

**ELETTRODOTTO A 380 KV DOPPIA TERNA
"GISSI-LARINO-FOGGIA"**

**INTEGRAZIONI VOLONTARIE ALLO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
ANALISI DEL RISCHIO ELETTRICO PER L'AVIFAUNA**

Ing. M.Sala



Storia delle revisioni

Rev. n°	Data	Descrizione
00	27/11/2015	Prima emissione

Elaborato		Verificato	Approvato
 M. Perotti, M. Belotti, M. Ghilardi, M. Sala, C. Pertot CESI S.p.A.		A.Serrapica ING/SI-SAM	N. Rivabene ING/SI-SAM

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	DEFINIZIONE DEL FENOMENO DI COLLISIONE.....	4
3	LINEE GUIDA PER LA MITIGAZIONE DELL'IMPATTO DELLE LINEE ELETTRICHE SULL'AVIFAUNA.....	5
4	MODELLO DI ANALISI DEL RISCHIO DI COLLISIONE ADOTTATO.....	6
4.1	Il fattore di rischio <i>N'</i> relativo all'avifauna nidificante	7
4.2	Il fattore di rischio <i>M'</i> relativo all'avifauna migratoria.....	8
5	RISULTATI DELL'ANALISI MODELLISTICA RELATIVA ALL'ELETTRODOTTO	
	GISSI – LARINO - FOGGIA	13
6	EFFETTO DELLA PRESENZA DI ELETTRODOTTI LIMITROFI (EFFETTO CUMULATIVO).....	16
7	RISULTATI DELL'ANALISI	21
8	MISURE DI MITIGAZIONE.....	22
9	BIBLIOGRAFIA.....	24
	Tavole.....	25

1 PREMESSA

Con riferimento alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale in corso, al fine di produrre chiarimenti e integrazioni relativi alla documentazione di VIA già prodotta nell'ambito del progetto dell'elettrodotto a 380 kV in doppia terna "Gissi – Larino – Foggia", è stato elaborato uno studio di analisi del rischio elettrico per l'avifauna sulla base delle "*Linee guida per la mitigazione dell'impatto delle linee elettriche sull'avifauna*" (ISPRA – 2008).

L'analisi del rischio elettrico per l'avifauna considera generalmente due fenomeni potenzialmente dannosi per gli uccelli legati alla presenza di linee elettriche: elettrocuzione e collisione.

Il fenomeno di elettrocuzione è fondamentalmente collegato alle linee elettriche di media e bassa tensione (MT e BT) a causa delle ridotte distanze tra i conduttori (fase – fase) e tra i conduttori e i sostegni (fase – terra). Per quanto riguarda le linee ad alta tensione (AT), in accordo con quanto riportato in "*Linee guida*" sopra citate, il fenomeno è considerato praticamente trascurabile a causa delle distanze tra i conduttori e tra i conduttori e i sostegni che, essendo di alcuni metri, sono superiori alle aperture alari delle specie di maggiori dimensioni presenti localmente.

Al contrario il fenomeno della collisione è maggiormente correlato con la presenza degli elettrodotti AT a causa sia dell'altezza dei cavi (franco a terra) sia della loro scarsa visibilità.

Nel caso specifico, quindi, l'analisi del rischio elettrico si concentra sulla possibilità di collisione in funzione delle caratteristiche dell'elettrodotto, delle specie dell'avifauna potenzialmente presenti e del territorio considerato.

2 DEFINIZIONE DEL FENOMENO DI COLLISIONE

Al fine di eseguire un'analisi di rischio del fenomeno collisione, occorre definire gli elementi principali che ne influenzano la dinamica; in particolare è necessario considerare:

- le caratteristiche autoecologiche di ciascuna specie ornitica in rapporto al fenomeno studiato;
- la presenza e la distribuzione di tutte le specie ornitiche, in funzione soprattutto dell'uso del suolo del territorio oggetto di indagine;
- l'influenza sulla probabilità di collisione di fattori ambientali indipendenti dalle singole specie e dal tipo di ostacolo (es. morfologia del territorio, clima, ecc.).

Le caratteristiche delle specie che possono determinare l'evento considerato sono essenzialmente la dimensione del corpo e il peso dell'animale che condizionano la modalità di volo e la capacità di manovra. Queste caratteristiche, che definiscono la suscettibilità intrinseca di ogni specie alla collisione, hanno consentito di proporre modelli predittivi basati sull'approccio morfologico (Janss, 2000), anche se ancora da validare per il territorio italiano (Rubolini et al. 2005). In alternativa, come proposto dalle Linee guida (ISPRA, 2008), è possibile classificare la suscettibilità specifica al fenomeno di collisione mediante "giudizio d'esperto".

Un ulteriore fattore d'influenza è rappresentato dalla distribuzione delle specie nel territorio in esame in relazione alle funzioni ecologiche che gli habitat presenti svolgono. A scopo esemplificativo si può considerare che l'esistenza di zone umide e corsi d'acqua determina la potenziale presenza di diverse specie in esplorazione trofica sia durante l'anno, per le specie nidificanti e svernanti, sia durante i periodi di migrazione prenunziale o postnunziale, per la sosta e l'alimentazione delle specie migratorie. In questo caso la presenza di specie a elevata suscettibilità aumenta la probabilità di collisione a causa delle manovre di atterraggio o decollo che vengono effettuate con maggiore frequenza.

La morfologia e le caratteristiche climatiche (frequenza di nebbie, ventosità etc.) del territorio svolgono un ruolo importante nella modalità di volo dell'avifauna, influenzandone le rotte e le manovre (es. virate, variazioni di quota etc.), con possibile aumento o diminuzione della probabilità di collisione.

3 LINEE GUIDA PER LA MITIGAZIONE DELL'IMPATTO DELLE LINEE ELETTRICHE SULL'AVIFAUNA

Il documento edito da ISPRA (2008), redatto da diversi autori coordinati da Pirovano e Cocchi, analizza i fattori che contribuiscono alla dinamica dei fenomeni di elettrocuzione e di collisione e indica le possibili mitigazioni attuabili in funzione della tipologia di elettrodotto e di fenomeno considerato. Inoltre, in appendice, riporta un caso di studio per l'applicazione dell'analisi del rischio elettrico (elettrocuzione e collisione) proposto da ricercatori dell'Università di Urbino¹.

Il modello di analisi del rischio elettrico proposto nel caso di studio riportato in "*Linee guida*" affronta entrambe le tematiche di rischio in un territorio interessato solamente da linee MT (non sono presenti linee AT).

