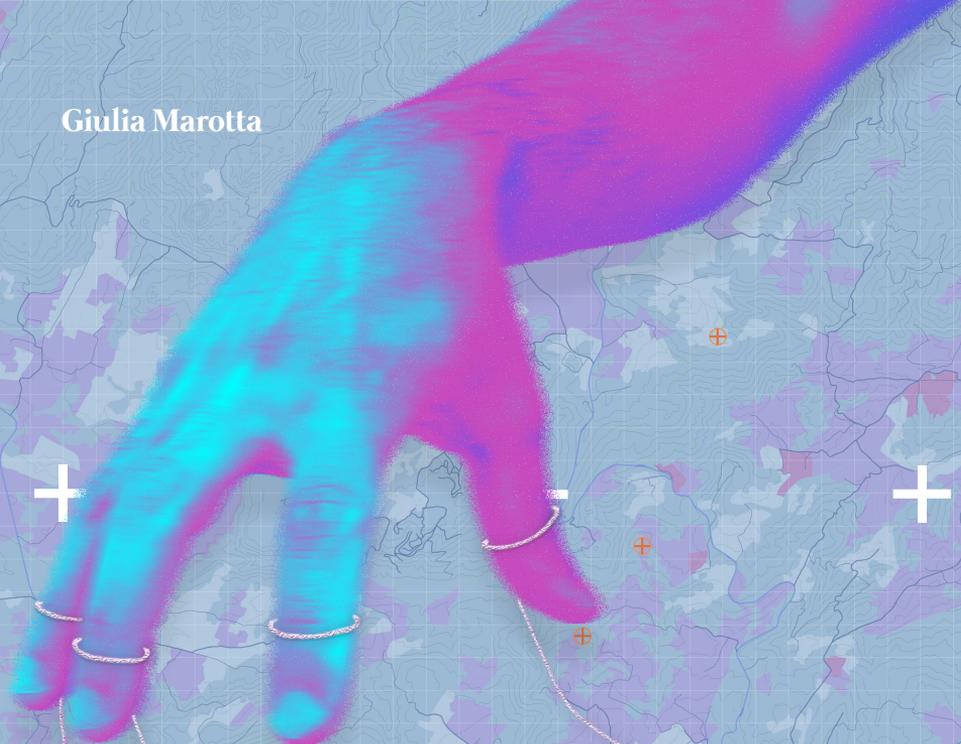


Giulia Marotta



PER MANO DEL VENTO

Progettare l'eolico a partire dalla governance territoriale



POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Architettura e Design
Corso di Laurea Magistrale
in Architettura Costruzione Città
a.a. 2024/2025

Candidata
Giulia Marotta
s300268

Relatore
Prof. Michele Cerruti But

Correlatore
Prof. Enrico Fabrizio

Per mano del vento

Progettare l'elico a partire

della

generazione

territoriale

e

l

e

i

Abstract

it

La tesi indaga la relazione tra produzione di energia rinnovabile eolica e territorio, un tema ancora marginale nella disciplina urbanistica e al contempo affrontato in modo frammentario dalla normativa, spesso limitata a strette prescrizioni vincolistiche più che a strumenti di progetto. L'obiettivo è duplice: da un lato una più profonda comprensione di questa relazione che possa mantenere la complessità della commistione di dimensioni tecniche, spaziali, sociali e normative; dall'altro, la proposta di un approccio progettuale in grado di mantenere questa stessa complessità e che possa superare la logica puramente funzionale ed estrattiva che caratterizza gran parte degli impianti esistenti.

Il lavoro si articola in tre parti principali. La prima vede l'eolico come tecnologia: ne analizza il funzionamento tecnico, l'evoluzione dell'uso in Italia, l'integrazione nella rete elettrica e le implicazioni di scala territoriale. La seconda parte esplora il rapporto tra eolico e territorio attraverso tre ambiti di indagine: le questioni spaziali, con particolare attenzione agli impatti paesaggistici e ambientali e alla decostruzione dei progetti in aspetti che riguardano sia l'impianto sia la sua infrastruttura; le questioni sociali, analizzando conflitti, forme di attivismo, pratiche di coinvolgimento delle comunità e ricadute socioeconomiche; gli aspetti normativi, evidenziando il quadro regolativo internazionale e nazionale, e osservando l'incompletezza, ma anche l'orientamento più al controllo che non alla promozione di buone pratiche. La seconda sezione si conclude con una rassegna critica di casi studio internazionali.

La terza parte è incentrata sul caso della Gallura e sulla proposta di un Parco Eolico, progetto bloccato da un'organizzazione ambientalista. Il caso, situato nell'area interna della Sardegna, è stato scelto per la sua capacità di sintetizzare in modo emblematico le potenzialità e le criticità legate a questo tema. Alla luce della lettura di questo caso, ma anche della più ampia ricerca intorno alla relazione tra eolico e territorio, la tesi muove una questione che pare centrale: la debolezza dei modelli di governance. In questa prospettiva e indagando un'ampia letteratura e casi specifici, propone un doppio abaco di pratiche: da un lato, pratiche di governance e partecipazione; dall'altro, pratiche ambientali e spaziali, che possono tra loro essere combinate nella costruzione di modelli ipotetici.

L'applicazione al caso Gallura, che ridefinisce il progetto impiegando alcune delle buone pratiche spaziali dell'abaco, si muove infine tra due scenari di gestione alternativi: da una parte, una Cooperativa Energetica, basata sulla redistribuzione degli utili, dall'altra una Comunità Energetica Solidale, fondata sulla condivisione delle responsabilità. Questi scenari, rappresentati attraverso diagrammi, schizzi e viste, esplorano in che modo l'eolico possa diventare infrastruttura territoriale capace di connettere energia, paesaggio e società.

Abstract

en

The thesis investigates the relationship between wind-based renewable energy production and territory—a theme still marginal in urban planning discourse and, at the same time, addressed in a fragmented way by regulations, which are often reduced to restrictive constraints rather than developed as planning tools. The objective is twofold: on the one hand, to deepen the understanding of this relationship while preserving the complexity of its technical, spatial, social, and regulatory dimensions; on the other, to propose a design approach capable of maintaining this same complexity and of overcoming the purely functional and extractive logic that characterizes most existing plants.

The work is structured in three main parts. The first examines wind energy as a technology: it analyses its technical functioning, the evolution of its use in Italy, its integration into the electrical grid, and its territorial-scale implications. The second part explores the relationship between wind energy and territory across three fields of inquiry: spatial issues, with particular attention to landscape and environmental impacts and to the deconstruction of projects into components concerning both plants and their infrastructure; social issues, through the analysis of conflicts, activism, community engagement practices, and socio-economic repercussions; and regulatory aspects, highlighting the international and national frameworks and pointing out their incompleteness, as well as their tendency to focus more on control than on the promotion of good practices. This section concludes with a critical review of international case studies.

The third part focuses on the case of Gallura and the proposal of a wind farm project that was blocked by an environmental organization. Located in the inland area of Sardinia, the case was chosen for its emblematic ability to synthesize both the potential and the criticalities associated with this issue. In light of this case study, as well as the broader investigation into the relationship between wind energy and territory, the thesis raises a central question: the weakness of governance models. From this perspective, and drawing on extensive literature and specific cases, it proposes a dual repertoire of practices: on the one hand, practices of governance and participation; on the other, environmental and spatial practices, which can be combined to construct hypothetical models.

Finally, the application to the Gallura case redefines the project by employing some of the spatial good practices identified in the repertoire, and unfolds across two alternative management scenarios: on the one hand, an Energy Cooperative based on profit redistribution; on the other, a Solidarity Energy Community founded on shared responsibilities. These scenarios – represented through diagrams, sketches, and visualizations – explore how wind energy can become a territorial infrastructure capable of connecting energy, landscape, and society.

Introduzione	001
<i>01. Una soluzione sostenibile: l'eolico</i>	<i>005</i>
1.1. La tecnologia	007
1. I meccanismi di funzionamento	008
Leggi fisiche a supporto	010
Il funzionamento	014
2. La macchina	017
Tipologie: asse verticale e orizzontale	017
On-shore, off-shore e nearshore	019
La scelta dell'aerogeneratore	020
1.2. La produzione di energia	023
1. L'efficienza e la capacità	024
L'evoluzione dell'eolico in Italia	028
2. L'integrazione nella rete elettrica	031
3. Gli aspetti economici	036
<i>02. La relazione tra eolico e territorio</i>	<i>039</i>
2.1. Questioni spaziali	041
1. Eolico, territorio e paesaggio	042
2. Lo spazio dell'impianto	046
Modelli per l'identificazione delle aree idonee	050
3. Lo spazio dell'infrastruttura	054
4. Impatti spaziali e ambientali	066
2.2. Questioni sociali	075
1. Conflitti e attivismi	080
2. Il coinvolgimento delle comunità locali	092
Il coinvolgimento nella pianificazione	095
Il coinvolgimento nella gestione	097
3. Impatti sociali	103
Qualità della vita	105
Benefici economici locali	110
2.3. Aspetti normativi	113
1. Quadro politico normativo internazionale	116
2. Quadro politico normativo nazionale	118
2.4. Casi studio, diversi territori per l'energia	127
Amsterdam	128
Ponte Albanito	132
Feldheim	136
Nuoro	140
Bow Island	144
Manawatu-Whanganui	148



03. Parco Eolico Gallura	153
3.1. Il fallimento di un progetto	155
1. Parco Eolico Gallura	156
2. Cronaca di progetto	162
3. Conflitti e attivismi	164
3.2. Tre ipotesi di lavoro	171
1. Una proposta metodologica	172
2. Un duplice abaco	174
Le pratiche sociali	175
Le pratiche spaziali	180
Legenda pratiche	184
3. Esempi di modelli	186
Il <i>modello Sinergia</i>	186
Il <i>modello Attrazione</i>	190
Il <i>modello Sintonia</i>	194
Il <i>modello Co-creazione</i>	198
3.3. Una proposta per la Gallura	205
1. Archivio fotografico	206
2. Letture territoriali	214
3. Due scenari: Coop-ER e CER-S	226
Conclusioni	252
Bibliografia	255

Introduzione

Davanti ad obiettivi climatici come il dimezzamento della produzione di energia derivata da combustibili fossili entro il 2030, sono diversi i percorsi intrapresi dai paesi del mondo: alcuni, grazie a delle politiche attente, seguono azioni valide al raggiungimento dell'obiettivo, altre, invece, sembrano essere del tutto incoscienti della situazione climatica ed energetica del pianeta. La classifica dei paesi che meglio seguono una performance conforme con il raggiungimento degli obiettivi viene stilata dal "Climate Change Performing Index", il quale basa la valutazione su tre parametri: l'andamento delle emissioni, lo sviluppo sia dell'efficienza energetica sia del rinnovabile e le politiche climatiche.

Le politiche climatiche nazionali dovrebbero rendere più chiari e raggiungibili gli obiettivi attraverso diverse applicazioni a livello regionale e comunale; nel caso specifico dell'Italia, però, le nuove politiche ricollocano la nazione in 58°esima posizione (ranking per la specifica classifica relativa alle politiche climatiche); risultato raggiunto soprattutto per una politica climatica nazionale rappresentata dall'attuale aggiornamento del Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) il quale fa compiere un ulteriore passo indietro al taglio delle emissioni entro il 2030 consentendo un taglio di appena il 40.3% rispetto al 1990.

È necessario un cambio di rotta. L'Italia ha la possibilità di recuperare il ritardo attuale e raggiungere l'obiettivo climatico del 65% di taglio delle emissioni entro il 2030, imparando a sfruttare principalmente l'efficienza energetica e le energie rinnovabili. La fatica nel raggiungere i precedentemente citati traguardi deriva da diversi fattori, tra questi: la non uniformità dell'energia, l'impossibilità nel programmarla e l'effettivo rendimento di questa alla luce delle necessità energetiche del Paese. Il tentativo di risollevarla la situazione viene mosso da "Paris Compatible Scenario" elaborato da *Climate Analytics*, il quale riporta i dati cruciali per comprendere l'impatto ambientale e le strategie di sostenibilità di un Paese: i mix energetici ed i mix elettrici. I dati riportano la fattibilità dell'obiettivo di - 65% di emissioni climalteranti entro il 2030 se considerato il 63% di rinnovabili nel Mix Energetico ed il 91% nel Mix Elettrico.

Il mix Energetico fa riferimento al soddisfacimento del fabbisogno energetico nazionale, regionale o di una comunità basandosi su un sistema complessivo composto da fonti non rinnovabili come il gas naturale, il petrolio ed il carbone e che da fonti rinnovabili, come ad esempio: il solare, l'idroelettrico e l'eolico. Facendo riferimento all'anno 2024, in Italia, secondo la società che gestisce la rete elettrica di trasmissione nazionale, Terna, la domanda di energia è stata di circa 312 TWh, di cui il 41%, cioè circa 128 TWh, è stato coperto da fonti rinnovabili. Tra queste diverse fonti di energia rinnovabili, il solare risulta essere quello più utilizzato, seguito dall'idroelettrico e poi

dall'eolico. La conformazione geografica della nazione ha un'influenza significativa sull'utilizzo delle energie rinnovabili: la zona settentrionale, grazie ai numerosi fiumi e laghi, offre ottime opportunità per l'energia idroelettrica; il centro-sud Italia, a causa della diminuzione dell'inclinazione dei raggi solari, riceve energia solare più intensa e costante durante tutto l'anno, ideale per la produzione di energia fotovoltaica e le coste italiane, in particolare quelle meridionali e le isole come la Sicilia e la Sardegna, sono adatte per l'energia eolica grazie ai venti costanti. I fattori che influenzano negativamente un percorso verso una copertura totale della domanda di energia elettrica da rinnovabile sono svariati e toccano ogni macro-tema: dalla gestione delle politiche, ai costi iniziali, e, ancora allo scetticismo generico. Provando a considerare gli ambiti dove gli esperti energetici-ambientali e paesaggistici possono intervenire, questi fattori si riducono e con una gestione attenta si può arrivare ad una massimizzazione dei benefici. Ai noti aspetti negativi dell'eolico che spesso vengono menzionati come, ad esempio, l'intermittenza della risorsa e l'impossibilità di programmazione si aggiunge l'impatto percettivo che la macchina induce al soggetto osservatore.

L'impatto visivo è un fattore ben riconducibile anche ad altre fonti di rinnovabile ma, si suppone per le grandi dimensioni delle macchine, per l'impatto sul territorio e per le interferenze visive, alcune comunità percepiscono l'eolico come un elemento di negativa partecipazione al generico ideale di paesaggio. Oltre alla questione prettamente estetica legata alla presenza delle pale eoliche, sorgono altre problematiche che su dati scientifici si fondano: in alcune realtà territoriali i progetti sono troppi ed il territorio non è sufficiente. Un approccio non studiato da parte di chi ha potere decisionale può influenzare masse, le quali si mostreranno sempre più scettiche e quindi lontane dalla volontà di avanzamento verso gli obiettivi di sostenibilità fissati al 2030. La tesi racconta la relazione tra eolico e territorio, proponendo un'interpretazione ampia che non si ferma ad una semplice questione tecnica o localizzativa, ma approfondisce la complessità che coinvolge paesaggi, comunità, processi decisionali e pratiche progettuali. La comprensione dell'energia eolica significa guardare oltre l'impianto in sé, focalizzandosi sugli effetti che produce sul territorio, sia a livello spaziale sia a quello sociale.

La ricerca si divide in tre parti. La prima sezione approfondisce l'eolico come tecnologia per la produzione energetica, raccontandone evoluzione, funzionamento e collocazione all'interno del sistema elettrico nazionale. La seconda parte esplora la relazione tra eolico e territorio, analizzandola secondo tre dimensioni principali: spaziale, sociale e normativa. Una selezione di casi studio internazionali, letti in chiave critica, conclude questa sezione di lavoro. La terza parte invece indaga

un caso specifico, quello della Gallura, dove un progetto di parco eolico è stato bloccato da una forte opposizione sociale. Secondo una precisa metodologia di progetto e lo studio del caso specifico si elabora un modello alternativo basato su pratiche sociali e spaziali al fine di ripensare l'eolico non come infrastruttura estrattiva, ma come dispositivo relazionale e territoriale.

Parte uno

0 1

Risorsa naturale e infinita: il vento. Sin dall'antichità si rivela essere fautore de "*le cose belle che porta l'ciel*", sgombrando dalle nuvole il cielo dantesco. O anche in antichità, divinità per Aztechi e mitologia greca. Sin dalle prime civiltà antiche, il vento è stato usato per la navigazione con le barche a vela e per azionare i mulini a vento per la macina dei cereali o il pompaggio d'acqua.





LA TECNOLOGIA

[1] Il rapporto tra differenza di pressione tra due punti e la loro distanza viene chiamato gradiente barico orizzontale.

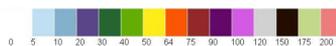
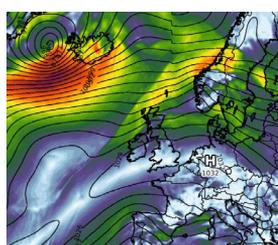
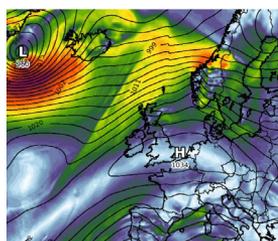
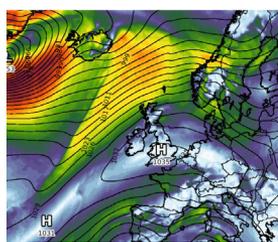
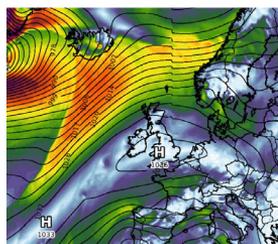
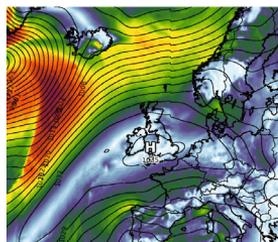
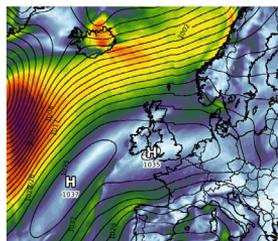
All'interno dell'atmosfera terrestre, sono le differenze di pressione a generare il vento. Queste differenze sono causate da un non uniforme riscaldamento della superficie terrestre da parte del sole, per cui, in prossimità delle aree in cui è ceduto più calore, l'aria si riscalda e la pressione diminuisce e la situazione opposta si verifica in caso di aree in cui viene ceduto meno calore: la conseguenza a questo comportamento atmosferico è la creazione di aree ad alta pressione ed altre a bassa pressione. I principi della fluidodinamica testimoniano come il movimento di un fluido, che include sia liquidi che gas, tenda a verificarsi sempre dalla zona ad alta pressione a una zona a bassa pressione perché le molecole di cui è composto sono più "comprese" se si trovano in un'area ad alta pressione favorendo il movimento delle stesse verso un'area che dispone di più spazio e quindi a bassa pressione. Il movimento che si crea è percepito come vento. La sua velocità è direttamente proporzionale alla differenza di pressione tra le due aree messe a contatto: più alta è la differenza di pressione, maggiore è la velocità dell'aria che uscirà dall'area a maggiore pressione.

La differenza di pressione¹ non è l'unico parametro secondo cui varia la densità e la direzione del vento: la forza di Coriolis influenza i venti cicloni e anticicloni con la rotazione terrestre; l'attrito con la superficie terrestre e dei mari, che influenzato dalla variazione di altitudine, è estremamente incisivo circa la costanza del vento; la morfologia di un'area, la quale se non presenta rilievi, colline, edifici, o più in generale aree urbane, è soggetta ad un vento più costante, come ad esempio il mare aperto e le grandi zone pianeggianti.

Diversi software sono in grado di mostrare la trasformazione dei livelli di pressione sulla superficie terrestre. Sono in seguito riportare diverse carte metereologiche utili alla comprensione delle differenze di pressioni nell'area selezionata. Ogni carta indica un momento descrittivo della situazione metereologica; ognuna di queste dista temporalmente sei ore dalla carta successiva; tramite delle isobare, le quali congiungono i punti con medesima pressione atmosferica al livello del mare o ad una certa quota altimetrica, è possibile comprendere l'intensità del vento.

La differenza di pressione può essere compresa osservando il gradiente compreso tra due diverse zone di pressione definite dalle isobare: più il gradiente delle aree è corto, più la "discesa" da alta a bassa pressione è ripida e più energici sono i venti. Il vento è la fonte d'energia pulita utilizzata dagli impianti eolici. Per ottenere un'ottima produzione d'energia elettrica, le aree in cui possono essere localizzate le turbine devono essere precisamente valutate in base a diversi parametri, tra cui anche il vento e la sua potenza.

[fig. 1] Fonte:
Metcheck GFS Model
Charts, Surface
Wind Gust (mph),
cartografie del 1 e
2 marzo 2025



Il vento è la fonte d'energia pulita utilizzata dagli impianti eolici. Per ottenere un'ottima produzione d'energia elettrica, le aree in cui possono essere localizzate le turbine devono essere precisamente valutate in base a diversi parametri, tra cui anche il vento e la sua potenza. Le aree, sia marittime che terrestri, che giovano di venti più energici sono ideali per l'insediamento di questa tecnologia: il rotore delle turbine ha bisogno di una velocità del vento di almeno 10 km/h per entrare in funzione e consentire al generatore di produrre energia elettrica. Il vento cambia di forma e direzione di continuo, per entrambe queste caratteristiche può essere misurato e distinto. La direzione del vento viene riconosciuta con una nomenclatura specifica: il punto di provenienza della corrente determina il nome della stessa; alcuni esempi: il Libeccio viene dalla Libia, lo Scirocco parte dalla Siria e il Grecale è così chiamato perché proviene dalla Grecia, precisamente dall'isola di Zante; oppure dalla provenienza indicata nella Rosa dei venti, ad esempio il vento di

Sud-Ovest. Le diverse unità di misura utilizzabili per misurare il vento sottolineano i molteplici studi eseguiti sin dall'antichità circa la sua forza. Il vento può essere indicato sia attraverso la misura della sua velocità misurata in nodi, cioè in miglia orarie e quindi in chilometri orari (ENEA, 2000), sia attraverso la sua intensità descritta nella scala di Beaufort attraverso la differenziazione in diversi valori delle condizioni del mare: un vento di forza zero, viene definito da Beaufort, ammiraglio inglese dei primi anni dell'Ottocento, come "Calma", e quindi come: "il vento non sposta il fumo che esce dai camini; mare calmo". Il vento di massimo grado della scala, ovvero 12, è invece classificato come "Uragano" e così definito: "Provoca devastazioni gravissime; case seriamente danneggiate o distrutte; onde alte fino a 14 metri".

La correlazione tra i due metodi di misura avviene tramite una semplice formula empirica:

$$v = 0.836 \times \sqrt{B^3} \quad \text{oppure} \quad B = 1,13 \times \sqrt[3]{v^2}$$

dove β indica il valore nella scala di Beaufort.

Leggi fisiche a supporto

Attraverso gli aerogeneratori, l'energia cinetica del vento viene prima trasformata in meccanica (rotazione delle pale) e successivamente in elettrica tramite un generatore d'elettricità all'interno della turbina.

L'energia di una massa m in kg di vento che ha una velocità v su una turbina eolica è pari a:

$$E_w = 1/2 \cdot m \cdot v^2$$

In cui la massa m è data da:

$$m = \rho \cdot V_{o1}$$

dove ρ è la densità dell'aria in kg/m^3 e V_{o1} è il volume dell'aria in m^3 , che è pari a Avt , dove A è la sezione del rotore in m^2 .

Quindi, la potenza meccanica totale del vento è data da:

$$P_w = 1/2 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

Viene introdotto il termine C_p (coefficiente di potenza), utilizzato per ottenere la potenza meccanica in uscita da una turbina eolica:

$$P_m = 1/2 \cdot \rho \cdot A \times v^3 \cdot C_p (B, \gamma)$$

dove il termine C_p è funzione dell'angolo delle pale della turbina B e del rapporto γ tra la velocità lineare della punta della pala e della velocità del vento.

$$\text{tip speed ratio} = \gamma = (w_r \cdot R)/v$$

dove w_r è la velocità del rotore della turbina in radianti/s e R il raggio dello stesso.

Il coefficiente di potenza C_p è il rapporto tra la potenza realmente generata o potenza estratta P , e la potenza del flusso indisturbato o potenza disponibile

$$C_p = P/P_0 = \frac{1/2 \rho A v_1^3 \cdot 4a(1-a)^2}{1/2 \rho A v_1^3}$$

dove A è l'area occupata dalle pale e a indica un fattore di interferenza (flusso rallentato quando si va a monte dell'aerogeneratore) e per ottenerne il massimo valore di a è necessario svolgere la derivata prima ponendola uguale a zero, ottenendo così:

$$a_{OTT} = 1/3$$

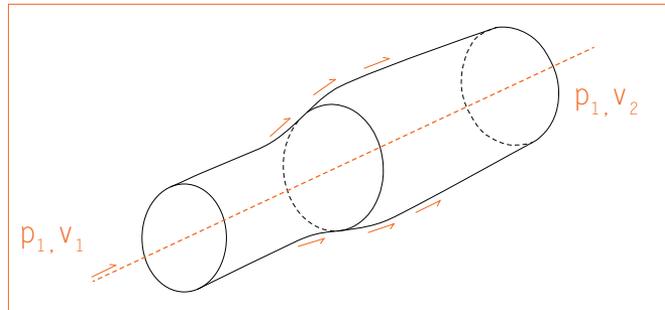
valore che, sostituito all'interno della formula del coefficiente di potenza C_p , restituisce un risultato finale quale:

$$C_p = 16/27 = 0,59259$$

Secondo la legge di Betz, la massima potenza estraibile da una turbina eolica sarà sempre inferiore al 59.3% della potenza totale. e quindi, 59,3% di potenza massima estraibile. La legge di Betz, quindi, dimostra l'energia massima che può essere sottratta ad un fluido (vento) con una certa massa e velocità che attraversa un rotore infinitamente sottile in moto assiale. Il fluido che attraversa la macchina possiede stesse caratteristiche massiche ma diverse velocità: una volta attraversato il rotore, infatti, il fluido fluisce a velocità ridotta dopo che allo stesso è stata sottratta dell'energia utile, in primo luogo alla rotazione delle pale (energia meccanica) e in un secondo momento alla generazione d'energia elettrica; d'altro canto, infatti, se gli aerogeneratori fossero in grado di sottrarre tutta l'energia al vento, questo dovrebbe completamente fermarsi una volta tra le pale della turbina. Nella

rappresentazione del tubo (Fig.2), il rotore viene rappresentato come l'enunciato della legge lo considera: un disco infinitamente sottile. Le due velocità v_1 e v_2 sono diverse perché una quantità d'energia è stata catturata dal rotore.

[fig. 2] Tubo di Betz



La legge di Alber Betz rappresenta solo uno dei diversi principi fisici alla base del funzionamento delle turbine eoliche. Per comprendere quali altre leggi si possono trovare a spiegazione dei meccanismi di funzionamento delle pale è utile esplicitare il processo esecutivo svolto dalle turbine: il vento attiva il rotore, il quale trasmette la sua rotazione a un albero veloce in grado di alimentare un generatore elettrico. Un sistema di orientamento della navicella, chiamato sistema di imbardata, indirizza le pale in funzione della direzione del vento e consente al rotore di iniziare il processo di produzione dell'energia elettrica. L'attività produttiva prosegue con la conversione dell'energia cinetica del vento in energia meccanica data dalla rotazione delle pale;

il principio di Bernoulli risulta utile alla comprensione di quanto accade nel processo di conversione: si suppone la verifica di un tubo di flusso in assenza della turbina in esso come:

$$p_1 + 1/2pv_1^2 + pgh_1 = p_2 + 1/2pv_2^2 + pgh_2$$

dove p_1, v_1 e h_1 sono le proprietà del flusso in corrispondenza della sezione davanti alle pale; rispettivamente pressione, velocità e altezza del fluido; mentre, p_2, v_2 e h_2 le caratteristiche del flusso nella seconda sezione di tubo.

Se all'interno del tubo viene inserito il rotore delle turbine eoliche, quest'ultimo sottrae dell'energia al vento (energia cinetica). L'equazione di Bernoulli, con l'inserimento del rotore nel tubo si trasforma come segue:

con l'inserimento del rotore nel tubo si trasforma come segue:

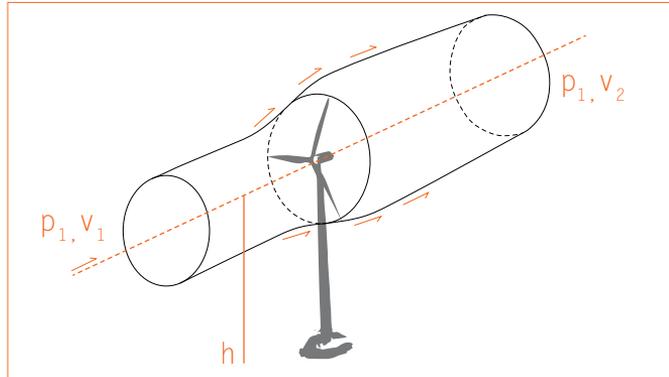
$$p_1 + 1/2pv_1^2 + pgh_1 = p_2 + 1/2pv_2^2 + pgh_2 + k$$

dove k indica l'energia cinetica per unità di volume che si può estrarre al flusso d'aria.

Successivamente all'attivazione del rotore, un moltiplicatore di giri consente al generatore di produrre elettricità attraverso la trasformazione dei pochi giri delle pale (tra i 18 e i 25 ogni minuto) in una rotazione più veloce (fino a 1800 al minuto) che aziona il generatore elettrico alla conversione dell'energia meccanica in energia elettrica. La distribuzione dell'elettricità sarà gestita da un trasformatore incaricato della trasmissione dell'energia da un circuito all'altro (quindi alla rete elettrica) fino alle diverse utenze che ne usufruiscono.

[fig. 3]

Tubo di Betz con rotore delle pale eoliche

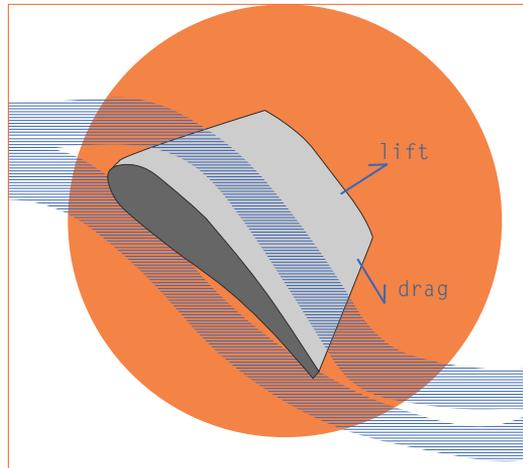


La produzione d'energia elettrica è solo l'ultimo dei punti che compongono una catena processuale di passaggi intermedi in cui si vede l'energia aerodinamica trasformarsi inizialmente in meccanica e solo in fine in elettrica. Le diverse fasi sono tra loro connesse attraverso strumenti che consentono la trasmissione d'energia o la trasformazione della stessa. Questo processo, però, non è in grado di mantenere la stessa quantità d'energia d'avvio, ma anzi, considera delle notevoli perdite: la prima grande perdita avviene nella capacità di assorbimento dell'energia cinetica da parte del rotore che, come esplicito nella legge di limite di Betz, corrisponde al 59% rispetto la totale energia aerodinamica del vento. Come enuncia la seconda legge della termodinamica, la trasformazione dell'energia in due forme differenti non avviene mai a perdite zero: la parte d'energia che non viene catturata dal rotore viene dispersa sotto forma di calore o attrito. Il processo di trasformazione dell'energia nelle sue tre forme: dall'energia cinetica del vento all'energia meccanica grazie agli elementi di intercettazione, quindi le pale eoliche, e successivamente da energia meccanica a elettrica grazie al sistema di conversione, ossia il generatore. Tre fasi nel processo di generazione d'energia elettrica sono caratterizzate da grandi perdite che comportano una minorazione del rendimento totale prodotto fino al 25% considerando il 100% come dato iniziale dell'energia del vento: la prima fa riferimento al rendimento stabilito dalla legge di Betz circa la massima potenza estratta dalle pale, la seconda importante perdita avviene in fase di trasformazione di energia e l'ultima avviene attraverso filtri e trasformatori quando il sistema si adatta alla rete elettrica locale.

I modelli fisici a sostegno del processo di produzione d'energia elettrica da fonte rinnovabile eolica sono diversi; oltre a quelli già riportati è utile comprendere come si relaziona il vento con il design delle pale eoliche (si fa riferimento alle turbine ad asse orizzontale a tre pale): il flusso d'aria scorre più velocemente sul lato superiore generando così una forza chiamata portanza aerodinamica o sollevamento (lift, Fig.4) perpendicolare alla risultante del moto della pala e del moto del vento. Le pale eoliche sono caratterizzate da un design simile a quello delle ali di un aeroplano: la sagoma delle pale è in grado di generare una differenza di pressione, al passaggio del flusso, tra il lato superiore e inferiore della pala; questo meccanismo genera una forza aerodinamica (portanza o sollevamento) in grado di far ruotare le pale. Allo stesso tempo, dovuto alla rotazione delle pale, si genera un'altra forza perpendicolare alla forza di portanza che si oppone al moto: la forza di trascinamento (drag, Fig.4).

[fig. 4]

Meccanismi di lift e drag



La pala non è un organo fisso. Una sezione rotoria che costituisce la parte rotante e una parte statica, composta dalla parte fissa connessa alla torre; una volta verificato l'incontro con la sezione rotoria il moto del flusso d'aria diviene perturbato.

Il funzionamento

Diverse sono le tipologie di pale che possono essere studiate per comprendere il loro funzionamento; tra queste la più diffusa è l'aerogeneratore ad asse orizzontale dotato di rotore a tre pale upwind.

Il meccanismo di funzionamento degli aerogeneratori esordisce in relazione col vento. Seguendo il flusso di contatto che produce come prodotto finale l'elettricità negli spazi che la necessitano, il vento funge da avvitatore. Le pale non corrispondono ad un elemento fisso, anzi, sono comprese nella parte di macchina rotoria: lo spinner, il mozzo, l'attuatore dell'angolo di pitch della pala ed il supporto dalla pala consentono alle pale di essere

regolabili, di ruotare, di avviarsi e di fermarsi quando necessario.

Diverse sono le velocità a riferimento per ognuna di queste fasi:

- Il cut-in speed: la velocità del vento a cui la turbina inizia a produrre energia

- Il rated wind speed: la velocità del vento minima a cui la turbina arriva alla potenza nominale

- Il cut out speed: la velocità del vento a cui la turbina entra in protezione meccanica e smette di produrre per evitare di danneggiarsi

Il design delle pale eoliche consente al vento di percorrerle attenta progettazione delle sezioni delle pale. “Premesso che la portanza è direttamente proporzionale all’angolo d’attacco e l’angolo d’attacco varia con la velocità; essendo la velocità periferica delle pale crescente dal mozzo verso l’estremità, per mantenere costante la portanza dovrà essere per forza modificato il calettamento” (Ciancarini, 2018). Ed è per questa ragione che “l’elica si presenta svergolata”, cioè con un calettamento variabile dal mozzo verso l’estremità di conseguenza “il calettamento diminuisce man mano che aumenta sul profilo dell’elica la velocità periferica allontanandosi dal mozzo. Quindi bisogna diminuire l’angolo β per mantenere un buon angolo d’attacco α che è l’angolo tra l’asse della pala e la velocità risultante tra quella di rotazione della pala e quella del flusso ortogonale alla pala” (Ib.).

I materiali utilizzati per le pale eoliche sono le fibre di vetro o i polimeri vetrosi, i quali avvalorano il livello di robustezza e resistenza per affrontare al meglio la spinta propulsiva del vento. Le pale sono collegate al mozzo, solitamente in acciaio, protetto da un involucro, lo spinner. Questa prima sezione rotante è connessa all’albero del rotore, il quale, sorretto da supporti, e attraverso il moltiplicatore di giri che incrementa la sua velocità, fornisce ai generatori i valori d’energia richiesti. Il moltiplicatore di giri è uno degli elementi della turbina a emettere rumore, per questo motivo sono diverse le imprese impiegate nell’isolamento della parte o, anche, nell’utilizzo di modelli meno rumorosi come i moltiplicatori di giri elicoidali. Successivamente il generatore accoglie l’energia e la trasforma in elettrica; sono due i meccanismi di funzionamento dei generatori: sincrono e asincrono. La differenza sostanziale tra i due si trova nella velocità di rotazione: il generatore sincrono deve obbligatoriamente ruotare a velocità costante e viene stimolato da una alimentazione, d’altra parte il generatore asincrono può, sempre all’interno dei limiti dettati dalla velocità di sincronismo, a diverse velocità. La corrente continua (CC) prodotta dal generatore viene convertita in corrente alternata da un convertitore per essere adattata alla rete elettrica. Il passaggio successivo consiste nella trasmissione dell’energia alla rete (o a un cavidotto se a distanza contenuta dal secondo trasformatore generale), passaggio che può costare consistenti perdite d’energia

(e quindi rendimento), motivo per il quale, al generatore segue, oltre un convertitore, anche un trasformatore nella turbina o nelle vicinanze, il quale, aumentando il livello di tensione prodotto dal generatore riduce le perdite in trasmissione essendo la corrente ad alta tensione soggetta a minori perdite. La navicella della turbina è soggetta ad un altro accorgimento utile a cogliere la maggior quantità d'energia cinetica dal vento: i movimenti di imbardata. L'imbardata consiste nella rotazione della navicella sulla torre della turbina per consentire un affaccio delle pale sempre diretto al vento (perpendicolare alla direzione di sviluppo delle pale). Il sistema elettrico deve quindi considerare la rotazione del corpo superiore rispetto alla torre, motivo per cui, i cavi elettrici sono posti al di sotto della gondola (Fig.5) assecondando una composizione ad anello e, successivamente aver svolto la manovra di imbardata, in assenza di vento, i cavi vengono sbrogliati ruotando in direzione opposta la gondola.



[fig. 5]

Gondola della
turbina eolica
durante il
montaggio
Fonte: Sika Schweiz
AG

Una volta aumentata la tensione all'interno del primo trasformatore, la corrente percorre la rete elettrica a media tensione (tra i 10 e i 35 kV), giunge alla sottostazione elettrica di riferimento per tutte le turbine nel caso di parco eolico composto da più aerogeneratori e viene trasformata nuovamente per raggiungere la tensione adeguata all'immissione nella rete principale per l'uso industriale o domestico. L'iter appena illustrato può subire modificazioni: le dimensioni del parco eolico, le distanze che intercorrono tra tutti i diversi elementi che lo compongono e la tipologia di impianti di cui si compone sono tutti fattori che possono personalizzare i diversi passi dal ciclo energetico.

2. LA MACCHINA

Sono diversi gli impianti eolici che possono essere utilizzati per ricavare energia elettrica. La scelta è strettamente dipendente dalla quantità d'energia da produrre, dal luogo in cui posizionarli e dalle caratteristiche geografiche. Ogni impianto, nella sua dimensione e tipologia, ha un diverso modo di relazionarsi col contesto.

Tipologie: asse verticale e orizzontale

Tipologie: asse verticale e orizzontale

Le turbine eoliche si differenziano per la tecnologia, la dimensione e la localizzazione. Due grandi macrocategorie suddividono le turbine eoliche in base alla loro composizione tecnologica:

- Le turbine ad asse verticale, o VAWT
- Le turbine ad asse orizzontale, o HAWT

Le turbine ad asse verticale sono, tra le due tipologie, quelle meno diffuse: la loro composizione prevede una tecnologia capace di catturare il vento senza doversi indirizzare perpendicolarmente al flusso: le pale, infatti, non hanno un orientamento e ciò consente il loro movimento indipendentemente dalla direzione di provenienza del vento; al contempo, però, non è frequente la loro presenza nelle ampie distese di territorio e la maggior parte degli impianti sono caratterizzati da basse torri che non si avvantaggiano dei flussi di vento più potenti (Johari et al., 2018). Oltre essere localizzate a bassa quota, il minor rendimento delle turbine VAWT rispetto alle HAWT è estremamente influenzato dalla loro composizione tecnica: in fase di funzionamento, una parte delle turbine ad asse verticale è posizionata sopravento, mentre l'altra opposta al vento (Fig.7).

[fig. 6]

Vento da sinistra:
distribuzione dei
filetti fluidi
dell'aria in una
turbina Savonius
Fonte: Energyhun-
ters
rielaborazione
dell'autrice





[fig. 7]

Modelli di turbine eoliche Darrieus
Fonte: Energy Encyclopedia Italia



[fig. 8]

Modelli di turbine eoliche Savonius
Fonte: Ecoportal.net



[fig. 9]

Modelli di turbine eoliche Darrieus-Savonius
Fonte: MDPI.com

Il loro utilizzo si diffonde nelle aree abitate o nelle zone industriali, dove gli impianti trovano spazio come sistemi energetici localizzati utili alla produzione elettrica di piccole unità abitative o di zone industriali ridotte. A loro volta, le **turbine ad asse verticale**, si possono classificare in diverse configurazioni, tra queste le principali sono:

- a. Darrieus;
 - Di tipo “D”
 - di tipo “H”
 - Elicoidale (Gorlov)

I modelli di turbine eoliche Darrieus sfruttano il principio della portanza, come gli aerogeneratori ad asse orizzontale.

La tipologia Darrieus riscontra una grande capacità di assorbire meglio i venti turbolenti ma, allo stesso tempo, hanno difficoltà all’avviamento (risolto nella versione elicoidale) e un coefficiente di potenza basso, richiedono maggiore manutenzione rispetto le HAWT e a parità di kWh con le HAWT hanno costi maggiori.

- b. Savonius

I modelli di turbine eoliche Savonius sono caratterizzati da ingombro ridotto, un basso impatto acustico e visivo ed in fase d’avvio è necessario poco vento. D’altra parte, però, non sono idonei per generare grandi potenze, una parte della turbina è in controvento (Fig. 8) con un conseguente rendimento inferiore alle altre VAWT.

- c. Darrieus-Savonius

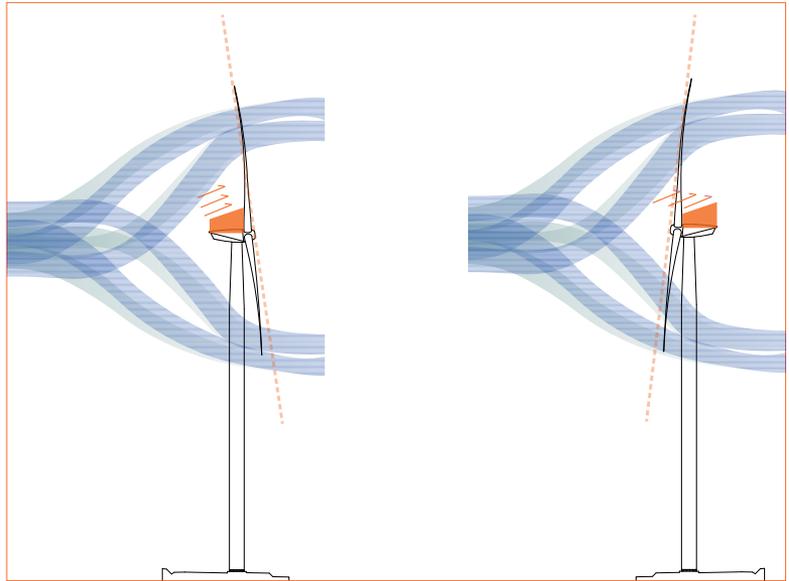
Il modello Darrieus-Savonius richiede poco vento per l’avvio, tuttavia però genera interferenza aerodinamica e produce una potenza negativa quindi riduce il coefficiente di potenza C_p .

Le **turbine ad asse orizzontale** rappresentano la tipologia più comune in tutto il mondo. La loro efficienza è di gran lunga maggiore rispetto agli impianti ad asse verticale. La loro tecnologia, composta da un’alta torre che sorregge il rotore, consente di catturare i venti più forti e costanti. Gli aerogeneratori ad asse orizzontale richiedono una progettazione attenta della macchina e anche del contesto territoriale in cui vengono inserite. Gli impianti richiedono, quindi, territori ampi che possano garantire il mantenimento delle giuste distanze dei centri abitati e da qualsiasi altro elemento ricettivo soggetto a discomfort se vicino alle turbine. Indipendentemente dalla tipologia di impianto, le turbine ad asse orizzontale sono così genericamente composte: le fondazioni che ancorano al suolo l’intero impianto, la torre che consente il posizionamento ad

alta quota della navicella al cui interno si trovano tutti i sistemi di conversione d'energia e di sicurezza e le pale. Queste componenti caratterizzano entrambe le tipologie di turbine eoliche ad asse orizzontale: up-wind e down-wind (Fig. 10).

[fig. 10]

Modelli di turbine eoliche ad asse orizzontale up-wind e down-wind



Durante la *16th World Wind Energy Conference (WVEC 2017)*, diverse sono le caratteristiche che vengono evidenziate nelle tipologie di turbine eoliche ad asse orizzontale; tra queste: una maggiore efficienza rispetto alla tipologia VAWT grazie ad una più ampia ricerca tecnologica, una maggiore potenza complessiva, una facile adattabilità al contesto che sia questo su terra o in mare e un agevole ciclo manutentivo; d'altra parte però, sono impianti di una certa complessità strutturale, che hanno un forte impatto visivo e ambientale, una probabile interferenza con gli altri impieghi del suolo e una importante rumorosità. Prendendo in considerazione la tipologia upwind, nonché la più comune ed efficiente (EnergyHunters, 2012) sono diverse le aziende che si occupano da anni di innovazione nel campo eolico per consentire una resa sempre maggiore rispettando le combinazioni estetiche più appropriate per la percezione visivo-acustica delle macchine nel paesaggio. Il grande vantaggio delle turbine ad asse orizzontale è la loro dimensione: l'altezza garantita dalla torre di sostegno cattura i venti più potenti la cui traiettoria non viene intralciata da ostacoli.

On-shore, off-shore e nearshore

Un'ulteriore distinzione può svilupparsi tra le pale eoliche ad asse orizzontale on-shore, off-shore e nearshore, le quali si distinguono per la destinazione in cui vengono inserite: su terra

ferma, in mare oppure ad una distanza fino ai dieci chilometri dalla costa. La tipologia off-shore, più efficiente delle altre due su terra (Pérez-Rúa J., et al. 2024), può essere realizzata seguendo diverse direttive progettuali: dalle infrastrutture a contatto con i fondali marini (bottom-fixed), alle piattaforme galleggianti (floating).

[fig. 11]

Modelli di turbine eoliche near-shore e off-shore



Come viene descritto dalle statistiche di *Offshore Wind in Europe Key trends and statistics 2018* il sistema monopalo in acciaio è il più utilizzato: questa tecnologia viene utilizzata per impianti localizzati al di sopra di un fondale profondo massimo 25 m (Wiser, R. et al., 2011). Nonostante la tipologia d’impianto off-shore sia in grado di operare ad una capacità maggiore per periodi più lunghi grazie alla continua disponibilità di vento in mare aperto, è ancora affermazione: i costi, la manutenzione e l’incertezza di una nuova tecnologia rallentano lo sviluppo di questa; d’altra parte, quindi, le turbine eoliche ad asse orizzontale on-shore a tre pale sono le più utilizzate: garantiscono un’elevata efficienza e un ottimo compromesso tra costi iniziali, manutenzione e capacità produttiva.

La scelta dell’aerogeneratore

Illustrate tutte le tipologie che è possibile utilizzare nella scelta dell’aerogeneratore adatto, bisogna considerare la relazione che imprescindibilmente intercorre con lo spazio selezionato (vedi pag. 39). I fattori che riscuotono importanza nel processo decisionale sono molteplici e di diversa natura: è di rilevanza significativa approcciarsi al progetto affrontando tutti gli aspetti che partecipano alla relazione spaziale, normativa e sociale dell’impianto. Solo in questo modo la relazione si evolve funzionalmente e garantisce la copertura di tutti gli elementi decisionali fondamentali esentandosi da casualità (Ambarcumianas, 2024). Lo stesso articolo suggerisce un iter da seguire per procedere con la scelta più adatta.

Sono diversi i punti chiave che è necessario tenere in considerazione per la scelta della tipologia di turbina: in primo luogo, vengono verificati i requisiti tecnici della turbina che si è supposto di inserire per capacità produttiva; gli standard minimi del produttore, la distanza dalla zona residenziale, il raggio del sito sgomberato, la vicinanza con l’autostrada e la velocità media del vento, sono solo alcuni dei parametri che vengono considerati. A seguire, il quadro normativo del Paese interessato

viene studiato per comprendere al meglio gli standard normativi circa la presenza di aree naturali protette, luoghi controllati, vicinanza a zone residenziali. Un'altra sezione all'interno delle normative sviluppa le delimitazioni spaziali influenzate dalle caratteristiche specifiche della turbina, dagli elementi ambientali e dalla visione ipotetica delle potenziali posizioni degli impianti nello spazio.

La strategia decisionale che si occupa della selezione della turbina eolica è, come riporta l'articolo, complessa e singolare: ogni stato, o comunque ogni regione territoriale di competenza, sancisce diverse procedure di scelta capaci di comprendere molteplici elementi da rispettare, oppure di considerare gli stessi ma seguendo un ordine differente; l'Italia, pondera la scelta dell'impianto nella seguente modalità (GSE, Rapporto Annuale sull'Energia Rinnovabile in Italia, 2024):

- Vengono sottoposti ad approfonditi studi i requisiti tecnici dell'aerogeneratore per ottenere un'idea chiara circa le specifiche del produttore, tra queste: la produttività della turbina in relazione alla velocità del vento. Le massime prestazioni della turbina come anche la sua durata di ciclo di vita sono caratteristiche estremamente dipendenti dalle condizioni ambientali.
- Viene svolta un'analisi economica per comprendere tutti i costi da affrontare per poter completare il ciclo di vita della turbina da utilizzare
- Vengono approfonditi i parametri regolamentari al fine di scongiurare eventuali cavilli burocratici non pertinenti con altre regolamentazioni di diverso livello: l'incongruenza legislativa tra diverse competenze statali e regionali. Le tematiche principali da verificare fanno riferimento alla fauna selvatica e alle distanze di sicurezza con le aree residenziali. Le dimensioni dell'aerogeneratore, infatti, sono un parametro, che con proporzionalità, modifica le normative circa i temi sopracitati. Questi tre macro-aspetti completano il quadro che si deve considerare di fronte alla scelta di una turbina: ognuna è differente e detta delle norme spaziali ben distinte che non tutti i luoghi possono accogliere. Esistono, per considerazione di tutti gli elementi che contribuiscono alla relazione di base del progetto, altri sottosistemi che hanno carico decisionale: le correnti migratorie, l'impatto visivo, le destinazioni d'uso precedenti del territorio, la destinazione dell'energia prodotta. È quindi necessario conoscere le normative del paese in cui inserire il progetto: da queste si può valutare una scelta pertinente al luogo, ai costumi, alle necessità degli abitanti e alla potenza necessaria per un determinato scopo energetico, sia ch'esso sia per approvvigionamento familiare, sia per garanzia energetica regionale o statale.



Pew Nguyen, Vietnam
Fonte: pexels



La produzione di energia

1. L'EFFICIENZA E LA CAPACITA'

Capacità effettiva	2.88 MW
Ore annue	8760 ore
Produzione annua	25228.8 MWh
Fattore emissione IT	413.5 gCO ₂ /kWh
CO₂ annua risparmiata	10432,1 tCO₂

Casistica teorica se l'impianto fosse al 100% della potenza nominale 24h/24

Capacità effettiva	2.88 MW
Ore equivalenti eolico	2000 ore
Produzione annua	5760 MWh
Fattore emissione IT	413.5 gCO ₂ /kWh
CO₂ annua risparmiata	2382,96 tCO₂

Casistica reale se impianto al 100% della potenza nominale 24h/24

L'efficienza della macchina riguarda come vengono utilizzate le risorse (come tempo, energia, materiali) e i risultati ottenuti dall'utilizzo di queste. Nel 2024, in Italia, il 10% del fabbisogno elettrico familiare annuale è stato coperto dall'energia rinnovabile eolica (Terna Driving Energy, 2024). Per un aerogeneratore di capacità nominale 7,2 MW che lavora al 40% della sua capacità nominale, la sua copertura di fabbisogno elettrico giornaliero corrisponde a quello di 7384 famiglie composte da 2,3 persone, nonché la media italiana¹.

L'energia rinnovabile, in tutte le sue forme, è in forte sviluppo; l'eolico rappresenta una delle principali fonti d'energia elettrica soggetta all'attenzione di moltissimi ricercatori. L'efficienza e i fattori che influenzano questa forma d'energia sono punti salienti all'interno degli studi del passato e del presente.

Come viene sostenuto nell'articolo *Exploring policy support for efficiency improvement of wind power from an environmental perspective*, l'efficienza dell'energia eolica rappresenta il punto di ripartenza per questa forma d'energia; ancora l'articolo, ne conferisce importanza affidandole la responsabilità, in caso di crescita, del raggiungimento degli obiettivi circa la riduzione delle emissioni di carbonio (Fig.13). L'energia del vento, fonte primaria dell'energia eolica, è dominata dalla velocità del vento che a sua volta, però, è soggetta a intermittenza e irregolarità sotto il principio di casualità.

All'interno dell'articolo trapela anche come l'efficienza sia parametro di giudizio per stabilire gli impieghi degli incentivi politici: da qui si genera una situazione che in breve periodo potrebbe interrompere la ricerca di una maggiore efficienza da questa fonte d'energia e, d'altra parte, alimentare fonti più sicure e non soggette a casualità. Quest'ultima fornisce ai ricercatori la base su cui sviluppare un nuovo metodo di valutazione dell'efficienza delle centrali elettriche a energia rinnovabile eolica.

D'altronde, com'è possibile valutare dei dati basati sulle risorse naturali -e quindi casuali- attraverso un approccio deterministico?

L'intermittenza della risorsa vento non ne garantisce l'affidabilità. Lo studio in oggetto, datato 2025, integra il Data Envelopment Analysis (DEA) stocastica e l'indice di produttività di Malmquist (MPI) per valutare l'efficienza di generazione di energia mensile di 47 parchi eolici nel

[1]

Utilizzando la suddivisione ISTAT in Italia, le famiglie vengono suddivise per componenti, da quella unipersonale a quelle a più membri; in questo caso specifico viene calcolato il fabbisogno elettrico giornaliero considerando il numero medio di persone che compongono una famiglia italiana (2,3 persone) e valutata la copertura che un sistema eolico conferirebbe giornalmente. Si assume una percentuale del 40% della capacità nominale come resa lavorativa dell'impianto.

[2]

Efficienza statica fa riferimento solo l'effettiva efficienza nel momento in cui lo studio è applicato alla macchina. L'efficienza dinamica, invece, comprende un lasso di tempo maggiore attraverso il quale vengono evidenziati quali sono i fattori che ad ampia veduta temporale, garantiscono un'ottima efficienza all'impianto

[3]

La stima del momento generalizzato del sistema (SGMM) viene utilizzata per analizzare i fattori che influenzano l'efficienza di generazione del parco eolico.

Qinghai, in Cina, dal 2019 al 2021.

I fattori che prendono parte dell'analisi vengono suddivisi dalla ricerca in diverse categorie:

- Ambiente; caratteristiche come la densità dell'aria, la differenza di pressione tra diversi punti statici, l'umidità e la temperatura, l'altitudine di un parco eolico e la posizione geografica

Il fattore ambientale che maggiormente incide sull'efficienza della macchina è la localizzazione della stessa.

- Sviluppo sociale; la struttura economica, la tecnologia e le infrastrutture energetiche

La ricerca sostiene infatti, che, se ottimizzato l'assetto economico, innovata la tecnologia e costruite delle infrastrutture energetiche si possa migliorare l'efficienza degli impianti eolici.

- Attributi endogeni dei parchi eolici; il diametro e il numero delle pale, l'altezza del mozzo e la marca del rotore

La composizione interna di una turbina gioca un ruolo fondamentale sul rendimento della stessa: una turbina alta 200 m avrà un'efficienza maggiore di una più bassa.

Viene calcolata in seguito, in base alla casualità dell'energia eolica, l'efficienza di generazione di energia statica e dinamica di un parco eolico². Lo sviluppo dei metodi utilizzati, *Data Envelopment Analysis (DEA)*, *Non-radial Directional Distance Function (NDDF)* e *l'indice di produttività di Malmquist (MPI)*, evidenziano come sia il progresso tecnologico (TP) il fattore che maggiormente influenza l'efficienza dell'energia dinamica dei parchi eolici. Questo elemento, infatti, è capace di modificare in ambo le direzioni (sia positiva che negativa) l'andamento dell'efficienza dell'energia dinamica mensile. In contemporanea è opportuno sottolineare che le variazioni di TP sono spesso attribuibili alla diminuzione dei costi e all'aumento del numero di installazioni.

In seguito, attraverso l'utilizzo di SGMM³, la ricerca trae le sue conclusioni:

Dal punto di vista statico:

- a) Dal 2019 al 2021 ciò che è stato osservato evidenzia un generico rialzo dell'efficienza dei parchi eolici nella provincia di Qinghai; tuttavia, alcuni crolli si sono verificati in corrispondenza del periodo di picco di consumo dell'elettricità in estate e inverno. La grande richiesta d'energia e la carenza nella generazione di questa hanno portato all'inefficienza.
- b) L'intermittenza dell'efficienza di un parco eolico può essere mitigata dalla presenza di una centrale idroelettrica che grazie al principio di complementarità sinergica rende la fornitura d'energia una risorsa più stabile perché da più fonti sostenuta. Le fluttuazioni d'efficienza, in questo caso specifico di complementarità sinergica sono esigue.

Dal punto di vista dinamico:

- a) La produttività totale dei parchi eolici nella regione in studio è generalmente in aumento. Come riportato in precedenza, i cambiamenti circa l'efficienza di generazione di energia dinamica derivano dal TP; le politiche di adeguamento feed-in per l'energia eolica della provincia e la considerazione dell'energia eolica come fonte intermittente comporta evidenti fluttuazioni dell'Indice di produttività di Malmquist (MPT)
- b) Le tariffe Feed-In (FIT) lavorano come incentivo per promuovere la produzione di energia da fonti non malevole. I produttori di energia eolica ricevono un'agevolazione finanziaria garantita per ogni unità di energia elettrica immessa nella rete. hanno un effetto negativo sull'efficienza dinamica, perché il gran numero di sussidi incoraggianti derivanti dall'espansione del mercato sulle rinnovabili aggrava il divario finanziario e il blocco tecnologico, ostacolando quindi anche la possibile crescita d'efficienza della generazione d'energia. Inoltre, la costruzione di progetti (UHV), facilita il consumo di energia rinnovabile e di conseguenza aumenta l'efficienza perché incentivato il settore di sviluppo tecnologico.

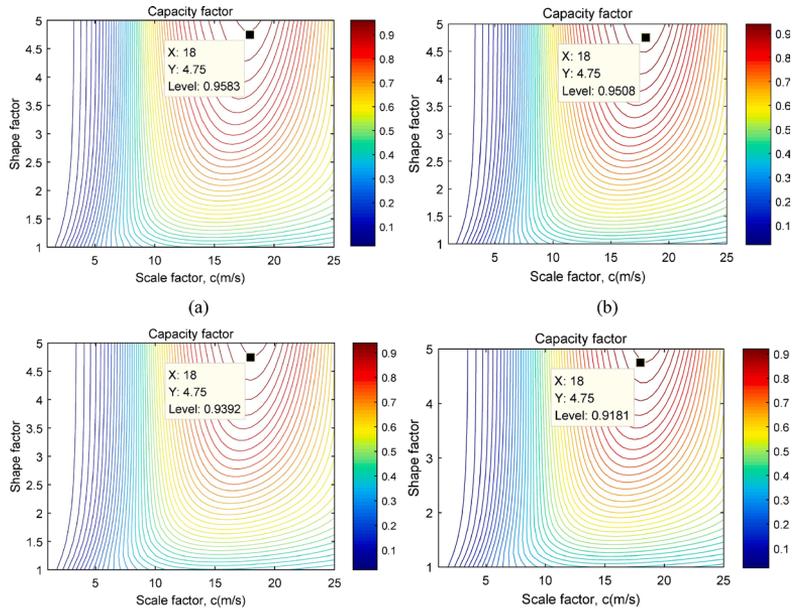
La capacità di una turbina corrisponde alla sua disponibilità nel generare energia elettrica. I diversi modelli di turbine eoliche sono caratterizzati da differenti livelli di capacità nominale, i quali vengono solitamente indicati di seguito al nome del modello, ad esempio: Vestas 172 da 7,2 MW in cui con Vestas 172 viene indicata l'azienda produttrice Vestas e con 172 il modello di turbina. Il fattore di capacità di questa specifica turbina d'esempio corrisponde a 7,2 MW. Il fattore di capacità CF delle turbine eoliche è frutto del rapporto tra la potenza media e la potenza nominale; dove, la prima è calcolata secondo la distribuzione della velocità del vento nel sito di progetto, mentre la seconda è una caratteristica progettuale intrinseca stabilita dal produttore. Questa valutazione del CF, come spiega l'articolo Capacity factor estimation of variable-speed wind turbines considering the coupled influence of the QN-curve and the air density, sfugge però alla grande influenza che può derivare dalla curva QN⁴ e dalla densità dell'aria. Il fattore di capacità, da sempre considerato come un valore stimato da modelli empirici di curve di potenza, viene presentato come un elemento altamente influenzabile da vincoli operativi della macchina come la curva che indica la coppia del generatore in funzione della velocità del rotore e dalle grandezze intensive come la densità dell'aria. L'approccio standard (empirico) eseguito per calcolo del fattore di capacità, presenta delle notevoli deviazioni rispetto ai risultati maturati dallo studio in oggetto nella ricerca; ciò avviene per non curanza dell'influenza che la densità dell'aria ha nella stesura della curva QN (la coppia del generatore che, come forza determinante la rotazione, stabilisce la quantità d'energia

[4]
"la curva che indica la coppia del generatore in funzione della velocità del rotore", e dipende fortemente dalla densità dell'aria (Song D. et al., 2019)

meccanica che dal rotore -la sua velocità- passa al generatore). Lo studio che viene illustrato nell'articolo mostra un metodo per stimare il fattore di capacità (CF) degli aerogeneratori a variabile velocità, tenendo in considerazione i fattori congiunti di vincoli operativi e densità dell'aria e il loro impatto sulla produzione d'energia. Confrontando i risultati ottenuti tra il metodo empirico e l'approccio proposto si evidenziano notevoli differenze specialmente a diverse altitudini (Fig.13) e quindi a diversi valori di densità dell'aria.

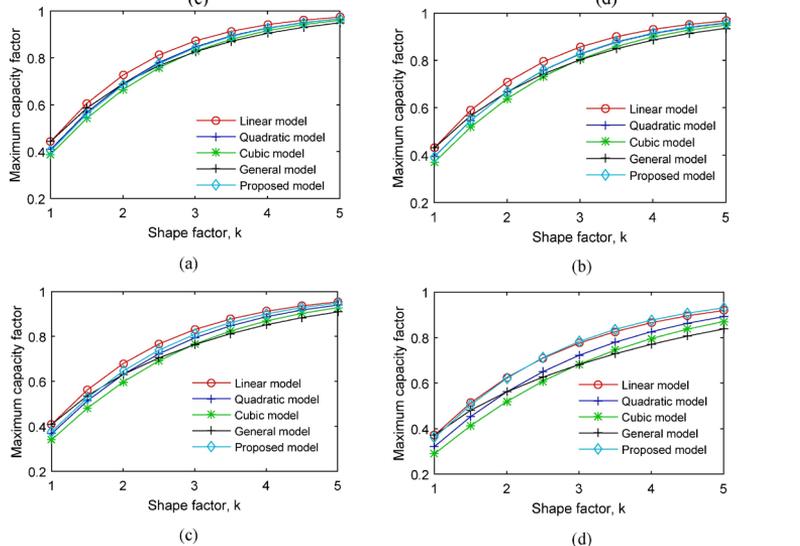
[fig. 12]

Il fattore di capacità C_f influenzato dall'altitudine del sito. Le altitudini considerate sono: 0 m, 1000 m, 2000 m e 3000 m. Fonte: in articolo: Song D. et al., 2019



[fig. 13]

Il fattore di capacità C_f influenzato dall'altitudine del sito. Le altitudini considerate sono: 0 m, 1000 m, 2000 m e 3000 m. Fonte: in articolo: Song D. et al., 2019



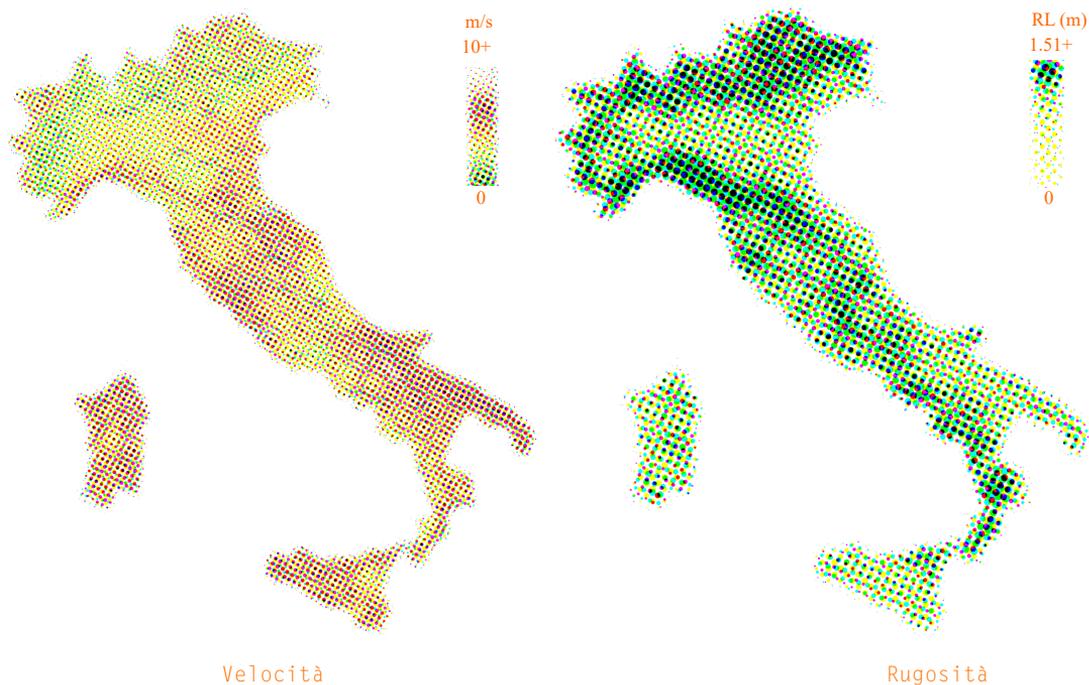
Ogni luogo influisce sulle prestazioni delle turbine, le caratteristiche di densità dell'aria, in particolare, e i dati climatici, si relazionano con diversi fattori geografici, componendo così un quadro chiaro degli elementi che più influiscono sulla resa della macchina: l'altitudine, le correnti atmosferiche, le temperature e l'umidità. La ricerca dimostra, quindi, di aver approfondito un

metodo d'indagine della capacità delle turbine migliore rispetto a quello sempre utilizzato, perché estremamente fondato sulla realtà del contesto in cui locata la turbina e per l'attenzione ai vincoli operativi della macchina rappresentati dalla curva QN. Tramite diversi modelli matematici complessi è ora possibile, calcolare il CF in diverse condizioni ambientali.

