

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

 IL PROGETTISTA Dott. Ing. D. Spoglianti Ordine Ingegneri Milano n° A 20953	IL CONTRAENTE GENERALE Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)	STRETTO DI MESSINA Direttore Generale (Ing. G. Fiammenghi)	STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)
 Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408	Firmato digitalmente ai sensi dell' "Art. 21 del D.Lgs. 82/2005"		

<i>Area tematica</i>	STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE
<i>Ente emittente</i>	MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE
<i>Autore dell'osservazione</i>	COMMISSIONE TECNICA VIA - VAS
<i>Riferimento richiesta</i>	INTEGRAZIONI ALLA RICHIESTA PROT. CTVA-2011-0004534 DEL 22/12/2011
<i>Titolo del documento</i>	RISPOSTA VIAC083 - VALUTAZIONE DEL DISTURBO ARRECATO ALL'AVIFAUNA IN FASE DI CANTIERE

CODICE

V I A C 0 8 3 _ F 1

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F1	30/05/2012	EMISSIONE	A. CALEGARI	M. SALOMONE	D. SPOGLIANTI

NOME DEL FILE: VIAC083_1.docx

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/052012

INDICE

INDICE	3
Valutazione del disturbo arrecato all'avifauna in fase di cantiere.....	5
1 Premessa	5
2 Letteratura scientifica riguardo gli effetti del rumore sull'avifauna.....	7
2.1 Letteratura internazionale	7
2.2 Letteratura nazionale.....	9
3 Parametri, descrittori e metodi di valutazione.....	11
3.1 Fisiologia dell'apparato uditivo degli uccelli	11
3.2 Effetti del rumore sull'avifauna.....	18
3.3 Mascheramento.....	21
3.4 Variazioni nel canto degli uccelli dovute al rumore antropico	27
3.5 Stima della distanza massima in cui due uccelli possono ancora comunicare (dati di laboratorio sul mascheramento)	28
3.6 Stima della densità relativa in funzione della rumorosità.....	31
3.7 Conclusioni operative	33
4 Valutazione del disturbo arrecato all'avifauna dalle attività di cantiere	35
4.1 Sorgenti di rumore per la fase di costruzione.....	35
4.2 Sintesi informazioni di base sull'avifauna.....	37
4.2.1 Uccelli nidificanti	37
4.2.2 Uccelli migratori	39
4.2.3 Sensibilità	40
4.3 Estendibilità delle considerazioni degli studi in letteratura al caso Stretto di Messina	42
4.4 Specie comprese nell'allegato I della Direttiva Uccelli Allegato.....	44
4.5 Elaborazione e mappatura degli indicatori di disturbo per l'avifauna	46
4.5.1 Aree di interazione del rumore sull'avifauna in fase di cantiere (Zonizzazione effetti avifauna).....	47
4.5.2 Variazione potenziale di densità dell'avifauna in fase di cantiere	50
5 Conclusioni.....	51
6 Bibliografia.....	55

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/052012

Valutazione del disturbo arrecato all'avifauna in fase di cantiere

1 Premessa

La possibilità che il rumore legato ad attività umane, ed in particolare quello da traffico e da cantiere, possa avere un impatto fisiologico e comportamentale sull'avifauna, risulta ad oggi un diffuso oggetto di studio in ambito internazionale. Gli effetti del rumore sono in grado di determinare: cambiamenti comportamentali significativi (allontanamento dal territorio di nidificazione per trovare cibo); mascheramento dei segnali riconoscimento e comunicazione tra appartenenti alla stessa specie, alterazione nel rilevamento di suoni di predatori e/o delle prede sempre a causa del mascheramento; abbassamento temporaneo o permanente della sensibilità dell'udito, aumento dello stress, alterazione dei livelli ormonali per la riproduzione, ecc.. Possono inoltre verificarsi conseguenze più sostanziali e durevoli a carico dell'accoppiamento e della natalità, con potenziali minacce sulla sopravvivenza stessa di interi gruppi di uccelli o addirittura di specie.

I principali risultati ottenuti ad oggi sull'argomento in ambito internazionale posso essere espressi in termini di:

1) Stress ed effetti fisiologici

Non ci sono studi che individuano in via definitiva il rumore come causa generante stress ed altri effetti fisiologici negli uccelli. Tuttavia, tali gli effetti del rumore sul benessere sono ben noti per gli essere umani, quindi si suppone ragionevolmente che esistano effetti anche per gli uccelli.

2) Sovraesposizione acustica

Gli uccelli sono meno affetti da perdita dell'udito sia temporanea che permanente dovuta ad una sovraesposizione a rumore rispetto agli essere umani e ad altri mammiferi testati. Tale fenomeno avviene per il fatto che gli uccelli sono in grado di rigenerare le cellule ricettrici dell'orecchio interno. Questo non avviene nei mammiferi (tra cui gli essere umani), dove il danneggiamento permanente per sovraesposizione a rumore delle cellule ciliate implica una perdita di udito non recuperabile. La letteratura riporta dati per stimare i danni uditivi di uccelli causati da rumore autostradale, da cantiere non continuo e impulsivo.