Le caratteristiche degli elettrodotti, unite alla tipologia del territorio considerato (Parco Regionale del Sasso Simone e Simoncello in provincia di Pesaro- Urbino) caratterizzata da un'orografia complessa che va dai 700 m ai 1200 m s.l.m. circa, determinano in parte una certa specificità del modello di analisi. Alcuni dei fattori considerati sono comunque applicabili a tutte le tipologie territoriali, come la distribuzione delle specie, la sensibilità alla collisione, che nel caso specifico è unita all'elettrocuzione a livello di specie ma distinta a livello di famiglia, il valore conservazionistico, l'uso del suolo e la morfologia del territorio.

Le valutazioni sul modello proposto (ISPRA, 2008) e le diverse caratteristiche dell'elettrodotto "Gissi – Larino – Foggia" (linee AT) determinano, perciò, l'esigenza di elaborare un modello che consideri il solo fenomeno della collisione.

¹ F. Bartolini e R. Santolini, Istituto di Ecologia e Biologia Ambientale, Laboratorio di rilievo e analisi del territorio, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"

4 MODELLO DI ANALISI DEL RISCHIO DI COLLISIONE ADOTTATO

Il rischio è generalmente definito come il prodotto tra la probabilità che si verifichi un evento e l'entità dei danni che ne derivano. L'entità del danno in senso ecologico è stata identificata da ISPRA (2008) con i possibili effetti sullo status di conservazione sulle singole specie, che considera sia la loro consistenza locale sia quella areale geografica (globale). A titolo di esempio si consideri che una popolazione locale numericamente consistente con una notevole diffusione della specie all'interno del proprio areale geografico rappresenta la condizione più favorevole (incidenza minima sullo status di conservazione), mentre una popolazione locale numericamente consistente ma con un basso numero di esemplari nell'areale geografico della specie (endemismo) costituisce una condizione sfavorevole (maggiore incidenza sullo status di conservazione). Ne deriva quindi che la presenza di specie a elevata suscettibilità alla collisione e con uno status di conservazione critico aumenta il rischio considerato e diminuisce l'idoneità di un territorio a ospitare un'infrastruttura di trasporto dell'energia.

È stato quindi messo a punto un modello di calcolo², implementato come applicazione del software ArcGIS (ESRI), che a partire da buona parte dei fattori influenzanti la probabilità di collisione, indicati dalle linee guida, definisce l'interazione con lo status di conservazione allo scopo di elaborare un indice d'idoneità del territorio a ospitare un elettrodotto AT.

L'approccio proposto prevede di suddividere il territorio considerato in celle di 100x100 m cui assegnare un indice d'idoneità (I_A) che consente di attribuire alla singola campata un valore medio connesso alle caratteristiche di rischio del territorio ad essa circostante.

La relazione è stata formalizzata nella seguente equazione (Equazione 4-a):

$$I_A = 1 - \frac{N' + M'}{2} \quad \text{Equazione 4-a}$$

Dove:

I_A è l'indice d'idoneità della singola cella di territorio che rappresenta il complemento a 1 del rischio previsto: si tratta della classificazione di un territorio considerando, in modo cautelativo, le idoneità delle diverse aree ad ospitare l'avifauna presente (stanziale o migratoria), la suscettibilità specifica alla collisione con ostacoli, la vulnerabilità in funzione dello stato di conservazione delle specie ornitiche e la relazione tra l'esistenza di un ostacolo e le attività trofiche e di trasferimento. L'indice ha un range che va da 0 a 1, dove valori elevati corrispondono a un'elevata idoneità del territorio ad ospitare elettrodotti poiché vi è una bassa interferenza con la comunità ornitica stanziale o in migrazione.

N' e M' definiscono numericamente l'entità dell'interferenza rispettivamente per l'avifauna nidificante e per quella migratoria.

² Il modello è stato definito in collaborazione con il Dipartimento di Biologia e Biotecnologie Charles Darwin dell'Università La Sapienza di Roma (UniRoma).

Le specie ornitiche considerate sono quelle indicate nello Studio di Impatto Ambientale e nella Valutazione di Incidenza del progetto.

Il modello adottato attribuisce un punteggio alle celle di 100 x 100 m in cui è suddiviso il territorio analizzato, consentendo di calcolare un indice d'idoneità di ogni singola campata dell'elettrodotto che corrisponde alla media dei valori delle celle contenute in un'area rettangolare (buffer) con un lato di 2 km (1 km a monte e 1 km a valle del tracciato) e un lato della stessa lunghezza della campata (Figura 4-a).

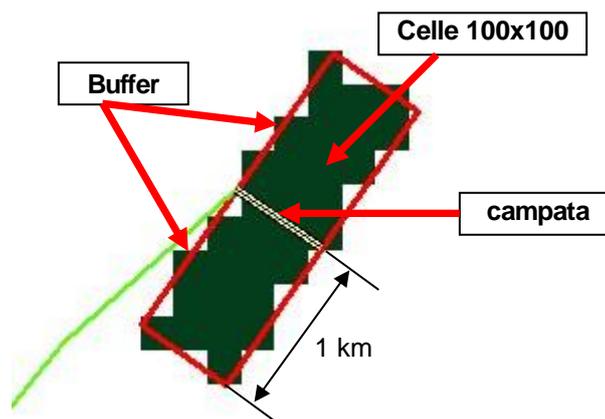


Figura 4-a. Buffer di ampiezza di 1000 m per entrambi i lati costruito intorno alla linea e gruppo di celle 100x100 m individuate dal buffer.

Il parametro calcolato è accompagnato dalla variabilità interna alla porzione di territorio interessata dalla singola campata (2000 m x lunghezza campata) per fornire un ulteriore elemento di comprensione della situazione (omogeneità o frammentazione).

Le campate inferiori ai 200 m non vengono classificate perché ritenute a basso rischio di collisione grazie alla maggiore visibilità dovuta alla vicinanza dei sostegni.

4.1 Il fattore di rischio N' relativo all'avifauna nidificante

Il fattore N' è rappresentato da un valore (standardizzato) relativo all'intera area in esame ed è definito dell'Equazione 4-b:

$$N' = \frac{N - N_{min}}{N_{max} - N_{min}} \quad \text{Equazione 4-b}$$

Dove:

N_{min} e N_{max} si riferiscono rispettivamente ai valori minimi e massimi raggiunti da N nel territorio considerato.

Il valore di N è calcolato in base all'Equazione 4-c

$$N = \sum_{s=1}^n I_s \times IFH_s + RN2000_p \times \sum_{s=1}^n \frac{Su_s}{3} \quad \text{Equazione 4-c}$$

Dove:

Su_s è un indice di suscettibilità alla collisione specie-specifico ed esprime una quantificazione dell'influenza del comportamento di volo sulla propensione alla collisione; attualmente è stato definito facendo ricorso al "giudizio di esperto", con una scala variabile tra 0 e 3, basato sui valori proposti da ISPRA (2008) eventualmente modificati in base ad altra letteratura.

