in vista del rumore esterno prodotto dall'impianto.

Il problema relativo al rumore prodotto da una pala eolica può essere risolto o minimizzato utilizzando un impianto in commercio di ultima generazione, in quanto essi producono un rumore quasi del tutto assente per chi si trova nelle vicinanze. Ulteriore accorgimento potrebbe essere la posizione dell'impianto. Ad esempio, una soluzione potrebbe essere rappresentata da una posizione della pala lontana rispetto all'abitazione, circondata da piccoli arbusti, che nascondono il rumore prodotto dall'impianto e che, con la presenza del vento, producono un fruscio gradevole per l'uomo.

V Parte Conclusioni

16. Conclusioni e prospettive future di ricerca

Con riferimento al progetto architettonico che, citando le parole di Giancarlo De Carlo rappresenta certo *il momento decisivo di qualsiasi operazione spaziale*, ma che richiede anche la coscienza del fatto che *il percorso per arrivarvi passa attraverso tutti gli altri momenti (individuali, sociali, istituzionali), ciascuno dei quali irradia una molteplicità di cause e di effetti che influenzano il percorso e la mèta*, anche la presente tesi ha inteso soffermarsi su diversi temi, che hanno preso le mosse dalla ricerca del complesso stato degli elementi che la compongono; in particolare ci si è concentrati sullo studio dell'energia eolica, si sono valutate le questioni molteplici relative ai centri storici e all'eventualità di un loro recupero olistico e sostenibile, fino ad arrivare ad una proposta concreta. Quest'ultima ha consentito di indirizzare le indagini e le ricerche analitiche verso una realtà specifica e molto comune in Italia, nonché di verificare la fattibilità delle proposte scaturite dalla tesi mediante una applicazione pratica su un caso studio nel sud d'Italia.

Lo studio correlato ai diversi temi trattati durante la stesura della tesi ha sottolineato la complessità delle questioni sollevate, in particolare evidenziando le problematiche che sono connesse all'unione di elementi molto diversi tra loro.

La ricerca in esame ha avuto il compito di provare un nuovo approccio che permettesse l'uso efficiente di un impianto microeolico e un suo corretto inserimento in un centro storico abitato, a partire da una semplice soluzione, fino ad arrivare ad una possibile armonia tra le questioni messe a tappeto, e cioè: centro storico, inquinamento acustico e recupero dei centri storici minori.

Al fine di raggiungere lo scopo finale, ovvero ridurre le problematiche connesse all'installazione di un impianto di piccola taglia di eolico in un centro storico minore, sarebbe possibile utilizzare alcune nuove strategie utilizzate in altri casi.

Figura 46: schema delle azioni presenti nella tesi di dottorato elaborata

Ritornando alla procedura della tesi, dopo la conoscenza dei diversi stati dell'arte che compongono la ricerca, si è cercato di conoscere il luogo secondo dei passaggi che sono caratterizzanti l'approccio tecnologico. Infatti nella seconda parte si è attuato il passo fondamentale, che consiste nella informazione su tutte le componenti che caratterizzano il caso studio, il suo territorio, il suo ambiente sociale, culturale e materiale.

Nella terza parte della tesi sono state poi compiute indagini più approfondite, adottando tecniche, come il monitoraggio tradizionale ma anche utilizzando software computerizzati, che permettessero uno studio approfondito del luogo. Mentre infatti effettuare un monitoraggio significa conoscere il luogo che si sta esaminando in un periodo di tempo lungo, effettuare simulazioni virtuali ci permette invece di ottenere maggiori informazioni sul caso in esame in un tempo più breve, al contempo analizzando i comportamenti in situazioni atmosferiche anche molto diverse tra loro. Pertanto ciò ha permesso di ottenere risultati nettamente superiori a quanto il monitoraggio fornisce. Questo non significa che bisogna adottare solo analisi di tipo virtuale evitando il monitoraggio; ma che invece le due ricerche della conoscenza del luogo sono complementari tra loro e considerate un passaggio fondamentale per l'installazione di un impianto microeolico in un centro storico minore.

Effettuata l'analisi conoscitiva del luogo, si è cercato di dare un'impronta sostenibile alla ricerca, partendo dalla conoscenza di concetto sostenibile effettuato nella prima parte della tesi, fino alla realizzazione di un sistema multicriteriale denominato VaME. Tale sistema multicriteriale è caratterizzato dalla presenza dei tre aspetti principali che denominano il concetto di sostenibilità: l'aspetto ambientale che viene esaminato tramite la categoria d'impatto dell'ecosostenibilità; l'aspetto che si riferisce all'uomo che si avvale della categoria d'impatto biocompatibilità; per quanto riguarda la sfera economica, si è ricorsi alla categoria d'impatto della convenienza.

La novità che è stata apportata con la proposta di questo sistema multicriteriale è quella di voler rapportare, per la prima volta, un impianto microeolico ad un sistema che lo potesse giudicare secondo dei criteri specifici. Nel sistema multicriteriale, soprattutto nella categoria d'impatto relativa alla convenienza, sono state trattate tutte le problematiche emerse durante lo studio dello stato dell'arte dell'eolico e come quest'ultimo si rapporta con un contesto nuovo e con un centro storico minore, considerato elemento da tutelare e preservare nel tempo.

Le problematiche emerse, per tale motivo, sono quindi diventate elementi di base per la stesura del VaME, da cui sono nati, ad esempio, gli indicatori relativi all'ombra che l'impianto potrebbe produrre; sono stati considerati i materiali utilizzati per la costruzione delle pale e come essi possano influenzare le prestazioni tecniche dell'intero impianto. Ma l'indicatore più importante è quello collegato alla presenza del rumore prodotto dal sistema microeolico. Esso si suddivide nei sotto-indicatori relativi alla tipologia di rumore prodotta, alla distanza dalla fonte di rumore ed il livello, in decibel, del rumore che l'impianto produce.

Dallo studio del luogo e dalla stesura del sistema multicriteriale, è emerso che fino ad ora la tematica studiata durante tale ricerca fosse adatta solo a personale specializzato in tale settore : mentre infine si è potuto ipotizzare che attraverso un opportuno sistema complesso di linee-guida sarebbe consentito di operare anche ad un progettista o chi volesse installare l'impianto eolico nella propria proprietà. A tal scopo vengono in questa tesi esposti alcuni modelli programmatici basilari per l'elaborazione di tali linee guida, che a titolo esemplificativo potrebbero costituire un valido strumento e manuale atto alla facilitazione di uno studio per un armonico rapporto tra impianto a rinnovabili - come un microeolico - e il recupero sociale e ambientale di un centro storico minore.

Uno dei possibili sviluppi futuri di questa tesi è dunque rappresentato dalla elaborazione di una completa ed esaustiva raccolta di Linee guida indirizzate al suddetto obiettivo.