3) Mascheramento

Un rumore continuo di sufficiente intensità e in un intervallo di frequenze compreso nell'udibilità degli uccelli, può avere un effetto nella ricognizione e nella discriminazione del segnale vocale di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

altri uccelli. L'intervallo di frequenza d'interesse per la comunicazione tra uccelli è generalmente tra 2-4 kHz, di conseguenza rumori con componenti spettrali al di fuori di tale intervallo (ad esempio rumore da traffico o quello di costruzione) hanno un'influenza meno importante.

Scopo del presente studio è di tradurre le informazioni e i risultati dello studio previsionale di impatto acustico dei cantieri descritto in AMV0313 "Cantierizzazione – Relazione generale", in indicatori di disturbo per l'avifauna, al fine di identificare nello stato ante e post mitigazione le aree di maggiore pressione, dove poter focalizzare la valutazione di incidenza, i controlli ambientali e gli eventuali approfondimenti mitigativi in sede di P.E.

Le informazioni sull'avifauna nidificante e sull'avifauna migratoria sono tratte da AMV0258 "Quadro di Riferimento Ambientale – Fauna, "Relazione Generale – Ambiente Terrestre".

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/052012

2 Letteratura scientifica riguardo gli effetti del rumore sull'avifauna

2.1 Letteratura internazionale

La letteratura avente per oggetto lo studio degli effetti del rumore sull'avifauna determinati da infrastrutture di trasporto e da attività di cantiere è numericamente limitata e contraddistinta da metodologie disomogenee, spesso insufficienti a fornire una chiara correlazione tra la causa, il rumore, e gli effetti fisiologici o comportamentali sugli uccelli.

Una ulteriore complicazione nasce dal fatto che mentre esistono prove indirette che il rumore autostradale influisca sull'avifauna (Foppen and Reijnen 1994; Reijnen *et al.* 1995 a,b; Forman *et al.* 2002), è necessario considerare che ci sono altre variabili correlate che potrebbero avere influenza, come ad esempio gli stimoli visivi, l'inquinamento dell'aria a causa dei gas di scarico (Llacuna *et al.* 1996; Clench-Aas *et al.* 2000) o delle polveri risollevate, i cambiamenti ambientali strutturali dovuti all'introduzione delle strade (Ferris 1979) e dei cantieri. Differenziare gli effetti di tali variabili non sempre possibile: mentre il legame tra rumore e disturbo sugli uccelli risulta statisticamente significativo in diversi studi (Foppen and Reijnen 1994; Reijnen *et al.* 1995 a, b), non ci sono, per quanto a nostra conoscenza, studi che individuino nel rumore l'unica sorgente di disturbo.

Anche nei casi in cui il rumore può essere ritenuto il fattori prevalente, esistono ancora molte variabili non del tutto esplorate, quali:

- il livello di rumore in prossimità gli uccelli (livello ricevuto);
- la frequenza con cui si manifestano gli eventi disturbanti, come ad esempio il numero di macchine/camion in transito vicino ad un uccello per intervallo di tempo (Forman *et al.* 2002);
- il fattore "specie di appartenenza": le diverse specie possono comportarsi in maniera molto differente in presenza di rumore, e hanno diversi gradi di adattamento a diversi disturbi (Ferris 1979; Kuitunen *et al.* 1998; Fernandez-Juricic 2001).

Dalle considerazioni fatte si evince che le variabili in gioco nella determinazione di un legame tra disturbo e condizioni di rumore sono diverse, di conseguenza è impossibile effettuare delle correlazioni tra rumore e comportamento dell'avifauna senza prendere in considerazione:

- 1) specie di uccelli e loro tipologia di comunicazione acustica;
- 2) specie di uccelli e loro comportamento in presenza di stimoli negativi;
- 3) età ed esperienza degli uccelli;
- 4) capacità uditiva in condizioni silenti;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

- 5) capacità uditiva in condizioni rumorose;
- 6) altri tipi di stimoli tra cui:
 - segnali visivi (movimento di veicoli e mezzi d'opera);
 - inquinamento atmosferico prodotto dai veicoli (Llacuna et al. 1996;. Clench-Aas et al. 2000);
 - vibrazioni del terreno derivanti dai veicoli in movimento o impianti;
 - l'ecosistema in prossimità della sorgente di rumore;
 - la disponibilità di cibo in prossimità della sorgente di rumore.

In un recente studio, Warren *et al.* (2006) hanno riscontrato che il rumore può influenzare il comportamento dell'avifauna. Tuttavia, gli autori affermano che il proprio studio è il primo che permetterebbe di fare delle affermazioni ben precise grazie al controllo dei diversi fattori di influenza, contrariamente a quanto fatto da studi precedenti, inoltre sottolinea la necessità di studi in condizioni altamente controllate sia in laboratorio che in campo.

In una serie di articoli, Reijnen (Reijnen and Foppen 1994; Reijnen *et al.* 1995 a, b, c; Reijnen *et al.* 1996) ha esaminato gli effetti del traffico autostradale sulle popolazioni di uccelli d'allevamento nei Paesi Bassi. Reijnen e i suoi colleghi hanno concluso che il rumore autostradale ha un impatto sugli uccelli fino a diverse centinaia di metri della strada, inoltre hanno riscontrato una diminuzione della natalità nelle vicinanze di autostrade.

Gli studi di Reijnen *et al.* hanno mostrato che quando il livello di rumore da traffico è costante, non c'è alcun effetto separabile da quelli che sono gli stimoli visivi. Ma mantenendo costanti gli stimoli visivi, si può dimostrare una forte relazione tra la densità degli uccelli e il rumore da traffico.

