

EUGENIO CARLINI, MARCO ARMANINI, ALESSIO MARTINOLI, ALESSANDRA GAGLIARDI, ROBERTA CHIRICHELLA, ANDREA MUSTONI

# *Dai monitoraggi ai modelli predittivi per i siti di nidificazione dell'aquila reale nel Parco Naturale Adamello Brenta*

## *Premessa*

L'Aquila reale (*Aquila chrysaetos*) è una specie di indiscussa valenza ecologica, sociale e culturale. Essendo al vertice della catena trofica, la sua presenza è indice di ambienti con un buon grado di naturalità, caratterizzati da un'abbondante presenza di prede. L'aquila è un animale eclettico che ha saputo adattarsi agli ambienti più disparati estendendo il suo areale alla quasi totalità dell'emisfero boreale: dalle pianure steppe della Mongolia, alle coste dell'America Settentrionale, sino alla taiga siberiana e ai deserti dell'Asia Mediorientale. Incarnando valori di forza e regalità, l'aquila reale è stata in molte culture ammirata e persino divinizzata, mentre in altri contesti ha subito gli effetti della competizione con l'uomo in termini di sottrazione di habitat e risorse trofiche, fino alla persecuzione diretta che l'ha portata all'estinzione in alcuni comparti del suo areale. Ad oggi l'aquila è protetta sia a scala nazionale in base alla Legge 157/92, sia a livello internazionale essendo inserita nell'Allegato I della Direttiva Uccelli (79/409/CEE), nell'Allegato II della Convenzione di Berna, nell'Allegato II della Convenzione di Bonn, nell'Allegato II della Convenzione di Washington e nell'Allegato C1 del Regolamento CEE/CITES. Considerando i principi che hanno ispirato la direttiva habitat (92/43/CEE), è evidente quanto le aree protette debbano trovare le migliori forme di conservazione dell'aquila reale anche attraverso la tutela degli ambienti chiave per il suo ciclo vitale. In tal senso ai monitoraggi in grado di fornire preziose informazioni in merito allo

status delle popolazioni, pare opportuno associare un approccio modellistico capace di prevedere la distribuzione potenziale della specie in rapporto ai diversi parametri biotici e abiotici che caratterizzano il territorio. La modellistica può e deve essere intesa quindi come uno strumento utile per migliorare l'efficacia di strategie, indirizzi e azioni di gestione e conservazione del territorio.

Il presente lavoro si inserisce nel contesto dell'impegno che a partire dalla fine degli anni '80 del secolo scorso il Parco Naturale Adamello Brenta (PNAB) ha avuto nei confronti dell'aquila per arrivare nel 2020, anche grazie ad un finanziamento europeo (PSR 2014-2020 sottomisura 7.6.1), alla realizzazione di due modelli di valutazione ambientale per i siti di nidificazione della specie (CARLINI *et al.*, 2020) che hanno evidenziato probabili effetti del disturbo antropico sulla riproduzione della specie.

## *1. Introduzione*

In epoche storiche relativamente recenti, è stato registrato da diversi autori un generale incremento della popolazione italiana di aquila reale, passando da circa 318-403 coppie a metà anni '80 (FACE e FACE in BRICHETTI *et al.*, 1992) a più di 500 coppie in circa una decina d'anni (PEDRINI E SERGIO, 2001; FACE e FACE, 2003). A livello più locale i trend fatti registrare sulle Alpi, in Trentino e nel PNAB paiono coerenti con quanto osservato a livello nazionale (FACE e FACE, 2017; KNAUS *et al.*, 2018).

Il PNAB ha avviato dal 1996 un monitoraggio sistematico dell'aquila reale volto a verificare l'evoluzione e la conservazione della popolazione locale, a seguito di una precedente esperienza di ricerca condotta per circa 10 anni a partire dal 1982 da Pedrini (PEDRINI, 1992). Il monitoraggio, inizialmente affidato al Museo Tridentino di Scienze Naturali (1996-2001) e successivamente condotto direttamente dal personale del PNAB, è stato effettuato annualmente fino al 2017, con l'eccezione del biennio 2008-2009 (VOLCAN, 2006; 2011; 2013; 2016; CRIPPA, 2019).

Un'altra fonte di informazioni utili è rappresentata dai dati raccolti nell'ambito del "Progetto Monitoraggio Faunistico" condotto annualmente dal PNAB per il rilevamento della presenza di 71 taxa di fauna vertebrata. Su un totale di 39.769 dati raccolti tra il 2005 e il 2019, 949 punti georeferenziati sono ascrivibili all'aquila reale. Sulla base dei dati e delle relazioni storiche prodotte dagli anni '80 del secolo scorso, emerge che la popolazione di aquila presente nel Parco è andata progressivamente a crescere numericamente, passando da 14 coppie censite a 18/19 coppie a partire dal 2003 e successivamente stabilizzatesi numericamente (VOLCAN, 2011; PEDRINI E VOLCAN, 2017). Le 18 coppie monitorate sono distribuite su una superficie di circa 1440 kmq con un home range medio di quasi 80 kmq per coppia (estensione minima: 28,3 kmq per la coppia Daone, estensione massima: 141,3 kmq per la coppia Presanella\_2, DS:  $\pm 32,2$  kmq) (CRIPPA, 2019) (Fig. 1). La densità di coppie nel PNAB, pur elevata (12,5 cp/1000 kmq), rimane, comunque, inferiore ad altre realtà alpine (e.g. PN Gran Paradiso 31 cp/1000 kmq, FASCE *et al.*, 2017; PN Stelvio 15,75 cp/1000 kmq, BASSI, 2017).

Attualmente delle 18 coppie note nell'area vasta del PNAB (115 nidi noti, di cui alcuni ormai crollati), 8 orbitano sul versante Adamello-Presanella e 10 attorno al massiccio delle Dolomiti di Brenta.

Nel periodo 1996-2017 la produttività media

dell'aquila è stata di 0,37 (giovani involati per tentativo di nidificazione), il successo riproduttivo del 35,4% (% di tentativi di nidificazione riusciti) e il tasso d'involto di 1,04 (giovani involati per nidificazione riuscita) (CRIPPA, 2019). Parallelamente, si è osservato un decremento degli indicatori di successo riproduttivo (produttività, successo riproduttivo, tasso di involto), anche in questo caso coerentemente con il quadro alpino, da attribuire a fattori densità-dipendenti, quali l'incremento della competizione intraspecifica (FASCE *et al.*, 2011; PEDRINI E VOLCAN, 2017).

Nel corso del 2019, sulla base delle misure di conservazione previste dal Piano di Parco e degli impegni in termini di monitoraggio della popolazione di aquila reale previsti dal finanziamento PSR 2014-2020 il Parco ha impostato una serie di studi per valutarne lo stato di conservazione (CARLINI *et al.*, 2020). In tale contesto e limitatamente all'attività di campo, considerando le intrinseche limitazioni operative imposte dalle normative per il contenimento della pandemia da Covid-19 che hanno caratterizzato il 2020, il monitoraggio si è concentrato principalmente sull'area occupata dalla coppia denominata "Brenta" (Fig. 1) che apparentemente occupa un'area vasta che si estende dalle Dolomiti al Massiccio della Presanella, all'interno della quale sono noti 5 nidi tutti localizzati nel settore dolomitico dell'areale (4 in Val Brenta e 1 in Valagola) e che non era stata monitorata nel corso delle indagini svolte nel 2017. Lo scopo principale di questa nuova fase di monitoraggio è stato quello di verificarne l'effettivo areale, il successo riproduttivo e le aree di caccia frequentate.