Ulteriore possibile sviluppo futuro potrebbe essere costituito dalla sinergia tra la tradizione e l'innovazione tecnologica: in particolare una delle potenziali declinazioni di tale aggregazione si potrebbe definire come quella che collega la conoscenza dei materiali all'architettura parametrica; quest'ultima, che si ricorda è completamente diversa dalla progettazione tramite BIM , risiede fondamentalmente nel fatto che alla base della procedura creativa si svolge un particolare processo definito progettazione algoritmica.

Progettare un elemento tramite l'architettura parametrica significa infatti usufruire di un algoritmo, il quale è *un procedimento (indipendente dall'uso del computer) che consente di calcolare un risultato desiderato a partire da dati in input attraverso una sequenza finita e logica di istruzioni elementari.*

Applicando dunque la progettazione parametrica al caso della tesi sarebbe possibile modificare i valori di una pala microeolica in base a dei dati parametrizzati che fungono da input, e che tengono conto in maniera scientifica del determinato contesto geografico.

In particolare i dati di input da dover analizzare non sono definiti dal progettista ed ideatore di una nuova pala eolica, ma vengono dettati direttamente dalle esigenze delle pale, ovvero dalle sue prestazioni, quali ad esempio :

- I numeri di giri della pala;
- La quantità di materiale da utilizzare;

- La produzione di rumore;
- L'utilizzo di materiali naturali.

Questo nuovo approccio, vale a dire usufruendo della progettazione parametrica, permetterebbe di raggiungere due ottimi risultati: in primo luogo consentire un livello molto elevato di conoscenza e concepimento di una pala eolica; ed inoltre, grazie alla possibilità di scorporare di volta in volta le problematiche interconnesse, consentire l'uso favorevole di tali impianti micro eolici anche in situazioni fino ad ora impensabili; e ciò è dovuto proprio alle potenzialità di tale procedura progettuale, che permette di modificare moltissime volte i parametri fondamentali per il suo funzionamento, e quindi di individuare le soluzioni migliori caso per caso.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1980 “Storia dell’Arte Italiana. Inchiesta sui centri storici minori”. Giulio Einaudi Editore, Torino.
- AA.VV., 1981, “il recupero dei vecchi centri storici. Gli aspetti teorici, i modi d’intervento”, Martin Internazionale Tarcento, Udine.
- AA. VV., 1990, “Barriere antirumore”, BE-MA Editrice, Milano.
- AA.VV., 2002, “Energia eolica: tra passato e futuro; un’alternativa attuale”, Alinea Editore, Firenze.
- AA.VV., 2003, “Involucri energetici”, SALA editori S.a.s. , Pescara.
- AA.VV., 2006, “Costruire il progetto sostenibile”, fonte: <http://www.iuav.it/SISTEMA-DE/Archivio-d/approfondi/sostenibil/Saggio-bibliografico.pdf>
- AA.VV., 2008, “Architettura energetica. Ricerche e proposte per una visione energetica dell’ambiente costruito”, Gangemi Editore, Roma.
- AA.VV., 2009, “Sfide per una dimensione sostenibile del costruire. Contributi sull’uso dell’energia in architettura” ,EdicomEdizioni, Milano.
- AA.VV. , 2010,” Wind power generation and wind turbine design”, WIT press, UK.
- AA.VV., 2010, “Wind power resource assessment in complex urban environments: MIT campus case-study using CFD Analysis”, in *Atti del Convegno AWEA 2010 WINDPOWER* .
- AA. VV., 2011, “ Roof mounting site analysis for micro-wind turbines”,*Renewable Energy*, 36(5), pp. 1379-1391.
- AA.VV., 2013, “Sistemi eolici. Impianti micro, mini e multi megawatt”, Maggioli Editore, Rimini.
- AA.VV., “Dispense di acustica di base per i corsi di Fisica Tecnica”, fonte: http://web.taed.unifi.it/fisica_tecnica/Secchi/documenti/acustica.pdf
- Ambrogetti, L., “Differenza tra ecosostenibile e biocompatibile”, fonte: <http://www.ecoage.it/differenza-tra-ecosostenibile-e-biocompatibile.htm>
- Andreolli, F., 2011, “Impianti mini e micro eolici. Guida alla progettazione e realizzazione”, Flaccovio Dario, Palermo.
- Andreolini P., Strano, E., “Valutazione di impatto ambientale impianti eolici- regione Puglia”.
- Barducci, I., 1984, “Acustica applicata”, E. S. A. Editrice, Roma.
- Belgiorno, V. , Naddeo, V. & Zarra, T., 2012,”Trattati di Biologia avanzati”, Edizione Aster.
- Benvenuto, E., 1984. Del recupero: la parola e la cosa. *Recuperare Edilizia, Design, Impianti*, 3(11).
- Bertacci, K., 2016, “Quanto costa installare un impianto minieolico?“, fonte: <https://www.fazland.com/articoli/guide-ai-costi/quanto-costa-installare-impianto-minieolico>
- Bartolazzi, A., 2005,” Le energie rinnovabili”, HOEPLI EDITORE.
- Boninconti, L. , “UNI 11277:2008” fonte: http://www.tecnologica.altervista.org/php5/index.php?title=UNI_11277:2008
- Bonnaure, C. , 2012, “Soluzioni progettuali per l’isolamento acustico: isolamento dai rumori per via aerea, d’urto e impiantistica, correzione acustica dei locali, specifiche tecniche per capitolati speciali d’appalto, produttori e prodotti specifici per l’acustica”,Maggioli Editore, Bologna.