Riguardo gli studi di Reijnen, TNCC (1997) criticò il tentativo di mettere insieme tante specie cercando effetti comuni ma senza sottolineare gli effetti specifici. L'importanza delle differenze di risposta al rumore (ed altri fattori) in base alla diversità nella specie è stata sottolineata in diversi studi (Clark and Karr 1979; Ferris 1979; Van der Zande *et al.* 1980;. Kuitunen *et al.* 1998;. Fernandez-Juricic 2001; Peris and Pescador 2004).

In un altro studio, Stone (2000) cercò di determinare la densità di popolazioni di uccelli in una vasta gamma di tipi di utilizzo territoriale. I risultati hanno portato al suggerimento che ci sia una marcata diminuzione nelle popolazioni di uccelli in zone rumorose.

Uno studio di Forman *et al.* (2002) ha esaminato la presenza di cinque specie di uccelli da prato a diverse distanza da strade interne ed esterne a Boston. Gli autori sostengono che vi sia una dipendenza tra la densità degli uccelli e il numero di veicoli giornalieri che passano per strada. In aree con 8.000-15.000 veicoli al giorno, non si è riscontrato alcun effetto sui livelli di popolazione, e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/052012

la presenza di uccelli di allevamento è stata riscontrata fino a 400 m dalla strada. Con 15.000-30.000 veicoli al giorno la presenza di uccelli di allevamento è stata riscontrata fino a 700 m dalla carreggiata mentre questa distanza aumenta a 1.200 m per strade con più di 30.000 veicoli al giorno.

Nonostante gli autori concludano che il rumore può essere un importante fattore di influenza su queste specie di uccelli da prato, il calo di densità potrebbe essere favorito anche da altre variabili ambientali, quali stimoli visivi, inquinamento atmosferico e la mancanza di prede vicino alle strade.

È anche necessario sottolineare che i risultati di Forman *et al.* (2002) non sono applicabili a tutte le specie, o a situazioni differenti. Ad esempio, Peris and Pescador (2004) hanno preso in esame gli effetti del volume di traffico su una popolazione di uccelli composta da 20 specie di passeriformi in boschi da pascolo vicino a diverse strade nella zona centro-occidentale della Spagna. Nonostante sia difficile comparare i risultati in quanto Peris and Pescador (2004) non specificano le densità stradali in termini di numero di veicolo/giorno, le differenze nei risultati risultano molto interessanti.

A differenza di Forman *et al.* (2002), Peris and Pescador (2004), riportano misure di livello sonoro a distanza di 50-100 metri dalle strade, misurando per un alto volume di traffico livelli sonori di 69 ± 5 dB, per un medio volume di traffico livelli pari a 46 ± 3 dB, e per un basso volume di traffico livelli sonori pari a 36 ± 2 dB (lo studio non specifica se tali livelli siano ponderati o meno). Peris and Pescador (2004) hanno riscontrato differenza tra il numero di uccelli e di nascite in ciascuna delle tre aree, ma le differenze variano da specie a specie e non è stato trovato un modello per rappresentare la presenza di uccelli che risulti accomunabile per tutte le specie analizzate.

Ad esempio, lo strillozzo (*Miliaria calandra*), la passera legia (*Petronia petronia*), e il passero domestico (*Passer domesticus*) presentano natalità più elevate in zone ad alto traffico (quindi più rumorose) rispetto a quanto non accada in zone con un basso volume di traffico. Un comportamento opposto si verifica per la monachella (*Oenanthe hispanica*) che tende a riprodursi maggiormente in zone a traffico basso o moderato.

Gli autori concludono che il 55% delle specie non mostra una differenza significativa di natalità tra le zone con le tre fasce di volume di traffico considerate. Tale differenza è imputabile alle diverse sensibilità uditive, ovvero specie di uccelli con una maggiore sensibilità uditiva tendono maggiormente ad allontanarsi dalle strade (sorgente di rumore) rispetto a quelle con una sensibilità minore.

2.2 Letteratura nazionale

La letteratura italiana avente per oggetto lo studio degli effetti del rumore sull'avifauna determinati

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

da infrastrutture di trasporto e da attività di cantiere è estremamente limitata. In alcune pubblicazioni dell'ISPRA (S. Curcuruto, G. Marsico, F. Sacchetti, 2011) viene ripreso lo studio realizzato nell'ambito del Piano di Monitoraggio Ambientale predisposto dal Consorzio CAV-TO-MI per la linea ferroviaria A.C. Torino-Milano in cui vennero realizzati specifici rilievi finalizzati alla comprensione del paesaggio sonoro dell'area Parco del Ticino potenzialmente interferita dalle attività di costruzione dell'infrastruttura e dal futuro esercizio ferroviario, nonché alla verifica dell'interazione delle attività di cantiere con l'avifauna (Bertetti et al. 2006).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/052012

3 Parametri, descrittori e metodi di valutazione

3.1 Fisiologia dell'apparato uditivo degli uccelli

Al fine di comprendere quali siano gli effetti del rumore sull'avifauna, è importante conoscere l'apparato uditivo degli uccelli e le capacità uditive di tali animali in condizioni silenziose e rumorose.