$RN2000$ indica l'eventuale l'inclusione dell'unità di territorio (cella 100x100 m) in un sito Rete Natura 2000 (assume valore 1 se inclusa e valore 0 se esterna).

I_s è l'indice d'impatto specie-specifico, definito dall'Equazione 4-d, che considera la suscettibilità alla collisione e gli indici di status di conservazione di ogni specie ornitica. I valori sono compresi tra 0 e 1.

IFH_s è l'Indice di Fruibilità dell'Habitat da parte della specie, con valori rispettivamente di 0,33 per il rango 1, 0,66 per il rango 2 e 1 per il rango 3. Il rango di fruibilità è stato ricavato dalla classificazione elaborata dall'Università di Roma, nell'ambito del progetto REN (Boitani et al., 2002), in funzione delle classi Corine Land Cover 2012 (terzo livello).

L'indice di impatto **I_s** viene calcolato in base alla seguente equazione:

$$I_s = \frac{Su_s}{3} \times \frac{\left(\frac{LR_s}{4}\right) \times P_s + \frac{RL_s}{4}}{2} \quad \text{Equazione 4-d}$$

Dove:

LR_s è il rischio di estinzione a livello nazionale (misurato secondo la Lista Rossa nazionale degli uccelli nidificanti). Varia tra 0 e 4 e i valori sono assegnati come segue: specie a Minor Preoccupazione (LC) = 0; specie Quasi Minacciata (NT) = 1; specie Vulnerabile (VU) = 2; specie In Pericolo (EN) = 3; specie in Pericolo Critico (CR) = 4;

P_s è il rapporto tra la dimensione della popolazione Italiana e di quella globale della specie in esame secondo BirdLife International (2004) e varia in modo continuo tra 0 e 1;

RL_s è il rischio di estinzione globale della specie (dato pubblicato nella Red List IUCN 2010.4). Varia tra 0 e 4 come LR.

4.2 Il fattore di rischio **M'** relativo all'avifauna migratoria

Il fattore **M'** è rappresentato da un valore relativo all'intera area in esame (standardizzato) ed è definito dall'Equazione 4-e:

$$M' = \frac{M - M_{min}}{M_{max} - M_{min}} \quad \text{Equazione 4-e}$$

Dove:

M_{min} e **M_{max}** si riferiscono rispettivamente ai valori minimi e massimi raggiunti da **M** nel territorio considerato.

Il valore di **M** è calcolato in base all'Equazione 4-f:

$$M = \max(IBA_m, CPA + CSA + V) \quad \text{Equazione 4-f}$$

Dove:

IBA_m è un indice che assume i valori 0 o 3 a seconda che la cella sia all'esterno (0) o all'interno (3) di una delle 12 aree IBA importanti per le migrazione, indicate dagli esperti dell'Università La Sapienza di Roma (Tabella 4-a)

Nome IBA	Codice IBA	Regione	Superficie ha
Costa Viola e Monti Peloritani	150 e 153	Calabria, Sicilia	18765 e 18620
Monte Conero	085	Marche	5924
Alpi Marittime	035	Piemonte	109735
Monte Beigua	036	Liguria	11276
Parco Nazionale del Circeo e Isole Pontine	211	Lazio	12162
Costa tra Capo d'Ontranto e Capo S. Maria di Leuca	147	Puglia	8463
Alpi Apuane	039	Toscana	21849
Monti dell'Uccellina	098	Toscana	10266
Capo Caccia e Porto Conte	175	Sardegna	4830
Monte Arcosu	189	Sardegna	3124
Argentario	193	Toscana	12165
Promontorio del Gargano	203	Puglia	207378

Tabella 4-a. Elenco delle IBA "bottle-neck" individuate

L'utilizzo di questo indice nasce dall'esigenza di considerare la criticità di alcune aree del territorio nazionale che svolgono una funzione ecologica di particolare importanza nell'ambito della migrazione. Nel caso specifico, nessuna delle IBA indicate sono completamente o parzialmente presenti nel territorio in esame.

CPA è un indice relativo ai corpi d'acqua ottenuto attribuendo alle celle del corpo d'acqua e a quelle di un buffer intorno ad esso un valore ottenuto dal rapporto indicato nell'Equazione 4-g, riscalato tra 0 e 1 come mostrato nell'Equazione 4-h.

$$\frac{\sqrt{Sup_x}}{Dist_x} = Peso_x \quad \text{Equazione 4-g}$$

$$\frac{Peso_x}{Peso_{max}} = CPA_x \quad \text{Equazione 4-h}$$

L'ampiezza del buffer è funzione della dimensione del corpo d'acqua secondo l'equazione Equazione 4-i

$$B_{CPA} = r \times \sqrt{3} - r \quad \text{Equazione 4-i}$$

dove **r** è il raggio del corpo d'acqua

Per semplificare il lavoro del modello si ricorre a buffer attribuiti per classi dimensionali di superficie come riportato in Tabella 4-b.

Area (m²)	Buffer (m)
<30000	70
30000-125000	150
125000-280000	200
280000-500000	300
500000-780000	400
>780000	500

Tabella 4-b. valori di ampiezza del buffer per i corpi d'acqua in funzione dell'ampiezza del corpo d'acqua.

CSA è un indice relativo ai corsi d'acqua con rango idrologico minore di 4 e presenti sotto gli 800 m s.l.m: il valore dell'indice, assegnato alle celle dei corsi d'acqua e a quelle di un buffer laterale ad esso sia in sponda idrografica destra sia in quella sinistra, viene attribuito in funzione del rango idrologico: rango 1 = CSA 1; rango 2 = CSA 0,5; rango 3 = CSA 0,33.

L'ampiezza del buffer è funzione del rango del corso d'acqua secondo quanto riportato in Tabella 4-c.

Rango	Ampiezza buffer (m)
1	250
2	125
3	65

Tabella 4-c. Valori di ampiezza del buffer per i corsi d'acqua in funzione del rango idrologico.

V è un indice relativo alle valli sopra gli 800 m s.l.m., con superficie di bacino superiore a 15 km², attribuito in funzione della classe di pendenza e considerando le celle di fondovalle, in corrispondenza del corso d'acqua per la larghezza di 100 m (in pratica il solo corso d'acqua), a valore 1: quest'ultimo criterio mira a considerare potenzialmente a basso rischio gli ostacoli paralleli al corso d'acqua e a maggiore rischio quelli che l'attraversano. In Tabella 4-d sono riportate le corrispondenze tra le classi di pendenza e il punteggio di V.