L'evoluzione dell'eolico in Italia

Nel contesto nazionale, il ruolo che l'energia rinnovabile eolica ha avuto nel tempo, è stato fortemente influenzato dall'aumento delle necessità energetiche e, di conseguenza, dall'implemento delle centrali rinnovabili stabilito dall'Unione Europea. Non tutto il territorio, però, si adatta all'utilizzo delle rinnovabili le quali richiedono una grande e continua, per quanto possibile, esposizione alle fonti da cui deriva il loro sostentamento, quali: acqua, sole e vento. La conformazione morfologica dell'Italia, in brevi distanze aeree, può subire forti variazioni altimetriche per le catene montuose che la attraversano a contatto con le grandi distese pianeggianti, fino a toccare con quasi l'intero perimetro i mari. La sua morfologia spiega come, nel caso del vento, questo possa modificare la propria intensità e direzione, comportandosi diversamente in base alla zona. Le due mappe mostrano la velocità media del vento in Italia basandosi su un'altezza del suolo di riferimento di 100 m e la rugosità del territorio, fattore che influenza fortemente le correnti, la loro potenza e direzione.

[fig. 14]
a sx: velocità media del vento
a dx: rugosità del territorio
Fonte: Global wind atlas



[fig. 15]

a sx

Impianti ad oggi
installati

Fonte: Atlante Eo-
lico Italiano

[fig. 16]

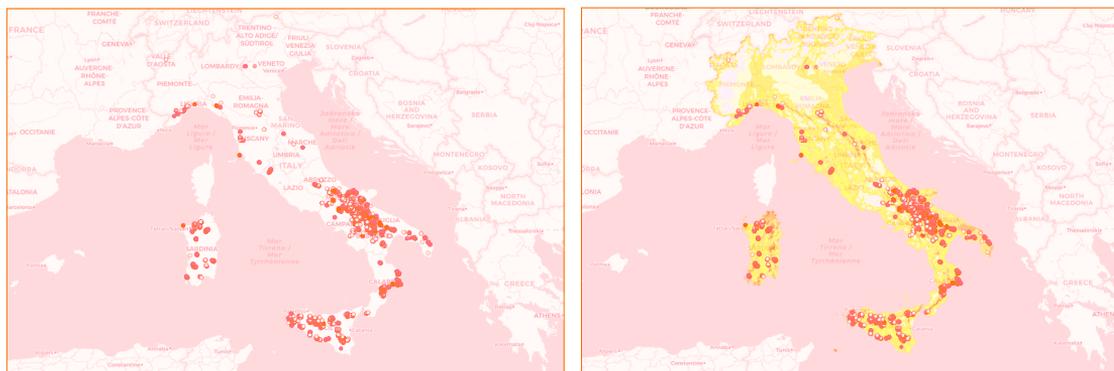
a dx

Impianti ad oggi
installati e ve-
locità media del
vento

Fonte: Atlante Eo-
lico Italiano

Gli impianti di produzione d'energia elettrica da fonte rinnovabile eolica si localizzano in contesti geografici dove maggiormente può essere valorizzato il loro potenziale. L'Atlante Eolico Italiano fornisce un quadro completo degli impianti ad oggi installati nel mondo; a seguito un ingrandimento sull'Italia.

Confrontando successivamente la mappa del Global Wind Atlas sulla velocità media del vento e la rappresentazione della geolocalizzazione turbine eoliche sul territorio ricavata dall'Atlante eolico italiano (Fig 18), la correlazione è evidente, ma non è l'unico fattore incidente.

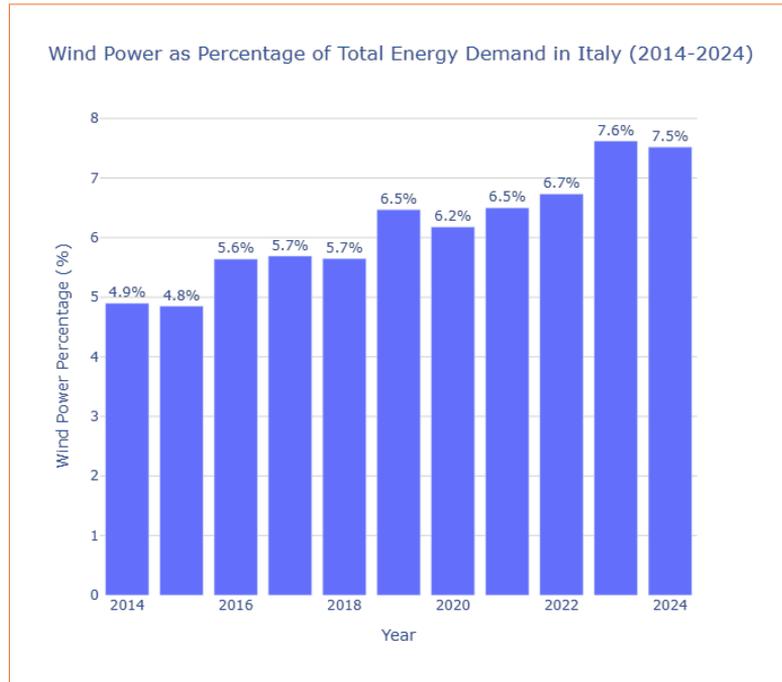


Nel caso specifico della Sardegna, infatti, sono diverse le aree indicate come caratterizzate da un forte e costante vento ma che non accolgono progetti di parchi eolici; al capitolo 2 vengono riportati tutti gli altri fattori che rientrano nella scelta della localizzazione delle turbine sul territorio. Nel 2024 il fabbisogno di energia elettrica in Italia è stato di 312,3 TWh e conta quindi un sottile aumento rispetto all'anno precedente. Le fonti rinnovabili hanno coperto il 41,2% della domanda elettrica rispetto al 37,1% nel 2023. Tenendo in considerazione gli ultimi 10 anni analizzabili, quindi dal 2014 al 2024, il fabbisogno italiano non ha subito grandi variazioni: 310 TWh nel 2014

e 312 TWh nel 2024, con una diminuzione significativa nel 2020, in corrispondenza della pandemia Covid-19 la quale ha fortemente influenzato tutti i settori produttivi. Un rialzo graduale dei consumi si è verificato a fine 2021 in corrispondenza delle riaperture delle attività produttive.

[fig. 17]

Richiesta energetica coperta dal potenziale eolico DAL 2014 AL 2024
Fonte: Terna



La capacità installata è in rialzo e dal 2014 al 2024 vede un aumento significativo passando, secondo i dati disponibili Terna, da 8,6 MW installati nel 2014 a 13,1 MW nel 2024. Questo andamento positivo è stato incentivato da politiche economiche ambientali attente, ma allo stesso tempo, i tanti progressi sono ancora in sviluppo per poter ottenere un potenziale capace di coprire sempre più richiesta energetica.

Questa crescita è stata alimentata da politiche di incentivazione, miglioramenti tecnologici e un crescente interesse per le energie rinnovabili. Tuttavia, nonostante questi progressi, l'Italia ha ancora un ampio potenziale di sviluppo, soprattutto nel settore dell'eolico offshore e in alcune regioni con bassa penetrazione di impianti eolici.

2. L'INTEGRAZIONE NELLA RETE ELETTRICA

In Italia come anche in Brasile, Spagna, Stati Uniti, Giappone, Regno Unito, Germania, Australia, Messico, Cile, India e Colombia nel 2023 si contavano 3000 GW di progetti a fonte rinnovabile in attesa di allaccio alla rete elettrica. La transizione energetica, intesa come il cambiamento delle risorse naturali alla base della produzione energetica, è sempre più urgente. Le risorse naturali in grado di escludersi dai processi di combustione sono diverse ma spesso incostanti, costose e bisognose di territorio. Il percorso verso il cambiamento sta crescendo e come tale crescono i carichi d'energia a cui far fronte una volta inserite le centrali rinnovabili nel territorio.

Il sistema di rete elettrica, infatti, dovrebbe far fronte a questo grande sviluppo energetico attraverso implementazioni, nuove tecnologie ed estensioni di rete così da poter garantire un avanzamento continuo dei numeri necessari agli obiettivi per il 2050. D'altra parte però, la rete elettrica esistente, come rileva la società The Climate Reality Project, è ad ora lenta, debole e datata. La nuova capacità delle fonti rinnovabili produce un quantitativo d'energia elettrica che per essere sfruttata necessita di un sistema di rete elettrica più moderno e più potente, e quindi investimenti; in questo modo sarà possibile raggiungere un'indipendenza totale dai combustibili. Diverse sono le difficoltà a cui fa fronte l'implementazione e il potenziamento della rete elettrica; tra queste ve ne sono diverse di carattere economico, gestionale, burocratico e anche di opposizione pubblica.

A fronte di quanto necessario per un'implementazione energetica verde, una forte opposizione pubblica può ostacolare il via libera all'inserimento di nuovi corridoi di rete elettriche, sia per l'impatto sul paesaggio, sia per l'occupazione di suolo. Gli investimenti che vengono richiesti sono importanti e ad ora insufficienti; una stima della Commissione Europea, stilata attraverso un incontro dei Ministri dell'Energia, conta 584 miliardi di euro per modernizzare le esistenti linee, costruirne delle nuove e sostituire quelle obsolete. Uno report condotto da New Energy Outlook sostiene come sia necessario, per l'implementazione delle reti elettriche, superare la cifra d'investimenti delle spese riservate alle energie rinnovabili per poter rispettare gli obiettivi climatici entro il 2050. La conseguenza a queste disfunzioni è un'inevitabile conversione rallentata, che pone a rischio l'implementazione delle stesse rinnovabili, o ancora, la saturazione dei territori dovuta alle macchine che rimangono in attesa di un allaccio elettrico consono.

Nella specificità del caso, in Italia, il problema della rete elettrica

di sdoppia: da una parte la mancanza di finanziamenti continua a far insistere sul territorio delle infrastrutture insufficienti e obsolete alla distribuzione dell'energia, soprattutto se a dose rincarata come con l'implementazione delle rinnovabili, d'altra parte le isole Sicilia e Sardegna, nonostante siano tra i territori più fertili per disponibilità di fonti rinnovabili per la transizione, non dispongono di un sistema di collegamento con la penisola, il che non consente un continuo scambio d'energia utile ad ambe le parti. Alla luce di quanto appena riportato è stato approvato dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica il grande progetto infrastrutturale del Tyrrhenian Link composto da due cavi in corrente continua sottomarini di connessione tra la penisola e le isole Sicilia e Sardegna. La realizzazione del primo tratto (Est) tra la penisola e la Sicilia è prevista per la fine del 2025 mentre l'entrata in esercizio dell'intera infrastruttura è prevista per il 2028. L'opera, in corrente continua (HVDC), prevede diversi elementi che compongono la complessità dell'infrastruttura:

- Cavi terrestri: in corrispondenza dei punti di approdo, utili per la connessione con le stazioni, vengono utilizzati dei cavi ipogei in corrente continua (tratto dal punto d'approdo alla stazione di conversione) e dei cavi ipogei in corrente alternata (tratto dalla stazione di conversione alla stazione di smistamento)
- Cavi sottomarini: due cavi definiscono le due tratte sottomarine, la prima, già approvata, da Battipaglia (Calabria) a Termini Imerese (Sicilia), ed il secondo dalla Sicilia a Terra Mala in Sardegna. L'intera tratta conta uno sviluppo di 950 km di collegamento
- Punti di approdo: i cavi sottomarini una volta percorsa la tratta marina raggiungono la terra ferma in specifici punti d'approdo in corrispondenza di località costiere
- Stazione di conversione: sono necessari dei punti di conversione della corrente da alternata (come quella che si trova nelle reti di trasmissione esistenti) a continua e viceversa; a seguito di ciò, sono inserite in progetto delle stazioni di conversione in corrispondenza dei punti di connessione alla rete elettrica
- Stazioni di smistamento: utili alla connessione tra le stazioni di conversione e la rete elettrica esistente in corrente alternata (AC)

Il processo di funzionamento del Tyrrhenian Link (ambo le direzioni) prevede il trasporto dell'energia elettrica in corrente continua (DC) tramite i cavi sottomarini che giunti ai punti d'approdo, con l'utilizzo delle stazioni di conversioni viene convertita in corrente alternata, cioè come viene utilizzata dalla maggior numero di reti di distribuzione elettrica. Alla base delle stazioni di conversioni vi sono dei cavi ipogei trasportatori di corrente alternata fino alle stazioni di smistamento, le

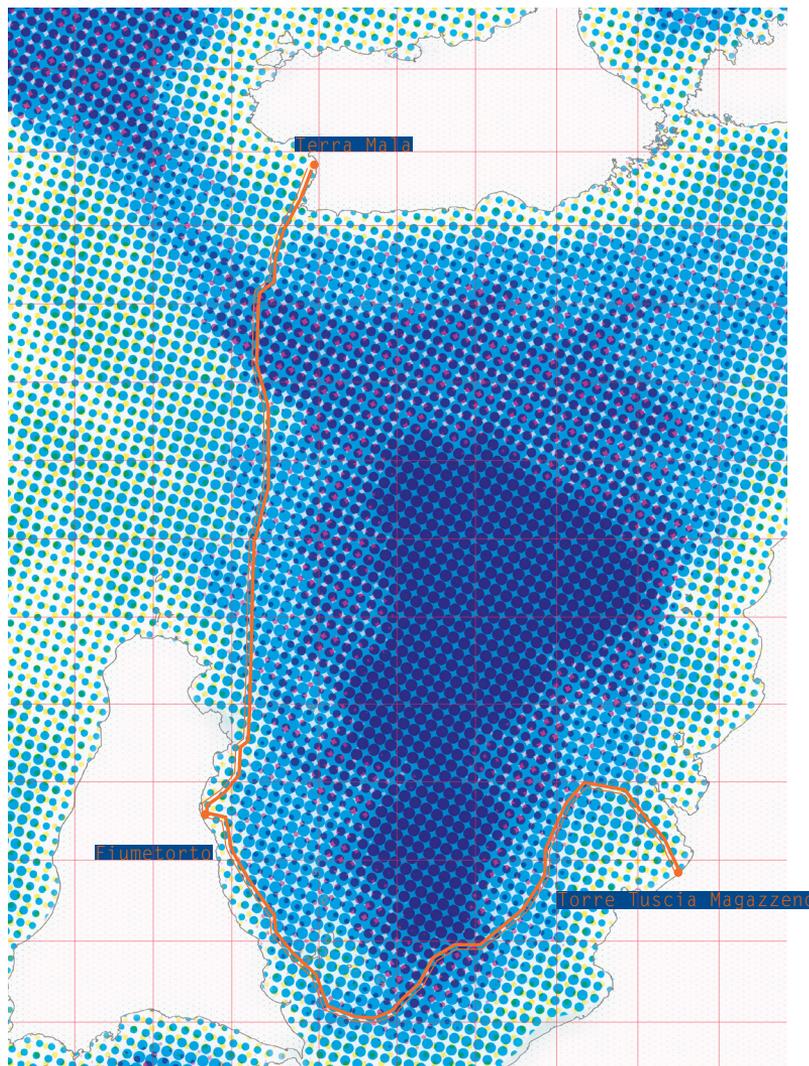
quali si occupano dello smistamento nella rete elettrica AC esistente. La grande opera di connessione per la trasmissione dell'energia elettrica, in vista di quelli che sono gli obiettivi ambientali incombenti, viene descritta da Terna (Gestore della rete di trasmissione elettrica nazionale) come un'operazione fondamentale per fornire i giusti mezzi circa l'inserimento di molteplici progetti per la produzione d'energia elettrica da fonti rinnovabili. Sono diversi i vantaggi che la società di gestione della rete elettrica riporta nel documento di autorizzazione rilasciato dal Ministero dell'Ambiente e della Società Energetica circa il progetto.

L'infrastruttura riveste il ruolo di importante intervento strategico per il sistema di gestione d'energia elettrica italiano sia per la penisola, sia per le isole; l'opera, infatti, permetterà l'accrescimento della capacità di scambio elettrico tra la penisola, la Sicilia e la Sardegna, velocizzerà il percorso alla transizione energetica, faciliterà le interconnessioni tra le diverse regioni italiane e il Nord Africa (Musca; 2025), consentirà l'implementazione delle centrali a fonti d'energia rinnovabile per agevolare l'utilizzo dei flussi d'energia. A fronte dei vantaggi riportati, un campione specifico rappresentato dai cittadini della regione Sardegna è contrario o, nella migliore delle ipotesi, scettico sul Tyrrhenian Link perché inutile a ottenere dei benefici regionali. Come viene sostenuto dal Comitato No Tyrrhenian Link di Selargius, il progetto aggraverebbe la situazione per l'esuberanza numerica di impianti fotovoltaici e eolici, i quali, sempre secondo la fonte, non rispettano le condizioni territoriali e le percezioni paesaggistiche della regione.

In particolare, i motivi per cui il progetto viene condannato sono: la preoccupazione che l'infrastruttura a contorno possa occupare le campagne sarde rendendole una distesa per la "servitù energetica" che vieti l'accesso alle persone non addette, il timore che il cavo sottomarino serva più al trasporto dell'energia prodotta dagli impianti eolici verso la penisola piuttosto che occuparsi del fabbisogno dell'isola e, allo stesso tempo, che il progetto possa far aumentare il numero di impianti di energia eolica (da loro descritti come quelli più impattanti sul paesaggio) nel territorio, fenomeno da loro descritto come "assalto eolico".

Si uniscono a questi primi motivi di scetticismo, altre osservazioni di carattere sociale si uniscono: la partecipazione popolare che Terna assicura ai cittadini attraverso incontri informativi e convegni viene valutata come insufficiente, la preoccupazione che l'intervento possa violare la "memoria storica e l'identità" del luogo ed infine la consapevolezza che nonostante le diverse denunce in corso, Terna stia comunque conducendo a ritmo spedito i lavori d'iniziazione.

D'altra parte, la società Terna risponde alle critiche provenienti dalla popolazione sarda elencando una serie di motivi per i quali, in realtà, il Tyrrhenian Link, è un progetto di grande vantaggio



[5]
 Il prezzo dell'energia in Sardegna risulta essere superiore del 68% rispetto alla media nazionale in alcuni archi temporali dell'anno. Uno dei motivi per cui ciò si verifica è la sua forte dipendenza da fonti energetiche importate e la mancanza di connessioni dirette con la rete elettrica continentale. Fonte: ARERA (Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente)

anche per l'isola, tra questi: le centrali per la produzione d'energia elettrica a fonte non rinnovabile come il carbone verranno spente a fronte dell'implementazione degli impianti a fonti rinnovabili, il mercato energetico vedrà un surplus d'energia rispetto al fabbisogno isolano ma questo, a quanto riporta Terna, consentirà un approvvigionamento energetico più potente, stabile soprattutto meno costoso⁵ così da portare la regione in una posizione più competitiva e allo stesso tempo in linea con i costi europei. Terna sostiene che con la realizzazione della connessione sottomarina e adeguati sistemi di accumulo, la Sardegna risulterebbe essere, nell'arco di poco tempo (5-7 anni), la regione con miglior mix energetico italiano.

In aggiunta ai motivi appena riportati, viene illustrato dal Ministero dell'Ambiente un piano d'azione nel rispetto del territorio e del paesaggio attraverso molteplici accortezze e interventi mirati: l'implementazione di azioni per la tutela ambientale, di bonifica ambientale e di rimozione d'amianto specificatamente nelle aree in corrispondenza dei punti

d'approdo; un esempio è il trapianto di circa 230 alberi di olivo a Selargius (Cagliari) e il trapianto della Posidonia oceanica nell'area di approdo di Terra Mala (Cagliari), la minimizzazione dell'impatto visivo delle stazioni di conversione tramite la collaborazione con enti locali e l'utilizzo della perforazione teleguidata che decima i rischi per l'ambiente costiero.

La grande infrastruttura del Tyrrhenian Link è simbolo di cambiamento: lo sviluppo energetico italiano vacilla tra la situazione di stallo attuale che desta delle grandi preoccupazioni in vista degli obiettivi climatici al 2050 e una situazione di cambiamento che attraverso delle previsioni, punta ad afferrare gli obiettivi ancor prima del termine stabilito.

La grande opera del cavo sottomarino riguarda non solo la nazione ma, in una visione più ampia, un intero continente che attraverso alte giostre di gestione energetica risulta più rotto che coeso. È inevitabile notare il grande vantaggio che apporterebbe il Tyrrhenian Link circa la potenzialità di scambio energetico e l'indipendenza da altri paesi da cui dipende il rincaro del costo dell'elettricità. D'altra parte, le regioni che possono ospitare le macchine utili alla conversione energetica, sono stanche di avere i grandi impianti nel loro territorio (fenomeno NIMBY, not in backyard); un'ottima pianificazione integrata ad un'attenta partecipazione della popolazione può individuare l'equilibrio adatto al progresso energetico.

3. GLI ASPETTI ECONOMICI'

Uno degli aspetti che maggiormente influenza un decisivo coinvolgimento dell'eolico nel fabbisogno energetico totale è il costo che l'intero ciclo di vita degli impianti necessita. Le spese che vengono comprese non fanno riferimento solo all'installazione, ma devono comprendere, in aggiunta, quelle di produzione, di trasporto, d'installazione e di smantellamento ed il costo di produzione d'energia. Il metodo di stima che si utilizza per comprendere il costo di un impianto è quello descritto dalla formula del Levelized cost of energy (LCOE), cioè il rapporto tra i costi totali del ciclo di vita di un determinato impianto energetico per la generazione totale di energia dell'impianto durante il suo ciclo di vita.

$$\text{LCOE} = \frac{(\text{CapEx} \cdot \text{FCR}) + \text{OpEx}}{(\text{AEP}_{\text{net}}/1,000)}$$

LCOE = levelized cost of energy [\$/MWh]

FCR = fixed charge rate (%)

CapEx = capital expenditures [\$/kW]

AEP_{net} = net average annual energy production [MWh/MW/yr]

OpEx = operational expenditures [\$/kW/yr]

I fattori che più comunemente vengono considerati per la formulazione del LCOE sono diversi, tra questi:

- Periodo di analisi; il calcolo necessita di un riferimento temporale in genere considerato di 20 anni, quindi l'intero periodo di generazione d'energia di un impianto
- Fattore di capacità; quindi, il rapporto tra l'energia effettivamente prodotta da un'unità di generazione in un determinato tempo e l'energia che sarebbe stata prodotta se l'impianto avesse funzionato a piena potenza per tutto il periodo (per le turbine eoliche ad asse orizzontale on-shore questo dato varia dal 25% al 50%)
- Costi di capitale; corrispondono ai costi sostenuti a inizio del progetto e comprendono, tra i tanti: l'acquisto del terreno, le attrezzature, le infrastrutture
- Costo del capitale: costo del finanziamento del progetto. Indica quanto un'azienda o un investitore deve pagare per ottenere i fondi necessari alla realizzazione (prestiti, azioni, obbligazioni)
- Tasso di sconto: più son bassi e maggiormente incitano la crescita dei progetti a fonti rinnovabili che hanno costi di capitale maggiori rispetto ai costi operativi che risultano molto più bassi; d'altra parte, i tassi di sconto alti accrescono l'attrattività dei progetti a combustibili fossili, i quali giovano di costi di capitale bassi ma costi operativi più alti
- Costi di gestione e manutenzione; chiamati i costi O e M,

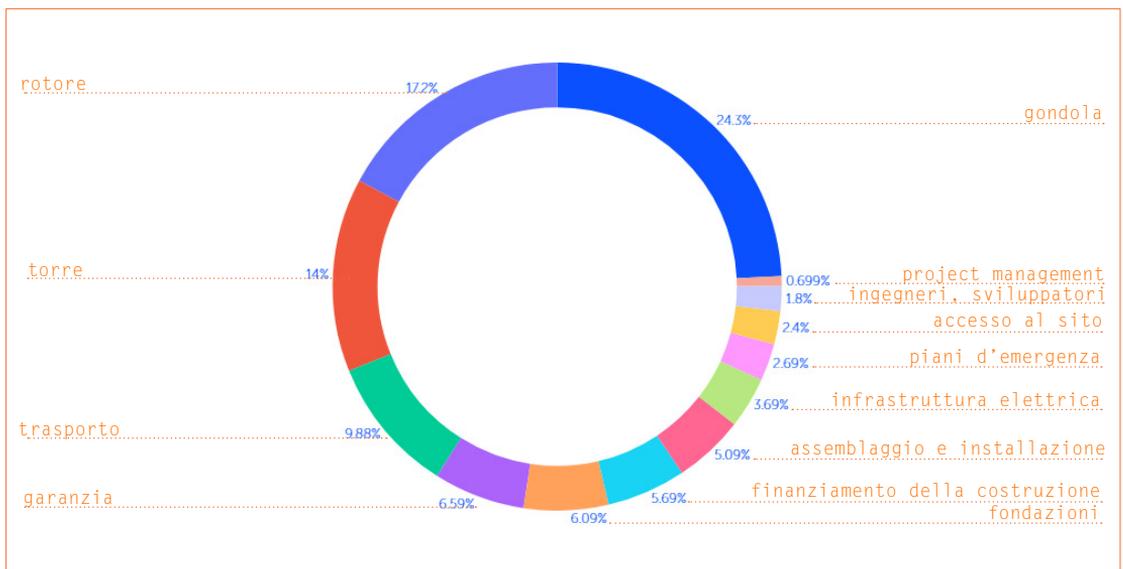
quindi operativi e di manutenzione, vengono suddivisi in fissi e variabili in base alla possibilità di variare o meno al variare della quantità d'energia prodotta. Esempi costi variabili: sostituzione di apparecchiature che si usurano di più se viene prodotta più energia; esempio di costo fisso: la polizza assicurativa

Il LCOE può comprendere anche i costi delle emissioni di gas serra e i costi di smantellamento.

- Costi di smantellamento; a fine ciclo vita sono diverse le strade che si possono intraprendere: la dismissione e smantellamento, il riciclo e il ripotenziamento. Il valore di recupero dalla vendita dei vari componenti per il riutilizzo e il riciclaggio compensa di gran numero i costi totali della dismissione con il 60-70% dei costi totali. In aggiunta, un impianto eolico onshore può essere riciclato all'85-90% della sua interezza. Un'altra casistica di gestione post fase operativa è caratterizzata dal ripotenziamento, per cui l'impianto non viene smantellato ma vengono sostituite le componenti usurate (Coppins; 2025)

Il LCOE dell'energia eolica onshore, a causa della sempre maggiore competitività di settore, dell'innovazione e degli incentivi governativi, è sceso vertiginosamente da una media di 135 dollari per MWh nel 2019 a 50 dollari al MWh nel 2024 (Cost of Wind Energy Review; 2024, NREL). In Italia le cifre appena riportate subiscono un leggero rialzo dovuto alla difficile burocrazia e ai tempi di realizzazione delle opere. Queste evoluzioni al ribasso facilitano l'affermazione delle energie rinnovabili rendendole più competitive rispetto a quelle a gas o carbone, le quali mostrano un LCOE fino a 228 dollari per MWh (Gomstyn A; 2024). Inoltre, una conseguenza dei conflitti geopolitici, è il rialzo dei costi dei combustibili fossili e dell'elettricità e quindi dell'aumento dell'attrattiva dei progetti rinnovabili.

[fig. 1]
Land-Based Wind
Project Component
Cost Breakdown.
Fonte: NREL



Parte due

02

Gli impianti eolici trovano spazio in un territorio già configurato. Con l'avvento della consapevolezza climatica, delle conseguenze che comporta l'innalzamento della temperatura e delle possibili soluzioni, cresce esponenzialmente la formalizzazione dell'architettura dei luoghi dell'energia: luoghi in passato già configurati da costumanze, i quali si sono trovati, successivamente alla nascita delle tecnologie utili ad attenuare il cambiamento climatico, a dover trovare un linguaggio per l'interpretazione, per l'inserimento e per la percezione delle centrali eoliche.





Questioni spaziali

1. EOLICO, TERRITORIO E PAESAGGIO

Il territorio trova nella pragmatica analisi di ciò che accade in natura le origini della sua forma. Sono diverse le materie che si trovano all'interno dell'area semantica che descrive il territorio: i fenomeni climatici che influenzano la vegetazione, l'idrografia, i fattori climatico-botanici, la conformazione del suolo, la morfologia e i fattori antropici. Oltre a queste materie, sono altre quelle che lo rendono territorio abitato, inteso come spazio che ospita vita: l'identità di uno spazio racconta la storia culturale e sociale di un luogo che, come un grande recipiente, raccoglie valori, usanze e costumi influenzando nelle persone la crescita di un senso di appartenenza al luogo. Oltre all'identità del luogo si aggiungono le risorse, le relazioni sociali, i conflitti e le cooperazioni; tutti elementi che raccontano la complessità del territorio. La macchina, quindi, deve interfacciarsi con questa realtà già complessa e che ha col tempo raccolto visioni abitudinarie da parte di chi con questi luoghi partecipa e interagisce. Il territorio, con la sua concezione fisica e tangibile, è figlio della natura, mentre, il paesaggio è frutto, in primo luogo, di una percezione umana e in secondo luogo della natura¹.

La relazione dello spazio con la macchina ha due sviluppi che si susseguono col tempo: la prima racconta di problematiche che sorgono con il territorio, inteso non solo come uno spazio fisico, ma anche come un luogo sociale, interessato dalle relazioni umane e alle pratiche quotidiane, e la seconda con il paesaggio, il quale ha due interpretazioni che di immagini, entrambe, si sostengono: una oggettiva, come riporta la definizione della *Convenzione europea del Paesaggio*², ed una soggettiva che di interpretazioni descrittive si alimenta. Il paesaggio viene ampiamente raccontato nella letteratura attraverso molteplici interpretazioni. Con estrema fluidità di racconto, Goethe, sviluppa una visione che risulterà essere la base di diversi concetti fondamentali della cultura progettuale (Goethe, 1989). Secondo l'autore il paesaggio è figlio di un atto progettuale che si riconduce all'azione di osservare, inquanto sia proprio l'essere umano a coniarne l'idea, e a quella di inquadrare, siccome è all'interno di limiti come quelli di una cornice, che esso esiste. Il paesaggio viene accolto da un'ampia ricerca letteraria a rappresentazione della parte nel tutto, dove il tutto è la natura. Da questa interpretazione, quest'ultimo è in grado di verificarsi solo se circondato da delimitazione e, quindi, se compreso tra qualche elemento, definendosi come un'individualità differente dal tutto. La natura e l'opera dell'uomo, che crea ambiti autonomi e unitari, se capaci di relazione, generano il paesaggio. La stessa logica, seppur analizzata da un differente punto di vista, viene esaminata in *Il paesaggio e l'estetica*: "il paesaggio è spazio ma

[1]
"[...] la percezione è il linguaggio stesso con cui è possibile entrare in comunicazione con la natura in virtù della natura che è contenuta nell'uomo che permette a quest'ultimo di costruire il paesaggio"; in Battistella A., *Trasformare il paesaggio; Energia eolica e nuova estetica del territorio*, Edizioni Ambiente, 2010, p. ag. 201

[2]
"Paesaggio designa una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e delle loro interazioni" in *Convenzione europea del Paesaggio*, Firenze, 20 ottobre 2000

lo spazio non è necessariamente paesaggio (Assunto, 1973,7) in quanto un paesaggio per essere tale deve definire dei limiti all'interno dei quali appartenere essendo la sua concezione del termine posizionata tra i due estremi, dalla finitezza chiusa, come quella di una stanza, e l'infinità illimitata, come quella del cielo, e pertanto, è paesaggio uno spazio in cui la finitezza e l'infinità si congiungono.

Alla luce delle precedenti considerazioni, per completare il quadro descrittivo del termine, occorre porre evidenza sull'aspetto psicologico-artistico-percettivo: la fisiognomica del paesaggio. Questa disciplina non prende le distanze dagli aspetti fisici legati allo spazio, ma anzi, ne studia le conseguenze che questi hanno sulla psiche umana.

Una cultura che rinnova i propri territori attraverso la trasformazione dei propri simboli è basata su una solida mole di elementi ordinatori appartenenti al passato e, allo stesso tempo, sulla definizione dei nuovi punti fermi volti alla costante ridefinizione degli assetti territoriali; una società in grado di accogliere nuove icone, che daranno vita a nuovi simboli, permetterà di mantenere un forte senso di appartenenza al territorio. Nel caso specifico dell'eolico, in tutte le sue componenti, etiche ed estetiche, si rivela un elemento, non solo in grado di integrarsi col paesaggio, ma anche di valorizzarlo. Si pensi ai nuovi simboli: le rinnovabili ne fanno sicuramente parte; sul piano etico è chiaro quanto queste siano necessarie oggi, e sul piano estetico queste sono in grado di dare espressione all'energia, che sia questa solare, idrica o eolica. Nel caso specifico delle turbine eoliche, sono capaci di raccontare il vento, uno degli elementi maggiormente interconnessi nel diagramma relazionale che si pone alle basi del tutto, la natura. Se "la misura del luogo, il suo *genius loci*, detta regole implicite che, possiamo affermare, sono rispettate quando il risultato è quello di una buona forma e di un'armonia profonda e stabile, che non sfigura l'identità fisiognomica del luogo ma ne consente la riconoscibilità in ogni intervento" (Bonesio L., 1997), è evidente che l'inserimento delle centrali eoliche è in sintonia con il territorio nell'azione di formare un paesaggio. Il territorio, davanti alla necessità di accogliere le pale eoliche, si dimostra adeguato solo se un'attenta e accurata gestione dei diversi aspetti precede l'installazione delle macchine. Come già in precedenza sottolineato, le rinnovabili, se si pone per un momento a lato l'estrema urgenza di dare spazio a delle soluzioni sostenibili per la produzione d'energia, non sono per tutti i territori. È necessario dichiarare la possibilità di potersi interfacciare con un territorio non pronto ad accoglierle, sfruttarle, gioirne, o più in generale, non capace – o non disposto – d'integrarle con la fitta rete relazionale di fattori di cui è già composto. La vita e la

relazione d'elementi di cui si compone, come pure inanimati, appartengono ad una tridimensionalità spaziale di capacità finita. Il sistema territorio, nonostante la finitezza spaziale, è un sistema aperto che con altre porzioni di sé stesso scambia energie e materia, quindi caotico.

Un territorio, inoltre, che si riconosce come elemento di risposta alle grandi sfide sociali, urbane e ambientali, quali le pandemie, la crescita demografica o il cambiamento climatico, quindi vittima di separazioni, non è in grado di giostrare quella relazione che, seppur complessa e caotica, descrive l'ecologia delle parti del tutto; è l'approccio urbano moderno il sistema causante. Probabilmente una necessità, talvolta una tendenza, ma pur sempre frutto di un costruito umano.

Si evince l'urgenza di ripristinare la linea d'azione: se le strategie da sempre utilizzate, per lo più, accrescono le disuguaglianze, lo sfruttamento dei luoghi, e il gradiente tra le necessità contemporanee e la storia del luogo, è utile abbracciare altre categorie di pianificazione. Il territorio, inteso quindi come elemento tangibile, si evolve insieme alle persone che lo vivono, e come tale, non rispecchia un sistema utopico che di pensieri si nutre, ma anzi, può correre insieme all'inesorabile passare del tempo attraverso approcci pragmatici.

Da qui, la possibilità di fluire insieme all'organismo che per eccellenza lo influenza, l'essere umano: un approccio basato sulle comunità, sulle loro abitudini, su come vivono il territorio, e quindi sulla praticità che questo deve avere per poter essere in simbiosi con le persone. Provare a dare rilevanza a quei corpi, come individui e come collettività, spesso muti perché celati da ogni anche piccola considerazione (Cerruti But, 2025). Ogni persona può riconquistare un pensiero proprio sullo spazio che vive e successivamente, tramite pratiche condivise evolverlo in scenari utili spinti "da un lavoro che compone la coesistenza, prima che la forma" per affrontare l'ecologia relazionale complessa di un territorio.

Davanti ad un progetto di un parco eolico, quindi, la collettività si ritrova nell'ennesima situazione di contrasto: chi ha deciso che un luogo deve essere per vivere e un altro per far vivere? Il fenomeno Nimby descrive il sentimento di ingiustizia provato dalle popolazioni che vivono i territori consoni, per diversi motivi, all'inserimento delle centrali ad energia rinnovabile, come una violazione degli spazi. Quindi, da una parte una popolazione intoccabile perché non può, per motivi geografici che comporterebbero una bassa efficienza dell'impianto, accogliere le macchine, dall'altra le comunità che vivono gli spazi adatti, i territori dell'energia. Una disparità geografica che solo con l'integrazione attiva nei processi pianificatori della popolazione può risultare meno estrema e ingiusta.

La pianificazione delle pale eoliche richiede un metodo dettagliato per garantire l'efficienza e la sostenibilità del progetto.

[3]

“[...] In particolare modo, si noterà che il composito in fibra di vetro e carbonio risulta essere la soluzione più diffusa, nonostante sia sempre più crescente l'interesse rivolto all'utilizzo di fibre naturali e compositi ibridi, che presentano un impatto ambientale e dei costi di produzione minori, pur garantendo delle ottime prestazioni.” In Michielan N., *Materiali e tecnologie per la realizzazione delle pale eoliche*, Padua Thesis and Dissertation Archive, 2021/2022

Di diverse fasi si compone la pianificazione: in primo luogo è necessario studiare lo spazio attraverso una valutazione del sito in cui si posiziona la centrale eolica ed attraverso lo studio della potenza del vento, della vicinanza alle reti di distribuzione elettrica e dall'accessibilità al sito valutare la possibilità di usufruire di quel territorio o meno; successivamente, è lo studio ambientale a avere potere decisionale, il quale, attraverso valutazioni di impatto ambientale³ ambisce a comprendere in che modo il progetto influenzerà la fauna, la flora e l'ecosistema locale; a seguito, la definizione di un progetto dettagliato designa ogni specifica tecnica dalla disposizione delle pale alle infrastrutture di supporto esterne.

A sostegno delle precedenti fasi è quella legislativa insieme a quella di finanziamento a dare l'effettivo avviamento alla costruzione. La realizzazione del progetto ha inizio con la preparazione del sito, con la costruzione delle infrastrutture di supporto come le strade di accesso e le stazioni di trasformazioni, e con l'installazione delle pale che dovranno essere allacciate alla rete elettrica per garantire che l'energia prodotta possa essere trasportata e utilizzata in modo efficace. Le fasi successive sono stadi di post costruzione e comprendono il monitoraggio e la manutenzione dell'impianto: è necessario controllare le prestazioni delle turbine e, per garantire longevità al parco, attuare una periodica manutenzione.

A fine ciclo di vita delle pale il processo si ramifica: da una parte lo sviluppo del sito e dall'altra la gestione post ciclo di vita della pala. Il sito, una volta rimosse le pale dove essere portato, attraverso un processo di ripristino, allo stato iniziale oppure nella condizione di accogliere nuovo utilizzo: le fondazioni delle turbine vengono o rimosse o ridotte a un livello che non interferisce con l'uso futuro del terreno. Il sito viene poi sgombrato dai rifiuti. Le pale, una volta smantellate, raggiungono l'industria dove potranno essere trasformate, tramite separazione dei materiali, in altri prodotti.

2. LO SPAZIO DELL'IMPIANTO

La storia del territorio e la necessità di energie rinnovabili sono aspetti che non possono essere scissi. Il progetto della transizione porta con sé delle esitazioni e allo stesso tempo il bisogno di azioni urgenti e concrete: evolversi partendo da una situazione attuale, che, seppur cattiva, è abituale, a un qualcosa di nuovo e quindi sconosciuto, pone terreno fertile per la nascita di incomprensioni tra gli attori che si interfaceranno con il cambiamento. Durante gli anni Settanta, Leigh Maiorana Van Velen, espose la sua teoria evolucionistica: le specie animali e vegetali riescono a sopravvivere in un contesto che è in costante cambiamento solo se sono in grado di evolvere. È anche di questo che la comunità scientifica si occupa da qualche anno a questa parte nel settore delle rinnovabili: il rapporto tra i territori colmi di costumanza, le comunità statiche e la necessità d'innovazione energetica. In particolare, l'energia eolica è una delle FER (Fonti Energetiche Rinnovabili) più antiche e a più alto rendimento. Come sostiene l'Associazione Nazionale Energia del Vento (ANEV), se si vogliono raggiungere gli obiettivi del *Green Deal 2030* bisogna incrementare la potenza elettrica totale prodotta da pale eoliche, la quale, nel 2023 partecipa alla copertura della domanda elettrica nazionale di 305,6 TWh (compresa la quota di potenza importata) con circa 23,4 TWh. In previsione dell'aumento del numero di aerogeneratori è necessario verificare quali sono i fattori a cui va incontro l'espansione, numerica e spaziale, delle macchine; qualsiasi attività produttiva o intervento dell'uomo in natura ha delle conseguenze sul territorio: si tratta di provare a limitare quelle negative ed evidenziare quelle positive in visione di una trasformazione del paesaggio che per evolvere deve necessariamente trasformarsi. Ogni stato che collabora al raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati mostra un approccio differente alla questione energetica: la gestione dello spazio da dedicare alle fonti energetiche rinnovabili può mutare in base al territorio in cui sono localizzate.

Lo spazio a disposizione dell'impianto, inteso come porzione tridimensionale del territorio in cui inserito, vede diversi componenti comporre l'intera centrale eolica. Un impianto eolico, riporta *Enel Energy System*, è composto da (Fig.1):

- Diverse turbine in base alla potenza totale che il parco deve produrre e a seconda del territorio in cui inserite;
- Dei trasformatori (uno per ogni aerogeneratore) per convertire la tensione appena ricevuta dalle turbine da bassa a media;
- Un trasformatore generale che raccoglie l'energia di tutte le turbine e ne converte la tensione da media ad alta;
- La rete di trasmissione;
- La rete di distribuzione per alimentare le destinazioni che necessitano elettricità

[fig. 1]

Lo spazio a disposizione dell'impianto nel parco eolico Altamont Pass, San Francisco, Stati Uniti



- Turbine +
- Rete di trasmissione —
- Trasformatori □
- Trasformatore generale ▤

Ogni elemento si relaziona con il territorio attraverso suolo e spazio tridimensionale occupato, e una serie di regolamentazioni dettano delle distanze di riferimento tra i singoli elementi dell'impianto e tra questo e il contesto. La normativa di

[4]

La normativa statale per la realizzazione di impianti da fonti elettriche rinnovabili (30 luglio 2024), n.47, ultima edizione aggiornata, Camera dei deputati, Documentazione e ricerche

[5]

Dalla normativa 31 luglio 2024 "Le aree che non sono ricomprese nel perimetro dei beni sottoposti a tutela in quanto beni culturali o paesaggistici, incluse le zone gravate da usi civili, né che ricadono nella fascia di rispetto dei beni sottoposti a tutela ai sensi della parte II del D.lgs. n. 42/2004, o sottoposti a tutela in quanto immobili ed aree di notevole interesse pubblico, sono considerate aree idonee"

[6]

Dalla normativa 31 luglio 2024 "Nelle ville, nei giardini, nei parchi, nei complessi di cose immobili (es. centri e nuclei storici) soggetti a vincolo paesaggistico, l'installazione richiede comunque il rilascio dell'autorizzazione da parte dell'autorità paesaggistica competente entro quarantacinque giorni dalla ricezione della domanda" e "nei complessi di cose immobili (es. centri e nuclei storici) sottoposte a vincolo paesaggistico, gli impianti non possono essere visibili dagli spazi pubblici esterni e dai punti di vista panoramici".

[fig. 6]

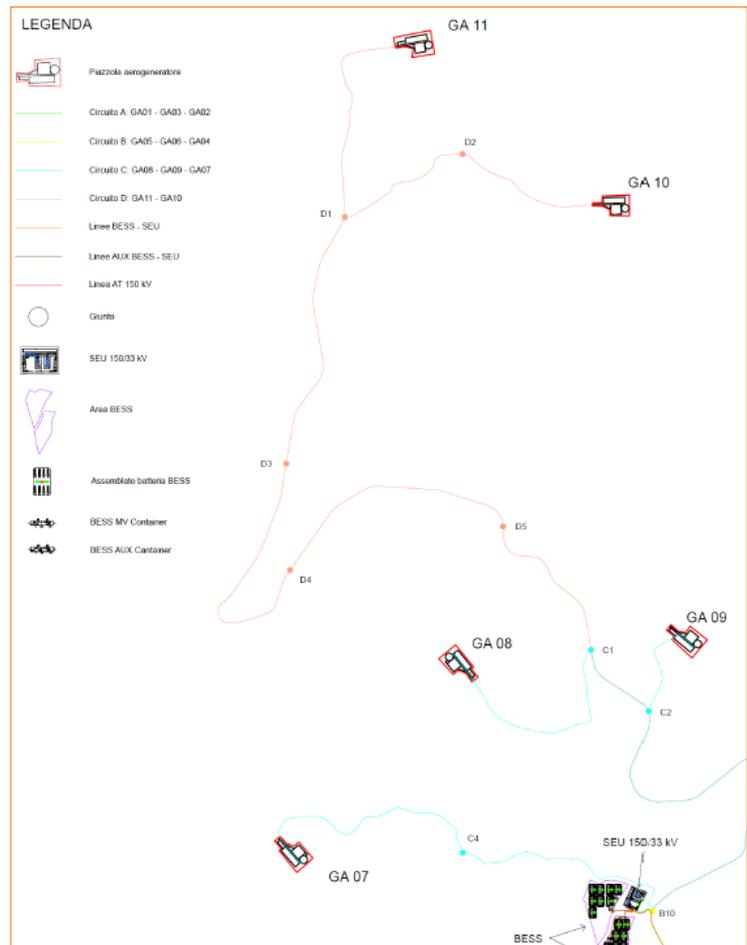
Collegamento tramite cavi-dotti degli aerogeneratori (aree in rosso) con la SEU (stazione elettrica utente e le batterie).

Fonte: Ministero dell' Ambiente e della Sicurezza Energetica

riferimento è la normativa del 30 luglio 2024⁴, la quale fornisce:

- Distanza minima dalle unità abitative e dai centri abitati
- Aree protette e Rete Natura 2000
- Distanza dai beni culturali e paesaggistici⁵; garantire una distanza di 3 km per gli impianti eolici rispetto ai già menzionati beni
- Vincoli paesaggistici⁶; l'inserimento in alcuni spazi, come giardini, parchi, etc., è richiesta un'autorizzazione dell'autorità paesaggistica
- Dati sull'altezza massima delle turbine⁷
- Ubicazione degli impianti

È chiaro come il primo passo per un'ottima pianificazione territoriale per il posizionamento delle turbine eoliche è quello di procedere per esclusione delle aree protette e per considerazione delle distanze limite dai centri e dalle abitazioni. A queste prime normative legate alla pianificazione territoriale, si aggiungono i vincoli faunistici che considerano le correnti migratorie delle specie volatili e quelli per la salute umana legati principalmente all'acustica: la normativa stabilisce infatti come distanza



[7]

Dalla normativa 31 luglio 2024 “I nuovi aerogeneratori, a fronte di un incremento del loro diametro, dovranno avere un’altezza massima, intesa come altezza dal suolo raggiungibile dalla estremità delle pale, non superiore all’altezza massima dal suolo raggiungibile dalla estremità delle pale dell’aerogeneratore già esistente moltiplicata per il rapporto fra il diametro del rotore del nuovo aerogeneratore e il diametro dell’aerogeneratore già esistente”

[fig. 7]

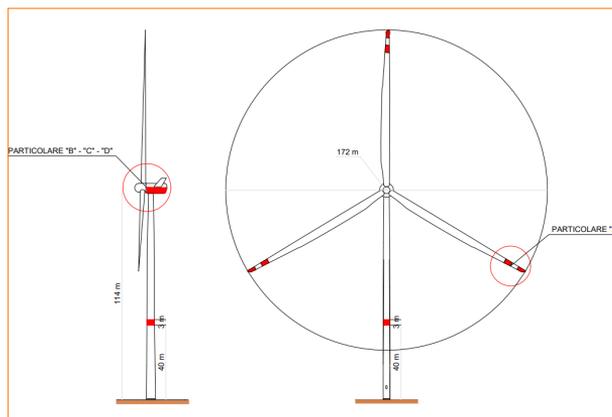
Le pale

Fonte: Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica

di sicurezza tra la turbina e un’abitazione di 200 m per una emissione sonora di 45 dB c.a.

Nello specifico dell’impianto, le distanze e le dimensioni che intercorrono tra i diversi elementi e le dimensioni di questi variano in base alla normativa vigente regionale e/o comunale.

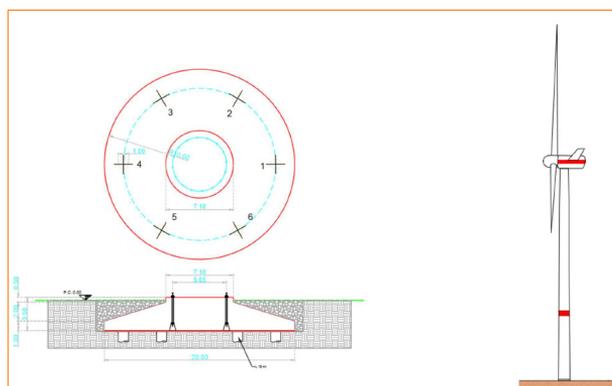
Un esempio di parco eolico con modelli di turbine Vestas V172, piazzola di fondazione, la stazione elettrica utente (Fig 9) e la rete elettrica:



[fig. 8]

Le fondazioni

Fonte: Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica



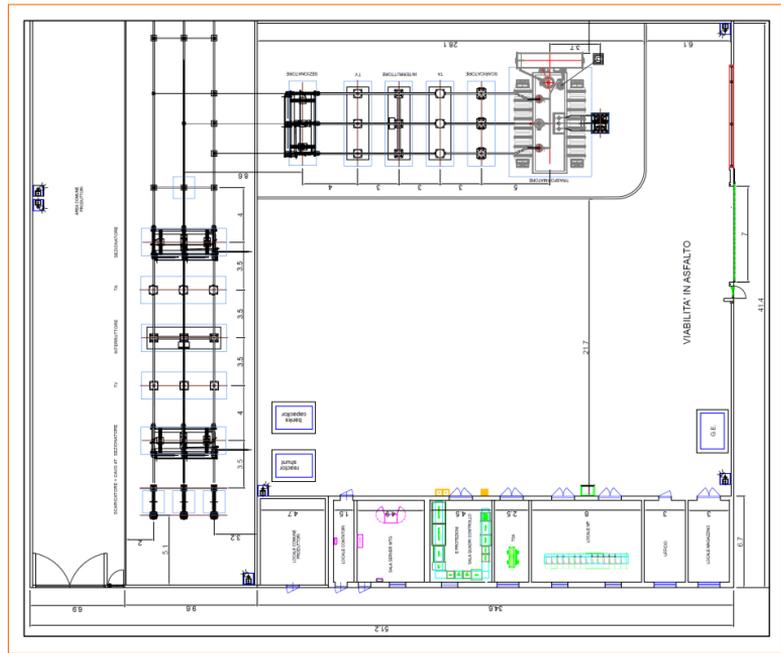
La stazione elettrica utente (Fig.9) è composta da trasformatori, sottostazioni di raccolta, sistemi di controllo e impianti a terra.

Queste componenti sono racchiuse in un unico intervento urbano dalle dimensioni variabili (variabile dipendente dalla quantità di turbine, dalla tipologia di queste, dal terreno, dalla vicinanza alla rete elettrica, e dalla distribuzione dei cavidotti sottoterra), che ricopre il ruolo di garantire una corretta integrazione dell’energia elettrica alla rete e quindi agli utenti finali.

[fig. 9]

Stazione elettrica
utente.

Fonte: Ministe-
ro dell'Ambiente
e della Sicurezza
Energica



Modelli per l'identificazione delle aree idonee:

Il quadro normativo (2.2.2.) a riferimento delle rinnovabili ha stabilito i criteri per l'individuazione delle aree idonee e questi dovranno essere riportati dalle regioni sul territorio per stabilirne la reale composizione al suolo; di conseguenza, nella letteratura così come nelle pratiche, ampio spazio è dedicato all'individuazione dei luoghi consoni all'insediamento degli aerogeneratori dei parchi eolici attraverso una valutazione fondata su diversi criteri.

Queste esperienze sono variamente studiate in un ampio spettro di approcci e valutazioni attraverso una comparazione di osservazioni multicriteria. Le ricerche scientifiche che hanno affrontato il tema della disposizione nello spazio delle pale eoliche sono diverse: davanti una raccolta iniziale di quattordici documenti, solo otto si focalizzano sull'inserimento delle pale eoliche e non in altre energie rinnovabili. Dopo una prima scrematura iniziale, sono altri i criteri di esclusioni, tra questi: l'intervento progettuale deve far riferimento ad un parco in-shore, essere soggetto ad una analisi di criteri multipli e deve considerare come approccio iniziale alla stesura di elaborati di pianificazione il GIS. Il campione si restringe a due casi. Dopo la selezione dei casi, si approfondiscono i due approcci: questi vengono studiati e applicati nello stato di New York e in Grecia. Prima di procedere con l'elaborazione di una ricerca comparativa basata su criteri multipli, è essenziale definire con precisione i parametri di analisi. La pianificazione e l'approvazione dei parchi eolici rappresentano un processo

complesso in continuo studio, finalizzato a bilanciare gli interessi delle diverse parti coinvolte. Tuttavia, le aree caratterizzate da elevate risorse eoliche non sempre risultano idonee per tali installazioni. La scelta dei siti dipende da una pluralità di fattori, classificabili in economici, pianificatori, fisici, ecologici, paesaggistici e culturali. Considerando la loro natura spaziale, l'utilizzo dei sistemi GIS (Sistema di informazioni geografico) e MCMD (*Multi-Criteria Decision Making*) appare particolarmente vantaggioso per ottimizzare questo primo processo decisionale informatico volto a comprendere la fattibilità dell'inserimento del parco eolico in un determinato territorio.

I due approcci che vengono messi a confronto sono: lo *spatial multi criteria assessments* (SMCA), il quale viene applicato nel contesto dello stato di New York (Van Haaren, Fthenakis; 2011) e il multi-criteria decision making (MCDM), nella rivista scientifica *Renewable Energy* (Latinopoulos, Kechagia; 2015) adottato dalla comunità scientifica per l'individuazione delle aree idonee in Grecia. Questi due metodi non sono i metodi legislativamente promulgati dagli stati in questione, bensì sono degli approcci che esperti hanno sviluppato in base al territorio con il quale si sono interfacciati.

I due approcci multicriteria descritti condividono alcune similitudini ma presentano differenze significative. Entrambi gli approcci per la definizione delle aree idonee iniziano escludendo i siti non consoni basandosi su vincoli di pianificazione o caratteristiche fisiche; tra questi: terreni federali o riserve con funzioni specifiche (come parchi nazionali o basi militari); aree in cui le turbine interferirebbero con gli usi esistenti, ad esempio aeroporti o zone urbane; siti inadatti dal punto di vista tecnico, come terreni instabili o con pendenze elevate.

Entrambi utilizzano, inoltre, strumenti GIS (sistema di informazioni geografiche) per l'elaborazione dei dati spaziali e affrontano la necessità di criteri di valutazione standardizzati per classificare i siti.

La ricerca condotta in *Evaluating the case for New York State*, segue concentrandosi sull'analisi economica diretta (VAN) tenendo conto di elementi come le risorse eoliche, i costi di connessione alla rete elettrica, l'accessibilità stradale e la bonifica del terreno, culminando con l'integrazione di fattori ecologici come la mortalità degli uccelli. Tutto il processo si basa su una mole di dati informatici GIS molto ricca che offre uno studio preciso di geolocalizzazione dei criteri citati.

Nella fase finale, si sovrappongono mappe delle aree ecologicamente sensibili, come quelle importanti per gli uccelli, per identificare eventuali criticità ambientali e pianificare interventi di mitigazione.

L'approccio utilizzato dalla ricerca *A regional scale application in Greece*, invece, adotta un modello decisionale più formale, introducendo attraverso il *criteria of fuzzy sets*⁸, la

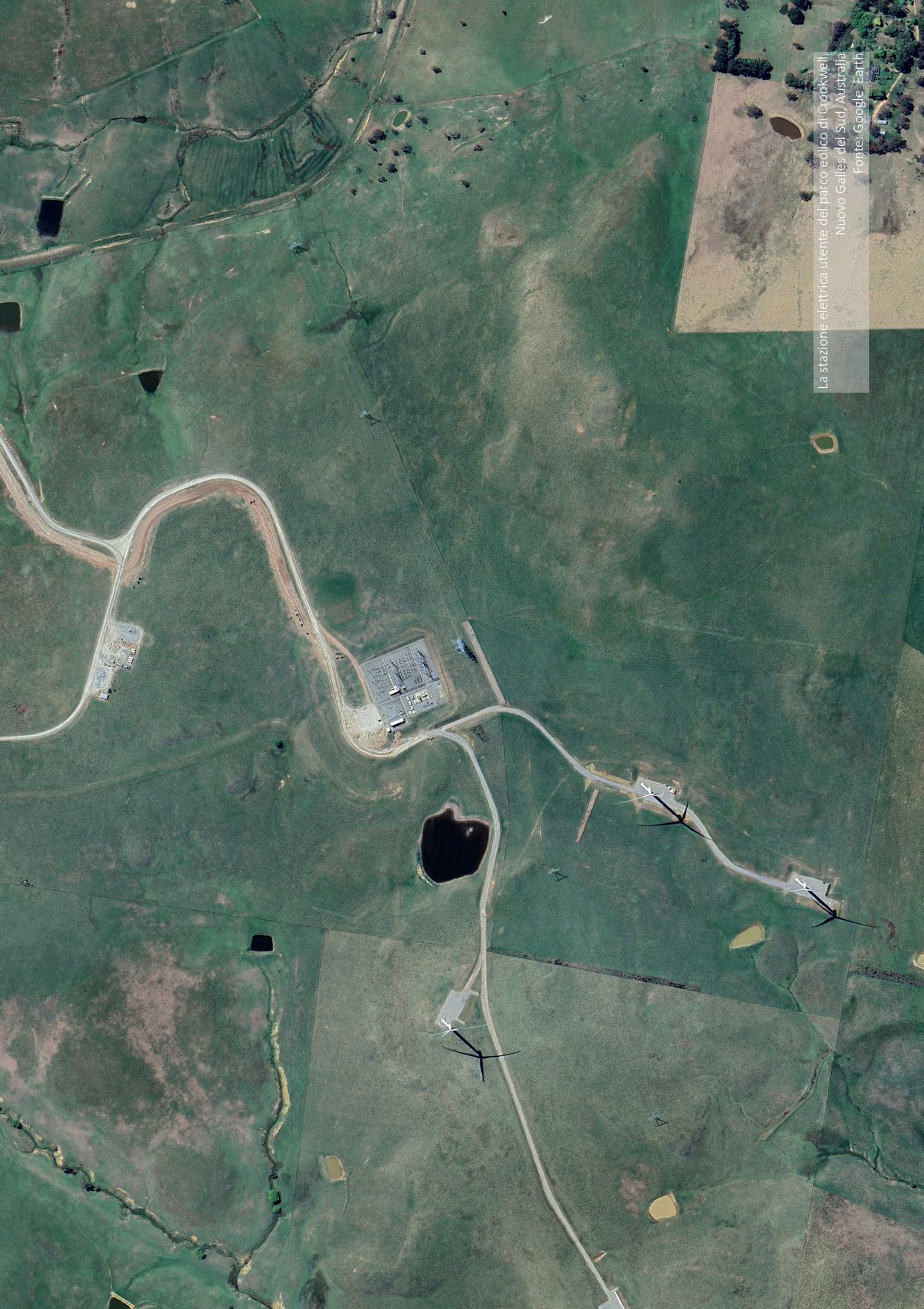
[8]

Un fuzzy set è una classe di oggetti con un continuum di gradi di appartenenza. Tale insieme è definito da una funzione (o caratteristica) che assegna a ciascun oggetto un valore di appartenenza compreso tra zero e uno.

standardizzazione dei criteri calcolando un indice di idoneità composito (Suitability Index, SI). Questa procedura mira a fornire un risultato più flessibile e adatto a combinare dati eterogenei; vengono utilizzate funzioni lineari che lavorano tramite “gradi di soddisfazione” riguardo diversi criteri: i fattori di pendenza, la distanza dalla rete stradale, la velocità del vento, la distanza da siti specifici e la distanza dalle aree Natura 2000. Infine, per quanto riguarda il criterio di uso del suolo, è stato assegnato un set di valori di appartenenza, in base agli usi del suolo più preziosi (sia in termini economici che ambientali). Questi dati numerici vengono trasformati in rappresentazioni grafiche planimetriche e la sovrapposizione di queste consentirà di capire i siti di progetto ideali per i parchi eolici.

In sintesi, il primo approccio appare più pratico e orientato all’impatto economico immediato, mentre il secondo si distingue per una maggiore attenzione alla modellizzazione e alla standardizzazione dei dati decisionali.

Analogamente, il metodo SMCA, applicato in Grecia e il MCDM, utilizzato nello stato di New York, hanno incorporato criteri di idoneità basati su fattori fisici, ambientali e sociali all’interno di un modello GIS per esaminare l’idoneità dei siti di parchi eolici esistenti e per identificare aree che potrebbero essere potenzialmente prese in considerazione per futuri schemi.

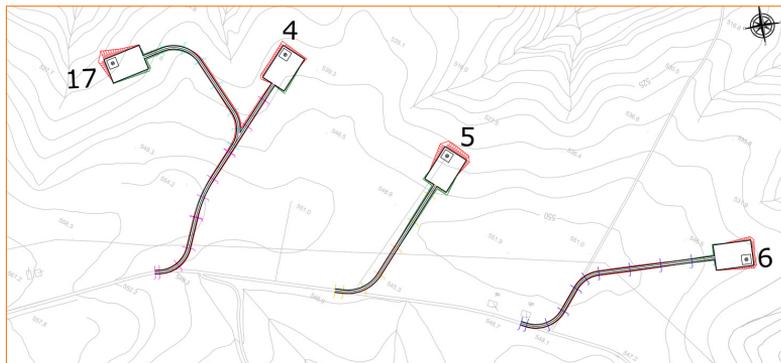


La stazione elettrica utente del parco eolico di Crookwell.
Nuovo Galles del Sud, Australia
Fonte: Google Earth

3. LO SPAZIO DELL'INFRASTRUTTURA

L'eolico è l'energia rinnovabile più pulita in assoluto durante la fase operativa, è il *Global Wind Energy Council* a specificarlo. L'energia rinnovabile, però, per ottenere degli ottimi risultati a livello di consumi e inquinanti deve essere considerata non solo nella sua fase operativa ma, per l'intero ciclo di vita (LCA) : è qui che l'eolico non è più a "zero emissioni". La pala eolica, composta da torre, navicella e rotore, non rappresenta di per sé un'aggravante per l'impatto ambientale in fase di smaltimento tanto quando, in aggiunta, lo sono tutte le infrastrutture annesse alle pale. In *Life Cycle Assessment* (Li et al.; 2021) vengono riportate le infrastrutture necessarie all'impianto eolico dall'iniziale processo di produzione, passando per quello di costruzione come strade di accesso, cavi elettrici, mezzi di trasporto, fondazioni, piazzole di montaggio e sistemi di montaggio per pesi superiori alle 100 tonnellate come le gru. La ricerca porta delle conclusioni: tutte le infrastrutture presenti in un progetto di centrale eolica sono numerose, presenti in ogni fase del ciclo di vita dell'impianto e soprattutto interferiscono con un apporto di inquinanti il *Life Cycle Assessment* dell'impianto. Occorre, quindi, stabilire con chiarezza quali sono e in che modo intervengono nel ciclo di vita le infrastrutture annesse agli impianti. Esistono due principali categorie di infrastrutture: le civili e le elettriche. Le civili comprendono la viabilità, quindi strade (Fig.10), superstrade, passaggi pedonali, accessi ai mezzi pesanti, le piazzole di montaggio delle pale eoliche (Fig.11); le fondazioni delle turbine e gli edifici; le infrastrutture elettriche, invece, considerano le stazioni di trasformazione (Fig.12), i sistemi elettrici di controllo e protezione, le linee elettriche tra le turbine ipogee, la linea elettrica di connessione e la stazione di connessione alla rete di distribuzione.