Prima di tutto è fondamentale chiarire che l'udito per gli uccelli è alla base della comunicazione acustica. Gli uccelli, più che gli altri vertebrati, utilizzano una vasta serie di suoni per la comunicazione, per l'accoppiamento, per la marcatura del territorio, e per numerose altre funzioni sociali. Inoltre gli uccelli utilizzano l'ascolto per imparare a conoscere il proprio ambiente attraverso la valutazione di quella che Bregman (1991) chiama la "scena acustica"

La scena acustica rappresenta l'insieme di suoni nell'ambiente che possono derivare da fonti biologiche e non biologiche come predatori che si muovono nell'ambiente o il vento che soffia tra gli alberi. Attraverso la scena acustica l'animale è in grado di vedere oltre il suo sguardo e imparare molto del suo ambiente esteso. Esistono anche degli studi (Popper and Fay 1999, Fay and Popper 2000) dove si propone la teoria che la funzione primaria dell'udito in origine era proprio legata alla "scena acustica", in particolare legata alla protezione dai predatori e alla localizzazione delle prede.

Oltre alla funzione conoscitiva della "scena acustica", lo sviluppo dell'organo uditivo ha previsto la funzione di discriminazione di un suono ben preciso all'interno dell'ambiente sonoro globale, discernendo la posizione della sorgente sonora. Senza tale capacità attraverso la quale è possibile localizzare la posizione di una sorgente sonora tra la miriade di altri segnali presenti nell'ambiente, un animale potrebbe trovarsi a correre verso il suo predatore. Quindi è plausibile che la comunicazione acustica si sia sviluppata solo più avanti.

Quando si ragiona sul disturbo da rumore antropico sull'avifauna, si tende principalmente ad analizzare il disturbo sulla comunicazione acustica ma bisogna tenere ben presente che, quando il rumore interferisce con la fase conoscitiva dell'uccello riguardo l'ambiente e le relazioni tra sorgenti sonore e ambiente, il singolo uccello, e un'intera popolazione, sono a rischio.

L'orecchio degli uccelli è composto da una membrana esterna (membrana timpanica), un orecchio medio, e un orecchio interno. Non esiste una struttura esterna che ricordi l'orecchio esterno tipico dei mammiferi ovvero il padiglione auricolare. Di conseguenza la membrana timpanica è il rivestimento più esterno dell'orecchio medio. La funzione della membrana timpanica nell'uccello è quello di raccogliere il suono, esattamente come avviene nei mammiferi (anche se nei mammiferi la membrana timpanica è all'interno della testa al termine del condotto uditivo esterno).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

Il trasferimento di energia dalla membrana timpanica all'orecchio avviene attraverso l'orecchio medio dove viene effettuato un accoppiamento acustico necessario in quanto vi è un cambio di densità del mezzo di propagazione, da aria a liquido. Di conseguenza l'orecchio medio non è altro che un trasformatore meccanico di impedenza. L'orecchio interno, simile a quello della maggior parte dei vertebrati, è composto da tre canali semicircolari che determinano le accelerazioni angolari della testa e tre organi otoliti per la rilevazione di movimento della testa in relazione alla gravità (Figura 1).

Inoltre, gli uccelli sono dotati di un condotto cocleare contenente una papilla basilare su cui sono posizionate le cellule ciliate. Tuttavia, la papilla basilare è più corta e strutturalmente differente rispetto a quella che si trova nei mammiferi (Tanaka and Smith 1978; Smith 1985); e tale differenza in qualche modo può spiegare la gamma ristretta di frequenze percepibile dagli uccelli.

Un altro fattore che probabilmente limita la gamma di frequenze udibili dagli uccelli è la presenza di un singolo ossicino nell'orecchio medio (columella) differentemente dai mammiferi dove sono presenti tre ossicini (martello, incudine, staffa).

È plausibile che la presenza di un singolo ossicino (simile alla staffa dei mammiferi) limiti l'udito nella maggior parte degli uccelli a non più di 10 kHz (Saunders and Salvi 1993). Uccelli e mammiferi (così come tutti gli altri vertebrati) sono dotati di cellule altamente sensibili e ciliate all'interno della parte finale dell'orecchio, le quali transducono l'energia meccanica legata al loro movimento in energia compatibile con il sistema nervoso.

Uno stimolo sonoro produce un movimento nelle membrane dell'orecchio interno che a sua volta, genera una flessione delle ciglia. Questa flessione produce una cascata di eventi chimici nelle cellule culminante nel rilascio di un segnale chimico (chiamato neurotrasmettitore), che stimola il nervo che collega tali cellule con il cervello.

Le cellule ciliate rappresentano i recettori fondamentali per quanto riguarda l'udito, e inoltre risultano fondamentali anche per quanto riguarda l'equilibrio e il rilevamento del movimento della testa. Il danneggiamento o la morte di tali cellule ha effetti profondi sulla funzionalità dell'orecchio e porta la perdita dell'udito sia negli uccelli che nei mammiferi. Inoltre esiste un effetto di logorio con l'invecchiamento di tali cellule che porta ad un deterioramento dell'udito (negli esseri umani avviene principalmente alle alte frequenze), tale effetto viene accelerato da un uso eccessivo di alcuni medicinali o da sovraesposizione a rumore.