Classe di pendenza	V
0 - 5%	0
5 - 10%	0.25
10 - 20%	0.50
20 - 30%	0.75
> 30%	1

Tabella 4-d. Attribuzione del punteggio di V alle classi di pendenza dei versanti.

Nel caso specifico questo parametro è considerato uguale a 0 a causa dell'assenza delle condizioni morfologiche nel territorio considerato.

La scelta di calcolare degli indici basati sulla presenza di corpi d'acqua (**CPA**) e di corsi d'acqua (**CSA**) e sulla conformazione delle valli (**V**) deriva da alcune considerazioni legate alle fasi di volo dell'avifauna migratoria. L'analisi della fenomenologia della collisione ha portato a considerare essenzialmente le tre fasi del volo degli uccelli: decollo, atterraggio e volo continuo.

Le fasi di decollo e atterraggio sono indubbiamente le più critiche, nell'ambito del fenomeno considerato, per diversi motivi:

- la fase di decollo richiede potenza fornita da un energico battito alare che fa diminuire la capacità di manovra dell'animale, diminuzione che risulta proporzionale alla massa dell'animale;
- la fase di atterraggio, anche se condotta con volo planato, non è meno rischiosa del decollo poiché determina il passaggio dell'avifauna a quote compatibili con la presenza dei cavi in condizioni di scarsa conoscenza degli ostacoli al volo.

Il volo continuo è tipicamente utilizzato a quote superiori a quelle in cui sono presenti i cavi, ma in condizioni particolari (pioggia, nebbie, luce crepuscolare, altitudini elevate etc.) la quota di volo diminuisce rientrando nella fascia di maggiore probabilità per la collisione.

Per quanto riguarda il decollo e l'atterraggio, specialmente nel caso delle migrazioni, si registra la loro maggior frequenza nei pressi dei corpi d'acqua (laghi, stagni, lagune etc.). L'importanza di queste aree è direttamente proporzionale alla dimensione e inversamente proporzionale alla distanza dalla costa: a parità di dimensione, un corpo d'acqua presenta una maggiore frequentazione durante la migrazione se si trova vicino alla costa. Inoltre, esiste un'elevata probabilità che l'avifauna in migrazione sostenga lungo il corso di un fiume poiché, oltre ad essere un riferimento di direzione, spesso costituisce l'unica risorsa trofica in territori intensamente coltivati grazie alla conservazione della biodiversità.

Il volo continuo di trasferimento è spesso legato ai corsi d'acqua e in buona parte avviene a quote superiori a quelle dei cavi degli elettrodotti, ma in determinate condizioni ambientali e meteorologiche la quota di volo si abbassa e, quindi, la presenza di un elettrodotto ortogonale alla direzione del corso d'acqua (attraversamento) potrebbe determinare un incremento della probabilità di collisione. Occorre però precisare che tale scelta è sicuramente conservativa, poiché tende a sovrastimare la probabilità che l'evento di collisione avvenga.

L'influenza dell'ampiezza delle valli sulla dinamica del volo continuo risulta, invece, determinante per l'aumento di probabilità di collisione: valli strette ne aumentano la probabilità, specialmente nel caso di attraversamento dell'elettrodotto. L'attenzione, quindi, si deve orientare verso le valli o le porzioni di valle al disopra degli 800 m per la maggiore frequenza di ampiezze ridotte. Nel territorio considerato le condizioni morfologiche (valli ampie al disotto di 800 m) escludono l'influenza di questo fattore.

5 RISULTATI DELL'ANALISI MODELLISTICA RELATIVA ALL'ELETTRODOTTO GISSI – LARINO - FOGGIA

L'applicazione del modello di analisi al caso dell'elettrodotto Gissi – Larino - Foggia ha consentito di attribuire alle singole campate un valore relativo che deriva dall'idoneità del territorio circostante a ospitare un elettrodotto: in Figura 5-a è riportata la classificazione, in funzione dell'indice d'idoneità calcolato dal modello, del corridoio di 2 km di ampiezza considerato come dominio di calcolo.



Figura 5-a. Classificazione in funzione dell'indice di idoneità (I_A) del corridoio di 2 km (dominio di calcolo) interessato dal passaggio dell'elettrodotto.

La classificazione evidenzia che la maggior parte della superficie considerata (84%) è interessata da valori dell'indice elevati (0.80 – 1) e quindi con un'incidenza potenziale del fenomeno considerato piuttosto ridotta. I valori decrescono in corrispondenza dei corsi d'acqua e in particolare in corrispondenza dei fiumi Sinello, Trigno, Biferno e Fortore e dei torrenti Sinarca, Cigno e Saccione, dove si presume di avere una condizione

relativamente più delicata per alcune delle specie ornitiche presenti. In particolare, i valori più bassi dell'indice si rilevano:

- nel tratto del fiume Trigno, a Sud della confluenza del fiume Treste, che è interno alla perimetrazione del SIC IT7140127 "Fiume Trigno (medio e basso corso)" e del SIC IT7228226 "Macchia Nera - Colle Serracina".
- nel tratto di fiume Biferno, all'altezza della confluenza del torrente Cigno, che risulta compreso nelle perimetrazione dei SIC IT7222237 "Fiume Biferno (confluenza Cigno - alla foce esclusa)" e IT7222254 "Torrente Cigno" e nella ZPS IT7228230 "Lago di Guardialfiera - Foce fiume Biferno", che ricomprende al suo interno i due SIC citati,
- nel tratto di fiume Fortore dove gli habitat ripariali sono inseriti nel SIC IT9110002 "Valle Fortore, Lago di Occhito",

In questi contesti il modello assegna una maggiore penalizzazione poiché si tratta di aree di particolare pregio per specie ornitiche con status di conservazione critico. Punteggi intermedi sono riscontrabili in prevalenza lungo i corsi d'acqua minori a causa sia delle dimensioni sia delle tipologie degli habitat, che risultano nel complesso meno favorevoli per l'avifauna.

L'attribuzione del punteggio per ciascuna campata, a partire dal grid di Figura 5-a, è stata condotta utilizzando un'ampiezza di buffer di 2000 m (1000 m + 1000 m cfr. Figura 4-a).