- Carbonari, A., 2004, "Propagazione del suono in ambiente esterno", fonte: <http://www.iuav.it/Ateneo1/docenti/architettu/docenti-st/Carbonari-/materiali-1/Master-in-/CAMPOLIB1.pdf>
- Cassatella, C. fonte: http://www.ordinearchitetti.vercelli.it/bbb/file_content/fl337.pdf
- Caterina, G., 1989, "Tecnologia del recupero edilizio", Utet, Torino.
- Caterina, G., 2003, "Tecnologie di intervento per il recupero di Ortigia", Liguori editore, Napoli.
- Cervellati, P. L., 1991, "La città bella: il recupero dell'ambiente urbano", Società Editrice il Mulino, Bologna.
- Cervellati, P. L., 2000, "L'arte di curare la città", Società Editrice il Mulino, Bologna.
- Cingolani, S., Spagnolo, R., 2005, "Acustica musicale e architettonica", Utet Libreria.
- Civiero, P., "Approccio sostenibile al recupero dell'edilizia residenziale. Tendenze e strategie di intervento", fonte: http://www.vg-hortus.it/index.php?option=com_content&view=article&id=420:approccio-sostenibile-al-recupero-delledilizia-residenziale&catid=2:scritti&Itemid=15
- Cossari A., Selezione del gruppo di controllo. : Dipartimento di Economia e Statistica - Arcavacata di Rende (CS), 2003, *Progetto di riferimento: Primo rapporto di ricerca sul sistema di monitoraggio del mercato del lavoro e di valutazione degli effetti occupazionali del POR Calabria*, in <http://www.ecostat.unical.it/por/Por1.htm>
- D'Alessandro, E., 2015, "Il progetto UniversitasCasalium - 3000 posti letto in 30 paesi albergo. L'esperienza dei Casali di Cosenza", in *Atti del XXVII Convegno annuale di Sinergie Proceeding Heritage, management e impresa: quali sinergie?*.
- D'Alessio, G., 1983, "I centri storici: aspetti giuridici", Giuffrè, Napoli.
- D'Astoli, S., 2012, "Centro urbano", fonte: <http://www.wikitecnica.com/centro-urbano/>
- De Agostini, M., 2016, "Stop alle interferenze elettromagnetiche con uno spray . Smartphone e computer potrebbero essere schermati al meglio dalle interferenze elettromagnetiche con un nanomateriale innovativo chiamato MXene.", fonte: <https://www.tomshw.it/stop-alle-interferenze-elettromagnetiche-uno-spray-79948>
- De Joanna, P., 2010, "Il recupero edilizio nelle aree protette", Franco Angeli, Milano.
- Deplano, G., (a cura di), 2004, "Politiche e strumenti per il recupero urbano", Edicom, Monfalcone.
- De Simone, A., 2013, "Inquinamento da pale eoliche", fonte: <https://www.ideegreen.it/inquinamento-da-pale-eoliche-16580.html>
- Di Marzo, C., "Il Centro Culturale "Le Creste" a Rosignano Marittimo", in http://www.archiportale.com/news/2015/02/architettura/il-centro-culturale-le-creste-a-rosignano-marittimo_43758_3.html
- Di Stefano, R., 1979, "Il recupero dei valori: centri storici e monumenti ; limiti della conservazione e del restauro", Ed. Scientifiche Italiane, Napoli.
- Fabri, E., "Il concetto di energia e le sue applicazioni" fonte: <http://www.df.unipi.it/~fabri/sagredo/lezioni/energia-sd.pdf>
- Ferrara, G., 2002, "Le Attività di Simulazione e Sperimentazione pre-operativa presso il Centro Sperimentale CNS/ATM di ENAV SpA", in *Atti del II Convegno MIMOS*

- Francese, D., 2007, "Architettura e vivibilità", Franco Angeli, Milano
- Francini, M., Colucci, M., Palermo, A., & Viapiana, M. F., 2012, "I centri storici minori. Strategie di rigenerazione funzionale: Strategie di rigenerazione funzionale", FrancoAngeli, Milano.
- Gallo, C., 1995, "Architettura bioclimatica", Istituto Nazionale di Architettura, IN/ARCH, Roma.
- Georgiadis, T., & Mariani, L., 2006, "Clima e cambiamento climatico. I. Profilo storico, atmosfera e clima, variabilità del clima, ruolo delle nubi", in *Rivista Italiana di Agrometeorologia*, n. 1, pp. 4-18.
- Hansen, M.O., 2015. "Aerodynamics of wind turbines". Routledge.
- Hoedl, Erich. "Europe 2020 Strategy and European Recovery (Strategia Europa 2020 I EuropejskaOdbudowa)." *ProblemyEkorożwoju-Problems of Sustainable Development* 6.2 (2011): 11-18.
- Lo Monaco, A., 2017, "Colletta di Castelbianco: da borgo medievale abbandonato ad albergo diffuso high-tech", fonte: <http://www.vanillamagazine.it/colletta-di-castelbianco-da-borgo-medievale-abbandonato-ad-albergo-diffuso-piu-high-tech-d-italia/>
- Kiltmoller, L., "The Danish windmill industry takes off", fonte: http://www.kulturarv.dk/1001fortaellinger/en_GB/askov-residential-folk-high-schol-and-la-cour-s-experimental-mill/main
- Mancine, M.P., Mariani, L., 1981, "Centri storici minori: indagine metodologica". Bulzoni editore, Roma.
- Mancuso, F., 2013, "Eolico: la 'libellula' di Renzo Piano ha già prodotto 1200 KWh di", fonte: <https://www.greenme.it/informarsi/energie-rinnovabili/11652-eolico-renzo-piano-enel-green-power>
- Marchettini, N., & Tiezzi, E., 1999. "Che cos'è lo sviluppo sostenibile?: le basi scientifiche della sostenibilità e i guasti del pensiero unico", Donzelli Editore, Roma.
- Masullo, A., 2013, "Qualità vs Quantità. Dalla decrescita a una nuova economia", Lit Edizioni, Roma.
- Meneghello, G., 2013, "L'opportunità del minieolico e quegli ostacoli da superare", fonte: <http://www.qualenergia.it/articoli/20130412-opportunita-del-minieolico-e-gli-ostacoli-da-superare>
- Magliocco, A., 2015, "Il microeolico e le categorie di impatto: acustico, visivo, da rischio di incidente. Conoscere i parametri per definire i differenti impatti del microeolico è fondamentale per deciderne l'applicazione sul territorio", fonte: <http://www.ingegneri.info/news/impianti/il-microeolico-e-le-categorie-di-impatto-acustico-visivo-da-rischio-di-incidente/>
- Mommertz, E., MULLER-BBM, 2009, "Acustica e isolamento acustico", UTET, Milano.
- Muntoni, A. A., 2013, "La valutazione previsionale dell'impatto acustico e le metodologie/problematriche applicative: il caso delle infrastrutture stradali e degli impianti eolici. Metodo per la stima del clima acustico e dell'impatto acustico per aerogeneratori (L. 447/1995 e s.m.i., UNI/TS 11143-7:2013)", fonte: in http://www.ingegneri-ca.net/sites/default/files/download/201306_Ambiente-3_acustica-aerogeneratori.pdf
- Orsi, G., "Introduzione alla Fluidodinamica Computazionale (CFD)", fonte: <http://www.centropiaggio.unipi.it/sites/default/files/course/material/2013-10-08%20-%20CFD%20Intro.pdf>
- Pane, R., 1971, "Il Centro Antico di Napoli: restauro urbanistico e piano d'intervento", Edizioni scientifiche italiane.

