ALLEGATO 3 – Sistemi di mitigazione dell'avifauna

Il sistema di **rallentamento e/o spegnimento delle turbine eoliche mediante 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 sistema di automazione industriale.

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 tale 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.

Esistono sul mercato vari sistemi di rilevazione e monitoraggio dell'avifauna, a titolo di esempio, si possono annoverare: 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 *Liquen Consultoría Ambiental* chiamata *DTBird* [4]; e la soluzione di *Identiflight* [5].

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

- Riconoscere le specie volatile target;
- Analizzare la loro traiettoria di volo;
- Scoraggiare il proseguimento della loro traiettoria di volo;
- 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, 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*) può essere riassunto nelle seguenti quattro fasi:

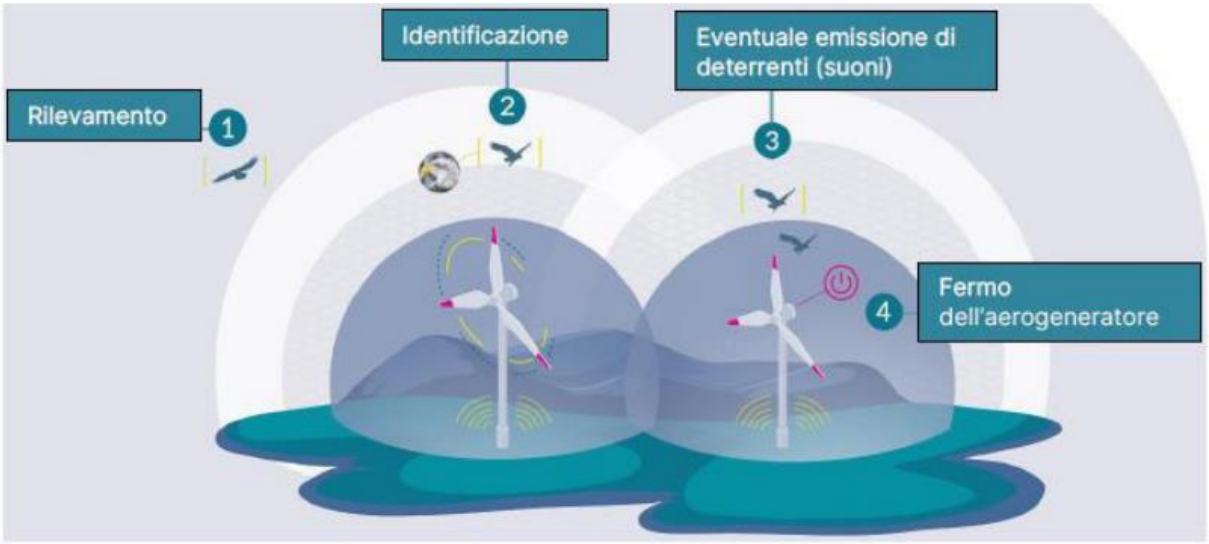


Figura 1: Servizio nvbird WTG per parchi eolici on-shore

1) Fase di rilevamento

Il sistema viene installato su ogni aerogeneratore e copre l'area circostante per distanze fino a oltre 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, può essere attivato un segnale acustico o luminoso 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*, da *DTBird* e da *digisec BMS*. In questi casi, infatti, il sistema d'installazione e di funzionamento, sono pressoché similari. Mentre il sistema proposto da *Identiflight* presenta un sistema di installazione e di funzionamento leggermente diverso che verrà descritto separatamente.

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*), come quelli sviluppati da McClure et al. [6], 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%).

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 di esercizio di un impianto eolico. Le tecniche di monitoraggio sono semplici, come si può evincere dalle documentazioni fotografiche pubblicate da *digisec*, da *DTBird* e da *bioseco* (*Figura 2*), ma necessitano di attrezzature adatte e spazi liberi e fruibili durante la fase di cantiere.