La classificazione attribuisce indici elevati ($I_A > 0,8$) per la maggior parte delle campate (336 campate su 346 97%), con un valore minimo di 0,48 per la campata 170 – 171, che attraversa il fiume Trigno all'interno dei SIC IT7140127 e IT7228226. In Tabella 5-a sono riportate le campate con i valori medi dell'indice d'Idoneità per l'Avifauna (I_A) inferiore a 0,8, la relativa deviazione standard (**ds**) e il Coefficiente di Variazione in percentuale ($CV = \frac{ds}{media} \times 100$).

Campata	IA		
	media	ds	CV%
170 - 171	0,48	0,21	44
210 - 211	0,79	0,18	23
225 - 226	0,62	0,23	37
226 - 227	0,71	0,24	34
228 - 229	0,79	0,26	33
285 - 286	0,70	0,17	24
310 - 311	0,72	0,23	32
311 - 312	0,49	0,20	41
312 - 313	0,50	0,24	48
313 - 314	0,68	0,27	40

Tabella 5-a. Tratti di elettrodotto con I_A inferiore a 0,8.

Nelle tavole DVGR11004BAS00656_01 e 02 sono riportate le ubicazioni delle campate elencate in Tabella 5-a, sia su cartografia di dettaglio sia su cartografia sinottica.

L'analisi della distribuzione spaziale dei valori minori di I_A medi di campata evidenzia innanzitutto il peso modellistico dei corsi d'acqua e delle relative formazioni ripariali, spesso coincidenti con le aree naturali tutelate (SIC e ZPS).

Infatti, il valore più basso si raggiunge per la campata 170 - 171 che attraversa il fiume Trigno in un tratto incluso in ben due SIC; occorre però considerare che la deviazione standard rappresenta il 44% della media a causa dell'elevata variabilità spaziale dell'indice dovuto alla presenza di aree agricole. Anche per le campate 311 - 312 e 312 - 313 l'indice risulta basso a causa dell'attraversamento del fiume Fortore nei pressi di una formazione boscata inclusa nel SIC IT9110002. La campata 313 - 314, anche se non completamente collocata in aree sensibili, risente della vicinanza di due corsi d'acqua e del SIC IT9110002. La campata 225 - 226 ottiene un indice medio di poco superiore a 0,60 a causa dell'attraversamento del fiume Biferno e delle relative aree naturali tutelate (SIC IT7222237 e ZPS IT7228230). Le campate 210-211, 226-227, 228-229, 285-286 e 310-311, con valori dell'indice compresi tra 0,70 e 0,80, risentono di varie situazioni: l'attraversamento o la vicinanza di corsi d'acqua in territori fortemente antropizzati e la vicinanza di aree naturali tutelate.

6 EFFETTO DELLA PRESENZA DI ELETTRODOTTI LIMITROFI (EFFETTO CUMULATIVO)

La presenza di più elettrodotti paralleli a breve distanza (clustering) può determinare effetti opposti rispetto al fenomeno di collisione dell'avifauna; la caratteristica positiva o negativa di questa condizione è funzione della distanza tra le linee (Thompson, 1978; Bevanger, 1994; APLIC, 2012):

1. nel caso di elettrodotti paralleli a breve distanza (<100 m) con le stesse altezze dei cavi si presume che ci sia una riduzione del rischio di collisione, sia per la maggiore visibilità sia perché richiedono un'unica manovra di superamento dell'ostacolo,
2. nel caso di elettrodotti paralleli a distanze intermedie, verosimilmente comprese tra 100 e 1000 m, si presume che aumenti il rischio di collisione, principalmente a causa della doppia manovra di superamento degli ostacoli in uno spazio relativamente ridotto. Per distanze maggiori di un chilometro, si può ragionevolmente ipotizzare che il rischio di collisione sia lo stesso di un singolo elettrodotto.

La scelta dei 100 m come breve distanza e quella dei 1000 m come limite dell'effetto di cumulo deriva da alcune considerazioni sulle velocità di volo migratorio. Considerando che i passeriformi possono viaggiare a velocità di circa 50 km/h (14 m/s), mentre uccelli di maggiori dimensioni (anatidi, ardeidi, ciconiformi etc.) possono spostarsi a velocità di 90 km/h (25 m/s) o maggiori, come mostrato in Figura 6-a (Alerstam et al., 2007), si può presumere che una manovra di superamento di un ostacolo (innalzamento di quota e spazio percorso alla quota superiore) avvenga in uno spazio superiore ai 100 m (distanza breve) per entrambi le tipologie di uccelli, mentre il ritorno al volo a quota normale è probabile che avvenga, nel caso peggiore (25 m/s), dopo i 1000 m (distanza intermedia). La probabilità di collisione aumenta se l'animale incontra il secondo ostacolo entro lo spazio di ritorno alla quota di trasferimento; inoltre, la presenza di due ostacoli a distanze intermedie, anche del caso di completamento della manovra di superamento di un ostacolo, aumenta la probabilità di collisione anche in funzione dello stato fisico dell'animale.