- Pachauri, R. K. &Reisinger, A.,2007, “Climate Change 2007: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change”, Intergovernmental Panel on Climate Change, 1.
- Pallabazzer, R., 2004, “Sistemi eolici”, Rubbettino Editore, Catanzaro.
- Palumbo, M., 2012, “Architettura produttiva: principi di progettazione ecologica”. Maggioli Editore, Rimini.
- Papa, A., Mariconte, R.,2011, “Problematiche relative alla valutazione del rumore connesso con gli impianti eolici”, in *Atti del 38° Convegno Nazionale dell’Associazione Italiana di Acustica*.
- Paoletta, A., Bilanzone, G., 1993, “Territorio, urbanistica e rumore”, in *Verde Ambiente*, anno IX, n. 2 mar/apr., pag. 62-68
- Pascali, M. , 2012, “Acustica ambiente esterno: propagazione e valutazione del rumore, clima è impeto acustico, tecniche di disinquinamento”, Grafill, Palermo.
- Patrone, V., “Torri del vento: i sistemi di raffrescamento più sofisticati risalgono al X secolo a.C”, fonte: <https://www.architetturaecosostenibile.it/component/content/article?id=3203:torri-vento-sistemi-raffrescamento-833>
- Pelosi, F., 2016 “Colletta di Castelbianco, il borgo rinato dopo il terremoto”, fonte: http://www.ilsecoloxix.it/p/savona/2016/09/12/ASYKVyGE-colletta_terremoto_castelbianco.shtml
- Poli, D., 2001, “ Rappresentazione delle identità storico-morfologiche dei luoghi”, a cura di, fonte: https://www.google.com.tw/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiglN6M1_nVAhXCmZQKHc7IDuUQFgg3MAM&url=http%3A%2F%2Fwww.scuolasviluppolocale.it%2Frequest.php%3F189&usg=AFQjCNFpxkyrJxxi7jPZi9S2ytlIiFbRMg
- Proshansky, H. M. , 1978, “The city and self-identity”. *Environment and behavior*, 10(2), pp. 147-169.
- Riva, G. ,2008, “Architettura e costruzioni industriali. Tecnologie per un recupero sostenibile”, in: Labelli F., Marini S., (a cura di), “L’architettura e le sue declinazioni”, Iper testo Edizioni, Verona. Pp. 321-330.
- Rubboli, M., “Le Torri del vento: i climatizzatori naturali dell’antica Persia”, fonte: <http://www.vanillamagazine.it/le-torri-del-vento-i-climatizzatori-naturali-dell-antica-persia/>
- Russo, L., 2001, “La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico e la scienza moderna”, Feltrinelli, Milano.
- Santoli, L., 2005, “ Energia e architettura: l’innovazione tecnologica nella progettazione e nella gestione”, Kappa, Roma.
- Sanapo, M., 2001, “I centri storici come beni culturali: un percorso difficile”, in *Aedon* n.2, 0-0, fonte: <http://www.aedon.mulino.it/archivio/2001/2/sanapo.htm>
- Tedeschi, A., “Il processo è più importante del risultato”, fonte: http://www.arturotedeschi.com/wordpress/?page_id=1475
- Tedeschi, A., 2010, “Architettura parametrica: introduzione a Grasshopper”, Le penseur, Potenza.
- Turkle, S., 2011, “Il disagio della simulazione”, Vol. 4., Ledizioni, Milano.
- Zanetta, G. A., 2008, “Problematiche e dati di emissione di rumore sulle attuali turbine eoliche”, CESI Ricerca.

TESI

Coletta, T., PhDThesys, 2005, “La conservazione dei centri storici minori abbandonati, il caso della Campania”.

Franchina, L., 2010, “La nuova questione dei centri storici in Italia. Una ricognizione: nella letteratura, nelle politiche urbanistiche, nei progetti”.

D’Armetta, N., 2005, “Minieolico: tecnologia ed applicazione”.

Genovesi, G., “Il retrofit energetico dell’edilizia scolastica. Linee d’indirizzo per la governance dei processi di riqualificazione”.

Saccomanno, C., 2014, “L’acustica del teatro romano di Benevento secondo il “De Architectura” di Marco Vitruvio Pollione”.

Siani, R., PhDThesys, 2015, “Il processo Biomimetico sistemico nel progetto tecnologico di Architettura. Strumenti metodologici, informatici e meccanici.”

SITOLOGIA

<http://www.politicheeuropee.it/attivita/18503/europa-2020>

<http://online.scuola.zanichelli.it/50lezioni/files/2010/01/RapportoBrundtland.pdf>

<http://www.minambiente.it/pagina/il-programma-uomo-e-biosfera-mab>

<http://www.italia.it/it/idee-di-viaggio/siti-unesco/roma-la-citta-eterna.html>

http://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/1978_0457.htm

<http://www.agraria.org/coltivazioniarboree/castagno.htm>

<http://www.sitiunesco.it/?p=33>

<http://pcfarina.eng.unipr.it/dispense01/florio130494/florio130494.htm>

http://www.minambiente.it/sites/default/files/dpcm_01_03_91.pdf

<http://www.gammaenergy.it/eolico/i-principali-componenti.htm>

<http://www.tekneco.it/news-categoria/minieolico-i-problemi-non-vengono-spazzati-via-dal-vento/>

<http://www.industrial-design-germany.com/contact.html>

<http://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/la-sostenibilita-energetica-degli-edifici-71.html>

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A32002L0091>

<http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/autorizzazioni-e-valutazioni-ambientali/valutazione-ambientale-strategica-vas/normativa-via>

<https://eolicoefficiente.wordpress.com/2013/08/13/differenze-tra-eolico-ad-asse-verticale-ed-orizzontale/>

<http://www.comitatonaZIONALEpaesaggio.it/eolico/impatto.html>

<http://enerweb.casaccia.enea.it/enearegioni/UserFiles/Fontirinnovabili/normativa/normativa.htm>

<http://tettoeolico.altervista.org/edifici.html>

<http://cleantechnica.com/2015/05/01>

<http://www.nextville.it/news/2754>

<https://www.csqa.it/CSQA/Norme/Sostenibilita-Ambientale/ISO-14040-LCA>

<http://www.bcasa.it/innovativi-progetti-di-turbine-eoliche-una-fonte-di-energia-ecologica.html>

<http://www.enessere.com/it/hercules/introduzione/>

<http://www.vortexbladeless.com/index.php>

[http://geom-bartolucci-fausto.webnode.it/edilizia-ecosostenibile/eolico/ togliere se trovo nella tesi copyright](http://geom-bartolucci-fausto.webnode.it/edilizia-ecosostenibile/eolico/)

<http://www.atlanteeolico.it/>

<http://www.tozzigreen.com/>

<http://www.rinnovabili.it/econormativa/inquinamento-acustico-nuove-norme-eolico-666/>

<http://www.unesco.org/mabdb/br/brdir/directory/biores.asp?code=ITA+04&mode=all>

<http://windpods.com/>

<http://icewind.is/en/wind-power/>

<http://www.etneo.com/>

http://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp

http://classe4p.altervista.org/index.php?mod=02_Energie_Alternative/none_Energia_eolica

<http://www.treccani.it/>

<http://www.theplan.it/eng/webzine/the-plan-award-2015/centro-culturale-a-rosignano-solvay#sthash.K906k8wV.dpbs>