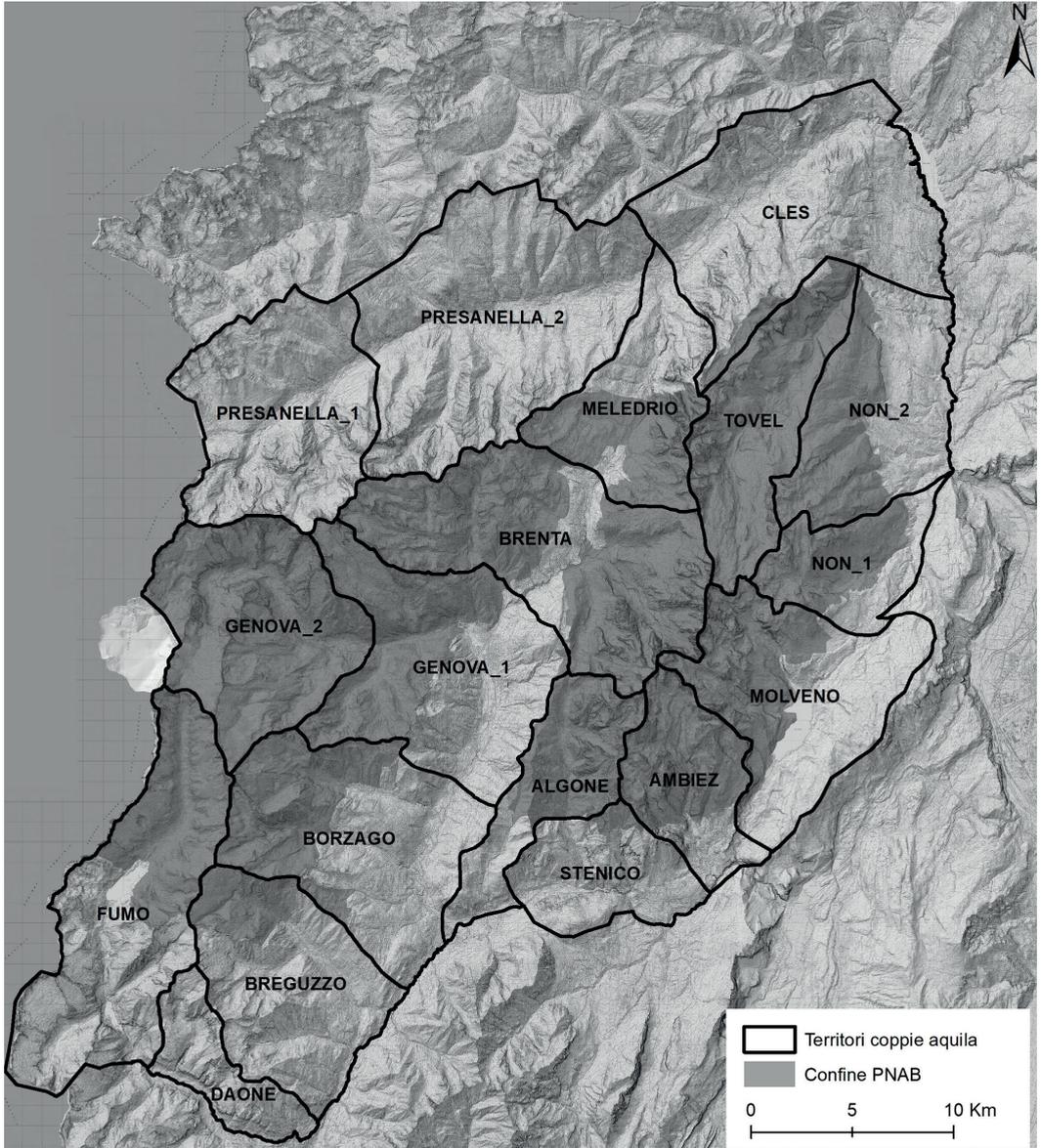


Figura 1 – Cartografia dei presunti territori occupati dalle 18 coppie presenti nell'area del PNAB.

## ***2. Dai modelli statistico matematici alla conservazione dell'aquila***

Sulla base di quanto premesso, per approfondire lo stato di conservazione dell'aquila reale nel PNAB si è fatto ricorso alla modellistica attraverso due approcci differenti (massima entropia e logistico binomiale). Analisi di questo tipo permettono di evidenziare in modo oggettivo i parametri ambientali di un territorio in grado di influenzare la presenza dell'aquila reale, sulla base dei soli dati di presenza della specie. Più nel dettaglio le variabili ambientali che caratterizzano i punti di presenza, nel caso specifico i nidi, vengono confrontate con quelle del territorio circostante.

A tale scopo per entrambi i modelli sono state utilizzate tre tipologie di variabili ambientali: variabili topografiche, variabili di habitat e indici di disturbo. Nel primo caso, si è usato come sorgente di informazione il modello digitale del terreno (DTM) della PAT (alla risoluzione di 10 m). Nel secondo caso, la fonte è rappresentata dalla Carta degli habitat delle aree protette del Trentino, edita nel 2012. Per quanto concerne il disturbo antropico, si è usata la carta dall'Ente PNAB (CHIRICHELLA E CHIOZZINI, 2008; MUSTONI E ARMANINI, 2013), che attribuisce a ciascuna particella dei Piani Economici Forestali un indice di disturbo (risultante dalla valutazione di 15 tipologie di fonti di disturbo diverse) periodicizzato per mese, per stagione, per gruppo di mesi, anche in forma normalizzata rispetto all'estensione della particella.

### *2.1 Area di implementazione dei modelli*

In considerazione degli ampi home ranges della specie, l'area che sin dagli inizi è stata interessata dal monitoraggio condotto nel PNAB, si estende oltre i confini ammini-

strativi dell'Ente (circa 62.583 ha), coincidendo con l'area di pianificazione individuata dal primo Piano Faunistico del Parco (SCHRÖDER, 1995) e dalla sua revisione del 2007, con un'estensione complessiva di circa 134.000 ha (Fig. 2).

