



Cofinanziato
dall'Unione europea



LIFE
NatConnect
2030



Uso del radar per il monitoraggio di avifauna e chiroterofauna

Damiano G. Preatoni

UAGRA - Unità di Analisi e Gestione delle Risorse Ambientali
Università degli Studi dell'Insubria
prea@uninsubria.it

9 Settembre 2026

La sfida del monitoraggio faunistico

Necessità, costi, risorse e competenze

- Rete Natura 2000:
 - art. 11 92/43 (“sorveglianza”)
 - art. 10 147/2009, All. V (censimenti, stime di popolazione, rotte migratorie...)
 - art. 17 92/43, art. 12 147/2009 (Rendicontazione)
- **Sostenibilità economica:**
campagne a lungo termine, elevato impegno finanziario.
- **Capitale umano:**
personale altamente qualificato e specializzato.
- **Continuità temporale:**
difficoltà nel garantire una copertura costante con sole risorse umane.



Le tecniche standard... e le innovazioni

Cosa “si è sempre fatto” per Uccelli e Chirotteri

- Inanellamento scientifico e cattura
 - **Uccelli:** Reti *mist-net* (cattura, autorizzazione ISPRA+Regione!) per dati biometrici, demografici, dinamica di popolazione e fenologia della migrazione.
 - **Pipistrelli:** Reti *mist-net* (cattura, autorizzazione MASE in deroga!) identificazione di specie, sesso e stato riproduttivo.
- Bioacustica
 - **Uccelli:** Registrazione dei richiami diurni (ARU o manuale), registrazione richiami notturni in volo per tracciare il passaggio delle specie migratrici notturne.
 - **Chirotteri:** Registratori ultrasuoni (*bat detector*) stazionari e/o su transetto per identificazione di “specie”/”gruppi specifici” e stima dell'attività.
- Osservazioni visive
 - Conteggi diretti da punti fissi (es. valichi alpini), siti di ricovero (corpi d'acqua, *roost*) limitati al periodo diurno e a quote visibili a occhio nudo o con cannocchiale.
- Bio-logging / Telemetria
 - Marcatori GPS / Trasmettitori radio / Datalogger per tracciare le rotte individuali: alta risoluzione spaziale, campioni piccoli, vincolo dimensionale (2-5% peso!).
- **Sensoristica: fototrappole, ARU, ...radar**

Perché il radar?

Cosa manca alle tecniche tradizionali

- **Chiropteri:** strettamente notturni.
- **Uccelli:** gran parte (~70%) della migrazione è notturna e a quote elevate.
- Conteggio “a vista” e bioacustica legati al comportamento dell'animale (es. “rilevabili” se in canto o in volo basso).

Vantaggi del radar:

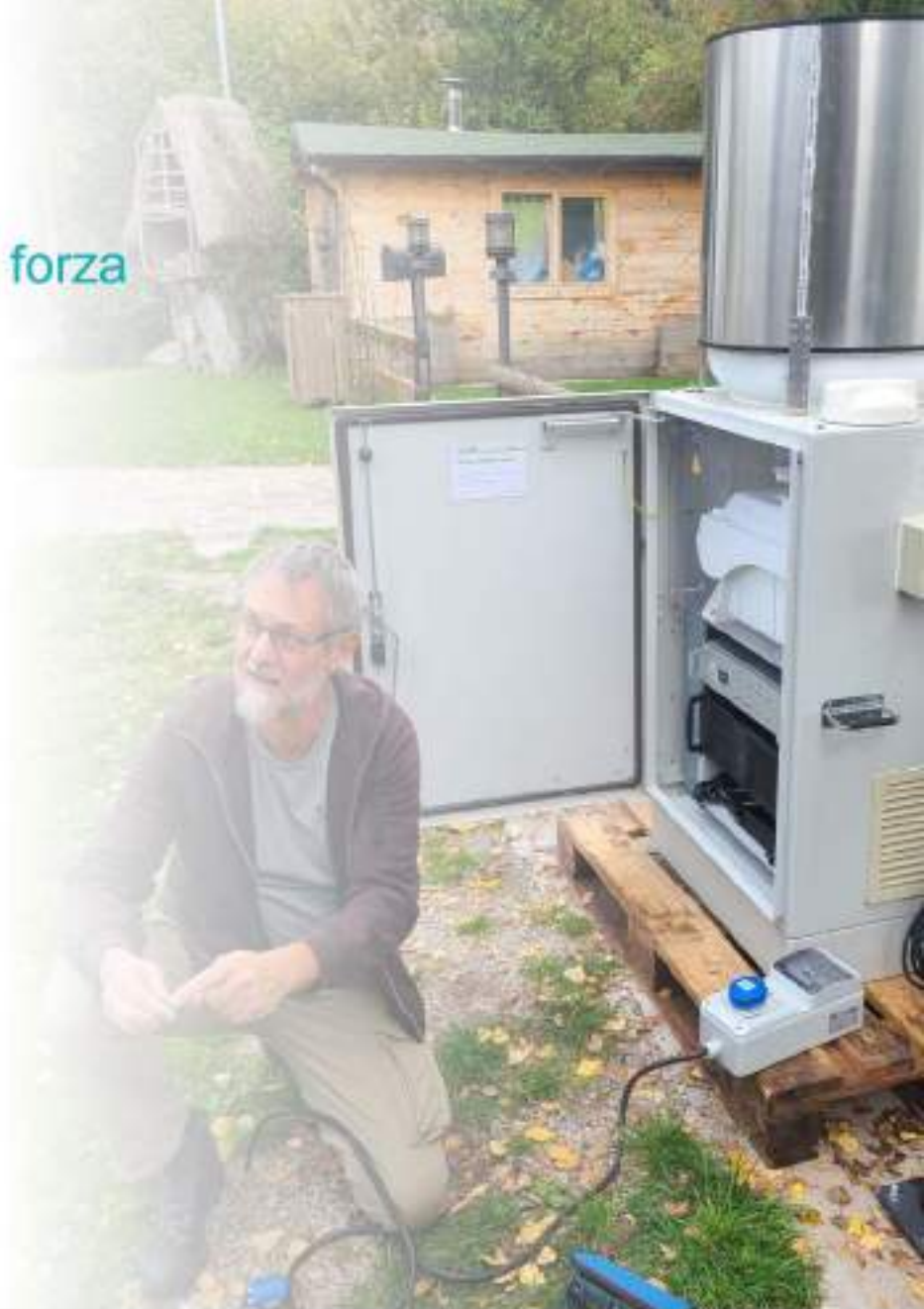
- **Continuità** 24×7×365.
- **Quantificazione:** misura del *flusso* (MTR - Migration Traffic Rate).
- **Profili** di altitudine e direzione: dove (quota) e verso dove (vettori di rotta) si muovono gli animali nell'habitat aereo.