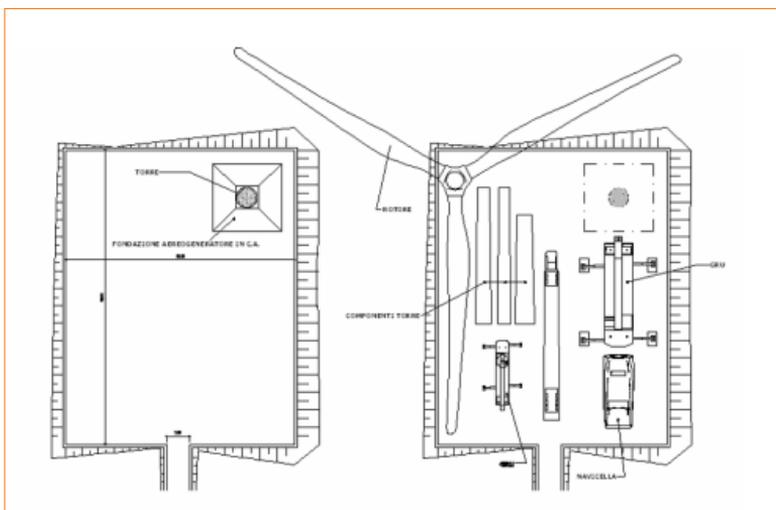
[fig. 10]
Strade d'accesso
agli aerogeneratori
Fonte: Ministero dell'Ambiente
e della Sicurezza
Energetica



[fig. 11]

Piazzole di montaggio pale eoliche

Fonte: Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica



Alcune di queste permangono per tutto il periodo d'opera dell'impianto, tra queste: le strade di accesso al sito di progetto dovranno essere larghe almeno "5 metri su tratti rettilinei e di grande raggio nei tratti di svolta", come riporta un comunicato del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, per essere capaci di sopportare il peso dei grandi elementi che sono trasportati come le componenti delle turbine eoliche; in aggiunta alle strade esterne al lotto vi sono anche quelle dedicate alla viabilità interna: connessioni tra le turbine e le aree di manutenzione. Le infrastrutture civili comprendono anche le fondazioni delle pale eoliche, le quali vengono realizzate seguendo due metodi principali nell'attenzione del terreno del sito: fondazioni a piattaforma oppure su pali. Le turbine saranno poi ancorate alle fondazioni tramite un sistema di ancoraggio che giunge fino all'interno delle fondazioni dove, dei cunicoli, consentono il passaggio dei cavi utili elettrici e delle fibre ottiche. Un'altra componente fondamentale tra le infrastrutture sono gli edifici: strutture operative, magazzini e alloggi temporanei. La pianificazione delle infrastrutture elettriche deve necessariamente avere inizio con una attenta verifica dei punti di connessione alla rete nazionale tramite la linea di trasmissione ad alta tensione con i tralicci aerei che già insistono sul territorio; d'altra parte, la comunicazione interna che avviene tra le singole turbine e sottostazioni interne avviene per cavi interrati. L'operazione di ricavo dei cunicoli è molto costosa e allo stesso tempo invasiva per le attività preesistenti sul sito. Ogni turbina, tramite un cavidotto, fa affidamento a un trasformatore d'energia ossia una vera e propria infrastruttura che necessita delle fondamenta e dello spazio attorno di sicurezza⁹. L'impianto necessita anche di sistemi di accumulo: le batterie possono essere posizionate esternamente alla turbina, quindi in modo

[9]

Informazioni ricavate da Parco eolico Relazione tecnica impianto eolico ("PANETTE-RIA" nel territorio comunale di Banzi (Pz), progetto definitivo, Regione Basilicata, 2011

centralizzato, in prossimità di una sottostazione principale; oppure in prossimità della turbina se la batteria è di piccole dimensioni. Le infrastrutture che accompagnano i parchi eolici sono numerose e di grandi dimensioni ed è questo il motivo per il quale sempre più attenzione viene posta alla tutela del territorio: la consapevolezza che un impianto possa portare con sé tutti i precitati elementi può creare sconforto e confutazioni. D'altro canto, una corretta pianificazione e un assetto territoriale che già prefigura un'ottima e vicina infrastruttura elettrica nazionale limitano notevolmente invadenti interventi.

La reale pianificazione del sito di progetto avviene svolgendo un dimensionamento dell'impianto eolico in relazione al territorio in cui viene inserito: un primo studio teorico riguarda l'ambiente circostante, le dimensioni generali e disponibili all'impianto, i confini, gli utilizzi e ancora, le posizioni e le funzioni degli edifici circostanti. In secondo luogo, si stabilisce la dislocazione degli aerogeneratori, la quale tiene conto con estremo obbligo normativo (D.M.; 21 giugno 2024), della morfologia del territorio, da studi anemometrici, dell'impatto visivo, dell'ottimizzazione della viabilità di servizio dedicata e dell'ottimizzazione della produzione energetica.¹⁰

[10]

Relazione tecnica
impianto eolico
"PANETTERIA" nel
territorio comunale di
Banzi (Pz), progetto
definitivo, Regione
Basilicata
Fonte: Ministero
dell'ambiente e della
sicurezza energetica,
2011



Albertas wind farm, Canada
Fonte: Google Earth
Uno spazio continuo. L'area canadese in questione presenta un grande numero di specchi d'acqua a cui lo spazio dell'infrastruttura deve guardare per risultare funzionale a tutte le attività del territorio.



Il parco eolico di Te Aitū, Nuova Zelanda
Fonte: Google Earth
L'infrastruttura presente in immagine era tale ancor prima della realizzazione del parco eolico.
Un attento studio degli angoli di manovra ha consentito il trasporto delle turbine in quota.

400 m



Parco eolico di Bangui, Ilocos Norte, Filippine
Fonte: Google Earth
Il posizionamento delle turbine sulla costa (near-shore) consente una complementarietà d'azioni. L'infrastruttura percorre la natura limitrofa fino a giungere sulle spiagge frequentate dai bagnanti e dai pescatori.



Parco colico di Woolnorth, Tasmania, Australia
Fonte: Google Earth
Lo spazio dell'infrastruttura è netto. La disposizione delle turbine consente la ricezione del vento prevalente e il posizionamento delle cabine di trasformazione un facile e senza dispersioni trasferimento dell'energia generata.



Parco colico di Whitelee, Eaglesham, Scozia
Fonte: Google Earth

Un sistema di strade secondarie utili non solo al raggiungimento dell'area di pertinenza delle turbine, ma anche al regolare percorso fino all'alta collina.



Altamont Pass Wind Farm, Stati Uniti
Fonte: Google Earth
Infrastrutture fortemente dipendenti dalla geomorfologia del terreno per evitare malfunzionamenti o basse rese per scarsa potenza del vento.



Parco colico Smoky Hills, Kansas
Fonte: Google Earth
Uno spazio per l'infrastruttura che fa cambiare altre infrastrutture limitrofe. Le aree a terra per le turbine designano dei nuovi percorsi per le altre funzioni.



Il parco colico di Cumaru, Brasile
Fonte: Google Earth
Infrastrutture a stretto contatto con un'area urbana densa.



Parco eolico nella prefettura di Mie, Giappone
Fonte: Google Earth
Infrastruttura coperta dalla grande distesa boschiva. Altezza delle turbine superiore alle chiome per evitare un grande coefficiente di rugosità.

4. IMPATTI SPAZIALI E AMBIENTALI

Le pale eoliche pur essendo una fonte di energia rinnovabile a basso impatto ambientale rispetto ai combustibili fossili, mostrano comunque alcune problematiche ambientali e ciò rappresenta uno degli ostacoli che maggiormente influenza la diffusione dell'eolico. La grande confusione in ambito normativo che caratterizza le procedure di approvazione degli impianti eolici ha fatto sì che molti di questi venissero costruiti in assenza di un'appropriate valutazione di impatto ambientale (Battistella A., 2019) con la conseguenza di consolidare le resistenze visibili oggi nei confronti di tali impianti”, ed è da questa visione di partenza che risulta fondamentale riprendere da dove il problema nasce: definire le difficoltà ambientali che l'eolico può far crescere all'interno di uno spazio. Considerando la differenza tra territorio e paesaggio, questa è utile a collocare nel giusto ambito le problematiche legate all'ambiente: la relazione che sussiste tra territorio e eolico, attraverso una attenta pianificazione deve essere resistente ad alcuni elementi, tra questi: la pianificazione del territorio attraverso l'identificazione delle aree consone e non, l'interazione con l'avifauna e le correnti migratorie, l'utilizzo del suolo e l'impatto acustico; d'altra parte, il rapporto tra il paesaggio e l'eolico, deve includere uno studio estetico-percettivo in grado di poter accogliere la macchina all'interno del paesaggio senza che risulti sconveniente.

La necessità di identificare le aree idonee è risultato di un reale problema: comprendere l'impatto sul paesaggio di un nuovo intervento è un'azione sempre più ardua, specialmente se, come necessario e opportuno, viene considerato il patrimonio culturale-storico di un luogo. Secondo A. Battistella, un paesaggio può essere valutato in base a due approcci: uno misura la qualità stando alle presenze storiche, l'altro secondo le scene visive. Per quanto riguarda quest'ultimo approccio, a sua volta, vengono evidenziati dall'autore due scenari con cui è possibile relazionarsi per comprendere la qualità del paesaggio: nella prima si fa riferimento ad un paesaggio già formato in cui vengono valutate le scelte di pianificazione, nella seconda, invece, lo studio ricade sulla possibilità e le conseguenze di inserire un nuovo elemento che può, ipoteticamente, alterare la ormai abituale, percezione di quel paesaggio.

La pratica che si concentra sulla valutazione estetico-qualitativa di un paesaggio, che sia questo già formato o che sia soggetto all'aggiunta di un nuovo elemento prende piede già dalla fine degli anni Sessanta attraverso numerosi studi fondati su criteri statistici matematici, come modelli di regressione multipla (Gisotti, Bruschi; 1992). Segue, di naturale deduzione, il giudizio di paesaggisti rispetto il modello precedentemente menzionato: la

volontà di ricondurre a dati quantitativi anche fattori qualitativi, che in quanto tali, oltre che soggettivi non possono essere valutati attraverso giudizi binari, può portare a risultati non completi e riconducibili l'un con l'altro escludendo così un fattore di unicità implicito in ogni paesaggio.

D'altra parte, però, la necessità di ricorrere a strumenti quantitativi è sempre più urgente considerata la grande scala e i molti scenari in cui questa deve essere applicata, sia che si tratti di valutazione di pianificazione esistente, sia che si consideri una valutazione dell'intromissione di nuovi elementi; le amministrazioni, in questo modo, potrebbero accelerare di molto i tempi burocratici di approvazione di un progetto, in questo caso, di impianto eolico. In virtù di quanto riportato, la valutazione del paesaggio risulta essere una materia complessa. Una seconda considerazione sulla questione riguarda quei valori qualitativi che non possono e non devono essere trasformati in dati quantitativi: gli attori che se ne occupano possono essere svariati ma, dopo le numerose rivolte popolari, l'importanza che il popolo detiene circa l'argomento si è capita essere incisiva. Una questione, però, sorge di conseguenza a quanto appena detto: la possibilità di inserire nella pianificazione di intromissione di un parco eolico in un territorio, la quale viene svolta in parte attraverso modelli economici-statistici, il contributo della popolazione di un luogo. I cittadini rappresentano, come strumento di valutazione, quanto più di lontano si può trovare rispetto a dei modelli matematici. La comunità è variegata, basata su conflitti d'interesse, pareri, gusti personali, ideologie e valori che differenziano ogni singolo dalla collettività. Il problema è rappresentato dal fatto che ancora troppo, al giorno d'oggi, la disinformazione sull'ambiente sia alta e ciò fa sì che i pareri sulle rinnovabili siano ancora troppo distanti dalla piena approvazione. A. Battistella (2010), a sostegno del pensiero appena sviluppato, riporta un sondaggio stilato dal Soko Institute, in Germania, il quale testimonia come la percezione favorevole circa i parchi eolici nel paesaggio sia estremamente correlato all'educazione ambientale. D'altra parte, però, questo sondaggio viene in parte smentito da una ricerca (Betakova et al.; 2016) più recente, che ha avuto luogo a Praga; un articolo ne riporta lo scopo e le conclusioni: la facoltà che si intraprende all'università influenza l'opinione sull'inserimento delle pale eoliche nel paesaggio. Attraverso delle interviste lo studio ha dimostrato come gli studenti che svolgono facoltà tecniche siano molto più propensi all'adozione dell'eolico rispetto alla mole di studenti intervistati frequentanti programmi di studio orientati all'ambiente. Tra le motivazioni che hanno spinto il secondo gruppo di studenti ad avere giudizio negativo vi sono: l'impatto sul paesaggio a livello estetico-culturale, la discontinuità della risorsa naturale

nonché la forza motrice e la pericolosità degli impianti nei confronti di flora e fauna. Ad ogni modo, lo studio si conclude con numeri che dimostrano una certa correlazione anche con quanto riportato dal Soko Institute: indipendentemente dal percorso di studi, ci sono stati più pareri favorevoli all'adozione dell'eolico che contrari.

Ad oggi la valutazione dell'impatto visivo avviene tramite lo strumento di valutazione VIA, il quale, formulando delle azioni consequenziali riporta, poi, un giudizio positivo o negativo sulla relazione tra il nuovo elemento da introdurre e il territorio. Tra le pratiche consequenziali si trovano: i fotomontaggi, i quali figurano una visualizzazione ipotetica di come l'apporto delle macchine risulti nel paesaggio, le simulazioni 3D grazie alle quali dei modelli tridimensionali riescono a configurare, da diversi punti di vista, una moltitudine di paesaggi, l'analisi teorica dell'intervisibilità per valutare le interferenze visive derivanti da una modifica della superficie del suolo. Questa ultima analisi, grazie all'applicazione di algoritmi, consente di prevedere da quali punti di osservazione, tenendo conto delle irregolarità del terreno, la macchina risulterà visibile o nascosta.

Le operazioni appena descritte sono utili a comprendere la relazione visiva che sussiste tra un parco eolico in progetto e il territorio con cui si dovrà relazionare così da poter visualizzare antecedentemente alla realizzazione la configurazione; d'altra parte, però, nonostante queste operazioni, il malcontento generale che spesso scivola in rivolta non è cessato. Utile è un approccio che vede nella buona riuscita della relazione una base solida da parte dei componenti della relazione: lo studio del territorio necessita di una valutazione più approfondita che si basi sulla sua capacità, inteso come puro concetto matematico.

Utile è comprendere quali sono i livelli di resistenza degli elementi che nel corso della storia hanno composto il paesaggio: le stratificazioni storiche e culturali, i molteplici livelli di interazione col territorio che hanno dato vita a nuove economie, e le vite che hanno partecipato con attività nella formazione di questo. È necessario svolgere uno studio di comprensione dei valori appena citati nello spazio esistente così da ottenere un grado di sensibilità del paesaggio con cui l'intervento dovrà relazionarsi.

Questa fase, se svolta attraverso metodi matematici-statistici, garantisce l'ottenimento di un valore sensibile esprimibile quantitativamente (in numeri) o in valori binari (sì o no) i quali a loro volta saranno più facilmente relazionabili a valori qualitativi espressi da chi di competenza all'interno della commissione di valutazione del paesaggio si occupa della valutazione della relazione tra gli elementi.

La macchina e il paesaggio possono essere designati da valori quantitativi che derivino dallo studio della sensibilità del

singolo; la loro relazione, invece, da dati qualitativi da parte di professionisti. La semplificazione del processo di valutazione non compromette la riuscita o la qualità della stessa, ma anzi, ne garantisce un approccio più chiaro e schematico capace di riordinare le lunghe prassi burocratiche in atto. Sono diverse le strategie che vengono applicate alle pianificazioni territoriali o ai nuovi progetti in ambiente e queste hanno lo scopo ultimo di proteggere la sostenibilità ambientale e allo stesso tempo la comunità. L'impatto ambientale che un parco eolico esercita su un territorio interessa diversi aspetti: l'assetto territoriale, l'acustica e l'elettromagnetismo, l'avifauna, e il paesaggio. L'inserimento di un parco eolico implica un'attenta coordinazione da parte di chi si occupa dell'assetto territoriale: le attività da coordinare sul territorio, la viabilità, le zone protette, i beni storici-culturali sono solo alcuni degli aspetti da tenere in considerazione se si parla di configurazione urbana. Uno degli strumenti maggiormente utilizzati è la VIA (valutazione dell'impatto ambientale), utile a comprendere a pieno l'impatto sul territorio, contestualizzando le strategie progettuali nel sito di progetto. Altro strumento che si applica ai progetti da inserire sul territorio è la VAS (valutazione ambientale strategica) e, si differenzia dalla VIA a causa della grande scala a cui fa riferimento: lo strumento dalla VAS, infatti, designa uno studio attento della pianificazione di grandi quadri strategici che comprendono anche i singoli interventi come i parchi eolici, ma di questi non si occupa nello specifico.

Un esempio utile al caso, applicabile all'ipotesi di voler inserire un parco eolico in un territorio, condurrebbe lo strumento del VAS a verificare se a livello regionale è previsto l'inserimento di parchi eolici in modo da poterne valutare gli impatti complessivi sul territorio; mentre, lo strumento del VIA si interessa ad una scala più piccola e verifica se il progetto di uno specifico parco eolico è adatto agli elementi di cui il luogo si caratterizza: suolo, aria, acqua, flora e fauna, e anche l'impatto socio-economico e la compatibilità con altre attività esistenti del territorio.

Questi strumenti descritti sono accompagnati da piani ambientali che compiono già una differenziazione degli spazi tra quello, a discrezione del VIA, a piena disposizione, e quello in cui le attività antropiche o gli inserimenti di altri elementi in natura vengono estremamente controllati e scremati per consentire il mantenimento di un habitat naturale il più a lungo possibile; un esempio di cura del territorio è dato in fase di progetto: l'impianto deve essere posizionato al punto più vicino di connessione alla rete di conferimento dell'energia al fine di ridurre l'impatto degli elettrodotti interrati di collegamento. Rete Natura 2000¹¹ è lo strumento che pone al centro delle ricerche la diversità biologica in Europa tenendo conto delle esigenze culturali, sociali ed economiche della popolazione. La composizione di Rete Natura 2000 comprende le Zone Speciali

[11]

Ai sensi dell'Art. 4, comma 4; Direttiva 92/43/CEE "Habitat", Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica

di Conservazione (ZSC) e le Zone di Protezione Speciale (ZPS) e ambidue non delimitano delle riserve vietate alle attività antropiche ma, anzi, garantiscono una regolamentazione utile alla coesistenza della biodiversità di un habitat con l'antropizzazione conseguente alle attività umane.

L'assetto territoriale è quindi valutato dagli strumenti di VAS, VIA e Rete Natura 2000; la pianificazione è invece incarico di altri strumenti definiti come Piani. Un altro aspetto che interessa la relazione tra eolico e territorio è il possibile impatto acustico ed elettromagnetico: il suono causato sia dalle pale in movimento che dai macchinari annessi ad esse comporta degli squilibri a livello di benessere acustico se queste vengono inserite a ridosso o a breve distanza da centri abitati, complessi residenziali o luoghi di lavoro. Questo aspetto rientra nello specchio di fattori di cui tiene conto la VIA.

La valutazione dell'insediamento risulta essere positiva se la distanza compresa tra la turbina e un'abitazione è maggiore di 200 m per una emissione sonora di 45 dB c.a., pari al livello di rumore udibile all'interno di una biblioteca; in Grecia, invece, il parametro cambia valore e inserisce una distanza preventiva maggiore di 300 m, affinché il livello di pressione sonora (vale a dire il suono percepito in un punto specifico) non superi approssimativamente i 45-50 dB (stessa emissione acustica di un ufficio climatizzato non occupato). Ogni stato adotta, quindi, come parametro per comprendere l'impatto sonoro, la distanza compresa tra la turbina e il ricettore in base a rilevamenti acustici condotti sul campo.

Ogni morfologia, inoltre, è soggetta a un riverbero del suono differente e questo dimostra la difficoltà nello stabilire delle distanze standard da mantenere per ogni tipologia di terreno e ricettore. Ad ogni modo, i parchi eolici possono essere caratterizzati da emissioni di rumore relativamente basse, rispetto ad altre unità industriali o centrali elettriche convenzionali, quindi, un'attenta pianificazione dell'area di interesse garantirebbe una distanza sufficiente dalla sorgente e quindi una pressione sonora utile a non causare dei danni a persone e/o animali. Ad oggi, non sono ancora state dimostrate evidenze di danni arrecati a persone e/o animali per l'impatto acustico e quindi non vi sono prove scientifiche a sostegno di quanto detto dagli attivisti.

Il progetto di un parco eolico in un determinato sito implica la valutazione di compatibilità delle macchine con l'avifauna. Ogni territorio ha caratteristiche differenti e come tale deve essere studiato a fondo per comprendere le specie che vi vivono, le aree di nidificazione e le correnti migratorie; ad oggi, questi aspetti sono analizzati dalle le ZPS, introdotte con la Direttiva "Uccelli"¹². In presenza di parchi eolici eccessivamente estesi e densi, gli uccelli possono non trovare vie di fuga e finire

[12]
Direttiva 92/43/
CEE "Habitat",
Ministero
dell'Ambiente e
della Sicurezza
Energetica

per essere decimati dalle macchine. In passato si era quindi pensato di porre dei sistemi di illuminazione delle turbine così da essere notate dagli uccelli e quindi evitate ma il tentativo fu fallimentare: l'illuminazione delle pale determinò l'avvicinamento di insetti, i quali a loro volta attraevano gli uccelli che finivano investiti dalle pale in movimento. Diversi sono gli strumenti che analizzano individualmente ogni aspetto, ma la sfida quando si parla di pianificazione ambientale, è la complessità che l'interazione tra questi aspetti può creare e che solo l'interazione tra i sistemi di valutazione e i Piani può gestire al meglio.

Come viene riportato in diverse relazioni tecniche d'impianti eolici dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, una soluzione alla questione faunistica è quella di garantire la presenza di corridoi di transito riducendo al contempo l'impatto visivo degli aerogeneratori; la normativa di riferimento (che può riportare differenti indicazioni dipendentemente da quale regione la emette) sottolinea come la distanza minima tra aerogeneratori sia un elemento estremamente valutato in ogni parco eolico per evitare "l'effetto selva" che compromette significativamente la visuale e non consente il transito dell'avifauna. Un esempio del caso lo presenta il documento "linee guida"¹³ all'interno de "Linee Guida Parchi Eolici – Contenuti e Metodologia" emesso dalla Regione Abruzzo per la realizzazione di parchi eolici (che siano questi di piccola/grande taglia e/o on-shore/off-shore). Per un impianto di grandi dimensioni, composto da 12 aerogeneratori, questi devono mantenere una distanza tra le turbine di tre volte il diametro del rotore per la direzione ortogonale al vento prevalente e sei volte il diametro del rotore nella distanza longitudinale.

La regolamentazione raccolta nelle linee guida limita le possibilità di poter generare uno spazio estremamente denso di macchine, e quindi non ottimale per l'uomo e per gli animali. Le nuove tecnologie di impianti e gli strumenti di pianificazione sempre più attenti alle specie animali, garantiscono un numero di morti che è stato definito come "relativamente piccolo" dal WWF stesso. L'associazione spiega come quanto appena affermato non viene comunicato perché la vita degli animali viene posta in un piano d'importanza inferiore, ma al contrario, proprio perché il loro benessere è priorità che le rinnovabili devono trovare sempre più spazio. La non introduzione dei parchi eolici, insieme alle altre rinnovabili, è un'azione molto più incisiva sul numero di morti rispetto a quante ne causino le pale stesse in movimento. L'impatto positivo, quindi, di un parco eolico è nettamente superiore, anche per gli stessi animali, rispetto quello negativo, dovuto alle morti dei volatili.

[13]
Linee Guida Parchi
Eolici - Contenu-
ti e Metodologia
(2006), Cap.6: li-
nee guida, Regione
Abruzzo

indi, il superamento
gia, come suggerito
a visione più ampia e
atitare.

2022 · Montagne360 · 7

NO

GLI INTERESSI ECONOMICI DEL
GRANDI IMPRESE. NO A
ENERGIE PULITE CHE IN
DEVASTANO PER SEMPRE L'AMBIENTE



LI
LE ED
OLICO

ORE 19.00
INTERENZIO

stallazione di
nacciando il
e le comunità
l'Appennino.



NO al Progetto di Impianto Eolico Monte Giogo - Villor

ATTENZIONE! POTREBBERO APPROVARLO DA VERG



Salviamo insieme AMBIENTE e PAESAGGIO!

GIOVEDI' 17 GIUGNO

Piazza Dell'Unità D'Italia - FIRENZE

PRESIDIO INFORMATIVO DALLE 9:00 alle 13:00

Italia Nostra Firenze - Club Alpino Italiano (Regione Toscana)
Associazione Dicomanocheverrà - Associazione mugelloinMovimento
Associazione AttoPrimo - Comitato per la Tutela dei Crinali Mugellani
Rete della Resistenza sui Crinali



la campagna elettorale nazionale e poi da quella regionale - si legge nella nota a firma dei presidenti delle due associazioni Gianluigi Ciarrarra e Michele Petrarola - Determina Dirigenziale n. 8 del 12.02.2018 autorizza società S.E.T. srl ad installare n. 8 pale eoliche alte 120 metri nel territorio di Castel-

ca e a breve distanza dall'Osservatorio Astronomico "G. Boccardi". L'area sarà stravolta, la comunità locale ne uscirà penalizzata ed impoverita, l'impatto ambientale negativo estenderà i suoi danni all'intera zona che muterà la visuale, ed i cittadini che dispongono di terreni e/o fabbricati nelle vicinanze ne

se e fondi agricoli ubicati nei pressi degli aerogeneratori. L'Amministrazione Comunale di Castelmauro non trarrà beneficio dall'installazione delle pale eoliche tanto è vero che ha tentato di opporsi a questo ennesimo scempio ambientale, ma lo scontro è stato impari visti gli interessi in gioco. Con questo appello ci rivolgiamo al neo Presidente della Regione Molise perché acquisisca tutta la documentazione, convochi il

ni tecniche, amministrative, procedurali e/o di altra tipologia o causa, utili a rivedere un provvedimento indigesto per la comunità locale e per le associazioni che da anni lottano in difesa del paesaggio, della salute, dell'agricoltura e dell'ambiente. Il Molise con centinaia di pale eoliche, sterminate estensioni di campi fotovoltaici, e numerose centrali turbogas, inceneritori o impianti di produzione energetica a biomasse

livello europeo di energia prodotta da fonti rinnovabili. Ciò che serve è uno sviluppo ecocompatibile ed ecologicamente sostenibile fondato sulla valorizzazione delle risorse locali, sull'esaltazione delle bellezze naturali, storiche, paesaggistiche, artistiche e antiche. Non lontano dal territorio di Castelmauro, precisano nei comuni di Civitavecchia, Marano e Lucito, qualche anno fa sono state installate

Testate giornalistiche e locandine di rivolta contro le pale eoliche

NO EOLICO



Il paesaggio viene percepito dalla società come un valore. Seppur la maggior parte delle persone non sia a conoscenza delle differenze tra i diversi aspetti di territorio e paesaggio, le stesse sono tuttavia in grado di affidare ad ambedue delle configurazioni mentali differenti, che si avvicinano alle interpretazioni di chi da tempo le studia.





Questioni sociali

Il paesaggio viene percepito dalla società come un valore. Seppur la maggior parte delle persone non sono a conoscenza delle differenze tra i diversi aspetti di territorio e paesaggio, le stesse sono tuttavia, in grado di affidare ad ambidue delle configurazioni mentali differenti, che si avvicinano alle interpretazioni di chi da tempo le studia. Il paesaggio per la società è un valore, mentre il territorio è un elemento pragmatico concreto. Le azioni sociali che cercano di modificare i due aspetti sono quindi fortemente influenzate dalla loro concezione dei due elementi: da una parte il territorio, che costantemente subisce cambiamenti perché raccogliitore di esperienze di vita e del susseguirsi del tempo e, d'altra parte, il paesaggio, frutto di osservazioni. Quest'ultimo ricopre un valore per la società: le persone, di qualunque generazione si parli, trasportate da una cultura conservatrice che sulle tradizioni ha fondato intere ideologie, affida a tutto ciò che si può solo osservare un valore intrinseco quasi spirituale. Numerose sono state le rivolte sociali che sono partite scontrandosi con chi potere decisionale esercita circa la destinazione del paesaggio; questi incarichi lo modellano come un elemento facilmente revisabile astenendosi però dalla necessaria investicazione sul territorio, il quale, deve essere modificabile per consentire la successivavariazione del paesaggio.

[fig. 11]
Dal trailer del film
"As Bestas" di
Rodrigo Sorogoyen



In "As Bestas", film premiato dal Goya 2023, si racconta di una storia molto vicina a diverse realtà italiane e di tutto il mondo: grandi distese di campi colti e incolti rapiti dalla volotà di arricchirsi di grandi multinazionali, e nel loro piccolo, anche di alcuni proprietari terrieri che, cedendo i terreni a queste, sperano in un futuro più solido in qualche città. Le rinnovabili sono quindi oggetti capaci di sradicare le più profonde ragioni identitarie; o almeno questa è la visione dei protagonisti. D'altra parte, però, ci sono altre figure che invece si sforzano di rendere parte della loro identità territoriale anche le rinnovabili, accettandole come soluzione unica a uno, se non il più grande, problema globale.

[14]

Si vuole dire: appartenenza al popolo o "del popolo"

[15]

"quando tutti intervengono in egual misura nella gestione del potere, oppure - forse così è più chiaro - quando non esiste più il potere perché tutti sono direttamente ed egualmente coinvolti nel processo delle decisioni"

De Carlo G. (2015), *L'architettura della partecipazione*, Quodlibet

[16]

Processo grazie al quale è possibile comprendere la natura di un luogo e come all'interno di questo sia possibile intervenire se considerato un elevato livello di consapevolezza climatica da parte della popolazione che vi abita

La sete d'immagine e d'apparenza sono alcuni dei vizi umani più antichi; da qui la società ha costruito visioni d'immagine che più condivise erano, più pop¹⁴ risultavano, anche senza verità di fondo. L'intromissione delle pale eoliche rompe gli schemi di una società fondata su immagini fittiziamente naturali: la difficoltà nell'accettare che la natura è tutto e non solo quello che di più abitudinario appare è un processo lungo, complesso e difficile ma che davanti alla partecipazione¹⁵ potrebbe non avere più lunga vita. Il progresso energetico che vuole rallentare il cambiamento climatico è fortemente influenzato, quindi, da un grado di consapevolezza climatica della società, la quale, per seguire di pari passo l'avanzamento nel campo dell'energia, deve necessariamente nutrirsi di informazioni: l'alfabetizzazione energetica¹⁶, teoria emergente che, tramite una diretta collaborazione tra educatori e studenti o persone di giovane età, consenta di raggiungere un grado di educazione ambientale che vada oltre all'informazione derivante dai media, talvolta errata o imprecisa. Un articolo pubblicato dall'università di Cambridge (Lowan-Trudeau, Fowler; 2021), evidenzia i diversi gradi di consapevolezza ambientale tra i giovani: nelle aree ricche e sviluppate del mondo questi giovani della perenne possibilità di informarsi e, sebbene a volte la volontà manchi, i media caricano giornalmente informazioni, dati, statistiche e immagini volti a una comprensione immediata, anche parziale, del tema malgrado la mancanza di un approfondimento sull'argomento da parte del lettore. D'altra parte, una grande porzione di giovani appartenenti a territori in condizioni socioeconomiche marginali e in via di sviluppo, risentono di un'educazione fragile, scostante, o nel peggiore dei casi, totalmente assente. Questa facile e veloce diffusione di informazioni ha permesso la nascita di diverse organizzazioni di protesta contro la produzione di energia che utilizza combustibili fossili; una tra queste è stata pioniera di numerosi scioperi, rivolte, proteste e anche di tanti incontri informativi ed eventi: Youth Strike for Climate, avviato nel 2018 da Greta Thunberg, nasce con lo scopo ultimo di informare più popolazione mondiale possibile.

La stessa, insieme a molte altre, è stata anche vittima di violenza di genere e commenti misogini da parte dei sostenitori dell'industria petrolifera e del gas. Come sostenuto da Maina-Okori (2018) infatti, deve esistere

una stretta relazione tra le dinamiche di genere e l'alfabetizzazione energetica, per evitare che si verifichino disparità tra persone a seconda dell'età, della cultura, della lingua e/o dell'etnia: è sempre più importante domandarsi a chi è rivolto un progetto, a chi reca beneficio, a quali persone sarà concesso un ruolo di leader-ship. Le organizzazioni ambientali che compiono divulgazione informativa circa la sostenibilità, i cambiamenti climatici e le rinnovabili sono guidate soprattutto da donne, come succede, per esempio, nel caso di Youth Strike for Climate.

Un esempio attuale e rilevante è riportato nell'articolo *Towards a theory of critical energy literacy: the Youth Strike for Climate*. Delle ricercatrici della provincia canadese dell'Alberta, un territorio caratterizzato da una grande componente di materia prima estratta come petrolio e gas ma che, allo stesso tempo, si dimostra adatto ad accogliere fonti di energia rinnovabili per la produzione di energia elettrica data l'ottimale disponibilità di vento, sole e corsi d'acqua. Purtroppo, però, la comunità dell'Alberta è assuefatta da elementi ricorrenti che per decenni hanno caratterizzato un luogo, a tal punto da essere riconosciuta come conservatrice e pro-combustibili fossili. L'importanza dell'alfabetizzazione energetica non si ferma con il suo obiettivo primo quale il progresso socio-ambientale, anzi, in aggiunta consente di studiare i fenomeni passati presenti e futuri (previsioni climatico-ambientali) utili a tutte le comunità, comprese quelle conservatrici.

A Calgary, una città nel sud dell'Alberta, la popolazione usufruisce di infrastrutture alimentate da energia ricavata da fonti rinnovabili: tutto il sistema di trasporto su rotaia leggero (CTrain) e piccoli impianti utili alle singoli quartieri che contengono l'impianto stesso; eppure, le ricercatrici riportano, probabilmente la popolazione non è conoscenza di questo: fin quando gli impianti sono visibili e connessi ad una rete locale immediatamente limitrofa che consente il rifornimento energetico delle aree circostanti all'impianto è più semplice capirne il valore e la funzionalità; mentre, come nel caso del CTrain, è un parco eolico di diverse turbine posizionato a sud della città ad alimentare l'impianto e le persone non possono osservarlo e riconoscerlo come fautore del funzionamento del sistema di trasporto. Le persone di questi luoghi soffrono di una carenza educativa che sfocia nel peggiore scetticismo circa le metodologie di produzione d'energia non abitudinarie

o evidentemente tangibili; a questo proposito la comunità scientifica del luogo e non solo, partendo dalla formazione scolastica ha avviato dei progetti collaborativi che possano chiaramente influenzare l'opinione pubblica sulle energie rinnovabili e sulla loro efficienza. Più di trenta progetti partecipativi sono stati finanziati dal partito democratico precedentemente in carica: l'installazione di pannelli solari sul terreno limitrofo alle scuole e sui tetti delle stesse. Gli studenti delle scuole, grazie ad una tecnologia avanzata che permette loro di osservare in tempo reale la produzione di energia elettrica da ogni pannello, si trovano davanti ad una pratica d'apprendimento esperienziale capace di fissare un livello di fiducia certamente diverso rispetto a chi non ha avuto l'opportunità, sin da giovane età, d'essere a contatto con queste tecnologie. I benefici sociali sono quindi accompagnati da potenti vantaggi ambientali ed economici. Le conseguenze dell'alfabetizzazione ambientale sono diverse e hanno permesso, nel caso specifico della città di Calgary, la formazione di un gruppo di attivismo ambientale mosso da tre studenti chiamato *Student Energy* per la difesa del clima e l'urgenza delle rinnovabili.

1. CONFLITTI E ATTIVISMI

[17]

International Energy Agency (2024), *World Energy Outlook*. La diffusione delle fonti rinnovabili non trova immediatamente una grande incidenza sulla domanda d'energia mondiale: è dagli ultimi dieci anni che queste hanno ottenuto percentuali di partecipazione alla quota energetica necessaria più alte e quindi influenti. L'Agenzia nel rapporto WEO, riporta quanto espresso dal direttore esecutivo dell'IEA Fatih Birol "Nella seconda metà di questo decennio, la prospettiva di forniture più ampie, o addirittura in surplus, di petrolio e gas naturale, a seconda di come si evolveranno le tensioni geopolitiche, ci porterebbe in un mondo energetico molto diverso da quello che abbiamo sperimentato negli ultimi anni. L'attuale situazione, riporta il direttore, "implica una pressione al ribasso sui prezzi, offrendo un po' di sollievo ai consumatori che sono stati duramente colpiti dai picchi dei prezzi. Lo spazio di respiro delle pressioni sui prezzi del carburante può fornire ai decisori politici lo spazio per concentrarsi sull'aumento degli investimenti nelle transizioni verso l'energia pulita e sulla rimozione degli inefficienti sussidi ai combustibili fossili. Ciò significa che le politiche governative e le scelte dei consumatori avranno enormi conseguenze per il futuro del settore energetico e per affrontare il cambiamento climatico". A fronte di quanto riportato è chiaro come le condizioni geopolitiche possono garantire differenti scenari ambientali; le previsioni, quindi, possono essere disattese in qualsiasi momento da eventi o conflitti geopolitici.

Negli ultimi dieci anni si sono schierati numerosi attivismi mossi sia dalla comunità cittadina, sia dalle politiche statali. Gli oppositori dell'energia eolica trovano sviluppano le loro considerazioni negative confrontando il sistema impiantistico dell'aerogeneratore con la natura, la società, l'economia, il territorio, la flora e la fauna. Ognuno di questi macro-campi è stato soggetto a diversi casi di cronaca che hanno permesso di comprendere al meglio quali siano i temi conflittuali principale che esistono alla base della relazione macchina e tutto ciò che si relaziona ad essa.

Come precedentemente dimostrato attraverso il caso della città di Calgary, la società può dimostrarsi diffidente e dubitativa nei confronti delle rinnovabili: accade, come nel precedente caso mostrato, in assenza di una certa alfabetizzazione ambientale, ma non è l'unico motivo a destare scetticismo collettivo. Negli ultimi dieci anni, da quando le rinnovabili guidano la transizione energetica¹⁷, si sono verificati numerosi conflitti geopolitici che hanno influito sull'andamento della diffusione; questa è di certo la principale causa per cui le previsioni di espansione delle rinnovabili risultano inaffidabili. Oltre a questa causa, ve ne sono altre capaci di rallentare o addirittura fermare l'affermazione delle nuove tecnologie green per altrettanti motivi: la comunità con cui il territorio è in stretta relazione si interfaccia e vive quotidianamente un luogo a cui, col tempo, ha associato visioni abitudinarie. Negli ultimi anni sono stati diversi gli attivismi che hanno espresso il loro dissenso circa gli impianti energetici da fonti rinnovabili. Un esempio simbolo, da cui poi si sviluppano attivismi sociali di grande rilevanza contro i governi in carica, è il caso del gruppo di ricercatori universitari interessanti allo studio della percezione delle pale eoliche nel territorio dell'Ontario rurale (Walker, Christidis; 2018), dove quasi 4800 MW, c.a. 2500 turbine, rappresentano il 40% della capacità totale del Canada. Lo studio condotto intende far comprendere, attraverso dei sondaggi, l'attenzione rivolta all'impatto delle turbine eoliche sulla qualità della vita. Gli studiosi hanno condotto 104 interviste qualitative e 725 sondaggi

sulle comunità rurali con turbine eoliche ed i principali temi trattati dai quesiti sono i processi di pianificazione, il supporto locale e a contorno l'impatto delle macchine sulla qualità della vita. L'articolo prosegue riportando alcuni esempi di interazione con la popolazione del luogo che si è schierata contro la ricerca. A seguito di alcune conversazioni con la popolazione si è reso chiaro come l'ambito di ricerca fosse un ambiente di sfiducia sia nei confronti della ricerca, che nei riguardi dei ricercatori stessi: la comunità intervistata ha spesso esordito con commenti o domande circa la possibilità di parentela degli studiosi con le società industriali delle turbine o, più in generale, il coinvolgimento, in qualche sia modo, con chi ha sviluppato il progetto. Questa estrema sfiducia da parte della comunità nei confronti dei ricercatori, accusati di star compiendo un lavoro non etico, trova spazio in un contesto territoriale estremamente influenzato da attivismi contrari all'introduzione dei sistemi di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e di conseguenza anche oppositori del pensiero di ricerca utile allo sviluppo territoriale e ambientale; al contrario la comunità ha dimostrato nell'articolo di credere che i questionari fossero stati creati appositamente dallo stato per poter ottenere un risultato dei sondaggi positivo alle FER tramite domande già preimpostate e studiate per poter ottenere risposte utili ai propri scopi. I ricercatori e i relativi supervisori, inizialmente, sono stati accusati di aver compiuto un lavoro non etico, e accusati di essere coinvolti in una società energetica, e successivamente sono stati incoraggiati dalla comunità a riflettere sugli squilibri insiti nel mondo accademico e della ricerca; ciò lascia a desiderare considerando che senza libertà accademica non ci sarebbe nessun tipo di progresso scientifico ma allo stesso tempo fa riflettere sulla distanza che intercorre tra le persone di un luogo e la comunità scientifica che quel luogo vuol modificare.

Gli autori dell'articolo chiudono lo stesso riportando dei consigli verso chi vuole affrontare una ricerca in ambito ambientale in relazione con aspetti sociali come il senso di appartenenza di persone a luoghi: i ricercatori non possono sottovalutare l'importanza della partecipazione, e affermano come "sebbene alcune reazioni negative e attivismi contro il nostro lavoro possano essere stati inevitabili, prendersi il tempo per entrare e conoscere le comunità con cui stavamo lavorando, prima di iniziare la raccolta dati, è stato fondamentale e ha probabilmente limitato tali esperienze

negative” e arrestato l’avanzamento di una ricerca solo ambientale e quindi unidirezionale e priva di relazione con la società; il programma di ricerca deve essere espresso nel modo più chiaro possibile, se realizzabile anche attraverso incontri di persona con la comunità e se questa si dovesse dimostrare scettica o addirittura contraria al programma, cercare di capire le motivazioni e inserirsi nella posizione di chi quel luogo lo vive; lo sforzo per coinvolgere il pubblico ad una alfabetizzazione scientifica non è sempre vittorioso, anzi, può far riflettere su lacune o incertezze oppure affermare con ancora più convinzione il programma, e in ogni caso, sarebbe una crescita. L’articolo, quindi, dimostra come l’incontro tra la comunità scientifica e quella popolare possa essere causa di numerose incomprensioni e scontri ma allo stesso tempo di potenziamento e perfezionamento del programma scientifico in oggetto proposto dai ricercatori; le due comunità hanno estrema urgenza l’una dell’altra per poter ottenere un programma progettuale efficace e partecipativo.

Nonostante l’energia eolica sia una risorsa pulita, a quasi nulle emissioni di carbonio, sono i cambiamenti paesaggistici che spaventano la comunità dei territori (Pasqualetti MJ 2011) le quali, arrivano a porre in secondo piano i vantaggi ambientali per preservare l’autenticità paesaggistica.

La tendenza, quindi, al sostegno dell’energia eolica ma alla totale opposizione se si tratta di inserirla nel proprio territorio viene spesso indicata con il termine di Nimby (not in my backyard), per cui, una comunità nonostante sia consapevole dell’importanza dell’energia e dei benefici da trarne, si oppone all’inserimento dei parchi eolici nel territorio a loro vicino. A esempio della dicotomia appena riportata, la rivista *Resource and Energy Economics* (Botetzagias et al.; 2013) svolge dei sondaggi d’opinione pubblica circa lo sviluppo dell’energia eolica interfacciandosi con i cittadini americani per comprenderne la loro posizione essendo i progetti di parchi eolici spesso respinti dall’opposizione locale. I sondaggi mostrano come gli intervistati sono in realtà favorevoli (per la maggior parte; 79%) all’incremento dell’energia eolica e ne riconoscano i benefici, ma al contempo sono diverse le situazioni in cui parchi eolici non riescono a essere realizzati per proteste locali: il termine Nimby è stato attribuito, erroneamente, a quelle persone all’interno della comunità che appoggiano lo sviluppo energetico eolico

ma allo stesso tempo sono intimoriti da alcuni aspetti negativi che un parco eolico può apportare al territorio. La ricerca dimostra come questo contrasto d'opinioni non sia nient'altro che timore verso alcuni aspetti realistici dei parchi eolici come l'impatto acustico e visivo, e che sia estremamente controproducente affibbiare a soggetti, già mentalmente impegnati a favorire una maggiore accettazione delle energie rinnovabili, termini non utili a ottenere una comunicazione costruttiva positiva necessaria per l'ottenimento di una comunità volta alla realizzazione, in questo caso specifico, dei parchi eolici. Nella ricerca vengono riportati sommariamente diversi esempi di parchi eolici bloccati dalla comunità locale per l'impatto visivo perché destava preoccupazione e disturbo a New York, a Ohio e a Washington dove, Cassidy P., (2013), riporta come la comunità attivista oppositrice abbia denunciato la Guardia Costiera dopo l'approvazione di un parco eolico off-shore. Gli oppositori, gruppo composto principalmente da marinai, richiede una maggiore sicurezza in mare che, a parere loro, è messa a repentaglio dalla presenza del parco eolico; d'altra parte, i sostenitori, certi dei fondamentali contributi ambientali dell'impianto ribadiscono l'importanza di fermare il prima possibile il cambiamento climatico e, a livello socioeconomico, l'urgenza di creare nuovi posti di lavoro. L'opposizione dei sostenitori non è servita ed il progetto è stato bloccato per l'impatto paesaggistico marittimo.

Alle precedenti storie capaci di illustrare alcuni aspetti negativi che hanno spinto la società a ribellarsi all'installazione delle turbine nel territorio, si aggiungono altri fatti di cronaca che rincarano la lista di aspetti da tenere in considerazione per comprendere i motivi che muovono la comunità a ribellarsi ai progetti di parchi eolici, tra queste: uno degli episodi in Italia, precisamente nella regione del Molise, dove la Confederazione Nazionale Coltivatori Diretti (Coldiretti), si scontra con la diffusione delle energie rinnovabili definendo la stessa una vera e propria "proliferazione selvaggia degli impianti" utile alle multinazionali per appropriarsi di territori agricoli a scopo di lucro. La Confederazione, composta da più di 1,6 milioni di associati tra agricoltori, allevatori e imprenditori, ha evidenziato una sovrabbondanza di proposte d'impianti di parchi eolici nella regione del Molise: da D.M. del 21 giugno, l'obiettivo di potenza aggiuntiva agli anni precedenti d'energia da fonte rinnovabile per la regione

nel 2024 deve essere di 175 MW, incremento che ha fatto ottenere alla regione una quota totale da FER di 760 MW complessivi negli anni fino al 2024 (ANSA, 2024). D'altra parte, però, le richieste per progetti FER sono numerose e continue, spaventando la Confederazione e tutti gli associati dal momento in cui la regione produce più energia di quella che consuma, perché questa sovrabbondanza influisce sui territori coltivati, le attività agricole e gli allevamenti occupando terreno utile e perché questa mole di domande per progetti di impianti distorce i prezzi dei terreni. Davanti a questi elementi Coldiretti richiede alla Regione un pronto intervento mappando, quanto prima, il Molise e restituendo delle regole ben precise e capaci di considerare il territorio in tutte le attività che lo caratterizzano. La Confederazione aggiunge anche una proposta risolutiva al problema: avanzare solo con mini-impianti eolici e posizionare i pannelli fotovoltaici solo sui tetti delle aziende evitando il consumo di suolo agricolo coltivabile lasciando la comunità scientifica dubitante circa la sufficienza di potenza producibile.

A compimento della lista di elementi negativi esposti dalla comunità si aggiunge quanto detto da Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica così da ottenere un registro completo di tutti quegli elementi che negli anni hanno influenzato l'opinione pubblica circa l'affidabilità dei parchi eolici. I maggiori temi di conflitto si presentano nel seguente modo:

La complessità nella programmazione dell'assetto territoriale: la produzione di energia eolica richiede ampie superfici di terreno utili ad accogliere gli impianti composti dagli aerogeneratori e dalle infrastrutture a contorno, e questo può competere con altri usi del suolo, come l'agricoltura e la conservazione della biodiversità e la stessa qualità della vita delle persone che si vedono i costumi del luogo violati;

- L'impatto acustico ed elettromagnetico che incide sulla salute umana;
- L'interazione con l'avifauna che implica la pericolosità per i volatili, i quali possono essere colpiti dalle pale in movimento;
- L'impatto paesaggistico, con particolare riferimento agli aspetti estetico percettivi, essendo le macchine di significative dimensioni;
- L'economia di un luogo: una grande richiesta di progetti

eolici fa sì che il prezzo dei terreni aumenti. Affrontare queste sfide richiede una pianificazione spaziale attenta, e un'organizzazione che stabilizzi le cifre utili circa la quantità di macchine, la potenza necessaria, l'utilizzo di questa, la quantità d'energia da dedicare alle comunità che ospitano le turbine e la mole da esportare. Oltre alle precedenti questioni, i ricavi monetari, la gestione di questi e la redditività dei terreni incolti sono altri fattori che, se gestiti sin da subito in piena trasparenza, evitano la nascita di notevoli conflitti di interesse economico: la liberalizzazione del mercato di terreni, infatti, promuove un commercio subdolo che ha ben poco a che vedere con l'interesse per l'emergenza climatica. Sono diversi gli attivismi che hanno cercato di affrontare questi temi portandoli all'ascolto di chi possiede potere legislativo, tra questi: Org. Save Our Skyline, che considera l'efficacia energetica delle turbine eoliche insufficiente rispetto ai costi ambientali e sociali associati; d'altra parte, però, WWF considera "l'energia eolica una risorsa essenziale e irrinunciabile per fronteggiare la minaccia dei cambiamenti climatici e per garantire la stessa sicurezza energetica nazionale", spiegando, inoltre, come sarebbe impossibile uscire dalla crisi climatica senza implementazione di questa tipologia di rinnovabile.

Ai precedenti temi, si affiancano osservazioni negative specifiche come quelle per l'avifauna: LIPU (Lega Italiana Protezione Uccelli), sostiene che l'attuale pianificazione degli aerogeneratori è altamente insostenibile per la vita dei volatili, le correnti migratorie si scontrano con le pale causando la morte di diverse specie di volatili ma, sostiene Lifegate: "le pale eoliche uccidono molti meno uccelli dei gatti domestici". A dare contesto e soprattutto sostegno scientifico alla precedente citazione, sottoscrive Climate portal dell'Mit, il quale riporta il numero degli uccelli morti per diverse cause (dati annuali): tra i 140 mila e i 679 mila di uccelli morti per colpa delle pale eoliche, 200 milioni per mezzi viari, 988 milioni per impatto con gli edifici e tra 1,3 e i 4 miliardi a causa dei gatti. È certo che il numero di morti per le pale eoliche non sia un dato irrilevante, occorrerebbe una progettazione più consapevole dei comportamenti delle specie volatili ma, d'altro canto, i danni causati dai combustibili fossili come l'estrazione del carbone è causa di disboscamento e quindi della scomparsa di interi ecosistemi essenziali per molte specie d'uccelli a tal punto da rendere inestimabile il numero di morti. Il

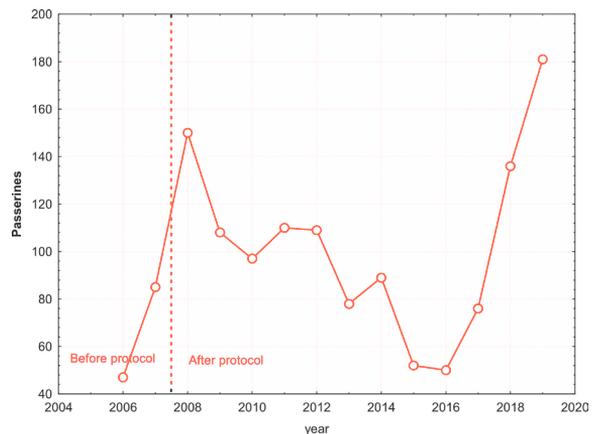
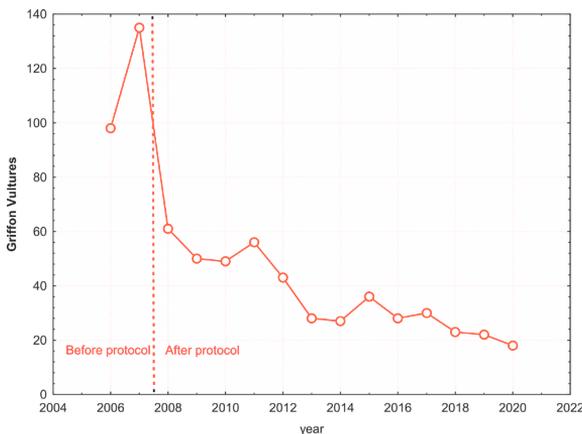
dato di mortalità, seppur inferiore rispetto a quello dovuto ad altre cause, esiste ed influisce nel giudizio complessivo del sistema di energia rinnovabile eolico; da qui una ricerca svolta nello Stretto di Gibilterra (Ferrer et al., 2022), tenta delle nuove tecnologie di controllo degli aerogeneratori per garantire una maggiore tutela dell'avifauna. La mortalità aviaria, spiega la ricerca, è uno degli aspetti considerati più negativi dell'energia eolica, ed è questo che stimola lo sviluppo urgente di sistemi di mitigazione efficienti per ridurre la probabilità di collisione. Il sito di studio è la città di Cadice, nella Spagna meridionale, dove il protocollo di mitigazione numero di decessi è stato applicato a venti parchi eolici per un numero complessivo di 269 turbine eoliche. Le specie d'uccelli che attraversano in primavera o in autunno il Parco Nazionale dello Stretto (nel 2006 dichiarato Riserva della Biosfera) sono diverse e contano milioni di uccelli. Il parco è stato fondato nel 2003 e rappresenta il più importante passo migratorio (solo 14 km di mare tra l'Europa e l'Africa) di tutto il Mediterraneo, viene attraversato da tutti gli esemplari che da sud migrano verso gli stati del nord e del centro. Le specie che interessano l'area sono diverse, tra queste: le aquile, gli avvoltoi grifoni, le cicogne, ma anche i piccoli passeriformi come le rondini. In questo contesto naturale, ricco della più variegata flora e fauna e di allevamenti estremamente sostenibili, nel 2005 vengono posizionati diversi parchi eolici. Il responsabile scientifico del gruppo Ornitour, David Barros, spiega che all'inizio della traversata gli uccelli si orientano verso terra partendo dal continente africano in direzione terra spagnola, trovando diversi ostacoli geologici come le montagne di Malaga, le quali, una volta sormontate, liberano l'orizzonte consentendo loro di planare nella distesa naturale delle piane di Cadice, proprio dove sono installate le pale eoliche di uno dei parchi più grandi d'Europa. Davanti a questa configurazione spaziale è stato proposto di spostare le pale in mare (off-shore wind farm) ma il progetto è complesso e costoso e per di più non si conoscono a fondo le migrazioni degli uccelli marini. Altre alternative vengono sviluppate per provare ad ottenere una mitigazione degli impatti: una corretta pianificazione, dimostra la ricerca attraverso visualizzazioni planimetriche, è in grado di incidere fortemente sui decessi mostrando come la localizzazione di alcune pale rispetto ad altre riporta un rischio di collisione nullo rispetto a pale collocate in altri punti sul territorio; un innovativo progetto

di vigilanza si configura come un'altra alternativa in cui ogni giorno dodici ricercatori si posizionano, alternando gli specifici punti d'osservazione sui rialzi collinari e montuosi così da poter osservare se qualche esemplare si trova in pericolo di collisione. Il pericolo si verifica in diverse modalità, tra queste per esempio, quando “un grifone vola in una traiettoria che potenzialmente provocherà una collisione con le pale della turbina, o quando un gruppo di avvoltoi vola all'interno o in prossimità di un parco eolico”. Se la situazione appena riportata si verifica, gli osservatori devono (dal 2007 è diventata pratica obbligatoria) contattare l'ufficio di controllo del parco e far fermare quella specifica turbina che potrebbe colpire il volatile in questione e gli addetti al monitoraggio sono tenuti a fermare la turbina in massimo tre minuti e che solo a pericolo scampato, viene riavviata a seguito di una comunicazione proveniente dall'osservatore all'ufficio base. I dati raccolti dalla ricerca considerano gli anni compresi tra il 2006 e il 2020, cioè dall'inizio del protocollo di salvaguardia fino alla fine della ricerca la quale riporta la variazione dei dati di mortalità secondo le varie specie analizzate: il sistema di arresto delle pale ha modificato il tasso di mortalità di uccelli in volo con una riduzione dal 2008 al 2020 del 51,1%, e di grifoni del 71,4% (Figura 12) mostrando una diminuzione delle vittime nel tempo; mentre per quanto riguarda pipistrelli e passeriformi (Figura 13) non sono state ritrovate delle correlazioni o degli andamenti dei dati di mortalità riconducibili agli anni e al protocollo di arresto selettivo.

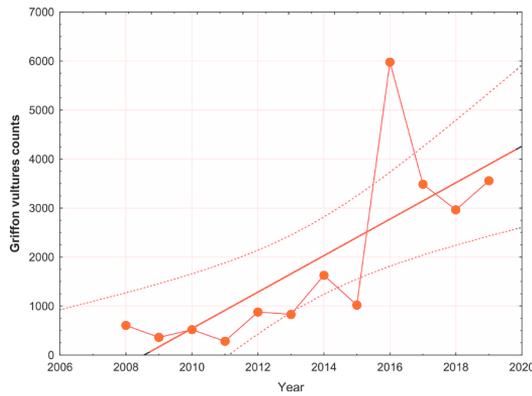
[fig. 12]
a sx
Diminuzione delle
vittime (grifoni) nel
tempo

[fig. 13]
a dx
Andamento mortalità
nel tempo per pipi-
strelli e passerif-
ormi

In aggiunta al successo del protocollo appena riportato, risultano essere aumentati anche gli esemplari di grifoni nell'area del parco eolico passando a 606 esemplari a inizio applicazione del sistema di monitoraggio fino a 4418 nel



[fig. 14]
Aumento dei grifoni
posteriormente al
protocollo



2020 (Figura 14).

La ricerca prosegue calcolando quanto tempo sono rimaste ferme le turbine sommando tutti gli intervalli di interruzione necessari per evitare le collisioni, così da poter ottenere un dato affidabile circa l'energia che non è stata prodotta per proteggere gli animali. I risultati mostrano come i minuti (in media) di ogni fermata corrispondenti a 108 moltiplicati per il numero (la media) di fermate annue ossia 6700 portano a compimento un totale di 723.600 minuti d'arresto che equivale a una riduzione dell'energia totale prodotta dello 0,51%; la ricerca dimostra, quindi, come la mortalità dei grifoni può essere ridotta di oltre il 92% con una riduzione stimata della produzione di energia inferiore allo 0,51%.

La ricerca condotta è una delle prime a portare dei risultati positivi e concreti per la salvaguardia degli uccelli dalle turbine eoliche e d'altra parte apre una finestra futura sulle possibili configurazioni spaziali dei parchi per consentire a osservatori o sistemi informatici di controllo visivo una immediata prontezza d'azione nel caso di bisogno. Spegnerle le turbine in determinate situazioni si è dimostrato un approccio altamente efficace nel ridurre la mortalità con una bassa perdita di potenza in uscita.

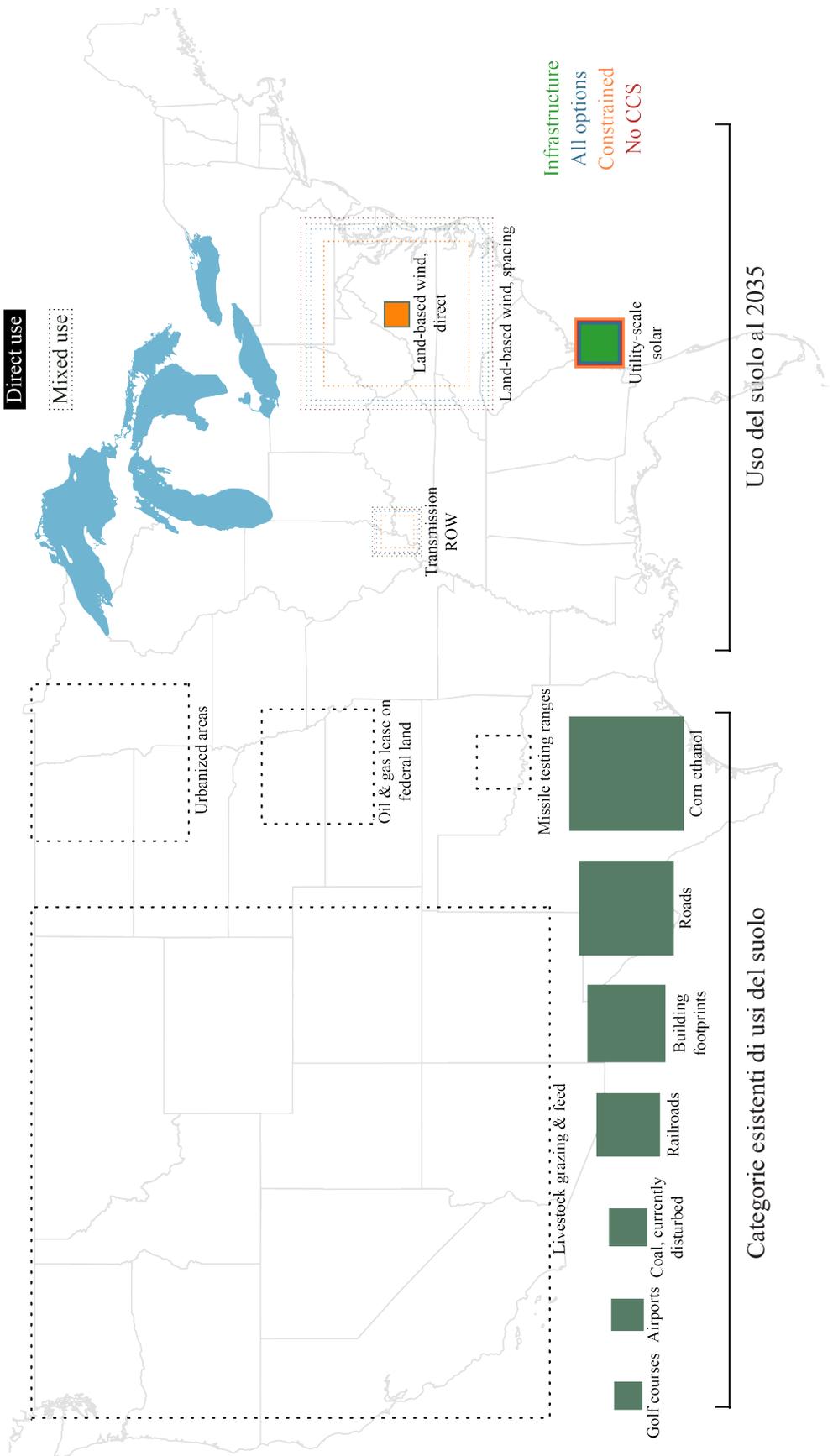
Un altro aspetto che viene criticato delle turbine è il rumore che emettono; attivismi come Italia Nostra e EveryOneGroup sostengono che gli impianti producono emissioni sonore che influiscono sulla salute umana e delle specie animali. A questo proposito, la rivista *Renewable Energy* (Kaldellis et al., 2012), riporta uno studio finalizzato alla rilevazione acustica degli aerogeneratori e allo studio degli eventuali problemi causati da questi agli animali e alle persone. Le leggi variano tra le diverse nazioni e cercano di tutelare gli esseri viventi presenti nell'area destinata all'installazione delle macchine.

L'inserimento dei parchi eolici nel territorio si interfaccia con un altro ostacolo: l'occupazione dei terreni che spesso sono destinati ad agricoltura e pascoli. L'associazione Coalizione Articolo 9 ritiene che l'installazione di turbine in aree rurali comprometta irreversibilmente paesaggi di pregio, riduca la disponibilità di terreni destinati all'agricoltura e alteri l'equilibrio degli ecosistemi. D'altra parte, organizzazioni come Legambiente e WWF, ritengono che il problema dell'occupazione del suolo possa essere mitigato attraverso una pianificazione attenta, che privilegi terreni marginali o aree già compromesse, riducendo al minimo l'impatto su terreni agricoli produttivi.

A sostegno di quanto appena riportato, *National Renewable Energy Laboratory* (Denholm et al., 2022) riporta dati concreti circa le percentuali di occupazione di suolo da parte di infrastrutture legate agli impianti eolici in U.S.A.: la stima di superficie disponibile per lo sviluppo dell'energia eolica fa riferimento a 2.213.000 km² di territorio americano, di cui, però, applicando le restrizioni dovute a XX, risulta essere di una superficie complessiva di 675.000 km². L'analisi per la comprensione della superficie disponibile e adatta allo sviluppo dell'energia eolica viene sviluppata tenendo in considerazione la configurazione geospaziale del luogo, le interconnessioni di rete e le aree escluse, tra queste: le aree protette, urbanizzate, montuose o di difficile stanziamento vista la pendenza e le aree con le quali si instaurerebbe un conflitto con infrastrutture, edifici, strade, ferrovie. Lo studio prosegue con una rappresentazione grafica planimetrica (Figura 15) di quelle che sono le proporzioni tra superfici occupate da diversi elementi urbani, tra questi: ferrovie, strade, impronte a terra degli edifici, aeroporti, infrastrutture, impianti d'energia rinnovabile. Valutando le diverse estensioni degli elementi, si nota come l'area totale occupata dalle turbine eoliche e dalle infrastrutture solari è circa pari al terreno occupato dalle ferrovie. Entrando nel merito dei parchi eolici, nella mappa vengono differenziate diverse superfici tutte a riferimento dei parchi eolici: il territorio totale occupato dall'intera estensione dei parchi eolici, segue l'estensione di territorio che sarebbe disponibile per altri usi come l'agricoltura e l'allevamento non considerando le macchine necessarie all'intero impianto, fino ad ottenere un effettivo riquadro porzionato di territorio occupato dalle turbine e dalle infrastrutture necessarie. Da questa ricerca si denota come, solo il 2% di territorio dell'intera estensione di parchi

colici sia effettivamente occupato dagli aerogeneratori e dalle infrastrutture, ed il 98% della superficie utile ad altri usi come all'agricoltura, al pascolo, agli allevamenti. Una soluzione promettente, quindi, è lo sviluppo di sistemi eolico-agricoli, che integrano la produzione di energia con le attività agricole. Questi modelli consentono di massimizzare l'efficienza dello spazio disponibile, permettendo che coltivazioni e pascoli convivano con le turbine eoliche. In questo modo, il suolo viene utilizzato in modo multifunzionale, senza sacrificare la produttività agricola. Questi progetti, in aggiunta, riscontrano più supporto se sostenuti dalle comunità locali. Attraverso una partecipazione diretta degli agricoltori e residenti, viene garantito che i benefici economici derivanti dall'energia eolica rimangano nel territorio, migliorando il tessuto economico e sociale locale.