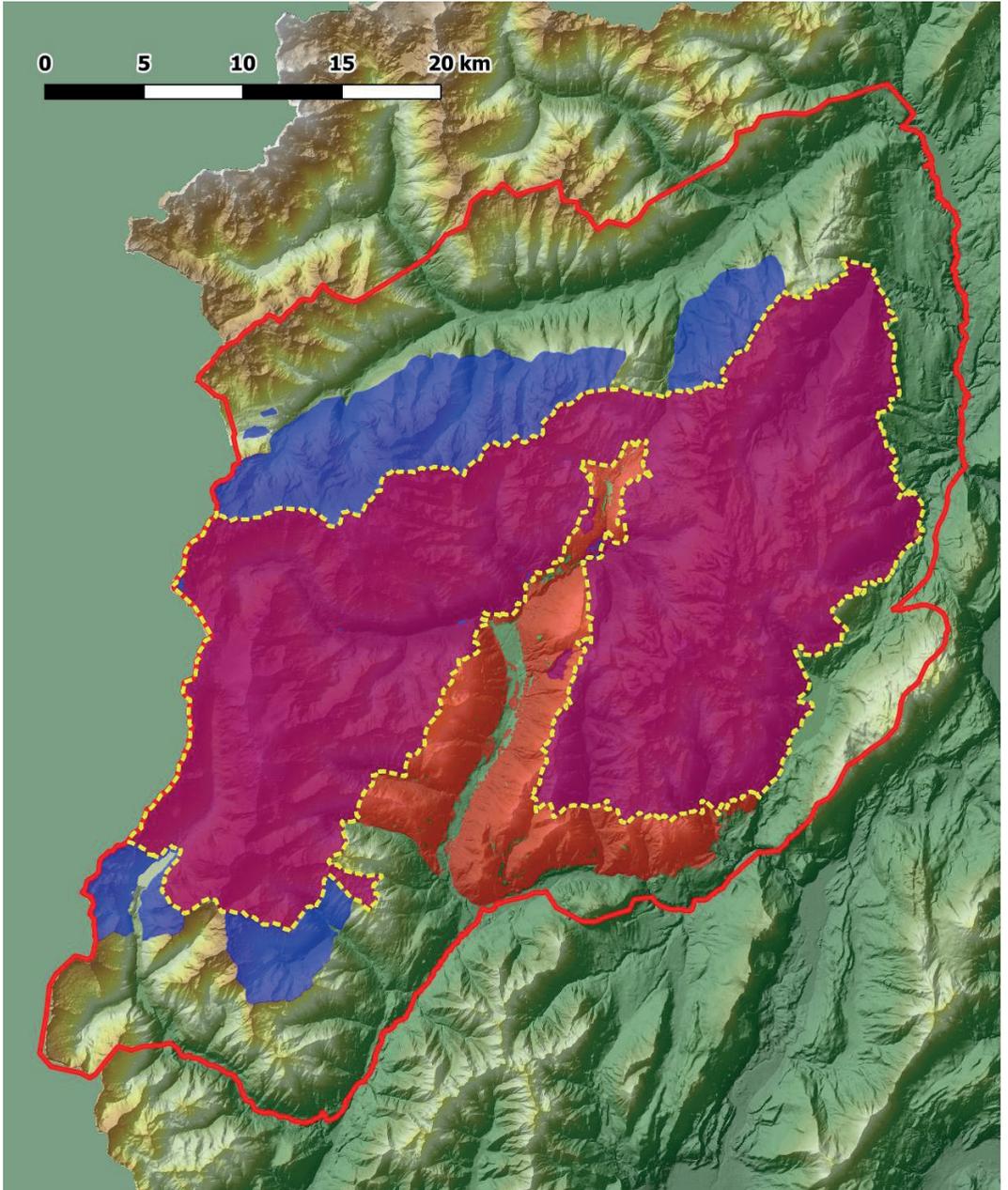


Figura 2 – Linea rossa: limiti territori aquila reale. Blu: area coperta esclusivamente dalla carta degli Habitat Natura 2000. Rosso: area coperta esclusivamente dalla carta del disturbo antropico. Viola: area del Parco Naturale Adamello Brenta, coperta sia dalla carta degli habitat, sia dalla carta del disturbo antropico.

L'ampio gradiente altitudinale (550-3558 m s.l.m.) e le diverse fasce climatiche rappresentate nel Parco offrono una grande ricchezza di ambienti. A questi aspetti si aggiunge la marcata geodiversità dell'area protetta, caratterizzata a occidente dal gruppo intrusivo dell'Adamello-Presanella e a oriente dalle rocce sedimentarie delle Dolomiti di Brenta. Due situazioni geomorfologiche tra loro molto diverse, in grado di offrire all'aquila opportunità di nidificazione differenti. Oltre ai parametri ambientali è opportuno notare come l'area sia caratterizzata anche da livelli di pressione antropica molto variabile: si passa dalle affollate località turistiche alle sperdute valli secondarie che penetrano i gruppi montuosi dell'Adamello-Presanella e delle Dolomiti di Brenta. Nell'ambito dell'implementazione dei modelli, occorre a questo punto sottolineare che i diversi strati informativi utilizzati (Fig. 2) differiscono per copertura geografica. L'area indagata per lo studio dei territori di aquila reale si estende oltre i limiti di pertinenza geografica sia della carta del disturbo sia della carta degli habitat. Ferma restando la copertura del DTM a scala provinciale, ne consegue che soltanto per l'area del PNAB è stato possibile procedere con lo studio.

## 2.2 Analisi delle variabili

Ciascuno strato informativo è stato elaborato al fine di ottenere le variabili utilizzate per la modellistica (Tab. 1).

In particolare, le variabili di disturbo e di habitat sono state trasformate applicando una funzione all'interno di una finestra mobile (per il disturbo, il valore mediano; per l'habitat, la proporzione delle categorie di habitat selezionate), al fine di identificare l'effetto della variabile alla scala spaziale cui, plausibilmente, viene percepita dalla specie. In tal modo, un'unica variabile di ha-

bitat categorica (la carta degli habitat) viene trasformata in tante variabili continue (una proporzione) quante sono le categorie di habitat selezionate. Per garantire un numero ragionevole di regressori, la carta degli habitat è stata riclassificata in 5 macro categorie di habitat, su base essenzialmente strutturale (aree boschive, aree prative, aree rocciose etc.). Per l'habitat si è scelto un raggio della finestra mobile di 1.000 m, valore arbitrario e sicuramente piccolo rispetto al territorio di una coppia, ma tale da mantenere sufficiente variabilità nella proporzione della copertura delle varie categorie di habitat. Per quanto concerne il disturbo, il raggio selezionato è di 500 m, valore minimo considerato da uno studio condotto in Nord America al di sotto del quale è altamente probabile che un evento di disturbo generi una risposta nell'aquila reale (SPAUL E HEATH, 2017).

Ai fini dello studio, sono state identificate 4 scale temporali/periodi potenzialmente influenzanti la selezione del sito di nidificazione per il quale considerare l'indice di disturbo:

- inverno (formazione delle coppie, accoppiamenti, costruzione/manutenzione/selezione nidi);
  - primavera (deposizione, cova, schiusa, crescita pulcini);
  - febbraio-giugno (omnicomprensivo dei momenti della biologia riproduttiva sopra descritti);
  - febbraio-agosto (ancora più generico, che include anche le fasi di involo dei giovani).
- La scelta di indagare il disturbo a scala stagionale o a scala più vasta ha lo scopo di verificare se l'Aquila reale sia influenzata da eventi circoscritti temporalmente oppure se subisca l'effetto cumulato di un disturbo di tipo continuo.

CATEGORIA	NOME VARIABILE	DESCRIZIONE	TIP. VARIABILE	UNITA'	MIN	MAX
TOPOGRAFIA	DTM_Easting	indice di esposizione a est	continua	indice	-1	1
	DTM_Northing	indice di esposizione a nord	continua	indice	-1	1
	<i>DTM_Roughness</i>	<i>indice di rugosità (differenza tra altitudine min e max all'interno di un quadrato di 3x3 pixel del DTM)</i>	<i>continua</i>	<i>m</i>	<i>-inf</i>	<i>+inf</i>
	DTM_Elevation	altitudine	continua	m	0	+inf
	DTM_Slope	pendenza	continua	gradi (°)	0	90
HABITAT	HAB_altra_roccia_perc1000m	proporzione di area classificata come habitat rocciosi (eccetto pareti) in un intorno di 1000m (314 ha)	continua	proporzione	0	1
	HAB_arbust_perc1000m	proporzione di area classificata come arbusteto in un intorno di 1000 m (314 ha)	continua	proporzione	0	1
	HAB_boschi_perc1000m	proporzione di area classificata come bosco in un intorno di 1000 m (314 ha)	continua	proporzione	0	1
	HAB_pareti_perc1000m	proporzione di area classificata come pareti rocciose in un intorno di 1000 m (314 ha)	continua	proporzione	0	1
	HAB_prati_perc1000m	proporzione di area classificata come prato in un intorno di 1000 m (314 ha)	continua	proporzione	0	1
DISTURBO	DIST_FebAgo_median500m	valore mediano indice disturbo feb-ago in un intorno di 500m (78,5 ha)	continua	inidce	0	+inf
	<i>DIST_FebGiu_median500m</i>	<i>valore mediano indice disturbo feb-giu in un intorno di 500m (78,5 ha)</i>	<i>continua</i>	<i>inidce</i>	<i>0</i>	<i>+inf</i>
	DIST_Inv_median500m	valore mediano indice disturbo inverno in un intorno di 500m (78,5 ha)	continua	inidce	0	+inf
	DIST_Prim_median500m	valore mediano indice disturbo primavera in un intorno di 500m (78,5 ha)	continua	inidce	0	+inf

Tabella 1 – Variabili considerate per lo studio dell'influenza del disturbo antropico sui siti di nidificazione dell'Aquila reale nel PNAB. In grigio corsivo le variabili scartate in seguito all'analisi della correlazione (Fig.3)

Data la non-indipendenza di alcune variabili si è proceduto con l'analisi della correlazione spaziale degli strati informativi delle variabili selezionate, che ha portato all'eliminazione di due variabili dai modelli (rugosità topografica e disturbo febbraio-giugno, altamente correlati rispettivamente con la pendenza e disturbo primavera) (Fig. 3).