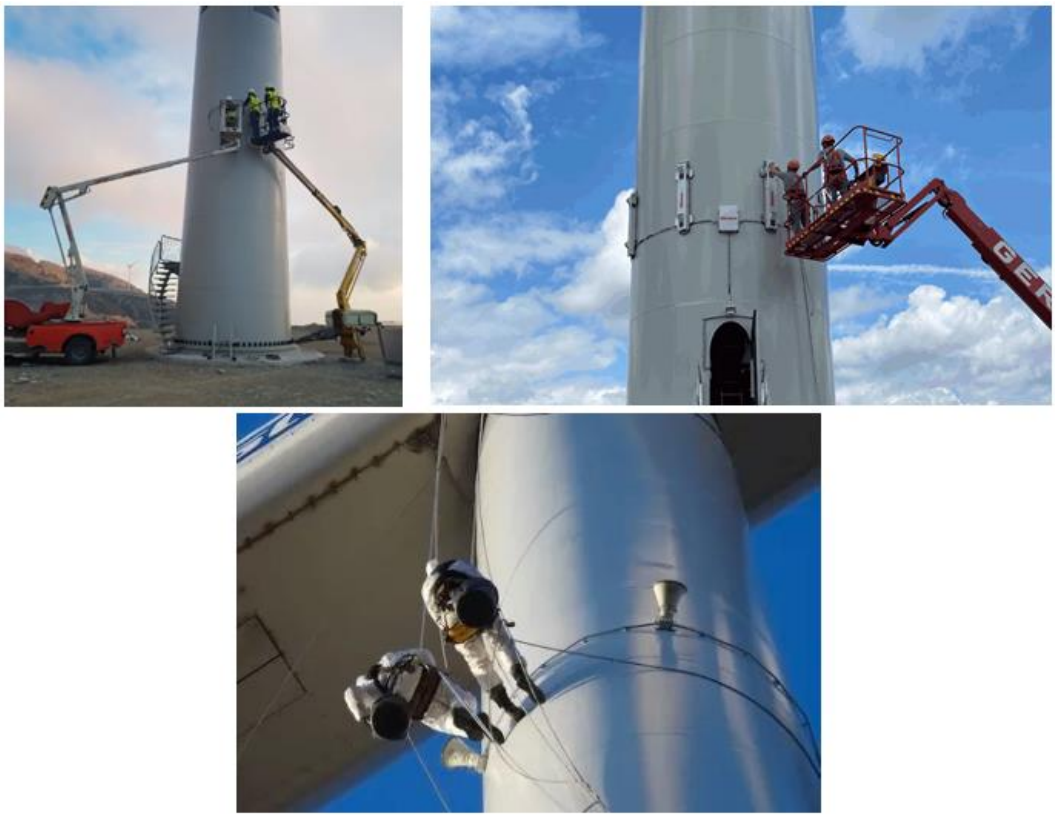


Figura 2: Tecniche di montaggio dei cavi metallici di sostegno per i sistemi digisec, bioseco e DTBird

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 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 & telecamere per il sistema DTBird, nella versione day e night

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 o fascio luminoso (*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, bioseco e DTBird in Svezia e in Svizzera

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 alla *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 seti di dati in loco.

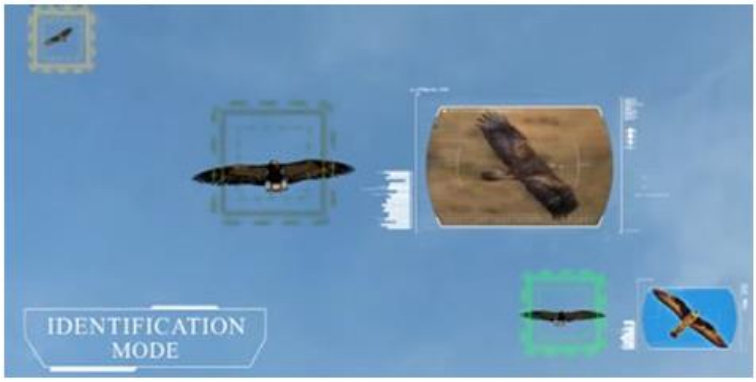


Figura 8: Identification mode – Identificazione delle specie target

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



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

Alcune soluzioni, come sistema di dissuasione, possono inviare, se richiesto dal progettista, un segnale luminoso attraverso luci stroboscopiche che sono sempre collocate a livello delle funi metalliche, come il caso di *bioseco* (*Figura 10*).