[fig. 15]
Uso del suolo in U.S.A.



2. IL COINVOLGIMENTO DELLE COMUNITA' LOCALI

Il territorio è fortemente legato alla comunità che lo vive essendo questa sia attrice che osservatrice del processo di configurazione dello spazio che lo caratterizza. Il confronto con i conflitti della comunità avviene tramite forme di coinvolgimento partecipative a vario livello che si sono sviluppati nel mondo per toccare una consapevolezza comunitaria più consapevole (Scherhauser et al., 2018). Diverse sono le modalità con le quali la comunità può essere coinvolta; nell'articolo di ricerca *Just participation in wind energy: The role of social innovations*, (Campos et al., 2025) sono stati identificati **sei diversi livelli di partecipazione** da parte della comunità nei vari processi di pianificazione di un parco eolico: il livello di “**partecipazione alibi**” il quale si verifica quando la popolazione desidera impegnarsi nella pianificazione dei progetti di energia rinnovabile eolica ma la loro partecipazione è inefficace, poiché le loro opinioni, preoccupazioni e suggerimenti vengono negletti o sono irrilevanti per la decisione finale, la ricerca segue con un altro livello di coinvolgimento: la “**partecipazione informativa**”, spiegando come questo grado di partecipazione sia quello che consente un coinvolgimento tramite attività che offrono, tuttavia, rare possibilità di poter influenzare le decisioni finali, il terzo livello è “**opposizione**”: da qualche anno a questa parte rappresenta il livello di partecipazione più conosciuto e utilizzato, è descritto come la piena volontà da parte della comunità di rallentare o impedire la realizzazione di un parco eolico; successivamente è la “**partecipazione consultiva**” che implica una partecipazione attiva da parte della comunità attraverso l'espressione di opinioni, segue la “**partecipazione finanziaria**” che comporta il coinvolgimento della comunità attraverso un loro investimento di denaro o in energia ricavata direttamente dalle centrali eoliche; e la “**cooperazione**”, descritta come la possibilità da parte della comunità di incidere sui progetti intervenendo con una decisione congiunta attraverso processi decisionali collaborativi. Sono diverse le modalità con le quali le pratiche di partecipazioni vengono applicate: il livello di cooperazione che si basa sull'informazione delle comunità può essere

[18]
L'etichetta è stata sviluppata dal Wind Energy Technology Institute dell'Università di Flensburg (Germania) in collaborazione con un gruppo di esperti.

sviluppato secondo la diffusione di siti web, presentazioni organizzate dai comuni (o chi ne possiede la gestione), attività educative e attraverso i social media, in relazione ai quali la popolazione può inserire dei feedback. Queste procedure, oltre che rendere la comunità partecipe, assecondano uno sviluppo più trasparente del progetto e di conseguenza ottengono maggiori possibilità di riscontro positivo da parte della popolazione.

L'operazione di garantire un continuo aggiornamento informativo alla comunità fa parte dei criteri che un progetto di parco eolico deve avere per ottenere la “*Fair Wind Park Planner*”¹⁸, etichetta di qualità che tra i tanti criteri da rispettare per ottenerla, possiede anche quello di garantire delle pratiche partecipative, la fornitura di informazioni e la trasparenza del progetto alla comunità. Le pratiche di opposizione, invece, trovano da parte della comunità un'azione nei confronti di chi di competenza gestisce il progetto. Le opposizioni possono comportare proteste, azioni legali, petizioni e campagne.

Davanti a queste pratiche, le amministrazioni del progetto possono giungere alla decisione finale di rimuovere il parco, in caso di progetto esistente, o di impedire la realizzazione di questo in caso di fase di progetto. Il livello di cooperazione rappresentato dalla partecipazione consultiva viene attuato, perlopiù, attraverso delle assemblee volte alla promozione del progetto utilizzando una chiave di lettura dettagliata utile alla comunità nella formulazione di opinioni. La partecipazione finanziaria può intraprendere due sviluppi: uno vede la comunità vestire il ruolo di finanziatore del progetto, il secondo, invece, come beneficiari degli investimenti stessi. L'energia ricavata dagli impianti sarà adibita a fonte per il sostentamento della comunità stessa che ha investito nel progetto.

Il modello si basa su un accordo di acquisto di energia per l'elettricità, ricavata dalla fonte rinnovabile, per fornire rendimenti economici alla comunità e allo stesso tempo pagare gli investitori (ad esempio: imprenditori locali, banche, gruppi di agricoltori). Il livello di partecipazione basato sulla cooperazione consiste nella possibilità da parte della comunità di partecipare ad assemblee utili a garantire uno spazio di deliberazione. Questa pratica è difficile da attuare a causa delle notevoli approvazioni legali che ne richiede la loro applicazione. Risulta esserci una notevole differenza

tra i diversi livelli di partecipazione: quelle di cooperazione e partecipazione finanziaria riescono a coinvolgere in modo diretto la comunità anche attraverso ai benefici economici e sociali di cui sono generatrici; mentre le pratiche informative e di consultazione rimangono più in superficie, riuscendo a garantire alla comunità una partecipazione parziale e non sempre soggetta a considerazione. Il registro di modalità di partecipazione da parte della comunità nei progetti è stato stilato analizzando un primo campione di 1145 documenti. Tramite uno screening iniziale il campione è stato ridotto prima a 700 e poi a 500 utilizzando due criteri di esclusione: il primo è l'obbligo da parte del documento di trattare di impianti energetici eolici ed il secondo è la specificazione della modalità di partecipazione della comunità nel processo. Il passaggio successivo che ha dato forma ad un campione di 312 casi è stato possibile dopo aver eliminato i duplicati o i documenti che portavano in esame il medesimo caso. Il campione risulta così composto: l'anno di costruzione delle centrali eoliche all'interno dei progetti raccolti va dal 1980 al 2026; gli anni futuri sono indicatori di una costruzione pianificata: le fasi di ideazione ed esplorazione sono già avvenute e a queste seguirà la realizzazione; i progetti già esistenti, invece, sono stati realizzati tra il 2010 e il 2022, La maggior parte dei progetti è stata realizzata tra il 2010 e il 2022, mentre la maggioranza delle fonti documentarie consultate è stata pubblicata tra il 2017 e il 2023. La ricerca compiuta in *Just participation in wind energy: The role of social innovations*, ha identificato, quindi, i livelli di partecipazione tramite un'analisi di 312 casi studio nei quali, cadauno, è stato trovato il grado di cooperazione della comunità nei progetti di parchi eolici seguendo lo scopo finale di identificare il livello di partecipazione più comune all'interno del campione. I risultati della ricerca riportano come livello di partecipazione più utilizzato (82 casi; 26%) la "partecipazione consultiva", seguita dalla "partecipazione finanziaria" (76 casi; 24%); "cooperazione" (56 casi; 17%); "opposizione" (45 casi; 14%); "partecipazione informativa" (38 casi; 12%); e "partecipazione alibi", solo il 4% dei documenti nel campione. La ricerca ribadisce più volte come all'interno di ogni caso possono esserci diversi livelli di partecipazione: un esempio è riportato dalla stessa per un caso di opposizione in cui erano presenti nove pratiche finanziarie (tra cui quattro di pagamenti di indennizzi) a dimostrazione del fatto che l'analisi ha svolto il confronto tra i casi valutando solo il livello di partecipazione che caratte-

rizza il caso studio e non la coesistenza di più di questi. In conclusione, la ricerca scientifica sviluppata da *Renewable and Sustainable Energy Reviews* riporta una nuova raccolta di pratiche partecipative per la comunità partendo da una mole di documenti proveniente da tutto il mondo, e attraverso dati qualitativi e quantitativi studia, le modalità di applicazione, i prerequisiti amministrativi e locali, le conseguenze e gli obiettivi di ogni pratica partecipativa. L'articolo, in aggiunta, tramite i 312 casi, dimostra l'efficacia della partecipazione della comunità nella riuscita del progetto: una partecipazione attiva consente di trovare i giusti equilibri tra le amministrazioni e le comunità che nei territori interessati vivono, eliminando quasi del tutto le pratiche di opposizione a posteriori.

Il coinvolgimento nella pianificazione

Environment Agency ha pubblicato una visione delle metodologie di partecipazione che ha collaborato alla stesura dei vantaggi della partecipazione pubblica suddividendoli in tre categorie: legittimazione del processo decisionale, rafforzamento della democrazia e ampliamento del consenso cittadino. Come riporta l'articolo scientifico "*A participatory integrated assessment of the social acceptance of wind energy*", (Scherhauser et al., 2018) una collaborazione tra comunità scientifica e stakeholders generici come i cittadini conferisce al processo progettuale maggiore affidabilità e fiducia. Un esempio di partecipazione collaborativa si sviluppa nella ricerca delle aree idonee in precedenza già trattate: un ulteriore passo permette alla comunità di essere parte integrante della decisione progettuale. Come in precedenza riportato (2.1.1), gli approcci che sono stati analizzati nell'identificazione delle aree idonee non comprendono una partecipazione diretta della comunità. Tuttavia, senza prove empiriche contrarie, gli schemi di ponderazione adottati per riflettere l'importanza di diversi criteri nel modello GIS, che influenzano l'inclusione o l'esclusione di potenziali siti, sono spesso arbitrari e non riflettono necessariamente l'opinione pubblica o le preferenze più ampie, a questo riguardo, un ulteriore studio porta un'integrazione ai dati in precedenza sviluppati dai due articoli: l'utilizzo degli approcci IT (Information Technology) per promuovere la pubblica partecipazione per la pianificazione delle energie rinnovabili. La domanda chiave della ricerca

[19]

Derivante dalla pratica di partecipazione collaborativa: la possibilità di stipulare decisioni congiunte attraverso processi decisionali collaborativi.

tratta dalla rivista *Land Use Policy* (Higgs et al., 2008) riguarda la misura in cui le tecniche di visualizzazione collaborativa¹⁹ basate su dati a computer, possono aiutare a minimizzare gli impatti percepiti per quegli sviluppi che non riescono a ottenere il permesso di pianificazione a causa dell'opposizione locale. Pur riconoscendo l'importanza delle tecniche in precedenza utilizzate e quella degli strumenti tradizionali di consultazione pubblica, il potenziale delle tecnologie basate su GIS non viene pienamente utilizzato.

L'uso di dati GIS collaborativi su una gamma di processi socio-ambientali può portare alla possibilità di accettazione pubblica e legittimazione della decisione finale di ubicazione del parco eolico. Mentre i dati GIS sono stati ampiamente utilizzati nell'analisi di idoneità del sito per trovare posizioni ideali per strutture ambientali e sociali, questo è spesso limitato alla semplice sovrapposizione di livelli di dati che non ha la possibilità di incorporare giudizi comunitari e preferenze pubbliche nelle procedure decisionali, come sostiene anche *CORP 2004 & Geomultimedia04* (Simao, Densham; 2004) che si espone sull'argomento affermando come "la letteratura non contiene alcun riferimento a sistemi di supporto decisionale spaziali collaborativi che coinvolgano la partecipazione pubblica"; ed è per questo motivo che l'approccio IT, seppur ammetta i suoi limiti iniziali legati alla necessità di comprendere meglio quali possano essere i software a sostegno del progetto, sviluppa metodi attraverso i quali i pareri soggettivi possono essere incorporati nel processo decisionale tramite **approcci "bottom-up"** basati su visualizzazioni computerizzate generate da GIS.

I pareri soggettivi ottenuti forniscono un quadro in cui le preferenze visive possono essere incluse come un altro set di criteri di valutazione negli strumenti di supporto alle decisioni consentendo la partecipazione delle comunità locali al processo di pianificazione che coinvolge l'ubicazione e la progettazione di tali parchi eolici al fine di garantire l'adeguata considerazione alle problematiche esposte dai residenti.

Gli approcci che sono stati riportati mostrano, oltre al grado di dettaglio raggiunto in conclusione, l'interconnessione con il territorio e gli aspetti che l'approccio risalta nella ricerca delle aree idonee per gli aerogeneratori: i primi due approcci concentrano la loro ricerca sull'economia e sulla raccolta di dati morfologici schematici speculari

mentre l'ultimo, l'approccio IT, ingloba i due metodi precedentemente trattati e, in aggiunta, si focalizza sull'importanza del parere popolare, della comunità e quindi delle persone; anche quelle che non ricoprono un ruolo decisionale, o che meglio, non lo avevano mai ricoperto prima, ma che ora si trovano a esprimere preferenze circa l'impatto visivo causato dalle macchine al paesaggio.

Questi tre approcci raccontano diversi percorsi che si possono intraprendere per la formulazione finale di una mappa delle aree idonee per la collocazione degli aerogeneratori. Gli stessi, si trovano coerenti con le aree in cui vengono applicati perché evidenziano i fattori che la nazione considera come prioritari. Sicuramente, però, l'approccio IT tiene conto anche di aspetti soggettivi, estremamente difficili da trattare sistematicamente, ma che consentendo il raggiungimento di un grado di accuratezza maggiore rispetto ai primi due approcci circa la selezione delle aree idonee.

Il coinvolgimento nella gestione

Oltre alla progettazione partecipata, che convoglia in un unico sistema attoriale sia gli esperti che i cittadini, ulteriori approcci collaborativi contribuiscono a rendere l'intero iter di vita di un impianto eolico partecipativo, tra questi: il coinvolgimento nella gestione. Temporalmente posizionata a posteriori della fase di progetto e a quella di costruzione, la fase di gestione di un impianto richiede una preparazione tecnica adatta che difficilmente si trova in stakeholders comuni come i cittadini di un territorio.

D'altra parte, però, è in continuo incremento il fenomeno dei progetti eolici comunitari, anche chiamati cooperative energetiche. Queste iniziative sono considerate come elementi chiave verso un sistema energetico volto alla diminuzione delle emissioni di carbonio implementando i sistemi d'energia a scala di comunità. Le cooperative energetiche si fondano su un attento approccio di decentralizzazione energetica (Bauwens et al. 2016) utile a garantire una partecipazione comunitaria più facile: come viene spiegato nell'articolo "*What drives the development of community energy in Europe? The case of wind power cooperatives*" la piccola estensione degli impianti e la decentralizzazione dei sistemi di generazione energetica favoriscono la nascita di microambienti territoriali adatti

alla produzione d'energia utile alle stesse persone che dell'impianto si prendono cura. Il modello d'impianto eolico più diffuso è quello centralizzato, come riporta la stessa rivista scientifica *Energy Research & Social Science*, perché oggetto, nella maggior parte dei casi, di grandi investimenti da parte di multinazionali che hanno comprato territori per ottenere una mole d'energia destinata, in gran parte, non alla comunità ma, al contrario, all'esportazione e a territori non limitrofi; d'altra parte, il modello d'impianto decentralizzato assicura dei vantaggi economici-ambientali e soprattutto sociali non indifferenti: un costo inferiore rispetto al sistema centralizzato della distribuzione d'energia, diminuzione delle perdite di potenza, un maggior numero di impianti a zero emissioni di carbonio, un ruolo attivo da parte di tutti gli utenti che con l'impianto si relazionano, maggiore fiducia nel sistema di gestione perché guidato da cittadini o attori di qualsiasi formazione professionali e altresì locali, migliora l'accettazione sociale delle tecnologie e quindi degli impianti.

Il modello d'impianto centralizzato, quindi, non istaura una relazione con i cittadini di un luogo, ma anzi, facilita la nascita di dubbi e sfiducia in loro; mentre la produzione d'energia decentralizzata genera unità di produzione d'energia geograficamente diffuse e su piccola scala, localizzate vicino ai consumatori.

Uno degli aspetti prima citati come positivo per la produzione decentralizzata è quello economico: le cooperative, gestendo collettivamente gli impianti, questi sono proprietà dei membri e non degli investitori e di conseguenza i ricavi netti sono solitamente suddivisi tra i membri in base alle transizioni che hanno realizzato con l'azienda e non a seconda di quote azionarie.

I membri di una cooperativa possono essere diversi e avere differenti obiettivi finali; nella ricerca *Renewable Energy Cooperatives: A Review of Demonstrated Impacts and Limitations*, (Tarhan; 2015, p. 104-120) viene sottolineato come il tipo di comunità che forma le cooperative influisce sui processi e sugli obiettivi finali: la ricerca identifica due tipologie di comunità utili a far comprendere come il comportamento interno alla cooperativa cambia in base a chi la gestisce; le comunità del luogo sono geograficamente delimitate e si concentrano sulla produzione di elettricità o calore utile al consumo locale, mentre le comunità d'interesse non sono delimitate nel territorio e sono formate da attori rivolti a uno specifico tema d'interesse

comune come i vantaggi economici o ambientali. I luoghi che si dimostrano da anni più competitivi per sviluppo di cooperative energetiche sono la Danimarca, la Germania, la Svezia ed il Regno Unito; con investimenti per un totale di milioni di euro, i cittadini hanno dato origine a comunità sostenibili che, di fronte agli investimenti iniziali, si sono dimostrate capaci di grandi ricompense economiche, ottenute tramite:

- Vendita di energia alla rete
- Consumo d'ell'energia prodotta da parte degli utenti aderenti
- Una combinazione di vendita e consumo dei membri
- La generazione di ulteriori possibilità economiche

I vantaggi economici toccano da vicino anche le realtà agricole e di allevamenti. Per fornire un esempio, viene raccontato dall'articolo "*Renewable Energy Cooperatives: A Review of Demonstrated Impacts and Limitations*", come oltre a generare calore e elettricità per le comunità locali, il sistema decentralizzato sviluppato dalle cooperative, aggiunge altre possibilità generative di reddito: le cooperative di energie rinnovabili guidate da agricoltori in Germania, Austria e Finlandia hanno generato reddito aggiuntivo grazie all'acquisto di letame del bestiame per produrre energia e d'altra parte, gli allevatori, hanno riavuto il letame indietro sottoforma di fertilizzante.

Uno studio condotto in Iowa, U.S.A., prosegue esaminando l'effettiva capacità di sostentamento di una determinata area alimentata a sistemi di energia decentralizzata: le risorse finanziarie che rimangono nella comunità sono quintuplicate²⁰ per progetti di parchi eolici a piccola scala di proprietà locale rispetto ai progetti a grande scala finanziati da imprese straniere. L'articolo presenta altri benefici relativi ai dati d'occupazione della comunità: durante il periodo di costruzione dell'impianto il tasso d'occupazione è salito di 1,3 volte e durante il periodo di attività dell'impianto di 2,8; dati che sono per lo più correlati all'ottimo lavoro delle cooperative e meno all'efficienza effettiva delle rinnovabili.

Di seguito, l'articolo riporta come tutti i casi analizzati facciano riferimento a comunità con alto reddito e forti capacità economiche, mentre si riserva ad affermare che per comunità a basso reddito sono necessarie altre strategie per comprendere al meglio come poter affermare le cooperative FER; a tal proposito, nel 2014, un dottorato dell'università di Murdoch, in Australia, sviluppa una tesi²¹

[20] Cifra calcolata considerando l'attività diretta (ovvero l'occupazione in sede), l'attività indiretta (ovvero l'attività imprenditoriale che ne risulta) e l'indotto (il conseguente cambiamento di ricchezza e di reddito dei membri della comunità).

[21] Zahnd A. (2014), *The Role of Renewable Energy Technology in Holistic Community Development*, doctoral thesis in Mechanical and Aerospace Engineering, Springer International Publishing Switzerland

raccogliendo la sua esperienza in una delle comunità più povere del Nepal: lo scopo della ricerca è quello di riuscire a fornire i beni di prima necessità alla comunità grazie alla creazione di un sistema cooperativo di azioni rinnovabili utili all'approvvigionamento di elettricità, luce, energia termica, comfort termico dentro casa, il tutto rispettando la scala prioritaria di beni primari utili alla sopravvivenza. Alexander Zahnd, l'autore, suddivide in diversi capitoli la sua ricerca e all'interno di ognuno di questi sviluppa uno dei precedenti elementi da ricavare tramite lavoro comunitario, ad esempio, l'elettricità. Ma prima di ciò è di fondamentale importanza chiarire come la voce "sviluppo sostenibile" integri a suo interno principi, i quali spesso, se riferiti a contesti ad alto reddito e già sviluppati, vengono dati per scontati, ma per le comunità a basso reddito, si dimostrano di grande aiuto a ristabilire su quale base fondamentale la sostenibilità cresce: l'istruzione di qualità e gratuita, il benessere sociale, l'uguaglianza di genere, lo sviluppo delle competenze e l'assistenza sanitaria. Le priorità, quindi, per le comunità in via di sviluppo come quelle del Nepal, basano lo sviluppo scientifico sostenibile processi in continua trasformazione che possano affidare loro la possibilità di valutare l'efficienza di questi senza che siano preimpostati in modo statico da altre competenze. Da una parte un grande senso di abbandono da parte di tutto ciò che al di fuori di loro osserva ignorando, dall'altra la capacità sviluppata col tempo di saper provvedere a loro stessi con pochissime risorse a disposizione.

In uno dei distretti più poveri nel Nepal, Jumla, precisamente nell'area nord-ovest dell'Himalaya, Alexander Zahnd, ha adottato il primo approccio di sviluppo comunitario basandosi sul metodo del "imparare facendo", il quale è costato alla comunità diversi problemi ma anche importanti traguardi: da una parte le incapacità delle comunità di adattarsi velocemente alle novità, così come all'ambiente in rapida evoluzione, dall'altra una pratica estremamente pragmatica capace di coinvolgere la comunità in ogni fase di progetto. L'autore, inoltre, nel 2005 fonda una ONG chiamata RIDS-Nepal, a sostegno di queste comunità, formata del personale composto da utenti locali (persone che vivono stabilmente in quelle aree in modo da poter diventare parte attiva della cooperativa energetica della comunità) formati accademicamente e praticamente sul campo, e attraverso un approccio olistico sostenibile, dispone le basi per alzare il livello di stile di

vita di aree prive anche di acqua potabile pulita. La ricerca, svolgendo dei sondaggi nella popolazione, riporta le principali esigenze per cui urge una soluzione:

- Un servizio di latrine
- Riscaldare gli ambienti interni e cuocere e conservare i cibi (il distretto di Jumla è ad alta quota e necessita di calore tutto l'anno)
- L'illuminazione interna
- L'acqua potabile pulita (dai rubinetti del distretto)

È evidente come davanti a tali richieste non ci sia spazio per porsi questioni ambientali frequenti nei paesi sviluppati come, per esempio, far crescere la percentuale di partecipazione alla domanda energetica del territorio delle rinnovabili, ma, allo stesso tempo, le fonti d'energia rinnovabili riportano ad uno stato di consapevolezza ogni comunità: da una parte la popolazione occidentale abituata a viverle come un lusso che implica dei grandi investimenti e dall'altra la natura più popolare di queste, che grazie al sole, all'acqua e al vento, sono in grado di generare energia. Affrontare tali esigenze richiede tempi lunghi e diversi tentativi, e a processo concluso, può succedere che la soluzione trovata non sia adatta alla popolazione perché colma di cambiamenti per comunità così radicate antropologicamente e culturalmente che necessitano di diverse generazioni per poter assorbire il cambiamento. In aggiunta a quelle che sono le esigenze delle persone, grazie alle rinnovabili, si riescono a rispettare anche i bisogni dell'ambiente: l'utilizzo delle energie rinnovabili in questi contesti sociali e ambientali garantiscono un'indipendenza energetica della comunità. I progetti hanno bisogno di contesti reali: l'approccio teorico che sarebbe più semplice attuare non porterebbe nessun livello di consapevolezza o di simbiosi tra le esigenze espresse e le rinnovabili; in questo modo, infatti, tutti gli studi rimangono su carta e gli strumenti culturali per la comprensione di queste teorie non sono sufficienti: urge la praticità. Da qui si sviluppa un vero e proprio approccio olistico di progetti energetici con l'utilizzo di tecnologie per la produzione d'energia da fonti rinnovabili con lo scopo, col tempo e con la successione generazionale, di diventare carattere descrittivo ed intrinseco della cultura di queste cooperative energetiche. L'impossibilità di avere una onnicomprensiva definizione di "sviluppo sostenibile" ha reso indispensabile la considerazione della società, soprattutto quando le persone che la compongono sono in carenza di beni

primari come acqua e cibo. A questo proposito, seguendo l'approccio raccontato dall'autore, la comunità e la ONG collaborano per l'installazione di pannelli fotovoltaici, utili per l'approvvigionamento di elettricità così da consentire, per esempio, alle poche classi di formazione scolastica, di tenere delle lezioni nel pomeriggio tardo. L'installazione viene effettuata con l'ausilio di ciò che il territorio offre: la base dei pannelli è un accumulo di pietre da cui si erige un elemento verticale che sorregge un cluster di pannelli fotovoltaici e che permette loro di avere la corretta inclinazione per l'angolo d'incidenza solare; l'energia generata da un cluster (corrispondente a 75 W) viene distribuita in 12 abitazioni di cui una, tramite batterie posizionate al suo interno, immagazzina l'energia e la distribuisce al bisogno alle altre 11 case ad essa connesse tramite cavi sotterranei.

Sono stati anche altri gli accorgimenti da parte della comunità: la progettazione di serre bioclimatiche consente loro un'ottima illuminazione e la possibilità di generare colture per l'approvvigionamento alimentare. Ai precedenti sistemi, la comunità di Jumla in collaborazione con RIDS-Nepal, utilizza anche l'energia del vento per applicazioni di piccola scala, per singole case o villaggi rurali; non si parla dei grandi aerogeneratori ma di piccoli stremanti utili all'acquisizione di energia a sufficienza per il sostentamento di una famiglia. Si tratta di turbine eoliche a due pale che vengono autocostruite dalle comunità energetiche. Alexander Zahnd dedica sedici anni di ricerca alla comunità nepalese e riporta l'importanza dell'indispensabile relazione col luogo quando ogni elemento da introdurre per sanare una situazione vacillante rischia di risultare precoce all'avanzamento culturale della comunità che quel luogo lo vive.

3. IMPATTI SOCIALI

L'idea di qualità cambia in base a chi tenta di definirla: dando ascolto a chi pratica opposizione nei confronti delle rinnovabili, facile è trovare una definizione di qualità della vita diversa da chi invece queste tematiche le considera ampiamente o addirittura le sostiene attraverso azioni. Come in antichità, con la creazione di terrazzamenti, si è data la possibilità a molte civiltà di poter continuare a coltivare senza doversi limitare per cause di forza maggiore quali vento, intemperie e/o inadatte esposizioni al sole, anche oggi, ogni cambiamento dovuto a cause di forza maggiore, come il cambiamento climatico, porta ad una modificazione dello spazio. Con la transizione energetica, e quindi la diffusione dell'energia rinnovabile, lo spazio muta sempre più velocemente per l'incremento del numero di centrali d'energia; l'effetto del cambiamento climatico e successivamente della consapevolezza ambientale, comporta non poche conseguenze a livello sociale. La letteratura offre delle valutazioni d'impatto sociale che raramente guardano oltre lo studio dei benefici ambientali, la percezione del paesaggio e l'impatto sulla salute umana; l'impatto sociale deve necessariamente essere studiato in due differenti scale d'approfondimento: da una parte un gruppo di soggetti più ampio, che si relaziona con gli impianti non direttamente ma che ne subisce comunque le trasformazioni ambientali e di conseguenza sociali che ne comporta, e dall'altra parte un cerchio di comunità più ristretto che si rapporta con l'impianto attraverso una stretta interazione spaziale. Sono diverse le metodologie utilizzate dalla comunità scientifica per comprendere gli impatti socio-ambientali di una comunità per l'inserimento di centrali per la produzione d'energia pulita, una tra queste è la SLCA (*Spatial Life Cycle Assessment*), che individua degli indici di benessere collettivo globale circa le FER, ma d'altra parte le questioni sociali più complesse sono quelle che interessano la piccola scala, la comunità che vive i territori "invasi" dalle macchine e quindi le persone che come tali possono riscontrare delle problematiche di salute, delle disfunzioni o del discomfort. A tal proposito, la ricerca scientifica riportata in "*Exploring the global and local social sustainability of wind energy technologies: An application of a social impact assessment framework*" (Buchmayr et al.,

[22]

Definizioni da Buchmayr A., (2022): la metodologia SLCA I misura “gli impatti rispetto a un punto di riferimento delle prestazioni, ovvero utilizzano un approccio di scala di riferimento. Questo approccio valuta la prestazione sociale di un’attività nel ciclo di vita del prodotto in relazione a un punto di riferimento, ad esempio lo stipendio pagato ai lavoratori nel processo di produzione viene confrontato con il riferimento del salario minimo legale” [...] “i punti di riferimento delle categorie di impatto di tipo I sono definiti individualmente per ciascuna categoria, è difficile stabilire una relazione tra di essi o aggregare i risultati”; la metodologia SLCA II considera “un percorso di impatto chiaramente definito, ovvero la relazione causale tra processi (ad esempio combustione di carburante) e impatti (ad esempio malattie respiratorie)” [...] “Pertanto, le valutazioni sociali di questo tipo sono spesso incorporate o utilizzate come estensione di ELCA per aggiungere una valutazione del benessere sociale a una valutazione principalmente ambientale”.

2022), evidenzia la necessità di compiere una distinzione, attraverso diversi quadri valutativi, delle condizioni sociali globali e quelle locali, maggiormente influenzate da contesto e vicinanza fisica alle sorgenti energetiche. L’articolo svolge un’analisi della relazione che intercorre tra l’inserimento dell’impianto in un territorio e le persone del territorio soffermandosi sugli aspetti sociali. I metodi che vengono utilizzati per comprendere l’impatto arrecato alle comunità sono diversi: SLCA I, SLCA II²², valutazione della qualità del lavoro e sondaggi sulla percezione. Viene definito un quadro dell’impatto sociale utile ai diversi gruppi di attori (decisioni politici, popolazione, comunità scientifica) che si focalizza nel settore energetico belga, dove è stato condotto lo studio (ma applicabile ad altri contesti purché simili dal punto di vista economico e sociale).

Un’analisi completa capace di toccare gli aspetti fondamentali compresi nella ricerca più realistica dell’impatto sociale viene svolta da Buchmayr (2021), per cui gli impatti sociali più rilevanti sono:

- La salute umana
- I diritti umani
- Le condizioni di lavoro
- La creazione di posti di lavoro
- La qualità della vita residenziale
- La qualità del paesaggio

Una volta identificati gli impatti vengono studiati in scala globale e locale così da ottenere uno studio di valutazione sociale olistico delle tecnologie energetiche.

Qualità della vita

Per comprendere a fondo le condizioni sociali di una comunità è fondamentale affrontare ogni impatto che inficia sulla qualità della vita. L'inserimento degli impianti eolici è una delle pratiche più influenti circa gli obiettivi fissati a livello globale per la mitigazione del cambiamento climatico: si prevede che a questa fonte d'energia nel 2040 corrisponderà il 16% di fornitura d'elettricità dell'UE (Buchmayr 2022).

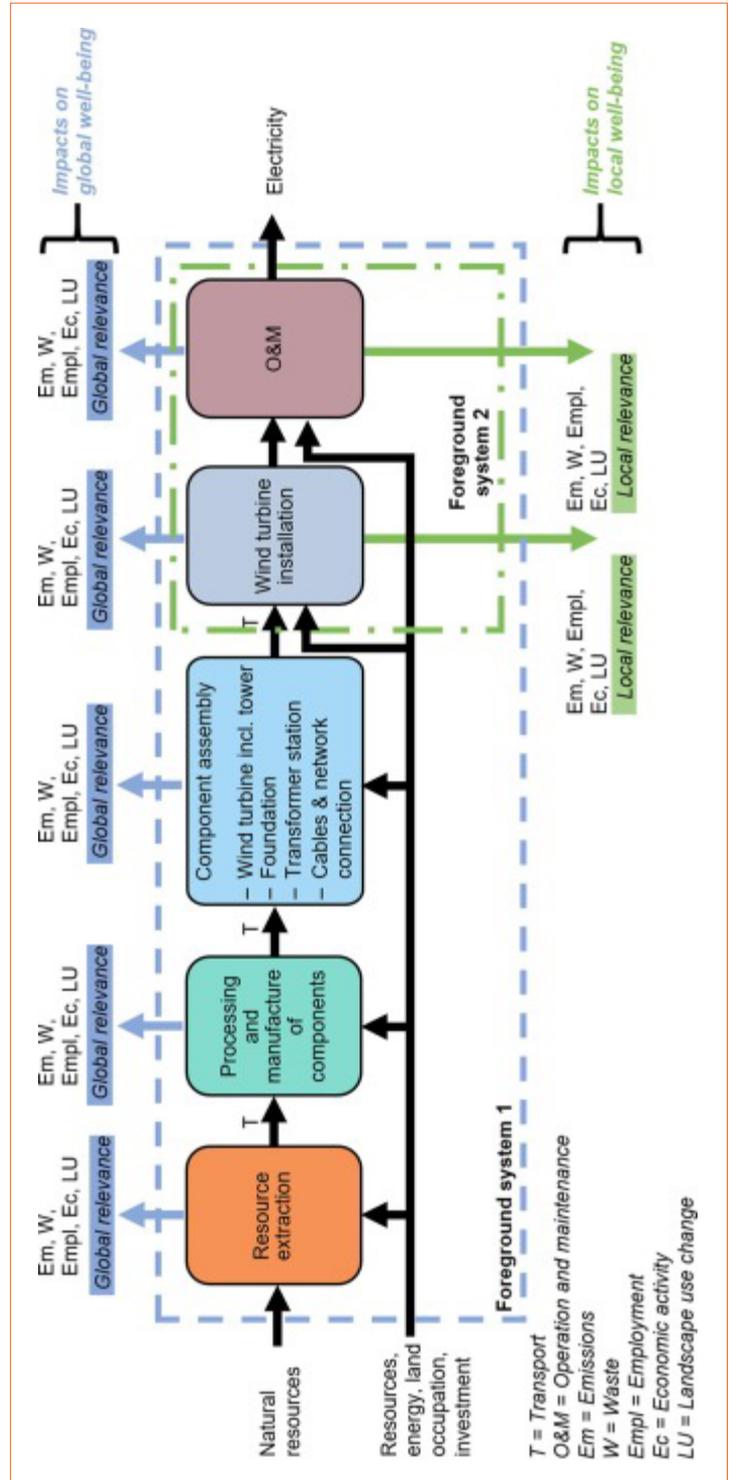
A dettare un iter per giungere a delle considerazioni finali sulle condizioni di vita conseguenti dall'inserimento degli impianti eolici, è il caso studio trattato in *“Exploring the global and local social sustainability of wind energy technologies: An application of a social impact assessment framework”*, che comprendendo l'area geografica dell'europa occidentale, si concentra successivamente in Belgio, precisamente nella regione di Fiandre.

Il caso studio considera lo stesso modello di turbina eolica, Vestas V112, ma con diversi generatori in base al caso (turbina off-shore; PMSG on-shore; DFIG on-shore). È ora necessario comprendere in che modo questi diversi modelli inficiano la società a livello globale e locale; per effettuare questa separazione in modo metodico, è necessario differenziare tra output di processo, come emissioni e rifiuti, con rilevanza globale e locale (Fig.16, pagina successiva). Lo schema (Fig. 16) mostra due sistemi di riferimento per i benefici o gli impatti sociali: quello globale e quello locale. All'interno dei due sistemi vengono racchiusi gli input e gli output che interessano la popolazione della suddetta categoria. Gli output globali, per esempio il cambiamento climatico, sono conseguenze sperimentate dalla società a livello globale; d'altra parte, l'intossicamento dei lavoratori durante l'approvvigionamento dei materiali utili alla costruzione degli impianti è un output di impatto sulla società locale. Purtroppo, lo studio non comprende lo stadio di fine vita perché sono ancora incerte le procedure di smaltimento dei materiali delle turbine eoliche.

[fig. 16]

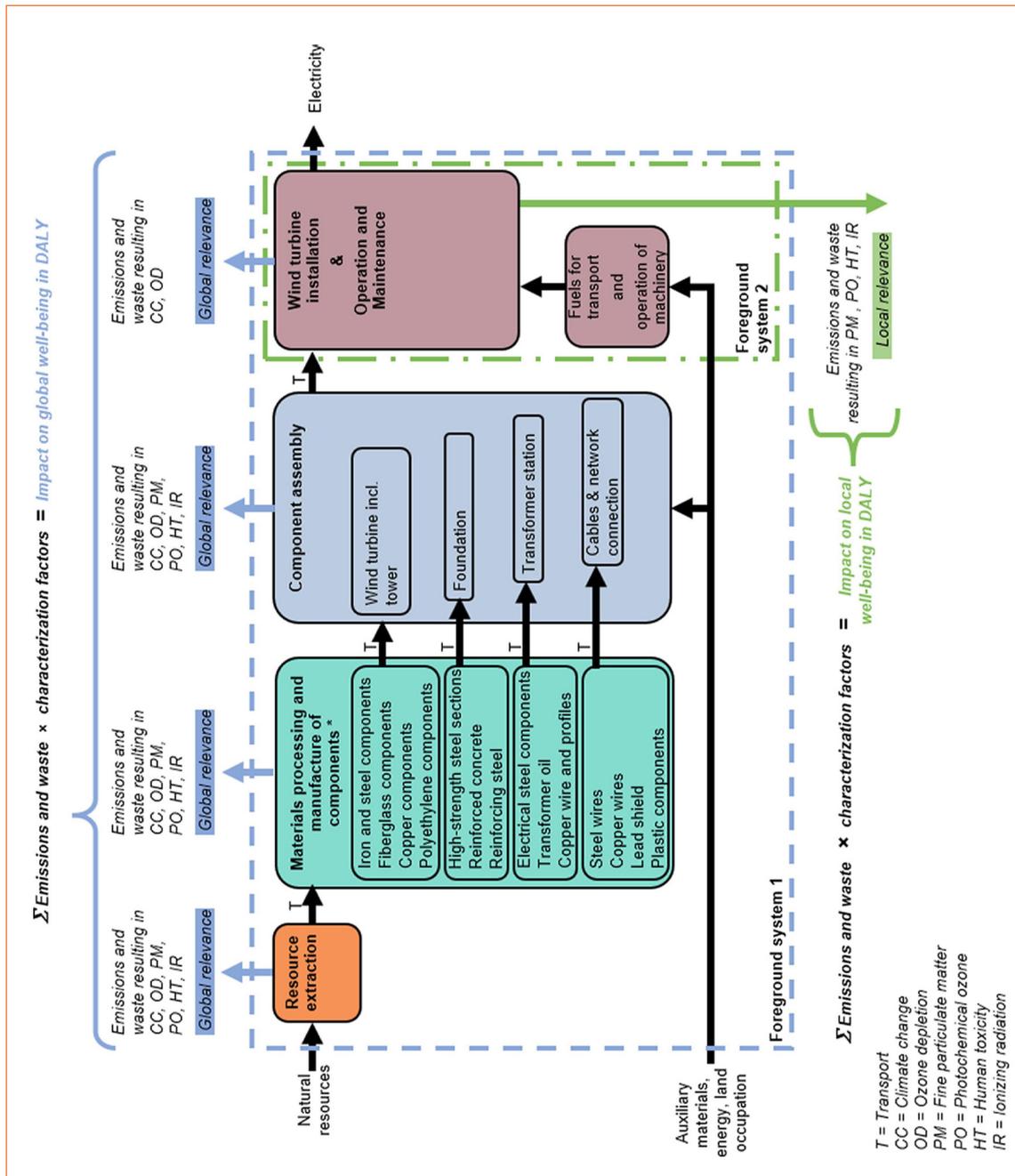
Ciclo di vita degli impianti eolici con riferimento a due scale: benessere globale e locale

Fonte: articolo. Buchmayr A., 2022



[fig. 17]

Schema del ciclo di vita per la valutazione degli impatti sulla salute umana dello studio di caso dell'energia eolica
 Fonte: articolo. Buchmayr A., 2022

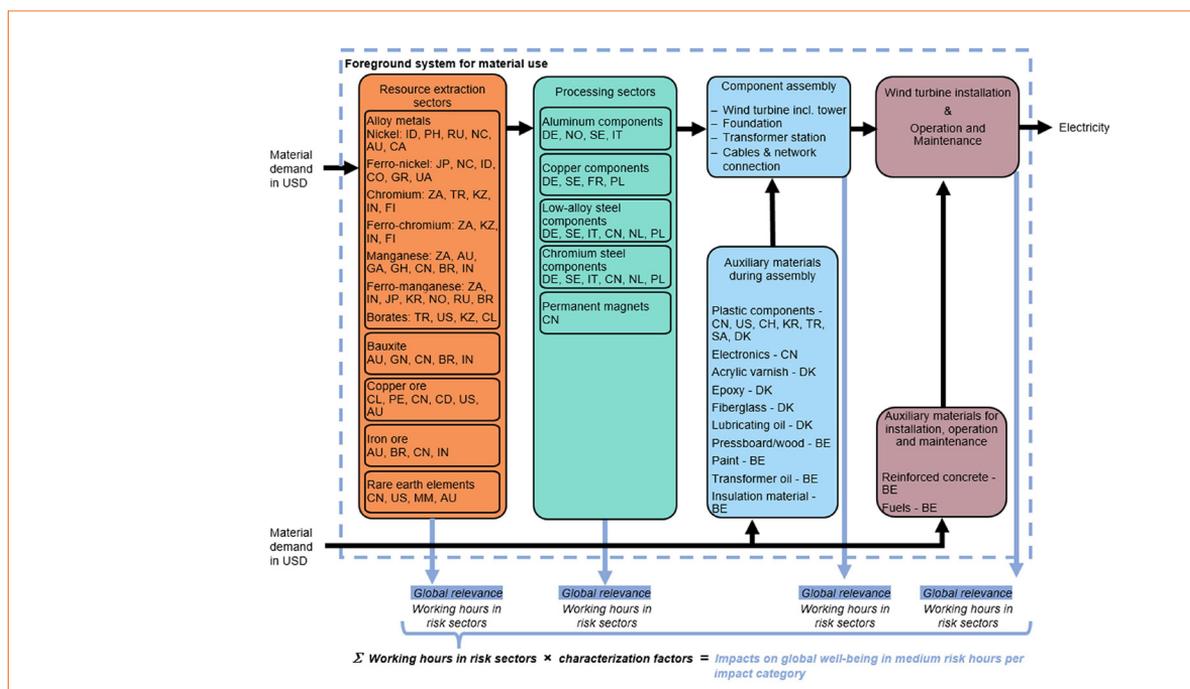


La valutazione della salute umana, primo punto nella lista stilata in precedenza riguardo gli impatti sociali fondamentali, viene riportata nella Fig.17 ed è trattata in diversi modi in base alle emissioni comprese nel ciclo di vita dell'impianto: diversi metodi (IMPACT World+; LIME; ReciPe) offrono quadri di valutazione della salute umana più mirati. La valutazione della conformità ai diritti umani e alle condizioni di lavoro globali (Fig.18) è ottenuta tramite il metodo SLCA I.

Se prima l'impatto sulla salute umana era determinato dai processi di produzione, ora gli impatti dipendono dagli standard sociali delle politiche interne alle aziende coinvolte nel processo. La fornitura dei materiali necessari utili alla costruzione degli impianti rischia di coinvolgere la popolazione dei paesi in via di sviluppo per il basso costo di manodopera rischiando di incrementare i malefici alle persone e quindi incrementando gli impatti negativi del ciclo di vita degli impianti circa i diritti umani.

[fig. 18]

Ciclo di vita per la valutazione della qualità dei diritti umani e delle condizioni di lavoro nel caso dell'energia eolica
Fonte: articolo. Buchmayr A., 2022



Un altro impatto che il ciclo di vita degli impianti ha sulla società è il cambiamento del **tasso d'occupazione**: la creazione di posti di lavoro a livello locale viene valutata sia per quantità che per qualità. Tramite criteri di valutazione ben precisi quali: intensità del lavoro (Eurofound; 2017), qualità dell'orario di lavoro, ambiente sociale e prospettive, l'indagine sulle condizioni di lavoro

europee, prova con un primo tentativo, a identificare i lavori del settore energetico, fallendo. Viene quindi adottato un altro metodo costituito dal numero assoluto di posti di lavoro creati e da valutazioni delle condizioni di lavoro basate sul quadro di qualità del lavoro dell'OCSE (Cazes et al., 2015).

Gli ultimi due impatti elencati sono la qualità della vita residenziale e la qualità del paesaggio. La difficoltà della valutazione di questi due impatti viene riconosciuta nella fondamentale soggettività dei singoli individui; da qui la difficoltà di sviluppare un metodo valutativo in grado di tenere conto di pareri soggettivi basati anche sulla dimensione affettiva delle comunità circa il territorio in cui vivono. La ricerca scientifica sugli impatti del ciclo di vita degli impianti eolici in Belgio riprende il concetto di NIMBY, per cui un giudizio positivo generale da parte di una comunità per l'energia eolica si può rivelare negativo se la stessa lo vede applicato al territorio in cui vive. La partecipazione, come già visto, risulta funzionare come svolta decisiva verso una società più consapevole ed entusiasta del cambiamento. Alla situazione reale, nel momento delle valutazioni, sono stati condotti dei sondaggi per comprendere l'impatto soggettivo sulla qualità della vita residenziale e la qualità del paesaggio di un parco eolico off-shore (a 30 km dalla costa) attraverso interviste svolte in persona; mentre la casistica on-shore è stata sviluppata vicino uno dei parchi eolici nelle Fiandre orientali, ed anche per questa tipologia si sono svolte delle interviste di persona. Tramite delle medie aritmetiche, le indagini mostrano che i livelli di disturbo acustico del parco

[fig. 19]
a sx
I livelli di disturbo acustico

a dx
Valutazione dell'impatto percettivo sul paesaggio

		Nessun impatto (1) in %	Abbastanza negativo (2) in %	Negativo (3) in %	Molto negativo (4) * in %	Significare
Disturbo dovuto al rumore	Eolico terrestre	48	20	19	12	2.0
	Eolico offshore	93	4	3	0	1.1
Disturbo dovuto all'aumento del traffico	Eolico terrestre	70	24	3	3	1.4
	Eolico offshore	76	15	7	2	1.4

*
su una scala da 1 nessun impatto a 4 impatto molto negativo.

		Fortemente in disaccordo (1) in %	Non sono d'accordo (2) in %	Neutro (3) in %	Concordo (4) in %	Sono fortemente d'accordo (5) in %	Significare
Impatto negativo sull'attaccamento e sul senso di appartenenza	Eolico terrestre	19	33	28	12	8	2.6
	Eolico offshore	22	48	14	13	3	2.3
Impatto negativo sul valore estetico	Eolico terrestre	7	15	27	30	20	3.4
	Eolico offshore	8	38	16	30	8	2.9
Impatto negativo sulla ricreazione	Eolico terrestre	22	24	32	11	12	2.7
	Eolico offshore	27	47	10	12	4	2.2

*
su una scala da 1 impatto molto positivo a 5 impatto molto negativo.

off-shore sono nettamente inferiori a quelli dell'on-shore, come mostra Fig.19.

L'impatto percettivo sul paesaggio è stato valutato tenendo in considerazione il senso di appartenenza ad un luogo, il valore estetico ed il valore ricreativo (Fig. 19). Il parco eolico off-shore è stato ritenuto meno impattante per tutti e tre i parametri utilizzati dalla ricerca.

Tutto il processo riportato comprende la stesura di tutti gli impatti considerati fondamentali per comprendere a pieno l'impatto sociale del ciclo di vita dei parchi eolici.

Benefici economici locali

L'inserimento dei parchi eolici contribuisce alla formulazione di diversi metodi utili alla generazione di benefici economici per la comunità. Un'industria di lavoro che si occupa della realizzazione del parco eolico crea opportunità di lavoro, che non sono necessariamente finite nel tempo, come i posti di lavoro per chi si occupa di contribuire nella fase di costruzione, ma anche di occupazione in altre fasi come quelle di manutenzione e di gestione degli impianti una volta realizzati.

Anche il metodo di cooperazione che in fase di accordo si è stipulato può generare benefici economici: se si è applicata una partecipazione finanziaria, questa vede l'investimento di denaro con un ritorno diluito nel tempo per gli impianti che stanno lavorando anche per sostenere il fabbisogno di chi ha investito inizialmente nella realizzazione del parco, quindi la comunità. È questo il caso del parco eolico in Zeewolde nei Paesi Bassi descritto da *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Campos et al., 2025) dove, grazie un finanziamento da prestiti bancari possibile grazie alla partecipazione di oltre 200 agricoltori, residenti e imprenditori locali, sono state riqualificate 220 turbine. Questo processo ha dato la possibilità al territorio e quindi alla comunità di crescere sia in termini di partecipazione sostenibile sia in termini economici: questo modello di business, infatti, ha portato a triplicare la capacità precedente.

Un altro esempio, riportato nello stesso articolo, descrive l'esperienza di una comunità di contadini. La popolazione, che ha investito agli inizi degli anni 2000 nel progetto di un parco eolico in un territorio del Minnesota, ha ricavato reddito extra che tutt'ora apporta benefici economici alla comunità contadina. Il modello di business si basa su

ricavi ricevuti dai membri in base a quanto è stato investito dagli stessi; l'energia prodotta viene successivamente venduta a un'azienda di servizi pubblici locale. *Minwind*, così si chiama il progetto, è considerato il primo impianto eolico di proprietà della comunità di agricoltori negli Stati Uniti. Oltre a questi metodi utili alla ricezione di benefici economici, esiste la possibilità di poter ottenere incentivi da parte della regione o dello stato per la pianificazione di un parco eolico nel territorio: le energie rinnovabili sono ormai necessarie in ogni dove e chi di competenza e/o soggetto a potere legislativo deve agire in modo tale da poter garantire un sostegno economico alle comunità che decidono di accoglierle.

Le politiche italiane ed estere mostrano una crescente attenzione verso l'energia eolica come pilastro della transizione energetica. Tuttavia, il successo di queste politiche dipenderà dalla capacità di relazionare gli impianti nel territorio, dall'abilità di coinvolgere attraverso una partecipazione attiva le regioni, le comunità locali e superare le barriere burocratiche e sociali. L'eolico rappresenta una sfida, ma allo stesso tempo un mezzo per comprendere quali potrebbero essere i modelli e gli approcci da seguire per armonizzare, più in generale, il rapporto natura e artificio.





Aspetti normativi

Il tema dell'energia ricavata dall'utilizzo di fonti rinnovabili si stabilisce globalmente; è sempre più urgente, oltre che mettere al corrente più potenze possibili, cercare nel concreto delle pratiche e delle azioni che possano far comprendere la gravità della situazione climatica di responsabilità antropica nei confronti del pianeta.

A questo riguardo, tutti i paesi del mondo si sono interessati, anche solo a comprendere la complessità della situazione e quanto da questa ne derivi una situazione di stallo irreversibile se solo si continua a produrre inquinanti con lo stesso ritmo a cui gli stati sono, ormai da decenni, abituati.

La suddivisione tra paesi sviluppati e paesi in via di sviluppo segna un margine non di poco conto sulla gestione del problema: i paesi in via di sviluppo non giovano di grande accesso a risorse finanziarie, è quindi difficile ottenere finanziamenti o sussidi; non sono luoghi che giovano di sufficienti infrastrutture e quelle che insistono sul territorio, come per esempio la rete elettrica, sono poco robuste; non sono tecnologicamente avanzati: l'automazione o l'intelligenza artificiale non sono nemmeno lontanamente trattate; non sono paesi che possono accogliere la causa con estrema urgenza: la povertà detta delle priorità e seppur, a livello geomorfologico, siano alcune anche per localizzate in territori estremamente adeguati alle rinnovabili, in questi vi ci vivono persone che non hanno acqua e cibo.

D'altra parte, i paesi avanzati, invece, nutrono di una base economica, territoriale, infrastrutturale e tecnologica all'avanguardia. Da queste divergenze nascono delle politiche climatiche che si differenziano in base al Paese che le deve attuare: un paese sviluppato si concentra sulla riduzione delle emissioni di gas serra e sulla neutralità climatica entro il 2050 seguendo il tenore normativo sancito dall'Accordo di Parigi, mentre i paesi in via di sviluppo si preoccupano di avere accesso all'energia per attuare un piano di inversione di rotta al cambiamento climatico che veda al contempo uno sviluppo economico di pari passo: l'Accordo di Parigi è meno stringente, sia perché il loro contributo all'inquinamento è minimo, sia perché le loro priorità sono di vitale ragione diverse.

Un esempio chiave è Fondo per l'energia sostenibile per l'Africa (SEFA), un meccanismo di collaborazione internazionale che screma gli obiettivi globali per il cambiamento climatico tramite le rinnovabili offrendo

assistenza tecnica, finanziamenti e politiche energetiche a misura di territorio e civiltà.

Oltre all'Accordo di Parigi, a livello mondiale sono stati redatti altri accordi, quali: Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG) delle Nazioni Unite compresi nell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile dell'ONU il quale si occupa anche di energia pulita e accessibile alle diverse comunità in base alle loro disponibilità di risorse; *International Renewable Energy Agency* (IRENA) il cui obiettivo mira a stabilire l'adozione delle rinnovabili anche attraverso la diffusione di dati, analisi e supporto tecnico; *Global Climate Action Summit* che detta le basi per lo sviluppo della collaborazione tra governi, organizzazioni e aziende; *Green Climate Fund* pensato per offrire uno strumento finanziario di supporto ai paesi in via di sviluppo per l'adozione di sistemi di approvvigionamento energetico sostenibili. La sfida climatica è oggetto di dibattito e interesse di diverse organizzazioni e politiche capaci di dettare obiettivi ambiziosi i quali, sotto interpretazione delle diverse nazioni, sviluppano differenti ipotesi d'applicazione per via del quadro normativo adottato a fronte degli obiettivi generali.

Questo quadro si inserisce, quindi, nella gestione internazionale, dove le politiche sull'eolico sono fortemente influenzate dagli accordi internazionali sul clima, come l'Accordo di Parigi, e dagli obiettivi di sostenibilità delle Nazioni Unite. Nel caso specifico dell'Unione Europea, questa affronta gli obiettivi generali prima citati, con il **Fit for 55** e il **REPowerEU**, grazie ai quali sta accelerando la transizione verso le rinnovabili, aumentando gli investimenti e fissando target più ambiziosi.

Nel Piano d'azione europeo per l'energia eolica, è l'iniziativa **Accele-RES**, che evidenzia le priorità per le nazioni: ridurre le emissioni di gas serra, fornire strumenti finanziari per i paesi in via di sviluppo, sensibilizzare circa il tema dell'emergenza climatica, fornire una collaborazione tra le amministrazioni e la comunità e accelerare le tempistiche per le autorizzazioni “puntando sulla digitalizzazione delle procedure autorizzative nazionali in tutta l'UE e sostenendo la formazione del personale delle autorità nazionali competenti”²³.

[23]

Piano d'azione europeo per l'energia eolica (2023) Commissione Europea, COM 669 final

1. QUADRO POLITICO NORMATIVO INTERNAZIONALE

L'importanza dello sviluppo delle rinnovabili è indicata come tema essenziale dalla direttiva RED III, la quale contiene l'obiettivo vincolante dell'Unione Europea rappresentato dalla quota di rinnovabile sul consumo totale lordo d'energia pari al 42,5% entro il 2030.

A dare supporto a questa percentuale è la quantità di emissioni: la produzione e il consumo d'energia, infatti, sono causa di oltre il 75% delle emissioni di gas a effetto serra nell'Unione; viene quindi stimata, da parte della legge europea sul clima (regolamento UE 2021/1119) la percentuale di riduzione delle emissioni di CO₂ pari al 55%. Il quadro normativo europeo riconosce le inefficienze amministrative circa l'urgenza climatica: i tempi necessari alla definizione e installazione di progetti FER (fonti di energia rinnovabili), sono disallineate rispetto gli obiettivi prima citati; da questa situazione è la direttiva RED II che scardina per la prima volta le rinnovabili introducendo nel 2018 (direttiva (UE) 2018/2001) il principio per cui "le norme nazionali in materia di procedure amministrative [...] degli impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili e delle relative reti debbano essere proporzionate e necessarie a contribuire all'attuazione del principio "energy efficiency first" (efficienza energetica al primo posto)"²⁴, successivamente aggiornato con la direttiva RED III²⁵, la quale, prioritizzando l'accelerazione delle pratiche amministrative circa le autorizzazioni e le certificazioni dei progetti FER, rende più ambiziosi gli obiettivi al 2030: gli Stati membri dovranno considerare gli impianti di energia rinnovabile e le loro annesse infrastrutture come la rete e gli impianti di stoccaggio, materia d'interesse pubblico prevalente e d'interesse per la salute e la sicurezza pubblica fino al conseguimento della neutralità climatica²⁶.

La Direttiva RED III viene poi estesa da parte della Commissione europea attraverso l'implementazione di alcune raccomandazioni²⁷, tra queste: la raccomandazione (UE) 2024/1343 nella quale, in tema di aree idonee, vengono espresse osservazioni circa la limitazione al minimo indispensabile delle zone di esclusione in cui non può presenziare l'energia rinnovabile, il coinvolgimento dei cittadini e l'introduzione di sistemi autorizzativi digitali con

[24]

Camera dei deputati (2024), "La normativa statale per la realizzazione di impianti da fonti elettriche rinnovabili", n.47, 30 luglio

[25]

Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea (2023) "Direttiva (UE) (2023/2413) del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 ottobre 2023" che modifica la direttiva (UE) 2018/2001, il regolamento (UE) 2018/1999 e la direttiva n. 98/70/CE per quanto riguarda la promozione dell'energia da fonti rinnovabili e che abroga la direttiva (UE) 2015/652 del Consiglio

[26]

La neutralità climatica, come riporta la legge UE sul clima (2021) in Consiglio dell'Unione Europea, significa emettere meno e assorbire di più. Questo si ottiene bilanciando le emissioni di gas serra emesse nell'atmosfera con quelle rimosse o compensate in quantità equivalente.

[27]

Pubblicate in GUUE serie L del 21 maggio 2024

l'ausilio dell'intelligenza artificiale entro il 21 novembre 2025; la raccomandazione (UE) 2024/1344 contribuisce al quadro normativo della Direttiva RED III inserendo maggiore chiarezza sul tema della realizzazione di aste in maniera adeguata tramite un regime di sostegno che preveda incentivi basati su criteri di mercato non distorsivi a cui tutti gli Stati membri devono aderire attraverso estrema trasparenza nella pubblicazione e procedure burocratiche non discriminatorie.

2. QUADRO POLITICO NORMATIVO NAZIONALE

A livello nazionale italiano il quadro normativo è caratterizzato da un certo livello di complessità. Un primo decreto legislativo (D.lgs n. 199/2021) ad implementazione della Direttiva RED III è stato inserito con lo scopo di semplificare ulteriormente le procedure autorizzative per gli impianti a fonti rinnovabili e per l'individuazione delle aree idonee e non idonee all'installazione degli impianti FER. Le procedure amministrative per l'installazione degli impianti si basano su due principi: quello di proporzionalità e quello di adeguatezza. Successivamente il D.lgs n. 199/2021 è stato ampliato inserendo norme specifiche circa la localizzazione degli impianti in aree idonee in base alla tipologia di fonte. Il risultato dell'evoluzione normativa è un grande agglomerato di norme e micro-norme che non agevolano il lavoro amministrativo, ma anzi, ne limitano la riuscita a causa della sovrapposizione, spesso anche in contrasto d'opinione, di alcune norme. Nonostante la procedura per l'identificazione delle aree idonee sia stata sviluppata nel 2021, non è oggi conclusa. L'ultimo aggiornamento sul tema risale al 2 luglio 2024 quando in Gazzetta Ufficiale viene pubblicato il D.M. 21 giugno 2024, nel quale vengono esposti i criteri di individuazione delle aree idonee da parte delle regioni. Le regioni devono quindi seguire, con propria legge, i criteri generali riportati nel decreto ministeriale e le aree identificate come consone ad ospitare gli impianti FER saranno soggette a un quadro normativo di autorizzazione semplificato previsto nel PNRR²⁸.

[28]

Si richiama nell'ambito della Missione 2, Componente 2, la riforma M2C2 R.1.1. con "Semplificazione delle procedure di autorizzazione per gli impianti rinnovabili onshore e offshore, nuovo quadro giuridico per sostenere la produzione da fonti rinnovabili e proroga dei tempi e dell'ammissibilità degli attuali regimi di sostegno"

Nell'articolo 7 del D.M. (2024), sono riportate le direttive utili all'individuazione delle aree idonee che le regioni devono considerare:

- La massimizzazione delle aree idonee al fine di agevolare il raggiungimento degli obiettivi climatici, le esigenze di tutela del patrimonio culturale e paesaggistico, la protezione delle aree agricole e forestali, la salvaguardia della qualità dell'aria e dei corpi idrici, l'utilizzo di superfici edificate per ottimizzare l'uso del territorio e non occupare aree incolte verdi, lo studio dell'efficienza della rete elettrica per evitare fenomeni di dislocazione degli impianti
- La possibilità di classificare le aree idonee

differenziandole sulla base della fonte naturale, della taglia e della tipologia di impianto

- La possibilità di far salve le aree idonee di cui all'art. 20 comma 8 del D.lg. 8 novembre 2021; in seguito descritte

Nel concreto, stando ad ultimi aggiornamenti legislativi, l'identificazione delle aree idonee dipende da criteri raccolti, più in generale, nel D.M. aree idonee (2024); quest'ultimo si occupa di descrivere le diverse aree d'interesse e come gli impianti possono relazionarsi con esse; le regioni o le provincie autonome, di conseguenza, dovranno individuare all'interno del loro territorio tre diverse tipologie tramite le indicazioni riportate nel D.lg. dell'8 novembre 2021 (Art.20; comma 8): superfici e aree idonee dove l'iter per la costruzione ed esercizio degli impianti è accelerato²⁹ come le cave e miniere abbandonate o in condizione di degrado, le aree ove sono già presenti impianti della stessa potenza e tipologia ma che non comportino una modifica dell'area occupata, i siti oggetti di bonifica, le aree nella disponibilità del gruppo Ferrovie dello Stato italiane, le aree non comprese nel perimetro di siti sottoposti a tutela; superfici e aree non idonee nelle quali si evidenziano caratteristiche intrinseche al territorio nel Codice dei beni culturali e del paesaggio che non sono compatibili con alcune tipologie di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, come i beni culturali, i beni sottoposti a tutela paesaggistica e gli immobili quali ville, giardini e parchi; superfici e aree ordinarie in cui si applicano regimi di autorizzazione ordinari; e le aree in cui è vietata l'installazione di impianti fotovoltaici con moduli a terra per consentire la conservazione e la tutela di aree agricole.

Con la revisione del PNRR, è la Missione 7 "Repower EU" e la Riforma 1.1 a prevedere per la prima volta un Testo unico di tutte le norme che si concentrano sul tema della realizzazione di impianti di produzione d'energia da fonti rinnovabili.

Il quadro normativo riportato è stato successivamente in parte modificato influenzando ulteriormente la comprensione delle norme; per questa motivazione è stata redatta la legge sulla concorrenza 2021 (legge n. 118/2022), nella quale viene richiesto al Governo il riordino e la semplificazione della medesima normativa entro il 25

[29]

Iter accelerato per la costruzione degli impianti se inseriti sul territorio identificato come aree idonee ai sensi dell'articolo 1'Art. 22 D.lgs. n. 199/2021

agosto 2024. La direttiva RED III (2023), disponendo di obiettivi più ambiziosi per il 2030 si confronta con altre norme utili all'apprensione della complessità del tema delle rinnovabili, essendo quest'ultimo caratterizzato da una multidisciplinarietà che si interseca anche con il paesaggio; a questo proposito, le norme in vigore sono: il decreto legislativo 3 aprile 2006 n.51 per quanto riguarda le procedure d'impatto ambientale e il codice dei beni culturali e del paesaggio di cui decreto legislativo 22 gennaio 2004. Questo quadro anticipa la situazione attuale ponendo una base su cui le pratiche amministrative, in seguito spiegate, si affidano, anche in relazione alla tipologia di impianto a cui fanno riferimento. Le procedure amministrative che vengono riportate in "La normativa statale per la realizzazione di impianti da fonti elettriche rinnovabili"³⁰ pubblicata il 30 luglio 2024, dipendentemente dalle caratteristiche del progetto e dalla fonte che lo sostiene, seguono l'impianto nella costruzione e nell'esercizio dello stesso: per impianti di minore complessità, è necessaria e sufficiente una comunicazione al Comune tramite la Comunicazione delle Attività in Edilizia Libera (CAEL); per impianti già esistenti che necessitano modifiche è utile la Dichiarazione di Inizio Lavori Asseverata (DILA); per impianti di potenza fino a 1MW viene svolta la Procedura Abilitativa Semplificata (PAS), e per impianti di maggiore potenza deve essere rilasciata dal Ministero dell'Ambiente o dalla Regione l'Autorizzazione Unica (AU). Le procedure amministrative vengono poi adattate alle diverse tipologie di impianti, ognuna delle quali presenta delle peculiarità che comportano un'analisi distinta e accurata per ogni classe di progetto in questione.