Perché il radar?

Vantaggi e svantaggi, limiti e punti di forza

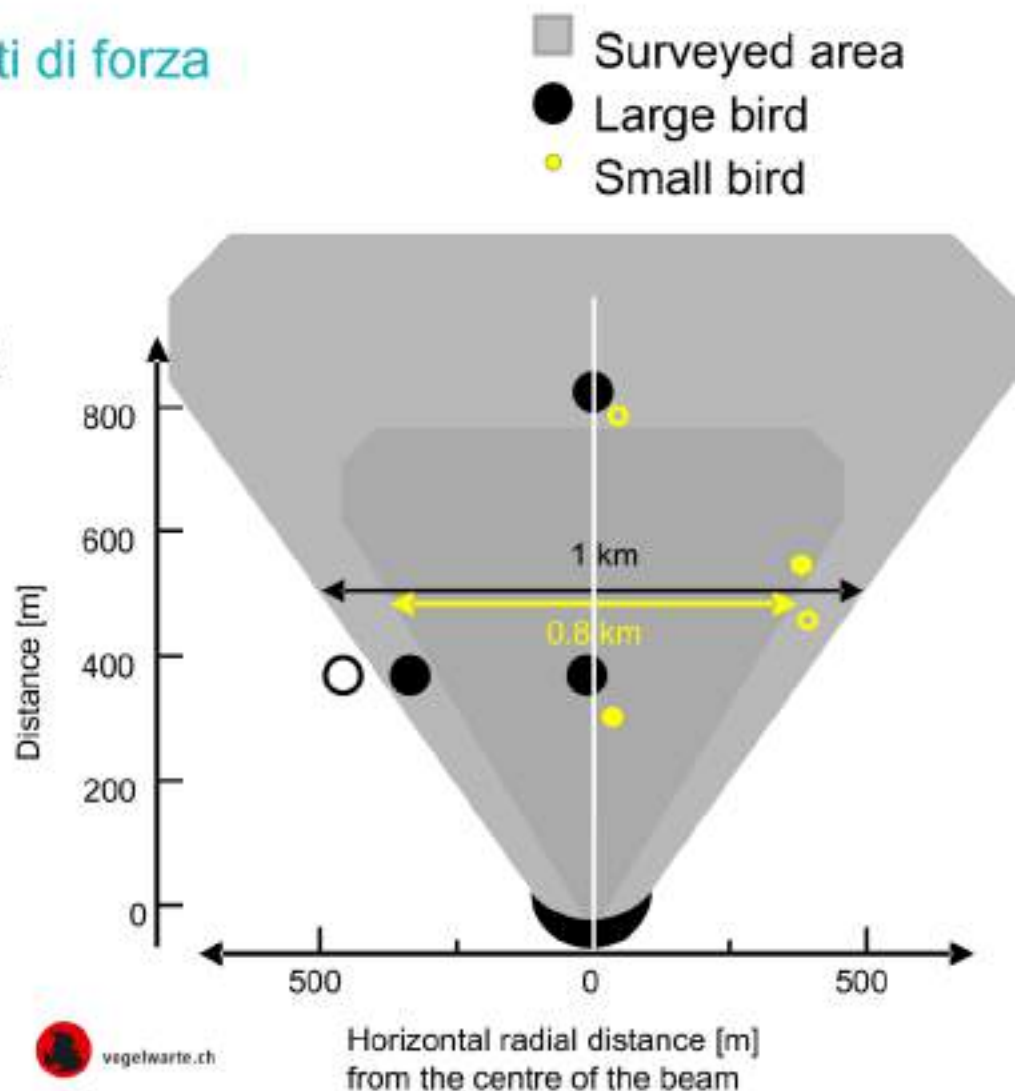
- **Copertura:** fino a 6000 m a.g.l. (normalmente 2500-3000), raggio ~500–1000 m.
- **Visibilità:** non funziona solo in caso di forte pioggia (*scattering*).
- **Risoluzione tassonomica:** classifica, ma non (ancora!) a livello di specie.
- **Ostacoli e clutter:** è “cieco” nei primi 50 m, sensibile a ostacoli fisici (alberi, edifici),
- **Data fusion:** se il radar quantifica i flussi, bioacustica e inanellamento danno la composizione specifica!