<http://italiaxlascienza.it/main/2014/06/comprendere-la-fisica-cose-lenergia/>

<http://www.sapere.it/sapere/strumenti/domande-risposte/storia-civiltà/origine-mulini-a-vento.html>

http://www.opec.org/opec_web/en/

<http://www.mini-eolico.net/impianto-eolico-o-parco-eolico/>

<http://www.consulente-energia.com/eolico-dimensioni-design-rotore-monopala-bipala-tripala-materiali-pale-turbine-eoliche-fibra-carbonio-vetro-legno-plastica-kw-tip-ratio-rapporto-velocita.html>

<http://www.aquilero.com/wind-energy/impianti-off-grid/>

http://www.repubblica.it/ambiente/2016/11/30/news/la_rivoluzione_dell_energia_pulita_1_ue_stanzia_177_miliardi-153148696/?ref=search

<http://www.ediltecnico.it/34778/nzeb-edifici-a-energia-quasi-zero-ecco-le-istruzioni-per-realizzarli/>

<http://www.ancsa.org/storia-dibattito/1960/1960>

http://www.beap.beniculturali.it/opencms/opencms/BASAE/sito-BASAE/contenuti/aree/Notizie/Belle-arti/visualizza_asset.html?id=4055&pagenome=783

https://www.unipa.it/centriinterdipartimentali/c.i.r.ce.s/.content/documenti/JANNI_25-Novembre.pdf

<http://www.consiglio Veneto.it/crvportal/leggi/2001/01r0002.html>

http://www.sportelloimpresa.it/repository/Normativa/LR%2003_96%20%20Programmi%20integrati%20di%20riqualificazione%20urbanistica.pdf

<http://www.fenr.it/Blog/valutazione-impatto-acustico-impianto-eolico/>

<https://emuarchitetti.com/2013/11/25/limportanza-di-dati-climatici-accurati/>

<http://www.mit.gov.it/progetti/programmi-riqualificazione-urbana-sviluppo-sostenibile-territorio>

http://web.taed.unifi.it/lab_tec_e/nuove%20lezioni/LEZIONE%203_1.pdf

APPENDICE

Appendice 1. Alcuni concetti base della disciplina Acustica

Il concetto di sorgente sonora e campo sonoro:

- nel primo caso, si definisce sorgente sonora qualsiasi congegno che permetta la creazione direttamente o indirettamente delle variazioni di pressione che consentono al suono di prodursi;
- nel secondo caso invece, si definisce campo sonoro lo spazio in cui sono presenti le variazioni di pressione interessate¹⁴³.

Differenti tipologie di sorgenti sonore:

- a) sorgente puntiforme;
- b) sorgente lineare;
- c) sorgente piana.

Ci troviamo di fronte ad una sorgente puntiforme quando le sue dimensioni sono piccole rispetto alla sua distanza dal ricevitore e si creano onde sonore sferiche.

La sorgente sonora lineare è una fonte di suono che produce un'onda sonora cilindrica.

Si definiscono sorgenti piane quelle sorgenti che generano onde sonore piane e non subiscono attenuazioni da divergenza¹⁴⁴.

¹⁴³Cfr. AA.VV., “Dispense di acustica di base per i corsi di Fisica Tecnica”, pag. 1, fonte:
http://web.taed.unifi.it/fisica_tecnica/Secchi/documenti/acustica.pdf

¹⁴⁴Cfr. Carbonari, A., 2004, “Propagazione del suono in ambiente esterno”, fonte:
<http://www.iuav.it/Ateneo1/docenti/architetto/docenti-st/Carbonari-/materiali-1/Master-in-/CAMPOLIB1.pdf>

Appendice 2. Schede dettagliate relative al VAME

A1.1.1.1

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Mitigazione > Limitazione dei cambiamenti climatici > **Effetto Serra**

Parametro	Indicatore	Sottoindicatori	Unità di Misura	Soglie	Sottopunti	Punti	Media	Note
Effetto Serra	Emissione di gas serra nella fase di preproduzione	Inserire gli elementi che compongono l'impianto	Kg CO2 eq/Kg	1= oltre 8 2= da 4 a 7 3= da 1 a 3 4= da 0 a 2 5= valori negatii				
	Emissione di gas serra nella fase di produzione	-	Kg CO2 eq/KWp	1= oltre 1200 2= da 900 a 1199 3= da 800 a 899 4= da 600 a 799 5= da 0 a 599				
	Emissione di gas serra nella fase di distribuzione	-	Kg CO2 eq/tKm	1= oltre 2000 2= da 1300 a 199 3= da 800 a 1299 4= da 300 a 799 5= da 0 a 299				
	Emissione di gas serra nella fase di uso	-	Kg CO2 eq/Kg	1= oltre 500 2= da 300 a 499 3= da 200 a 299 4= da 100 a 199 5= da 0 a 99				
	Emissione di gas serra nella fase di dismissione	-	-	1= Incenerimento 2= Riciclaggio dei materiali e dei componenti 3= Discarica 4= Compostaggio 5= Riutilizzo dei materiali o/e recupero dei componenti				



A1.1.1.2

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Mitigazione > Limitazione dei cambiamenti climatici > **Acidificazione**

Parametro	Indicatore	Sottoindicatori	Unità di Misura	Soglie	Sottopunti	Punti	Media	Note
Acidificazione	Emissione di SO2 equivalenti nella fase di preproduzione	Inserire gli elementi che compongono l'impianto	g SO2 eq/Kg	1= oltre 60 2= da 50 a 60 3= da 30 a 49 4= da 10 a 29 5= da 0 a 9				
	Emissione di SO2 equivalenti nella fase di produzione	-	Kg SO2 eq/KWp	1= oltre 9 2= da 6 a 8 3= da 3 a 5 4= da 1 a 2 5= da 0 a 1				
	Emissione di SO2 equivalenti nella fase di distribuzione	-	g SO2 eq/tKm	1= oltre 4000 2= da 2500 a 3999 3= da 1000 a 2499 4= da 500 a 1999 5= da 0 a 499				
	Emissione di SO2 equivalenti nella fase di uso	-	g SO2 eq/Kg	1= oltre 500 2= da 300 a 499 3= da 200 a 299 4= da 100 a 199 5= da 0 a 99				
	Emissione di SO2 equivalenti nella fase di dismissione	-	-	1= Incenerimento 2= Riciclaggio dei materiali e dei componenti 3= Discarica 4= Compostaggio 5= Riutilizzo dei materiali o/e recupero dei componenti				

A1.1.1.3

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Mitigazione > Limitazione dei cambiamenti climatici >