Diminuendo la scala d'interesse e analizzando la produzione di energia da fonte rinnovabile quale vento, sono diverse le componenti del quadro normativo che influenzano le decisioni. Le diverse metodologie che vengono applicate ai progetti per la loro costruzione e fase d'esercizio sono risultato di una attenta relazione tra le materie di competenza concorrente tra Stato e Regioni: l'Art. 117, comma 3³¹ della Costituzione, secondo il quale, allo Stato compete la divulgazione del principio generale di base, mentre le regioni si occupano della stesura di leggi di maggior dettaglio mantenendo la coerenza coi principi statali. Di naturale conseguenza, alcune incomprensioni si stabiliscono tra le materie di competenza esclusiva statale e quelle di competenza concorrente; la tutela

[30]

La normativa statale per la realizzazione di impianti da fonti elettriche rinnovabili (30 luglio 2024), n.47, ultima edizione aggiornata, Camera dei deputati, Documentazione e ricerche

[31]

Titolo V, Art. 117, comma 3. "La potestà legislativa è esercitata dallo Stato [70 e segg.] e dalle Regioni nel rispetto della Costituzione, nonché dei vincoli derivanti dall'ordinamento comunitario e dagli obblighi internazionali".

dell'ambiente è di competenza statale mentre il paesaggio e la gestione del territorio sono materie di competenza regionale. Tramite il principio di cedevolezza, lo Stato può subentrare nel processo decisionale regionale e attribuire a sé stesso la competenza legislativa: in questo modo può, oltre che avere una gestione più chiara di argomenti complessi come quelli da più materie di diversa competenza composti, anche adattarsi all'ordinamento europeo circa obiettivi e principi tramite norme di dettaglio e non solo più di principio. La selezione delle aree in cui inserire degli impianti eolici ricade sul D.lgs n.100/2021, che tramite gli obiettivi e i target fissati nel Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC), fornisce dei criteri precisi per l'individuazione delle aree idonee, dei dati accurati circa la potenza necessaria minimizzando l'impatto ambientale e il suolo occupabile, e dei sistemi di monitoraggio che stabiliscano la ripartizione della potenza installata tra Regioni e Province autonome. Il percorso volto all'identificazione delle aree idonee non si è ancora concluso; è compito delle regioni, una volta pubblicato il D.M. 21 giugno 2024, decretare sul territorio di loro competenza quali siano le aree idonee per poter raggiungere l'obiettivo nazionale al 2030: una crescita della potenza aggiuntiva di 80 GW rispetto a fine 2020.

Per l'energia eolica, lo stato si occupa della Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) in caso di impianti eolici per la produzione di energia elettrica con potenza superiore ai 30MW o di impianti off-shore; d'altra parte, coscientemente con il periodo storico di importante crisi ambientale ed in via transitoria fino al 30 giugno 2025, i progetti di impianti eolici off-shore di potenza non superiore ai 50 MW e i progetti di Repowering che non comportino nessuna modifica all'area circostante, che ricadano in aree idonee e con una potenza inferiore ai 50 MW, saranno soggetti all'esenzione dalle valutazioni ambientali. Questa è solo una peculiarità del processo decisionale per la costruzione e l'esercizio degli impianti eolici. Gli impianti eolici sono soggetti a procedure autorizzative diverse tra loro a seconda della tipologia di impianto trattato: il procedimento amministrativo di semplice comunicazione è previsto per singoli generatori eolici installati sulle coperture degli edifici, di altezza non superiore a 1,5 metri e in aree non vincolate; per torri anemometriche³² con la clausola che vengano rimosse dopo il mese successivo, e per impianti eolici fino a 20

[32]

Le torri anemometriche sono utili alla misurazione temporanea del vento e localizzate in aree non vincolante.

[33]
Art. 6, comma 11 del
D.lgs. n. 28/2011

[34]
Le zone territoriali
A sono gli
agglomerati urbani
d'importanza storica
e artistica; le zone
B sono parzialmente
edificate, per cui la
superficie edificata
non deve essere
inferiore al 12,5%
della superficie
fondiaria della zona

[35]
D.lgs. n. 387/2003
- alla Procedura
Abilitativa
Semplificata e Art 6,
comma 9 del D.lgs.
n.28/2011

kW. A fronte di questa procedura, le Regioni e le Province autonome possono prendere decisioni circa l'utilizzo della semplice comunicazione anche per impianti con potenza massima di 50 kW³³; estendendo così i valori di potenza consentiti nella procedura e velocizzando i meccanismi autorizzativi utili alla realizzazione degli impianti. In aggiunta, un'altra agevolazione è stata riportata tramite il D.L. n.13/2023: gli impianti eolici con potenza complessiva fino a 20kW, ubicati al di fuori di aree appartenenti a Rete Natura 2000 o protette, possono essere realizzati come interventi di manutenzione ordinaria senza nessun atto amministrativo, permesso o autorizzazione. Se gli impianti dovessero essere localizzati in centri urbani (trattasi delle zone territoriali omogenee A e B di cui all'Art 2 del D.M. 2 aprile 1968, n. 1444³⁴) non potranno avere un'altezza superiore di 5 metri. D'altra parte, per l'insediamento di aerogeneratori in giardini, ville, parchi o in centri urbani storici, è previsto il rilascio di un'autorizzazione da parte dell'autorità paesaggistica competente che si occupa di impedire la visibilità degli impianti dagli spazi pubblici esterni e dai punti di vista panoramici. Un'altra procedura amministrativa che interessa gli impianti eolici è la Dichiarazione di Inizio Lavori Asseverata (DILA), la quale si occupa, esentando dalle valutazioni di impatto ambientale, di modifiche a impianti esterni e progetti autorizzati, come ad esempio: la sostituzione del rotore della turbina, la quale comporta un aumento di dimensioni delle pale che non deve superare il 20% di aumento di superfici o di volume. Gli impianti eolici su terraferma con potenza fino a 60 kW (le Regioni e Province autonome possono estendere questa soglia fino a 1MW) ricadono in gestione alla Procedura Abilitativa Semplificata³⁵, mentre la gestione degli impianti con potenza superiore a 60 kW (o superiore fino a 1 MW se previsto da Regioni o Province autonome) non possono essere affidati alle procedure precedentemente trattate, ma solo ad autorizzazioni uniche e a procedimento regionale. In merito agli impianti eolici off-shore, invece, la normativa fa riferimento al D.lgs n.387/2003 nel quale, all'Art. 12 comma 3, viene rilasciata la responsabilità legislativa al Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica in concomitanza con il Ministero dei trasporti e delle infrastrutture e per quanto riguarda la salvaguardia marittima, il Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali. Le procedure appena riportate sono gli strumenti ad oggi utili alla gestione delle

[fig. 19]

Tabella riassuntiva delle
procedure applicabili in
diversi scenari

Nuovi progetti	Procedure applicabili
Singoli generatori installati sui tetti di altezza fino a 1,5 metro e diametro fino a un metro	Comunicazione
Torri anemometriche per la misurazione del vento temporanea (fino a 36 mesi) realizzate mediante strutture amovibili	Comunicazione
Impianti con potenza fino a 20 kW, al di fuori di aree protette o Rete Natura 2000	Comunicazione
Impianti con potenza fino a 50 kW (ove le leggi regionali lo prevedano)	Comunicazione
Impianti con potenza fino a 60 Kw (1 MW se previsto con legge regionale)	PAS
Impianti eolici con potenza fino a 1 MW (ove le leggi regionali non prevedano la PAS)	Autorizzazione unica regionale
Impianti con potenza da 1 a 30 MW per i quali la verifica di assoggettabilità a VIA regionale ha esito positivo (dunque è richiesta la VIA)	PAUR
Impianti con potenza da 1 a 30 MW per i quali la verifica di assoggettabilità a VIA regionale ha esito negativo	Autorizzazione unica regionale
Impianti con potenza superiore a 30 MW	Autorizzazione unica regionale e VIA statale

[fig. 20]

Tabella riassuntiva delle
procedure applicabili in
diversi scenari

Modifiche ad impianti	Procedura applicabile
Interventi che, a prescindere dalla potenza risultante, vengono realizzati nello stesso sito dell'impianto eolico e che comportano una riduzione minima del numero degli aerogeneratori rispetto a quelli già esistenti o autorizzati	Comunicazione
Sostituzione della tipologia di rotore che comportano una variazione in aumento delle dimensioni fisiche delle pale e delle volumetrie di servizio non superiore in ciascun caso al 20 per cento	DILA
Riduzione di superficie o di volume, anche quando non vi sia sostituzione di aerogeneratori	DILA
Interventi di modifica non sostanziale che determinino un incremento della potenza installata e la necessità di ulteriori opere connesse senza incremento dell'area occupata	DILA
Altre modifiche non sostanziali	PAS
Modifiche sostanziali	Autorizzazione unica o PAUR (specularmente a quanto previsto per i nuovi impianti)

diverse tipologie di aerogeneratori in base alla loro potenza, posizione sul territorio e relazione con il contesto costruito; queste sono tutte volte ad ottenere un'accelerazione degli iter per la realizzazione degli impianti eolici, tutelando, al contempo, l'ambiente ed il paesaggio. A fronte delle ipotesi progettuali più comuni, segue quadro riepilogativo (tabella 1 per i nuovi progetti e tabella 2 per i progetti soggetti a modifiche³⁶) delle procedure autorizzative più applicate.

[36]

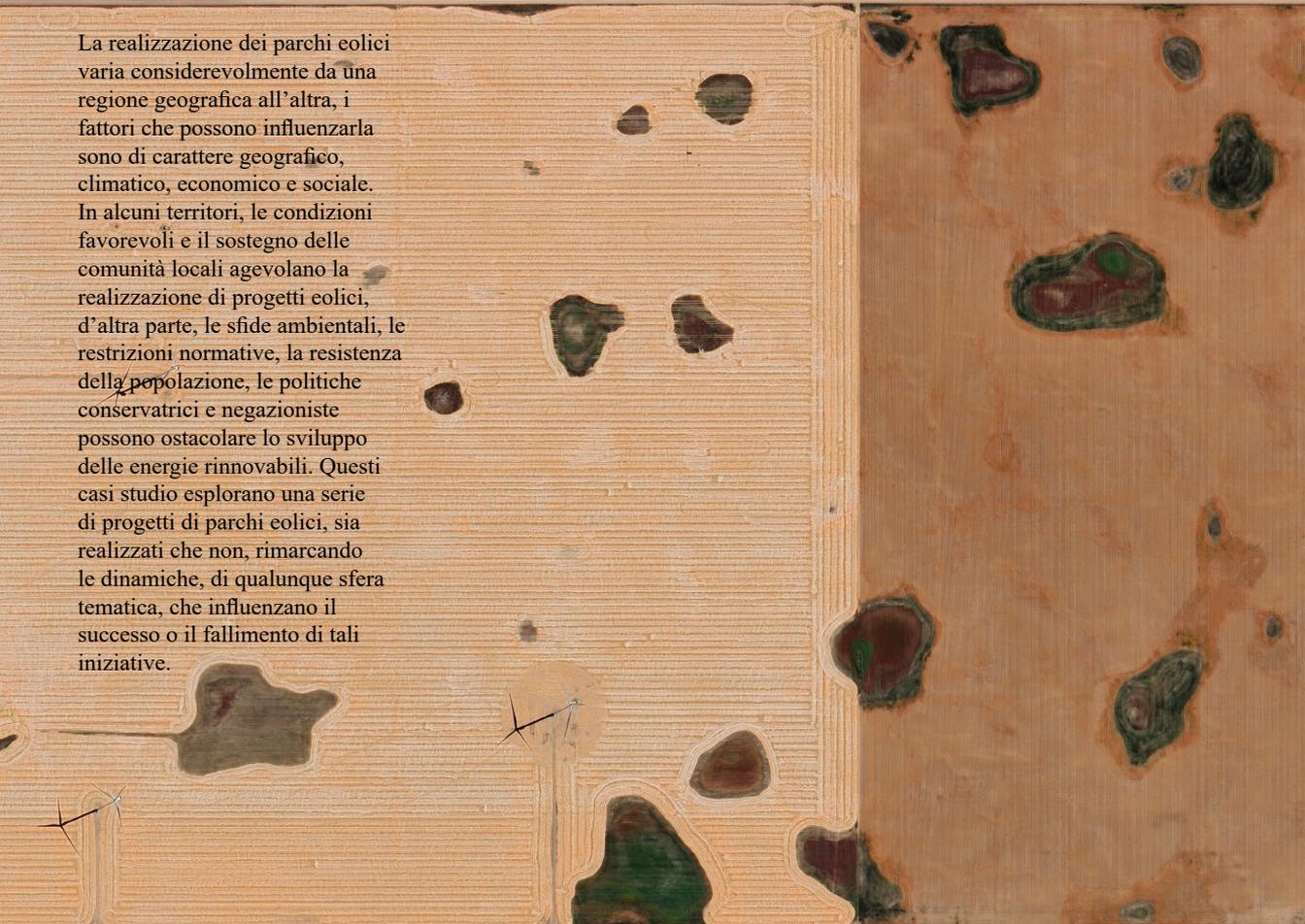
Tabelle ricavate dal documento ufficiale. La normativa statale per la realizzazione di impianti da fonti elettriche rinnovabili del 30 luglio 2024, Camera dei deputati, Documentazione e ricerche, p. 65

Il quadro normativo appena riportato interessa diversi punti cruciali appartenenti alla lotta al cambiamento climatico: il senso di appartenenza ad un sistema generale molto ampio che a livello internazionale detta degli obiettivi ambiziosi, l'urgenza d'agire e la conseguente semplificazione delle procedure amministrative al contorno, la complessità nella gestione di molteplici norme, talvolta anche contrastanti tra loro, la collaborazione tra il PNIEC e il Codice dei beni culturali e del paesaggio, l'individuazione delle aree idonee e le molteplici procedure amministrative in atto per la realizzazione dei parchi eolici; un quadro complessivo ricco di informazioni e domande ma che ancora non trova fine nella realizzazione degli obiettivi: le Regioni, con estrema urgenza, a seguito di quanto stabilito dal DM 21 giugno 2024 "decreto ministeriale aree idonee", devono intervenire individuando delle mappature complete del territorio circa le aree idonee e non idonee, cosicché possa essere possibile, tempestivamente, una ripresa climatica in linea con gli obiettivi europei.

Le politiche italiane ed estere mostrano una crescente attenzione verso l'energia eolica come pilastro della transizione energetica. Tuttavia, il successo di queste politiche dipenderà dalla capacità di relazionare gli impianti nel territorio, dall'abilità di coinvolgere attraverso una partecipazione attiva le regioni, le comunità locali e superare le barriere burocratiche e sociali. L'eolico rappresenta una sfida, ma allo stesso tempo un mezzo per comprendere quali potrebbero essere i modelli e gli approcci da seguire per armonizzare, più in generale, il rapporto natura e artificio.



La realizzazione dei parchi eolici varia considerevolmente da una regione geografica all'altra, i fattori che possono influenzarla sono di carattere geografico, climatico, economico e sociale. In alcuni territori, le condizioni favorevoli e il sostegno delle comunità locali agevolano la realizzazione di progetti eolici, d'altra parte, le sfide ambientali, le restrizioni normative, la resistenza della popolazione, le politiche conservatrici e negazioniste possono ostacolare lo sviluppo delle energie rinnovabili. Questi casi studio esplorano una serie di progetti di parchi eolici, sia realizzati che non, rimarcando le dinamiche, di qualunque sfera tematica, che influenzano il successo o il fallimento di tali iniziative.



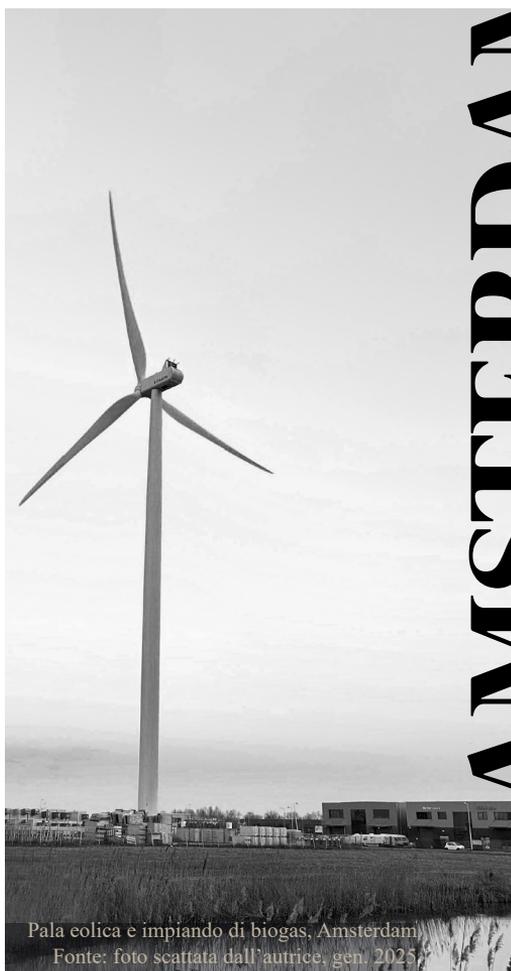


**Casi studio,
diversi territori per l'energia**

Netherlands
Noord-Holland
Amsterdam

4 turbine Vestas V100 (potenza nominale 3 MW, diametro 90 m)
Potenza nominale complessiva 12 MW
Impianto eolico onshore
Società promotrice ente idrico Amstel, Gooi e Vecht e HVC

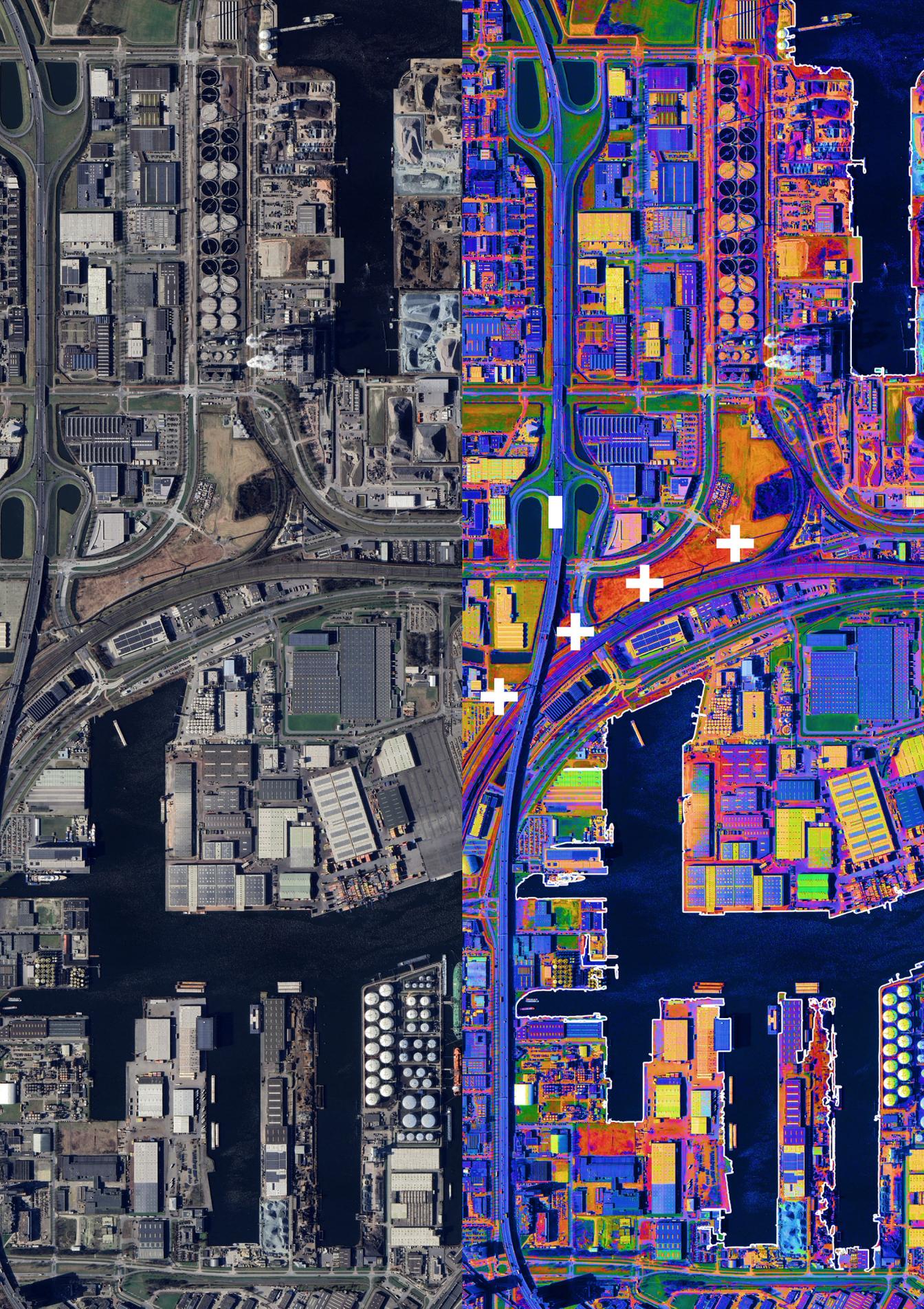
A seguito di diverse modifiche al piano urbanistico Windenergie Sloterdijk III della città di Amsterdam, nel 2021 il consiglio comunale ha definito le porzioni di territorio che, in aggiunta a quelle già definite nel 2016, andranno ad implementare l'estensione totale dell'area a disposizione di turbine eoliche. Nel caso specifico dell'area portuale di Amsterdam-Westpoort, il parco eolico Amsterdam-Westpoortweg wind farm comprende 4 turbine eoliche Vestas V100, le quali ricoprono l'obiettivo di soddisfare il 40% il fabbisogno energetico dell'intera zona portuale, in parte gestita dalla Water Authority Amstel. L'autorità idrica regionale, infatti, ha approvato il progetto del parco eolico nell'area così da renderla **energeticamente neutrale**: un impianto di gas verde insieme all'inserimento dell'energia eolica, consentirà all'impianto di depurazione (Water Authority Amstel) di Amsterdam-West la completa neutralità.



AMSTERDAM

Pala eolica e impianto di biogas, Amsterdam
Fonte: foto scattata dall'autrice, gen. 2025







Turbina eolica



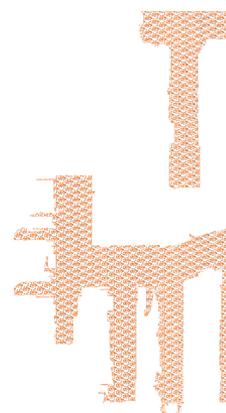
Sottostazione



Impianto di biogas



Impianto idroelettrico



Acqua
Confini portuali



Spazio a disposizione
per le turbine

Italia

Ponte Albanito (FG)

8 turbine (potenza nominale 2,85 MW, diametro 103 m)

Potenza nominale complessiva: 22,8 MW

Im pianti eolici onshore

Società promotrice: CVA Eos S.r.l.

Il parco eolico Ponte Albanito, si inserisce in un contesto agricolo dove è stato necessario trovare un equilibrio tra le attività umane e la presenza delle turbine.

A poche centinaia di metri dal parco vi sono grandi distese d'ulivi.

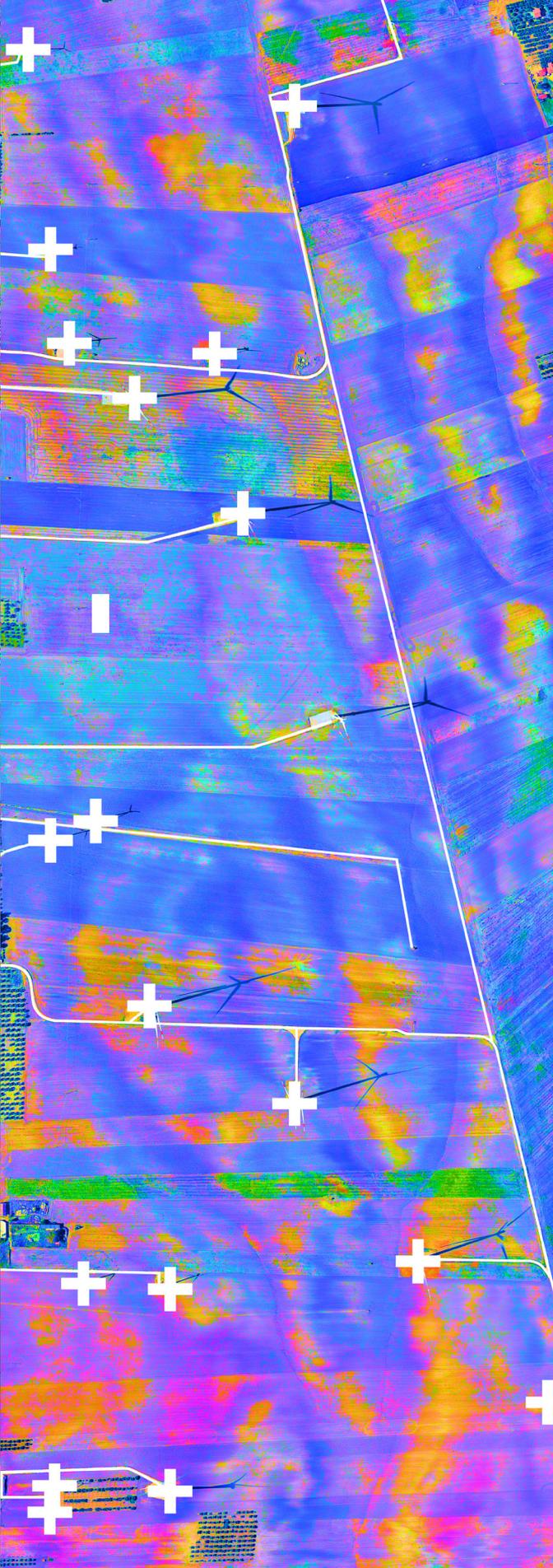


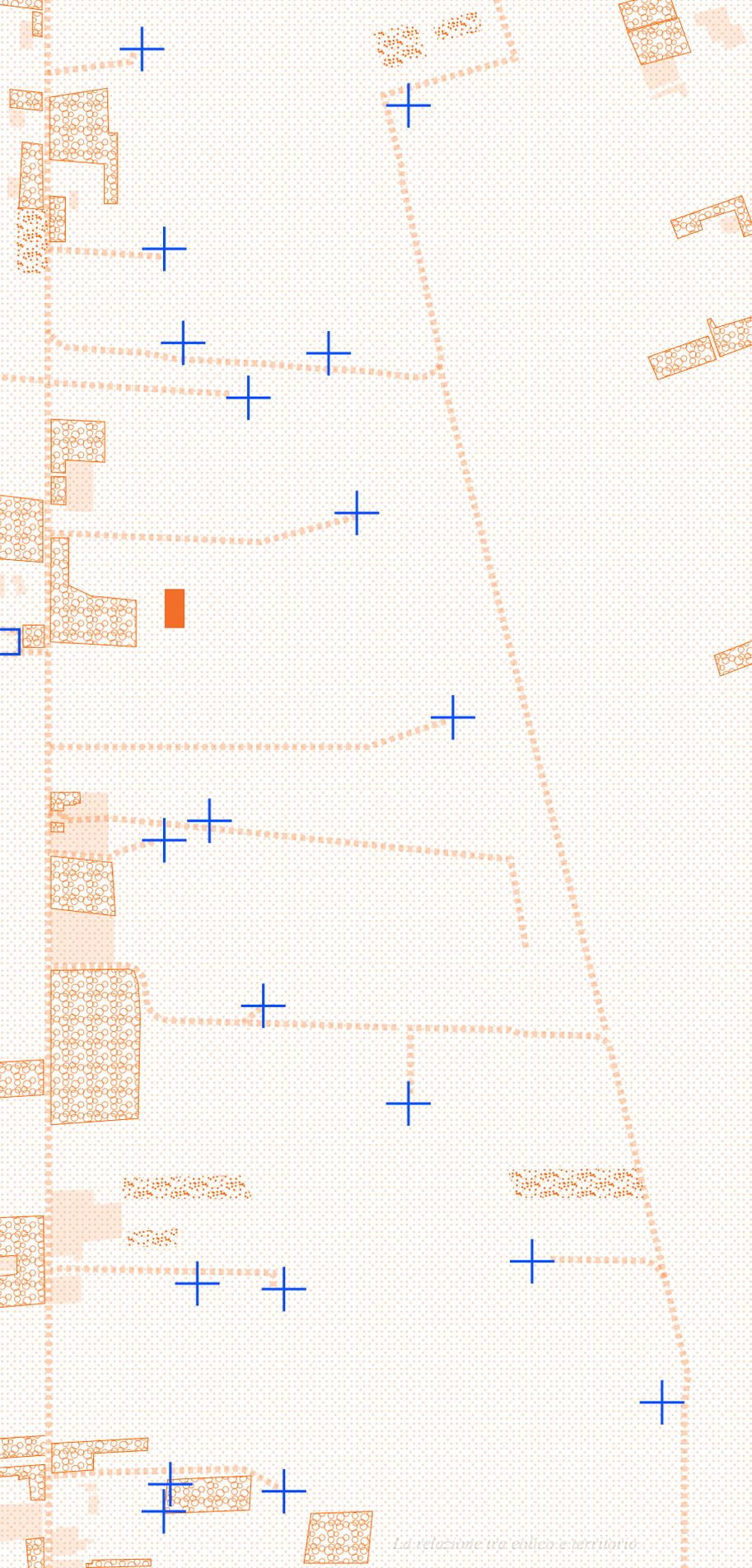
PONTE ALBANITTO

Fotografia delle pale eoliche
Fonte: Google Maps



Foto delle turbine del parco eolico
Fonte: Ministero dell'ambiente e della Sicurezza Energetica





Turbina eolica



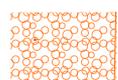
Proprietà privata



Percorsi di
continuità



Colture di
grano



Ulivi

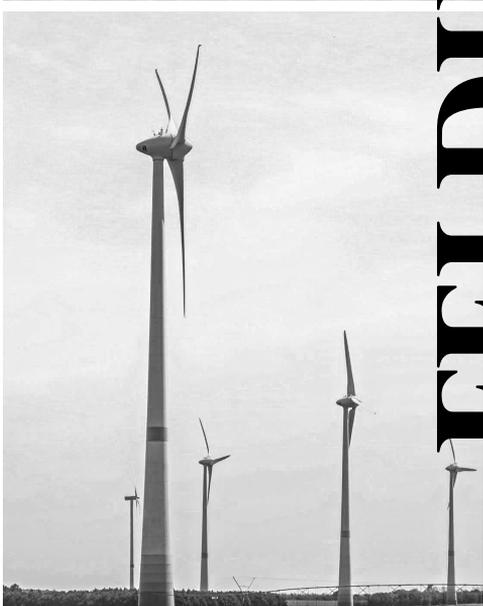


Percorsi d'unione



Germania
Brandeburgo
Feldheim
8 turbine Vestas V90
(potenza nominale 2,85 MW, diametro 103 m)
Potenza nominale complessiva: 22,8 MW
Impianti eolici onshore
Società promotrice: Feldheim Windpark GmbH

Il parco eolico fa parte di un progetto più esteso: gli impianti d'energia rinnovabile nella cittadina sono diversi e rendono la stessa autosufficiente dal punto di vista energetico. L'energia in eccesso prodotta, viene venduta alla rete elettrica regionale; privati e pubblico sono proprietari degli impianti in un sistema ben organizzato che è simbolo di una partecipazione estremamente funzionale.



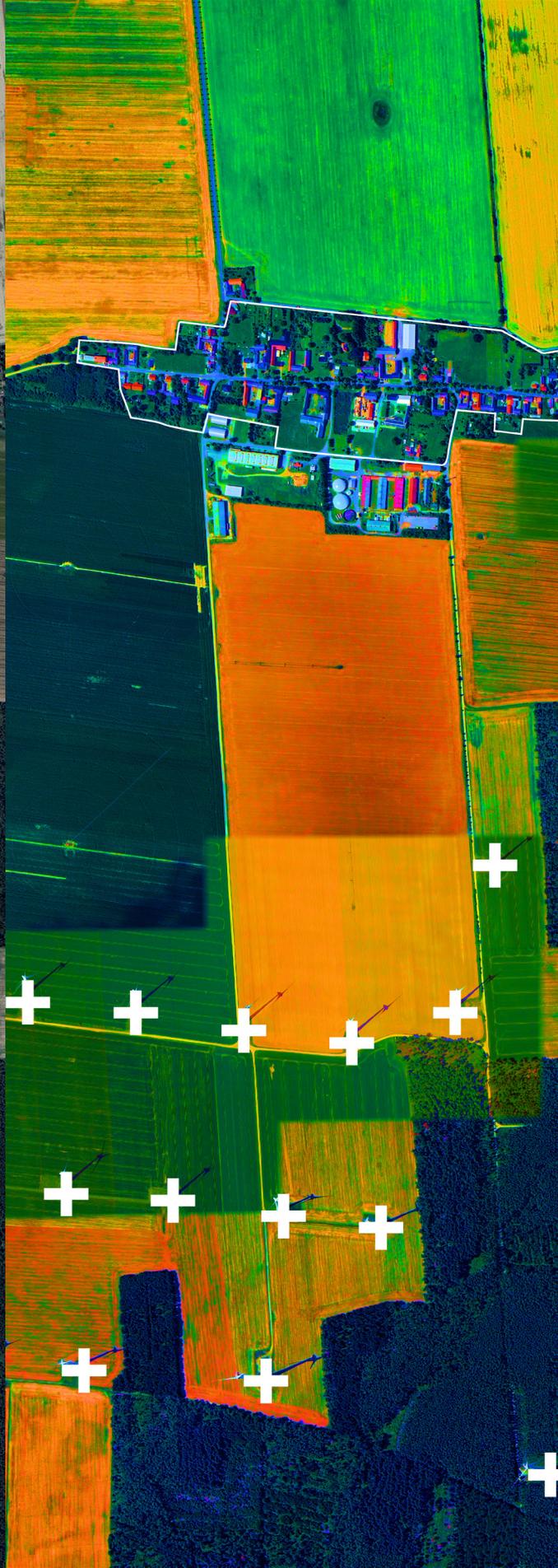
FELDHHEIM

Fotografia delle pale eoliche
Fonte: Windpowernl.it



La relazione tra eolico e territorio

Fotografia delle pale coliche in relazioni alle abitazioni
Fonte: Windpowerml.it





Turbina eolica

Elementi in comunicazione visiva

Unità abitative



Area residenziale



Ingombro visivo dato all'apertura delle pale

Distanze; 300 m



Eterogeneità culturale



Italia
Sardegna
Comune di Nuoro

13 turbine SIEMENS GAMESA SG 6.0 - 155
(potenza nominale 6 MW, diametro 155 m)

Potenza nominale complessiva: 78 MW

Impianto eolio onshore

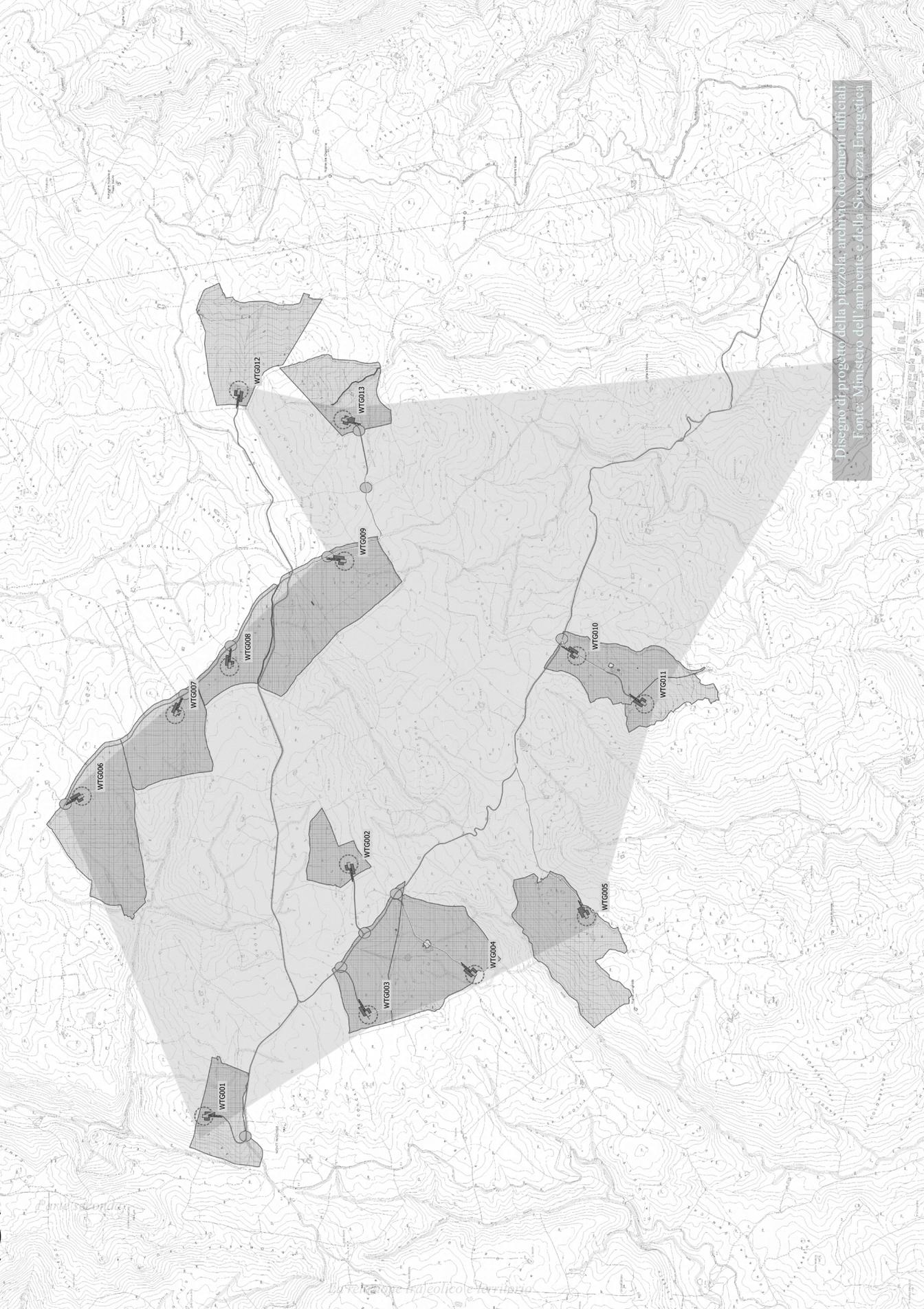
Società promotrice: EDP Renewables Italia Holding S.r.l.

La realizzazione di questo parco eolico risulta essere incompatibile con la proposta supportata dal Governo italiano di realizzare l'osservatorio Europeo di onde gravitazionali di terza generazione chiamato Einstein Telescope (ET) nella zona tra Lula, Bitti e Onani e con le iniziative di ricerca scientifica già finanziate e attualmente in corso presso la ex-miniera di Sos Enattos (Lula, NU).

Il Einstein Telescope, nella sua configurazione base, consiste in un tunnel sotterraneo a geometria triangolare, di circa 10 km di lato, collocato a più di 100 m di profondità per isolarlo da disturbi di origine sismica e antropica.



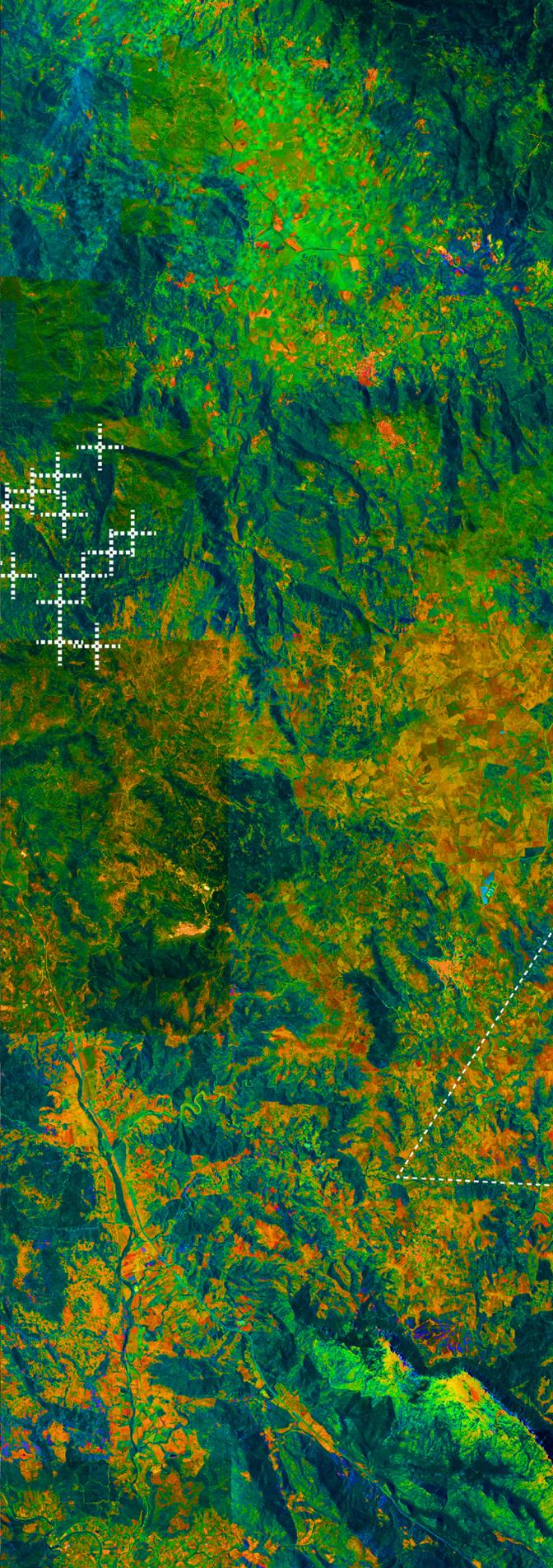
Fotografia delle pale eoliche
Fonte: Windpowernl.it



Disegno di progetto della piazzola: archivio documenti ufficiali
Fonte: Ministero dell'ambiente e della Sicurezza Energetica

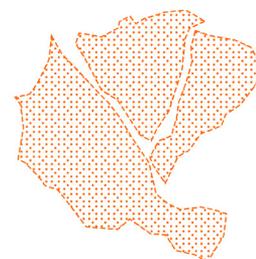
Carta 1:50,000

la rete aeree nazionale italiana

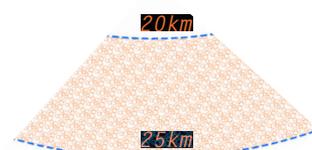




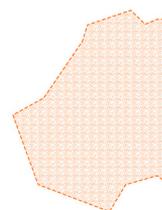
Turbina eolica



Aree idonee alle turbine eoliche



Superficie compresa tra i 20 km e i 25 km dal telescopio



area idonea per conformazione geologica al telescopio



Uno dei siti più silenziosi al mondo dal punto di vista sismico; area del telescopio



Definizione dei crinali



Canada

South of Bow Island, Alberta

56 turbine Vestas V136 3.6MW

(potenza nominale 3,6 MW, diametro 136 m)

Potenza nominale complessiva: 201,6 MW

Impianto eolio onshore

Società promotrice: Alberta Electric System Operator

Il parco è realizzato in un territorio nella regione di Alberta, a 10 km a sud da Bow Island, una cittadina.

Il parco si estende per numerosi km quadrati e conta 56 turbine. Il territorio è caratteristico dell'area: numerosi sono i laghi che, insieme alle grandi distese di colture di grano, caratterizzano l'area. L'acqua tende a raccogliersi in alcuni punti di territorio che presentano dei dislivelli, e ciò è stato fortemente considerato in tempo di progetto. Le colture, quindi, coesistono con le distese d'acqua che punteggiano il paesaggio.

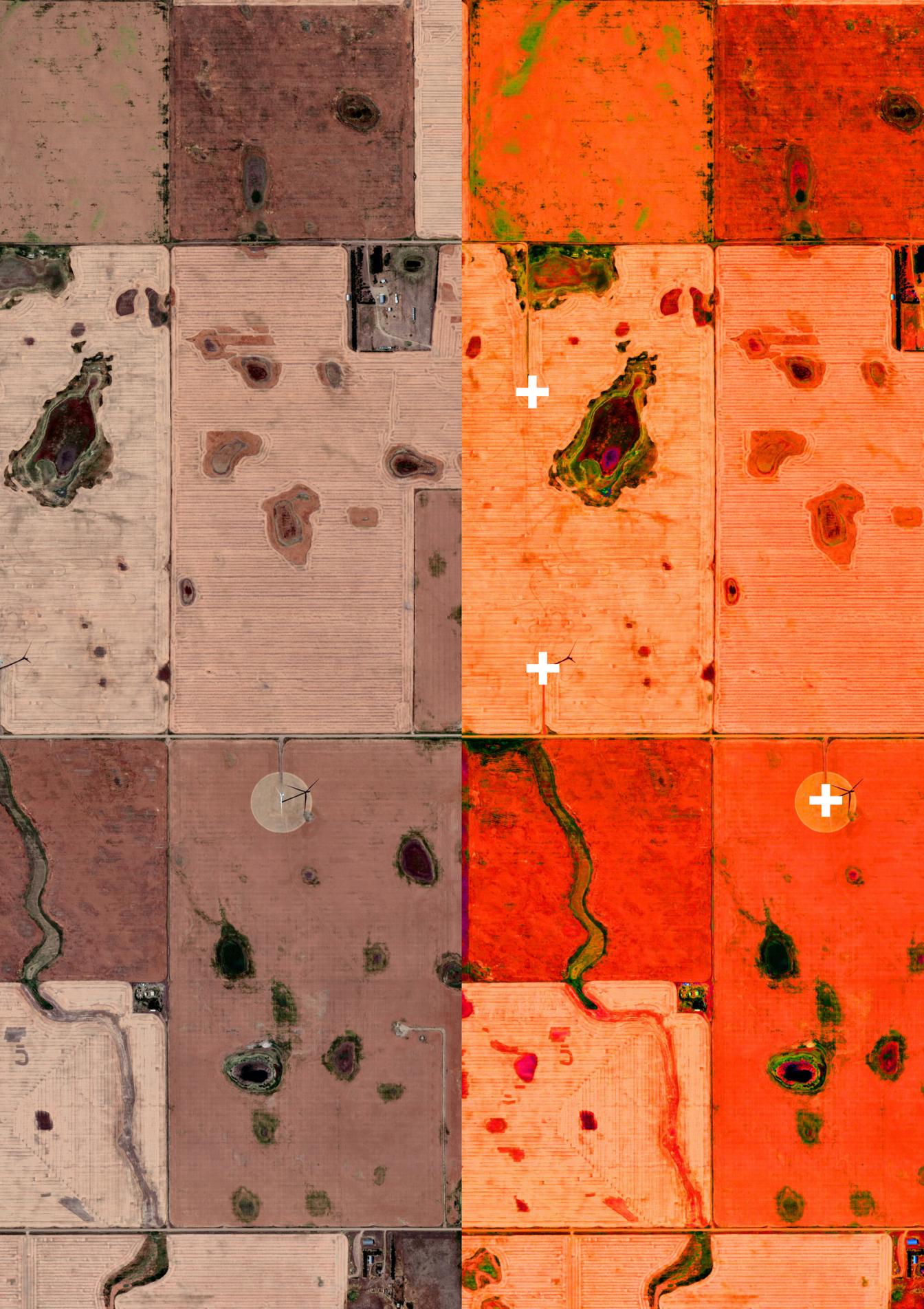


BOW ISLAND

Fotografia delle pale eoliche
Fonte: Windpowernl.it

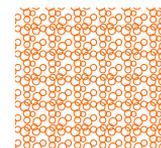


Fotografia del parco eolico in relazione con laghi e colture
Fonte: canprojects.com

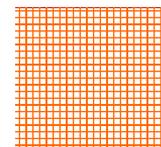




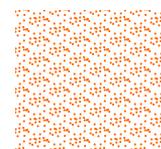
Turbina eolica



Coltivazioni



Coltivazioni



Coltivazioni



Laghi di origine glaciale

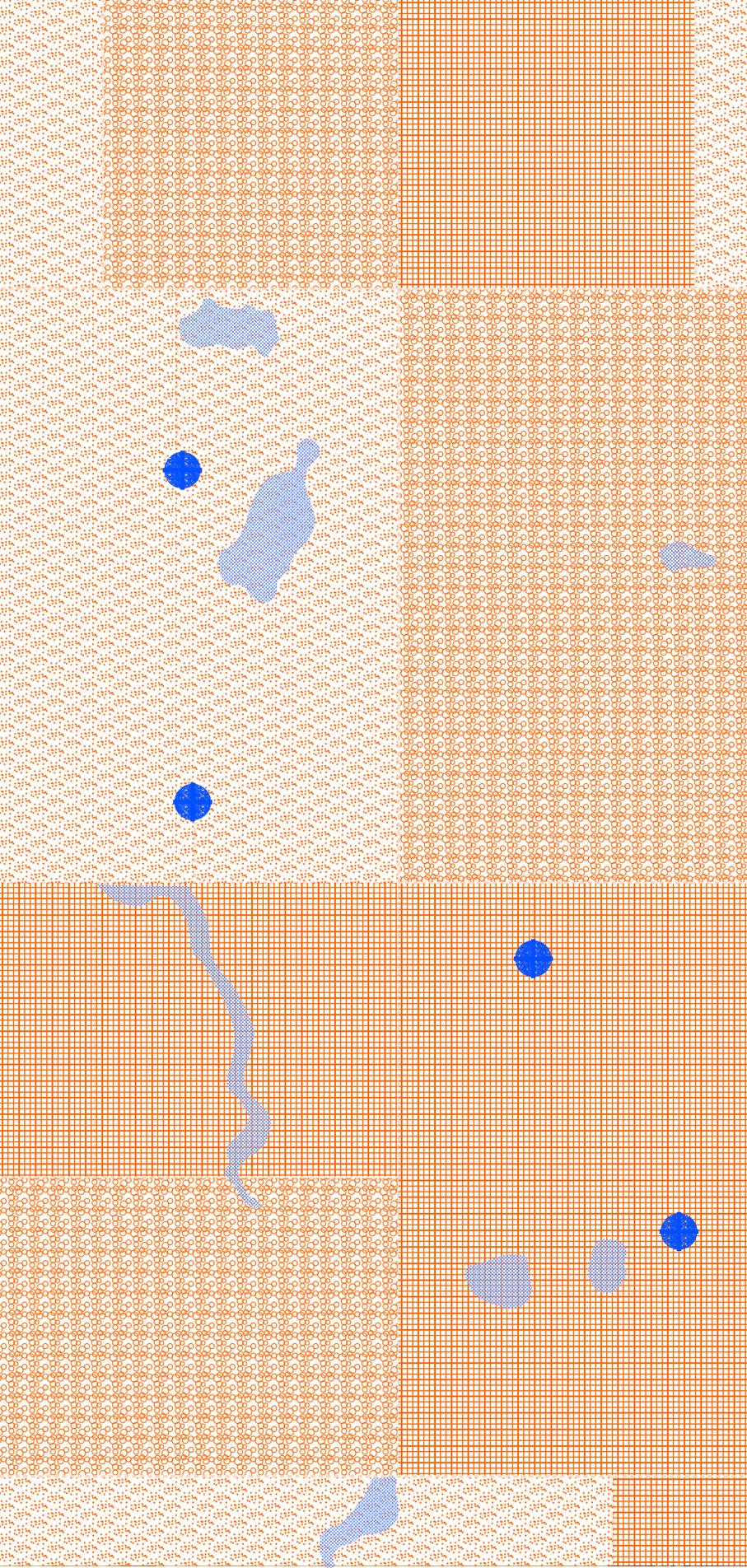
Spazio sottratto alle colture

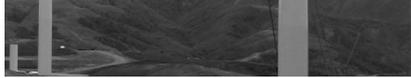


Area di manovra a terra della turbina



Margine ecologico





Nuova Zelanda

Ruahine Ranges, north-east of Palmerston North
Manawatu-Whanganui

55 turbine Vestas V70/1650 (potenza nominale 1.65 MW, diametro 70 m)

Potenza nominale complessiva: 90.75 MW

Impianto eolio onshore

Società promotrice: EDP Renewables Italia Holding S.r.l.

Te Apiti è un parco eolico composto da 55 turbine situato a nord della gola di Manawatu ed è stato il primo parco eolico costruito da Meridian in Nuova Zelanda e a immettere elettricità nella rete elettrica nazionale. Il parco eolico è visibile dal sentiero escursionistico della Gola di Manawatu, una delle poche al mondo in cui un fiume attraversa una catena montuosa. Il vento nei pressi della Gola di Manawatu è estremamente adatto ad ospitare le turbine eoliche: i venti forti e senza ostacoli provenienti dal Mar di Tasman e l'effetto imbuto della Gola di Manawatu rendono questo luogo il luogo perfetto per un parco eolico.



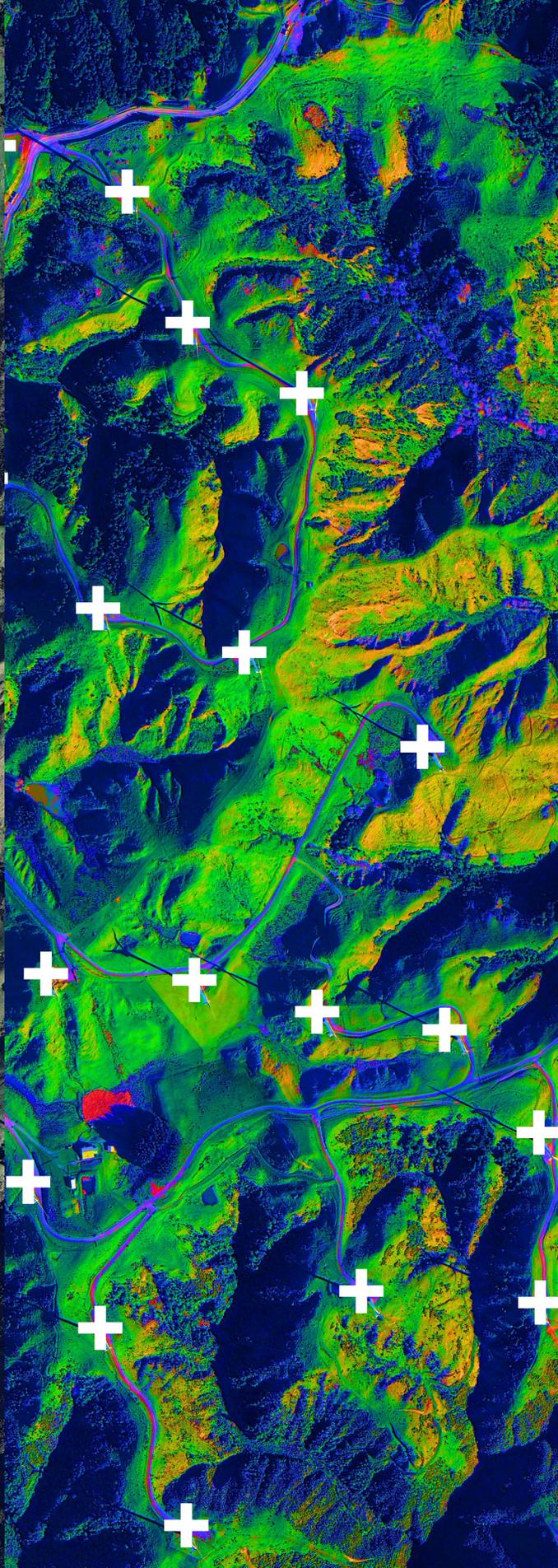
MANAWATU- WHANGANUI

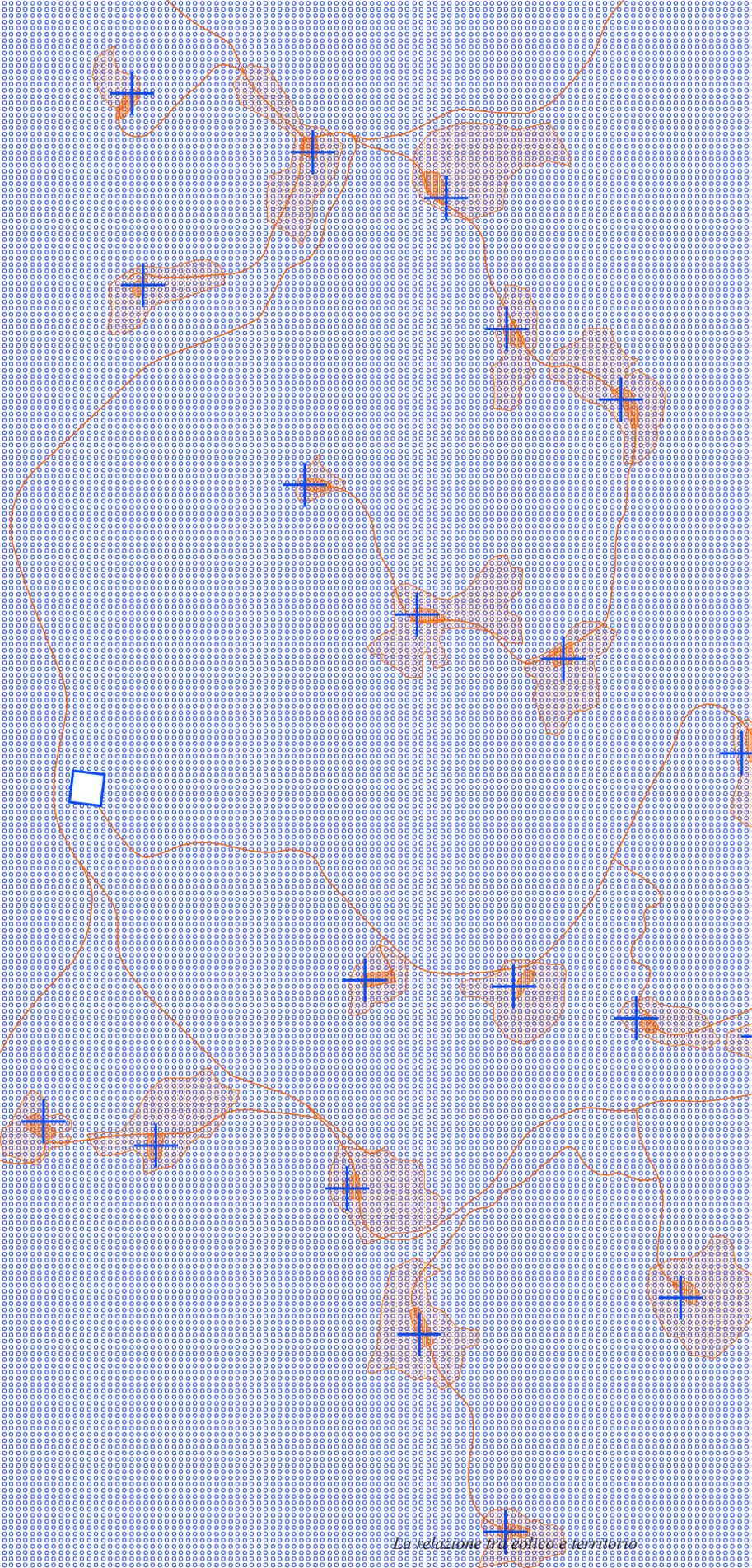
Fotografia del parco in costruzione
Fonte: meridianenergy.co.nz



La relazione tra eolico e territorio

Fotografia del parco in relazione con i pascoli
Fonte: meridianenergy.co.nz





Turbina eolica



Sottostazione



Aree pianeggianti



Area di pertinenza della turbina



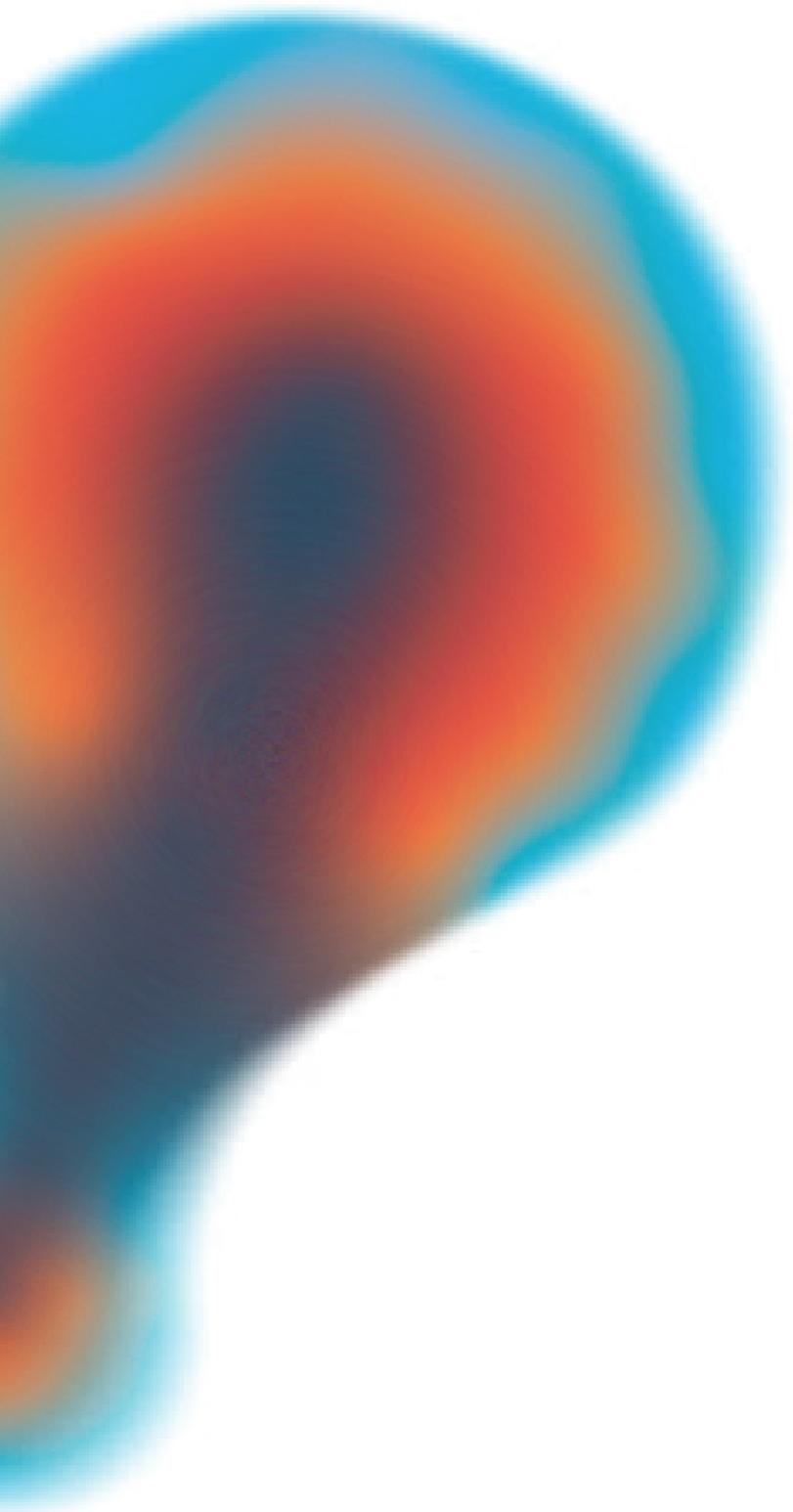
Strade a regola di manovra spaziale



A quote più alte

Parte tre

03

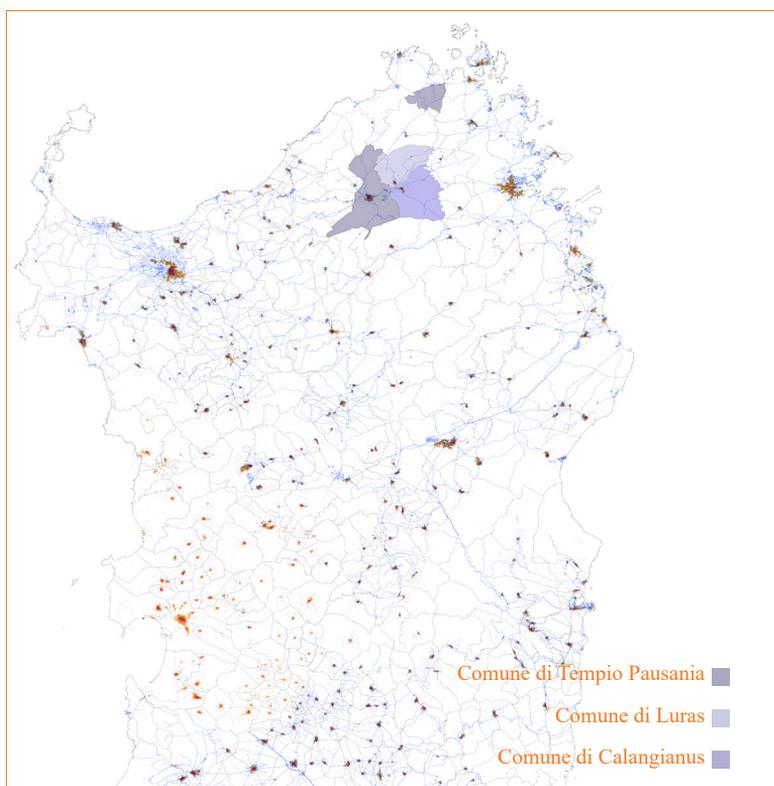




**Il fallimento di un
progetto**

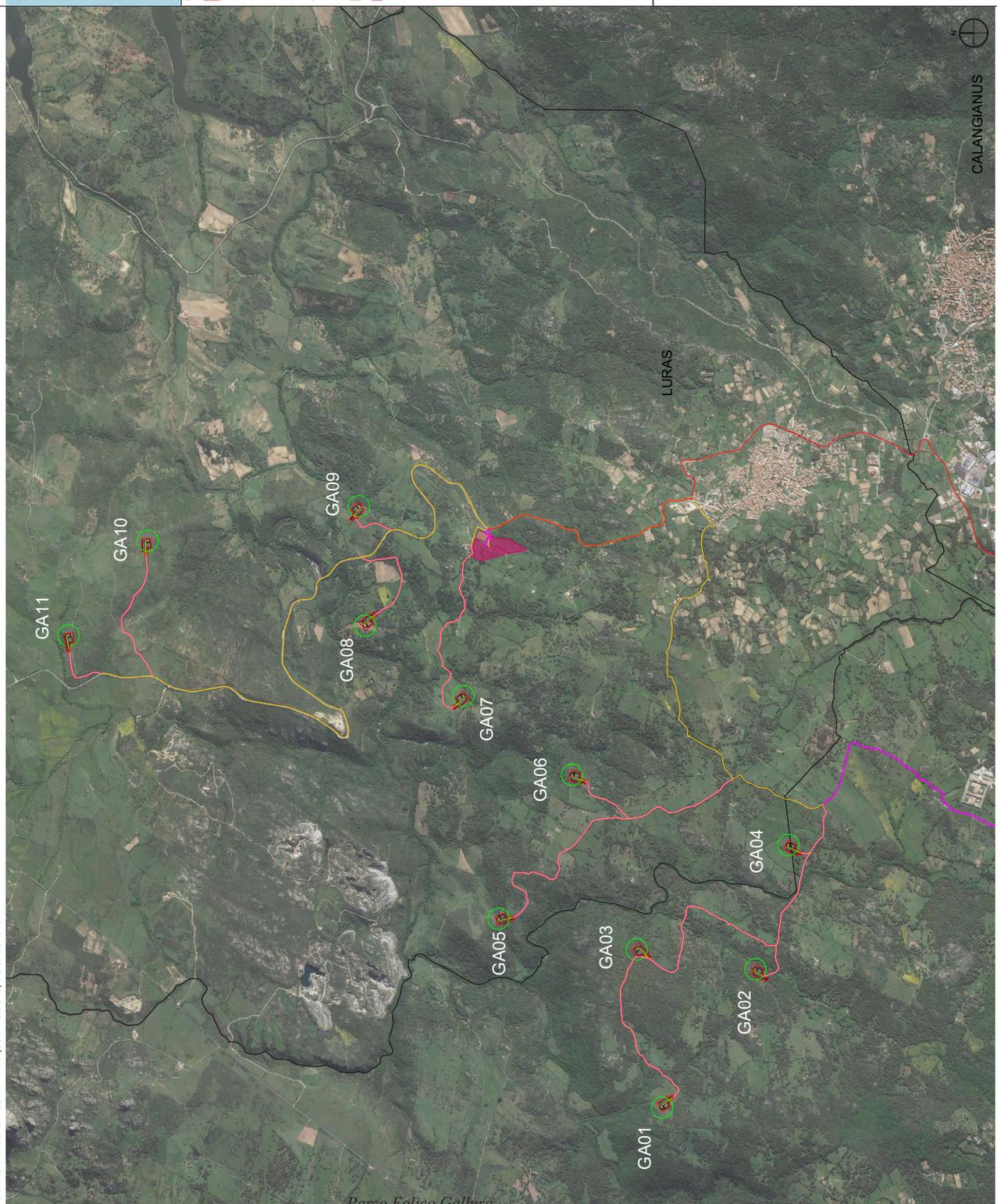
Il progetto “Parco Eolico Gallura”, viene presentato dalla società “Sardegna Prime s.r.l.” in collaborazione con Ge.co.D’Or. s.r.l. attraverso una ricca documentazione presente sul sito web del Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE). Il territorio di pertinenza si trova nella subregione storica e geografica della Gallura, nell’area compresa tra i comuni di Tempio Pausania, di Luras e di Calangianus.

