

Regione **Toscana**

Comune di **Pieve Santo Stefano, Badia Tedalda (AR)**

Proponente **F.E.R.A. S.r.l.**

**Parco eolico**

**"Passo di Frassineto"**

**Progetto Definitivo**

**5.35**

**Misure di mitigazione e  
compensazione**

**Progettisti:**

Andrea Riccardo Pirovano - dott. Naturalista – zoologo

Con la collaborazione della Dott.ssa Giulia Canavero

*Giulia Canavero*

Data	Rev.	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
23.10.2024	A	Prima emissione	A. Pirovano	G. Canavero	P. Fazzino

## Sommario:

<b>1</b>	<b>Premessa</b> .....	3
<b>2</b>	<b>Misure di mitigazione</b> .....	5
2.1	Mitigazione dell'avifauna .....	5
2.1.1	Installazione e funzionamento prima tipologia <i>Protection birds</i> .....	7
2.1.2	Installazione e funzionamento seconda tipologia <i>Protection birds</i> .....	12
2.1.3	Utilizzazione del sistema <i>Protection birds</i> sul progetto "Passo di Frassineto" ...	14
2.2	Mitigazione della chiropterofauna.....	16
2.2.1	<i>Curtailment</i> .....	16
2.2.2	Sistema di recinzioni.....	16
<b>3</b>	<b>Misure di compensazione</b> .....	17
3.1	Impatti con le linee elettriche .....	18
3.1.1	Impatti per collisione .....	19
3.1.2	Impatti per elettrocuzione.....	20
3.2	Riduzione del rischio elettrico .....	21
3.2.1	Riduzione del rischio di collisione per le linee ad alta tensione.....	21
3.2.2	Riduzione del rischio di elettrocuzione per le linee a media tensione .....	25
3.3	Casi studio .....	27
3.4	Descrizione degli interventi .....	29
3.4.1	Linea Alta Tensione .....	30
3.4.2	Linea Media Tensione .....	39
<b>4</b>	<b>Strategia di mantenimento delle misure</b> .....	43
<b>5</b>	<b>Scheda riassuntiva degli interventi proposti</b> .....	44
<b>6</b>	<b>Conclusioni</b> .....	45
<b>7</b>	<b>Sitografia e Bibliografia</b> .....	47

## 1 Premessa

La società FERA Srl ha presentato un progetto per la costruzione e l'esercizio di un parco eolico costituito da 7 turbine aventi una potenza complessiva di 29,4 MW da realizzarsi nei Comuni di Pieve Santo Stefano (AR) e Badia Tedalda (AR).

Nell'ambito di questa iniziativa, sulla base di ben due anni di monitoraggi, la società ha proposto un piano preventivo di mitigazione degli impatti ambientali in linea con la Direttiva comunitaria; la società ha anche studiato un eventuale piano di compensazione, qualora la Regione e/o gli Uffici competenti in materia ritenessero tali misure di mitigazione non sufficienti. Si precisa, infatti, che tali misure compensative, non sono conseguenza di una residua criticità ambientale aprioristica, bensì debbono essere intese come un impegno da parte della società all'instaurazione di una sinergia tra lo sviluppo energetico e la conservazione della biodiversità, fondata sul principio di sostenibilità ambientale.

Il presente documento, dapprima descrive le misure di mitigazione proposte per ridurre e/o eliminare i potenziali impatti diretti e, successivamente, individua alcune ipotesi di misure compensative, andando ad operare sulla riduzione del rischio di impatto causato dalla presenza di alcune linee elettriche aeree esistenti ed ubicate in prossimità dell'area di impianto.

Negli ultimi anni, la crescente attenzione verso la sostenibilità ambientale ha spinto il settore dell'energia eolica a implementare soluzioni innovative per ridurre l'impatto diretto delle turbine su uccelli e pipistrelli. Tra queste, i sistemi di rallentamento della velocità di rotazione o i sistemi di spegnimento automatico delle turbine eoliche rappresentano un'importante misura di mitigazione per uccelli e pipistrelli. Utilizzando **telecamere e algoritmi di intelligenza artificiale**, questi sistemi monitorano in tempo reale la presenza di animali nelle vicinanze delle turbine e, in caso di rilevamento, attivano il sistema SCADA per spegnere le turbine, minimizzando così il rischio di collisioni. Questo approccio non solo salvaguarda la fauna, ma contribuisce anche a una gestione più responsabile e sostenibile dell'energia rinnovabile.

Una delle misure più comuni per mitigare il rischio di impatto sui chiropteri è invece il **curtailment**, che consiste nella riduzione della velocità di rotazione o nella sospensione delle turbine in periodi corrispondenti ad una maggiore attività delle specie, quando il vento è al di sotto di una certa soglia. Questa strategia si è dimostrata efficace, poiché anche piccole variazioni nell'operatività delle turbine possono significativamente ridurre la mortalità degli animali nel sito.

Inoltre, sempre relativamente ai chiropteri, si propone di chiudere con **recinzioni** le aree degli aerogeneratori, al fine di evitare il pascolo nelle immediate vicinanze delle turbine e la riduzione della presenza di insetti che possono rappresentare un elemento attrattivo per i chiropteri; questo intervento contribuirà a diminuire il rischio di impatti diretti contro le pale eoliche.

Come misura di compensazione, invece, si propongono alcune iniziative che agiscono sugli impatti nei confronti dell'avifauna causati dalle collisioni e dalla elettrocuzione con gli elettrodotti ad alta e media tensione presenti nell'area vasta.

Entro i confini del sito Natura 2000 ZSC IT5180010 “Alpe della Luna”, distante circa 1 Km dall’area del parco eolico, corre per un tratto di 1,9 km c.a., la linea AT 132 kV Badia Tedalda – Ponticino FS per un totale di 11 campate mentre al Passo di Viamaggio; sempre in prossimità dell’”Alpe della Luna” tra la linea AT Terna e l’impianto a progetto, si trova una linea MT.

Gli impatti diretti della fauna con gli elettrodotti rappresentano una delle principali minacce per le specie sensibili, ma attraverso misure mirate di messa in sicurezza di queste linee, si possono ridurre significativamente i rischi di collisione ed elettrocuzione.

Questi interventi riflettono un impegno verso una gestione sostenibile delle infrastrutture energetiche, in armonia con la necessità di tutelare l’ambiente e le sue risorse favorendo anche un approccio proattivo nella conservazione della biodiversità.

## 2 Misure di mitigazione

Di seguito sono riportate le misure di mitigazione prese in esame al fine di ridurre e/o eliminare il rischio di collisione con le turbine eoliche a progetto, rispettivamente nei confronti di avifauna (**paragrafo 2.1**) e di chiroterrofauna (**paragrafo** Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.).

Per quanto riguarda l'avifauna, il sistema di **rallentamento e/o spegnimento delle turbine eoliche tramite intervento su SCADA** (Supervisory Control and Data Acquisition) rappresenta una soluzione innovativa per la protezione della fauna selvatica, in particolare di uccelli. Questo approccio integra tecnologie di monitoraggio visivo con sistemi di automazione industriale.

Per quanto concerne, invece, la chiroterrofauna il *curtailment*, ovvero la **riduzione della velocità e/o la sospensione della rotazione delle pale** ad una determinata velocità del vento (nei periodi più sensibili per l'attività di tali specie) rappresenta una misura di mitigazione efficace per ridurre la mortalità in un sito.

Inoltre, la **recinzione delle aree degli aerogeneratori**, al fine di prevenire il pascolo nelle immediate vicinanze delle turbine, ha lo scopo di limitare l'effetto attrattivo nei confronti dei chiroterri provocato dagli insetti e, quindi, ridurre il rischio di impatto diretto con le turbine a progetto.

### 2.1 Mitigazione dell'avifauna

Al fine di coniugare la necessità di rispondere alle richieste in termini di produzione di energia *green* e limitare gli impatti ambientali derivanti dall'installazione di parchi eolici, quali la convivenza con l'avifauna ed in particolar modo con i rapaci, negli ultimi anni sono state sviluppate una serie di soluzioni innovative. Per la scelta del sito più adeguato a tali installazioni, è necessario verificare che l'area di *layout* sia esterna alle aree vincolate e che dai monitoraggi l'impatto sulle specie sia basso. Verificato questo il Proponente, tramite le opere di mitigazione, è anche chiamato a limitare la percentuale, già remota, di conflitto con le specie tutelate.

Per raggiungere quest'ultimo obiettivo sono presenti sul mercato una serie di soluzioni innovative all'avanguardia con pacchetti di servizi completi a supporto del Proponente. Questi sistemi di rilevazione e monitoraggio dell'avifauna e in particolar modo dei rapaci, prevengono le possibili collisioni proteggendoli dalle pale in rotazione degli aerogeneratori.

In questo capitolo, per esporre la soluzione che si intende proporre come mitigazione dell'avifauna per il Parco eolico denominato "Passo di Frassineto", a titolo di esempio, vengono menzionate alcune delle soluzioni presenti sul mercato quali: la soluzione di *nvisionist* chiamata *nvbird WTG* [1]; la soluzione di *bioseco* chiamata *BPS* [2]; la soluzione di *digisec* chiamata *BMS* [3]; la soluzione di *Identiflight* [4].

Queste soluzioni *post operam* si basano su algoritmi di apprendimento automatico che, in collaborazione con le più recenti videocamere, possono:

- Riconoscere le specie volatili target;
- Analizzare la loro traiettoria di volo;
- Scoraggiare il proseguimento della loro traiettoria di volo con segnali acustici (e/o luminosi);
- Fermare (o rallentare) la velocità della turbina fino a quando le specie volatili target non si allontanano.

Così facendo, le soluzioni presentate, eliminano quasi completamente la probabilità che i volatili appartenenti alle specie target si scontrino con le pale e ottimizzano l'arresto delle turbine (quando necessario e per il tempo richiesto) senza inficiare inutilmente la produttività di energia *green* prevista dal parco eolico.

In generale, le tecnologie necessarie a traguardare questi obiettivi si fondano sull'intelligenza artificiale e sull'apprendimento automatico offerta con una interfaccia grafica *user-friendly* e funzionano in qualsiasi condizione atmosferica, 24 ore al giorno, 7 giorni su 7, supervisionando così l'intera attività dell'aerogeneratore del parco eolico.

Varie soluzioni presenti sul mercato, come quelle menzionate precedentemente, possono e sono utilizzate in molte situazioni quali aeroporti, edifici industriali, porti e colture agricole; ma anche parchi eolici *on-shore* ed *off-shore*.

Nei parchi eolici *on-shore* il sistema *nvbird WTG* (Figura 1) si può riassumere nelle seguenti quattro fasi:

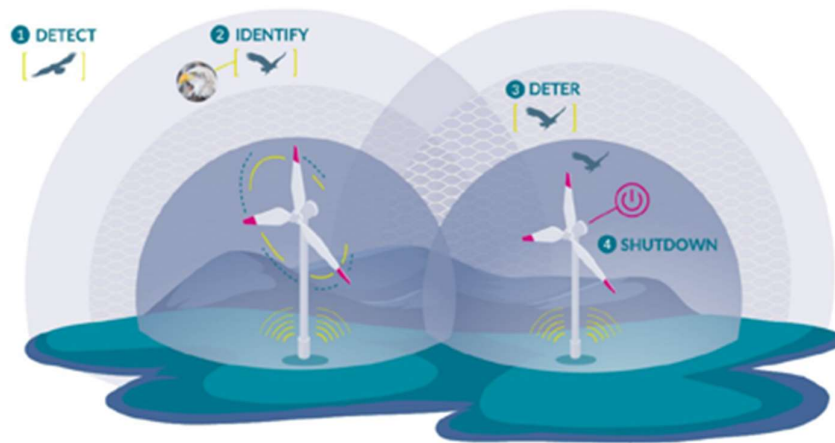


Figura 1: Servizio *nvbird WTG* per parchi *on-shore*

### 1) Fase di rilevamento

Il sistema viene installato su ogni aerogeneratore e copre l'area circostante per distanze fino a 1 km, sia di giorno che di notte. Le telecamere, con tecnologia all'avanguardia, scansionano costantemente l'area senza avere aree coperte in tutto il campo visivo (nessuna *hidden areas* per il rilevamento).