Perché il radar?

Vantaggi e svantaggi, limiti e punti di forza

- **Copertura:** fino a 6000 m a.g.l. (normalmente 2500-3000), raggio ~500–1000 m.
- **Visibilità:** non funziona solo in caso di forte pioggia (*scattering*).
- **Risoluzione tassonomica:** classifica, ma non (ancora!) a livello di specie.
- **Ostacoli e clutter:** è “cieco” nei primi 50 m, sensibile a ostacoli fisici (alberi, edifici),
- **Data fusion:** se il radar quantifica i flussi, bioacustica e inanellamento danno la composizione specifica!



Come funziona?

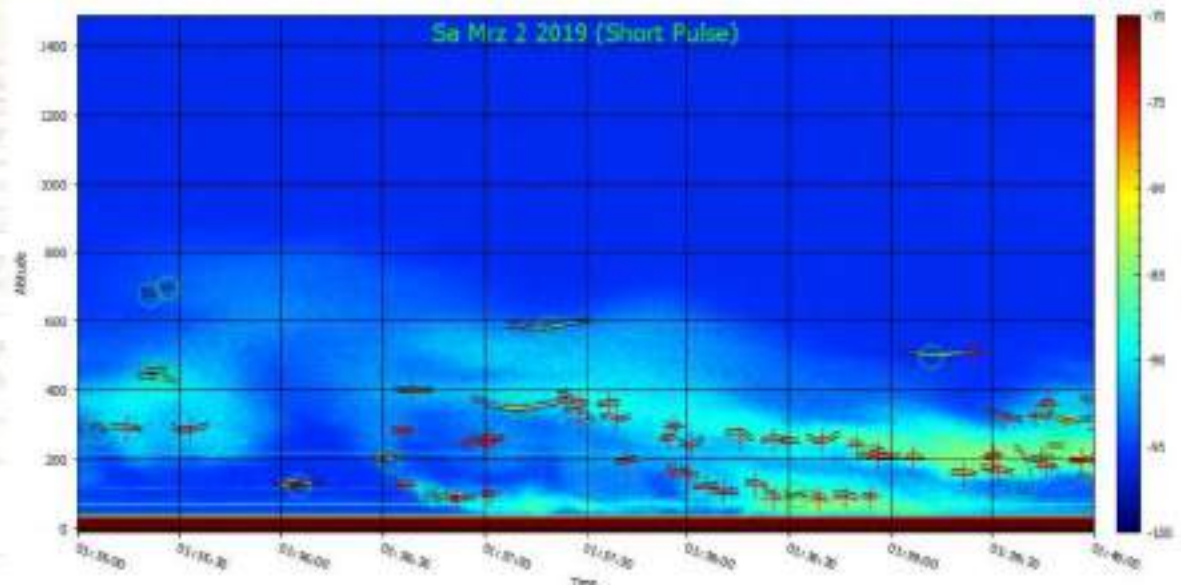
Principio di funzionamento e tipologie di sistemi radar

- **Scansione verticale:** crea un “volume conico” di rilevamento.
 - Antenna rotante orientata verso lo zenit.
 - Portata massima 6 km, utile (identificazione) fino a 3/3.5 km.
 - Eccellente per misurare flusso, altitudini esatte, velocità e direzione del vento/volo e frequenza di battito alare).
 - **Impiego:** quantificazione flusso migratorio.
- **Scansione orizzontale:** “scandisce” l’orizzonte a 360°.
 - Antenna planare rotante.
 - Portata fino a 5-10 km.
 - Utilizzato per identificare traiettorie (2D!), percorsi di avvicinamento e rotte/siti di sosta locali.
 - Radar meteorologici: monitoraggio a macro-scale regionale o continentale, macro-flussi ma a bassa risoluzione.
 - **Impiego:** allerta precoce (*curtailment*, *shutdown* pale), tracciamento rotte.