[fig. 1]
Mappa della Sardegna occidentale. In evidenza i comuni interessati al progetto



[fig. 2]
Pagina a fianco
Planimetria
dell’impianto
Fonte: MASE

L’impianto eolico presenta una potenza nominale totale in immissione pari a 144 MW ed è costituito da 11 aerogeneratori, di potenza nominale pari a 7,2 MW (modello Vestas V172 con altezza torre pari a 114 m e rotore pari a 172 m), per una potenza complessiva installata pari a 79,2 MW, e un sistema di accumulo di energia (BESS, Battery Energy Storage System) di potenza pari a 64,8 MW. L’impianto interessa prevalentemente il Comune di Tempio Pausania (SS), ove ricadano 3 aerogeneratori, il Comune di Luras (SS), ove ricadono 8 aerogeneratori, il BESS e la Stazione Elettrica Utente (SEU) di trasformazione 150/33 kV, e il Comune di Calangianus (SS), dove ricade la Stazione Elettrica (SE) RTN Terna 150 kV “Tempio”.



Parco Eolico Gallura



LEGENDA

- GA 11: Piazzola di montaggio
- Rotore WTG - D = 172 m
- Inghombro viabilità di progetto
- Linea MT su strada esistente e di nuova realizzazione
- Linea AT su strada esistente e di nuova realizzazione
- Confini Comunali
- Confini Paricelle Catastali
- SEU
- BESS

AUTORIZZAZIONE UNICA EX D. LGS. N. 387/2003

PROGETTO DEFINITIVO
PARCO EOLICO GALLURA

Titolo ed elaborazione:
PLANIMETRIA GENERALE IMPIANTO (COSTRUZIONE) SU ORTOFOTO

OG. CO. 01	OG. CO. 02	OG. CO. 03	OG. CO. 04	OG. CO. 05	OG. CO. 06
PROGETTO DEFINITIVO					
15/05/2024	15/05/2024	15/05/2024	15/05/2024	15/05/2024	15/05/2024

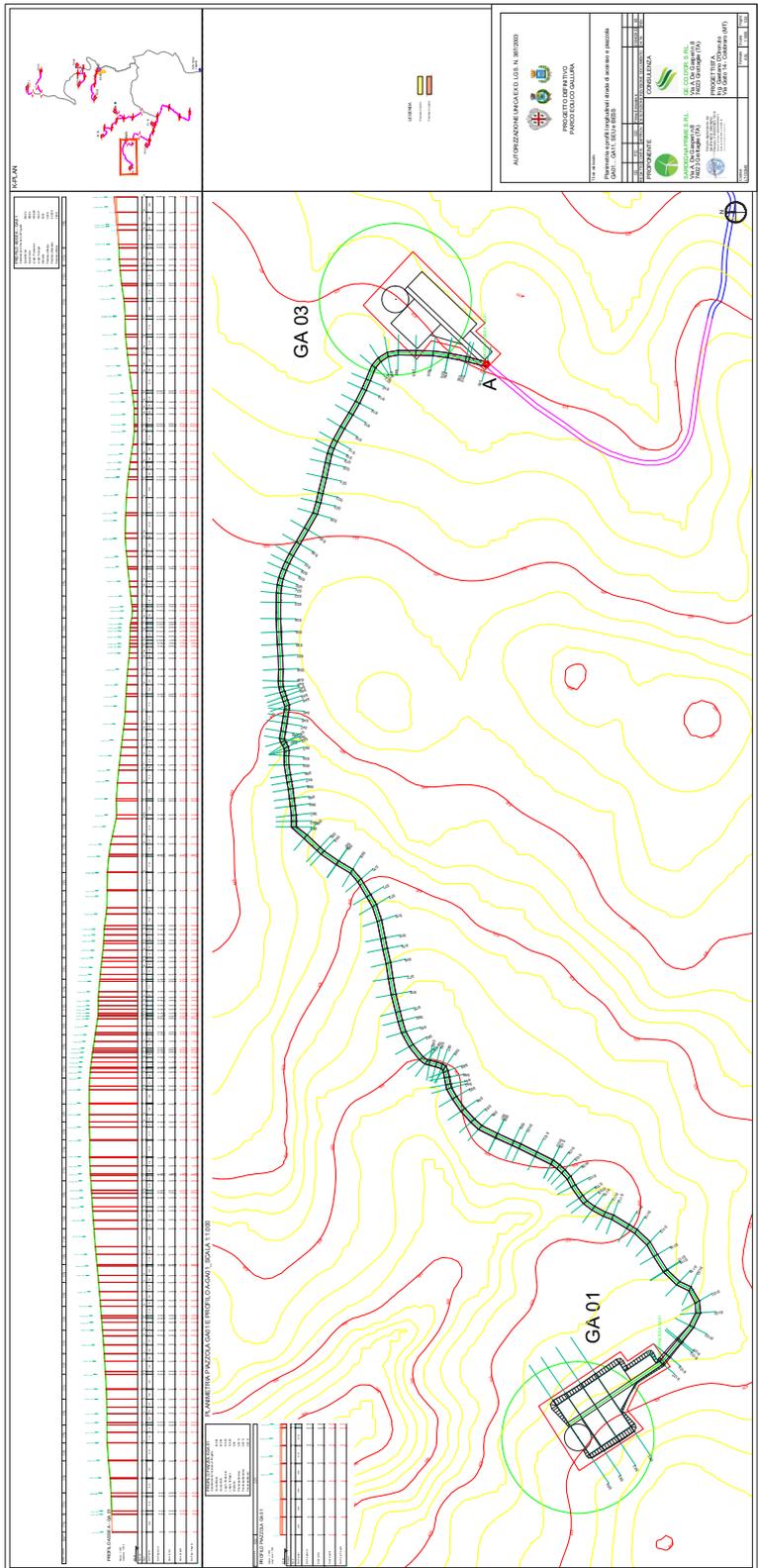
PROPRONTE
CONSULENZA

PROPRONTE
SARDEGNA PRIME S.R.L.
Via A. De Gasperi n.8
74023 Grottaglie (TA)

CONSULENZA
CECO DORS S.R.L.
Via A. De Gasperi n.8
74023 Grottaglie (TA)

PROGETTISTA
Ing. Gaetano D'Onofrio
Via Galb. 14 - Caberano (MT)

Scala: 1:10.000
Foglio: 1/1



[fig. 3]
 Planimetria e profili longitudinali strada di accesso e piazzola di tutte le turbine, SEU e BESS
 Fonte: MASE

La Sardegna si distingue dalle altre regioni italiane per la costanza e potenza dei venti, caratteristiche che rendono estremamente favorevole il territorio all'insediamento delle centrali eoliche per la produzione d'energia elettrica pulita. Nello specifico, è la subregione storica e geografica della Gallura ad essere territorio pensato per ospitare uno dei progetti proposti dalla società "Sardegna Prime s.r.l." in collaborazione con la società di consulenza "GE.CO.D'OR S.R.L" per il rincaro della quota di rinnovabili sul territorio.

Il progetto, di cui l'istanza è stata presentata il 4 aprile 2023, prevede l'installazione di 11 aerogeneratori modello Vestas V172, ognuno di questi avente una torre alta 114 metri e un rotore di 172 metri, per una potenza complessiva di 79,2 MWp, posizionati nell'area rurale compresa tra i comuni di Luras e Tempio Pausania e connessi tra di loro mediante cavi sotterranei a 33kV e a loro volta allacciati alla Stazione Elettrica Utente (SEU) posizionata nel comune di Luras connessa ad un impianto di accumulo di energia (BESS, Battery Energy Storage System) di potenza pari a 64,8 MWp mediante cavi interrati a 33 kV. La SEU 150/33 kV, mediante un cavo interrato in Alta Tensione a 150 kV, di lunghezza di circa 7,2 km, è collegata alla Stazione Elettrica (SE) della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) 150 kV denominata "Tempio" nel comune di Calangianus.

La società impiegata nella progettazione di impianti per la produzione d'energia rinnovabile da fonti rinnovabili "Ge. co.D'Or. s.r.l" si è occupata della pianificazione definitiva dell'impianto eolico utile per la richiesta di Autorizzazione Unica (AU) e della Valutazione d'Impatto Ambientale (VIA). Essendo il progetto di potenza complessiva superiore ai 30MW, deve essere sottoposto a VIA nazionale¹, procedura per cui l'autorità competente è il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) mentre la regione o i comuni interessati non sono coinvolti come decisori finali bensì come soggetti partecipanti. La Valutazione di Impatto Ambientale nazionale prevede a suo interno la procedura di consultazione

[1] D.Lgs. 152/2006, Allegato II alla Parte Seconda (categoria A.2)

Data presentazione
istanza

24-04-2023

Avvio consultazione
pubblica

19/05/2023

pubblica, attraverso la quale, cittadini, associazioni, comuni, enti pubblici e privati, comitati e associazioni ambientaliste possono, in primo luogo, consultare la documentazione necessaria alla comprensione del progetto attraverso tavole grafiche, relazioni tecniche e regolamentazioni, e in secondo luogo presentare, tramite PEC o portale online del Ministero dell’Ambiente, osservazioni circa il progetto proposto; il tempo a disposizione è di 30 giorni.

Durante la consultazione pubblica sono stati esposti diversi i pareri a contrasto del progetto, tra questi: il Servizio Pianificazione paesaggistica e urbanistica, parte dell’Assessorato degli Enti Locali, Finanze e Urbanistica rileva una specifica incompatibilità urbanistica nella collocazione del sistema BESS e SEU essendo queste progettate in una destinazione di zona non consona quindi, in questo caso, agricola. D’altra parte, però, osservazioni come queste non trovano lunga vita: l’Autorizzazione Unica, infatti, opera come “variante automatica” dello strumento urbanistico generale considerato per la suddivisione delle zone; in questo modo, si ottiene una riqualificazione in zona G quindi “Servizi di interesse generale”. Lo strumento di variazione automatica è previsto appositamente per superare tali criticità. Forti pareri contrari al progetto vengono esposti anche da parte di Servizio tutela paesaggio Sardegna settentrionale Nord Est, parte della Direzione generale della pianificazione urbanistica territoriale e della vigilanza edilizia per cui l’operazione di inserimento dell’impianto non considera la tutela del paesaggio, anzi, rincara il territorio di forti impatti visivi sui beni tutelati e di trasformazioni irreversibili. A questi due enti si aggiungono altri esponenti pubblici e privati che hanno partecipato rendendo possibile una riformulazione della documentazione fornita dall’azienda promotrice. In data 8 maggio 2023 viene richiesto di rielaborare la documentazione sulla base delle osservazioni fornite. Una seconda fase di consultazione pubblica viene aperta il 05 settembre 2023 e chiusa il 20 settembre dello stesso anno; qui diversi sono i pareri fortemente contrastanti esposti da diversi attori e che hanno successivamente determinato la rinuncia alla realizzazione del progetto.

Termine presentazione
Osservazioni del
Pubblico

18/06/2023

Avvio richiesta
perfezionamento della
documentazione

08/07/2023

Comunicazione avvio
nuova consultazione
pubblica

05/09/2023

La Lega Italiana Protezione Uccelli (Lipu), rappresentata da Dott. Francesco Guillot, presentando un documento d'osservazioni e contestazioni, critica il progetto Parco Eolico Gallura partendo dalla considerazione per cui la Sardegna già dispone di una capacità energetica da fonti rinnovabili (FER) maggiore del reale fabbisogno dell'isola (8.900 GWh/anno c.a.); a questo proposito il documento evidenzia come, se venissero approvati tutti i progetti in fase di richiesta, la Sardegna avrebbe a disposizione una potenza energetica altamente superiore a quanto realmente necessario all'isola. A questa prima osservazione della Lipu si allineano le osservazioni presentate dalla Soprintendenza Speciale per il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, per le quali il progetto del parco eolico è considerato l'ennesima richiesta di allaccio alla rete elettrica (328 GW) che incrementa la potenza elettrica in programma; quantità che risulta essere nel 2023 (anno di apertura dell'istanza del progetto) nettamente superiore all'obiettivo di produzione d'energia pulita prefissato dal *FF55*² al 2030 per la nazione (circa 70 GW).

A seguito le richieste di connessione in Italia e in particolare in Sardegna ad oggi.

[2] Il target di "Fit for 55" prevede una riduzione del 55% delle emissioni di gas serra entro il 2030 e l'obiettivo di diventare climaticamente neutro entro il 2050. Questo obiettivo richiede una significativa espansione delle fonti rinnovabili, con un target di 70 GW di nuova capacità rinnovabile in Italia entro il 2030, principalmente eolico e fotovoltaico

Le richieste di allaccio in Sardegna sono sei volte superiori all'obiettivo *Fit for 55* riferito alla potenza da installare per ridurre del 55% le emissioni di gas serra per il 2030; è chiaro, quindi, l'interesse per lo sviluppo di progetti rinnovabili, d'altra parte, però, la capacità realizzabile è molto inferiore.

[fig.1] Richieste di connessione FER in Sardegna

Fonte: Terna S.p.A.

		FER	Accumuli		
Regione		Fonte			
SARDEGNA		All			
Regione	Fonte	Tipo Impianto	Potenza (GW)	Pratiche	
SARDEGNA	Eolico off-shore	FER	18.23	31	
SARDEGNA	Eolico on-shore	FER	15.36	221	
SARDEGNA	Idroelettrico	FER	0.01	1	
SARDEGNA	Solare	FER	19.29	462	

Termine
presentazione
Osservazioni

20/09/2023

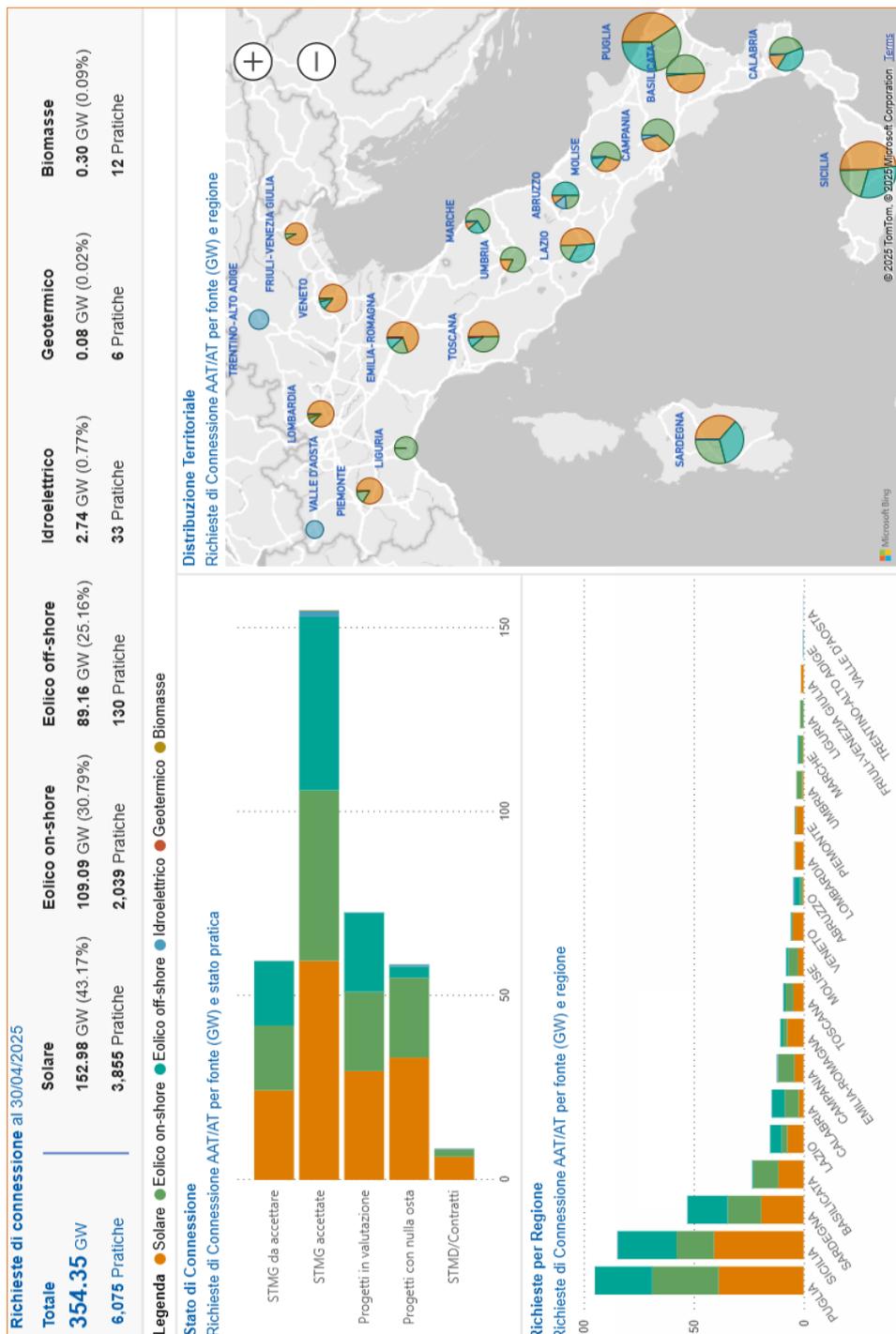
Conclusione;
declinazione del
progetto

03/04/2024

[fig.2] Richieste di connessione FER in Italia

Potenza totale richiesta 354.35 GW con 6075 pratiche totali considerando eolico on-shore, off-shore, idroelettrico, geotermico, biomasse e solare.

Fonte: Terna S.p.A.

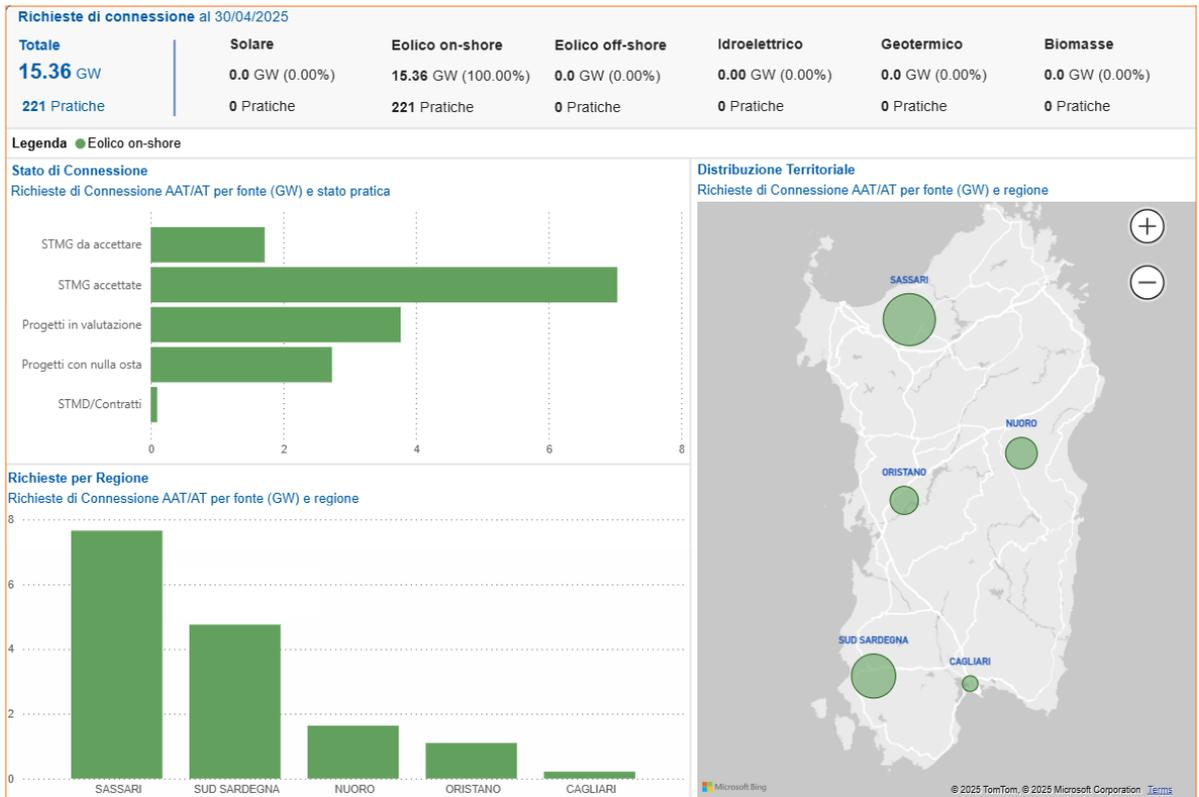


[fig 3] Richieste di connessione FER nella provincia di Sassari, Sardegna

Fonte: Terna S.p.A.

FER		Accumuli		
Regione	Provincia	Fonte		
SARDEGNA	SASSARI	All		
Regione	Provincia	Fonte	Tipo Impianto	Potenza (GW)
SARDEGNA	SASSARI	Solare	FER	8.84
SARDEGNA	SASSARI	Eolico on-shore	FER	7.65
SARDEGNA	SASSARI	Eolico off-shore	FER	5.77

In Sardegna ad oggi le richieste di allaccio per progetti FER si localizzano principalmente nella provincia di Sassari.



[fig 4] Richieste di connessione FER nella provincia di Sassari, Sardegna

Fonte: Terna S.p.A.

Il *Coordinamento reg. Lipu Sardegna* nel documento *Osservazioni* legato alla seconda fase delle consultazioni pubbliche sostiene quanto “nell’ipotesi che tutti questi impianti venissero autorizzati e realizzati si avrebbe una nuova potenza disponibile da FER cinque volte superiore alle necessità energetiche della Sardegna per un fabbisogno per l’isola inferiore ai 9mila GWh/anno. Una quantità di energia tecnicamente non assorbibile dalla malconcia rete elettrica sarda, e tanto meno esportabile pur volendo tener conto del Tyrrhenian Link peraltro

ancora in fase embrionale”. La domanda di nuovi impianti FER è nettamente superiore agli obiettivi ma allo stesso tempo le centrali che già insistono sul territorio rispondono a una minima percentuale di capacità da installare per il 2030; la sfida consiste nel riuscire ad ottenere una corretta pianificazione che tenga conto simultaneamente della capacità che la rete può supportare, delle normative, del paesaggio, delle persone che vi vivono e degli obiettivi ambientali fissati.

La situazione di stallo che non consente di ottenere una risposta esaustiva circa la collocazione degli impianti FER in Sardegna deriva anche dal mancato aggiornamento del PEARS (Piano Energetico Regionale Ambientale regione Sardegna) che, fermo al 2016, non collabora con la necessità di implementazione del numero d’impianti FER.

Nel 2023, anno del progetto Parco Eolico Gallura, il PEARS a riferimento risaliva al 2015 e nonostante la presenza di una legge del 2021 per l’individuazione dei siti idonei, la mancata attuazione di quest’ultima impediva ai progetti proposti di riferirsi ad aree idonee agli impianti FER risultando così come dei progetti facilmente opinabili.

Nel 2024 la Regione Sardegna ha adottato una normativa specifica per l’identificazione delle aree idonee all’installazione di impianti da fonti rinnovabili, in linea con gli obiettivi del PEARS: *“Misure urgenti per l’individuazione di aree e superfici idonee e non idonee all’installazione e promozione di impianti a fonti di energia rinnovabile”* approvata dal Consiglio Regionale il 4 dicembre 2024. Il 29 gennaio 2025, tuttavia, il Consiglio dei Ministri, ha avviato un procedimento davanti alla Corte Costituzionale per chiedere l’incostituzionalità o l’illegittimità della stessa perchè ritenuta essere eccedente dalle competenze statutarie e a contrasto con la normativa statale ed europea in materia di energia e beni culturali.

[fig 5] Il navigatore per consultare le aree non idonee all’installazione degli impianti FER non è disponibile. Fonte: SardegnaGeoportale



The screenshot shows the SardegnaGeoportale website interface. At the top, there is a navigation bar with the following menu items: NAVIGATORI, ACCESSO AI DATI, AREE TEMATICHE, STRUMENTI, DOCUMENTAZIONE, AGENDA, and CONTATTI. The main content area features a news announcement in orange text: “A seguito della pubblicazione sul BURAS della Legge regionale n. 20 del 5 dicembre 2024 “Misure urgenti per l’individuazione di aree e superfici idonee e non idonee all’installazione e promozione di impianti a fonti di energia rinnovabile (FER) e per la semplificazione dei procedimenti autorizzativi” si sta procedendo alla predisposizione del nuovo navigatore dedicato. Pertanto l’accesso al navigatore **SardegnaMappe Fonti Energetiche Rinnovabili** è temporaneamente sospeso”.

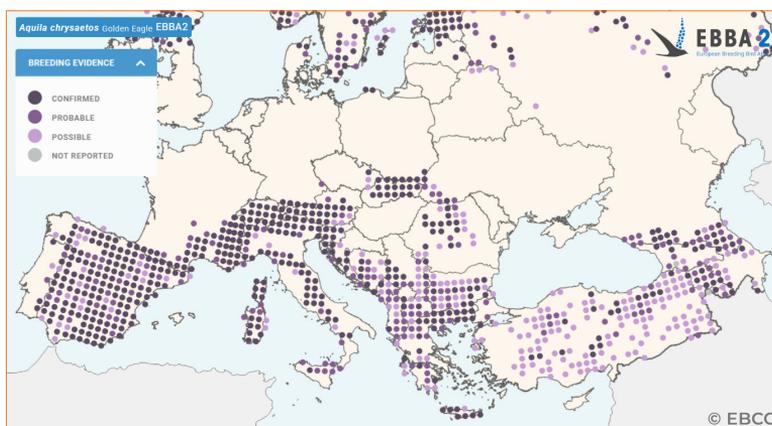
Aspetto centrale nelle Osservazioni della Lipu riguarda la poca curanza, a quanto sostiene la stessa, della fauna locale, in particolare dell'avifauna. Il sito del progetto è prossimo ad aree di grande rilevanza, le quali connesse da corridoi ecologici favoriscono la presenza e la transizione di molte specie volatili. La rete ecologica in questione è composta da diversi siti, tra questi: il SIC ^[3] Monte Limbara, il Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena e la ZSC^[4] Capo Testa. Sono diverse le specie coinvolte: i pipistrelli, i grifoni, le aquile. L'associazione sostiene che le pale eoliche causano la morte di molti esemplari sia per impatto diretto sia perché attratti dalle luci di posizioni delle pale. In aggiunta, sostiene d'aver dimostrato l'alto livello di pericolosità delle pale, il quale aumenta con l'altezza delle torri dell'impianto. La proposta di progetto del parco eolico proponeva delle strategie di mitigazione come, ad esempio, modificare la colorazione delle pale di nero, anche, controllare l'area soggetta a corridoi migratori con telecamere così da poter rallentare – se non fermare – le pale al passaggio degli esemplari ma sono state decretate come inadeguate e insufficienti per garantire protezione all'avifauna. La Lipu, infine, riporta dei documenti tra articoli e saggi, a sostegno di quanto espresso: tutti i documenti sono però datati precedentemente al 2006 e non considerano nessuna tecnica di mitigazione proposta dal progetto. Queste sono alcune delle problematiche trattate nelle Osservazioni della documentazione fornita al MASE per la fase di consultazione pubblica. Il Soprintendente speciale per il PNRR, il 30 aprile 2024 riporta come “la Soprintendenza speciale per il PNRR, per quanto di competenza, esprime parere tecnico istruttorio negativo alla pronuncia di compatibilità ambientale per il progetto” Parco Eolico Gallura per incompatibilità ambientale e criticità verso il patrimonio culturale.

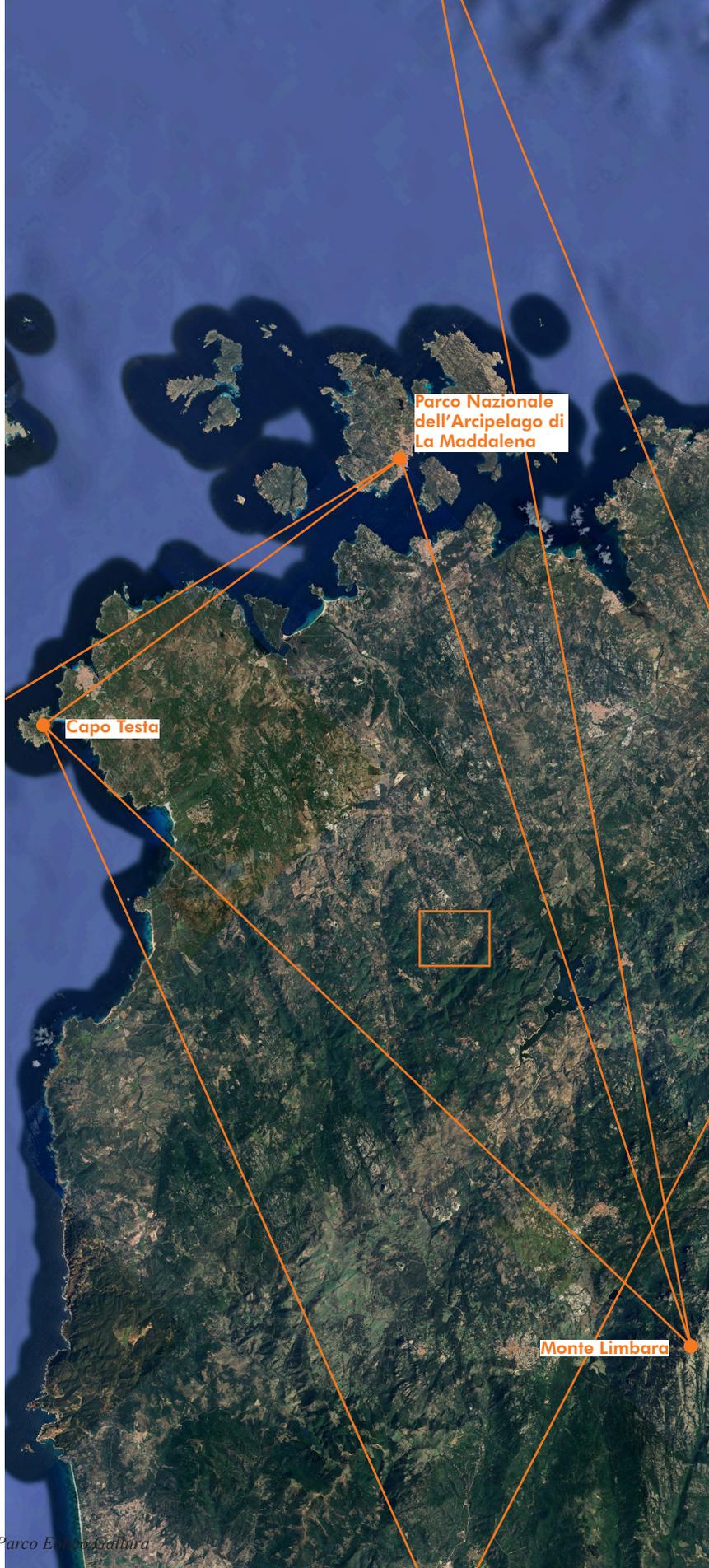
[3] SIC; Siti di Importanza Comunitaria

[4] ZSC; Zona Speciale di Conservazione

[fig. 6] Mappa della presenza dell'aquila Golden in Europa dall'atlante che raccoglie più di 20 anni di osservazioni

Fonte: ebba2.it





[fig.7] Percorso di migrazione dell'avifauna in Gallura, Sardegna

Fonte: Lega Italiana Protezione Uccelli



Tre ipotesi di lavoro

Dai casi studio, dalla letteratura, ma anche dalla vicenda del Parco Eolico Gallura, si evincono alcuni elementi limiti della progettazione dell'eolico. In particolare ne vengono considerati ed approfonditi tre: il vuoto normativo e l'orientamento alla regolazione e alla sola efficienza funzionale, l'assenza di una relazione profonda tra l'impianto e l'eolico ed i suoi abitanti e l'assenza di una riflessione sul fine vita dell'impianto.

La proposta metodologica che si avanza si genera quindi da tre ipotesi.

La prima ipotesi: la gestione. Si riconosce il ruolo della gestione dell'impianto e dell'energia come cruciale: si ipotizza, cioè, che intervenire sul modello di gestione del parco eolico possa far sorgere anche la possibilità stessa di produrre (o non produrre) energia. In questa prospettiva la gestione non è una fase accessoria ma condiziona la riuscita stessa di un progetto. L'eolico si distingue da altre fonti FER per la sua capacità di suscitare reazioni complesse nel tessuto sociale, configurandosi come una tecnologia che interroga le forme di proprietà, di redistribuzione e di governance del territorio.

La seconda ipotesi: lo spazio conta. La gestione, pur rilevante, non è sufficiente per garantire la riuscita di un intervento sostenibile. In questa ottica si sostiene che lo spazio conti: la disposizione spaziale del parco eolico deve fare i conti con il territorio e non soltanto con una rosa di poche variabili (curve di livello, velocità del vento, vincoli paesaggistici). E questo è ancor più vero in un contesto come quello sardo, dove il quadro normativo è assente o fortemente orientato al controllo e lo spazio diventa luogo di negoziazione, rappresentazione e visione. Diventa quindi centrale per la qualità del progetto una progettazione attenta alla disposizione delle macchine, alle infrastrutture connesse e alle relazioni con il costruito e con il paesaggio.

La terza ipotesi è: il territorio è specifico. La centralità del fattore territoriale: ogni intervento eolico dovrebbe infatti potersi inserire in uno spazio ben preciso, tener conto delle sue specificità ambientali, insediative, sociali ed economiche. L'eolico non è una tecnologia pensata per essere replicata in serie, ma va collocato in contesti concreti, in cui il paesaggio è vissuto, narrato e abitato. Solo in questo modo può attivare processi di adattamento, di co-progettazione e di costruzione condivisa del significato dell'energia nel territorio.

In risposta alla prima ipotesi, è stata fondamentale la costruzione di un abaco, a partire da casi studio internazionali, contenente pratiche di gestione degli impianti eolici. Le pratiche provengono da una accurata rassegna della letteratura e sono state sintetizzate e rappresentate graficamente, così da costruire un riferimento disponibile alla consultazione quando necessario, ma anche facilmente comprensibile e comunicabile nei processi partecipativi. Le pratiche non devono essere viste come regole rigide da imitare, ma piuttosto come questioni a cui ogni contesto territoriale può cercare di rispondere nella pianificazione e nella gestione di un impianto eolico. Ciascuna di esse, infatti, assume valore quando reinterpretata alla luce delle condizioni spaziali e sociali. L'abaco diviene quindi uno strumento di progettazione, in ottica di flessibilità e lettura delle opportunità locali, capace di accompagnare i processi decisionali e progettuali in modo aperto e adattivo.

Per quanto riguarda la seconda ipotesi, si propone invece un secondo abaco con altre pratiche di tipo spaziale. Si tratta di una stilatura di diverse pratiche che interessano lo spazio dal punto di vista paesaggistico, tecnologico e ambientale; cioè, indagano le diverse modalità attraverso cui il progetto eolico può integrarsi con il territorio, tenendo conto delle visuali, delle preesistenze, della qualità ambientale e dei sistemi ecologici.

Nel grande vuoto normativo attuale, che privilegia il funzionamento e le prescrizioni, i due abachi e la loro commistione possono quindi generare dei modelli ipotetici complessi.

Questi modelli, costruiti come combinazioni dinamiche di pratiche sociali e spaziali, si propongono come strumenti capaci di generare scenari non univoci, adattabili ai differenti contesti e aperti alla sperimentazione.

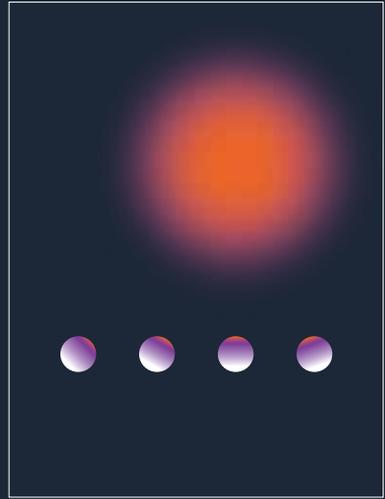
Nella letteratura ampio spazio viene dedicato all'individuazione di pratiche in statu nascendi utili a far emergere degli aspetti innovatori funzionali al ridisegno dell'approccio pianificatorio dei parchi eolici. La messa a sistema di queste pratiche non risulta immediata e spontanea ma sicuramente necessaria alla comprensione di un sistema complesso. Quest'ultimo può erigersi su quattro componenti fondamentali: sociale, paesaggistico, tecnico e ambientale; ambiti utili ad ottenere una suddivisione interna di quelle che sono le pratiche individuate nella letteratura ma che allo stesso tempo conferiscono una rigidità al quadro. Le pratiche identificate dal punto di vista teorico, fanno però fatica a funzionare perché il quadro normativo ad oggi stabilito non le coglie e non le racchiude; in particolare è a quelle sociali, legate alla governance dei processi pianificatori, che la normativa non guarda.

Eppure, nella letteratura raccolta, sono questi gli approcci innovativi in grado di rivoluzionare la pianificazione degli impianti ad energia rinnovabile nel territorio, la consapevolezza climatica e l'accettazione percettiva sensoriale delle nuove macchine nelle persone. Del resto, è dall'impossibilità di avere una onnicomprensiva definizione di "sviluppo sostenibile" che si è resa indispensabile la considerazione della società, considerando gli attori sia come beneficiari che come responsabili delle azioni sociali svolte.

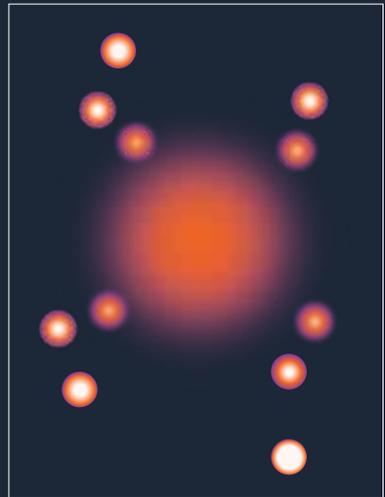
Le pratiche stilate sono quindi un abaco di soluzioni generiche riconosciute nella letteratura. A questo prima stesura, si aggiunge la formulazione di modelli, composta dall'identificazione dell'ipotetica relazione di diverse pratiche. L'operabilità delle pratiche sociali, nello specifico, può darsi dalla commistione delle stesse, e quindi da un tentativo di visione olistica di un modello complesso.

Questa riflessione ricorda la dimensione complessa di un altro elemento in particolare: il territorio. È quindi la visione architettonica-urbanistica del territorio che permette di ipotizzare dei modelli di coinvolgimento sociale complessi, perché capace di tenere congiunte le diverse istanze del tessuto sociale, paesaggistico, ambientale e tecnologico. L'unione delle pratiche a seguito riportate è capace di generare dei modelli teorici o fattuali, indipendentemente dalla loro specificità col territorio.

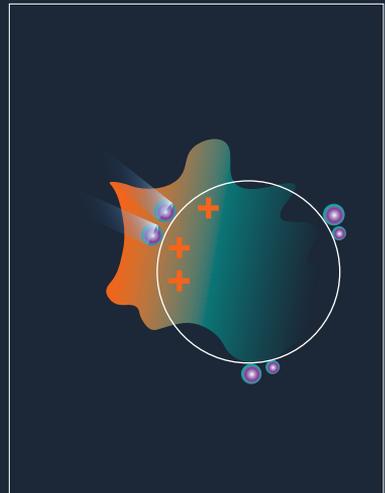
Le pratiche sociali



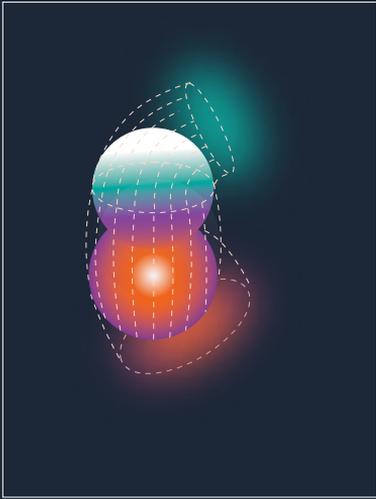
Informativa passiva



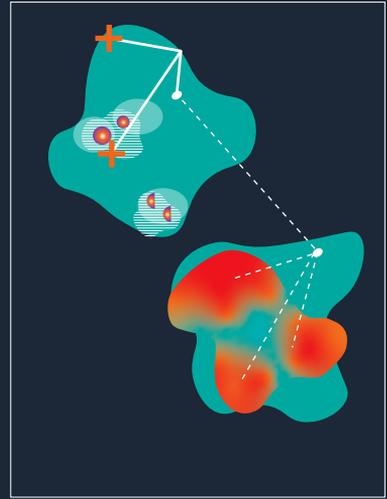
Informativa partecipata



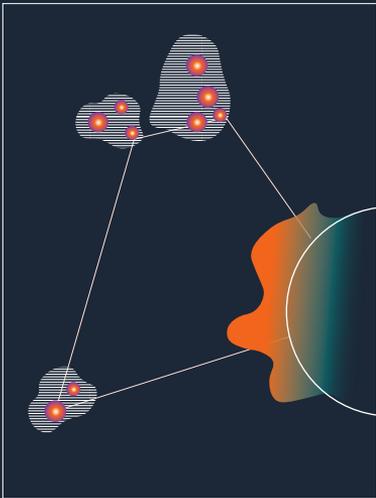
Contiguità alle risorse



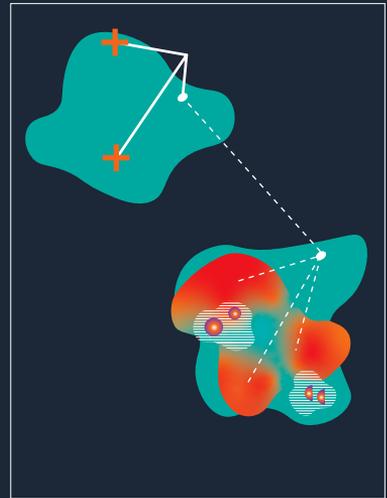
Sinergia scietifico-locale



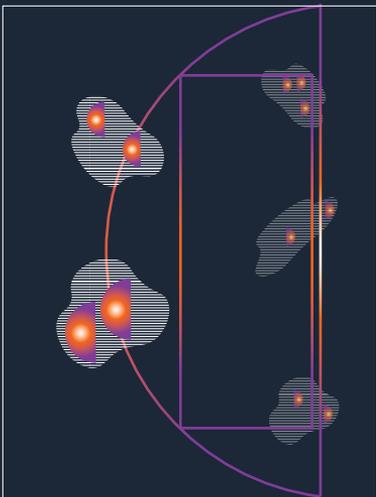
Cooperative di produzione



Cooperative virtuali



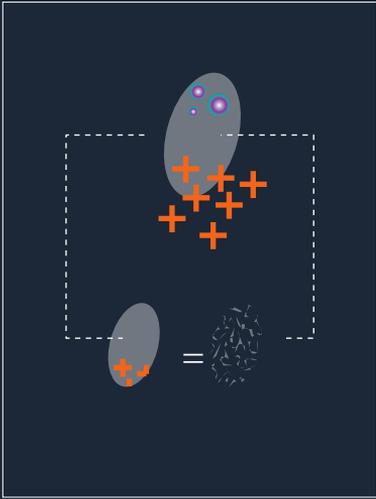
Cooperative di consumo



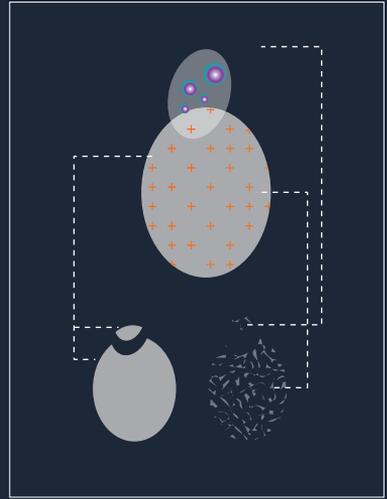
Cooperative femminili



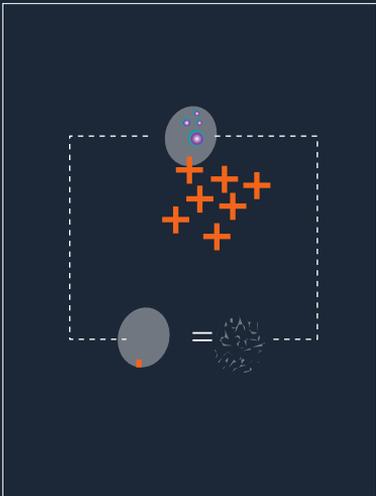
Cooperative energetiche territoriali



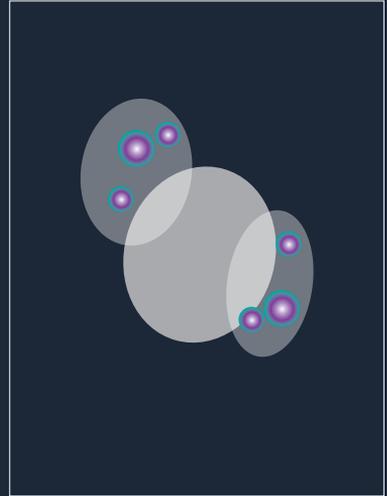
Azionariato diffuso/equity



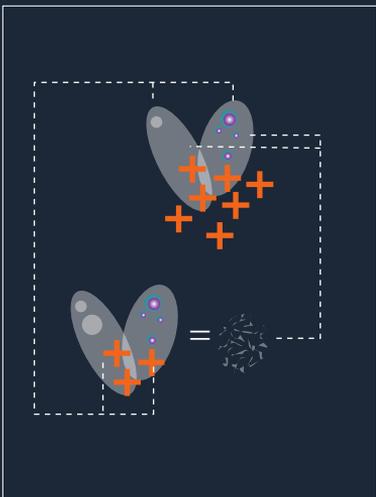
Partecipazione tramite società di scopo



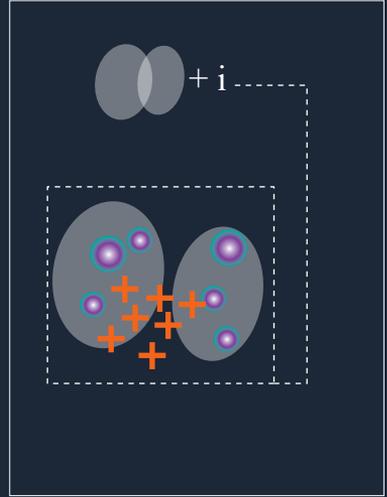
Azionariato popolare



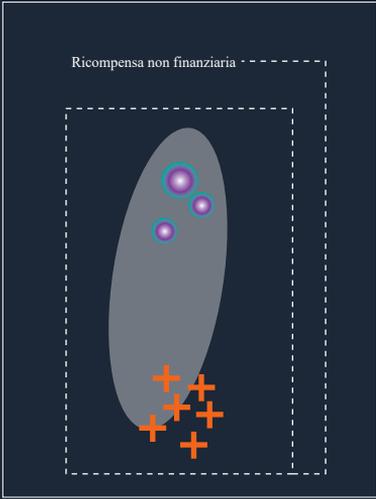
Equity crowdfunding



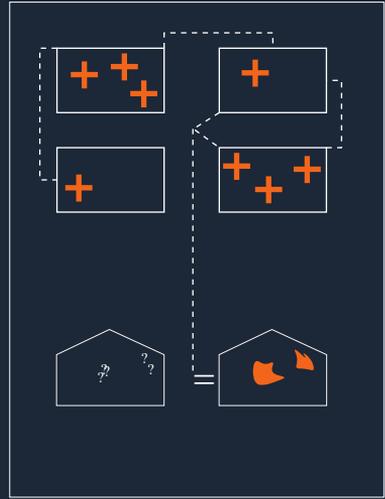
Joint - venture comunità- privato



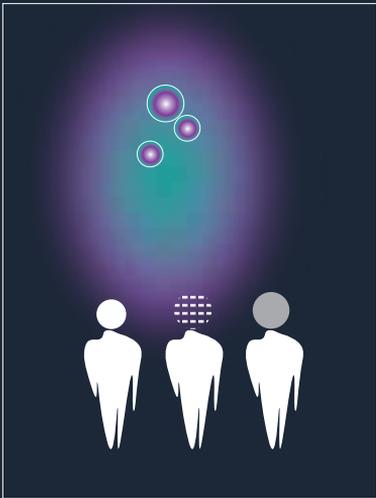
Lending crowdfunding



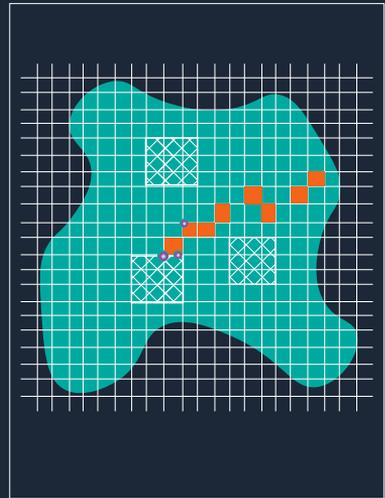
Crowdfunding reward-based



Micro-grid



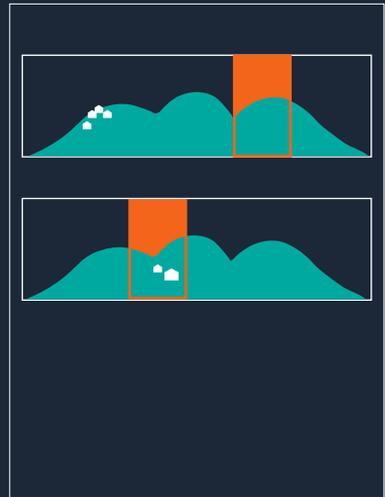
Crowdsearching



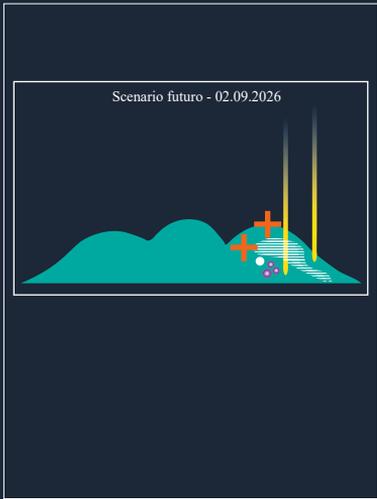
GIS+Approcci IT crowdsearching



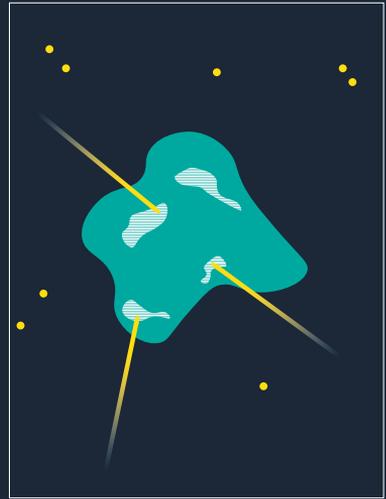
Peer-to-peer energy trading



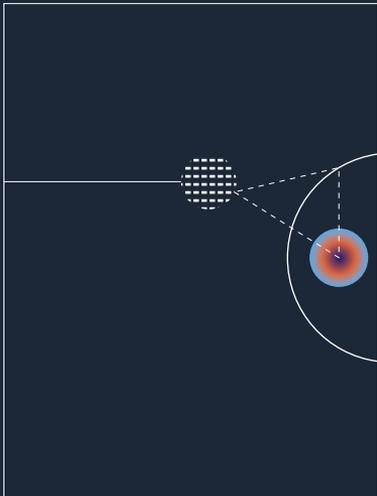
Piattaforma di simulazione e visualizzazione



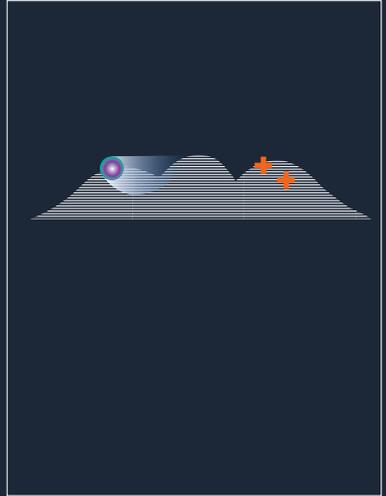
Modello predittivo



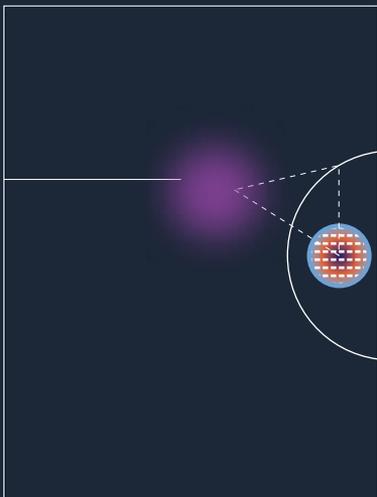
Sviluppo turismo dolce



Agenzie multidisciplinari



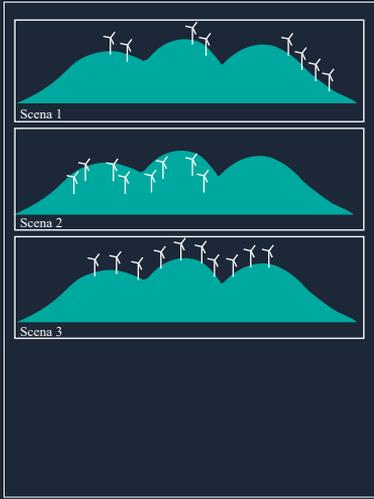
Mappature zone d'invisibilità



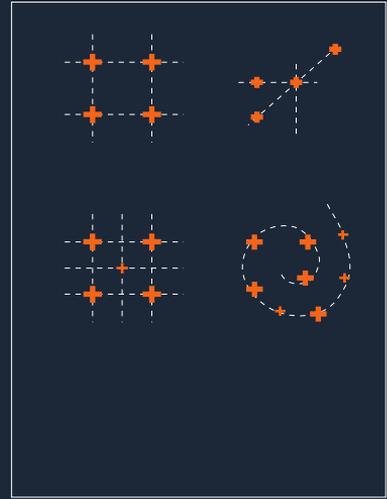
Potere decisionale alle Agenzie



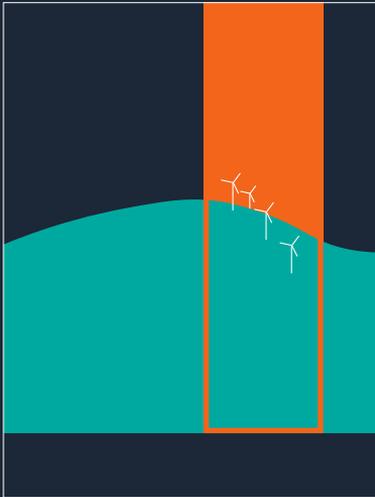
Strategie cromatiche utili all'integrazione



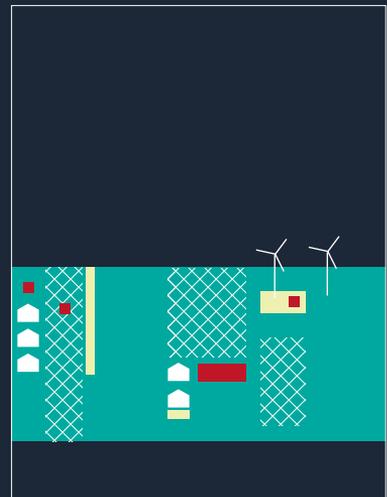
Simulazioni digitali dell'integrazione



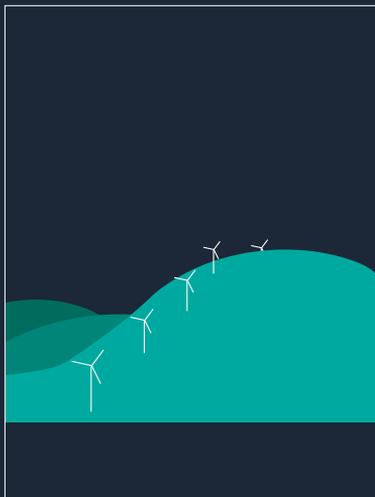
Modulazione turbine-turbina



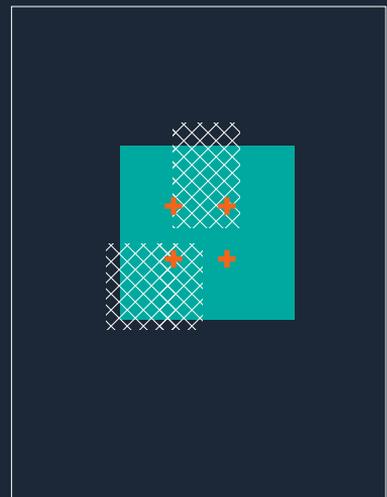
Eolico come landmark



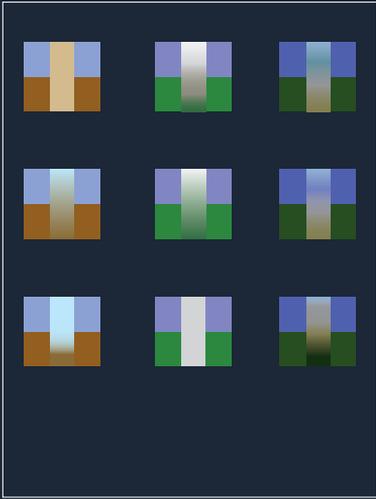
Usi complementari nel paesaggio



Definizione delle forme del territorio



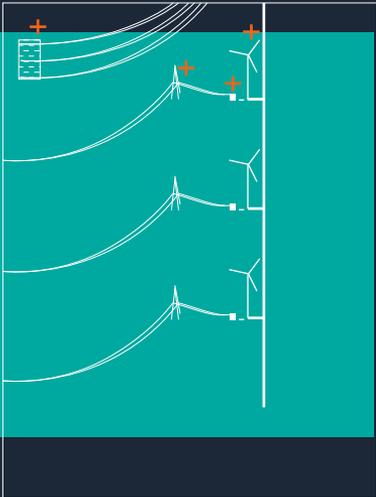
Sistema agro-eolico



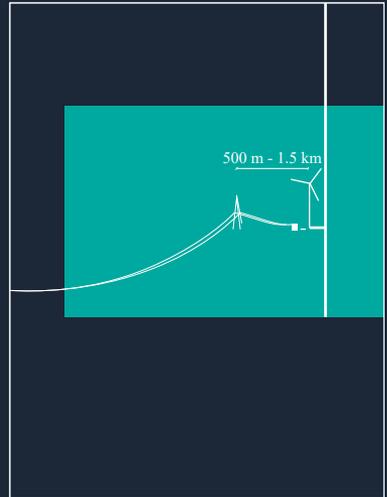
Compatibilità cromatica



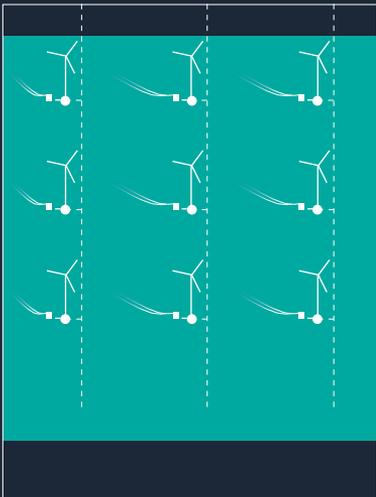
Integrazione con funzioni complementari



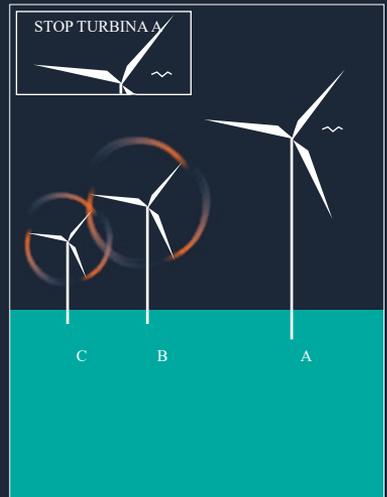
Visione integrata della centrale



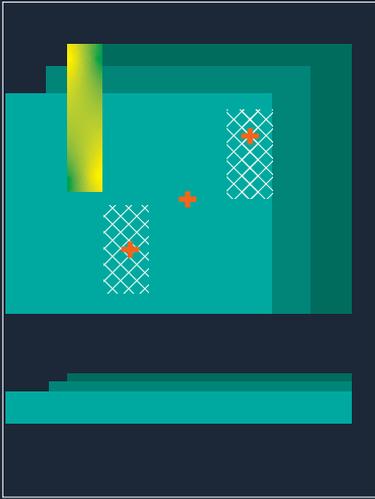
Allaccio alla rete agevolato



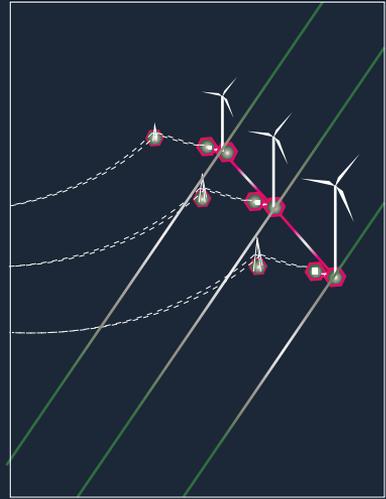
Ottimizzazione spaziale dell'impianto



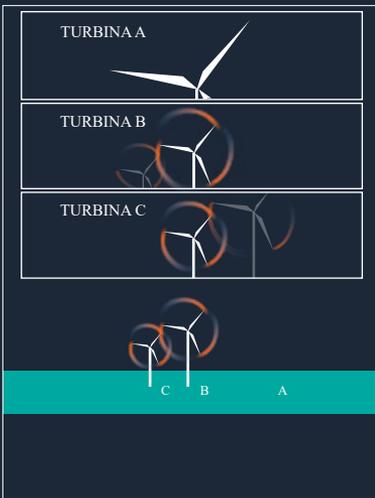
Strategie anti-collisione avifauna



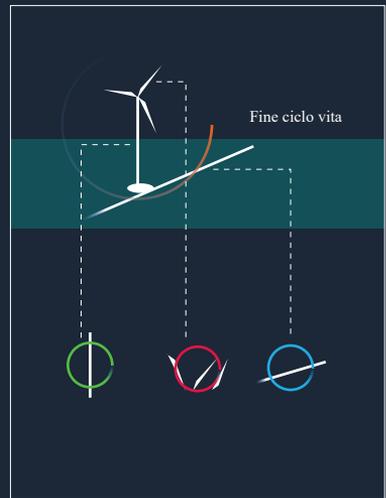
Infrastrutture ecocompatibili



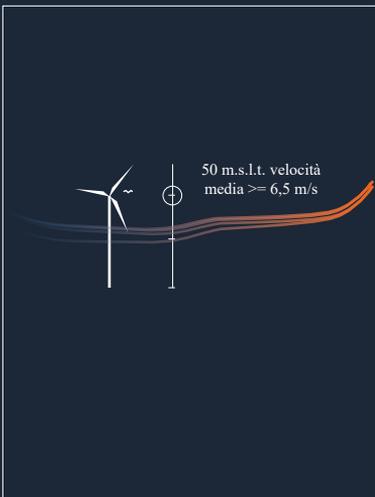
Infrastrutture attente



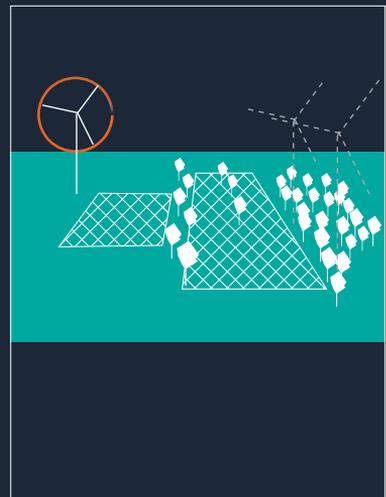
Monitoraggio decentralizzato



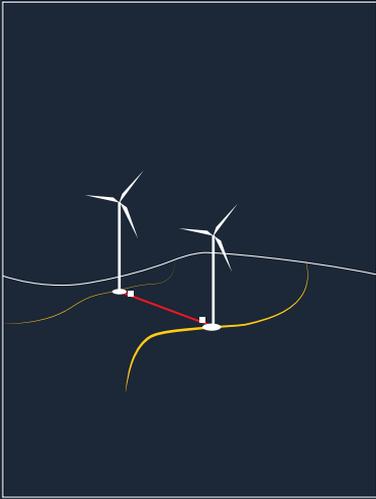
Ripristino ecologia



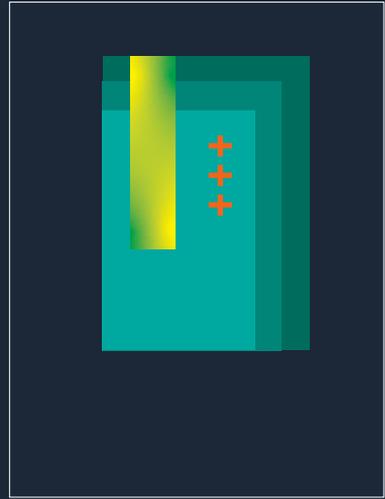
Massimizzazione efficienza eolica



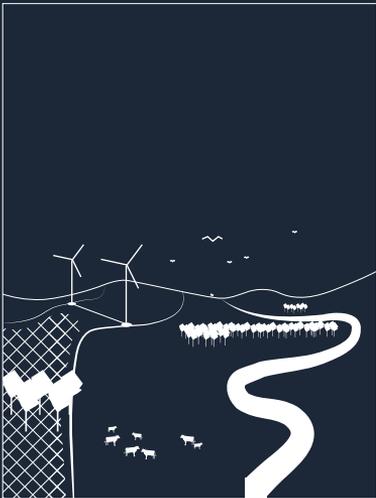
Decommissioning strategico



Minimizzazione alterazioni del suolo



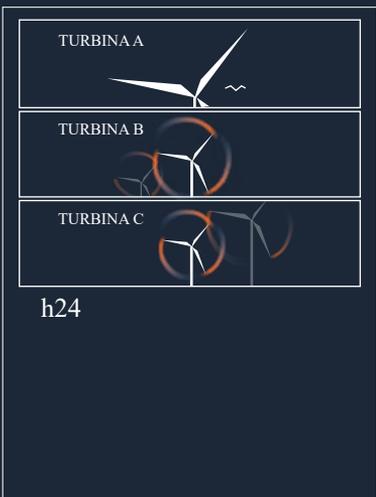
Materiali ecocompatibili



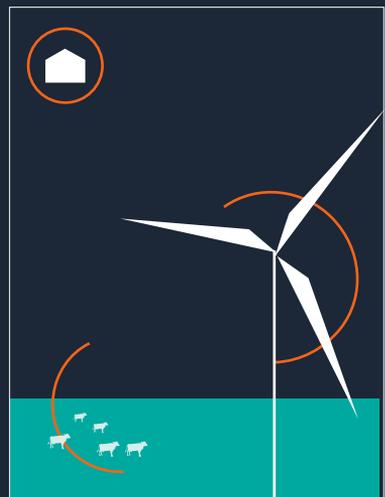
Mitigazione impatto per flora e fauna



Gestione delle acque



Monitoraggio continuo



Integrazione energia da biogas

	Agenzie multidisciplinari		Attività complementari
	Impianti rinnovabili		Capitale investito
	Comunità educata all'ambiente		Profitti economici
	Cooperative energetiche		Aziende - multinazionali
	Conoscenza energetica		Digitalizzazione
	Conoscenza		Culture e allevamento
	Energia		Attività culturali
	Territorio		Attività terziarie
	Comunità locale		Stazione elettrica utente (SEU)
	Territorio		Trasformatore e cavidotto
	Comunità scientifica-università		Materie
	Amministrazioni		



Territorio a +100km dall'impianto



Territorio nazionale



Riciclo



Riutilizzo



Albero



Pale rimosse a fine ciclo vita



Zone a rischio idraulico



Strade persistenti



Strade di nuova realizzazione



Contatto a terra



Scavo della terra

La rappresentazione delle pratiche in precedenza riportate segue la legenda a lato. Alcuni elementi dei diagrammi prevedono anche la combinazioni di più voci in legenda.