### 2) Fase di identificazione

L'intelligenza artificiale e gli algoritmi di *Machine Learning* identificano tutti gli oggetti in movimento nell'area, distinguendo i volatili da qualsiasi altra cosa e li classificano in specie target o meno.

### 3) Fase di prevenzione e dissuasione delle collisioni

Quando il volatile identificato appartiene ad una delle specie target ed entra nella zona critica, viene attivato un segnale acustico verso di esso per inibire il proseguimento del volo in direzione dell'aerogeneratore.

### 4) Fase di spegnimento

Nel caso in cui il volatile rimanga nella zona critica o si avvicini ulteriormente all'area di rotazione dell'aerogeneratore, il sistema invia automaticamente un segnale per spegnere immediatamente l'aerogeneratore stesso.

Quanto espresso può essere esteso anche ad altre soluzioni presenti sul mercato ed analizzate in questa sede, come quella distribuita da *bioseco BPS* e da *digisec BMS*. In questi casi, infatti, il sistema d'installazione e di funzionamento, sono pressochè simili, e verranno esposti nel **paragrafo 2.1.1**. Mentre, il sistema proposto da *Identiflight* presenta un sistema d'installazione e di funzionamento leggermente diverso che verrà descritto nel **paragrafo 2.1.2**.

Tali soluzioni, sebbene non arrivino ad azzerare il rischio di collisione contro gli impianti eolici, riescono a ridurlo significativamente. Alcuni sistemi, a seguito di rigorosi studi BACI (*Before - After Control Impact*), realizzati in America sull'Aquila reale (*Aquila chrysaetos*) hanno fatto registrare una riduzione della mortalità del 63% (59% - 66%) tra prima e dopo l'installazione delle telecamere, mentre, complessivamente, tale riduzione è arrivata all'82% (75% - 89%) rispetto al sito di controllo [che nel corso dello studio aveva fatto registrare un incremento della mortalità del 113% (51% - 218 %)] (McClure et al., 2021).

## 2.1.1 Installazione e funzionamento prima tipologia *Protection birds*

### Installazione sull'aerogeneratore

I sistemi che rientrano nella prima tipologia, sono progettati e realizzati per essere installati direttamente sull'aerogeneratore, utilizzando materiali di alta qualità e tenendo conto della durata in esercizio di un impianto eolico (circa 30 anni). Le tecniche di monitoraggio sono semplici, come si può evincere dalle documentazioni fotografiche pubblicate da *digisec* e da *bioseco* (*Figura 2*), ma necessitano di attrezzature adatte e spazi liberi e fruibili durante la fase di cantiere.



*Figura 2: Tecniche di montaggio dei cavi metallici di sostegno per i sistemi digisec e bioseco*

In particolare, vengono collocati uno o più cavi metallici che sostengono gli elementi del sistema. Nel caso *nvbird* WTG le due funi metalliche sostengono le piastre posteriori di ciascun modulo e circondando il perimetro esterno della torre (*Figura 3*).



*Figura 3: Funi metalliche e piastra posteriore fissa esterna nvbird WTG*

Dopo che le piastre posteriori vengono fissate alla torre, vengono montati su di esse i coperchi in acciaio inox che contengono la videocamera HD, l'altoparlante per suono direzionale ASR e il cablaggio elettrico e di rete (*Figura 4*).



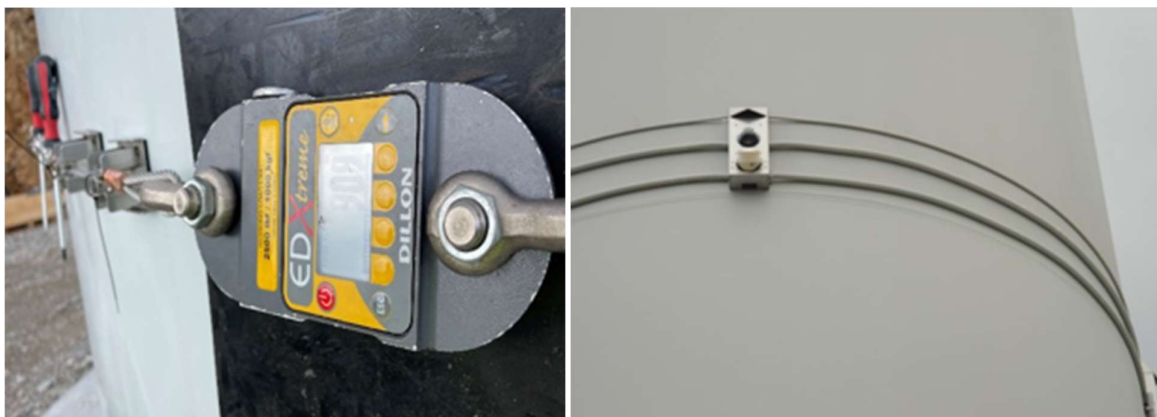


Figura 4: Funi metalliche e sistema montato nvbird WTG

L'installazione di queste soluzioni sull'aerogeneratore è molto semplice, così come la loro eventuale disinstallazione per una manutenzione straordinaria, che non richiede lo smontaggio dell'intero sistema delle funi metalliche.

Dunque, per realizzare questa prima tipologia di *protection birds*, per ogni turbina eolica devono essere installate le seguenti apparecchiature:

- Una unità di controllo all'interno della torre di base (Figura 5);
- Le basi modulari in acciaio inox fissate sul perimetro esterno della torre WTG ad un'altezza compresa tra 8-12 m da terra. Ogni base sarà dotata di almeno una videocamera HD e, quando previsto, di un altoparlante resistente agli agenti atmosferici per emettere un suono direzionale ASR (Figura 5 e Figura 6).



Figura 5: Unità di controllo posta all'interno della torre eolica e sistema nvbird WTG installato ed in funzione

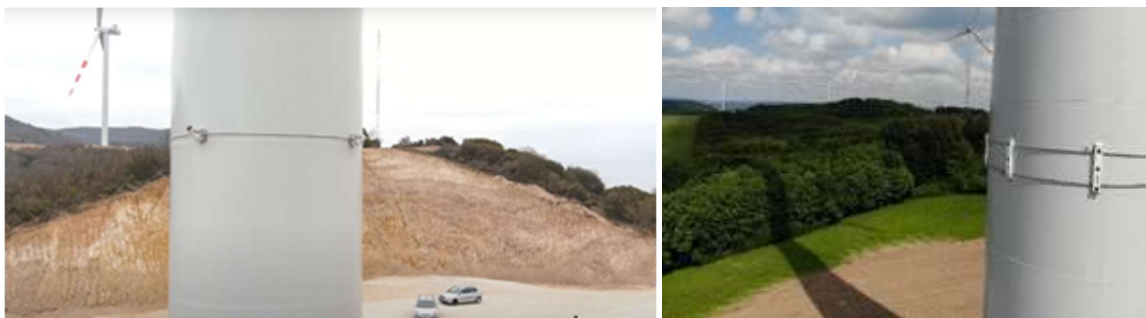


Figura 6: Sistema installato ed in funzione digisec e bioseco

### Rilevamento dei volatili, dissuasione e arresto dell'aerogeneratore

In generale, i sistemi rilevano e classificano automaticamente i volatili escludendo altri oggetti volanti o in movimento durante il giorno e la notte utilizzando videocamere HD, grazie ai moduli collocati in corrispondenza delle funi metalliche. La classificazione avviene grazie ad un *database* che viene fornito dal Proponente sulle specie target da considerare e la tecnologia si comporta conseguentemente.

Le tecnologie all'avanguardia non utilizzano il mero rilevamento del movimento ma si basano sull'Intelligenza Artificiale e sull'apprendimento automatico.

Analizzando ad esempio il sistema *nvbird WTG*, durante la fase di rilevamento, il sistema localizza innanzitutto la posizione dei volatili dai fotogrammi del video, e grazie alle *deep neural networks* e agli algoritmi, riescono a supportare più bersagli per fotogramma (Figura 7).

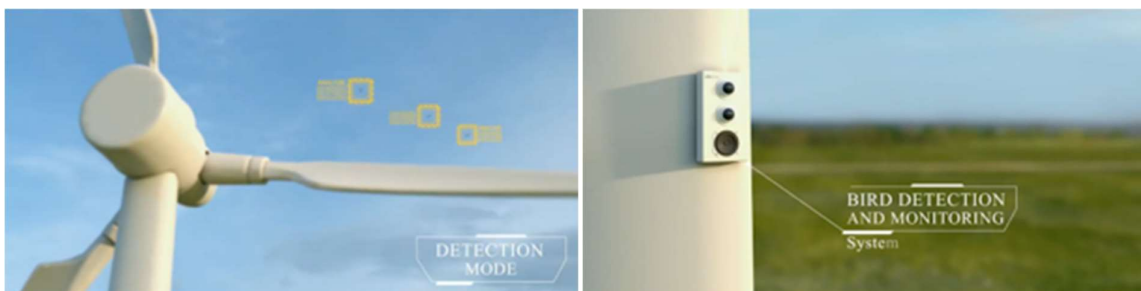


Figura 7: Detection mode - Rilevamento e monitoraggio

Successivamente, durante la fase di identificazione, il sistema riconosce le specie dei volatili rilevati (Figura 8) forniti all'interno del *database*. L'identificazione si basa, anch'essa, su algoritmi di apprendimento automatico che vengono addestrati con il rispettivo set di dati delle specie target. Le prestazioni di identificazione dipendono dalle dimensioni e dalla qualità del set di dati e migliorano man mano che il modello viene riaddestrato con nuovi set di dati in loco.

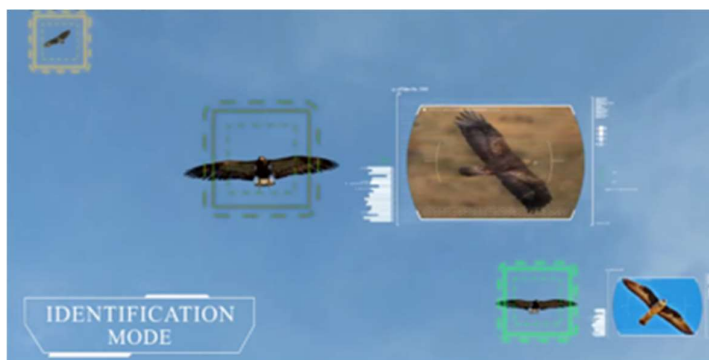


Figura 8: Identification mode - Identificazione delle specie target

Dopo l'identificazione, il sistema può intraprendere azioni in base alle regole stabilite dal progettista, come ad esempio emettere suoni acustici udibili dal volatile target per scoraggiare il volatile stesso nel proseguimento della traiettoria di volo (Figura 9).



Figura 9: Deterrence mode - Dissuasione, mediante l'emissione di un segnale acustico udibile dal volatile

Alcune soluzioni, prima di attivare la sorgente sonora, inviano un segnale luminoso attraverso luci stroboscopiche che sono sempre collocate a livello delle funi metalliche, come il caso di *bioseco* (Figura 10).



Figura 10: Dissuasione luminosa utilizzata dalla bioseco

Negli altri casi viene mandato direttamente il segnale sonoro udibile da volatile con sorgente a livello delle funi metalliche, come per *digisec* e *nvbird* WTG.