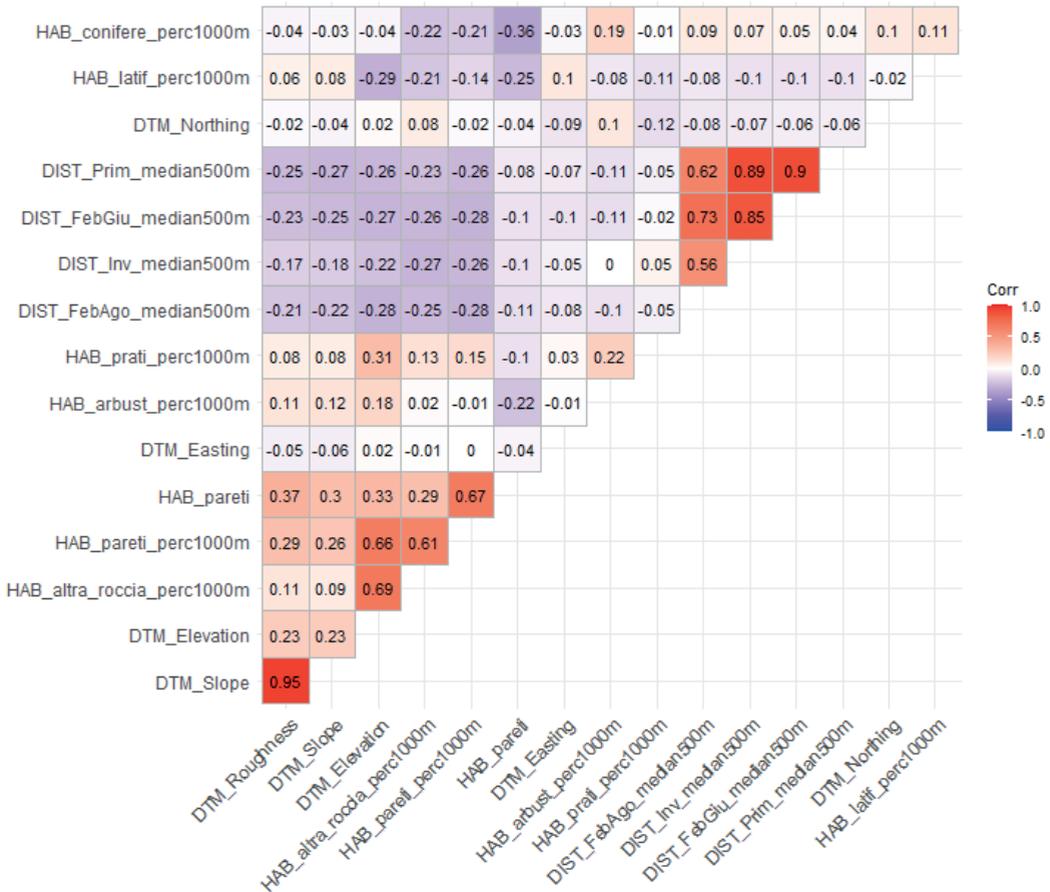


Figura 3 – Correlogramma delle variabili selezionate. Intensità di rosso crescenti indicano correlazione positiva crescente, intensità di blu crescenti indicano correlazione negativa crescente.

### 2.3 Modello a massima entropia (MAXENT)

Di seguito si riporta la sintesi delle principali informazioni relative al modello:

- implementato in R 4.0.2 (pacchetto dismo 1.3);
- punti di presenza: 115 nidi noti. Di questi ne sono stati utilizzati 78, ovvero quelli compresi nell'area di implementazione dei modelli.

- punti di background: generati in rapporto 10:1 rispetto ai punti di presenza (1150), distribuiti in modo non randomizzato, ma a densità proporzionali alla densità dei punti di presenza, al fine di migliorare l'accuratezza del modello;
- variabili: vedi Tabella 1;
- Jackknife test: sì;
- Cutoff: sì (*maximum training sensitivity plus specificity – cloglog threshold = 0.339*)

### 2.4 Modello logistico binomiale

Si riportano qui di seguito in sintesi alcune informazioni relative al modello logistico binomiale:

- implementato in R 4.0.2 (pacchetto stats 4.0.2);
- punti di presenza: gli stessi del modello Maxent
- punti di pseudo-assenza: gli stessi del modello Maxent
- variabili (Tab 1);
- metodo: GLM binomiale (funzione link logit), seguito da selezione automatica delle variabili sulla base del  $\Delta$  AIC (funzione dredge del pacchetto MuMIn 1.43.17).

### 3. Risultati e discussione

Il modello a massima entropia mostra un'elevata accuratezza nel predire la localizzazione dei nidi dell'aquila reale nel PNAB (AUC=0.939). Analizzando il contributo delle variabili nel modello attraverso il ricampionamento jackknife, che verifica il miglioramento dell'accuratezza del modello

aggiungendo singolarmente ogni variabile, si osserva come la variabile ambientale che contribuisce maggiormente nel determinare la presenza dell'aquila reale risulta essere la pendenza (Fig.4), come peraltro atteso data la nota abitudine della specie a nidificare su pareti o cenge rocciose, o comunque, anche nei rari casi di nidificazioni su pianta (circa il 10% nel PNAB) su terreni particolarmente acclivi. È rilevante tuttavia notare come le variabili di disturbo non siano secondarie alle variabili ambientali (habitat e topografia) nel determinare la presenza della specie. Si osserva in particolar modo un certo contributo del disturbo cumulato da febbraio ad agosto nell'influencare l'accuratezza del modello, che in altri termini risulta giocare un peso non secondario nel determinare la localizzazione dei nidi. Minore appare invece l'effetto del disturbo primaverile e, quasi trascurabile, quello invernale. La relazione è, comunque, invariabilmente negativa per tutte e tre le variabili di disturbo considerate (Fig. 5): la probabilità di presenza di nidi di Aquila reale è maggiore là dove è minore il disturbo antropico in un'area di circa 80 ha.

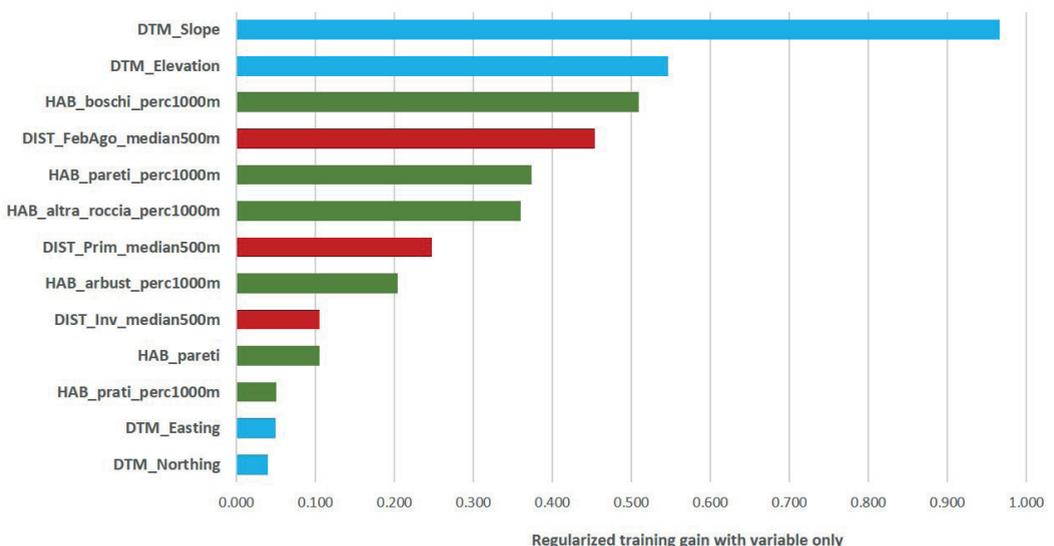


Figura 4 - Incremento dell'accuratezza del modello MaxEnt aggiungendo ciascuna variabile del modello. Azzurro: variabili topografiche. Verde: variabili di habitat. Rosso: variabili relative al disturbo.