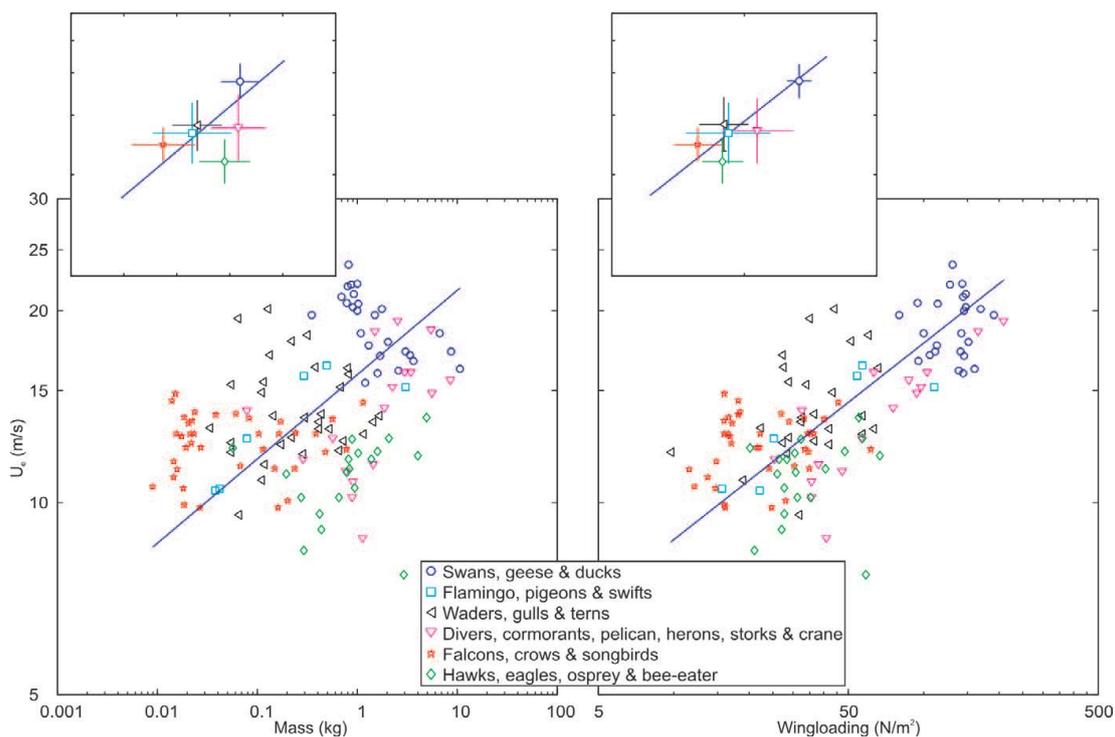


Figura 6-a. Velocità di volo (U m/s) in funzione della massa corporea (Mass kg) e del carico alare (Wingloading N/m^2). Nei grafici più piccoli sono rappresentate le variabilità dei singoli gruppi (estratto da Alerstam et al., 2007)

In Figura 6-b è riportato il comportamento in volo per il superamento dell'ostacolo nei due casi (1 e 2) descritti in precedenza.

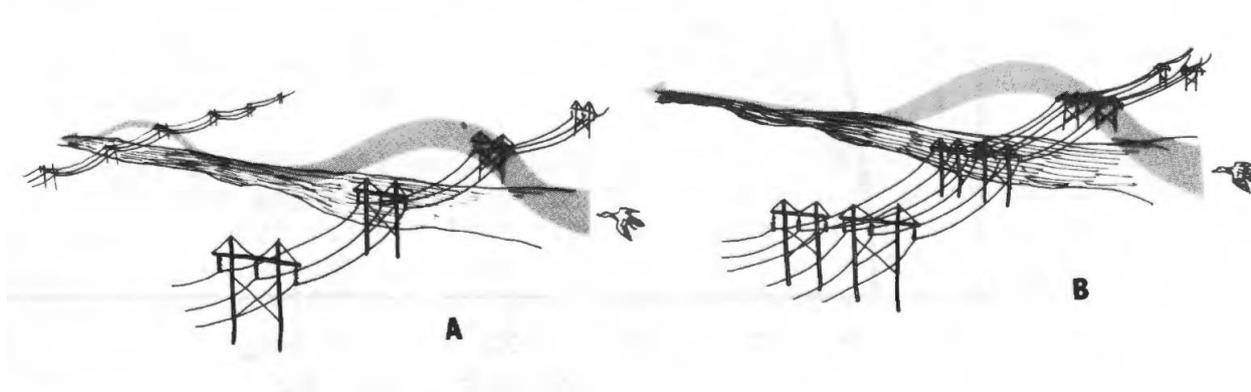


Figura 6-b. Comportamento in volo per il superamento degli elettrodotti limitrofi a diverse distanze (Thompson, 1978).

Infine, nel caso di due elettrodotti a breve distanza (<100 m) con cavi ad altezze dal suolo diverse (Figura 6-c) e in condizioni di riduzione della visibilità (in caso di buona visibilità questa condizione aumenta la percezione di un ostacolo), si deve considerare che il rischio di collisione aumenta.

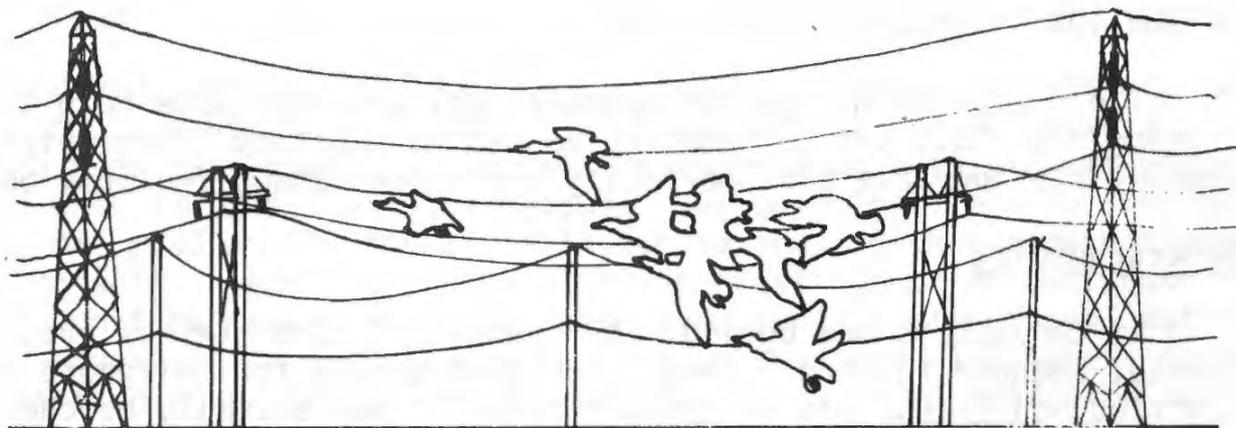


Figura 6-c. Elettrodotto limitrofi a breve distanza con altezze dei cavi diverse.

Nel caso specifico dell'elettrodotto Gissi – Larino – Foggia si possono osservare diverse situazioni assimilabili a quelle descritte dalle Figure 6-a e 6-b:

1. linee in progetto a breve distanza e a distanza intermedia tra di loro,
2. linee in progetto a breve distanza e a distanza intermedia da linee esistenti,

Il primo caso (punto 1 dell'elenco) si verifica nei pressi dell'abitato di Ururi (Tavola DEER11013BSA00621_04): all'altezza della stazione elettrica di Larino sono previste diverse linee AT che nello spazio di una decina di chilometri si congiungono o divergono..

Per queste linee, considerate singolarmente, il modello attribuisce, alle singole campate, valori medi dell'indice di Idoneità per l'Avifauna alti (> 0.80), poiché si presume che la possibilità di collisione sia bassa.

Da un'analisi di prossimità, si osserva che diverse campate si trovano a distanze inferiori ai 100 m da altre e in particolare:

- le campate 205 – 204 (sostegno già esistente) e 1 – 2 (sostegno già esistente) che originano dalla stazione elettrica, sono parallele tra di loro,
- la campata 2 – 3 (sostegno già esistente), parallela alla campata 253 – 254,
- la campata 11/18 – 281 che si trova nei pressi della 280 - 281,
- le campate da 4/1 a 4/4 (3 campate) che risultano accanto alle campate 5/3 – 5/4, 5/4 – 6 e 6 – 7 (sostegni già esistenti).