La superficie sensoriale dell'orecchio degli uccelli, la papilla basilare, è una membrana allungata contenente migliaia di cellule ciliate (Figura 1). Le ciglia sono sospese verso l'alto in uno spazio pieno di liquido e sono ricoperte da una "membrana tettonica". Gli uccelli posseggono un numero

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/052012

molto elevato di cellule sensoriali e notevoli variazioni lungo l'epitelio sensoriale nel percorso in cui si dispongono i fasci di cilia ed anche nella loro forma e lunghezza (Gleich and Manley 2000).

L'epitelio sensoriale della coclea negli uccelli è molto più corto che nei mammiferi (ad es. si va dai 2 mm dei canarini ai 30 mm degli esseri umani), questa caratteristica potrebbe ridurre la capacità degli uccelli di sentire le alte e le basse frequenze, comparandola con quella dei mammiferi. Allo stesso tempo, nonostante le sue dimensioni ridotte, l'orecchio degli uccelli è un organo altamente sviluppato e in grado di discriminare i suoni in maniera molto precisa, tanto da superare in alcuni casi quella dei mammiferi, compresi gli esseri umani.

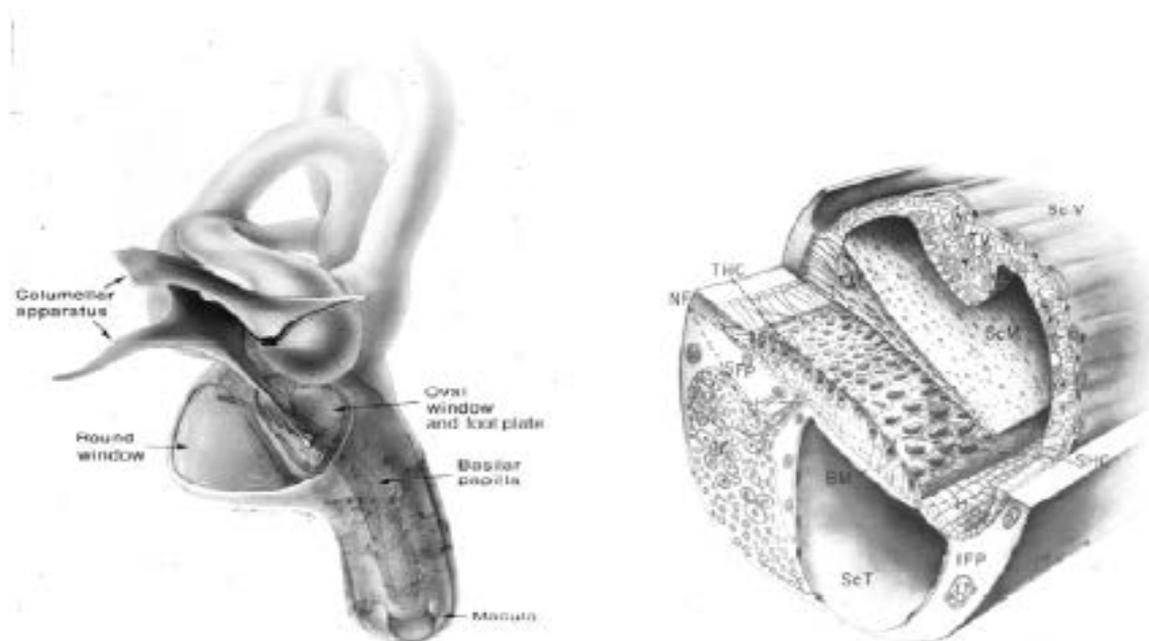


Figura 1 Anatomia dell'orecchio interno di un uccello, apparato vestibolare con columella e il piccolo condotto cocleare (sinistra) e sezione della coclea con cellule ciliate (destra)

Per comprendere come funziona il sistema uditivo negli animali e nell'uomo, sono stati a lungo utilizzati come strumento di valutazione rilievi di parametri fisiologici in certi punti dell'orecchio e del cervello. In generale, vi è una corrispondenza tra questo tipo di misure fisiologiche effettuate su diverse specie e gruppi di vertebrati.

Per esempio si sta rivelando molto utile la misura ABR (risposta uditiva del tronco encefalico). Con questa misura si valuta il potenziale elettrico generato nelle prime fasi del sistema uditivo (sull'ottavo nervo dall'orecchio al cervello o nelle parti del cervello più vicine all'orecchio) in risposta alla stimolazione sonora. Questo potenziale può essere registrato in modo non invasivo (cioè, con

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

elettrodi sulla superficie della pelle o piccoli pin sottocutanei) anestetizzando gli uccelli (così come avviene per gli esseri umani e altri animali). L'entità di tale potenziale negli uccelli è direttamente proporzionale all'intensità del suono che stimola l'orecchio. Questa correlazione negli uccelli è sufficientemente robusta tale che l'ABR, con opportuni adattamenti, può essere usato con successo per stimare la soglia uditiva, incluso il mascheramento (Noirot *et al.* 2006).

L'importanza di tale misura è che rende possibile una misurazione più rapida della sensibilità uditiva di un uccello in campo confrontata con i mesi di addestramento e di test necessari ad ottenere la stessa informazione in laboratorio.

Si definisce audiogramma o curva di udibilità come la pressione sonora minima udibile su ogni singola frequenza appartenente all'intervallo di udibilità di un animale. Negli ultimi 50 anni sono state misurate le curve di udibilità per 39 specie di uccelli, e questa raccolta di dati può essere arricchita con altre 10 specie, se si considerano dati ottenuti con acquisizioni fisiologiche.