Eutrofizzazione

Parametro	Indicatore	Sottoindicatori	Unità di Misura	Soglie	Sottopunti	Punti	Media	Note
Eutrofizzazione	Emissione di fosfati nella fase di preproduzione	Inserire gli elementi che compongono l'impianto	g PO4 eq/Kg	1= oltre 3 2= da 1,5 a 2,9 3= da 0,7 a 1,4 4= da 0,5 a 0,8 5= da 0 a 0,4				
	Emissione di fosfati nella fase di produzione	-	Kg PO4 eq/KWp	1= oltre 1 2= da 0,6 a 0,9 3= da 0,4 a 0,5 4= da 0,2 a 0,3 5= da 0 a 0,1				
	Emissione di fosfati nella fase di distribuzione	-	g PO4 eq/tKm	1= oltre 600 2= da 300 a 599 3= da 100 a 299 4= da 50 a 99 5= da 0 a 49				
	Emissione di fosfati nella fase di uso	-	Kg PO4 eq	1= oltre 1,5 2= da 1 a 1,4 3= da 0,5 a 0,9 4= da 0,3 a 0,4 5= da 0 a 0,2				
	Emissione difosfati nella fase di dismissione	-	-	1= Incenerimento 2= Riciclaggio dei materiali e dei componenti 3= Discarica 4= Compostaggio 5= Riuso dei materiali o/e recupero dei componenti				

A.1.1.1.4

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Mitigazione > Limitazione dei cambiamenti climatici > **Smog****Fotochimico**

Parametro	Indicatore	Sottoindicatori	Unità di Misura	Soglie	Sottopunti	Punti	Media	Note
Smog fotochimico	Emissione di etilene nella fase di preproduzione	Inserire gli elementi che compongono l'impianto	g C ₂ H ₄ eq/Kg	1= oltre 5 2= da 1 a 4 3= da 0,5 a 0,9 4= da 0,2 a 0,4 5= da 0 a 0,1				
	Emissione di etilene nella fase di produzione	-	Kg C ₂ H ₄ eq/KWp	1= oltre 3 2= da 1 a 2,9 3= da 0,5 a 0,9 4= da 0,2 a 0,4 5= da 0 a 0,1				
	Emissione di etilene nella fase di distribuzione	-	g C ₂ H ₄ eq/tKm	1= oltre 500 2= da 200 a 499 3= da 100 a 199 4= da 50 a 99 5= da 0 a 49				
	Emissione di etilene nella fase di uso	-	Kg C ₂ H ₄ eq	1= oltre 1 2= da 0,5 a 0,9 3= da 0,2 a 0,4 4= da 0,1 a 0,2 5= da 0 a 0,1				
	Emissione etilene nella fase di dismissione	-	-	1= Incenerimento 2= Riciclaggio dei materiali e dei componenti				

			<p>3= Discarica 4= Compostaggio 5= Riutilizzo dei materiali o/e recupero dei componenti</p>				

A.1.1.1.5

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Mitigazione > Limitazione dei cambiamenti climatici > **Riduzione dello strato di Ozono**

Parametro	Indicatore	Sottoindicatori	Unità di Misura	Soglie	Sottopunti		Media	Note
Riduzione dello strato di Ozono	Emissione di CFC eq. nella fase di preproduzione	Inserire gli elementi che compongono l'impianto	mg CFC eq/Kg	1= oltre 0,3 2= da 0,15 a 0,2 3= da 0,1 a 0,14 4= da 0,05 a 0,09 5= da 0 a 0,04				
	Emissione di CFC eq. nella fase di produzione	-	mg CFC eq/KWp	1= oltre 0,3 2= da 0,15 a 0,2 3= da 0,1 a 0,14 4= da 0,05 a 0,09 5= da 0 a 0,04				
	Emissione di CFC eq. nella fase di distribuzione	-	mg CFC eq/tKm	1= oltre 75 2= da 25 a 74 3= da 10 a 24 4= da 2,5 a 9 5= da 0 a 2,4				
	Emissione di CFC eq. nella fase di uso	-	mg CFC eq	1= oltre 0,2 2= da 0,1 a 0,19 3= da 0,05 a 0,09 4= da 0,03 a 0,04 5= da 0 a 0,02				
	Emissione CFC eq. nella fase di dismissione	-	-	1= Incenerimento 2= Riciclaggio dei materiali e dei componenti 3= Discarica 4= Compostaggio 5= Riutilizzo dei materiali o/e recupero dei componenti				

A.1.1.1.6

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Mitigazione > Limitazione dei cambiamenti climatici > **Deforestazione**

Parametro	Indicatore	Sottoindicatori	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Deforestazione	Presenza di materiali lignei o vegetali	-	-	SI/No			
	Percentuale di materiali lignei o vegetali utilizzati	-	%	1= >60% 2= compreso tra il 40% e 60% 3= compreso tra il 20% e 39% 4= compreso tra il 0% e 19% 5= nessun materiale vegetale			
	Percentuale di provenienza locale e/o regionale	-	%	1= compreso tra il 0% e 19% 2= compreso tra il 20% e 39% 3= compreso tra il 40% e 59% 4= compreso tra il 60% e 79% 5= compreso tra il 80% e 100%			
	Percentuale di provenienza da foreste controllate		%	1= compreso tra il 0% e 19% 2= compreso tra il 20% e 39% 3= compreso tra il 40% e 59% 4= compreso tra il 60% e 79% 5= compreso tra il 80% e 100%			

A.1.2.1.1

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Protezione dell'ecosistema > Controllo dei rifiuti prodotti > **Rifiuti****Solidi**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Rifiuti Solidi	Rifiuti pericolosi prodotti	-	1= quantità molto alta di rifiuti 2= quantità alta 3= quantità media 4= bassa quantità di rifiuti 5= nessuna quantità di rifiuti			
	Pericolosità dei rifiuti	-	1= radiattivi 2= mutageni 3= cancerogni 4= infettivi 5= tossici			
	Rifiuti non pericolosi prodotti	-	1= quantità molto alta di rifiuti 2= quantità alta 3= quantità media 4= bassa quantità di rifiuti 5= nessuna quantità di rifiuti			

A.1.2.1.2

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Protezione dell'ecosistema > Controllo dei rifiuti prodotti > **Ciclo di Riuso**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Ciclo di riuso	Recuperabilità	-	1= non recuperabile 2= riutilizzabile con trattamento 3= riciclabilità 4= compostaggio o incenerimento 5= riutilizzabile così com'è			
	Separabilità delle componenti	-	1= componenti assemblati con leganti 2= componenti assemblati tramite saldatura 3= componenti assemblati tramite incollaggio 4= componenti assemblati tramite serraggio 5= componenti assemblati tramite incastro			
	Omogeneità delle componenti	-	1= oltre 8 materiali 2= da 6 a 8 materiali 3= da 3 a 5 materiali 4= 2 materiali			

5= 1 materiale

A.1.3.1.n

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Risparmio di risorse > Controllo delle risorse materiali utilizzate >