I primi modelli sviluppati, il *modello Sinergia*, il *modello Attrazione*, il *modello Sintonia* ed il *modello Co-creazione*, si sviluppano al di sopra di un piano ipotetico come strumento congetturale aperto: la struttura di questi è quindi disponibile a modificazioni e le pratiche possono essere intercambiabili, pur sempre tenendo conto della ipotetica, ma non prescindibile, struttura di coerenza interna, la quale deve comunque essere in grado di connettere le pratiche dal punto di vista logico dettando un percorso pianificatorio chiaro attraverso tutti e 4 gli ambiti.

Il modello Sinergia

Il *modello Sinergia* focalizza la pianificazione sul concetto di decentralizzazione energetica, inserendo come pratiche di governance lo sviluppo di cooperative energetiche e la partecipazione finanziaria della comunità; in questo modo la gestione del progetto risulta essere a carico di tutti gli attori che si interfacciano allo stesso. Oltre a ciò, il lavoro delle cooperative energetiche, come viene anche raccontato da Alexander Zahnd nel caso del progetto sviluppato a Jumla (Nepal), favorisce la nascita di microambienti territoriali assicurando diversi vantaggi economici-ambientali e sociali, tra cui un'attiva presa di posizione di tutti gli utenti che, sentendosi coinvolti a pieno nella pianificazione e nella gestione dell'impianto, stabiliscono un forte senso di fiducia e cooperazione.

Le cooperative sono di proprietà collettiva e per questo i soci, quindi i soli cittadini, seguendo la pratica finanziaria stabilita come *lending crowdfunding* (gli investitori possono prestare credito ma non diventano soci), investono insieme per ottenere energia e ricavi monetari per loro stessi.

Da questa premessa legata alla governance partecipativa, deriva la scelta delle altre pratiche che, interconnettendosi tra loro rispettano una logica di progetto: considerando la volontà della comunità e l'ormai consolidata fiducia nelle rinnovabili, la cooperativa persegue l'obiettivo di aumentare l'autosussistenza energetica e finanziaria della comunità aumentando la capacità producibile dagli impianti, in questo caso dalle turbine eoliche. Questo fa sì che nasca la necessità, per quanto concerne la volontà della comunità di aumentare l'energia per sostenersi, di densificare le turbine sul territorio, così da ottenere una capacità maggiore. La pratica paesaggistica consiste quindi nella ridefinizione dell'interspazio turbina-turbina. Per conseguenza

logica è quindi ora necessario a livello tecnico stabilire quali prestazioni fisiche possano effettivamente consentire una disposizione più densa senza che ci siano delle interferenze aerodinamiche tra i diversi elementi del parco; l'alternanza di elementi con altezza di mozzo più alta e ampio diametro del rotore con altri più bassi e con diametro del rotore, consente disposizioni più dense.

Essendo questo modello ipotetico, si riconosce la possibilità di costituire, seguendo questa modalità, una restituzione paesaggistica a effetto selva o effetto barriera, ma le pratiche vengono in questo punto relazionate in base ad una logica di scopo sociale e non in base all'effettiva riuscita dell'intervento sul territorio, il quale si ricorda, ai modelli ipotetici, manca.

Dal punto di vista ambientale l'utilizzo del suolo gioca un ruolo chiave: un parco più denso fa sì che vi sia, a parità d'estensione di terreno, una maggiore potenza prodotta, il che comporta meno scavi e movimenti di terra.

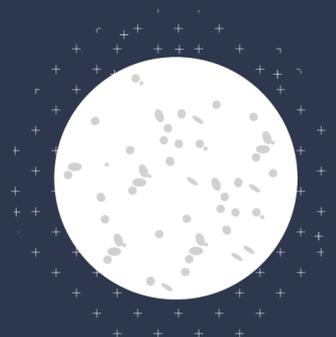
Le multinazionali operano per la comunità d'interesse



Multinazionale
nel territorio

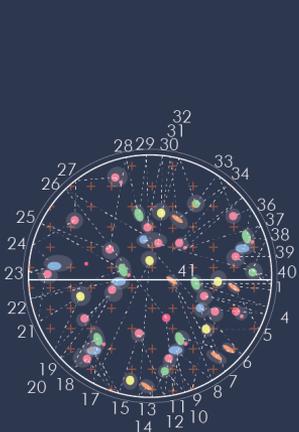


Espansione sul
territorio



Fuoriuscita
della risorsa
energetica

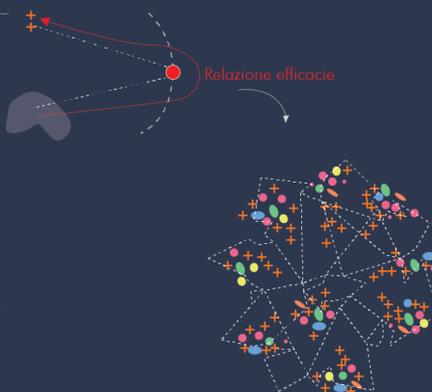
Le cooperative energetiche agiscono per la comunità locale



Risorse finanziarie dei
singoli della c. locali
richiedono un elevato
numero di operazioni;
impossibile relazione e
realizzazione



Le risorse finanziarie delle c.
energetiche consentono una
relazione col territorio perchè
sono finite e ad ampio
budget



Energia prodotta dal
territorio interamente
destinata alle c. energetiche
investitrici

LEGENDA



risorse finanziarie
della multinazionale



richieste di
connessioni tra c.
locale e territorio



risorse finanziarie c.
locale



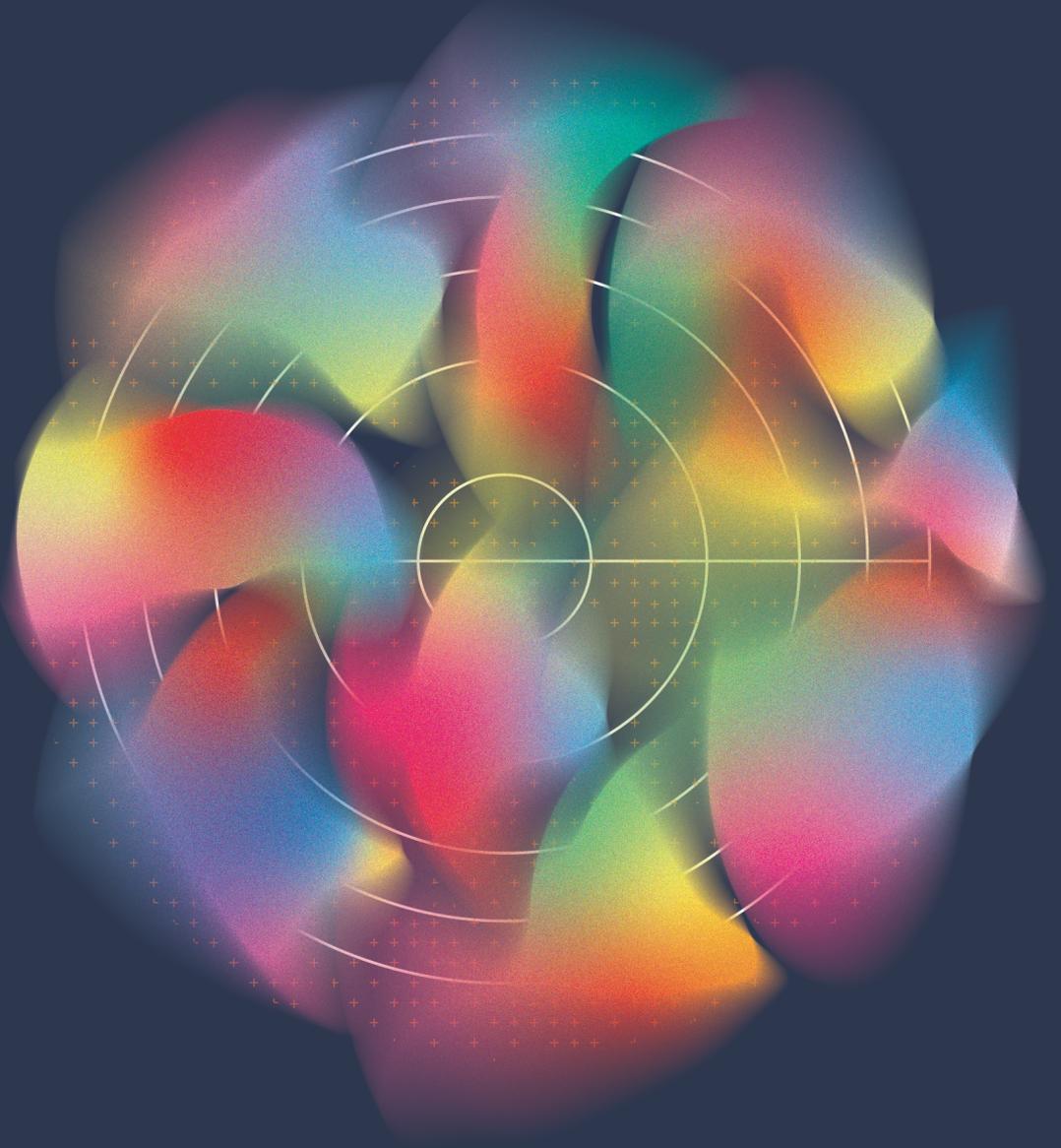
risorse finanziarie
cooperative
energetiche



interconnessi



energia eolica



Il modello Attrazione

Il secondo modello di coinvolgimento ipotetico vede come pratiche sociali il coinvolgimento di agenzie qualificate multidisciplinari in concomitanza con la promozione di turismo leggero.

Le agenzie multidisciplinari vengono inserite nel territorio e corrispondono a dei veri e propri sportelli fisici grazie ai quali la comunità può interfacciarsi con un'equipe interdisciplinare. Le agenzie gestiscono tutto il processo di pianificazione e gestione, scaricando la regione e lo stato da incarichi, con un importante occhio di riguardo alla comunità: identificano le potenzialità industriali e manifatturiere del luogo e inserendole nella pianificazione, consolidano un modello di consapevolezza delle rinnovabili veritiero ed affidabile perché sul luogo. La validità dell'equipe si costruisce solidamente per la sua stretta relazione con la comunità e con il continuo scambio di informazioni con le competenze amministrative regionali e statali.

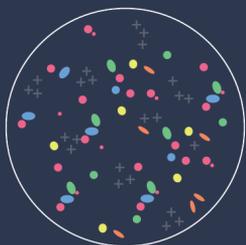
La possibile interconnessione tra le competenze amministrative e la comunità del luogo affida alle agenzie un ruolo intermediario

tra due realtà che non si conoscono perché troppo distanti. Ciò che ne deriva è un forte senso di appartenenza al territorio, e tutto ciò che questo comprende diventa, proseguendo nella scelta delle pratiche, motivo di orgoglio per una comunità che finalmente viene fortemente considerata nei processi di pianificazione e gestione. Le agenzie, quindi, tramite il coinvolgimento delle attività lavorative del luogo e il conseguente implemento delle rinnovabili nel luogo si identificano sempre di più in un luogo in trasformazione ma di cui sono orgogliosi, proprio perché ne sono partecipi.

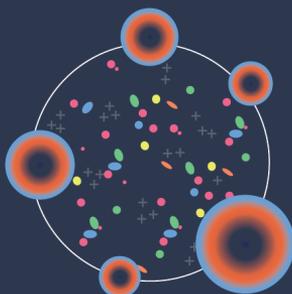
La pratica paesaggistica e quella tecnica del modello riconoscono le centrali eoliche come simboli del paesaggio e nella possibilità di realizzare attività complementari una collaborazione che rende possibile l'incremento di un turismo leggero e consapevole, nonché la seconda pratica sociale del modello.

Il modello si chiude illustrando la pratica ambientale secondo cui è possibile erigere delle infrastrutture utili alle attività complementari che siano sostenibili per la salvaguardia dell'ambiente e del paesaggio.

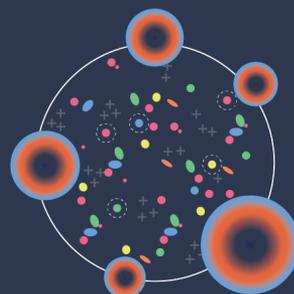
Le agenzie multidisciplinari e la comunità locale



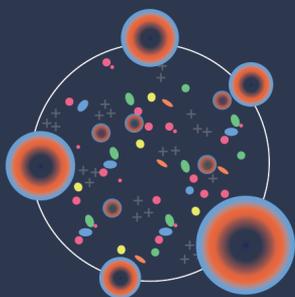
La comunità locale nel territorio



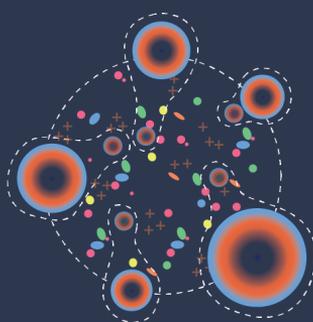
Le agenzie multidisciplinari si avvicinano al territorio



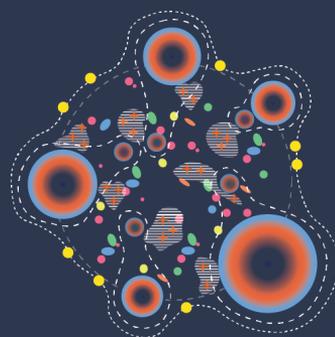
Individuazione delle potenzialità della comunità locale



Individuazione delle imprese locali utili



Istituzione della relazione tra agenzie e realtà locali



La relazione mette in risalto le risorse energetiche locali rimaste inesplorate prima. L'inserimento delle attività complementari alle centrali energetiche attraggono turismo leggero

LEGENDA



agenzie multidisciplinari



relazione agenzie-comunità



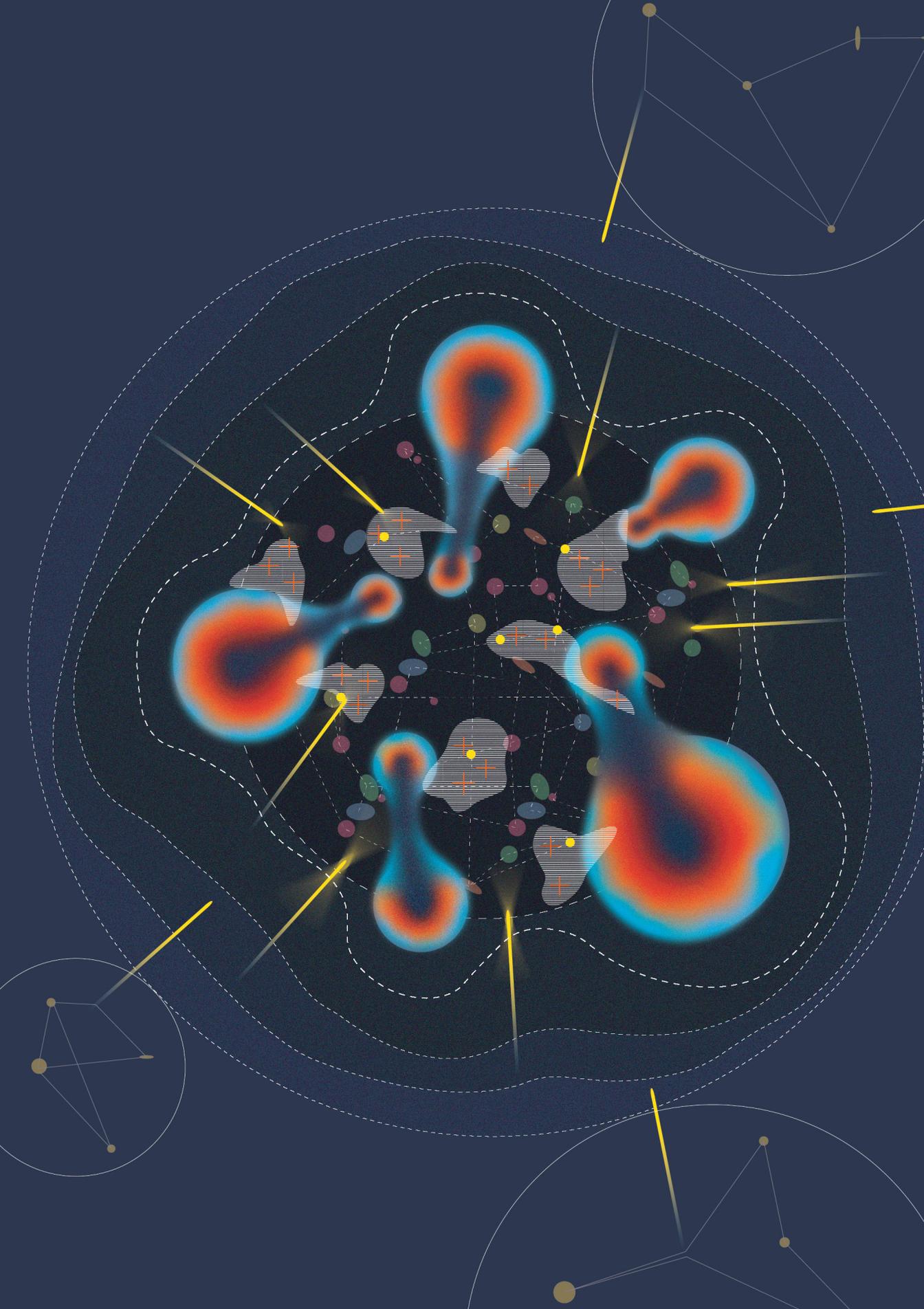
attività complementari



turismo leggero



nuova relazione: comunità locale e turisti



Il modello Sintonia

Il modello di coinvolgimento sociale *Sintonia* parte necessariamente da un'analisi della comunità che si interfaccia con la questione: gli attori principali che vengono raccontati dal modello sono: la comunità locale, le amministrazioni e la comunità scientifica.

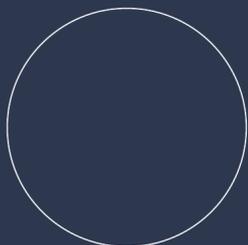
Una volta identificati gli attori, è necessario stabilire in che modo il territorio può cambiare, seguendo quale iter, comprendendo quali pratiche sociali, paesaggistiche, tecniche e ambientali. Prendendo visione delle pratiche sociali in precedenza studiate teoricamente e poi relazionate tra loro, si osserva un altro caso sociale di fondamentale rilevanza.

Si riconosce come ostacolo principale alla realizzazione dei parchi eolici una comunità diffidente e arrabbiata, che allontanata da chi di competenza realizza e pensa i parchi non abbraccia. Questo modello di coinvolgimento attenziona le modalità di progetto alla salvaguardia dei volatili senza accantonare l'incombente urgenza climatica e quindi la realizzazione del parco eolico.

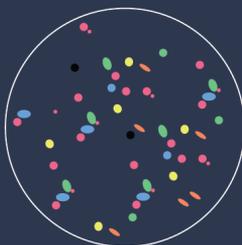
Alla luce di quanto detto, però, è necessario per la riuscita del progetto, creare un legame di vicinanza fisica tra la comunità scientifica e la comunità locale, la quale rimane scettica perché non integrata nel processo di pianificazione e gestione. Da qui una relazione, nonché la principale pratica sociale riportata in modello: la collaborazione tra la comunità scientifica e la comunità locale, la quale, come sostenuto in precedenza dalla letteratura, ha necessità di essere inclusa in questi processi sia per avvicinarsi alla realtà climatica e sia per sentirsi parte di un processo decisionale che interessa il territorio in cui vive. Le altre pratiche sociali comprendo quindi una cooperazione e diversi sistemi d'integrazione della comunità del luogo come l'utilizzo degli approcci IT per la selezione delle aree idonee. Valutazione che deve tener conto anche della problematica sollevata dalla Lipu; a questo proposito, la pratica paesaggistica vuole raccontare l'integrazione delle turbine nel paesaggio come un grande disegno di corridoi migratori, dove largo spazio viene lasciato all'avifauna. La tecnologia come la tutela dell'ambiente si concentra sulla fornitura di diversi sistemi per la salvaguardia come telecamere e controllo remoto delle turbine.

La comunità del luogo è...

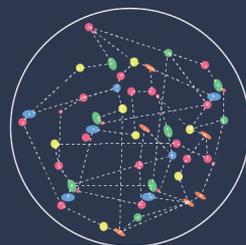
perchè sta.



Il territorio



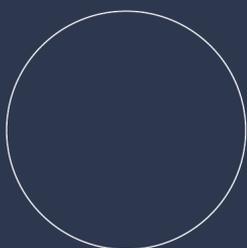
La comunità
locale



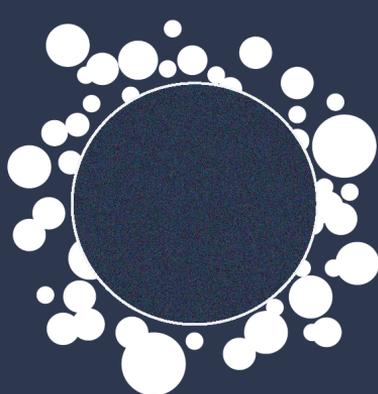
Apparato
relazionale
interno

La comunità scientifica è...

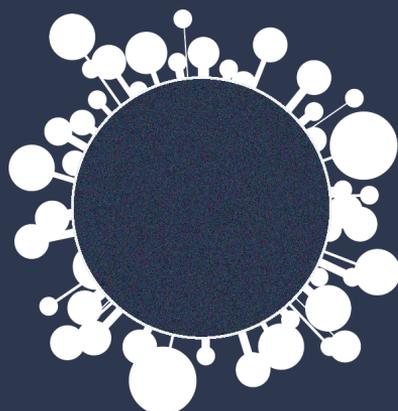
perchè conosce.



Il territorio



La comunità
scientifica



Apparato
relazionale
esterno

LEGENDA



connessione c.
locale e territorio



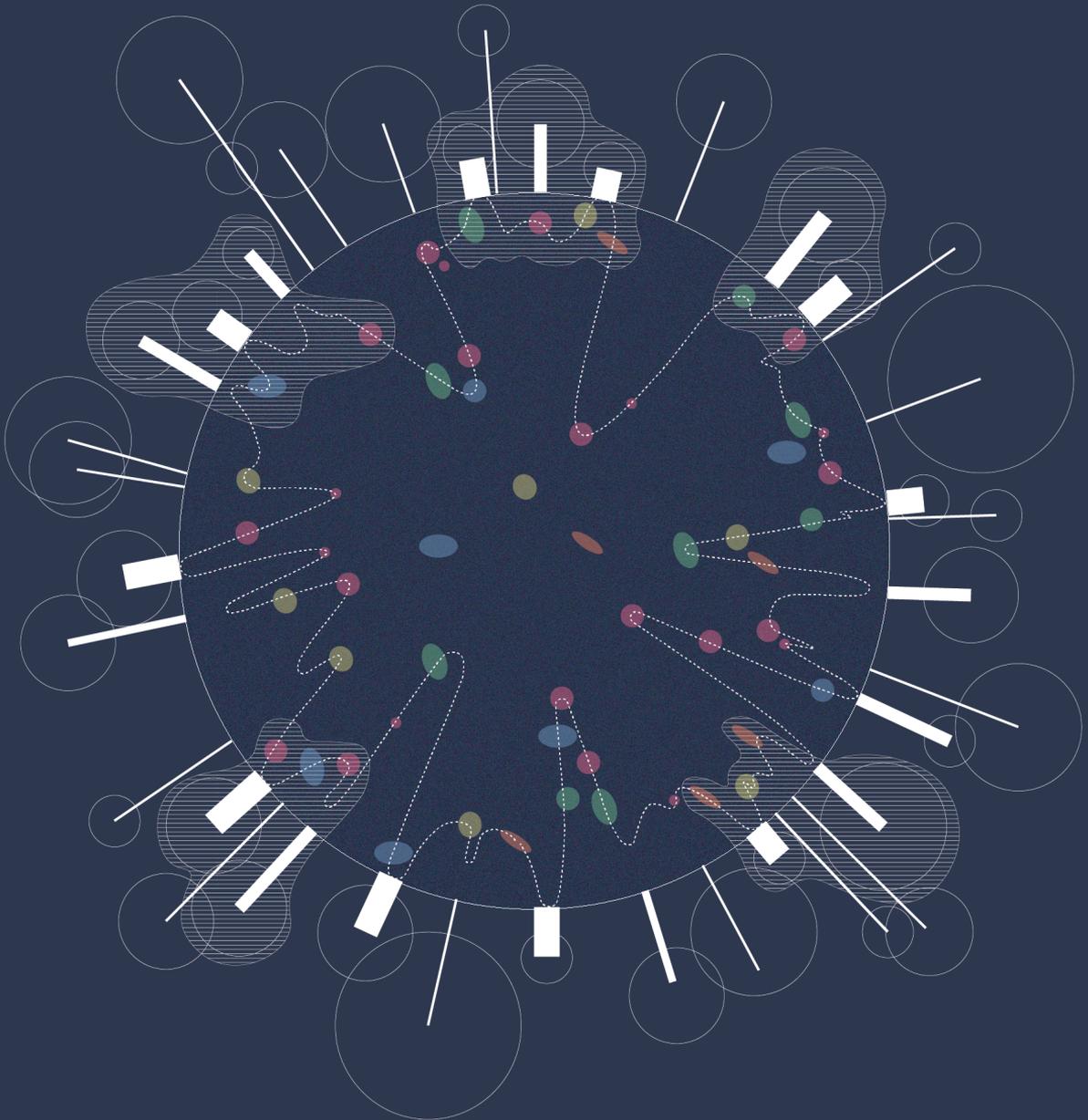
gradi di connessione
c. scientifica e
territorio



aree di maggiore connessione: ove la
c. scientifica è più vicina al territorio

Le persone sono...

perchè abitano.



Il modello Co-creazione

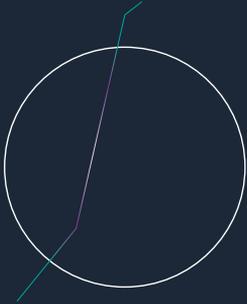
Il modello di coinvolgimento sociale *Co-creazione* parte da un'analisi della comunità che si interfaccia con gli attori principali che vengono raccontati dal modello sono: la comunità locale, le amministrazioni e la comunità scientifica.

Una volta identificati gli attori, è necessario stabilire in che modo il territorio può cambiare, seguendo quale iter, comprendendo quali pratiche sociali, paesaggistiche, tecniche e ambientali.

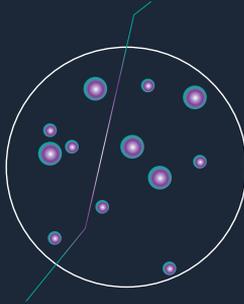
Prendendo visione delle pratiche sociali in precedenza studiate teoricamente e poi relazionate tra loro, si osserva un altro caso sociale di fondamentale rilevanza.

Si riconosce l'estrema urgenza nella comunità del luogo di "operare" per il progetto; a questo proposito, è necessario integrare nei processi di ideazione, pianificazione e gestione la comunità che ospiterà il parco aprendo la possibilità di collaborare con aziende locali per la costruzione dell'impianto. A gestire le operazioni vi sono delle agenzie di supporto per lo sviluppo locale, le quali, fungendo da tramite tra le amministrazioni e la comunità, stabiliscono gli iter da seguire per ottenere un progetto partecipato e trasparente nelle azioni che caratterizzano l'iter del ciclo di vita del parco.

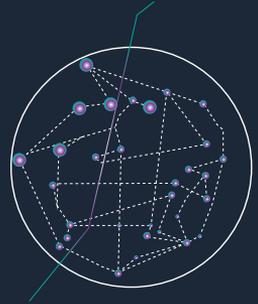
Questo modello e le pratiche che vi sono a comporlo, designano un diagramma utile a comprendere l'importanza della considerazione delle attività produttive limitrofe. Questo processo consente la nascita di circostanze chiare e trasparenti al punto di ottenere fiducia nella comunità locale, la quale proporrà un disegno di cooperative energetiche utili alle persone.



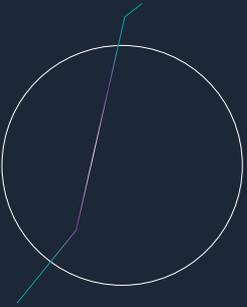
Il territorio



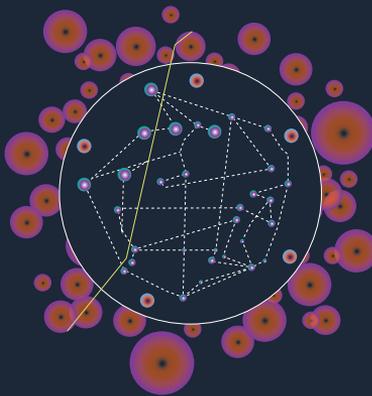
La comunità
locale



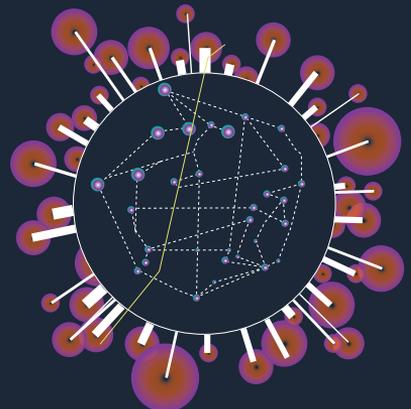
Apparato
relazionale
interno



Il territorio



comunità
scientifica



Apparato
relazionale
esterno

LEGENDA



Agenzie di sviluppo locale



grado di avvicinamento
dell'educazione
energetica con il territorio

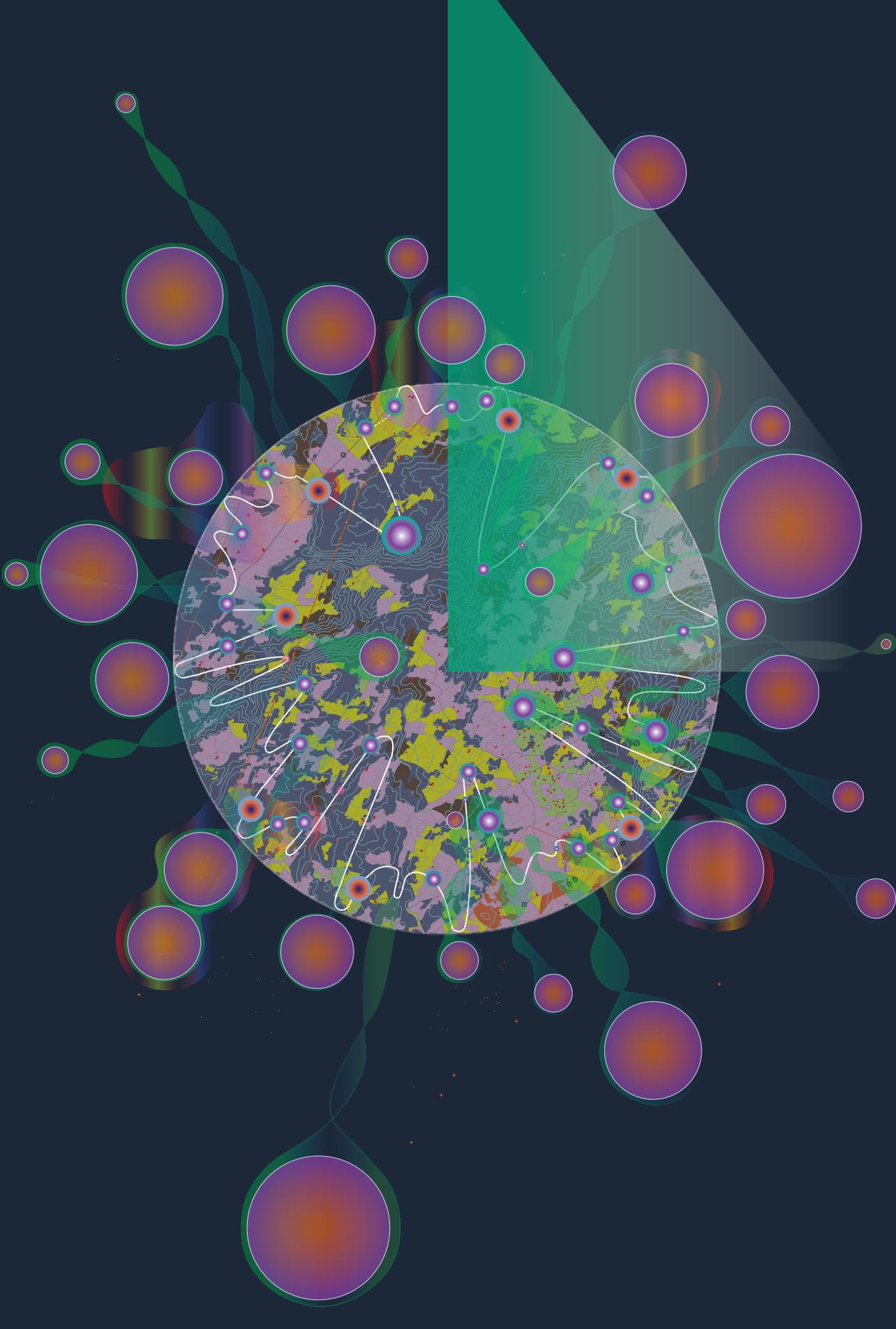


comunità scientifica



cooperative energetiche

l'attrazione che, grazie alle
agenzie, esiste tra la comunità
locale e quella scientifica



La stesura dei modelli appena raccontati ha fatto sì che la sperimentazione ipotetica potesse essere essenziale all'avanzamento della ricerca, ma, al contempo, capace di far emergere delle problematiche: questi modelli non sono solo ipotetici, quindi stilati seguendo una logica di susseguenza di azioni macro-tematiche, ma corrono anche il rischio di non essere situati nel territorio. La complessità del territorio necessita lo sguardo esperto di chi ne conosce a fondo le caratteristiche e le interrelazioni per attuare un cambiamento ben riuscito; d'altra parte però, prima di procedere allo sviluppo di un modello applicato, urge la conoscenza di un modello teorico che sia in grado di confrontarsi con l'assenza di riferimenti normativi: è indispensabile una volta stabilita una nuova modalità d'operare, individuare una dimensione teorica che consenta una piena conoscenza delle pratiche, anche se queste non risultano ancora situate.





**Una proposta per
la Gallura**

AREA LIMITROFA ALLA TURBINA

GA01

AREA LIMITROFA ALLA TURBINA

GA01

AREA LIMITROFA ALLA TURBINA

GA02

AREA LIMITROFA ALLA TURBINA

GA02

AREA LIMITROFA ALLA TURBINA

GA03

AREA LIMITROFA ALLA TURBINA

GA04

AREA LIMITROFA ALLA TURBINA

GA05

AREA LIMITROFA ALLA TURBINA

GA06





AREA LIMITROFA ALLA TURBINA

GA07

AREA LIMITROFA ALLA TURBINA

GA08

AREA LIMITROFA ALLA TURBINA

GA08

AREA LIMITROFA ALLA TURBINA

GA09

AREA LIMITROFA ALLA TURBINA

GA09

AREA LIMITROFA ALLA TURBINA

GA10

AREA LIMITROFA ALLA TURBINA

GA10

AREA LIMITROFA ALLA TURBINA

GA11

AGGIUS

TEMPIO PAUSANIA

LURAS



— N

CALANGIANUS



N
|

TEMPIO PAUSANIA

Parte terza

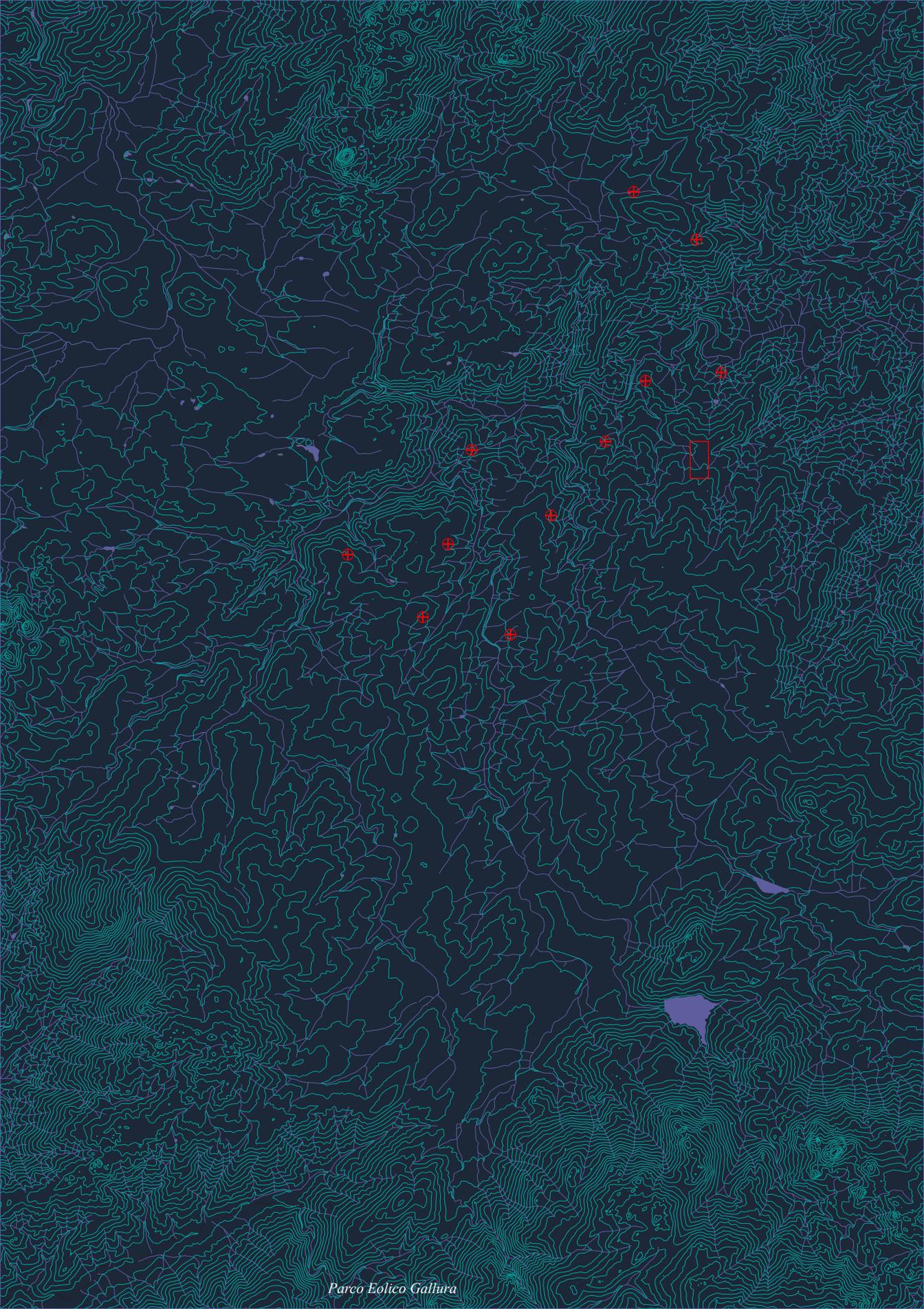


LURAS/CALANGIANUS

Parco Eolico Gallura

Curve di livello e specchi d'acqua

-  Curve di livello
-  Corsi d'acqua
-  Turbine del progetto “Parco Eolico Gallura”
-  SEU del “Parco Eolico Gallura”



Uso del suolo



Turbine del progetto “Parco Eolico Gallura”



SEU del “Parco Eolico Gallura”



Aree boschive



Coltura agricola



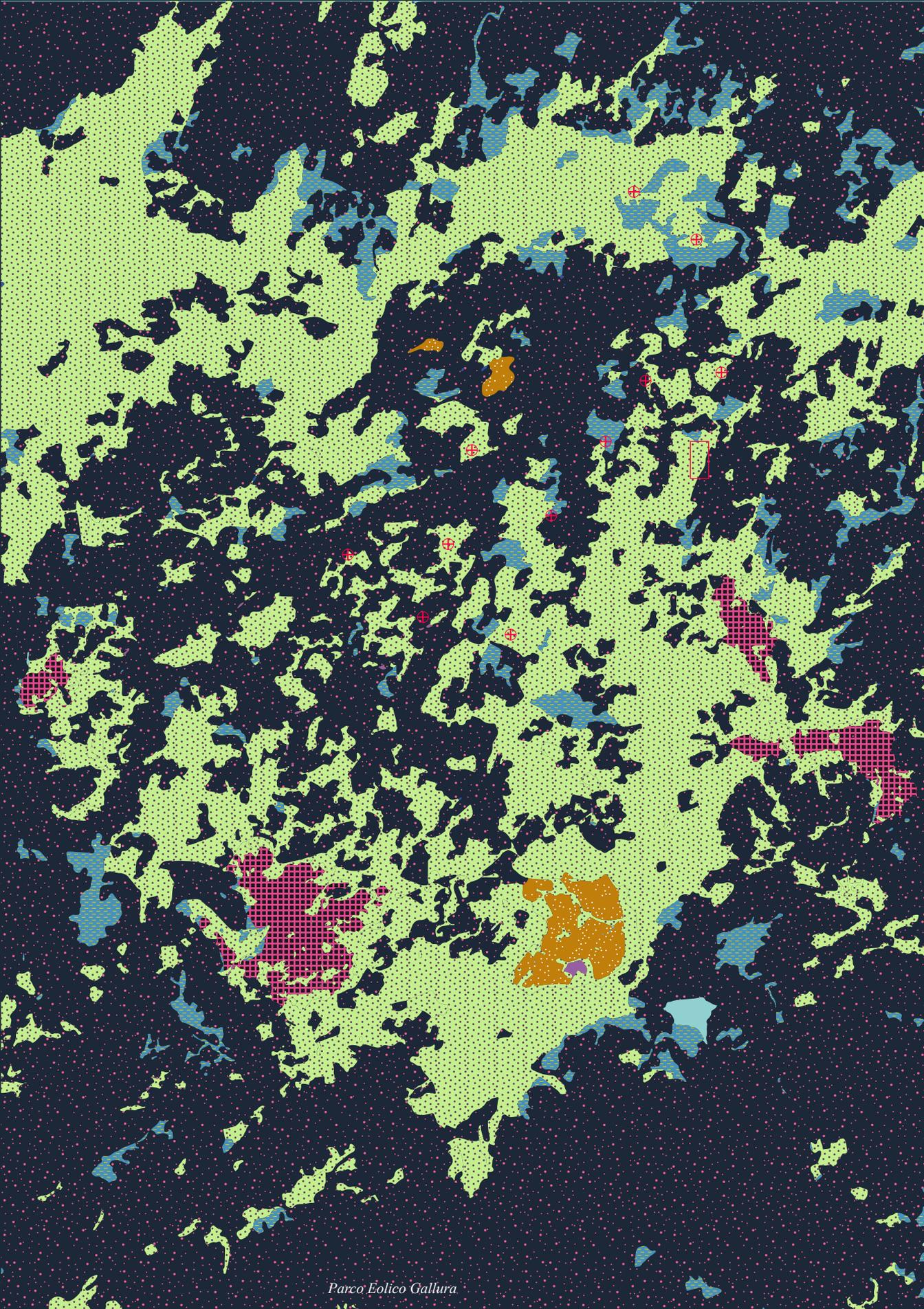
Pascolo incolto



Tessuto urbano



Aree industriali



Uso del suolo
Ingrandimento

 Turbine del progetto “Parco Eolico Gallura”

 SEU del “Parco Eolico Gallura”

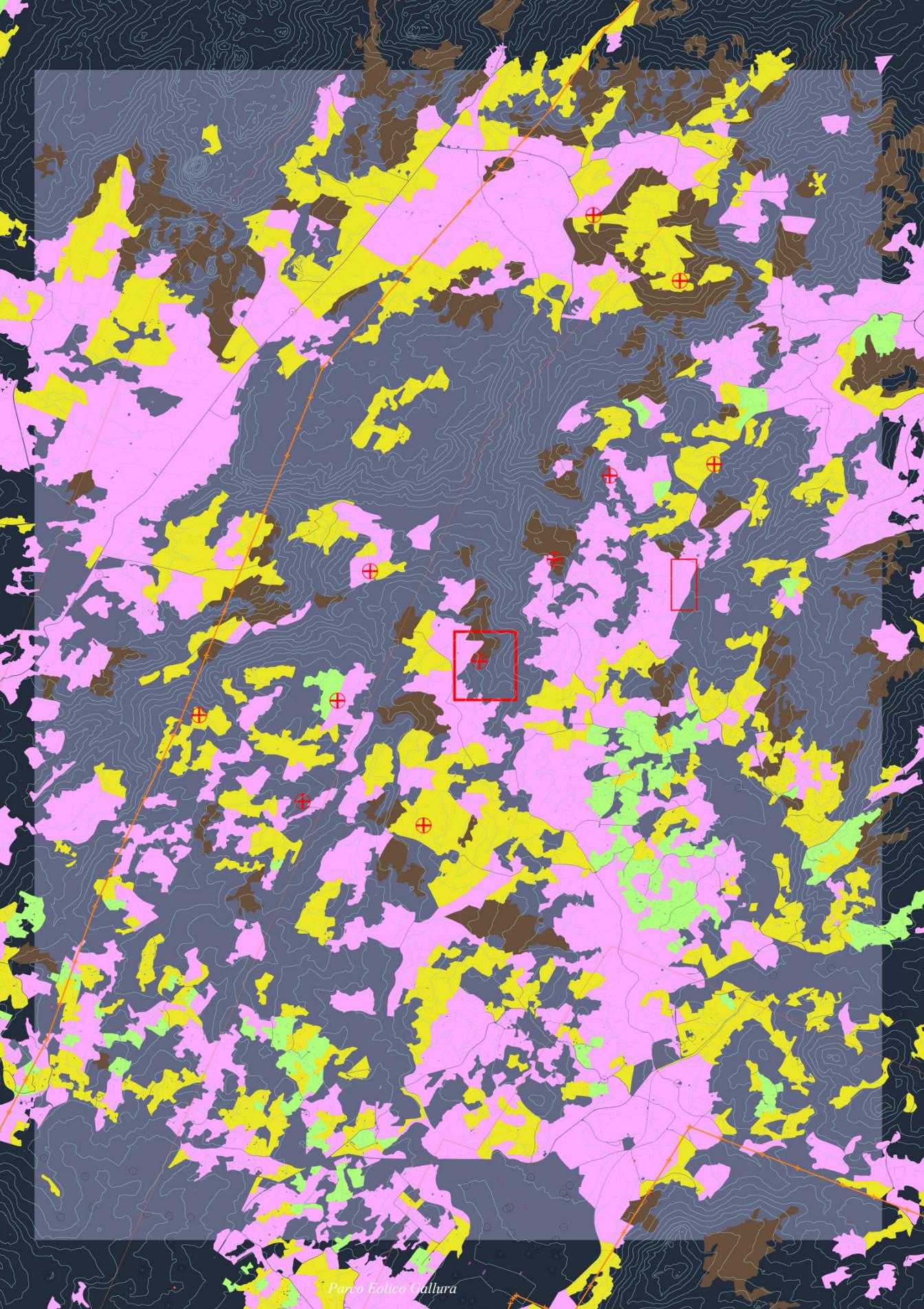
 Bosco- non adatto agli impianti

 Vivai, aree non irrigue

 Marcite

 Vigneti

 Uliveti



Infrastrutture stradali e energetiche



Turbine del progetto “Parco Eolico Gallura”



SEU del “Parco Eolico Gallura”



Viabilità principale



Viabilità mista secondaria



Campestre



Mulattiere



Sentieri



Rete ferroviaria



Ponte, viadotto, cavalcavia



Tratto rete elettrica



Traliccio



Cabina di trasformazione



Nodo rete telecomunicazione

Aree protette e beni paesaggistici



Turbine del progetto “Parco Eolico Gallura”



SEU del “Parco Eolico Gallura”



Aree dichiarate di notevole interesse pubblico
vincolate con provv. amm.



Rete Natura 2000(SIC/ZSC e ZPS)



PPR06 - Oasi permanenti di protezione faunistica

PPR06 - Beni paesaggistici storico culturali puntuali
ex art. 143 D.Lgs. 42/04 e succ. mod.



Insediamiento storico sparso



Nuraghe



Chiesa



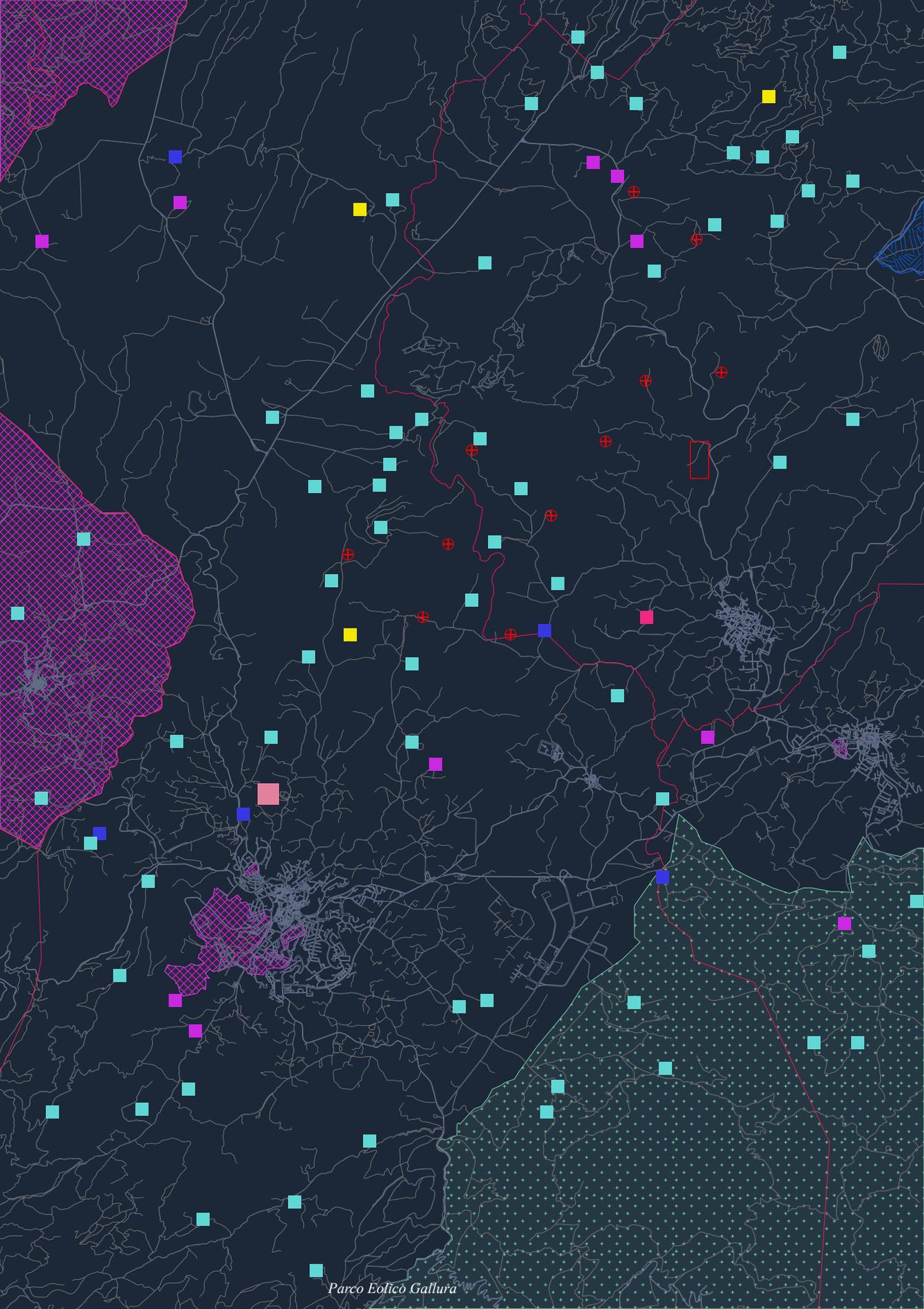
Dolmen



Villaggio

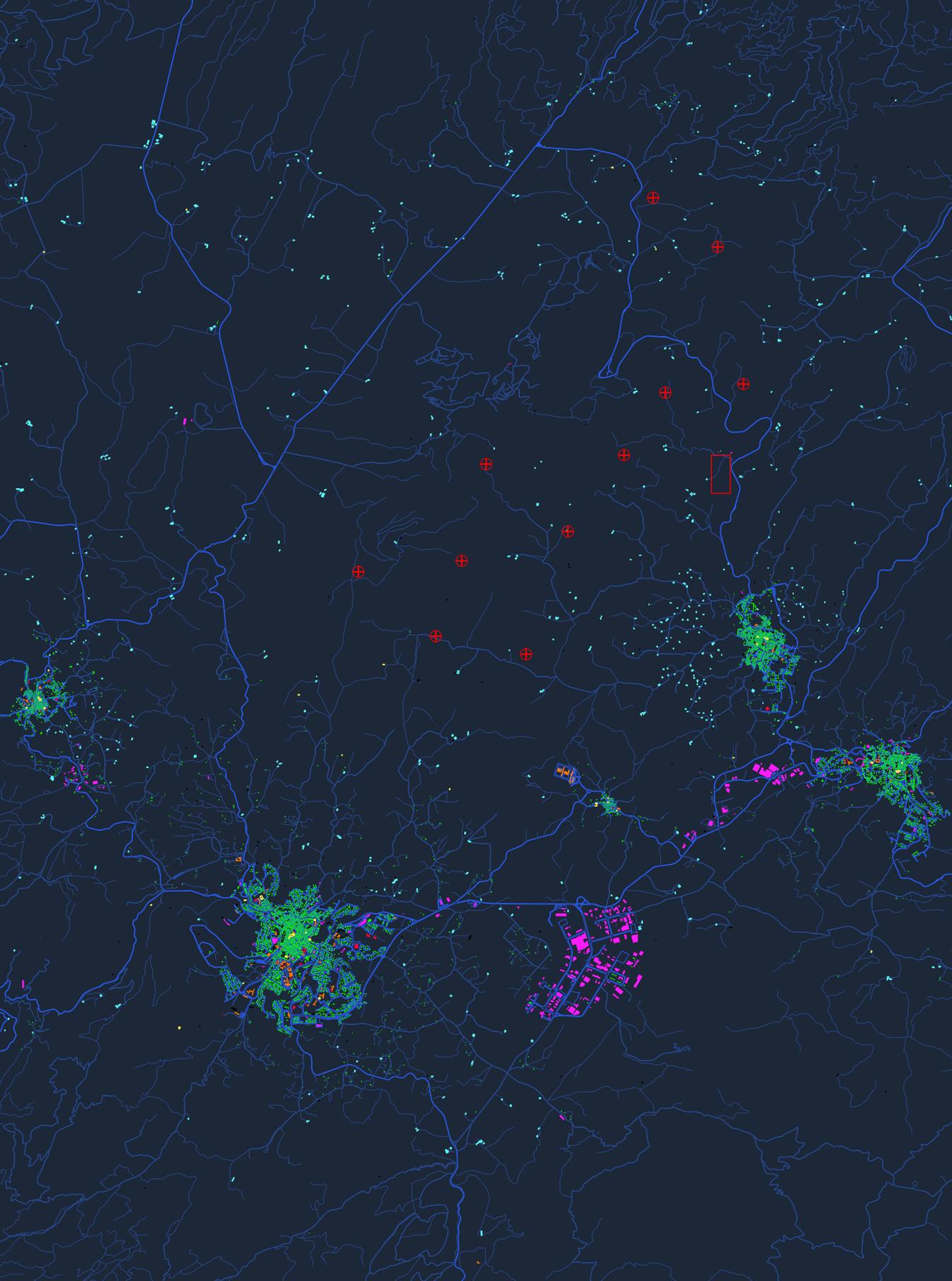


Sito archeologico



Tipologia di edificato

-  Turbine del progetto “Parco Eolico Gallura”
-  SEU del “Parco Eolico Gallura”
-  Edifici residenziali
-  Aree industriali
-  Stalle, fattorie, tenute agricole
-  Ricreativo
-  Servizio pubblico



Limiti della progettazione

Il territorio specifico della Gallura e la letteratura approfondita in precedenza sembra possano muovere alcune considerazioni utili circa la metodologia d'approccio al progetto. Si nota, infatti, che la progettazione dell'eolico ha alcune specificità ed alcune debolezze. Sono molteplici gli aspetti negativi a contorno della realizzazione di un parco eolico: l'assenza, l'incompletezza o l'incongruità delle normative, o più in generale di regole, gli impatti ambientali e paesaggistici, la scissione sociale tra chi, a sostegno delle FER, si mostra d'appoggio alla realizzazione e chi, invece, considera le macchine d'estremo disturbo percettivo, sociale e culturale.

Gli scenari presentati partono in ogni caso dalla proposta del Parco Eolico Gallura e dalla sua ampia e aperta documentazione, pur adottando entrambi alcune pratiche spaziali desunte dall'abaco. Il primo passo svolto per identificare un metodo da seguire per gli sviluppi successivi è l'approfondimento della proposta progettuale bocciata, così da poter meglio comprendere la conformità o meno del progetto nel territorio specifico.

Gli elaborati di progetto proposti e gli strumenti GIS consentono una verifica ulteriore della posizione delle turbine sul territorio: l'area di pertinenza delle turbine (di tutte e 11) non risulta limitrofa o inserita in nessuna area protetta, rispetta le distanze dai centri abitati e le distanze tra gli aerogeneratori, non è inserita a interruzione di correnti migratorie e la sua posizione è in corrispondenza di altipiani che garantiscono una buona forza del vento.

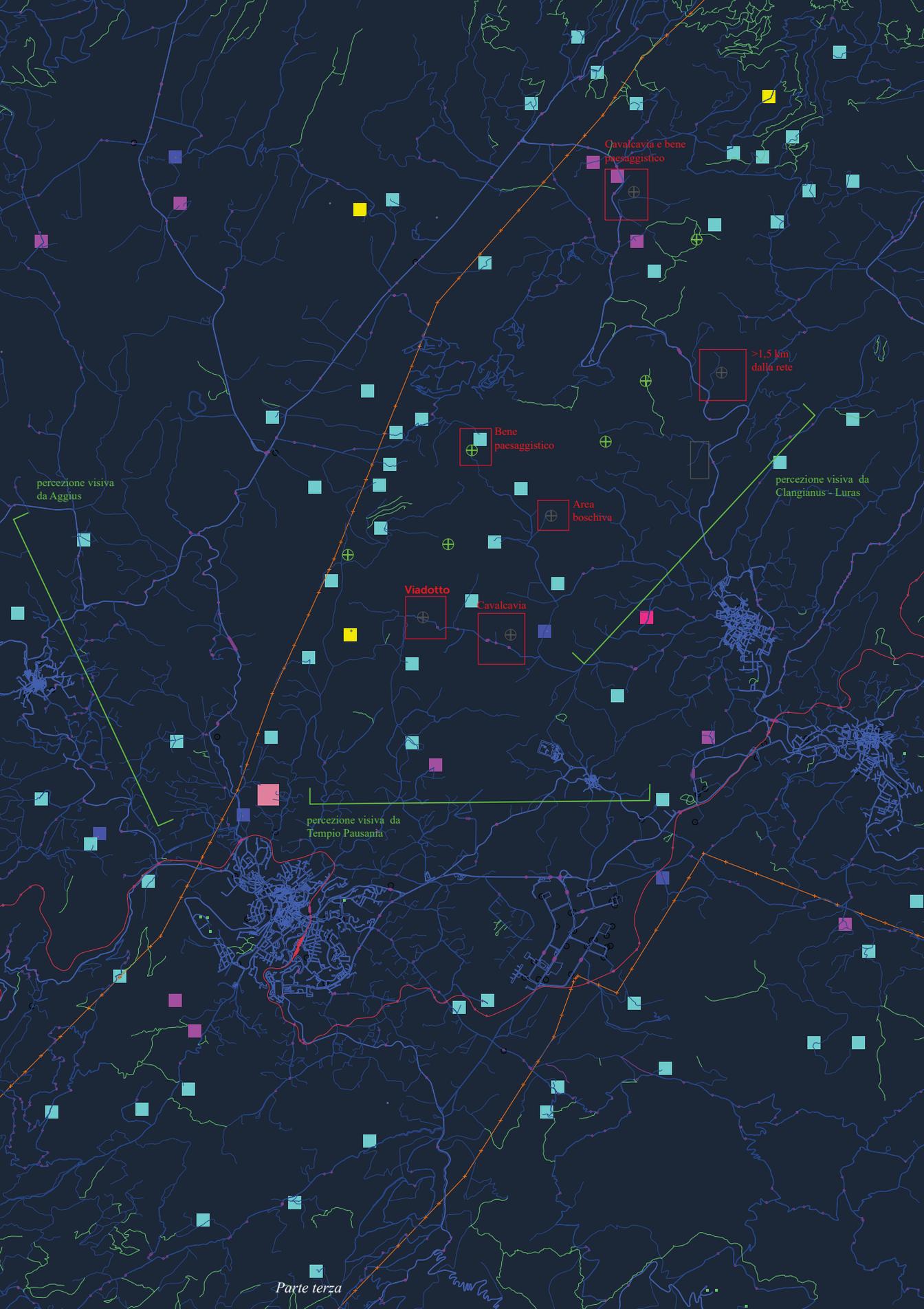
D'altra parte, però, alcune di queste, oltre a creare un fastidioso **effetto selva** osservabile dalle campagne limitrofe, sono prossime a cavalcavia, ponti e sottopassaggi e nonostante la normativa italiana non imponga una distanza fissa, detta comunque delle regole per stabilire delle **aree "cuscinetto"** che per motivi di sicurezza bisogna garantire: inizialmente si intende una distanza di 7 km e poi ridotta a 3 km; ed alcune turbine del Parco Eolico Gallura non la rispettano.