Queste situazioni non dovrebbero implicare una variazione della probabilità di collisione poiché sono assimilabili a un singolo ostacolo.

Altre campate in progetto si trovano a distanze intermedie tra di loro, comprese tra 100 e 1000 m,:

- il tratto di linea compreso tra i sostegni 253 e 253/3 è prossimo al tratto di linea compreso tra i sostegni 253 e 256,

- il tratto di linea compreso tra i sostegni 5/1 e 11/1 è prossimo al tratto di linea compreso tra i sostegni 256 e 265,
- il tratto di linea compreso tra i sostegni 11/13 e 11/18 è prossimo al tratto di linea compreso tra i sostegni 275 e 280,
- Il tratto di linea compreso tra i sostegni 4/4 e 18 (sostegno già esistente) è prossimo al tratto di linea compreso tra i sostegni 6 (sostegno già esistente) e 11/7 e al tratto di linea di raccordo in progetto 150kV "SE Rotello – Rotello smistamento compreso tra i sostegni 14 e 17.

Per questi casi è possibile ipotizzare un incremento della probabilità di collisione principalmente a causa della doppia manovra di superamento degli ostacoli in uno spazio relativamente ridotto. Occorre ricordare che il modello prevede, per quest'area, indici di Idoneità piuttosto elevati e l'incremento di probabilità di collisione si applica a condizioni di basso rischio.

Anche nel secondo caso (punto 2 dell'elenco) si rilevano diversi tratti delle linee in progetto che distano a breve distanza (<100 m) da linee esistenti (Tavole DEER11013BSA00621_3; DEER11013BSA00621_4; DEER11013BSA00621_5; DEER11013BSA00621_6):

- la linea esistente Termoli Energia – Larino affianca a breve distanza la linea in progetto dal sostegno 244 al sostegno 253/3,
- la linea esistente Rotello – S. Severo interseca la linea in progetto all'altezza della campata 322 – 323 e due campate esistenti si troveranno a breve distanza dalla linea in progetto,
- la linea esistente Larino – Rotello 380 kV affianca a breve distanza la linea in progetto tra i sostegni 5/3 – 11/4, e la linea in progetto 150kV "SE Rotello – Rotello smistamento" tra i sostegni 9 e 13
- la linea esistente Larino – Rotello 150 kV affianca a breve distanza la linea in progetto tra i sostegni 4/10 – 4/12,

In questi casi si può ipotizzare che si tratti di un unico ostacolo con l'indice di Idoneità della linea in progetto.

A distanze intermedie (da 100 a 1000 m) si possono individuare i seguenti tratti:

- la linea esistente Gissi – Larino affianca la linea in progetto dal sostegno 142 al sostegno 186,
- la linea esistente Larino - Portocannone affianca la linea in progetto dal sostegno 238 al sostegno 253/2,
- la linea esistente Termoli Energia – Larino affianca la linea in progetto dal sostegno 241 al sostegno 244,
- la linea esistente Termoli Energia – Larino affianca la linea in progetto dal sostegno 241 al sostegno 244,
- la linea esistente Larino – Rotello 150 kV affianca le linee in progetto dal sostegno 255 al sostegno 261, dal sostegno 5/1 al sostegno 11/4 e dal sostegno 4/1 al sostegno 4/17.
- la linea esistente Larino – Rotello 380 kV affianca le linee in progetto dal sostegno 5/1 al sostegno 5/3, dal sostegno 11/7 al sostegno 11/8, dal sostegno 319 al sostegno 321, dal sostegno 324 al

sostegno 328, dal sostegno 349 al sostegno 360, dal sostegno 423 al sostegno 430, e affianca la linea in progetto 150kV "SE Rotello – Rotello smistamento" dal sostegno 1 al sostegno 7.

In queste situazioni, l'effetto cumulativo presunto si riferisce a tratti di linee in progetto con valori dell'indice maggiori di 0,80; questo indica una bassa probabilità di collisione collegata alle caratteristiche di fruibilità, da parte delle specie considerate, del territorio circostante. Si deve rilevare un'unica eccezione all'altezza della campata 170 – 171, che presenta il valore più basso dell'indice (I_A), dove la linea esistente Gissi – Larino si troverà a circa 400 m dalla linea in progetto.

Nell'ambito dell'analisi dell'effetto cumulativo si registrano due condizioni particolari:

- A. in corrispondenza delle stazioni elettriche di partenza, intermedie e di arrivo sia delle linee in progetto sia delle linee esistenti,
- B. alle intersezioni tra due linee che danno origine a coppie angoli opposti al vertice maggiori di 60° (Figura 6-d 1 linea Gissi CP - M.Cilfone interseca la linea in progetto Gissi Foggia alla campata 198 – 199, Figura 6-d 2 linea Foggia – S. Severo interseca la linea in progetto Gissi Foggia alla campata 419 – 420).

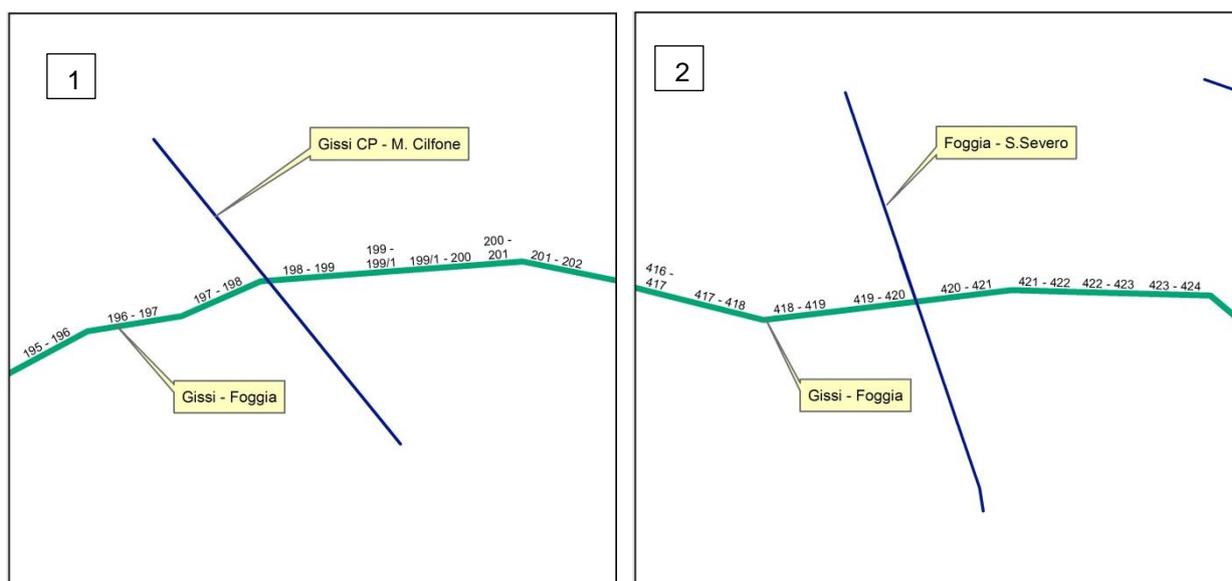


Figura 6-d. Intersezioni tra la linea in progetto e le linee esistenti.