Materiale n#1 che compone l'impianto

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Materiale n#1 che compone l'impianto	Reperibilità	-	1= molto poco reperibile 2= poco reperibile 3= mediamente reperibile 4= abbastanza reperibile 5= molto reperibile			
	Rinnovabilità	-	1= non rinnovabili 2= basso tasso di rinnovabilità 3= medio tasso di rinnovabilità 4= alto tasso di rinnovabilità 5= elevato tasso di rinnovabilità			
	Materia nuova impegnata	%	1= oltre 80 2= da 60 a 80 3= da 40 a 60 4= da 20 a 39 5= da 0 a 19			
	Consumo d'acqua nella produzione	Litri	1= molto elevato 2= elevato 3= medio 4= basso 5= molto basso o nullo			

	Biodegradabilità	Anni	<p>1=oltre i 100/non biodegradabile 2= dai 51 ai 100 3= dai 6 ai 50 4= dai 2 ai 5 5= da 0 a 1</p>		
	Recuperabilità	-	<p>1= non recuperabile 2= riutilizzabile cn trattamento 3= riciclabilità 4= compostaggio o incenerimento 5= riutilizzabile così com'è</p>		
	Produzione e rilascio di scarti nell'ambiente	-	<p>1= quantità molto alte di scarti 2= quantità alte di scarti 3= quantità medie di scarti 4= quantità bassa di scarti 5= nessuna quantità di scarti</p>		

A.1.3.2.1

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Risparmio di risorse > Controllo delle risorse materiali utilizzate >

Energia incorporata delle materie prime

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Energia incorporata delle materie prime	Materiale 1	MJ/Kg	1=oltre 100 2= da 50 a 99 3= da 30 a 49 4= da 10 a 29 5= da 0 a 9			
	Materiale 2	MJ/Kg	1=oltre 100 2= da 50 a 99 3= da 30 a 49 4= da 10 a 29 5= da 0 a 9			
	Materiale ennesimo	MJ/Kg	1=oltre 100 2= da 50 a 99 3= da 30 a 49 4= da 10 a 29 5= da 0 a 9			

A.1.3.2.2

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Risparmio di risorse > Controllo delle risorse materiali utilizzate >

Energia consumata per il prodotto

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Energia consumata per il prodotto	Energia per il processo produttivo	MJ/Kwp	1= oltre 25000 2= pda 20000 a 25000 3= da 18000 a 20000 4= da 15000 a 18000 5= sotto i 15000			
	Energia di trasporto per la distribuzione del prodotto	MJ/tKm	1= oltre 6000 2= da 3001 a 5999 3= da 1501 a 3000 4= da 501 a 1500 5= da 0 a 500			
	Energia di utilizzo	W	1= superiore a 13,5 2= da 12,1 a 13,4 3= da 10,1 a 12 4= da 7,1 a 10 5= inferiore a 7			
	Energia di dismissione	-	1= Incenerimento 2= Riciclaggio dei materiali e dei componenti 3= Discarica 4= Compostaggio 5= Riutilizzo dei materiali o/e recupero dei componenti			

A.1.3.2.3

Ecosostenibilità > Salvaguardia dell'ambiente > Risparmio di risorse > Controllo delle risorse materiali utilizzate >

Tipo di energia consumata per il processo produttivo

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Tipo di energia consumata per il processo produttivo	Energia rinnovabile	%	1= dallo 0 al 5 2= dal 5,1 al 15 3= dal 15,1 al 20 4= da 20,1 al 30 5= oltre il 30,1			
	Energia non rinnovabile	%	1= dallo 0 al 5 2= dal 5,1 al 15 3= dal 15,1 al 20 4= da 20,1 al 30 5= oltre il 30,1			

B.1.1.1.1

Biocompatibilità >Salute >Salubrità > Assenza di emissioni nocive > **VOC e altre emissioni nocive**

Parametro	Indicatore	Sottoindicatori	Unità di Misura	Soglie	Sottopunti	Punti	Media	Note
VOC e altre emissioni nocive	Materiali utilizzati nel prodotto	Inserire gli elementi che compongono l'impianto	-	1= radioattività 2= cancerogena 3= tossica 4= allergogena 5= nessuna				
	Tecniche usate per la pre-produzione	Inserire gli elementi che compongono l'impianto	-	1= combustione oltre i 1500° 2= combustione tra i 1000° ed i 1500° 3= combustione tra i 300° ed i 1000° 4= combustione fino ai 300° 5= tecniche a freddo				
	Tecniche usate per la produzione	-	-	1= combustione oltre i 1500° 2= combustione tra i 1000° ed i 1500° 3= combustione tra i 300° ed i 1000° 4= combustione fino ai 300° 5= tecniche a freddo				

B.1.1.1.2

Biocompatibilità > Salute > Salubrità > Assenza di emissioni nocive > **Fibre minerali**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Fibre naturali	Materiali utilizzati nel prodotto	%	1=oltre il 60% del prodotto 2= dal 40% al 60 % 3= dal 20% al 40 % 4= dall' 1% al 20% 5= nessun materiale			
	Pericolosità dell'emissione	-	1= radioattività 2= mutagena 3= cancerogena 4= infettiva 5= tossica			

B.1.1.1.3

Biocompatibilità > Salute > Salubrità > Assenza di emissioni nocive > **Elettromagnetismo**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Elettromagnetismo	Campo elettrico prodotto dall'impianto	V	1= superiore a 0,8 2= da 0,7 a 0,8 3= da 0,6 a 0,7 4= da 0,5 a 0,6 5= inferiore a 0,5			
	Posizione dell'impianto	-	1 =esterna 2 = integrata nell'edificio 3 = su superficie verticale 4 = su superficie inclinata 5 = culmine tetto			

B.1.1.2.1

Biocompatibilità >Salute >Salubrità > Controllo del rumore prodotto > **Inquinamento acustico**

Parametro	Indicatore	Sottoindicatori	Unità di Misura	Soglie	Sottopunti	Punti	Media	Note
Inquinamento acustico	Emissione di rumore in fase di pre-produzione	Inserire gli elementi che compongono l'impianto	–	1= forgiatura o fucinatura 2= laminazione 3= estrusione o trafilatura 4= stampaggio , tempra o rinvenimento 5= tecnica di stampa				
	Emissione di rumore in fase di produzione	–	–	1= forgiatura o fucinatura 2= laminazione 3= estrusione o trafilatura 4= stampaggio , tempra o rinvenimento 5= tecnica di stampa				
	Emissione di rumore in fase di dismissione	–	–	1= scarica 2= incenerimento 3= riciclaggio di materiali e componenti 4= riuso di materiali 5= tcompostaggio				

B.2.1.1.1

Biocompatibilità > Benessere > Benessere Acustico > Protezione dal rumore > **Isolamento acustico ai rumori aerei esterni**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Isolamento acustico ai rumori aerei esterni	Fonoassorbente	dB	1 = $R_w < 20$ dB 2 = $20 \text{ dB} < R_w < 27$ dB 3 = $27 \text{ dB} < R_w < 35$ dB 4 = $35 \text{ dB} < R_w < 45$ dB 5 = $R_w > 45$ dB			