Come “riconosce”?

Principio di funzionamento e tipologie di sistemi radar

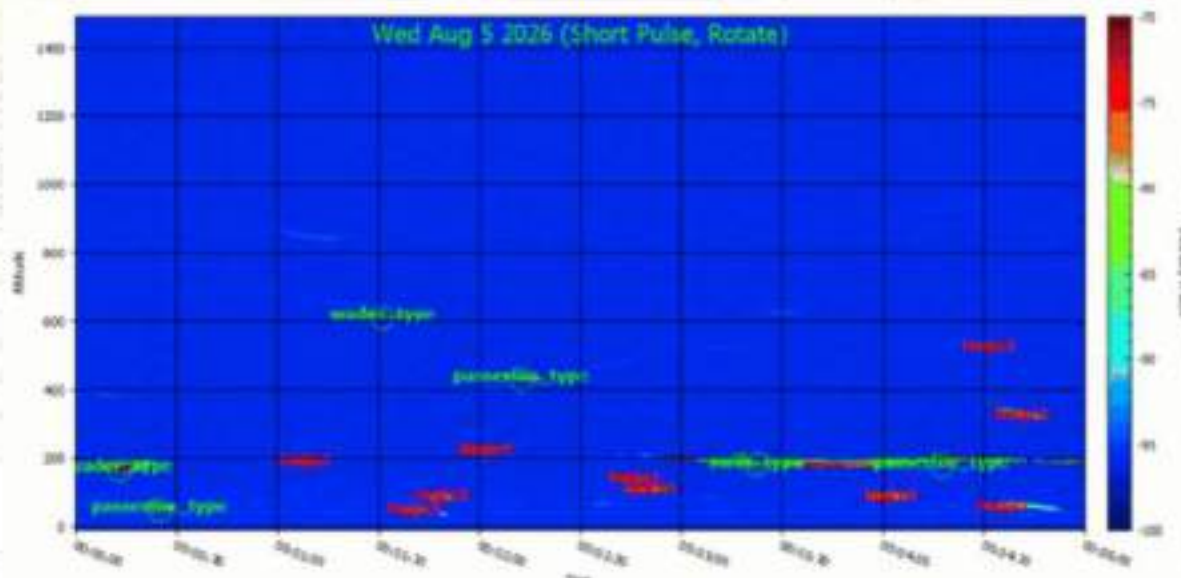
- **Impulsi:** microonde (S-band: 2–4 GHz, X-band: 9 GHz), 1500-2000 impulsi (decine di kW) al secondo.
- **Eco:** la *distanza* del *target* viene calcolata dal “tempo di volo” dell’impulso radio.
 - un radar misura “solo” la distanza!
 - l’eco riflessa – però – può avere fluttuazioni e alterazioni dipendenti dalla “geometria” del *target* (RCS: dimensioni, WBF: battito alare...).
- **Dinamica temporale:** su più impulsi al secondo è possibile utilizzare “misure di distanza”
 - velocità
 - direzione di volo