In Figura 2 si riporta un audiogramma medio, ottenuto su queste specie, e una comparazione con quello umano. Questi audiogrammi sono spesso descritti e confrontati su diverse caratteristiche come il suono di minore intensità che può essere ascoltato, la frequenza che spicca maggiormente a livello uditivo, la larghezza di banda, la più bassa intensità, ed i limiti di udito alle basse e alle alte frequenze.

Descrivendo l'audiogramma dell'uccello in Figura 2, la minima intensità percepibile è di circa 10 dB, la frequenza che spicca maggiormente è compresa tra 2-3 kHz, le frequenze di cut-off sono rispettivamente 300 Hz verso il basso e 6 kHz verso l'alto, mentre la larghezza di banda del audiogramma dell'uccello è di circa 5,7 kHz. Gli esseri umani, invece, riescono a percepire suoni a bassissima intensità (circa 0 dB a 3kHz) e hanno una larghezza di banda molto più ampia, pari a circa 16 kHz. Di conseguenza si può concludere che gli esseri umani sentano bene o meglio degli uccelli su una gamma molto più ampia di frequenze. L'audiogramma è in genere misurato in una camera di test audiometrico, il che implica che rappresenta una soglia ideale di rilevamento non facilmente raggiungibile nel mondo reale.

Rispetto ad altri gruppi di vertebrati, la variabilità nella sensibilità dell'udito tra le specie di uccelli non è grande. In Tabella 1 si riporta un elenco completo delle specie di avifauna esaminate ad oggi.

In generale, gli uccelli sentono meglio in frequenze comprese tra circa 1 e 5 kHz, con una sensibilità assoluta che spesso si avvicina 0-10 dB alla frequenza di massima sensibilità, che di solito è compresa tra i 2 e i 4 kHz (Dooling 1980, 1982, 1992; Dooling *et al.*, 2000). I rapaci notturni, come la maggior parte dei gufi, possono in genere rilevare suoni molto meno intensi di quanto non

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F1</td> <td>30/052012</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F1	30/052012
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F1	30/052012						

riescano a fare i passeriformi (ad esempio passeri, canarini, storni, fringuelli) o altri non-passeriformi (ad esempio, polli, tacchini, piccioni, pappagalli), con una sensibilità massima che può arrivare fino a livelli di -10/-15 dB.

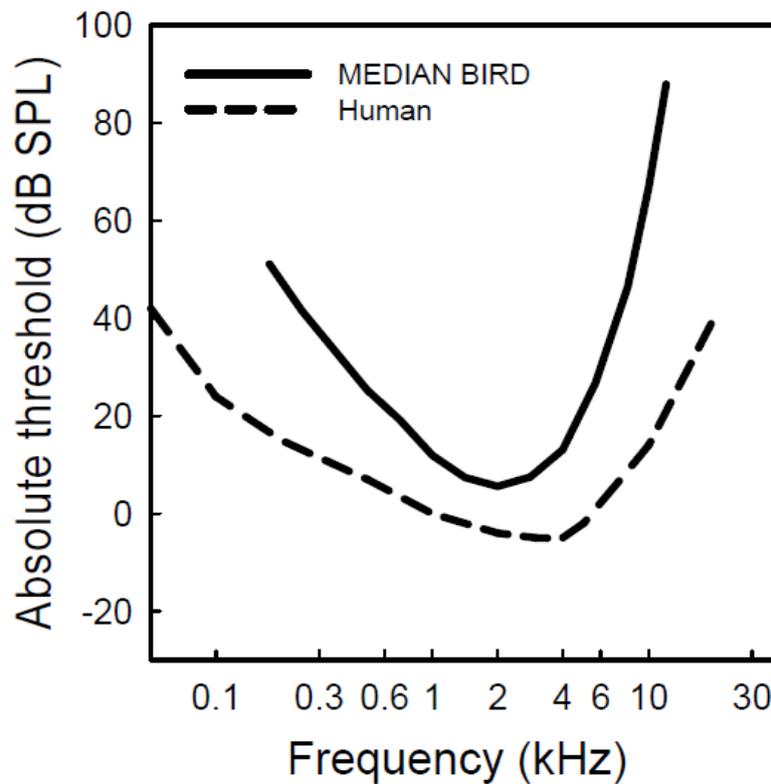


Figura 2 Soglia uditiva di uccelli mediata su 49 specie misurata con rilevazione fisiologica in campo (linea continua) e confronto con quella umana (linea tratteggiata)

I passeriformi tendono inoltre ad avere un udito migliore alle alte frequenze rispetto ai non-passeriformi, mentre i non-passeriformi riescono a rilevare segnali meno intensi alle basse frequenze rispetto a quanto non facciano i passeriformi (Figura 3).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RISPOSTA ID C083		Codice VIAC083_F1.docx	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Rev</td> <td style="width: 50%;">Data</td> </tr> <tr> <td>F1</td> <td>30/05/2012</td> </tr> </table>	Rev	Data	F1	30/05/2012
Rev	Data						
F1	30/05/2012						