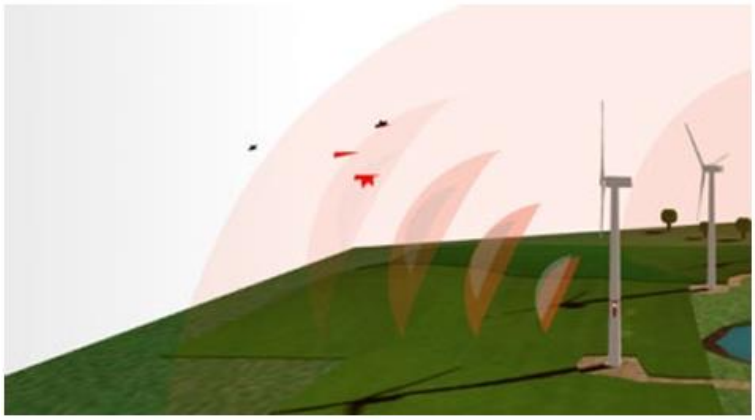


Figura 10: Dissuasione luminosa utilizzata dalla bioseco

Negli altri casi può essere mandato direttamente il segnale sonoro udibile dal volatile come sorgente a livello delle funi metalliche, come per *digisec, nvbird WTG* e *DTBird*.

La soluzione di *nvisionist* e di *Liquen Consultoría Ambiental* propongono come alternativa, per i WTG di altezza superiore a 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 volatile target 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

Le piattaforme

Le piattaforme *online* di analisi dei dati offrono un accesso trasparente ai voli registrati, tra cui: video con audio, variabili ambientali e dati operativi della turbina eolica. Sono disponibili grafici, statistiche e report automatici per determinati periodi temporali e possono essere previste due modalità di accesso: Analyzer e Manager. Si veda, ad esempio, la proposta di *DTBird* nella *Figura 13*.

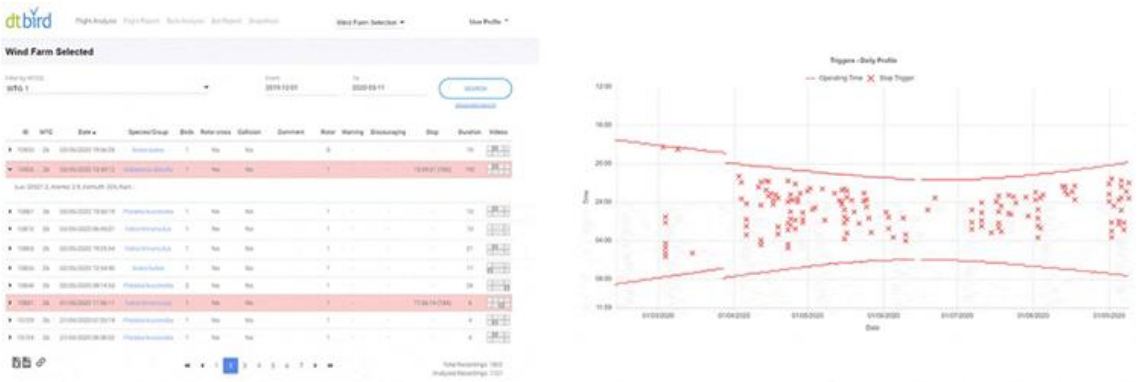


Figura 13: Piattaforma DTBird: Flight analysis; es. Review flight; es. Daily Profile of Birds flights; es. Daily Profile of Triggers [4]

Diffusione

Questi sistemi sono già molto diffusi nel mondo. Ad esempio, *DTBird* e *DTBat* sono sempre più richiesti dalle amministrazioni ambientali di vari paesi [9] e [10]. Ad oggi, più di 450 unità sono state installate presso 90 parchi eolici *onshore* ed *offshore* esistenti o a progetto in ben 16 paesi (Austria, Belgio, Cina, Francia, Germania, Grecia, Italia, Norvegia, Polonia, Spagna, Svezia, Svizzera, Taiwan, Paesi Bassi, UK e USA) (*Figura 14*).