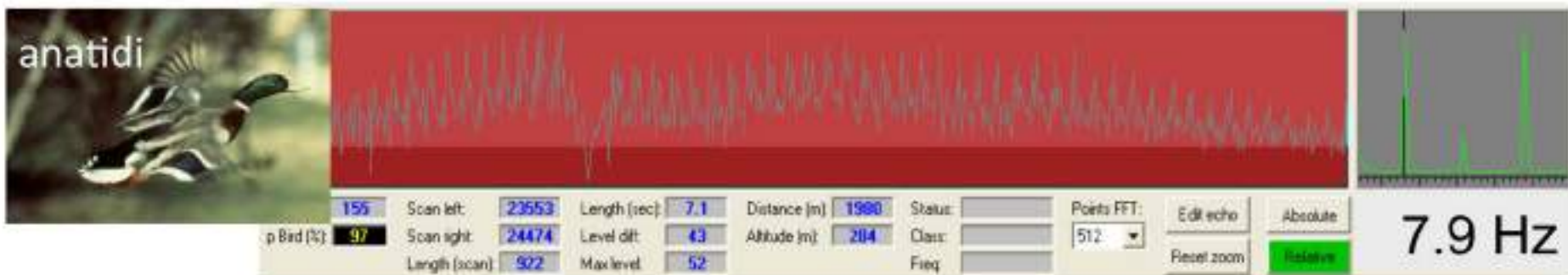
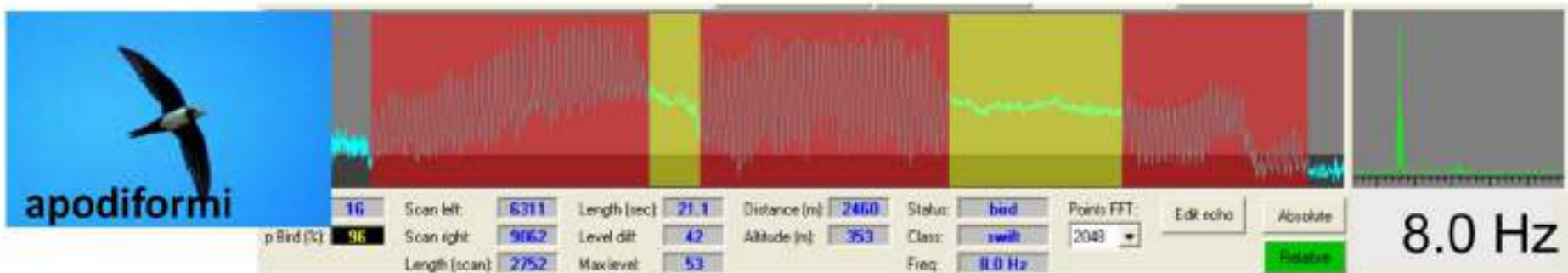
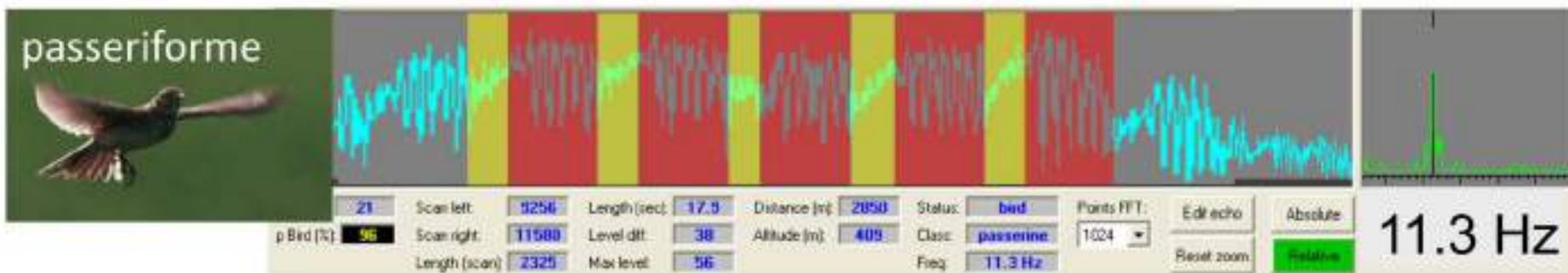


Come “riconosce”?

Principio di funzionamento e tipologie di sistemi radar

- **Impulsi:** microonde (S-band: 2–4 GHz, X-band: 9 GHz), 1500-2000 impulsi (decine di kW) al secondo.
- **Eco:** la *distanza* del *target* viene calcolata dal “tempo di volo” dell’impulso radio.
 - un radar misura “solo” la distanza!
 - l’eco riflessa – però – può avere fluttuazioni e alterazioni dipendenti dalla “geometria” del *target* (RCS: dimensioni, WBF: battito alare...).
- **Dinamica temporale:** su più impulsi al secondo è possibile utilizzare “misure di distanza”
 - velocità
 - direzione di volo





Quali informazioni fornisce un radar

Monitoraggio “24×7×365” ma “per grandi categorie”

- **Uccelli:** Passeriformi, limicoli, Anatidi, grandi Rapaci. Singoli individui o stormi.
- **Insetti:** singoli insetti (o piccoli gruppi), grandi aggregazioni.
- **Chiroteri:** “bat”, nonostante differenze nelle dimensioni e nel *pattern* di battito alare.

Dipende tutto dalla “capacità” del software di classificazione.
Situazione in continua evoluzione.