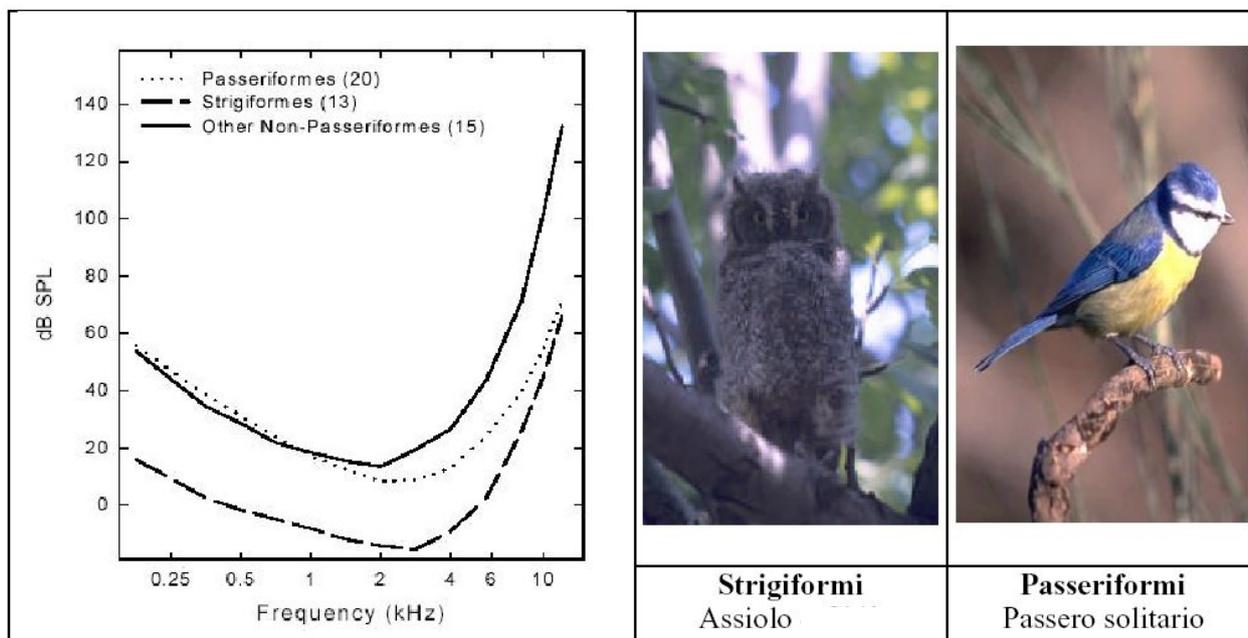


Figura 3 Curve di udibilità media avifauna (strigiformi, passeriformi e altri non passeriformi)

Uno studio recente (Gleich *et al.* 2005) ha correlato le caratteristiche uditive con diversi parametri biologici utilizzando i dati degli studi riportati in Tabella 1; in tale studio si sono riscontrate relazioni significative tra peso corporeo, anatomia dell'orecchio interno, e abbassamento della massima frequenza udibile. Praticamente si può concludere che uccelli di grandi dimensioni hanno una maggiore percezione alle basse frequenze rispetto a quelli più piccoli che invece risultano essere più sensibili alle alte frequenze, tale tendenza è collegata al fatto che grandi uccelli hanno spettri di emissione vocale con frequenze più basse rispetto ad uccelli più piccoli avendo un organo fonatorio di dimensioni maggiori (Konishi 1969; Dooling 1980, 1982). In media, comunque, la gamma di frequenze di un uccello tipico utilizzabile per la comunicazione si estende, nella migliore delle ipotesi, da circa 0.5 a circa 6.0 kHz.

Quasi tutte le specie di uccelli basano il riconoscimento di un singolo uccello e di uno appartenente alla stessa specie, la scelta del partner, la difesa territoriale e altre attività sociali sulla comunicazione acustica. Inoltre la letteratura sottolinea che nello studio del mascheramento e dei danni uditivi da esposizione a rumore è necessario concentrarsi nella gamma di frequenze compresa tra 1 e 6 kHz (Dooling 1982).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		Codice VIAC083_F1.docx	Rev F1	Data 30/052012