La soluzione di *nvisionist* propone, come alternativa per i WTG di altezza superiore ai 70 m, l'installazione di un unico altoparlante (a 360°) sulla parte superiore della navicella per emettere un suono direzionale ASR udibile dal volatile (*Figura 11*); la sua posizione, al centro dell'area spazzata dalle pale, è molto efficace e la sua installazione e manutenzione sono facilitate in quanto prossima alla botola superiore di accesso alla navicella.



Figura 11: Altoparlante omnidirezionale *nvbird* WTG

Qualora il bersaglio procedesse per la sua traiettoria, superata una certa distanza dall'aerogeneratore, quest'ultimo verrà fermato e riprenderà la sua attività solo dopo l'allontanamento del volatile (*Figura 12*).

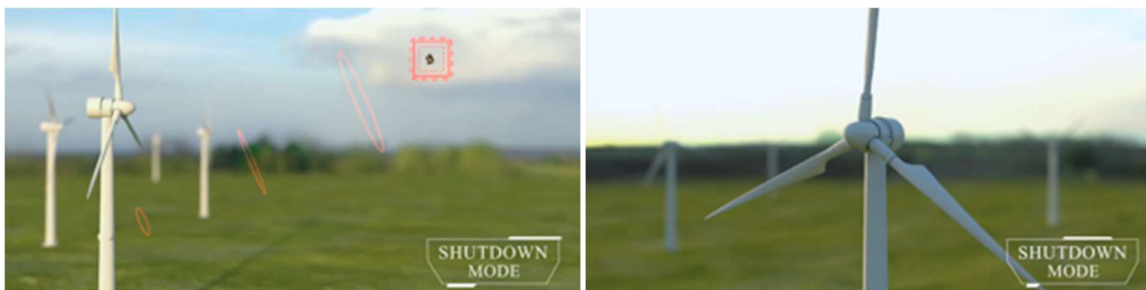


Figura 12: Shutdown mode – Fase di spegnimento

### 2.1.2 Installazione e funzionamento seconda tipologia *Protection birds*

#### Installazione nei pressi dell'aerogeneratore

Esistono sistemi sul mercato che non vengono direttamente applicati sulla torre dell'aerogeneratore ma che sono ubicati nei pressi dell'area di layout, come quello di *Identiflight*. Come prima differenza si nota, dunque, che devono essere previste aree da adibire a questa funzione per l'installazione di stazioni/torri.

La struttura principale è generalmente montata su una torre di 6 m, sebbene alcuni terreni con caratteristiche particolari, richiedano torri più alte (fino a 40 m), e accanto alla torre viene collocato un piccolo volume tecnico che contiene il sistema di alimentazione e controllo, il computer e le apparecchiature di rete (*Figura 13*).



Figura 13: Torre IdentiFlight

### Rilevazione e arresto aerogeneratore

Anche in questo caso vengono rilevate e classificate le specie in tempo reale utilizzando un ibrido tra visione artificiale e tecnologie di rete neurale che consente agli utenti di specificare quali sono le specie di volatili target.

Rilevando un volatile fino a 1,3 km di distanza e classificandolo come specie target, *IdentiFlight* consente agli operatori dati visivi e quantitativi critici necessari per ridurre o evitare le collisioni.

A seconda della portata e degli obiettivi del progetto, *IdentiFlight* può essere installato come un'unica stazione, per il monitoraggio e la raccolta dei dati, o come più stazioni per fornire una copertura completa per un intero parco eolico, nel caso di impianti di grandi dimensioni con un numero importante di aerogeneratori.

Il punto di ubicazione della stazione (o delle stazioni) è un elemento importante, in cui vengono presi in considerazione gli aspetti ecologici, geografici e tecnici.

La struttura principale comprende otto telecamere fisse ad ampio campo visivo (WFOV) la cui funzione primaria è il rilevamento. I volatili vengono rilevati nell'emisfero di copertura di 1,3 km e ne vengono valutati il movimento e la velocità. Sono scartati altri oggetti in movimento.

Quando le telecamere WFOV rilevano il movimento di un volatile, un'unità posiziona le telecamere stereo ad alta risoluzione (HRSC) verso il volatile, monitorandone la traiettoria di volo. L'HRSC determina la distanza e le dimensioni

del volatile e ne acquisisce immagini ad alta risoluzione per determinare se è una specie di interesse o meno (specie target).

Se fosse rilevata una specie target in avvicinamento, *Identiflight* rallenta gradualmente il generatore eolico, fino alla ricezione di un segnale di spegnimento. Il WTG rallenterà a 1-2 giri al minuto per consentire il passaggio sicuro dei volatili target in traiettoria di volo. I tempi di rallentamento variano a seconda del produttore della turbina e in genere vanno dai 30 ai 90 secondi. La durata totale della riduzione dipende dalla presenza del volatile e dal tempo di risposta del WTG che riceve il segnale di arresto.

Per questo tipo di soluzione sono state documentate significative diminuzioni delle probabilità di collisione (McClure et al., 2021), [5], [6].

### 2.1.3 Utilizzazione del sistema *Protection birds* sul progetto “Passo di Frassineto”

In questa sede, dopo aver illustrato la modalità di installazione e di funzionamento di alcune soluzioni innovative presenti sul mercato per prevenire le possibili collisioni dell’avifauna (specie target), ed in particolar modo dei rapaci, con le pale in rotazione degli aerogeneratori, il Proponente riporta una possibile applicazione della prima tipologia *Protection birds* al Parco eolico a progetto “Passo di Frassineto”. Ricordiamo che la prima tipologia, introduce un ulteriore sistema di protezione, quale quello attribuito alla dissuasione acustica, che ne amplifichi l’efficacia.

Sebbene siano state menzionate le logiche con cui funzionano i meccanismi di *bioseco* o *digisec*, a titolo di esempio, si ipotizza di ricorrere alla soluzione proposta da *nvisionist*.

Questo sistema è da considerarsi a tutti gli effetti un ulteriore ed importante opera mitigativa nei confronti delle specie target di avifauna per il progetto del Parco eolico “Passo di Frassineto”. Viste le caratteristiche degli aerogeneratori utilizzati e le modalità di installazione e funzionamento del sistema, si potrebbe prevedere l’installazione delle telecamere a 10 m dalla base di ciascuna torre, mentre la fonte sonora potrebbe essere installata sulla navicella.

Il sistema individua come zona di monitoraggio un’area di raggio 1 km, come zona di dissuasione un’area di raggio 300 m e come zona di spegnimento un’area di raggio pari a 110 m (*Figura 14 e Figura 15*).



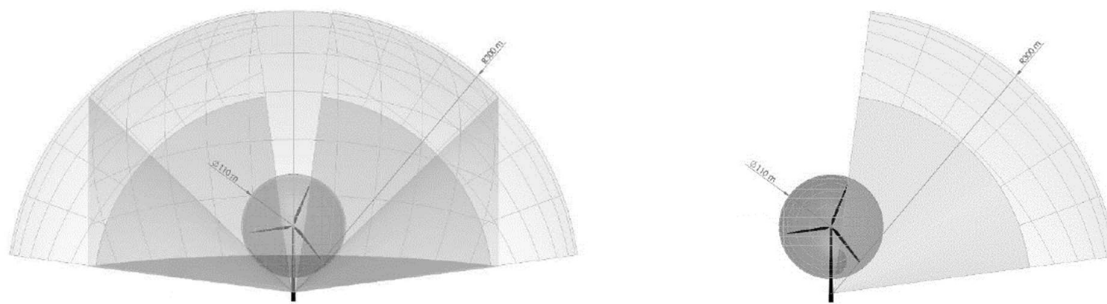


Figura 14: Esempio di diagramma di copertura e sfera di rischio per le specie target

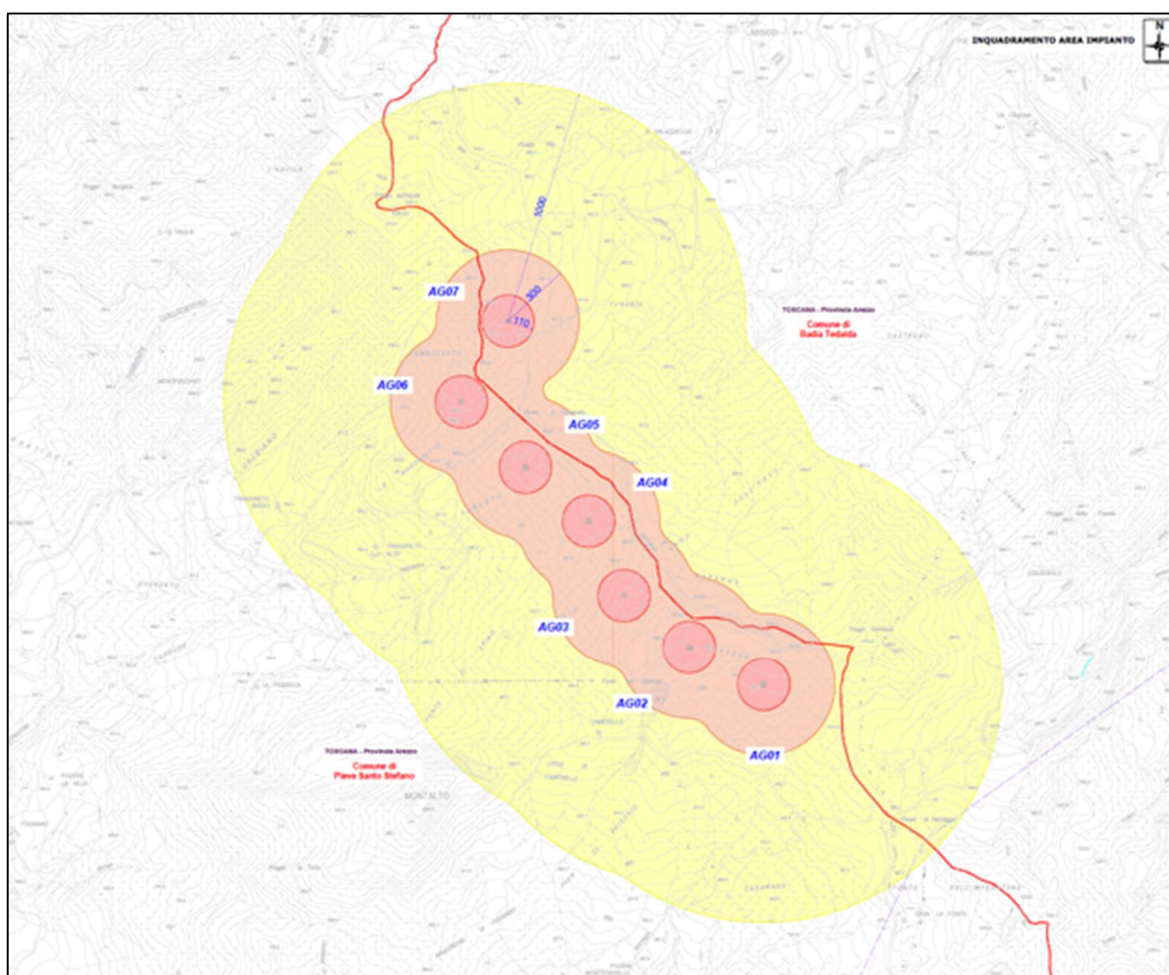


Figura 15: Possibile applicazione del Servizio nvbird per il Parco Eolico "Passo di Frassineto"; in giallo l'area monitorata (raggio di 1 km), in arancione l'area di dissuasione (raggio di 300 m) e in rosso l'area di spegnimento (raggio di 110 m)

## 2.2 Mitigazione della chiroterofauna

Le misure di mitigazione nei confronti della chiroterofauna sono fondamentali per garantire la conservazione di tali specie.

Le misure che vengono proposte in questa sede riguardano due aspetti, uno legato all'operatività dell'impianto e l'altro connesso all'utilizzazione delle aree adiacenti alle turbine; queste due strategie, se combinate assieme, permettono di ridurre notevolmente il rischio di collisione di tali specie con le pale eoliche a progetto.