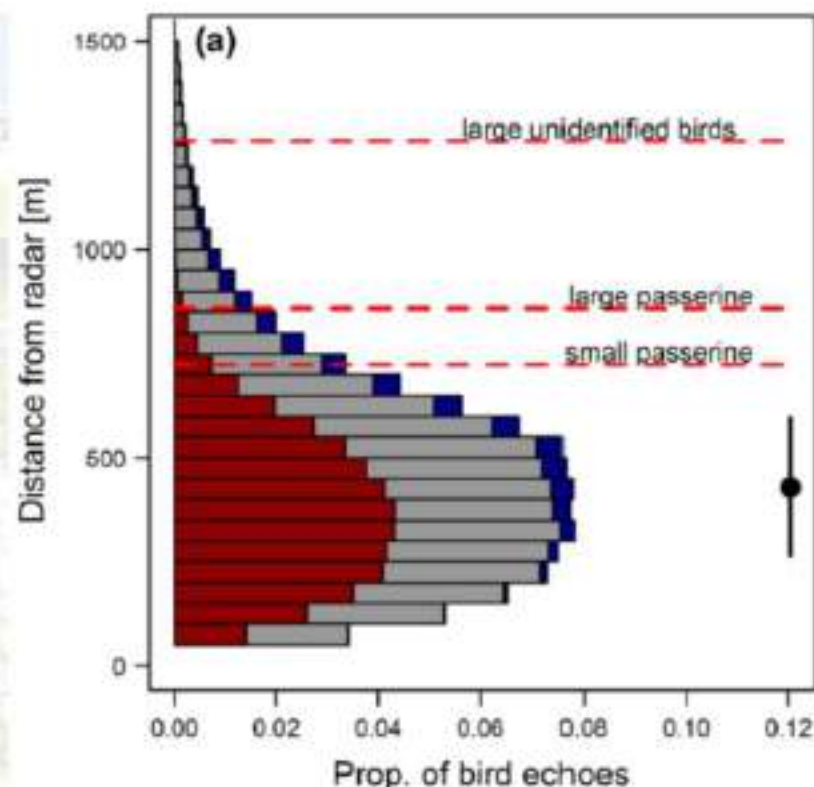
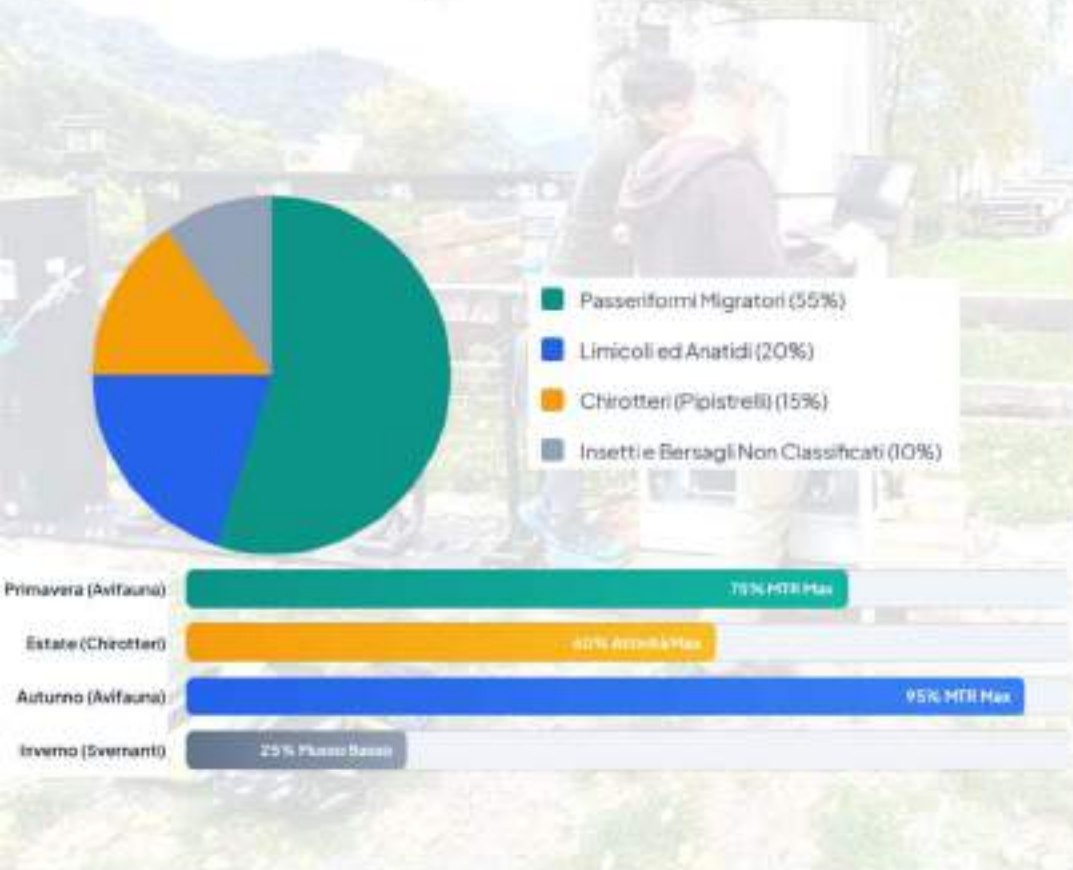
Ricadute nel contesto della VincA (→ mitigazione)

- **Uccelli:** gli attuali raggruppamenti possono già influenzare lo *shutdown*.
- **Chiroteri:** tutte le specie di Chiroteri sono in Direttiva.
- Valutazione dello stato di fatto (*baseline*) *ante operam*.
- Quantificazione nel *post operam* del traffico effettivo.
- Gestione efficace del *curtailment*.
- Minimizzazione del tempo di *shutdown*.

Quali informazioni fornisce un radar

Cosa si può ottenere ad oggi

Misura standardizzata: MTR, numero di individui che attraversano una “finestra virtuale” di 1 km per un’ora.



La logistica

Integrazione dei radar in un progetto di monitoraggio

La gestione di una sistema radar oggi è totalmente automatizzata.