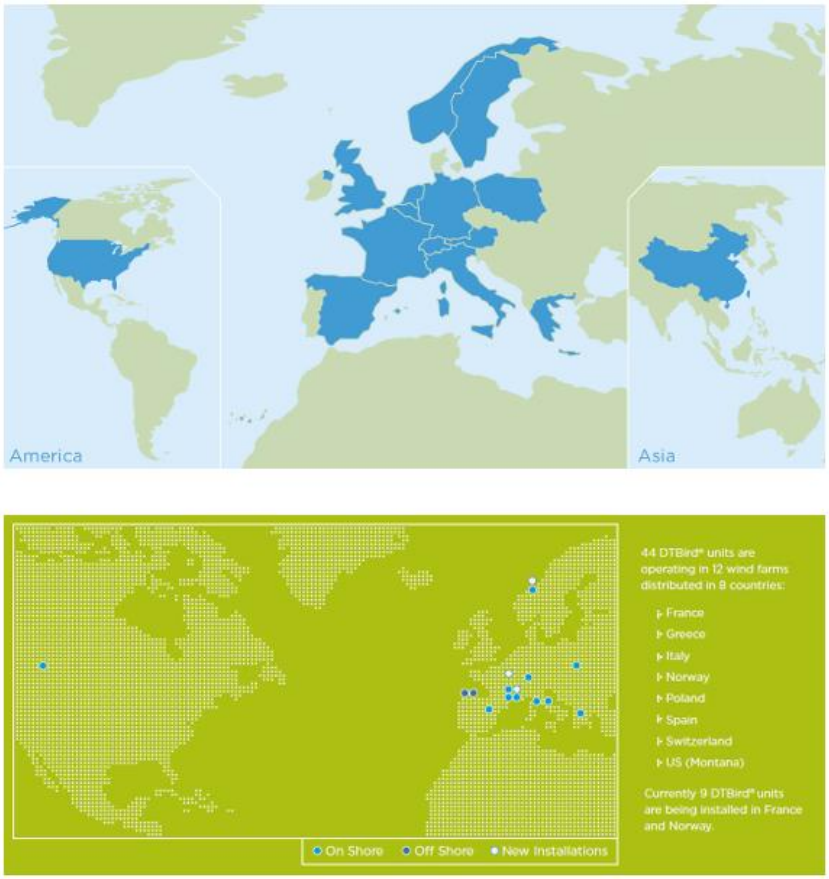


Figura 14: Diffusione DTBird e DTBat nel mondo [9] & Zoom su 44 unità delle 450 installate

Controllo

Si ricorda che, dopo la fase di identificazione, il sistema può intraprendere azioni in base alle regole stabilite dal progettista, come la distanza di attivazione, ad esempio far emettere segnali luminosi e/o suoni acustici udibili dal volatile target per scoraggiare il volatile stesso nel proseguimento della traiettoria di volo.

La ricerca ha evidenziato che l'emissione automatica di suoni di avvertimento e scoraggianti dal WTG operativo, legato al rilevamento in tempo reale di uccelli che volano nelle loro vicinanze, ha ridotto il rischio di collisione con gli aerogeneratori. Si veda a questo proposito l'analisi prodotta da *DTBird* [11] e riepilogata nella *Figura 15*.

TABLE 5. VALUES OF COLLISION RISK VARIABLES WITH SOUND EMISSION ACTIVATED AND DEACTIVATED, AND INDICATION OF COLLISION RISK REDUCTION

VARIABLES INDICATIVE OF COLLISION RISK	SWITZERLAND		SWEDEN		Collision risk reduction by Sound emission
	SOUNDS				
	Activated	Deactivated	Activated	Deactivated	
High Collision Risk flights (HCRF)	0[3]	8[3]	15	23	√
HCRF duration (minutes)	42"	3'01"	4'05"	10'15"	√
HCRF pattern changes (%)	60% (8/13 flights)	0% (0/14 flights)	82% (9/11 flights)	44% (7/16 flights)	√
Collision Avoidance flights (%)	100% (2/2 flights)	0% (0/1 flight)	87% (13/15 flights)	33% (4/12 flights)	√
RSA cross (n°)	0	1	0	0	Not enough data
Collisions (n°)	0	0	0	0	Not enough data