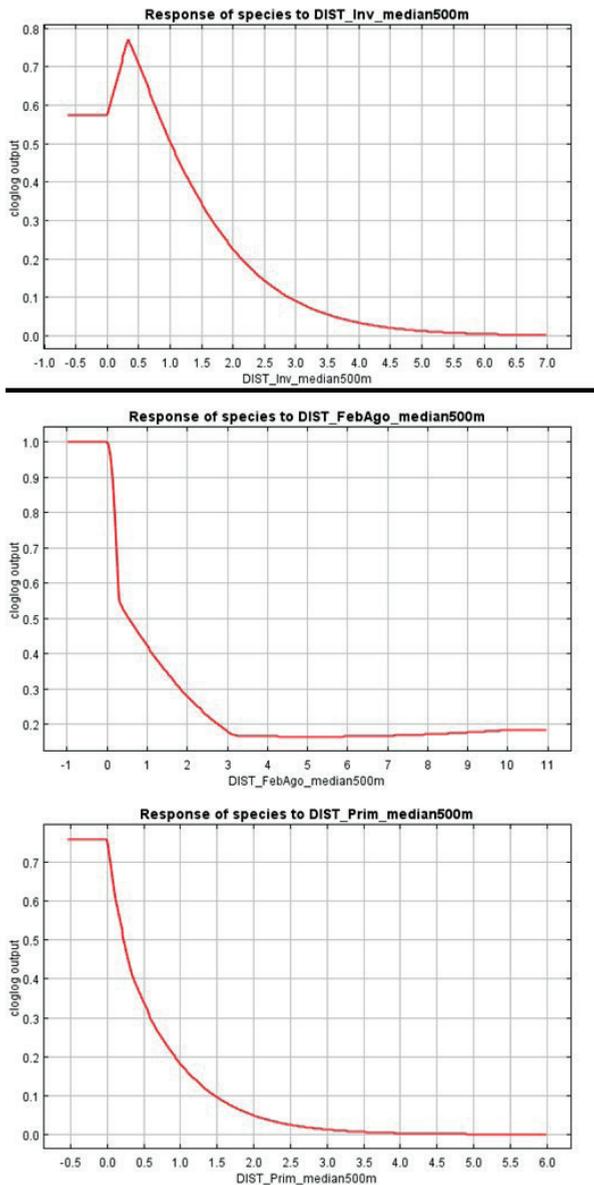
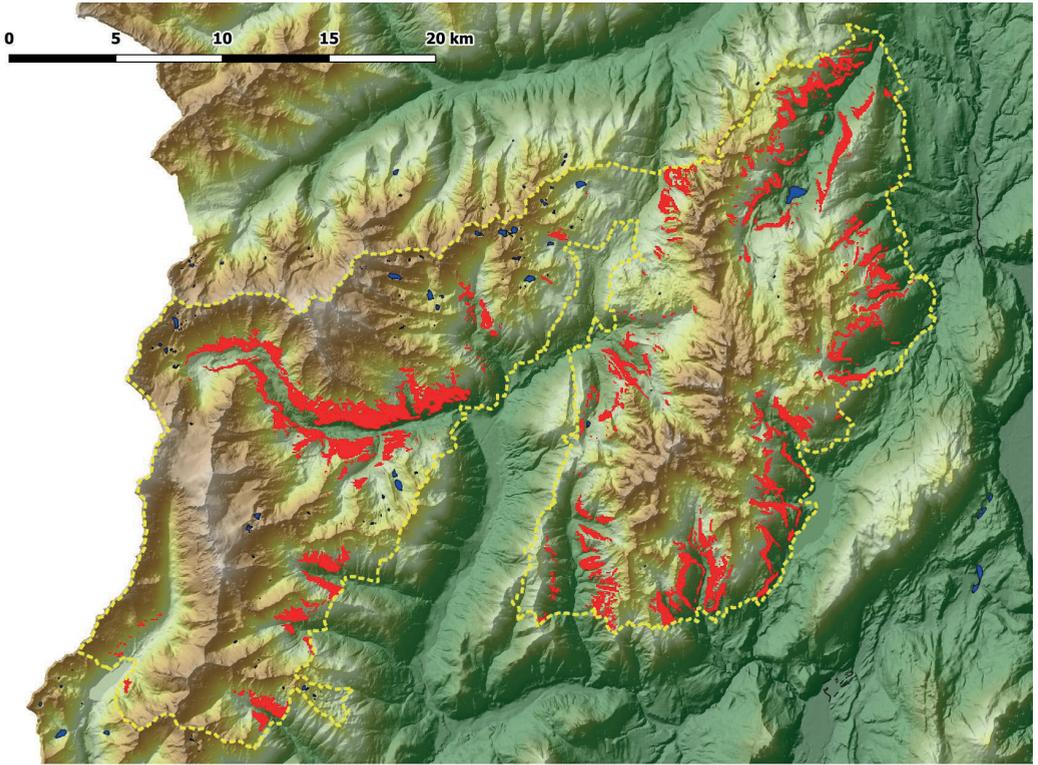


Figura 5 – Effetto delle variabili di disturbo sulla presenza dei nidi di Aquila reale come calcolato dal modello MaxEnt (in ordinata, la probabilità di presenza).

La predizione spaziale del modello mostra come particolarmente idonei alla nidificazione dell'aquila reale i contrafforti della Val Genova, caratterizzati da elevate pendenze e disturbo antropico molto limitato (Fig. 6). Tra le aree restituite dal modello come ido-

nee per la nidificazione, ma dove non risultano nidi noti si sottolinea la Val Nambrone, ma anche la sinistra idrografica della Valle delle Seghe (Molveno), il versante a ovest del lago di Nembia e gran parte della sinistra idrografica della Valle di Tovel.



*Figura 6 – In rosso il risultato spaziale della predizione MaxEnt dell' idoneità per la nidificazione dell' aquila reale all' interno dei confini del PNAB in giallo.*

I risultati fin qui emersi dal modello a massima entropia (MAXENT), trovano parziale conferma nell'implementazione del modello logistico binomiale (GLM), come indicato dalla devianza del modello spiegata dalle singole variabili (Tab. 2).

VARIABILE	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	Pr (>Chi)
DTM_Slope	1	145.773	960	296.988	1.455E-33
DIST_FebAgo_median500m	1	55.068	966	497.043	1.164E-13
DTM_Elevation	1	43.209	961	442.761	4.919E-11
HAB_boschi_perc1000m	1	26.105	957	269.472	3.233E-07
DIST_Prim_median500m	1	9.809	964	487.223	1.737E-03
HAB_altra_roccia_perc1000m	1	8.162	955	261.158	4.277E-03
DTM_Easting	1	1.028	963	486.195	3.105E-01
HAB_prati_perc1000m	1	0.737	958	295.578	3.906E-01
HAB_arbust_perc1000m	1	0.673	959	296.315	4.119E-01
DTM_Northing	1	0.225	962	485.970	6.353E-01
HAB_pareti_perc1000m	1	0.152	956	269.320	6.964E-01
HAB_pareti	1	0.012	954	261.146	9.134E-01
DIST_Inv_median500m	1	0.011	965	497.032	9.169E-01
<b>NULL</b>			<b>967</b>	<b>552.111</b>	

Tabella 2 – Devianza spiegata da ciascuna variabile del modello logistico (binomiale presenza/assenza) ordinata dalla più esplicativa alla meno esplicativa.