Nel caso A si può ipotizzare che la densità di linee e sostegni renda maggiormente visibile all'ornitofauna il potenziale ostacolo al volo. Nel caso B si presume che il punto d'intersezione abbia una maggiore visibilità e che non si presenti la situazione del doppio ostacolo frontale entro i 1000 m di distanza tra le linee.

7 RISULTATI DELL'ANALISI

L'analisi di rischio elettrico, relativa al solo rischio di collisione, condotta utilizzando il buffer da 1000 m relativo alle linee in progetto, ha evidenziato in particolare alcuni tratti di elettrodotto meritevoli di attenzione, sia per il monitoraggio delle eventuali collisioni sia per l'utilizzo di dispositivi di aumento della visibilità. I tratti di interesse sono in prevalenza ubicati in corrispondenza degli alvei dei fiumi principali e delle aree naturali tutelate (SIC e ZPS). Le campate da considerare sono in totale 10 e sono riportate in Tabella 5-a.

Si deve inoltre notare che la gran parte del tracciato non presenta situazioni di particolare interesse ai fini dell'incidenza del fenomeno considerato. Il modello applicato è sicuramente cautelativo, in particolare per quanto riguarda l'incidenza dei corsi d'acqua: infatti, la disponibilità dei dati idrologici solo in forma lineare (non sono riportate le ampiezze degli alvei) e il rango attribuito agli elementi lineari, che raggiunge il valore massimo per i corsi d'acqua che sfociano direttamente in mare indipendentemente dalla loro dimensione, determinano una sovrastima del fenomeno.

L'osservazione dei percorsi delle linee in progetto, in relazione a quelli delle linee esistenti, ha consentito di individuare i tratti dove è possibile ipotizzare un effetto cumulativo per la probabilità di collisione, dovuto alla presenza di due ostacoli a distanze comprese tra 100 e 1000 m.

I tratti interessati da questo fenomeno sono prevalentemente caratterizzati da valori di I_A alti ($>0,80$) a causa della probabile antropizzazione del territorio che abbassa la fruibilità delle specie ornitiche.

Esiste un'unica eccezione costituita dalla campata 170 – 171 della linea in progetto che attraversa un'area di particolare pregio naturalistico a circa 400 m di distanza dalla parallela linea esistente Gissi – Larino.

8 MISURE DI MITIGAZIONE

L'analisi del rischio di collisione per l'avifauna, eseguita su basi molto cautelative, ha permesso di individuare le campate dell'elettrodotto a 380 kV sulle quali installare i dispositivi di segnalazione e dissuasione visivi e acustici. Le campate interessate dall'installazione dei dispositivi sono quelle riportate in Tabella 8-a.

Campata
170 - 171
210 - 211
225 - 226
226 - 227
228 - 229
285 - 286
310 - 311
311 - 312
312 - 313
313 - 314

Tabella 8-a. Campate dove installare i dispositivi di segnalazione.

I dispositivi hanno lo scopo di facilitare la percezione dei cavi da parte degli uccelli in volo e diminuire pertanto il rischio di collisione. Tra i dispositivi disponibili uno dei più impiegati consiste in spirali di plastica colorate, 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 arrotolate ad elica per un facile ancoraggio al cavo (Figura 8-a).

Le colorazioni più comuni sono quelle rosse e quelle bianche, solitamente disposte in modo alternato lungo il cavo (ad una distanza di circa 15-20 metri l'una dall'altra). Quelle rosse sono 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.

Le spirali saranno quindi installate sulla fune di guardia nella parte centrale di ogni campata individuata ad una distanza di circa 20 m una dall'altra, in modo da coprire almeno il 60% della lunghezza della campata.



Figura 8-a. Spirale colorata in plastica per la segnalazione dei cavi

Le numerose esperienze di installazione delle spirali effettuate negli ultimi anni hanno sortito generalmente effetti sempre positivi in termini di riduzione effettiva degli episodi di collisione.

9 BIBLIOGRAFIA

- Janss, G. F. E. (2000) Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality. *Biol. Conserv.* 95: 353–359.
- Boitani, L., Corsi, F., Falcucci, A., Marzetti, I., Masi, M., Montemaggiori, A., Ottaviani, D., Reggiani, G. & Rondinini, C. (2002) Rete Ecologica Nazionale: Un approccio alla conservazione dei vertebrati italiani. Ministero dell'Ambiente – Direzione per la Protezione della Natura.
- ISPRA, 2008. LINEE GUIDA per la mitigazione dell'impatto delle linee elettriche sull'avifauna. A cura di Provano A. e Cocchi R.: 155 pp.
- BirdLife International (2004) Birds in Europe: population trends, estimates, and conservation status. BirdLife International.
- Rubolini D., Gustin M., Bogliani G. and Garavaglia R. 2005. Birds and powerlines in Italy: an assessment. *Bird Conservation International* 15: 131 – 145
- H.A.M. Prinsen, J.J.Smallie, G.C. Boere and N. Pires – Guidelines on how to avoid or mitigate impact of electricity power grids on migratory birds in the African- Eurasian Region – November 2011
- V. Penteriani – L'impatto delle linee elettriche sull'avifauna – Serie Scientifica n. 4 – WWF – 1998.
- Avian Power Line Interaction Committee (APLIC), 2012. Reducing Avian Collisions with Power Lines: The State of the Art in 2012. Edison Electric Institute and APLIC. Washington, D.C.
- Bevanger, K., 1994. Bird interactions with utility structures: collision and electrocution, causes and mitigating measures. *Ibis* 136:412–425.
- Thompson, L. S., 1978, Transmission line wire strikes: mitigation through engineering design and habitat modification. Pages 51–92 in M. L. Avery (ed.), Impacts of transmission lines on birds in flight. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.
- Alerstam T, Rosén M, Bäckman J, Ericson PGP, Hellgren O., 2007. Flight speeds among bird species: Allometric and phylogenetic effects. *PLoS Biol* 5(8): e197. doi:10.1371/journal.pbio.0050197.

Tavole

(n. 6 fogli)