### 2.2.1 Curtailment

Ad oggi, una delle più comuni misure di mitigazione del rischio di impatto nei confronti dei chiroteri è quella di ridurre la velocità di rotazione o il fermo macchina delle pale in determinate finestre temporali sensibili, al di sotto di una determinata velocità del vento.

Il *curtailment*, ovvero la sospensione delle attività delle turbine oppure la riduzione della loro velocità di rotazione, può essere considerata una misura di mitigazione efficace dato che anche piccole variazioni nell'operatività delle turbine portano a una evidente riduzione della mortalità in un sito.

Per ridurre e/o eliminare eventuali impatti che dovessero verificarsi in fase di esercizio dell'impianto, pertanto, si suggerisce di attuare, come prima misura di mitigazione nei confronti dei chiroteri, l'innalzamento della velocità di attivazione dei rotori a circa 5 m/s, nelle ore notturne e nei mesi di agosto e settembre, corrispondenti ai picchi di presenza delle specie; tale misura sarà attuata a partire dalla messa in esercizio del parco eolico. Tale misura, comunque, sarà accompagnata da un monitoraggio *post-operam* e, in particolare, da una ricerca delle carcasse al fine di acquisire informazioni sulla eventuale mortalità causata dalle collisioni con l'impianto eolico, come è stato definito all'interno del Progetto di Monitoraggio Ambientale ("*PSS-5.22C\_Progetto Monitoraggio Ambientale*") già agli atti della CdS. L'approccio qui definito, pertanto, permetterebbe di ridurre sin da subito gli eventuali impatti negativi che potrebbero verificarsi a seguito dell'entrata in esercizio dell'impianto e, contestualmente, di monitorare l'effettiva efficacia della misura di mitigazione proposta.

### 2.2.2 Sistema di recinzioni

Un'ulteriore misura di mitigazione proposta è l'adozione di un sistema di recinzioni nei pressi delle aree degli aerogeneratori. Questa misura ha l'obiettivo di limitare il pascolo nelle immediate vicinanze delle pale, riducendo così l'effetto attrattivo esercitato dagli insetti nei confronti dei pipistrelli e, di conseguenza, riducendo ulteriormente il rischio di impatto diretto con le turbine previste a progetto.

L'integrazione delle due misure di mitigazione sopra descritte consentirebbe, perciò, di ridurre significativamente l'impatto dell'opera sulla chiroterofauna, contribuendo quindi alla loro protezione e conservazione.



### 3 Misure di compensazione

Le misure di compensazione prese in esame si propongono di ridurre gli impatti generati dagli elettrodotti, sia AT che MT, presenti nell'area vasta, universalmente riconosciuti come una delle principali minacce per quei gruppi di specie sensibili anche al rischio eolico.

Infatti, gli impatti contro gli elettrodotti sia di alta che media tensione producono nel mondo milioni di morti appartenenti a diverse specie di uccelli e rappresentano una delle principali cause di declino per molte specie.

Il vantaggio di tale soluzione risiede nella possibilità di agire sugli elettrodotti presenti nelle aree sensibili, sull'efficacia di tecnologie ampiamente sperimentate: la percentuale di riduzione di mortalità può infatti variare tra l'81% per i casi di collisione (Janss & Ferrer 1998) fino al 100% per i casi di elettrocuzione (per i piloni su cui è applicata la mitigazione; Ferrer & Janss 1999).

**Questa misura è ispirata dal fatto che nell'area vasta di studio, ad una distanza media di circa 1 km dall'area di progetto, è presente il sito Natura 2000 ZSC IT5180010 "Alpe della Luna" che, tra le misure di conservazione per la gestione del sito<sup>1</sup>, individua la messa in sicurezza delle linee elettriche per le stesse specie di rapaci rilevate presso l'area di progetto nel corso dei monitoraggi.**

Più in particolare tra le Misure specifiche di conservazione (DGR 1223/2015) (Figura 16) viene citata la "Messa in sicurezza rispetto al rischio di elettrocuzione ed impatto degli uccelli, di elettrodotti e linee aeree ad alta e media tensione di nuova realizzazione o in manutenzione straordinaria od in ristrutturazione" per le seguenti specie:

- Falco pecchiaiolo (*Pernis apivorus*)
- Biancone (*Circaetus gallicus*)
- Falco di palude (*Circus aeruginosus*)
- Albanella minore (*Circus pygargus*)
- Aquila reale (*Aquila chrysaetos*)
- Gheppio (*Falco tinnunculus*)
- Falco pellegrino (*Falco peregrinus*)

---

<sup>1</sup> [https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/hotlinks/aree\\_protette/SIC-ZSC/zsc\\_misure\\_generali\\_di\\_conservazione/IT5180010.pdf](https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/hotlinks/aree_protette/SIC-ZSC/zsc_misure_generali_di_conservazione/IT5180010.pdf)

Misure specifiche di conservazione				
DGR 1223/2015				
Ambito	Codice	Descrizione	Specie/Habitat	
			Codice	Nome
INFRASTRUTTURE	RE_D_03	Messa in sicurezza rispetto al rischio di elettrocuzione ed impatto degli uccelli, di elettrodotti e linee aeree ad alta e media tensione di nuova realizzazione o in manutenzione straordinaria od in ristrutturazione	A072	Pernis apivorus
			A080	Circaetus gallicus
			A081	Circus aeruginosus
			A084	Circus pygargus
			A091	Aquila chrysaetos
			A096	Falco tinnunculus
			A103	Falco peregrinus

Figura 16: Misure specifiche di conservazione - DGR 1223/2015 (Fonte: [https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/hotlinks/aree\\_protette/SIC-ZSC/zsc\\_misure\\_generali\\_di\\_conservazione/IT5180010.pdf](https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/hotlinks/aree_protette/SIC-ZSC/zsc_misure_generali_di_conservazione/IT5180010.pdf))

### 3.1 Impatti con le linee elettriche

L'interazione con le linee elettriche può rappresentare una minaccia per l'avifauna che può incorrere in episodi di mortalità a causa di due ordini di problematiche. Da una parte, vi è un rischio di mortalità conseguente alla collisione in volo contro le linee dell'alta tensione, dall'altra, si può incorrere nel fenomeno dell'elettrocuzione o folgorazione, anch'esso letale, a seguito di un accidentale contatto dei volatili con elementi in tensione delle linee a bassa e media tensione (Pirovano & Cocchi 2008).

L'impatto con le linee elettriche, sia per la collisione che per elettrocuzione, causa la morte in tutto il mondo di milioni di uccelli e, in alcune aree, è stata identificata come la principale causa di declino di specie minacciate (Pirovano & Cocchi 2008).

Un contributo importante all'inquadramento del problema è stato fornito da una recente rassegna bibliografica sulla mortalità dei rapaci dovuta alle linee elettriche (Lehman *et al.*, 2007), basata sull'analisi di oltre un centinaio di articoli scientifici. I rapaci sono un buon modello per valutare l'interazione tra le linee elettriche e gli uccelli perché sono uno dei *taxa* che maggiormente risentono del problema e perché, comprendendo molte specie minacciate, sono oggetto di numerosi studi e programmi di conservazione (Pirovano & Cocchi 2008).

In Italia sono state condotte anche ricerche sul campo, pubblicate su riviste italiane o come report tecnici, che hanno fornito un importante contributo all'approfondimento del problema. Tra i lavori più significativi meritano di essere citate due ricerche condotte all'interno di due aree umide di interesse internazionale per la conservazione dell'avifauna: il complesso delle saline e degli stagni di Molentargius (Sardegna; Grussu, 1997) e l'area del Delta del Po (Emilia Romagna; Costa, 1997). Inoltre, vanno citati altri quattro studi realizzati in ambienti planiziali caratterizzati da agricoltura intensiva dei quali due in Emilia Romagna (Garavaglia & Rubolini, 2000), uno in Piemonte (Vaschetti & Fasano, 1997) e uno in Lombardia (Lomellina) (Garavaglia & Rubolini, 2000).

Un ulteriore contributo utile ad inquadrare il fenomeno è quello derivante dall'analisi dei progetti comunitari LIFE Natura e Ambiente sul tema avifauna e linee elettriche. Questi progetti rappresentano gli strumenti attraverso i quali la Comunità Europea cofinanzia la politica ambientale inerente la conservazione della biodiversità e, più in generale,

uno sviluppo sostenibile delle risorse (Pirovano & Cocchi 2008).

### 3.1.1 Impatti per collisione

La mortalità per collisione contro gli elettrodotti è documentata per circa 350 specie di uccelli e rappresenta una delle principali cause di mortalità per alcune di specie di uccelli a rischio di estinzione (Barrientos et al., 2011). Le specie più soggette al rischio di collisione sono di grandi dimensioni, con una lunga aspettativa di vita e un basso tasso riproduttivo, che volano ad altezze compatibili con i conduttori e le funi di guardia o quelle gregarie che si spostano in grossi stormi (D'Amico et al., 2019).

Le collisioni degli uccelli avvengono con maggiore frequenza contro i conduttori nudi e nelle zone centrali della campata dove gli uccelli non hanno i riferimenti dei sostegni per evitarli. La mortalità per collisione, rispetto a quella per elettrocuzione, presenta una maggiore incidenza a scala locale concentrandosi all'interno di comprensori ove si registrano elevate densità di uccelli e coinvolgendo un numero di individui e di ordini significativamente superiore (Janss & Ferrer, 2001).

In Italia, i dati di Rubolini et al. (2005), frutto di una revisione bibliografica condotta su 11 studi di mortalità, indicano che gli uccelli morti per collisione sono l'83,2% del totale con un tasso di mortalità estremamente variabile compreso tra 0 e 86,9 uccelli morti/km/anno. Tra i gruppi di specie più soggetti al rischio di collisione figurano gli Aironi e i passeriformi, meno i rapaci che sono più a rischio di elettrocuzione.

Tra le specie interessate dal fenomeno della collisione, secondo la Raccomandazione n. 110 adottata dal Comitato Permanente della Convenzione di Berna, i rapaci diurni presentano un coefficiente di rischio che varia tra I e II ovvero tra un rischio presente ma senza conseguenze a livello di popolazione (I) e elevato rischio su scala regionale e locale (II).

Il comportamento migratorio di alcune specie di uccelli che li porta prima a concentrarsi in grandi quantità e poi a percorrere determinate rotte migratorie, può concorrere ad aumentare la probabilità di collisione con le linee elettriche. Garavaglia & Rubolini (2000), analizzando oltre 100.000 segnalazioni contenute nel database delle ricatture degli uccelli inanellati dell'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica, hanno osservato che i ritrovamenti di 140 individui (43 specie) le cui cause di morte sono attribuibili alle linee elettriche, si concentravano durante il periodo migratorio con un picco in primavera ed uno in autunno. Tra i migratori quelli notturni sono maggiormente esposti a rischio a causa della minore visibilità dei conduttori.

L'altezza di volo, variabile da specie a specie ed influenzabile dalle condizioni meteorologiche, può rappresentare un fattore concorrente ad aumentare il rischio di collisione (Penteriani, 1998). Anche l'intensità dei venti locali può incrementare notevolmente il rischio compromettendo le capacità di volo e impedendo repentini cambi di direzione. In presenza di forti venti sono stati registrati un gran numero di impatti mortali contro i cavi da parte di stormi di uccelli (Penteriani, 1998). Il vento, inoltre, può influenzare l'altezza di volo e quindi la probabilità di impatto: se frontale, infatti, spinge gli uccelli a volare a quote più basse, se soffia invece nella direzione di volo, permette di mantenere quote superiori. Anche la nebbia è un importante fattore di rischio perché riduce la visibilità (e la propagazione dei suoni) impedendo l'avvistamento tempestivo dei conduttori. A seconda dell'intensità del

fenomeno, infatti, il tempo di reazione degli uccelli alla vista del conduttore può non essere sufficiente ad evitare l'impatto.