Si conferma, come atteso, l'effetto marcato della pendenza, ma spicca in particolare l'effetto anche in questo caso del disturbo antropico riferito al periodo febbraio-agosto, che sulla base del modello logistico è ancora più influente dell'altitudine e della presenza di boschi, cui segue l'effetto del disturbo primaverile. Si conferma il ruolo assolutamente marginale del disturbo invernale. La relazione tra probabilità di presenza di nidi e disturbo è anche in questo caso come atteso di tipo inverso, per tutte le tre variabili di disturbo indagate (Fig. 7). L'effetto trascurabile delle pareti rocciose (sia come variabile categorica, sia come variabile continua relativa alla proporzione di territorio occupato in un raggio di 1000 m) è plausibilmente spiegabile nella difficoltà del modello GLM nel pesare adeguatamen-

te variazioni minime di una variabile pur ecologicamente importante (la proporzione di pareti rocciose è sempre minima rispetto alle altre categorie di habitat e planimetricamente viene ulteriormente sottostimata).

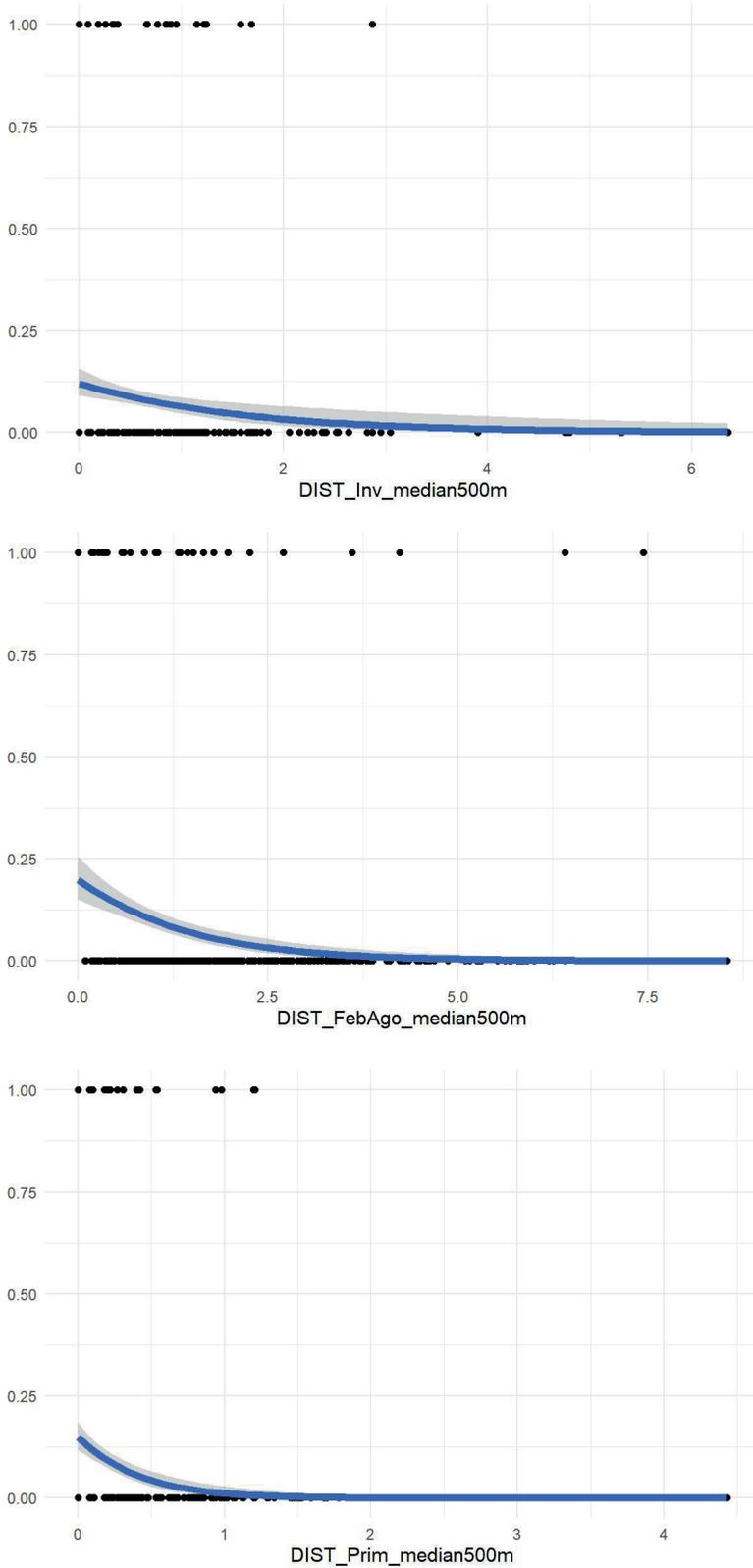


Figura 7 - Effetto delle variabili di disturbo sulla presenza dei nidi di Aquila Reale come calcolato dal modello logistico binomiale (in ordinata, la probabilità di presenza).

Il processo di selezione automatica delle variabili ha calcolato 15 modelli differenti considerabili di qualità equivalente ( $\Delta AIC < 2$ ). Di questi 15 modelli, è stata osservata la frequenza complessiva di ciascuna delle variabili (Fig. 8). Due sole variabili vengono selezionate in tutti 15 i modelli (la pendenza e la proporzione di habitat rocciosi, eccetto le pareti), mentre in 14 modelli su 15 viene selezionato il disturbo primaverile. Molto inferiore è la frequenza del disturbo complessivo tra febbraio e agosto, selezionato in soli 2 modelli su 15, mentre nessun modello include il disturbo invernale. L'elevata frequenza del disturbo primaverile nei modelli migliori, a fronte di una moderata capacità esplicativa nel modello globale, può essere spiegata in termini di esclusività dell'informazione portata. In altri termini, il disturbo primaverile, pur avendo un effetto quantitativamente moderato sulla scelta della localizzazione dei nidi per l'aquila reale, rappresenta una variabile che introduce un'informazione che nessun'altra variabile è in grado di portare. Sulla base dei due modelli elaborati, emerge l'importanza non trascurabile del disturbo antropico nel determinare la scelta della localizzazione dei nidi dell'aquila reale. Le variabili di disturbo, e in particolare il disturbo primaverile e il disturbo complessivo tra febbraio e agosto, hanno un'influenza del tutto paragonabile a "classiche" variabili ambientali di tipo topografico o di copertura del suolo. Emerge in particolar modo l'effetto trascurabile del disturbo invernale, corrispondente al periodo pre-riproduttivo, rispetto al disturbo primaverile e più in generale al disturbo relativo al periodo più strettamente riproduttivo e post-riproduttivo. Dal momento che la costruzione o le attività di manutenzione del nido avvengono in inverno, ne consegue che la specie selezionerebbe il sito di deposizione non tanto in funzione del disturbo contingente nel periodo pre-riproduttivo, ma piuttosto "prevedendo" il disturbo durante il periodo di cova e crescita dei pulcini. Non si tratta ovviamente di chiromanzia: piuttosto, è ipo-