- controllo e gestione *on board*
- *edge computing* a bordo del radar
- telecontrollo su rete mobile da GPRS a 4G
- dati in *cloud in tempo reale*
- *watchdog*: riavvii automatici (e SMS) in caso di anomalie operative
- peso e ingombro "gestibili"

Fase 2: Baseline

Campagna ante-operam con scansione continua.

Fase 1: Setup

Installazione hardware, taratura orientamento calibrazione magnetron.

Fase 4: Reporting

Elaborazione dati (es. *script R*) e reportistica di conformità ambientale.

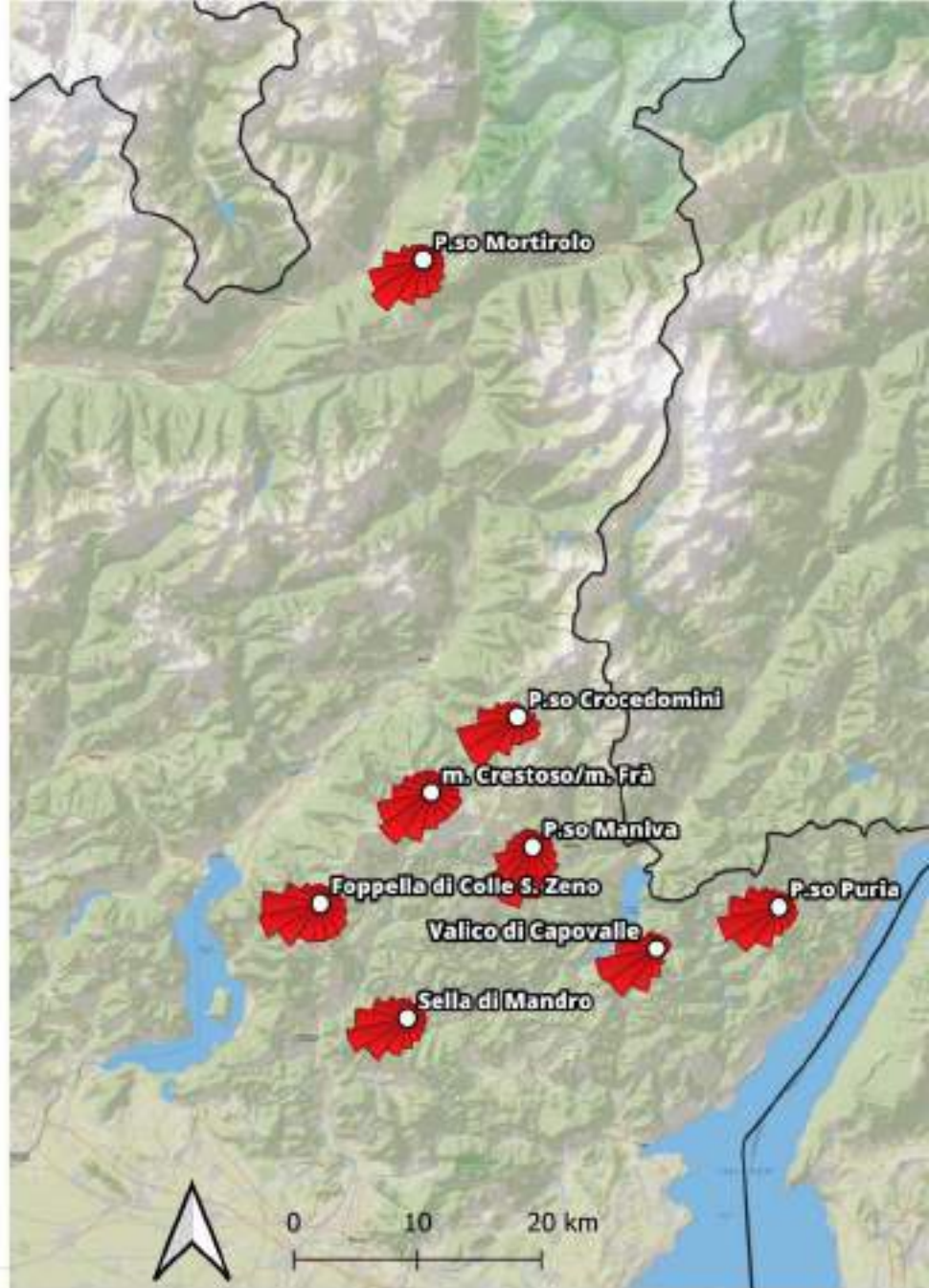
Fase 3: Integrazione

Definizione algoritmo di *shutdown* e test dei tempi di risposta.