Le vie preferenziali di spostamento degli uccelli spesso coincidono con le macroforme del paesaggio. I bordi delle foreste, gli alvei di fiumi, i valichi montani, i limiti costieri rappresentano le direttrici lungo le quali più frequentemente si spostano gli uccelli sia nel corso delle migrazioni stagionali, sia negli spostamenti quotidiani. Ne deriva che l'intersezione degli elettrodotti con le direttrici dei principali elementi del paesaggio che costituiscono dei corridoi o dei colli di bottiglia per gli uccelli che vi si concentrano in gran numero, può incrementare la ricorrenza di situazioni di rischio di collisione. Analogamente, è noto come le linee elettriche che corrono sopra al limite superiore dei boschi o prospicienti pareti rocciose rappresentino un grave pericolo per specie che si riproducono in ambienti rupestri. In Spagna il 22% delle cause di mortalità di Gipeto (*Gypaetus barbatus*) è attribuibile a collisioni contro conduttori elettrici (Penteriani, 1998).

Anche l'altezza dei conduttori rispetto alle chiome di un bosco, può influenzare il rischio. Contrariamente a quanto si potrebbe pensare, conduttori posti ad un'altezza inferiore o uguale alle chiome, espongono gli uccelli ad un rischio di collisione minore rispetto a conduttori posti poco sopra le chiome: le velocità di volo all'interno di un bosco sono infatti inferiori e gli spostamenti vengono effettuati in genere da albero ad albero, così da rendere più facile un cambio direzione in vista dell'ostacolo.

### 3.1.2 Impatti per elettrocuzione

La morte per folgorazione avviene quando un uccello tocca simultaneamente due conduttori (fase-fase) o un conduttore non isolato e qualche elemento del sostegno connesso a terra (fase-terra). I casi d'elettrocuzione più frequenti sono quelli fase-terra che avvengono quando un uccello posato su un sostegno urta accidentalmente una parte del corpo (generalmente la punta delle ali o la coda) contro uno dei conduttori. Provocando la morte immediata, l'elettrocuzione non permette l'apprendimento di un pericolo evitabile in futuro o trasmissibile alla prole. Di norma gli uccelli folgorati muoiono istantaneamente e i loro cadaveri possono essere rinvenuti ancora attaccati con le zampe agli isolatori o alle mensole oppure, più frequentemente, alla base dei tralicci. In Italia Rubolini et al. (2005) hanno analizzato i risultati relativi a dei censimenti sulla mortalità degli uccelli lungo 71,2 km di linee elettriche, localizzate in 10 aree di studio. In totale sono stati rinvenuti 827 individui, il 16,8% dei quali morti per folgorazione (n = 139). Le specie maggiormente soggette ad elettrocuzione sono risultate essere, in accordo con i modelli previsionali, i Corvidi (ordine Passeriformes) e i rapaci diurni (ordine Falconiformes). Il tasso di mortalità è risultato molto variabile tra 2,1 e 20,5 uccelli morti per km di linea/anno mentre il tasso medio è risultato di 3 uccelli morti per km di linea/anno oppure di 0,15 uccelli morti per sostegno/anno.

Uno degli studi più completi a livello europeo sulla mortalità degli uccelli causata dalle linee elettriche è quello realizzato da Bevinger (1998) che ha analizzato 16 lavori realizzati tra il 1972 e il 1993. Dei 13.476 individui dei quali sono state accertate le cause di morte, l'elettrocuzione ha interessato in modo significativo solo tre ordini (Passeriformes n = 416; Falconiformes n = 739; Strigiformes n = 68) per un totale di 1.250 individui, il 9,3% del totale. Agli ordini dei Falconiformes e dei Strigiformes, che insieme rappresentano il 64,6% delle vittime, appartengono specie di alto valore conservazionistico protette dalle varie normative internazionali.

Gli uccelli dotati d'ampia estensione alare, quali alcuni rapaci veleggiatori ed i Ciconiformi, sono i più esposti al rischio d'elettrocuzione in quanto maggiore è la possibilità che, posandosi sui tralicci, con le ali o la coda cortocircuitino le componenti elettriche. Esemplari con apertura alare maggiore di 130 cm sono significativamente più esposti al rischio elettrocuzione.

Tra i fattori che maggiormente influenzano il rischio d'elettrocuzione vanno considerati la tipologia della linea e le caratteristiche dei sostegni e degli armamenti (sostegni più isolatori). In Spagna, ad esempio, in uno studio realizzato in Catalogna da Mañosa (2001), l'86% degli uccelli morti (n =138) è stato rinvenuto in due tipologie di sostegni, a dimostrazione di quanto sia variabile la pericolosità delle diverse tipologie di armamenti. Le linee a media tensione sono le tipologie responsabili con maggior frequenza di episodi di elettrocuzione a causa delle distanze più ravvicinate tra gli elementi conduttori (Garavaglia & Rubolini, 2000).

## 3.2 Riduzione del rischio elettrico

Al fine di ridurre il rischio di mortalità contro gli elettrodotti, la ricerca e la sperimentazione hanno riguardato principalmente l'individuazione di soluzioni per rendere i conduttori più visibili agli uccelli minimizzando così il rischio di collisioni e dissuaderli dal posarsi su strutture ed elementi a rischio per minimizzare gli episodi di elettrocuzione.

### 3.2.1 Riduzione del rischio di collisione per le linee ad alta tensione

Tra le misure più efficaci sperimentate per ridurre il rischio di collisione ci sono il posizionamento sugli elettrodotti di marcatori visivi con l'obiettivo di rendere più visibile i cavi agli uccelli in volo. Studi realizzati per valutare l'efficacia di tali dispositivi hanno dimostrato che i cavi elettrici dotati di dissuasori registravano un tasso di mortalità inferiore del 78% (Barrientos et al., 2011).

In questo senso Terna, l'ente gestore delle linee ad alta tensione, si è dotata nel 2017 di un **Avian Team** composto da personale operativo specializzato nei Distretti e Dipartimenti presenti sul territorio e da uno staff di esperti che ha sviluppato l'Istruzione Operativa "Utilizzo degli asset Terna per la mitigazione degli effetti sull'avifauna", successivamente aggiornato al 2023, con, tra gli obiettivi, di promuovere iniziative di mitigazione delle interferenze tra impianti e l'avifauna e la chiroterofauna (Terna 2024).

Dal 2009 le attività di Terna volte alla mitigazione dei rischi di collisione sulle linee AT sono aumentate considerevolmente, come si può osservare dalla *Figura 17* sotto riportata, tratta dal volume "Terna e la tutela della Biodiversità", II Edizione, Luglio 2024.

Dissuasori per l'avifauna installati sulla RTN															
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Linee interessate (n.°)	30	37	40	n. d.	47	51	53	57	66	70	72	77	81	88	92
Dissuasori installati (n.°)	8.845	8.917	9.116	11.146	12.005	13.397	13.866	14.472	14.728	15.503	15.552	16.299	16.977	17.445	17.638

Figura 17: Dissuasori per l'avifauna installati sulla RTN (Fonte: "Terna e la tutela della biodiversità", II Edizione, Luglio 2024)

Secondo Terna i dispositivi di avvertimento visivo più utilizzati in Italia sono le spirali colorate; con le sfere colorate utilizzate là dove le temperature rigide invernali favoriscono l'accumulo di ghiaccio sulle spirali che può causare problemi di sovraccarico dei conduttori.

Le spirali sono dispositivi di plastica colorata, con le estremità fissate ai cavi, la cui sperimentazione ha evidenziato una diminuzione delle collisioni mortali variabile dall'60 al 89% ed una efficacia sia sull'avifauna sedentaria che di passo (Janss & Ferrer 1998).

Uno studio specifico realizzato per valutare gli effetti che questo tipo di avvertimenti visivi potessero avere sull'incidenza delle collisioni degli uccelli, ha evidenziato che nelle linee dotate di spirali bianche disposte a 10 m di distanza l'una dall'altra la mortalità si riduceva dell'81% (Janss & Ferrer 1998).

Le spirali sono realizzate in filo di materiale plastico (PVC) pre-sagomato a caldo, con diametro maggiore (in media 35 cm) nella parte centrale ed una o entrambe le estremità arrotondate ad elica per un facile ancoraggio ai conduttori.

La colorazione è variabile ma le più utilizzate sono spirali bicolori, bianche e rosse alternate: le prime più facilmente visibili in condizioni di forte luminosità, le seconde più visibili in situazioni di scarsa luminosità (e di conseguenza particolarmente utili soprattutto per le specie crepuscolari).

Per la loro particolare forma, le spirali colorate costituiscono anche un sistema di avvertimento sonoro, utile specialmente per gli uccelli notturni, a causa del rumore che viene prodotto dal vento che soffia tra le spire.

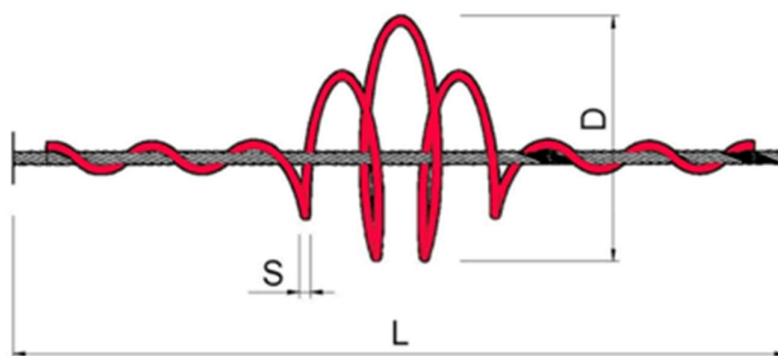
Di seguito delle immagini che illustrano le spirali utilizzate.



*Figura 18: Installazione del dispositivo di dissuasione (spirale)*



*Figura 19: Schema di spirale ed elettrodotto dotato di spirali che sovrasta il bordo di un bosco (Fonte: “Linee Guida per la mitigazione dell’impatto delle linee elettriche sull’avifauna”. ISPRA e Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare)*



Tipo Corda	Sezione	ø Esterno	L	D	S
AC 65	65.81	10.5	950	350	10.0
AW 80	80.73	11.5+12.5	950	350	10.0
FO 183	186.4	17.9	1000	350	10.0
AA307	307.7	22.8	932	350	12.0
AA 585	585.3	31.5	1162	350	12.0

Dimensioni in millimetri

Materiale	PVC ER 820 anti U.V. SOLVAY	Il colore deve essere una caratteristica fisica del materiale utilizzato.
Colore Materiale	Rosso / Bianco	
Resistenza U.V.	SI	
Temp. Minima	- 20 °C	
Temp. Massima	+ 70 °C	
Scorrimento	NO (anche con manicotto di ghiaccio 12 mm)	
Rumore:	Sotto l'effetto del vento devono produrre un rumore percepibile dall'udito degli uccelli che quindi modificano la loro rotta di volo. Detto rumore non deve essere percepibile dall'orecchio umano.	

Figura 20: Caratteristiche di una spirale

Le sperimentazioni effettuate sinora hanno mostrato che è opportuno installare i dispositivi a spirale per almeno il 60% della lunghezza della campata, partendo dal centro. Shaw et al. (2010), ad esempio, hanno dimostrato che la maggior parte delle collisioni avviene nei tre quinti centrali della campata. Altri studi (AEWA Conservation Guidelines, 2012) raccomandano invece, per le linee fino a 132 kV, di estendere la posa dei dispositivi a tutta la lunghezza della campata (100%) a maggiore tutela. In genere, per diminuire la mortalità di circa l'80%, è consigliabile installare le spirali ad un intervallo di 10 m lungo una linea (Janss & Ferrer, 1998).