tizzabile che l'aquila reale, animale longevo e riproduttivo non prima dei 6 anni di età, abbia una approfondita conoscenza del territorio pregressa all'inizio dell'attività riproduttiva, tale da permettergli di individuare negli anni precedenti le aree più sensibili per la riproduzione e regolarsi di conseguenza. Più complesso capire se il disturbo rilevante per l'aquila sia circoscritto alla primavera, o più in generale ci sia un'influenza negativa temporalmente più vasta, in primo luogo per l'elevata correlazione delle due variabili, che di fatto non sono indipendenti. Si tratta di risultati preliminari che meriterebbero un approfondimento specifico, sia in termini di dati di campo sia per quanto riguarda la loro analisi, ma che potrebbero in parte spiegare la dinamica ipotizzabile per la "coppia Brenta" con particolare riferimento alla sospetta mancata riproduzione evidenziata nel corso dei monitoraggi effettuati nel 2020. I motivi possibili che potrebbero causare la mancata riproduzione di coppia sono molteplici; tra questi, un accoppiamento non fertile, la mancata schiusa e la mortalità dei pulcini al nido a causa di patologie o meteo avverso. Sebbene le coppie territoriali non si riproducono tutti gli anni (STEENHOF *et al.*, 2017), un elemento non trascurabile in tal senso è rappresentato dal disturbo antropico soprattutto se non previsto, ovvero inaspettato da parte delle aquile presenti in base alla loro conoscenza del territorio. È pertanto ipotizzabile che il disturbo antropico rilevato nel 2020 durante i monitoraggi in prossimità dei siti di nidificazione localizzati in Val Brenta, abbia costretto la coppia a spostarsi in un'area di maggior tranquillità, forse rappresentata dalla Val Nambrone per la quale anche il modello indica alcune aree potenzialmente idonee alla nidificazione della specie (Fig. 6). L'improvvisa necessità di dislocare la posizione del baricentro del territorio e il possibile fallimento nel trovare in poco tempo una collocazione idonea per la costruzione di un nuovo nido potrebbe aver determinato l'insuccesso riproduttivo della coppia, potenzialmente avvenuto già

in fase di pre-deposizione.

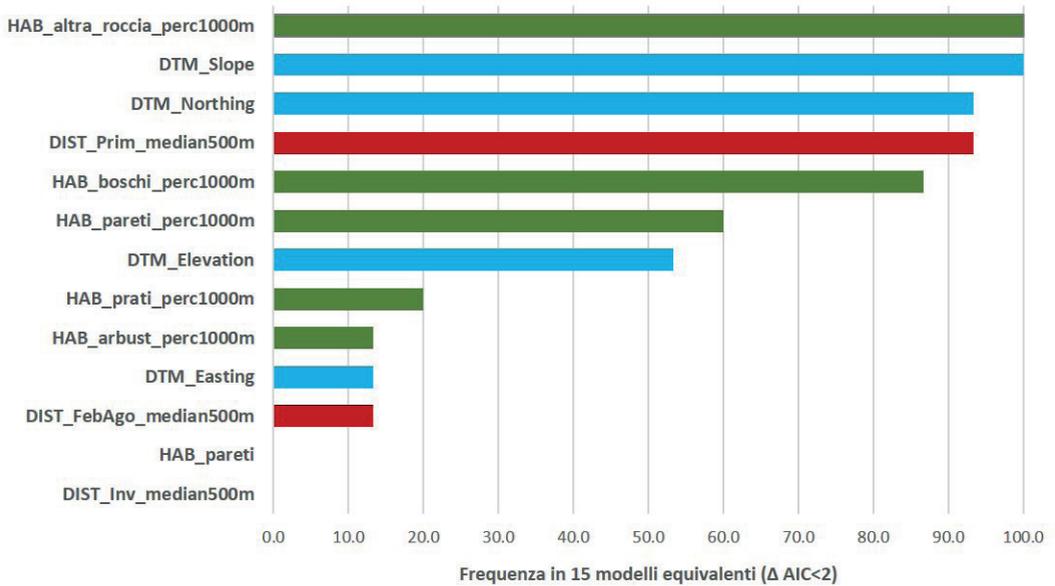


Figura 8 - Frequenza (percentuale) delle variabili in 15 modelli logistici considerabili equivalenti ( $\Delta AIC < 2$  rispetto al modello migliore).

#### 4. Conclusioni

Sulla base di quanto sopra esposto è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- i modelli predittivi elaborati per i siti di nidificazione classificano alcuni comparti del PNAB, per cui non sono noti siti di riproduttivi, come idonei alla riproduzione della specie. Tra quelle che offrono le migliori possibilità di nidificazione per la specie emerge in particolare l'area in sinistra orografica della Val Nambrone, dall'imbocco della valle fino all'area del Dos dai Fo. Questa evidenza porta a pensare che le conoscenze pregresse del PNAB in termini di distribuzione dei nidi siano a tutt'oggi lacunose e necessitino di ulteriori sforzi di campo;
- i modelli predittivi realizzati, eviden-

ziano un effetto significativo del disturbo antropico, con particolare riferimento alla primavera, ovvero alle fasi successive la costruzione invernale del nido;

- a causa delle restrizioni operative connesse all'epidemia di Covid-19, rispetto all'obiettivo iniziale è stato necessario ridefinire per il 2020 il programma di monitoraggio che si è quindi concentrato principalmente sull'area frequentata da una singola coppia denominata "Brenta". Nonostante lo sforzo profuso non è stato possibile individuare il nido di tale coppia che plausibilmente ha spostato il suo baricentro territoriale in risposta all'anomalo disturbo antropico rilevato nell'area della Val Brenta durante la primavera/estate 2020;

- a suffragare l'ipotesi della mancata riproduzione concorre il fatto che, nonostante gli sforzi "di campo", durante i mesi estivi (luglio-agosto, periodo post-involo) nell'area non sono stati osservati individui giovani dell'anno;
- unendo i dati desunti dal monitoraggio 2020 della coppia "Brenta" ai risultati della modellistica, pur ritenendo doverosi ulteriori approfondimenti, si rafforza l'ipotesi che il disturbo antropico inatteso, seppur non puntuale e non concentrato sul nido, giochi un ruolo fondamentale nel determinare l'insuccesso riproduttivo di una coppia.
- i risultati ottenuti, seppur preliminari, e meritevoli di ulteriori approfondimenti, offrono importanti spunti di riflessione per affinare le strategie di conservazione dell'aquila reale promosse dall'Ente, con particolare riferimento alla possibilità di limitare il disturbo antropico nelle aree più vocate alla nidificazione;
- in sintesi è possibile affermare che i modelli applicati si configurano come uno strumento importante per indirizzare le scelte di gestione del territorio volte a conservare gli ecosistemi in equilibrio con la presenza antropica.