In pratica

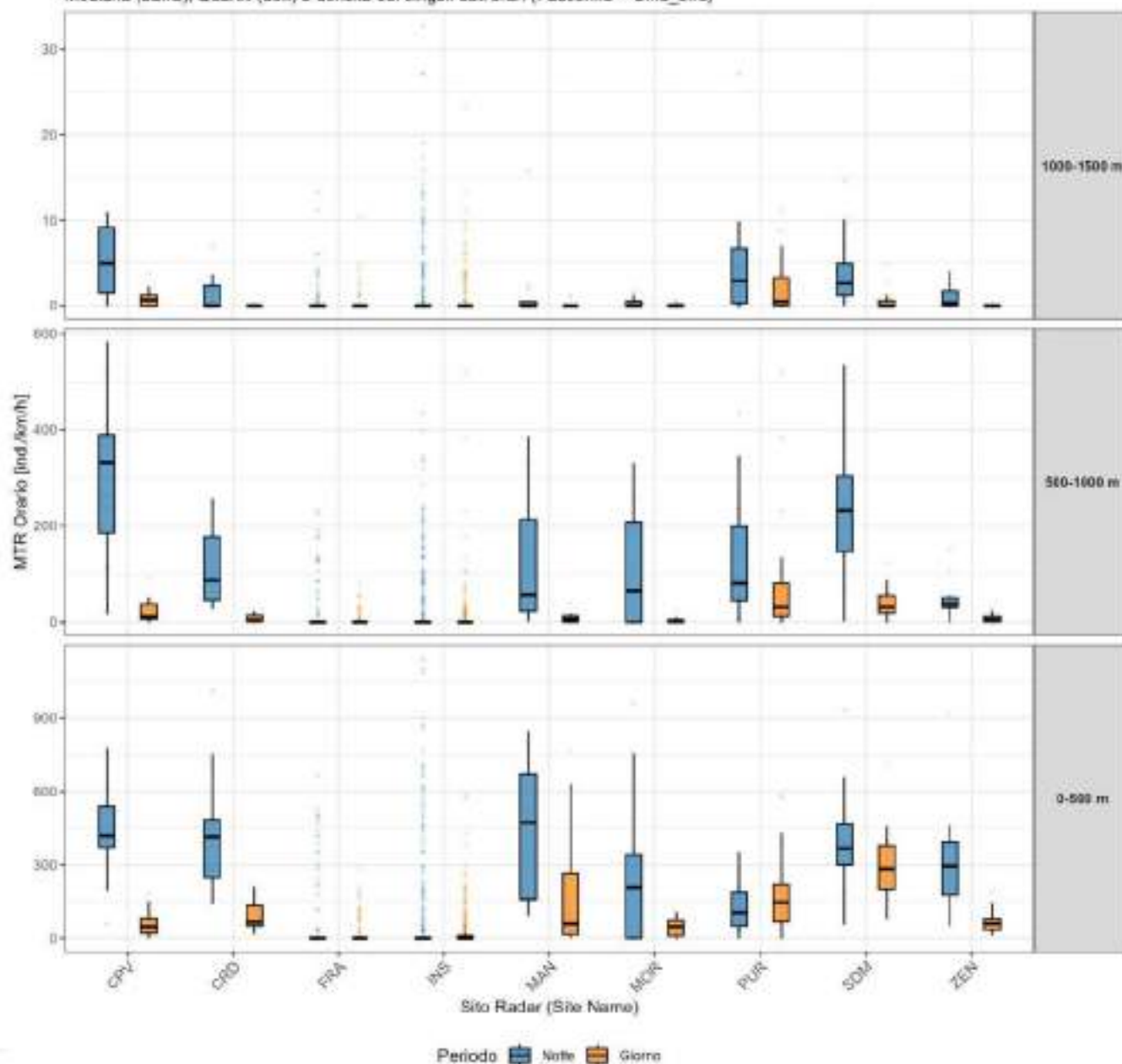
Traffico migratorio in Lombardia

- **Durata:** 2024–2026
- **Strumentazione:** SBRS BirdScan MR1
- **Copertura:** 37 siti (21 con radar), province di LC, BG, BS, SO.
- **Obiettivi:**
 - definizione di una *baseline* relativa al traffico migratorio autunnale nei siti campione
 - elaborazione di un indice di qualità per la classificazione dei siti di valico (ex L. 157/92)



Tipologia B) Distribuzione MTR Giorno e Notte (Boxplot + Dati grezzi)

Mediana (barra), Quartili (box) e densità dei singoli dati orari (Passerine * Unid_bird)



Grazie per l'attenzione!



Cofinanziato
dall'Unione europea



LIFE
NatConnect
2030



Regione
Lombardia



Regione Emilia Romagna



REGIONE
PIEMONTE



REGIONE del VENETO



PROVINCIA
AUTONOMA
di TRENTO



WWF



Legambiente
LOMBARDIA



LEGA



ADBPO



ADBPO



AIPo



Parco Delta del Po



Parco Delta del Po

Parco Delta del Po
LIFE NatConnect 2030



ERS AF
Ente Ricerche e Servizi Ambientali



FIA
Federazione Italiana Ambientalisti



Comunità
Ambiente



FIP
Federazione Italiana Provincie



Fondazione
CARIPLO

Damiano G. Preatoni

UAGRA - Unità di Analisi e Gestione delle Risorse Ambientali

Università degli Studi dell'Insubria

prea@uninsubria.it