### 3.2.2 Riduzione del rischio di elettrocuzione per le linee a media tensione

Gli isolatori rigidi portanti (

Figura 21 e Figura 22), insieme agli isolatori rigidi per amarro (Figura 23 e Figura 24), sono i più pericolosi tra le tipologie di armamento convenzionali. La loro pericolosità è aumentata dall'ampia diffusione che questi manufatti hanno sul territorio. In due studi condotti in Spagna da Mañosa (2001) e Fernandez & Azkona (2002) è stato rilevato per gli isolatori per amarro un tasso di mortalità annuale rispettivamente di 1,34 e 0,52 uccelli/sostegno contro un tasso di mortalità pari a 0,35 uccelli/sostegno per quanto riguarda gli isolatori portanti (Fernandez & Azkona, 2002). Anche in Italia gli armamenti portanti e per amarro sono tra i più diffusi. In una ricerca condotta da Garavaglia & Rubolini (2000) in Lomellina sostegni con gli isolatori sospesi rappresentavano il 44% dei sostegni indagati (n = 240) e hanno fatto registrare un tasso di mortalità di 0,18 uccelli/sostegno.



Figura 21: Isolatore portante semplice (Fonte: "Linee Guida per la mitigazione dell'impatto delle linee elettriche sull'avifauna". ISPRA e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare)



Figura 22: Isolatore portante doppio (Fonte: "Linee Guida per la mitigazione dell'impatto delle linee elettriche sull'avifauna". ISPRA e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare)



Figura 23: Isolatore rigido per amarro (Fonte: "Linee Guida per la mitigazione dell'impatto delle linee elettriche sull'avifauna". ISPRA e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare)

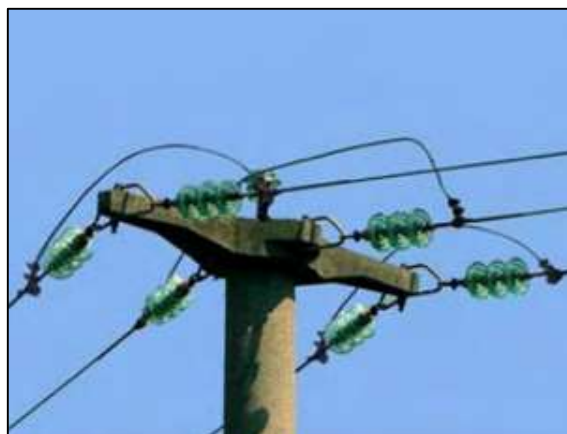


Figura 24: Isolatore con il collo morto rovesciato (Fonte: "Linee Guida per la mitigazione dell'impatto delle linee elettriche sull'avifauna". ISPRA e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare)

Il metodo più efficace per ridurre il rischio di elettrocuzione negli isolatori portanti e negli isolatori rigidi per amarro, che rappresentano la categoria di isolatori più pericolosa per i rapaci, consiste nel rivestire la parte dei conduttori più prossima agli isolatori (130 cm) con un materiale isolante, in genere pvc, come rappresentato nelle figure sotto riportate.

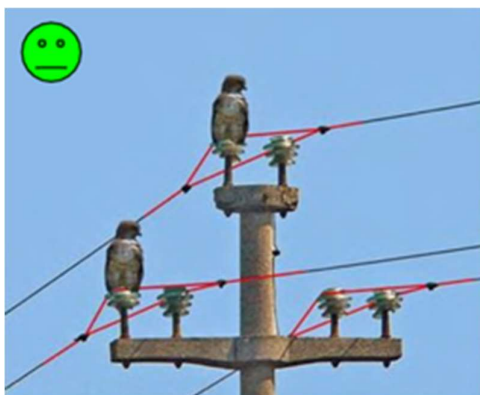


Figura 25: Isolatori portanti isolati con pvc (Fonte: "Linee Guida per la mitigazione dell'impatto delle linee elettriche sull'avifauna". ISPRA e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare)

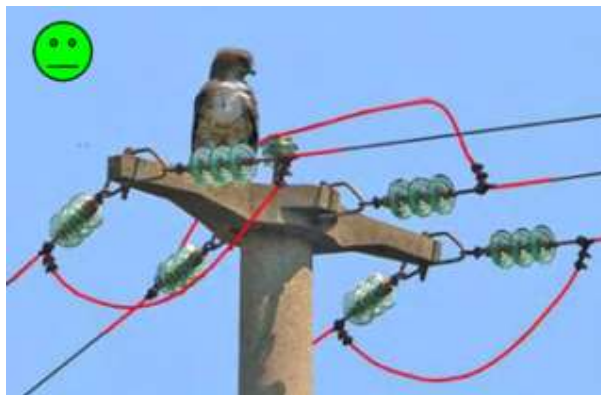


Figura 26: Isolatori per amarro isolati con pvc (Fonte: "Linee Guida per la mitigazione dell'impatto delle linee elettriche sull'avifauna". ISPRA e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare)

Tra i prodotti più utilizzati da Enel (e-distribuzione) – l'ente gestore delle linee a media tensione – per mitigare gli impatti causati dall'elettrocuzione c'è la guaina isolante Improlax, aperta e richiudibile [www.improlax.it/guaina-isolante-aperta-e-richiudibile/](http://www.improlax.it/guaina-isolante-aperta-e-richiudibile/). Questo prodotto viene impiegato, in associazione a nastro auto-agglomerante, per isolare i colli morti sospesi o su isolatori rigidi, i cavallotti nei pali di derivazione, i conduttori in corrispondenza degli isolatori rigidi ed i conduttori in retto-filo e losanghe. La guaina aperta e richiudibile "Improlax" è applicabile sui

conduttori senza doverli interrompere; inoltre, data la sua duttilità si modella alla forma spesso curvilinea del conduttore.

Tale guaina non richiede l'ausilio di nessuna attrezzatura aggiuntiva per l'installazione (fascette, lacci ecc.). Realizzata in silicone o in TPE flessibile la guaina verrà utilizzata per conduttori in rame o in alluminio fino a 35 mm (con tensione fino a 20.000 V).



Figura 27: Guaina isolante "Improlax"

### 3.3 Casi studio

In questo paragrafo si riportano alcuni esempi di interventi realizzati in Italia con la finalità di mitigare l'impatto delle linee elettriche sugli uccelli.

#### 1. Il Progetto Life nel Parco Regionale del Delta del Po (Emilia Romagna)

Il progetto Life "Miglioramento degli habitat di uccelli e bonifica di impianti elettrici" è iniziato operativamente nel luglio 2001 ed è stato il primo e più ampio intervento in Italia che in maniera complessiva ed esaustiva ha eliminato la pericolosità delle linee elettriche in un'area di grande importanza naturalistica come quella del Parco del Delta del Po dell'Emilia-Romagna, rispondendo in anticipo agli indirizzi dell'Unione Europea.

#### 2. Interventi in Provincia di Grosseto

Uno studio effettuato dal WWF Toscana attorno al 1990, nel quale si presero in esame la distribuzione degli elettrodotti a media ed alta tensione in sei aree di particolare interesse naturalistico, ebbe come conseguenza l'attivazione di alcune azioni di messa in sicurezza delle linee elettriche a livello locale (nel periodo 1995-2007), nel territorio della Provincia di Grosseto.

In totale sono state messe in sicurezza circa 80 km di linee elettriche a MT in aree naturali strategiche per la conservazione della biodiversità.

#### 3. Progetto LIFE Natura Tutela degli Habitat e dei Rapaci del Monte Labbro e dell'Alta Valle dell'Albegna LIF04/NAT/IT/000173 "Biarmicus"

Il progetto LIFE Natura “Biarmicus” si sviluppa nel SIC/ZPS Monte Labbro e Alta Valle dell’Albegna (GR), un’area di grande importanza ornitologica per la presenza, tra gli altri, di Biancone (*Circaetus gallicus*), Falco pellegrino (*Falco peregrinus*), Lanario (*Falco biarmicus*) ed Albanella minore (*Circus pygargus*).

Un’azione del progetto LIFE Natura prevede la minimizzazione dell’impatto sull’avifauna di alcune linee elettriche, giudicate più pericolose, attraverso la messa in sicurezza di circa 5 km di linee a MT.

#### **4. Altre azioni in Toscana**

Nella Riserva Naturale Padule di Orti Bottagone si trovano numerosi tralicci molto pericolosi per l’avifauna che frequenta la zona umida. Diversi interventi hanno diminuito notevolmente questo rischio, ad esempio attraverso l’installazione di spirali bianche o rosse, posizionate a 20 metri l’una dall’altra sui conduttori delle linee che sovrastano la zona umida, per ridurre il rischio di collisione.

Nel luglio 1999 sono stati installati dissuasori a spirale, per ridurre il rischio di collisione, nella Piana di Campaldino (AR), in oltre 5 km di una nuova linea (Bibbiena/Poppi). La zona è limitrofa al Parco delle Foreste Casentinesi.

### 3.4 Descrizione degli interventi

Gli interventi esaminati per il miglioramento della sicurezza ambientale delle linee elettriche nell'area vasta del parco eolico si articolano su diverse azioni fondamentali.

Di seguito vengono riportate alcune proposte di intervento che andranno valutate insieme all'ente gestore del Sito Natura 2000 Alpe della Luna e incrociate con gli interventi di messa in sicurezza delle linee AT e MT contenuti nelle misure di conservazione del sito.

Come primo intervento, sarebbe opportuna la **messa in sicurezza della linea AT 132 kV** entro i confini del sito Natura 2000 ZSC IT5180010 "Alpe della Luna con l'obiettivo principale di ridurre gli impatti ambientali, in particolare il rischio di collisioni ed elettrocuzioni per l'avifauna. Per raggiungere questo scopo, potrebbero essere installati dispositivi anti-collisione e protezioni che contribuiranno a limitare la mortalità degli uccelli.

Un secondo **intervento potrebbe riguardare la linea di media tensione** situata al passo di **Viamaggio** con l'obiettivo di eliminare completamente il rischio di elettrocuzione per gli uccelli. A tal fine, si potrebbe procedere all'isolamento del tratto di linea MT, implementando dispositivi di protezione e adeguando la struttura esistente.



Figura 28: Linea MT in verde e linea AT in blu nei pressi della ZSC IT5180010 "Alpe della Luna" (in grigio chiaro) e dell'area del progetto "Passo di Frassineto" (in bianco gli aerogeneratori a progetto)



### 3.4.1 Linea Alta Tensione

Entro i confini del sito Natura 2000 ZSC IT5180010 “Alpe della Luna” corre, per un tratto di 1,9 km c.a., la linea AT 132 kV Badia Tedalda – Ponticino FS per un totale di 11 campate, come rappresentato nella figura sotto riportata. Nelle figure successive, poi, sono riportate, nel dettaglio le singole campate oggetto di analisi.