Oltre a ciò, come riporta la Delibera G.R. Sardegna del 21/07/2003, n. 22/32, maggiore è la distanza che intercorre tra la turbina e la rete elettrica più importante sarà la perdita subita e più alti i costi degli impianti a sostegno della trasmissione d'energia.

A fronte di quanto riportato, e considerando che il progetto Parco Eolico Gallura inserisce le turbine su percorsi già esistenti, il che contribuisce al rispetto ambientale del luogo, si compie una

cernita, **diminuendo il numero di turbine ma garantendo un'importante potenza prodotta totale in linea con le normative, con le percezioni visive popolari e con l'ambiente.** Di seguito viene quindi presentato sia lo schema di progetto con la sua distribuzione spaziale “aggiornata”, sia anche tre maggiori viste e ai profili paesaggistici integrati con le pratiche scelte dall'abaco.

Le quattro pratiche visibili nelle sezioni sono di tipo “percettivo”, mentre le pratiche visibili nelle mappe sono di tipo “tecnico”. In questo modo, la proposta per la Gallura sperimenta l'approccio progettuale descritto nel capitolo precedente: consapevole delle condizioni specifiche del territorio, il progettista impiega alcune delle possibili buone pratiche spaziali, verificandone però con gli strumenti della rappresentazione la fattibilità. L'esperimento spaziale qui presentato differisce però negli scenari di gestione. Nonostante la disposizione spaziale sia la medesima, i due scenari proposti lavorano in realtà in due direzioni non coincidenti: da un lato un modello gestionale che privilegia la divisione degli utili (la Cooperativa Energetica Rinnovabile), dall'altra un modello che privilegia la condivisione delle responsabilità (la Comunità Energetica Rinnovabile e Solidale). Si esplorano quindi entrambi i modelli e le dinamiche spaziali che questi determinano, a partire da un medesimo progetto di impianto eolico.



Cavalcavia e bene paesaggistico

>1,5 km dalla rete

Bene paesaggistico

Area boschiva

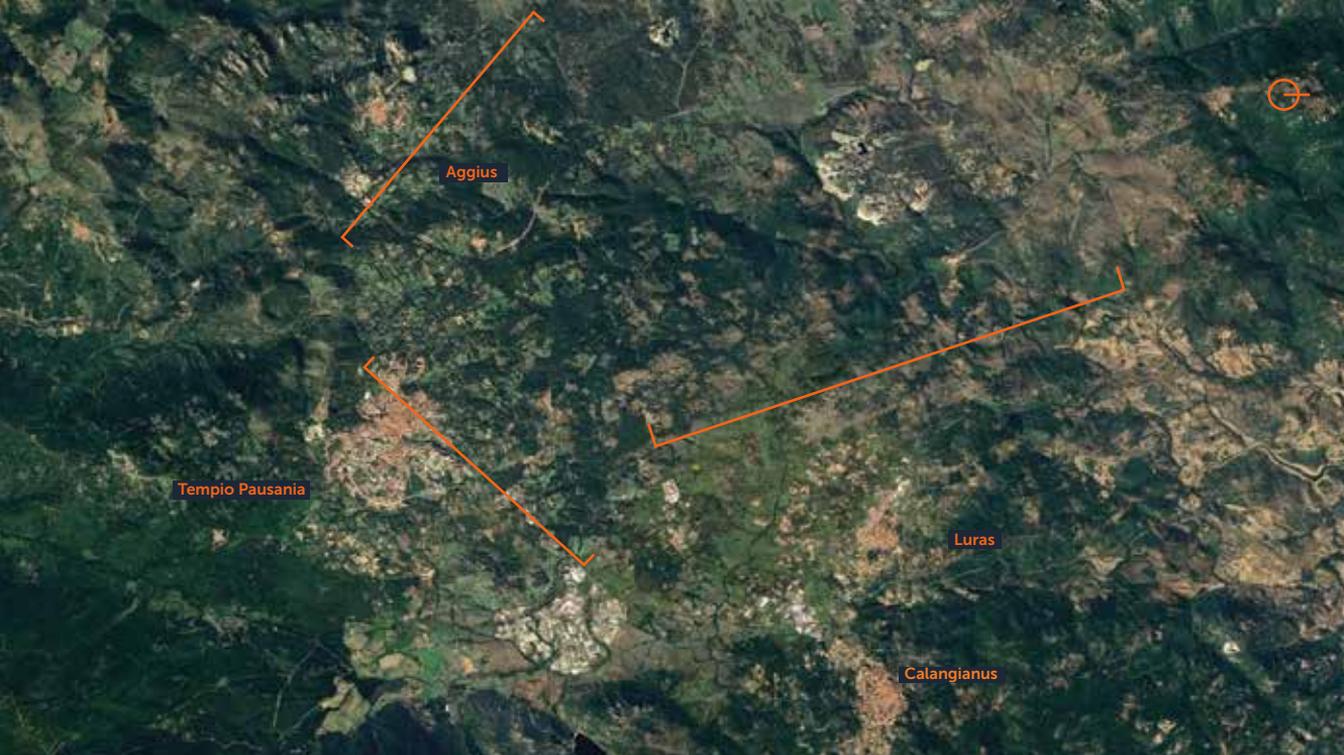
Viadotto

Cavalcavia

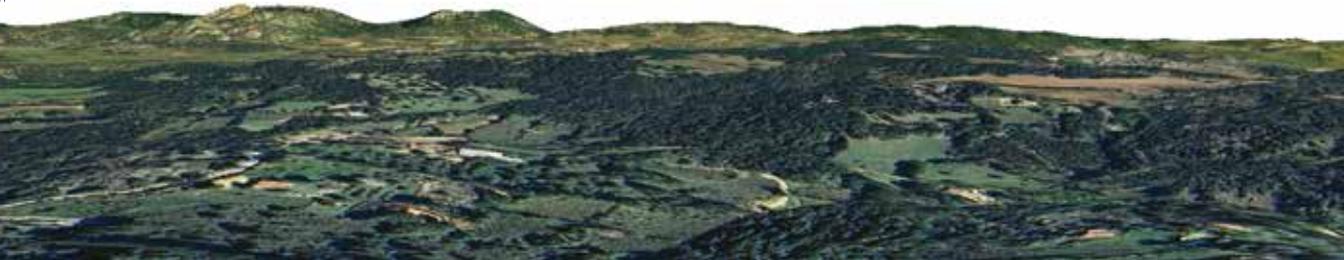
percezione visiva da Aggius

percezione visiva da Clangianus+Luras

percezione visiva da Tempio Pausania



Tempio Pausania



Luras-Calangianus



Agius



Scenario 1: Cooperativa Energetica Rinnovabile (COOP-ER): la condivisione degli utili

Le cooperative energetiche nascono per restituire ascolto e proposte all'emergenza climatica. Il modello che agisce sul territorio e che le caratterizza prevede diversi stakeholders: i cittadini, i privati, gli enti religiosi, le PMI, le associazioni, le aziende agricole artigianali, le famiglie e a intermittenza, dipendente dal modello finanziario che si vuole adoperare, il settore pubblico.

Le cooperative energetiche rinnovabili sono potenzialmente qualificate per porre al centro della transizione energetica le comunità locali; grazie alla loro natura giuridica, infatti, dispongono autonomamente di impianti di produzione d'energia da cui possono derivare azioni di consumo, vendita, scambio e accumulo. Il modello si rivela estremamente funzionale di fronte a dinamiche di povertà energetica perché consente una ridimensione dei costi dell'energia direttamente in bolletta. L'attuale modello COOP-ER fa riferimento alla direttiva Red II (2018/2001/UE) attuata in Italia con il decreto d.lgs 199/2021; tuttavia, nonostante i presupposti positivi, le cooperative energetiche in Italia si trovano oggi in una condizione di stallo: la burocrazia e la normativa ormai obsoleta non consentono l'implementazione del modello. Le numerose sollecitazioni provenienti dalle associazioni di settore trovano risposta in un recente documento del Servizio della Camera dei Deputati in cui viene riconosciuta la complessità dell'argomento e l'impossibilità, nel breve periodo, di giungere a una disciplina normativa più chiara e aggiornata. A sommarsi alla respingente situazione burocratica, l'innesto di dubbi legati all'apertura del modello si diffonde sempre di più vista la sempre più rara partecipazione dei soggetti pubblici, nonché coloro che dovrebbero più di tutti garantire una partecipazione della popolazione quanto più totalizzante, che comprenda sia situazioni di agio che di marginalità spaziale e sociale.

Da una parte, quindi, le COOP-ER rivestono il ruolo di modello ideale per scopi finanziari-economici ma, d'altra parte, nonostante si concepiscano al di sopra di principi di sussidiarietà orizzontale nella produzione d'energia, non risultano a livello sociale pienamente accettabili in quanto generano un senso diffuso di disparità, il quale alimenta un forte senso di ingiustizia nel territorio.

COOP-ER

Scenario 2: Comunità Energetica Rinnovabile e Solidale (CER-S): la condivisione delle responsabilità

Con l'obiettivo di allontanare la possibilità di creare della disuguaglianza urbana, le comunità energetiche rinnovabili e solidali (CER-S), posizionano sullo stesso livello l'urgenza della transizione ecologica e della giustizia energetica, il tutto affrontato in maniera collettiva.

Le CER-S nascono seguendo forti principi di decentralizzazione, solidarietà e redistribuzione inclusiva dei benefici energetici. Il modello vede il coinvolgimento, attraverso un sistema di co-amministrazione, diversi attori: cittadini singoli, famiglie, associazioni, aziende agricole o artigianali, PMI, enti religiosi e, a differenza delle COOP-ER, l'amministrazione pubblica locale. In una prospettiva di co-amministrazione con le amministrazioni pubbliche locali, la società civile trova una collaborazione che rende partecipativo tutto il processo.

Perché questo modello possa funzionare, è necessario l'impegno di entrambe le parti: da un lato, l'amministrazione pubblica deve essere competente e disponibile al dialogo; dall'altro, i cittadini devono essere partecipi e attivi. Quando questo non accade, spetta all'amministrazione attivare percorsi capaci di stimolare il coinvolgimento della comunità. La produzione collettiva d'energia da fonti rinnovabile riduce i costi in bolletta e, in aggiunta, garantisce la diminuzione della povertà energetica vincolata a contesti di marginalità.

Nella praticità dell'applicazione del modello al territorio, le CER-S non sono dotate di una rete elettrica autonoma, il che fa sì che il ricavo energetico generato dalle FER venga riversato sulla rete elettrica nazionale e destinato a tutti e tutte, anche a chi è al di fuori della CER-S.

Il Gestore dei Servizi Energetici (GSE), successivamente, riconosce alle CER-S la quantità d'energia che è stata consumata durante la produzione della stessa e restituisce l'ammontare in incentivi economici per ogni kWh condiviso, il quale viene redistribuito tra i membri della comunità energetica rinnovabile e solidale.

CER-S

cittadini
a margine

comunità a
margine

PUBBLICO

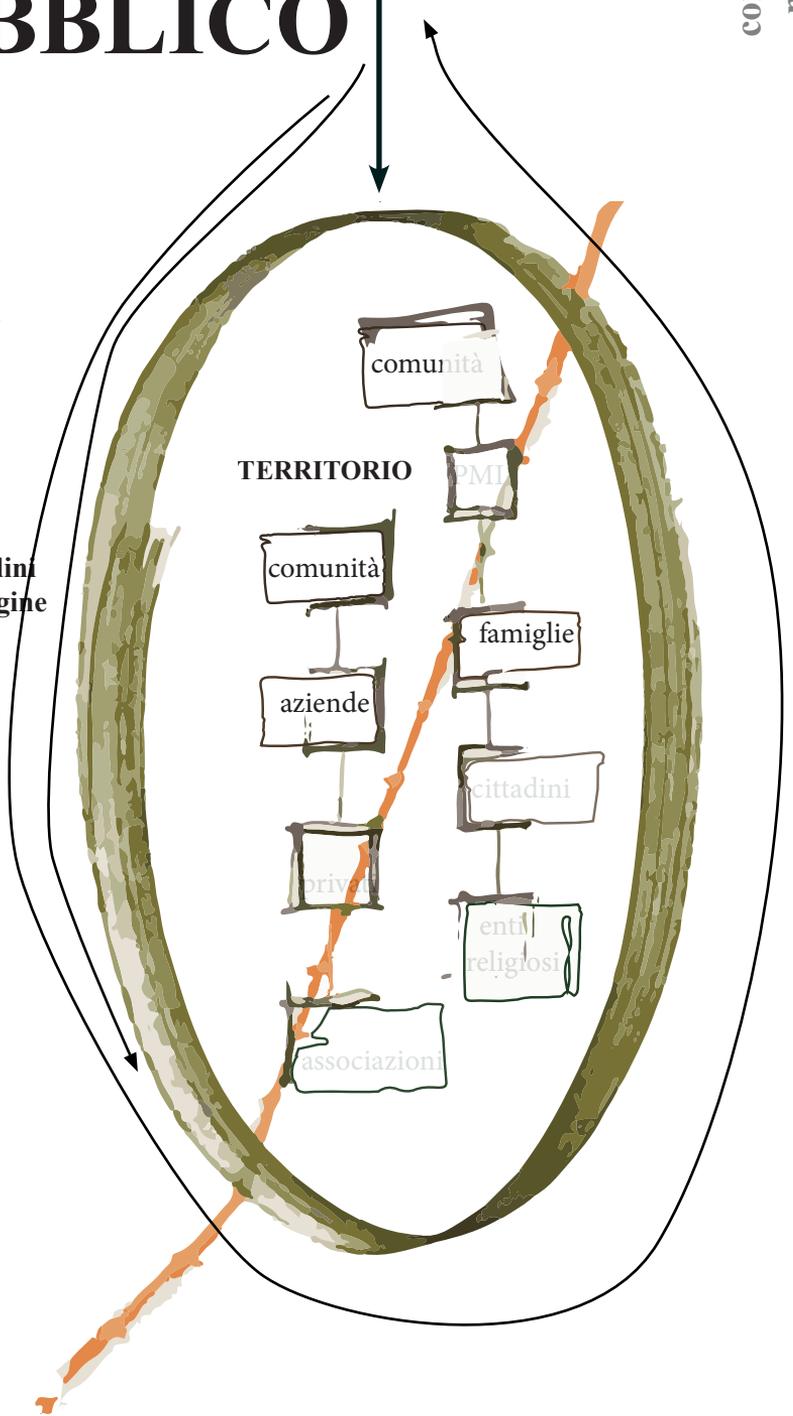
comunità a
margine

cittadini
a margine

cittadini
a margine

cittadini
a margine

comunità a
margine



COOP-ER

cittadini
a margine

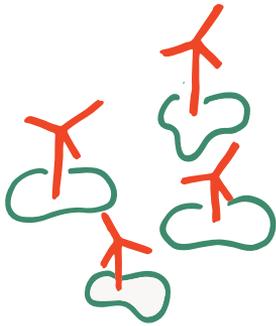
Parte terza

cittadini
a margine



CER-S

Il modello della **Cooperativa Energetica Rinnovabile** si configura come un sistema chiuso attorno ad una rete privata di produzione e distribuzione di energia, in cui gli stakeholders (privati, imprese e, talvolta, enti locali) si consolidano in forma cooperativa, con il principale obiettivo di ottenere il maggior valore possibile di profitti derivanti dall'attività di produzione energetica.



Una relazione diretta esiste tra quantità di energia prodotta e beneficio economico: se si produce di più, si guadagna di più. La produzione di energia, e quindi la cooperativa, corre il rischio di essere intesa come un'attività produttiva, finalizzata a generare il massimo dei ricavi per poi redistribuirli tra i soci.

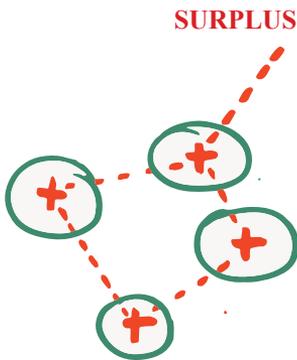
L'energia prodotta viene immagazzinata e distribuita all'interno della rete privata della stessa cooperativa e i benefici economici legati allo scambio di energia sono suddivisi tra ai soci, nonché, come in questo caso specifico analizzato, persone della comunità che ospitano nella propria proprietà terriera l'impianto. Questo circuito chiuso rinforza un'impostazione orientata alla redditività: puntata ai profitti quale unico fine, per cui la funzione pubblica e sociale dell'energia viene ridotta a semplice strumento di profitto interno.

L'attore pubblico (le amministrazioni comunali o regionali) resta ai margini del processo, essendo chiamato soltanto a definire il quadro normativo e autorizzativo, ma non a partecipare alla governance e alla **redistribuzione dei benefici**.

Questo modello produce una dinamica selettiva: solamente quei soggetti che dispongono delle risorse finanziarie, terreni o delle competenze tecniche possono costituire o aderire ad una cooperativa. Si determina così una forma di esclusione strutturale, per cui i gruppi sociali più deboli e i territori meno strutturati vengono esclusi dalla possibilità di accedere ai benefici energetici e agli utili. Nascono, così, nuove ineguaglianze energetiche e territoriali, con comunità chiuse che si autoalimentano e lasciano ai margini coloro che non hanno accesso alla rete privata.

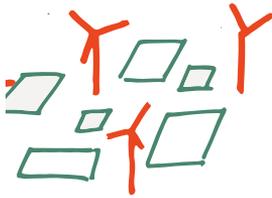
L'energia è così sottratta alla sua dimensione collettiva e ridotta a merce di scambio all'interno di un modello economico autoreferenziale.

Alla pagina successiva lo schema rappresenta il modello finanziario appena descritto.

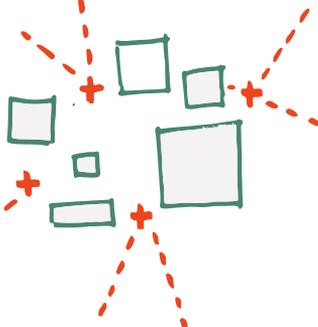


COOP-ER

Il modello della **Comunità Energetica Rinnovabile e Solidale** si fonda su un approccio aperto e relazionale, basato sul principio della giusta corresponsabilità tra tutti i soggetti coinvolti. In questo contesto, l'energia prodotta viene immessa nella rete pubblica nazionale, invece di rimanere in una rete privata, e successivamente riconosciuta dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE), che misura i kWh condivisi e redistribuisce incentivi economici tra i membri della comunità. Ciò che rende unico questo modello non è solo l'apertura tecnica verso l'esterno, ma anche l'apertura politica e sociale: l'intero sistema è progettato per garantire una distribuzione equa delle responsabilità, delle risorse e dei benefici. Tutti, cittadini, famiglie, piccole imprese, enti pubblici, partecipano attivamente alla governance del sistema, dove la figura pubblica non è solo un osservatore, ma un attore centrale e garante del funzionamento complessivo. L'obiettivo non è massimizzare i profitti, ma **assicurare un equilibrio di corresponsabilità** tra produzione, consumo, gestione e impatti territoriali dell'energia. La comunità energetica solidale rompe la logica del privilegio energetico: nessuno viene escluso, nemmeno chi non ha potuto contribuire direttamente alla produzione. L'energia condivisa sulla rete pubblica ha infatti effetti redistributivi potenzialmente universali, che possono raggiungere anche soggetti marginali, come famiglie in difficoltà, territori non attrezzati o realtà vulnerabili dal punto di vista economico e infrastrutturale. Questo modello si basa sull'idea che l'energia sia un bene comune e che la sua gestione debba essere condivisa da tutti i membri della società in modo responsabile e inclusivo. In questa visione, la comunità energetica solidale si propone come un'**infrastruttura sociale e culturale**, capace di generare non solo energia, ma anche relazioni, cooperazione e fiducia. La priorità non è il rendimento, ma la corresponsabilità ambientale.



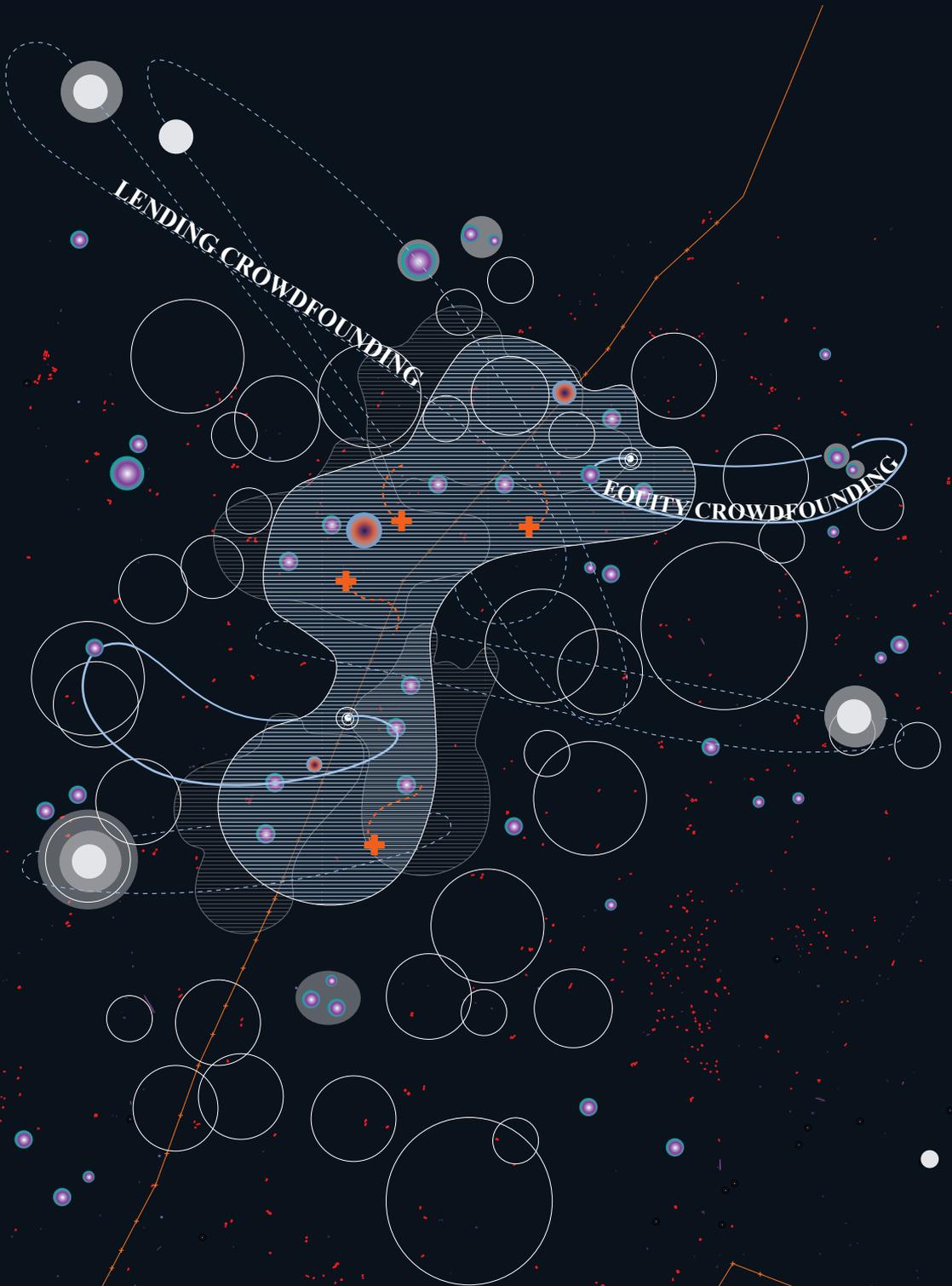
**TOTALE ENERGIA
PRODOTTA**



**TOTALE ENERGIA
PRODOTTA**

Alla pagina successiva lo schema rappresenta il modello di gestione della responsabilità.

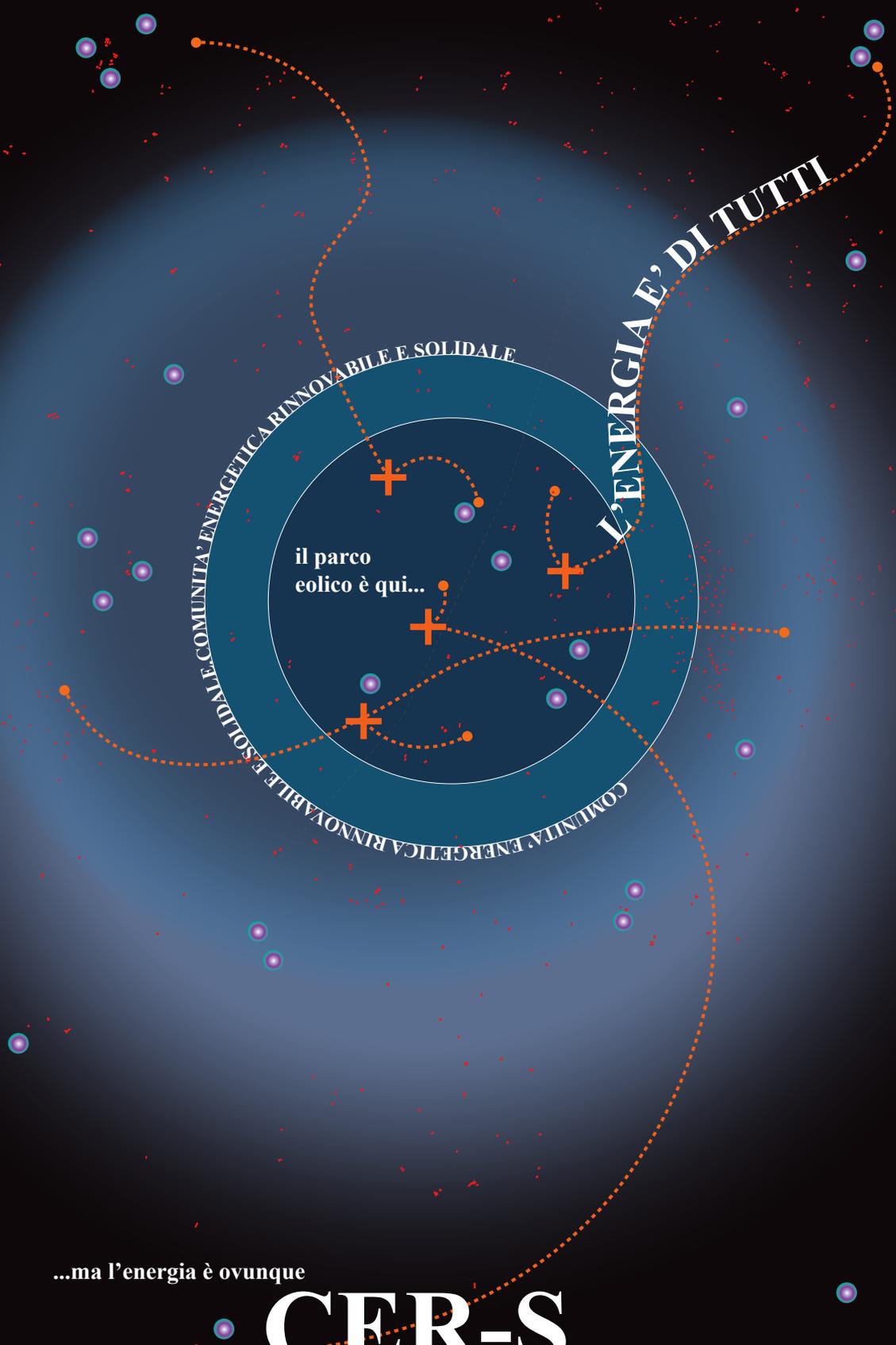
CER-S



COOP-ER

...ma l'energia è ovunque

Modello di gestione



...ma l'energia è ovunque

CER-S

Parco Eolico Gallura

Tra i modelli finanziari possibili che la CCOP-ER può adottare ci sono quelli dell'equity e del lending crowdfunding. Chi investe acquista una piccola parte del progetto o dell'azienda (quote societarie o azioni).

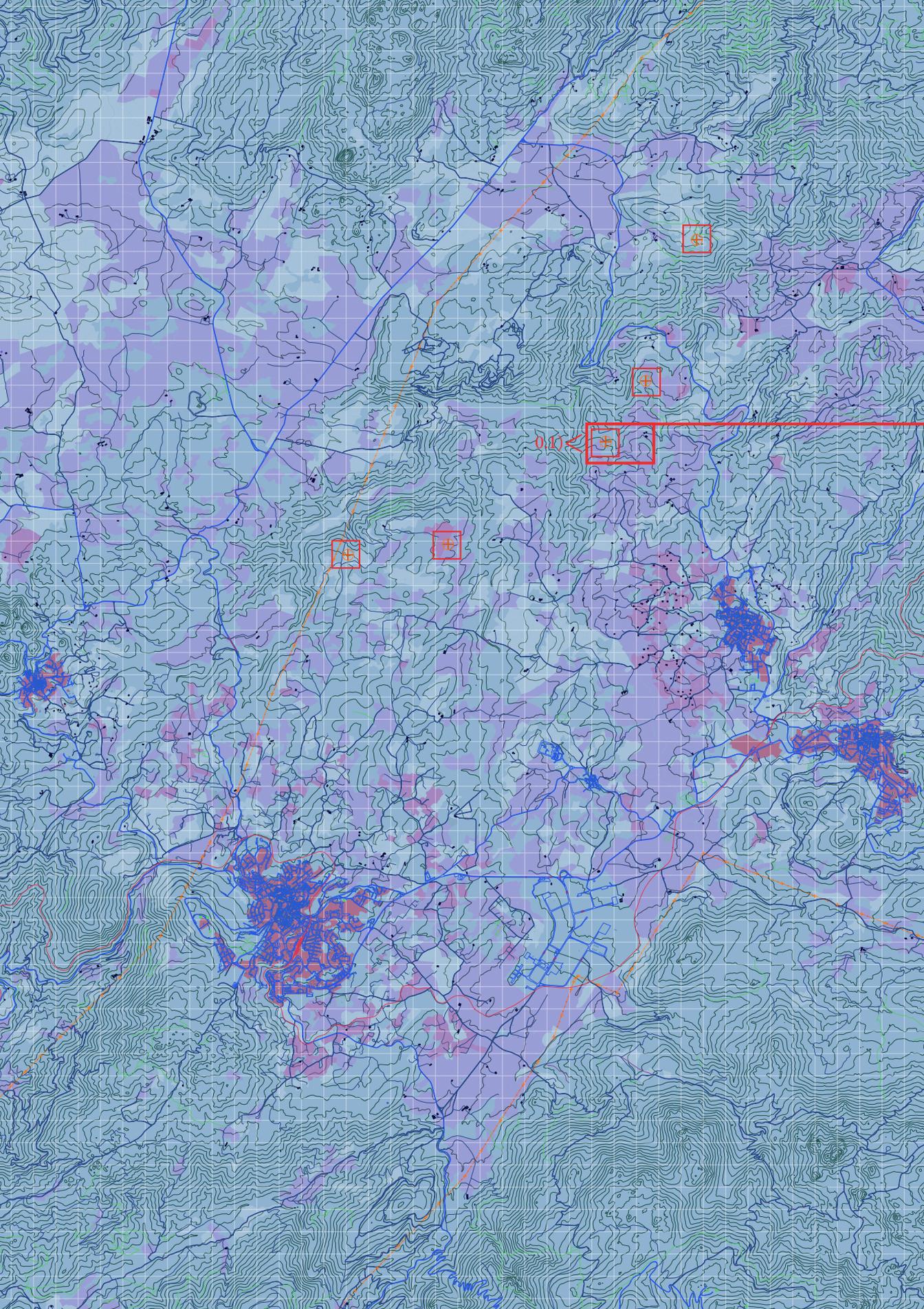
I membri della Coop-ER possono investire attraverso equity crowdfunding e diventare co-proprietari del parco eolico che ospitano nel loro territorio. Il modello finanziario del lending crowdfunding è un prestito collettivo: tante persone prestano soldi a un progetto (in questo caso un parco eolico) e ricevono la somma con gli interessi. Il modello non prevede una partecipazione attiva da parte dell'investitore perché questo non diventa socio dal progetto dopo aver prestato denaro.

Gli investitori ricevono un rimborso del capitale investito e gli interessi entro un certo periodo prestabilito. Questo modello è utile perché può servire per raccogliere capitale aggiuntivo da esterni, senza aprire la governance interna di progetto e preservando il potere decisionale alla comunità interna. È quindi utile se la comunità non ha fondi sufficienti ma vuole mantenere il controllo del progetto.

Unione dei due modelli: i membri della Coop-ER partecipano con il modello finanziario equity crowdfunding diventando co-soci della società del parco ottenendo diritto decisionale, di voto e coinvolgimento nella governance. D'altra parte, gli investitori esterni tramite il modello finanziario lending crowdfunding possono prestare denaro che verrà restituito loro con gli interessi. Non possono diventare soci e quindi risultano fuori da ogni potere decisionale.

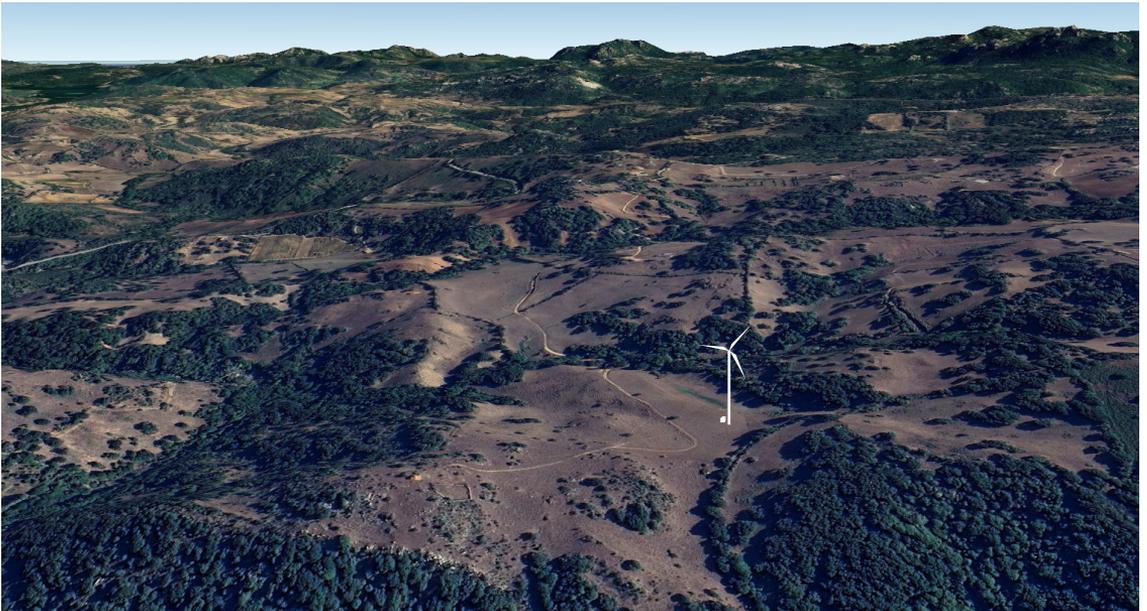
COOP-ER

Tra i modelli di gestione possibili che la comunità può adottare, in questo specifico studio viene considerato il Community land trust (CLT): un modello di gestione proprietaria collettiva senza scopi di lucro. Questo nasce proprio per prelevare una frangia di terra o di bene al mercato e successivamente metterlo a disposizione della collettività. Il CLT, dopo aver sottratto il bene (la terra), affida la gestione di questa ad una comunità energetica rinnovabile e solidale (CERS) oppure stabilisce dei canoni con soggetti esterni privati o pubblici che versano un canone in cambio dell'utilizzo della terra. I profitti vengono quindi redistribuiti secondo i criteri delle CERS. Il CLT, quindi, non muta le regole della CERS, ma ne rafforza il controllo comunitario, aggiungendo un livello di governance territoriale: gestisce la proprietà della terra su cui si posiziona l'impianto e questo impedisce che venga rivenduto a un operatore privato nel tempo, può stabilire criteri di equità spaziale e sociale, per esempio indirizzando più risorse ai soggetti marginalizzati e può avere legalmente il suolo e fermarne la speculazione. Ne risulta che il modello di proprietà partecipata CLT non entra nei meccanismi di distribuzione e gestione degli incentivi, ma agisce sulla terra e sulla governance. Il modello di gestione Community land trust non è ancora mai stato applicato alle comunità energetiche rinnovabili e solidali, non esiste quindi normativa a supporto di questa commistione.





Vista dall'alto ipotetica piazzola turbina GA07 e azienda agricola limitrofa



da 01)

In riferimento alle cooperative energetiche rinnovabili, il legame tra impianto e territorio si sviluppa in modo piuttosto **chiuso, funzionale ed esclusivo**, legato in modo stretto alla struttura interna e privata della cooperativa stessa. La relazione che esiste tra eolico e territorio nello scenario della cooperativa energetica rinnovabile si rifà fedelmente alla struttura interna del modello stesso: esclusività, funzionalità e chiusura sono i caratteri predominanti. Di solito, gli impianti vengono collocati su terreni agricoli o pascoli di proprietà privata, concessi o affittati dai membri della cooperativa per l'installazione delle turbine. Spesso, queste **aree vengono recintate, circondate da barriere visive e materiali che rendono l'infrastruttura energetica una porzione di territorio isolata dal contesto circostante**, sottratta all'uso pubblico. Questa delimitazione spaziale rispecchia l'organizzazione interna della cooperativa: proprio come l'energia prodotta rimane confinata nella rete privata e i profitti vengono redistribuiti solo tra i membri, anche lo spazio dell'impianto è chiuso verso l'esterno, concepito come una risorsa da sfruttare piuttosto che come un elemento da integrare. Il territorio non viene visto come un ambiente da valorizzare o un contesto da cui partire, ma piuttosto come un supporto tecnico per un'**infrastruttura che deve essere efficiente e produttiva**. Ne consegue un rapporto impoverito tra impianto e territorio: le pale eoliche diventano oggetti tecnici isolati, spesso scollegati dalle dinamiche locali, collocati in luoghi marginali o poco abitati per ridurre conflitti, e raramente considerati come parte di un disegno paesaggistico o territoriale più ampio. Così, il paesaggio viene trasformato in funzione della produzione, generando spazi tecnici e introversi, scarsamente permeabili e privi di una vera relazione sociale o ecologica con il contesto in cui si trovano.

COOP-ER

Nel contesto delle comunità energetiche rinnovabili e solidali, il legame tra impianto eolico e territorio assume una dimensione completamente nuova: non si tratta di sottrarre spazio, ma di restituirlo collettivamente. Anche se ci sono proprietà private, come aziende agricole o terreni coltivati, **le turbine vengono collocate in aree pubbliche o comunitarie, concepite come spazi condivisi**, in linea con l'idea che l'energia, proprio come il suolo, debba essere considerata un bene comune. Scegliere di posizionare gli impianti in zone pubbliche, come crinali comunali, terreni demaniali o aree montane condivise, rafforza il **principio di corresponsabilità** che caratterizza l'intero modello. Il territorio non è recintato né chiuso, ma rimane aperto, accessibile e riconoscibile. Le pale eoliche non sono elementi estranei o dominanti, ma infrastrutture integrate in un paesaggio condiviso, dove **tutti** (cittadini, agricoltori, enti locali) **partecipano non solo alla gestione dell'energia**, ma anche alla cura dello spazio. In questo contesto, il progetto eolico va oltre la semplice produzione di energia; diventa un'opportunità per ridefinire le relazioni tra spazio, natura e società. Le pale possono convivere con attività agricole, percorsi pubblici e funzioni ambientali e culturali. Così, il territorio assume un ruolo attivo: non è solo uno sfondo tecnico, ma una risorsa condivisa, dove la responsabilità ambientale e paesaggistica è distribuita tra tutti gli attori coinvolti. Il modello solidale, quindi, restituisce al territorio una centralità politica, trasformando l'infrastruttura eolica in un **dispositivo pubblico capace di generare energia, relazioni e appartenenze**.



-  Muretti a secco
-  Staccionate, cancelli
-  Viabilità mista secondaria
-  Lo spazio dell'impianto
-  Proprietà privata

COOP-ER



-  Muretti a secco
-  Staccionate, cancelli
-  Viabilità mista secondaria
-  Lo spazio dell'impianto
-  Proprietà privata

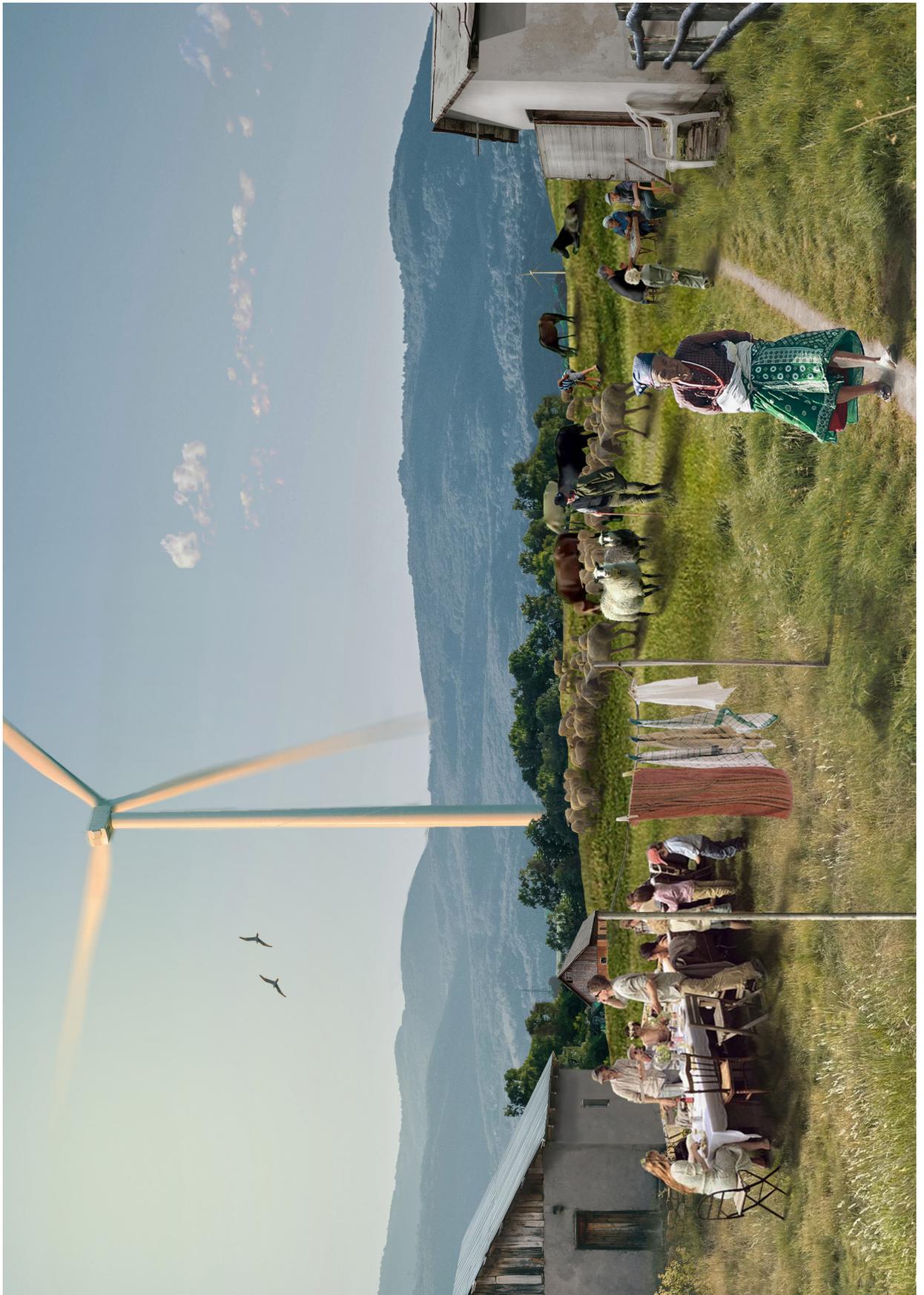
CER-S

COOP-ER



CER-S

Parte terza



L'eolico come progetto di territorio: esiti e aperture

La ricerca si occupa dell'eolico non solo come una tecnologia per produrre energia rinnovabile, ma come un sistema territoriale complesso, capace di influenzare le forme dello spazio, le relazioni sociali e i modelli di **gestione collettiva**. L'indagine ha rivelato che, in Italia, la progettazione degli impianti eolici è ancora fortemente condizionata da una visione funzionale e normativa, che tende a ignorare l'integrazione tra energia, paesaggio e società. L'urbanistica continua a trattare l'eolico come un elemento tecnico da localizzare, più che come un'opportunità per ripensare l'organizzazione dello spazio e le forme di cittadinanza energetica.

Attraverso una **lettura parallela** di due modelli (la Cooperativa Energetica Rinnovabile e la Comunità Energetica Rinnovabile e Solidale) si mette in luce che non è solo la presenza dell'infrastruttura a determinare la qualità del rapporto tra eolico e territorio, ma soprattutto la governance che la sostiene. È proprio nella forma di governo, nelle regole di partecipazione e nei meccanismi di redistribuzione che si gioca la possibilità dell'eolico di diventare un progetto di territorio e non solo un'infrastruttura tecnica.

In questo contesto, il modello cooperativo, focalizzato sulla produzione di utili all'interno di una rete chiusa, tende a generare **configurazioni spaziali esclusive** e rapporti impoveriti con il paesaggio. Le aree degli impianti diventano spazi recintati, tecnicamente efficienti ma socialmente isolati, in cui il territorio è concepito come semplice supporto operativo. La relazione con il contesto locale risulta debole, e le ricadute sul piano paesaggistico e sociale non vengono considerate e quindi appaiono marginali.

Al contrario, il modello solidale, basato sul principio della corresponsabilità e della condivisione, promuove una **gestione più inclusiva e aperta**, in cui la produzione di energia si traduce in benefici diffusi e riconoscibili. È in questo secondo scenario che l'impianto eolico è inserito in una rete di relazioni ambientali, sociali e culturali capaci di orientare il territorio ad una funzione attiva nella definizione del progetto. Le turbine, nel caso specifico dell'eolico, non vengono più viste come macchinario utile alla produzione, ma come un'infrastruttura perfettamente integrata in una complessa ma reale rete relazionale di fattori.

L'applicazione al caso del Parco Eolico Gallura ha permesso di testare questi modelli e di esplorare scenari alternativi di governance, capaci di superare il dualismo tra vincolo e sfruttamento e di proporre strategie progettuali integrate. Il caso studio della Gallura, con tutte le sue caratteristiche e

criticità, comprese quelle legate alla fauna e alla percezione ambientale che ne hanno causato il blocco, si sono rivelate emblematiche nel mostrare quanto sia urgente tentare un nuovo approccio progettuale, capace di tenere insieme scala tecnica, spaziale e sociale.

La progettazione eolica, in questa prospettiva, non può più essere vista solo in termini di localizzazione e impatto, ma deve essere considerata come parte di un processo politico e sociale, in cui il modo in cui si governa l'energia definisce anche il modo in cui si vive il territorio. L'energia, infatti, non è un elemento neutralmente a se stante: diverse sono le implicazioni che porta con sé in termini di potere, accesso, equità e riconoscimento e non a caso in uno dei modelli è interpretata come **Bene Comune**. Il progetto eolico, quindi, se affidato ad una governance orientata alla trasparenza, all'inclusione e soprattutto alla condivisione può considerare nuove interpretazioni urbane capaci di affrontare sfide ambientali, spaziali e sociali in maniera integrata.

In conclusione, con il presente lavoro si propone **un cambio di paradigma, passando dall'eolico come infrastruttura funzionale all'eolico come progetto di territorio**. Questo comporta un ripensamento nei modelli decisionali, nelle forme di proprietà, nei processi di partecipazione, e in generale nelle relazioni tra l'impianto e il paesaggio. A fronte dello scenario di transizione energetica, che andrà a porsi sempre più violentemente come asse centrale della crisi/metamorfosi in atto, è del tutto evidente come l'urbanistica e le politiche territoriali debbano giocare un ruolo di primo piano nell'orientare tale transizione verso territori più giusti, condivisi e generativi di beni comuni. Proprio così l'eolico si potrà configurare come una reale leva per la rigenerazione dei territori e non una mera tecnologia da gestire.

BIBLIOGRAFIA

- IRENA - International Renewable Energy Agency (2021-2022)
- Ambarcumianas, T., Karulyté, G., & Xydis, G. (2024). *Reaching the Heights: A Desk Study on Exploring Opportunities and Challenges for Lithuania's Tallest Wind Turbine*. Applied Sciences, 14(11), 4435
- Awasis, S. (2014). *Pipelines and resistance across Turtle Island*. In Black, T., D'Arcy, S., Weis, T., & Russell, J. Kahn (Eds.) *A line in the Tar Sands Toronto: Between the Lines* p. 253–266
- Battistella A. (2010), *Trasformare il paesaggio; Energia eolica e nuova estetica del territorio*, Edizioni Ambiente, Milano
- Basílio M. (2025), *Renewable energy and energy efficiency: An exploratory study in EU countries*, Sustainable Futures, Volume 9
- Bell, D., Gray, T., & Haggett, C. (2005). *The 'Social Gap' in Wind Farm Siting Decisions: Explanations and Policy Responses*. Environmental Politics, 14(4), 460–477
- Bassett, E. M. (2005). *Tinkering with tenure: the community land trust experiment in Voi, Kenya*. Habitat International, 29(3), 375-398.
- Bertazzini, M., & Marino, S. (2015). *A Community Land Trust handbook: l'abitare tra città e comunità* (Politecnico di Torino).
- Betakova V., Vojar J., Sklenicka P. (2016), *How education orientation affects attitudes toward wind energy and wind farms: implications for the planning process*. Energ Sustain Soc 6, 31
- Blečić, I., Carrus, A. S., Congiu, E., Desogus, G., Muroli, E., & Saiu, V. (2025). *Renewable energy communities design: A decision support tool for integrated impact assessment. Insights from the first REC in Cagliari, Italy*. Journal of Cleaner Production, 145600.
- Bonesio L. (1997), *Geografia del paesaggio*, Mimesis, Milano
- Botetzagias I., Malesios C., Kolokotroni A., & Moysiadis Y. (2013), *The role of NIMBY in opposing the siting of wind farms: evidence from Greece*. Journal of Environmental Planning and Management, 58(2), 229–251
- Buchmayr A., Verhofstadt E., Van Ootegem L., Sanjuan Delmás D., Thomassen G., Dewulf J. (2021), *The path to sustainable energy supply systems: Proposal of an integrative sustainability assessment framework*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 138
- Buchmayr A., Verhofstadt E., Van Ootegem L., Thomassen G., Taelman S.E., Dewulf J. (2022), *Exploring the global and local social sustainability of wind energy technologies: An application of a social impact assessment framework*, Applied Energy, volume 312

- Campagna, L., Rancilio, G., Radaelli, L., & Merlo, M. (2024). *Renewable energy communities and mitigation of energy poverty: Instruments for policymakers and community managers*. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 39, 101471.
- Campos I., Wittmayer J. M., Hielscher S., Oliveira Flávio, Moreira Alves F., Progscha S., Wientjes A. (2025), *Just participation in wind energy: The role of social innovations*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 209
- Cassidy P. (2013), *Wind farm opponents sue Coast Guard*, *Wind Watch, Massachusetts*
- Cerruti But, M. (2025). *Un progetto relazionale/A Relational Project*. In Boano C., Cerruti But M., Ciaffi D., J. I. Fardin, R.L. Peragine, *Inhabiting Future Frictions* (pp. 32-57). Lettera Ventidue.
- Certoma, C. (2022). *Future scenarios of Digital Social Innovation in urban governance. A collective discussion on the socio-political implications in Ghent*. *Cities*, 122, 103542.
- Ciancarini M. (2018), *E-nsight, Efesto Dev, L'energia del vento-La turbina eolica* .
- Corona G. (2023), *L'Italia dell'antropocene: percorsi di storia ambientale tra XX e XXI secolo*, Carocci, Roma
- Coppins C. (2025), *The big question for onshore wind: what to do with ageing turbines? With wind power a foundation of the energy transition, we forecast how the ageing global fleet will be addressed*, Wood Mackenzie
- Latinopoulos D., Kechagia K. (2015), *A GIS-based multi-criteria evaluation for wind farm site selection. A regional scale application in Greece*, *Renewable Energy*, volume 78, p. 550-560
- Dante Alighieri, (1966-1967) *La Commedia secondo l'antica vulgata*, a cura di Id., Firenze, Le Lettere, 1994; Milano, Mondadori
- D'Onofrio C. (1999), *Sedotti dal sapore*, MERIDIANI, Milano
- De Carlo G. (2015), *L'architettura della partecipazione*, Quodlibet
- Decreto Legislativo (2021), n. 199, Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, del Parlamento europeo e del Consiglio dell'11 dicembre 2018
- Decreto Ministeriale (2024), *Disciplina per l'individuazione di superfici e aree idonee per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili*, Ministero dell'Ambiente e della sicurezza Energetica
- De Simone, E., Rochira, A., Procentese, F., Sportelli, C., & Mannarini, T. (2025). *Psychological and social factors driving citizen involvement in renewable energy communities: A systematic review*. *Energy Research & Social*

- Science, 124, 104067.
- Direttiva 92/43/CEE, Habitat (1997), Ministero dell' Ambiente e della Sicurezza Energetica
- Ferrer M., Alloing A., Baumbush R., Morandini V. (2022), *Significant decline of Griffon Vulture collision mortality in wind farms during 13-year of a selective turbine stopping protocol*, Global Ecology and Conservation, Volume 38
- Fthenakis M. V., Bhattacharya S., Lynn A. P. (2024), *Onshore and Offshore Wind Energy Evolution, Grid Integration, and Impact*, Wiley, Chennai, India
- Galassi E. e Modonesi C. (2017), *Ecologia dell'antropocene: la crisi planetaria provocata da un animale culturale*, Aracne, Roma
- Gisotti G., Bruschi S. (1992), *Valutare l'ambiente. Guida agli studi di impatto ambientale*, La Nuova Italia Scientifica, Roma
- Global renewables alliance (2025), *André Corrêa do Lago to lead COP30 in Brazil*, Bruxelles
- Global Wind Energy Council (2005), *Wind Power: A cornerstone of Green Recovery*, Bruxelles
- Gomstyn A., Jonker A. (2024), *Che cos'è il costo livellato dell'energia (LCOE)?*, IBM TechXchange Community
- Gorayeb A., Brannstrom C., de Andrade Meireles A. J., de Sousa Mendes J. (2018), *Wind power gone bad: Critiquing wind power planning processes in northeastern Brazil*, Energy Research & Social Science, Volume 40
- Higgs G., Berry R., Kidner D., Langford M., (2008), *Using IT approaches to promote public participation in renewable energy planning: Prospects and challenges*, Land Use Policy, volume 25, Issue 4, p. 596-607
- Ha-Duong M. (2023), *Technology costs for the first wave of wind farms in Vietnam: Paying extra for better wind nearshore*, Energy for Sustainable Development, Volume 74, Pages 309-313
- Ing. Manolo Fiorino F., Ing. Boria V. (2023), *Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali: VAS - VIA – AIA, Progetto di un impianto eolico denominato "Intermontes"*, Ministero dell'ambiente e della Sicurezza Energetica
- Kaldellis J.K., Garakis K., Kapsali M. (2012), *Noise impact assessment on the basis of onsite acoustic noise immission measurements for a representative wind farm*, Renewable Energy, volume 41, p. 306-314
- Jakob M. (2003), *Arquitectura y energia*, Tararà Edizioni, Losanna
- Li Q., Duan H, Xie M., Kang P., Ma Y., Zhong R., Gao T., Zhong W., Wen B., Bai F., Vuppaladadiyam A. K. (2021), *Life cycle assessment and life cycle cost analysis of a 40 MW wind farm with consideration of the infrastructure*, Renewable and Sustainable Energy

- Liu L., Qin Y., Chen X., Zhang X., She Z, Xie B. (2025), *Exploring policy support for efficiency improvement of wind power from an environmental perspective: Evidence from wind farms in Qinghai, China*, Environmental Impact Assessment Review, Volume 114
- Lowe, J. S., Prochaska, N., & Keating, W. D. (2022). *Bringing permanent affordable housing and community control to scale: The potential of community land trust and land bank collaboration*. Cities, 126, 103718.
- Maina-Okori N.M., Koushik J.R., & Wilson A. (2018). *Reimagining intersectionality in environmental and sustainability education: A critical literature review*. The Journal of Environmental Education, 49, 286–296.
- Martinelli N. e Mininni M. (2021), *Città sostenibilità resilienza: l'urbanistica italiana di fronte all'agenda 2030*, Donizelli, Roma
- Michielan N. (2022), *Materiali e tecnologie per la realizzazione delle pale eoliche*, Padua Thesis and Dissertation Archive, Padua
- Midheme, E., & Moulaert, F. (2013). *Pushing back the frontiers of property: Community land trusts and low-income housing in urban Kenya*. Land use policy, 35, 73-84.
- Mikheev P., Fedorov M., Chusov A., Politaeva N. (2024), *Determination of the energy efficiency of the life cycles of wind farms by aggregated data of energy costs*, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 72
- Musca R., Riva Sanseverino E., Zizzo G., Vasile A., Iaria A., L'Abbate A., Vitulano L. (2025), *Power system dynamic analysis in future energy scenarios with high penetration of renewable energy sources — case study: Sicilian electrical grid*, Sustainable Energy, Grids and Networks, Volume 41
- Mussinelli E. e Tartaglia A. (2020); Castaldo G., Techne, *The time of the city between nature and artifice*, Vol. 20, Florence
- Onat M., Demir M. (2025), *Techno-economic assessment of green ammonia and hydrogen distribution from offshore wind farms to European ports*, International Journal of Hydrogen Energy
- Paoloni, P., Paoloni, N., & Modaffari, G. (2019). *Crowdfunding as a new collaborative process in the knowledge economy: A literature review*. VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems, 49(2), 241-255.
- Pasqualetti MJ (2011), *Opposing Wind Energy Landscapes: A Search for Common Cause*. Annals of the Association of American Geographers , 101 (4), p. 907–917
- Peeren, R., Dabhi, D., & Dalton, J. (2025). *Levelling the playing field for smart renewable energy community in the electricity market through the high street electricity market model* Applied Energy, 377, 124660.

- Pérez-Rúa J., Sode Lund R., Verelst D. R., Bech Abrahamsen A., Dykes K. (2024), *Exact optimization of inter-array dynamic cable networks for Floating Offshore Wind Farms*, *Renewable Energy*, Volume 237, Part B
- Pizzuti, I., Magni, G. U., Delibra, G., Garcia, D. A., & Corsini, A. (2025). *Integrating desalination in Renewable Energy Communities: A study on Ventotene island*. *Renewable Energy*, 123759.
- Raciti Castelli M. (2010), *Analisi numerica delle prestazioni di una micro-turbina eolica ad asse verticale modello darrieus*, tesi di dottorato, archivio di ricerca UNIPD
- Rupp R., Los A., Rozema J. (2025), *Watt's in it for you? Unpacking the role of renewable energy cooperatives in the Netherlands in energizing consumer engagement*, *Energy Research & Social Science*, Volume 120
- Sampieri, A. (2008). *Nel paesaggio. Il progetto per la città negli ultimi venti anni*, Donzelli, Roma.
- Santos, J. B., Scharnigg, R., Monteiro, J., & Pacheco, A. (2025). *Fair shares or smart savings? Exploring business models, justice and efficiency trade-offs in Portuguese energy communities*. *Energy Research & Social Science*, 125, 104102.
- Simao A., Densham P. (2004), *Designing a web-based public participatory decision support system: the problem of wind farm location*, (In: Schrenk, M. (Ed.), *Proceedings of the CORP 2004 & Geomultimedia04*, p. 265–274
- Song D., Yang Y., Zheng S., Tang W., Yang J., Su M., Yang X., Joo Y. (2019), *Capacity factor estimation of variable-speed wind turbines considering the coupled influence of the QN-curve and the air density*, *Energy*, Volume 183
- Tarhan M. D. (2015), *Renewable Energy Cooperatives: A Review of Demonstrated Impacts and Limitations*, *Journal of Entrepreneurial and Organizational Diversity*, Vol. 4, No. 1 p. 104-120
- Touring club Milano (2023), *SARDEGNA*, vol°20, Roma
- Van Haaren R., Fthenakis V. (2011), *GIS-based wind farm site selection using spatial multi-criteria analysis (SMCA): Evaluating the case for New York State*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, volume 15, issue 7, p. 3332-3340
- Yadav B. K., Yadav R., Jahangiri M, Priya S. S., Bajracharya T. R., Sudhakar K. (2004), *Decarbonizing airport using solar and wind farm: A case of Biratnagar, Nepal*, *e-Prime - Advances in Electrical Engineering*, *Electronics and Energy*, Volume 8
- Walker C., and Christidis T. (2018), *Activists against research: Experiences studying wind energy in Ontario*. *The Canadian Geographer / Le Géographe canadien*, 62: p. 282-287

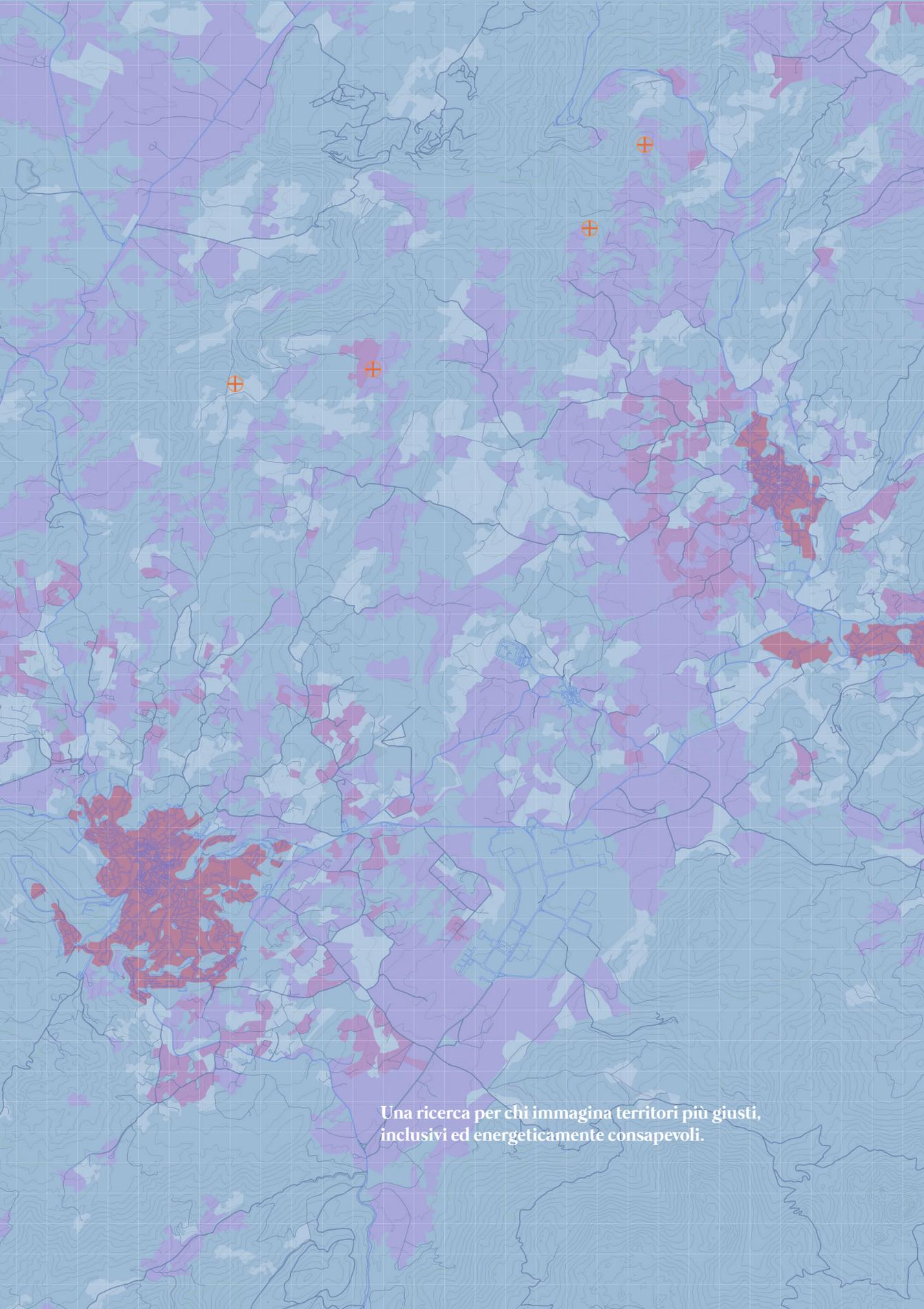
- Wiser R. (2011), *2010 Wind Technologies Market Report*,
Lawrence Berkeley National Laboratory
- World Business Councilfor Sustainable Development (2021),
*LafargeHolcim and GE Renewable Energy team Up for a
more circular wind industry*
- Zanchini E. (2002), *Paesaggi del vento*, Meltemi, Roma
- Zahnd A. (2014), *The Role of Renewable Energy Technology
in Holistic Community Development*, doctoral thesis
in Mechanical and Aerospace Engineering, Springer
International Publishing Switzerland

RINGRAZIAMENTI

Al prof. Michele Cerruti But, per la sua costante disponibilità, il suo modo attento e puntuale nel consigliare, l'incessante sprono ad allargare le visioni, come solo chi ama la conoscenza può fare.

Al prof. Enrico Fabrizio, grazie per aver fatto emergere una vorace curiosità per aspetti di un tema a me completamente nuovo. Il suo contributo è stato fondamentale per l'avvio della ricerca.

Alla Prof.ssa Daniela Ciaffi, grazie per i preziosi spunti d'indagine; orientamenti che si sono rivelati indispensabili per affinare l'approccio e la direzione del progetto.



Una ricerca per chi immagina territori più giusti,
inclusivi ed energeticamente consapevoli.