## BIBLIOGRAFIA

- BASSI E., 2017. *Estimate of breeding pair's distribution and seasonal abundance patterns of floating Golden eagle (Aquila chrysaetos) population in the Italian Central Alps through field surveys and contemporary censuses*. Avocetta, 41: 41-45
- CARLINI E., GAGLIARDI A., MARTINOLI A., 2020 – *Studi rivolti alla valutazione dello stato di conservazione dell'Aquila reale e del Francolino di monte in siti natura 2000*. Relazione non pubblicata prevista dall'incarico del Parco al Dott. Eugenio Carlini
- CHIRICHELLA R., CHIOZZINI S., 2008. *Progetto galliformi: disturbo antropico*. Documento interno PNAB n. 73.06
- CRIPPA A., 2019. *Monitoraggio e status della popolazione di Aquila reale (Aquila chrysaetos) nel Parco Naturale Adamello Brenta*. Tesi di Master Interateneo di 1° livello in gestione e conservazione dell'ambiente e della fauna, Università degli Studi di Parma.
- FASCE P., FASCE L., 1992. *Pellegrino, Falco peregrinus*. In: Brichetti P. et al., *Fauna d'Italia* XXIX AVES, Edizione Calderini, Bologna, 682-692.
- FASCE P., FASCE L., 2003. *L'Aquila reale (Aquila chrysaetos) in Italia: un aggiornamento dello status della popolazione*. Avocetta, volume 27, 2003 N°1: 10-11.
- FASCE P., FASCE L., 2017. *A comment about the meeting's results*. Avocetta 41: 93-95
- FASCE P., FASCE L., BERGESE F., 2017. *Status of the Golden eagle (Aquila chrysaetos) in the Western Alps*. Avocetta, 41: 35-38.
- FASCE P., FASCE L., VILLERS A., BERGESE F., BRETAGNOLLE V., 2011. *Long-term breeding demography and density dependence in an increasing population of Golden eagles (Aquila chrysaetos)*. IBIS (2011), 153, 581-591
- KNAUS P., ANTONIAZZA S., WECHSLER S., GUÉLAT J., KÉRY M., STREBEL N., SATTLER T., 2018. *Schweizer Brutvogelatlas 2013-2016. Verbreitung und Bestandesentwicklung der Vogel in der Schwiez und im Fürstentum Liechtenstein*. Schweizerische Vogelwarte, Sempach (CH), PP. 648.
- MUSTONI A., ARMANINI M., 2013. *Il Gallo cedrone: quattro anni di ricerche scientifiche nel Parco Naturale Adamello Brenta. Gruppo di Ricerca e Conservazione dell'Orso Bruno nel Parco Naturale Adamello Brenta*. Documenti del Parco, N° 19. Disponibile on-line: [www.pnab.it/info/area-download/](http://www.pnab.it/info/area-download/)
- PEDRINI P., 1992. *L'Aquila reale in Provincia di Trento: status, ecologia e biologia riproduttiva*. Atti conv. Nuovi contributi di ricerca su Aquila reale, Gallo cedrone, Coturnice alpina, Marmotta alpina, Trento, PP. 83-130.
- PEDRINI P., SERGIO F., 2001. *Density, productivity, diet and human persecution of Golden eagle (Aquila chrysaetos) in the Central-Eastern Italian Alps*. J. Raptor Research, 35 (1): 40-48.
- PEDRINI P., SERGIO F., 2001. *Golden eagle (Aquila chrysaetos) density and productivity in relation to land abandonment and forest expansion in the Alps*. Bird study 48: 194-199.
- PEDRINI P., VOLCAN G., 2017. *Current status of Golden eagle (Aquila chrysaetos) in the Province of Trento (central and eastern Alps)*. Avocetta 41: 47-48
- SCHRÖEDER W. 1995. *Piano Faunistico del Parco Adamello Brenta*. Wildbiologische Gesellschaft München. Dattiloscritto.
- SPAUL R.J., HEATH J.A., 2017. *Flushing responses of Golden eagles (Aquila chrysaetos) in response to recreation*. The Wilson Journal of Ornithology, 129(4): 834-845.
- STEENHOF K., KOCHERT M.N., MCINTYRE C.L., BROWN J.L., 2017. *Coming to terms about describing Golden eagle re-*

production. J. Raptor Research. 51(3):378–390.

VOLCAN G., 2006. *Monitoraggio rapaci diurni – Relazione tecnica interna*. Disponibile online [www.pnab.it/info/area-download/](http://www.pnab.it/info/area-download/)

VOLCAN G., 2011. *Monitoraggio Aquila - relazione tecnica interna*. Disponibile on-line: [www.pnab.it/info/area-download/](http://www.pnab.it/info/area-download/)

VOLCAN G., 2013. *Monitoraggio Aquila – Relazione tecnica interna PNAB*.

VOLCAN G., 2016. *Monitoraggio aquila – Relazione tecnica interna PNAB*.

### **Eugenio Carlini**

Istituto Oikos Via Crescenzago 1 - 20134 Milano.  
E-Mail: [eugenio.carlini@istituto-oikos.org](mailto:eugenio.carlini@istituto-oikos.org);

### **Marco Armanini**

Parco Naturale Adamello Brenta,  
Via Nazionale, 24. 38080, Strembo (TN).  
E-Mail: [marcoarmanini@pnab.it](mailto:marcoarmanini@pnab.it);

### **Alessio Martinoli**

Istituto Oikos Via Crescenzago 1 - 20134 Milano.  
E-Mail: [alessio.martinoli@istituto-oikos.org](mailto:alessio.martinoli@istituto-oikos.org);

### **Alessandra Gagliardi**

Istituto Oikos Via Crescenzago 1 - 20134 Milano.  
E-Mail: [alessandra.gagliardi@istituto-oikos.org](mailto:alessandra.gagliardi@istituto-oikos.org)

### **Roberta Chirichella**

Dipartimento di Medicina Veterinaria,  
Università degli Studi di Sassari,  
Via Vienna, 2. 07100 Sassari.  
E-Mail: [roberta.chirichella@gmail.com](mailto:roberta.chirichella@gmail.com)

### **Andrea Mustoni**

Parco Naturale Adamello Brenta,  
Via Nazionale, 24. 38080, Strembo (TN).  
E-Mail: [andreamustoni@pnab.it](mailto:andreamustoni@pnab.it)

**PAROLE CHIAVE:** *Aquila reale, disturbo antropico, nidificazione.*

## **RIASSUNTO**

A partire dagli anni '80 i monitoraggi dell'aquila reale (*Aquila chrysaetos*) condotti dal Parco Naturale Adamello Brenta (Trentino - Italia) hanno fornito preziose informazioni relative al numero e alla distribuzione delle coppie presenti e sul loro successo riproduttivo. Nel corso del 2020, in occasione di un finanziamento europeo (PSR 2014-2020), ai tradizionali monitoraggi si è affiancato un approfondimento sulle conoscenze della specie attraverso un approccio di tipo modellistico. Più nello specifico, sulla base delle informazioni pregresse sono stati implementati modelli predittivi volti a interpretare lo status della popolazione e prevederne le dinamiche future, anche in relazione alla presenza del disturbo antropico. Come atteso, i risultati della modellistica confermano la predilezione per le aree caratterizzate da forte pendenza dei versanti, riconducibili per lo più a pareti rocciose, ovvero ai tipici ambienti di nidificazione. Per quanto riguarda il disturbo antropico, si può ipotizzare che le coppie presenti abbiano maturato negli anni una conoscenza sufficientemente approfondita del territorio, tale da far sì che per la nidificazione scelgano aree in genere poco disturbate. Pur richiedendo ulteriori approfondimenti tale ipotesi è suffragata dalla sospetta mancata riproduzione di una coppia attentamente monitorata nel corso del 2020 che potrebbe essere stata “sorpresa” in fase riproduttiva da alti livelli “non previsti” di disturbo antropico. La modellistica oltre a fornire preziose informazioni utili per concentrare i futuri sforzi di monitoraggio, si pone come strumento su cui basare principi, linee e azioni di conservazione.

**KEY WORDS:** *Golden eagle, anthropogenic disturbance, nesting.*

## **ABSTRACT**

The golden eagle (*Aquila chrysaetos*) monitoring conducted by the Adamello Brenta Nature Park (Trentino - Italy) since the 1980s, provided valuable information about number and distribution of the pairs and their reproductive success rate. Thanks to European fundings (PSR 2014-2020) in 2020, it was possible to study the species through a modeling approach. More specifically, based on previous knowledges two different predictive models has been implemented with the goal of interpreting the status of the population and predicting future dynamics, also in relation to anthropogenic disturbance. As expected the results confirm the preference for steeply sloping environments, mostly attributable to rocky walls, a typical nesting sites for golden eagle. As for the anthropogenic disturbance, it can be hypothesized that territorial pairs, over the years build up a sufficiently in-depth knowledge, also in terms of anthropogenic disturbance, to choose in advance traditionally quite areas.

While requiring further investigation, this hypothesis is supported by the suspected reproduction failure of a pair monitored during 2020, which may have been “surprised” during the reproductive phase by high and unexpected levels of anthropogenic disturbance.

Modeling, in addition to providing useful information for future monitoring efforts, is a tool on which to base principles, guidelines and conservation actions.