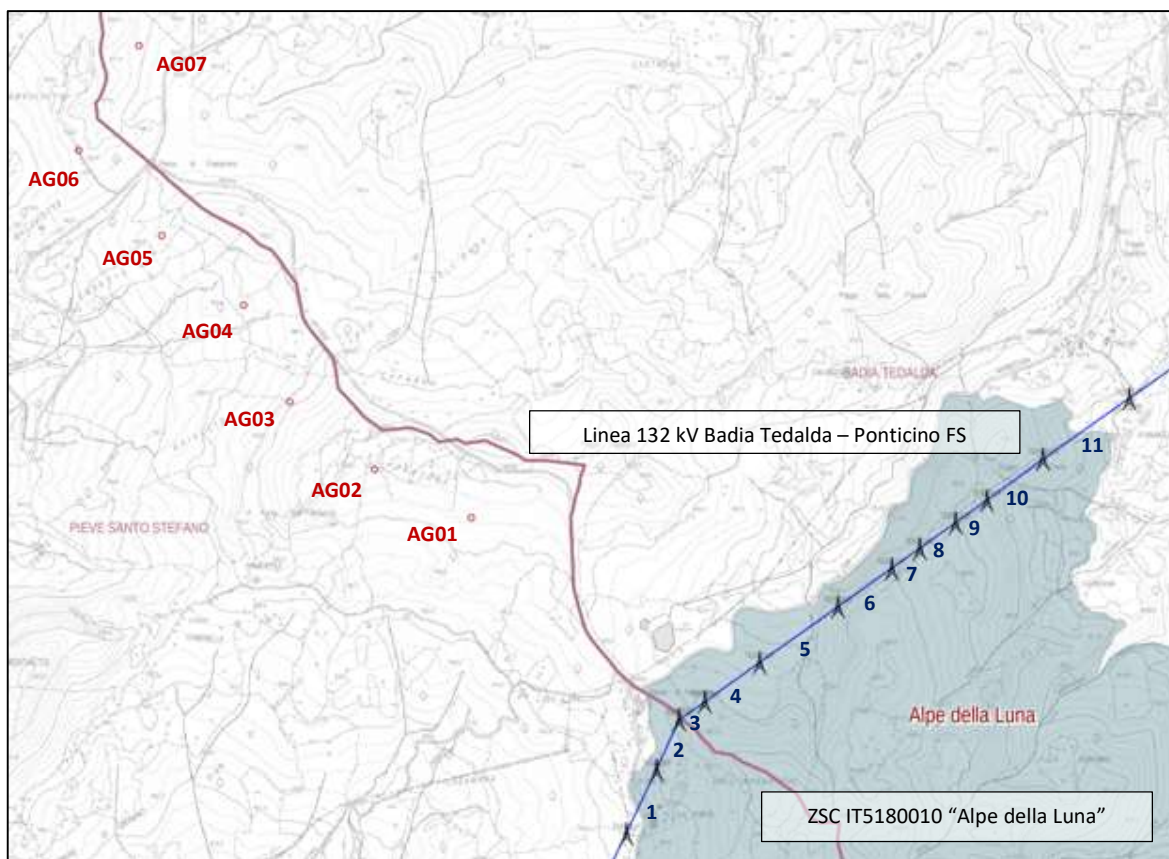


Figura 29: Sovrapposizione della Linea AT 132 kV Badia Tedalda – Ponticino FS (in blu scuro) con la ZSC IT5180010 “Alpe della Luna” (in blu chiaro) su base CTR; numerate le 11 campate ricadenti all’interno dell’area protetta



Figura 30: Dettaglio della campata n. 1 della Linea AT su ortofoto



Figura 31: Dettaglio della campata n. 2 della Linea AT su ortofoto





Figura 32: Dettaglio della campata n. 3 della Linea AT su ortofoto



Figura 33: Dettaglio della campata n. 4 della Linea AT su ortofoto





Figura 34: Dettaglio della campata n. 5 della Linea AT su ortofoto



Figura 35: Dettaglio della campata n. 6 della Linea AT su ortofoto



*Figura 36: Dettaglio della campata n. 7 della Linea AT su ortofoto*



*Figura 37: Dettaglio della campata n. 8 della Linea AT su ortofoto*





*Figura 38: Dettaglio della campata n. 9 della Linea AT su ortofoto*



*Figura 39: Dettaglio della campata n. 10 della Linea AT su ortofoto*



*Figura 40: Dettaglio della campata n. 11 della Linea AT su ortofoto*

L'intervento ipotizzato sulla linea AT 132 kV Badia Tedalda – Ponticino FS, avrebbe come obiettivo principale la riduzione degli impatti ambientali associati a questa infrastruttura elettrica. Questa misura sarebbe fondamentale per affrontare le minacce rappresentate dagli elettrodotti per la fauna avifaunistica locale, in particolare per le specie sensibili che possono essere vulnerabili al rischio di collisione ed elettrocuzione. Anche se la misura non andrà a influenzare direttamente gli eventuali impatti del parco eolico, porterà comunque un significativo beneficio alla biodiversità dell'area vasta, in particolare per le popolazioni di uccelli.

Di seguito, alcune foto degli elettrodotti AT presenti all'interno della ZSC "Alpe della Luna".





*Figura 41: Elettrodotti AT all'interno della ZSC "Alpe della Luna"*

### 3.4.1.1 Tempistiche

Le tempistiche per l'intervento sulla linea AT 132 kV Badia Tedalda – Ponticino FS possono variare in base a diversi fattori, tra cui la complessità del progetto, le autorizzazioni di secondo livello necessarie a valle dell'iter autorizzativo dell'impianto, la disponibilità del gestore della rete e le condizioni climatiche. Si riporta di seguito una stima preliminare delle attività:

**Fase di Pianificazione e Autorizzazione (4 mesi):** In questa fase si effettueranno le valutazioni necessarie, si redigeranno i documenti per le autorizzazioni e si coordineranno le comunicazioni con le autorità competenti.

1. **Fase di Progettazione (2 mesi):** Una volta ottenute le autorizzazioni, si procederà alla progettazione dettagliata delle misure di messa in sicurezza per gli elettrodotti.
2. **Fase di Esecuzione dei Lavori (6 mesi):** Questa fase include l'implementazione degli interventi di messa in sicurezza, come l'installazione di dispositivi anti-collisione e altre misure di protezione per la fauna avifaunistica.
3. **Monitoraggio Post-Intervento (6-12 mesi):** Dopo il completamento dei lavori, sarà fondamentale monitorare l'efficacia delle misure adottate, verificando la riduzione della mortalità avifaunistica e apportando eventuali aggiustamenti; si precisa che il monitoraggio dovrà tenere conto dell'eventuale fenomeno di rimozione delle carcasse operato dagli animali spazzini, pertanto andrà preventivamente valutato il tasso di rimozione, al fine di stimare correttamente il numero di individui morti a causa della collisione con la linea AT.

In totale, si stima che l'intervento possa richiedere da 12 a 24 mesi, a seconda delle specifiche circostanze. È importante notare che una pianificazione adeguata e una gestione efficiente delle risorse possono contribuire a ridurre queste tempistiche.

### 3.4.2 Linea Media Tensione

Per quanto riguarda le linee a media tensione, al Passo di Viamaggio, tra la linea AT Terna e l'impianto a progetto si trova una linea MT.

Si propone quindi di isolare un tratto di linea MT prospiciente l'Alpe della Luna di lunghezza pari a circa 1.500 m al fine di annullare il rischio di elettrocuzione.

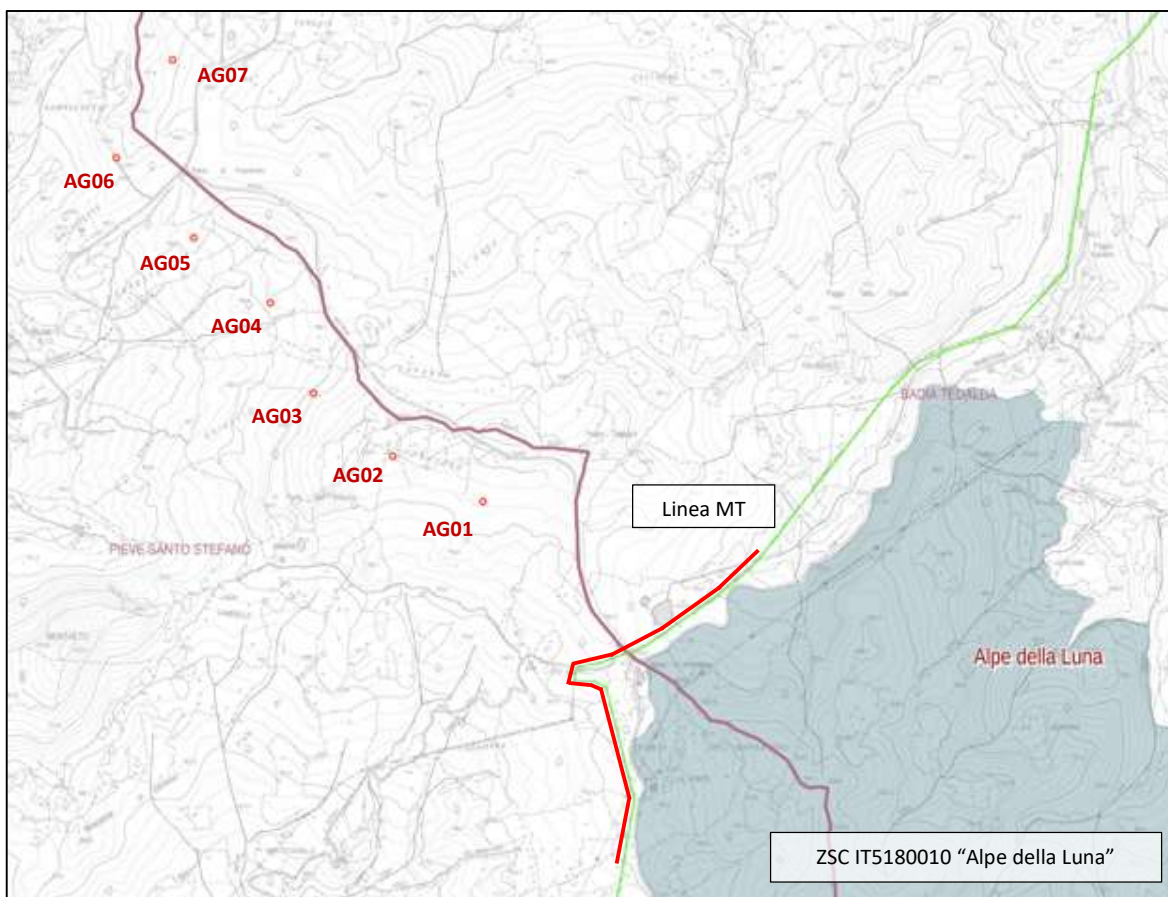


Figura 42: Inquadramento della Linea MT (in verde) rispetto all'area di progetto e la ZSC IT5180010 "Alpe della Luna" (in blu chiaro) su base CTR; contornato in rosso il tratto di linea MT (circa 1.500 m) oggetto della proposta di intervento per annullare il rischio di elettrocuzione





*Figura 43: Dettaglio su ortofoto di alcuni dei sostegni della linea MT, nei pressi del Valico di Viamaggio*



*Figura 44: Alcuni sostegni della linea MT oggetto di proposta di intervento, nei pressi del Valico di Viamaggio*





*Figura 45: Alcuni sostegni della linea MT oggetto di proposta di intervento, lungo la SS258*

L'intervento sulla linea MT prospiciente l'Alpe della Luna (circa 1.500 m) è stato motivato da una serie di considerazioni ecologiche e di conservazione della fauna avifaunistica locale. Questa località è di particolare rilevanza poiché, come evidenziato dal Settore VAS e VInCA della Regione Toscana, i dati di archivio della Provincia di Arezzo indicano che nella località di Viamaggio sono state osservate diverse specie di uccelli che presentavano un comportamento di spostamento, un fenomeno particolarmente probabile in un'area di valico montano come quella in oggetto, dove le condizioni ambientali possono influenzare significativamente le rotte migratorie degli uccelli.

In questo contesto, appare ancora più importante intervenire con misure che possano ridurre il rischio di elettrocuzione associato alla linea MT. Questo non solo contribuirebbe a proteggere le specie avifaunistiche già identificate, ma rappresenterebbe anche un passo importante verso la conservazione della biodiversità in un ecosistema delicato e vulnerabile.

La decisione di intervenire in questa specifica area riflette, quindi, un impegno verso una gestione sostenibile e responsabile delle infrastrutture, in armonia con la necessità di tutelare la fauna selvatica e il suo habitat.