[3] At 1/2 HCR: 25 m to the blades

Figura 15: Indicatore riduzione rischio di collisione per DTBird [11]

Casi di studio

Lo stesso *DTBird* ha anche presentato alcuni casi di studio per partecipare al *"Guidance for turbine shutdown on demand for migratory voracing birds in the Red Sea Flyway"* [10]. In particolare ha usato i dati raccolti nel 2014 ed ha analizzato il *DTBird Shutdown on demand* in 5 parchi eolici in Europa (*Figura 16* e *Figura 17*) dimostrando una riduzione quasi totalitaria delle collisioni.

TABLE 1.
GENERAL FEATURES OF THE WIND FARM, SERVICE PERIOD STUDIED, MAIN TARGET SPECIES/GROUPS, ENVIRONMENTAL CONDITIONS, DTBIRD DETECTION MODULE (DETECTION DISTANCE CONFIGURATION), DTBIRD DISSUASION MODULE STATE (INSTALLED, ENABLED/DISABLED), AND COLLISION DETECTABILITY.

WIND FARMS LOCATED IN EUROPE	WTG FEATURES	SERVICE PERIOD	MAIN TARGET SPECIES/GROUPS	ENVIRONMENTAL CONDITIONS	DETECTION MODULE (DETECTION DISTANCE CONFIGURATION)	DISSUASION MODULE	COLLISION DETECTABILITY*
EUROPE 1	Tower height: 55-80 m. Blades length: 35-55 m. Nominal Power: 0,80-2,3 MW	2013 Whole year	Big size eagles	Altitude: 0-100 m. Temp: -10 to 25 °C. Wind speed: Up to 140 km/h. Topography: Nearly flat.	300 m	Disabled, for experimental purposes.	99,5
EUROPE 2		2013 Whole year	Migratory flocks and raptors	Altitude: 100-500 m. Temp: -5 to 40 °C. Wind speed: Up to 120 km/h. Topography: Hilly.	300 m	Enabled	98,4
EUROPE 3		2013 Whole year	Migratory flocks	Altitude: 100-500 m. Temp: -5 to 40 °C. Wind speed: Up to 120 km/h. Topography: Hilly.	300 m	Not installed	99,7
EUROPE 4		2013 - 2014 Less than 1 year	Small size raptors	Altitude: 100-500 m. Temp: -5 to 40 °C. Wind speed: Up to 120 km/h. Topography: Hilly.	150 m	Enabled	98,9
EUROPE 5		2013 - 2014 Less than 1 year	Big size shoring birds, migratory flocks and raptors	Altitude: 2000 m. Temp: -30 to 30 °C. Wind speed: Up to 120 km/h. Topography: Mountainous.	300 m	Enabled	99,8

* % of detected flights where a Potential Collision has been discarded by the review of video recordings. No Determined collisions are automatically communicated by email to the wind farm staff in charge of in situ carcasses searches, for potential collision confirmation.

Figura 16: Caratteristiche WTG, Periodo analisi, Target, Condizioni ambientali, Distanza identificazione, Modulo dissuasione, Impedimento collisioni per DTBird [10]

TABLE 2.
WIND FARM IDENTIFICATION; STOP PROTOCOL; STOPS (NUMBER AND LENGTH) DUE TO MAIN TARGET SPECIES, OTHER SPECIES AND NO IDENTIFIED BIRDS, AND STOP ERRORS; TOTAL STOPS; AND % OF ENERGY LOSS.