B.2.2.1.1

Biocompatibilità > Benessere > Benessere Visivo > Controllo del flusso luminoso > **Caratteristiche dell'impianto eolico**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Caratteristiche dell'impianto eolico	Fattore di riflessione luminosa	%	1 = da 80 a 100 2 = da 60 a 80 3 = da 40 a 60 4 = da 20 a 40 5 = da 0 a 20			

B.3.1.1.1

Biocompatibilità > Sicurezza > Sicurezza strutturale > Stabilità agli agenti atmosferici > **Resistenza al vento**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Resistenza al vento	Zona di vento	–	1 = zone 8 e 9 2 = zona 7 3 = zone 4,5 e 6 4 = zona 3 5 = zone 1 e 2			
	Classe di rugosità del terreno	–	1 = classe D 2 = classe C 3 = classe B 4-5 = classe A			
	Coefficiente di esposizione	–	1 = classe I 2 = classe II 3 = classe III 4 = classe IV 5 = classe V			

B.3.1.1.2

Biocompatibilità > Sicurezza > Sicurezza strutturale > Stabilità agli agenti atmosferici > **Resistenza alla neve**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Resistenza alla neve	Zona di carico neve al suolo	–	1 = zona 1 e altitudine oltre i 750 mt 2 = zona 1 e altitudine sotto i 750 mt 3 = zona 2 e altitudine oltre i 750 mt 4 = zona 2 e altitudine sotto i 750 mt. 5 = zona 3			
	Possibilità di accumulo contro pareti verticali	–	1 = si 5 = no			

C. 1.1.1.1

Convenienza > Aspetto > Armonia con l'elemento architettonico > Controllo dell'inserimento nell'elemento tecnico > **Volume**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Volume	Superficie	-	1 = totalmente decentrata 2 = parzialmente decentrata 3 = culmine tetto 4 = centrata orizzontalmente e verticalmente 5 = integrata nell'edificio			
	Altezza	m	1 = >2 3 = < 2 ed >1 5 = < 1			

C. 2.1.1.1

Convenienza > Fruibilità > Funzionalità > Facilità d'intervento > **Tipologia d'installazione**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Tipologia d'installazione	Torre di sostegno	-	1 = a cavalletto 3 = palo controventato 5 = palo			
	Posizione	-	1 = culmine tetto 2 = su superficie inclinata 3 = su superficie verticale 4 = integrata nell'edificio 5 = esterna			

C. 2.1.2.1

Convenienza > Fruibilità > Funzionalità > Spostabilità e Ricollocabilità > **Tipologia d'installazione**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Tipologia d'installazione	Torre di sostegno	-	1 = a cavalletto 3 = palo controventato 5 = palo			
	Posizione	-	1 = culmine tetto 2 = su superficie inclinata 3 = su superficie verticale 4 = integrata nell'edificio 5 = esterna			

C. 3.1.1.1

Convenienza > Gestione > Resistenza > Affidabilità ed Efficienza > **Dati climatici del sito**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Dati climatici	Velocità del vento media annuale	m/sec	1 = 1-2 2 = 3-4 3 = 5-6 4 = 7-8 5 = >9			

C. 3.1.1.2

Convenienza > Gestione > Resistenza > Affidabilità ed Efficienza > **Caratteristiche tecniche della pala**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Caratteristiche tecniche dell'impianto eolico	Posizione pala	m	1 = inferiore a 15 5 = superiore a 15			
	Potenza nominale	KW	1= inferiore a 1 3 = da 10 a 1 5 = da 10 a 20			
	Vita utile	Anni	1 = inferiore ai 5 2 = da 5 a 10 3 = da 11 a 15 4 = da 16 a 20 5 = oltre i 20			
	Peso	Kg	1 = superiore a 50 3 = da 30 a 50 5 = inferiore a 30			

C. 3.1.1.3

Convenienza > Gestione > Resistenza > Affidabilità ed Efficienza > **Efficienza**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Efficienza	Velocità del vento	-	1 = linea di bordo tetto a falde 3 = linea di colmo tetto a falde 5 = tetto piano			
	Materiale	-	1 = legno 3 = fibre di carbonio 5 = poliestere di vetro rinforzato			

C. 4.1.1.1

Convenienza > Integrabilità > Integrabilità morfologica > Controllo dell'inserimento nell'edificio > **Colore**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Colore	Contrasto con il paesaggio	-	1 = colori contrastanti disarmoniosi 2 = colori contrastanti armoniosi 3 = gradazioni molto differenti dello stesso colore 4 = gradazioni leggermente differenti dello stesso colore 5 = colore perfettamente mimetizzato			
	Materiale differente	-	1 = poliestere di vetro rinforzato 3 = fibre di carbonio 5 = legno			
	Opacità e riflessione	-	1 = opaco/riflettente 2 = differenti livelli di riflessione 3 = differenti livelli di opacità 4 = stesso livello di riflessione 5 = stesso livello di opacità			

C. 4.1.1.2

Convenienza > Integrabilità > Integrabilità morfologica > Controllo dell'inserimento nell'edificio > **Posizione**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Posizione	Ombra prodotta	-	1= vicinato 3 = proprio spazio/giardino 5 = tetto			

C. 4.2.2.1

Convenienza > Integrabilità > Integrabilità antropologica > Controllo dell'inserimento per l'uomo > **Rumore**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Rumore	Fonti di produzione di rumore	-	1 = tonale 3 = aereodinamico e tonale 5 = aereodinamico			
	Distanza dalla fonte di rumore	m	1 = < 20 3 = > 20 < 50 5 = > 50			
	Produzione della quantità di rumore	dB	1 = > 80 2 = > 60 < 80 3 = > 40 < 60 4 = 40 5 = non percettibile			

C. 5.1.1.1

Convenienza > Economicità > Risparmio > Controllo delle spese e dei ricavi > **Costo di realizzazione**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Costo di realizzazione	Costo unitario dell'impianto	€	1 = >4000 € 3 = > 4000 < 2000 € 5 = <2000 €			
	Costo struttura di sostegno	-	1 = palo controventato 3 = palo 5 = a cavalletto			

C. 5.1.1.2

Convenienza > Economicità > Risparmio > Controllo delle spese e dei ricavi > **Costo di gestione e manutenzione**

Parametro	Indicatore	Unità di Misura	Soglie	Punti	Media	Note
Costo di gestione e manutenzione	PAYBACK period di un impianto microeolico	anni	$1 = > 5$ $3 = > 5 < 2$ $5 = < 2$			
	Incentivi	-	1 = produzione energia inferiore al consumo 3 = produzione energia uguale al consumo 5 = produzione energia maggiore al consumo			