#### **3.4.2.1 Tempistiche**

L'intervento sul tratto della linea a media tensione (MT) prospiciente l'Alpe della Luna, nei pressi del Passo di Viamaggio prevederebbe un processo relativamente snello rispetto a interventi più estesi. Ecco una stima delle tempistiche suddivise nelle fasi principali:

1. **Fase di Pianificazione e Autorizzazione (2 mesi):** In questa fase si procederà con la raccolta delle informazioni necessarie e l'ottenimento delle autorizzazioni per l'intervento, che potrebbe richiedere meno tempo rispetto a progetti più complessi.
2. **Fase di Progettazione (2 mesi):** Dopo aver ottenuto le autorizzazioni, si passerà alla progettazione delle misure di messa in sicurezza specifiche per il tratto della linea MT.

3. **Fase di Esecuzione dei Lavori (2 mesi):** Questa fase prevede l'implementazione delle misure di sicurezza, che possono includere l'installazione di dispositivi di protezione per ridurre il rischio di elettrocuzione e collisione.
4. **Monitoraggio Post-Intervento (3-6 mesi):** Dopo la conclusione dei lavori, sarà importante monitorare l'efficacia delle misure adottate e raccogliere dati sulla mortalità avifaunistica, per verificare i benefici apportati dall'intervento; si precisa che il monitoraggio dovrà tenere conto dell'eventuale fenomeno di rimozione delle carcasse operato dagli animali spazzini, pertanto andrà preventivamente valutato il tasso di rimozione, al fine di stimare correttamente il numero di individui morti a causa dell'elettrocuzione con i sostegni della linea MT.

In totale, si stima che l'intervento tratto di linea MT possa richiedere da 6 a 12 mesi, a seconda della rapidità con cui vengono ottenute le autorizzazioni e della complessità dei lavori necessari. Questa tempistica relativamente breve riflette la natura limitata dell'intervento, focalizzato su una tratto della linea e sull'impatto positivo atteso sulla biodiversità locale.

## 4 Strategia di mantenimento delle misure

Per garantire l'efficacia delle misure mitigative e compensative è fondamentale implementare strategie di mantenimento a lungo termine. Queste strategie possono includere:

### 1. Monitoraggio:

- **Raccolta Dati:** Effettuare un monitoraggio della mortalità (ricerca carcasse) per valutare l'efficacia delle misure adottate.
- **Analisi Periodica:** Condurre analisi periodiche dei dati raccolti per identificare eventuali problematiche emergenti e apportare modifiche necessarie.

### 2. Manutenzione delle Infrastrutture:

- **Controllo Periodico:** Effettuare ispezioni regolari delle telecamere e dei dispositivi di protezione installati sulle linee elettriche, assicurando che siano in buono stato e funzionanti.
- **Riparazioni e Aggiornamenti:** Prendere misure tempestive per riparare o sostituire qualsiasi componente danneggiato o inefficace.

### 3. Sensibilizzazione:

- **Sensibilizzazione della Comunità:** Informare la comunità locale sui benefici delle misure e sull'importanza della conservazione della biodiversità, promuovendo un atteggiamento proattivo verso la tutela ambientale.

Implementando queste strategie, si può garantire che le misure mitigative e compensative non solo raggiungano i loro obiettivi iniziali, ma continuino a fornire benefici significativi per la biodiversità nel lungo periodo.

## 5 Scheda riassuntiva degli interventi proposti

Tipologia di misura	Intervento proposto	Obiettivo	Azioni
Misura di mitigazione	Installazione di telecamere collegate con il sistema SCADA delle turbine	Ridurre il rischio di collisioni tra turbine eoliche e specie vulnerabili di uccelli	Collegare il sistema di telecamere al sistema SCADA per attivare automaticamente lo spegnimento delle turbine in caso di rilevamento di specie target
	<i>Curtailment</i>	Ridurre il rischio di collisioni tra turbine eoliche e specie vulnerabili di chiroterri	Innalzamento della velocità di attivazione dei rotori a circa 5 m/s, nelle ore notturne e nei mesi di agosto e settembre, corrispondenti ai picchi di presenza delle specie; tale misura sarà attuata a partire dalla messa in esercizio del parco eolico
	Recinzione delle aree degli aerogeneratori	Diminuire il rischio di impatti diretti contro le pale eoliche	Tramite installazione di recinzioni, evitare il pascolo nelle immediate vicinanze degli aerogeneratori con conseguente riduzione della presenza di insetti che possono rappresentare un elemento attrattivo per i chiroterri
Misura di compensazione	Messa in Sicurezza di 1,9 km della Linea ad Alta Tensione 132 kV	Ridurre gli impatti ambientali e il rischio di collisione per l'avifauna	Installazione di dispositivi anti-collisione e protezioni per ridurre la mortalità avifaunistica
	Intervento su un tratto della Linea a Media Tensione 15 kV (ca 1.500 m)	Eliminare il rischio di elettrocuzione per gli uccelli nel tratto di linea MT situata al nei pressi del Passo di Viamaggio e prospiciente l'Alpe della Luna	Isolamento del tratto di linea MT attraverso l'installazione di dispositivi di protezione e l'adeguamento della struttura esistente
Strategia di mantenimento delle misure	Monitoraggio e Valutazione	Valutare l'efficacia degli interventi nel ridurre la mortalità nei confronti dell'avifauna e dei chiroterri	Raccolta di dati post-intervento, analisi dei risultati e eventuali aggiustamenti alle misure implementate
	Sensibilizzazione	Informare la comunità locale e le parti interessate sugli interventi e i benefici attesi.	Creazione di materiali informativi, organizzazione di eventi pubblici e aggiornamenti tramite newsletter e social media

## 6 Conclusioni

L'attenzione alla salvaguardia della biodiversità è diventata un elemento cruciale nella pianificazione e gestione delle infrastrutture energetiche. In questo contesto, le misure di mitigazione e compensazione sono strumenti fondamentali nella pianificazione e gestione di progetti che possono avere un impatto sull'ambiente e sulla biodiversità. Queste misure hanno l'obiettivo di prevenire, ridurre o compensare gli effetti negativi delle attività umane sugli ecosistemi e sulle specie vulnerabili.

Come misure di mitigazione, l'implementazione di sistemi di spegnimento automatico delle turbine eoliche, integrati con tecnologie di monitoraggio visivo e SCADA, rappresenta una strategia efficace per la salvaguardia della fauna selvatica. Grazie all'uso di telecamere e algoritmi avanzati, è possibile rilevare e reagire tempestivamente alla presenza di uccelli, riducendo significativamente il rischio di collisioni. Questo approccio non solo protegge le specie vulnerabili, ma promuove anche una maggiore sostenibilità e responsabilità ambientale nel settore dell'energia rinnovabile.

Il Proponente si rende disponibile ad attuare come opera mitigativa nei confronti dell'avifauna, e in particolare dei rapaci, una delle soluzioni argomentate all'interno del **paragrafo 2.1**.

Inoltre, il *curtailment*, ovvero l'innalzamento della velocità di attivazione dei rotori a circa 5 m/s, nelle ore notturne e nei mesi di agosto e settembre, è da intendersi come una efficace misura di mitigazione del rischio di mortalità dei chiroterri nei confronti delle pale eoliche a progetto.

Infine, la chiusura delle aree degli aerogeneratori con recinzioni, al fine di evitare il pascolo nelle immediate vicinanze delle turbine e, conseguentemente, ridurre la presenza di insetti che possono rappresentare un elemento attrattivo dei chiroterri, può essere considerata come un contributo ulteriore alla mitigazione del rischio di impatti diretti dei chiroterri contro le pale eoliche.

Per quanto concerne, invece, le proposte di misure compensative – da realizzarsi qualora le precedenti azioni non risultassero sufficienti a mitigare eventuali impatti negativi significativi dovuti alla presenza dell'impianto eolico – esse sono da intendersi come un approccio da parte della Società verso l'instaurazione di una sinergia tra sviluppo energetico e conservazione della biodiversità.

L'intervento proposto su 1,9 km della linea AT 132 kV Badia Tedalda – Ponticino FS e un tratto di linea MT prospiciente l'Alpe della Luna, nei pressi del Passo di Viamaggio (circa 1.500 m) rappresenterebbe un passo importante per la salvaguardia della biodiversità nell'area del sito Natura 2000 ZSC IT5180010 "Alpe della Luna". Attraverso misure mirate di messa in sicurezza, si prevede di affrontare le minacce rappresentate dagli elettrodotti, in particolare per le specie avifaunistiche vulnerabili al rischio di collisione ed elettrocuzione. Si precisa che queste proposte di intervento andranno valutate insieme all'ente gestore del Sito Natura 2000 Alpe della Luna e incrociate con gli interventi di messa in sicurezza delle linee AT e MT contenuti nelle misure di conservazione del sito.

L'intervento apporterebbe benefici significativi alla biodiversità dell'area vasta, favorendo la conservazione delle popolazioni di uccelli e contribuendo a mantenere l'equilibrio ecologico. L'approccio proposto è in linea con le normative regionali di conservazione, dimostrando un impegno verso una gestione sostenibile delle infrastrutture energetiche.

Le tempistiche stimate per l'intervento, sia sulla linea AT che su quella MT, evidenziano un processo progettato per essere efficiente e rapido, con l'obiettivo di implementare misure di sicurezza nel minor tempo possibile.

Per garantire l'efficacia delle misure mitigative e compensative adottate per ridurre gli impatti degli impianti eolici e delle linee elettriche sulla biodiversità, è essenziale implementare strategie di mantenimento a lungo termine. Queste includono la ricerca carcasse, la manutenzione delle infrastrutture e la sensibilizzazione della comunità.

In conclusione, questi interventi non solo mirano a proteggere le specie a rischio, ma rappresentano anche un modello di come la pianificazione e la gestione delle infrastrutture possono essere armonizzate con la necessità di preservare e valorizzare la biodiversità, in un contesto ecologico delicato e di grande importanza.



## 7 Sitografia e Bibliografia

- [1] <https://nvisionist.com/nvbird-wtg/>
- [2] <https://bioseco.com/>
- [3] <https://digisec.gr/bird-monitoring-system/>
- [4] <https://www.identiflight.com/home#qsc.tab=0>
- [5] <https://static1.squarespace.com/static/5e710b62f0a8ee01b4352bf5/t/6650f85520d0445fc8ec855a/1716582486502/IDI+Studies+Sheet.pdf>
- [6] <https://datadryad.org/stash/dataset/doi:10.5061/dryad.pnvx0k6kx>
- AEWA Conservation Guidelines No. 14, 2012 - “Guidelines on how to avoid or mitigate impact of electricity power grids on migratory birds in the African-Eurasian region”.
- BARRIENTOS R., ALONSO J. C., PONCE C., PALACIN C. 2011. Meta – Analysis of the Effectiveness of Market Wire in Reducing Avian Collision with Power Lines. Conservation Biology. Vol. 25 n. 5: 893-903.
- D’AMICO M., MARTINS R. C., ALVAREZ-MARTINEZ J. M., PORTO M., BARRIENTOS R., MOREIRA F. 2019. Bird collision with power lines: Prioritizing species and areas by estimating potential population – level impacts. Diversity and Distribution. N. 25: 975-982.
- FERRER M. & JANSSE G.F.E. (eds.), 1999 - Birds and power lines. Collision, electrocution and breeding. Quercus ed., Madrid.
- JANSSE G.F.E. & FERRER M. 1998 - Rate of Bird Collision with Power Lines: Effects of Conductor-Marking and Static Wire-Marking. Journal of Field Ornithology 69 (1): 8-17.
- McClure, C. J., Rolek, B. W., Dunn, L., McCabe, J. D., Martinson, L., & Katzner, T. (2021). Eagle fatalities are reduced by automated curtailment of wind turbines. *Journal of Applied Ecology*, 58(3), 446-452 <https://doi.org/10.1111/1365-2664-13831>
- PIROVANO A. & COCCHI R., 2008 - Linee Guida per la mitigazione dell’impatto delle linee elettriche sull’avifauna. ISPRA e Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
- TERNA. 2024. TERNA e la tutela della Biodiversità