WIND FARMS LOCATED IN EUROPE	STOP PROTOCOL	MAIN TARGET SPECIES			OTHER SPECIES AND NO IDENTIFIED BIRDS			NO BIRD STOPS (ERROR)		TOTAL STOPS**	% ENERGY LOSS FOR 2.500 EQUIVALENT HOURS OF OPERATION/YEAR/WTG
		FLIGTHS/WTG/YEAR	STOPS**		FLIGTHS/WTG/YEAR	STOPS**		STOPS**			
			Nº STOPS/WTG/YEAR	TOTAL LENGTH STOPS/WTG/YEAR (HOURS)		Nº STOPS/WTG/YEAR	TOTAL LENGTH STOPS/WTG/YEAR (HOURS)	Nº STOPS/WTG/YEAR	TOTAL LENGTH STOPS/WTG/YEAR (HOURS)	TOTAL LENGTH STOPS/WTG/YEAR (HOURS)	
EUROPE 1	Flights: 1) in Collision Route, and/or 2) in Collision Risk Area: 150-200 m for big size eagles.	384	27	1,7	249	6	0,3	11	0,7	2,7	0,054
EUROPE 2	Flights: 1) in Collision Route, and/or 2) in Collision Risk Area: 150 m to WTG.	1.575	285	16,9	659	33	1,9	28	1,6	20,5	0,410
EUROPE 3	Flights: 1) in Collision Route, and/or 2) in Collision Risk Area: 150 m to WTG.	0,2	0,0	0,0	42	0,0	0,0	1	0,1	0,1	0,001
EUROPE 4	Flights: 1) in Collision Route, and/or 2) in Collision Risk Area: 50 m for small size raptors, 100 m for medium size raptors, 150-300 m for big size raptors and migratory flocks.	181	8	0,5	79	2	0,1	23	1,2	1,7	0,004
EUROPE 5	Flights: 1) in Collision Route, and/or 2) in Collision Risk Area: 150 m for migratory flocks.	60	1	0,1	162	3	0,2	9	0,4	0,6	0,009

** Stop data presented have been calculated per year and per WTG. A slight underestimation is possible in wind farms Europe 4 and Europe 5, as the Service period does not include a whole year of service. In 2 wind farms real stops are performed (Stop recorded by DTBird® system and actual Stop of WTG rotor), and in 3 wind farms virtual stops are performed (Stop recorded by DTBird® system, without actual Stop of WTG rotor, for testing or demonstrative purposes).

Figura 17: Percentuale di rendita persa in ore equivalenti per DTBird [10]

Infine, anche un report tecnico del 2024 [12], che copre un periodo temporale dal 2017 al 2024, sostiene la performance di *DTBird Detection* valutando positivamente l'efficacia del sistema di rilevamento e dissuasione. Nel report l'attenzione è focalizzata sulle "Golden Eagle" e dimostra la riduzione delle vittime presso impianti eolici operativi.

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 18*).



Figura 18: 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 [6], [7], [8].

Sitografia e Bibliografia

[1] https://nvisionist.com/nvbird-wtg/

[2] https://bioseco.com/

[3] https://digisec.gr/bird-monitoring-system/

[4] https://www.dtbird.com/index.php/it/

[5] https://www.identiflight.com/home#gsc.tab=0

[6] 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

[7] https://static1.squarespace.com/static/5e710b62f0a8ee01b4352bf5/t/6650f85520d0445fc8ec855a/1716582248650

[8] McClure, Christopher; Rolek, Brian; Dunn, Leah et al. (2020). Data from: Automated curtailment of wind turbines reduces eagle fatalities [Dataset]. Dryad. https://doi.org/10.5061/dryad.pnvx0k6kx

[9] DTBird System Brochure. September 2024. Read more at: https://www.dtbird.com/index.php/it/dtbird-scariche

[10] DTBird Case Studies Shutdown On Demand. March 2014. Read more at: https://www.dtbird.com/index.php/it/dtbird-scariche

[11] Evaluation DTBird Collision Avoidance Module Models 2014-2015. Read more at: https://www.dtbird.com/index.php/it/dtbird-scariche

[12] Felton, Shilo K., Perkins, La' Portia J., Smith, Jeff P., and Terrell, Scott B. Evaluating the Effectiveness of a Detection and Deterrent System in Reducing Golden Eagle Fatalities at Operational Wind Facilities. United States: N. p., 2024. Web. doi:10.2172/2429430.