ORDINE	NOME COMUNE	GENERE E SPECIE	RIFERIMENTO
Anseriformes	Germano reale	<i>Anas platyrhynchos</i>	Trainer 1946
Apodiformes	Rondine grigia australiana	<i>Collocalia Spodiopygia</i>	Coles <i>et al.</i> 1987
Caprimulgiformes	Guaciario	<i>Steatornis caripensis</i>	Konishi and Knudsen 1979
Casuariiformes	Emù	<i>Dromaius novaehollandiae</i>	Manley <i>et al.</i> 1997
Charadriiformes	Emipodio errante	<i>Pedionomus torquatus</i>	Pettigrew and Larsen 1990
Columbiformes	Piccione	<i>Columbia livia</i>	Trainer 1946; Heise 1953; Stebbins 1970; Harrison and Furumoto 1971; Hienz <i>et al.</i> 1977; Goerdel-Leich and Schwartzkopff 1984
Falconiformes	Gheppio americano	<i>Falco sparverius</i>	Trainer 1946
Falconiformes	Sparviere eurasiatico	<i>Accipiter nisus</i>	Trainer 1946; Klump <i>et al.</i> 1986
Galliformes	Quaglia	<i>Colinus virginianus</i>	Barton <i>et al.</i> 1984
Galliformes	Gallo rosso	<i>Gallus gallus</i>	Saunders and Salvi 1993; Severns <i>et al.</i> 1985
Galliformes	Quaglia giapponese	<i>Coturnix coturnix japonica</i>	Linzenbold <i>et al.</i> 1993; Niemiec <i>et al.</i> 1994
Galliformes	Tacchino	<i>Meleagris gallopavo</i>	Maiorana and Schleidt 1972
Passeriformes	Pettiroso americano	<i>Turdus migratorius</i>	Konishi 1970
Passeriformes	Ghiandaia azzurra americana	<i>Cyanocitta cristata</i>	Cohen <i>et al.</i> 1978
Passeriformes	Molotro nero	<i>Molothrus ater</i>	Hienz <i>et al.</i> 1977
Passeriformes	Ciuffolotto europeo	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	Schwartzkopff 1949
Passeriformes	Passero cinguettante	<i>Spizella passerina</i>	Konishi 1970
Passeriformes	Canarino	<i>Serinus canarius</i>	Okanoya and Dooling 1985; 1987
Passeriformes	Cornacchia	<i>Corvus brachyrhynchos</i>	Trainer 1946
Passeriformes	Storno	<i>Sturnus vulgaris</i>	Kuhn <i>et al.</i> 1982; Dooling <i>et al.</i> 1986; Trainer 1946; Konishi 1970
Passeriformes	Passero da campo	<i>Spizella pusilla</i>	Dooling and Searcy 1979
Passeriformes	Astro amaranto	<i>Lagonosticta senegala</i>	Lohr and Dooling 1999
Passeriformes	Cinciallegra	<i>Parus major</i>	Langemann <i>et al.</i> 1998; Klump <i>et al.</i> 1986
Passeriformes	Carpodaco messicano	<i>Carpodacus mexicanus</i>	Dooling <i>et al.</i> 1978
Passeriformes	Passera europea	<i>Passer domesticus</i>	Konishi 1970
Passeriformes	Balia nera	<i>Ficedula hypoleuca</i>	Aleksandrov and Dmitrieva 1992
Passeriformes	Merlo dalle ali rosse	<i>Agelaius phoeniceus</i>	Hienz <i>et al.</i> 1977
Passeriformes	Junco oochiscuri	<i>Junco hyemalis</i>	Konishi 1970
Passeriformes	Passero	<i>Melospiza melodia</i>	Okanoya and Dooling 1987; 1988

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		Codice VIAC083_F1.docx	Rev F1	Data 30/05/2012

ORDINE	NOME COMUNE	GENERE E SPECIE	RIFERIMENTO
	canterino		
Passeriformes	Passero da palude	<i>Melospiza georgiana</i>	Okanoya and Dooling 1987; 1988
Passeriformes	Oregon	<i>Sturnella neglecta</i>	Konishi 1970
Passeriformes	Diamante mandarino	<i>Taeniopygia guttata</i>	Okanoya and Dooling 1987; Hashino and Okanoya 1989
Psittaciformes	Parrocchetto ondulato (cocorito)	<i>Melopsittacus undulates</i>	Saunders and Dooling 1974; Dooling and Saunders 1975; Saunders <i>et al.</i> 1979; Saunders and Pallone 1980; Okanoya and Dooling 1987; Hashino <i>et al.</i> 1988; Hashino and Sokabe 1989
Psittaciformes	Calopsitta	<i>Nymphicus hollandicus</i>	Okanoya and Dooling 1987
Psittaciformes	Parrocchetto frontearancio	<i>Aratinga canicularis</i>	Wright <i>et al.</i> 2000
Strigiformes	Allocco africano	<i>Strix woodfordii</i>	Nieboer and Van der Paardt 1977
Strigiformes	Barbagianni	<i>Tyto alba</i>	Konishi and Knudsen 1979; Dyson <i>et al.</i> 1998
Strigiformes	Gufo pescatore bruno	<i>Ketupa zeylonensis</i>	Van Dijk 1973
Strigiformes	Gufo reale	<i>Bubo bubo</i>	Van Dijk 1973
Strigiformes	Gufo reale indiano	<i>Bubo nipalensis</i>	Van Dijk 1973
Strigiformes	Gufo della Virginia	<i>Bubo virginianus</i>	Trainer 1946
Strigiformes	Gufo comune	<i>Asio otus</i>	Van Dijk 1973
Strigiformes	Civetta marezzata	<i>Strix virgata</i>	Van Dijk 1973
Strigiformes	Assiolo	<i>Otus scops</i>	Van Dijk 1973
Strigiformes	Civetta delle nevi	<i>Nyctea scandiaca</i>	Van Dijk 1973
Strigiformes	Allocco maculato asiatico	<i>Strix seloputo</i>	Van Dijk 1973
Strigiformes	Allocco	<i>Strix aluco</i>	Van Dijk 1973
Strigiformes	Assiolo facciabianca	<i>Otus leucotis</i>	Van Dijk 1973

Tabella 1 Lista di studi sugli effetti del rumore sull'avifauna con riferimento alla specie analizzata

3.2 Effetti del rumore sull'avifauna

Esistono tre categorie generali, che possono anche sovrapporsi tra loro, riguardanti gli effetti del rumore emesso da cantieri e dal traffico stradale sull'avifauna (Dooling and Popper, 2007):

- danni all'apparato uditivo;
- spostamento temporaneo della soglia uditiva;
- mascheramento e altri effetti psicologici e comportamentali.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/052012

Nel caso di effetti diretti sul sistema uditivo, esiste una significativa dipendenza dal livello di esposizione al rumore che è fortemente correlata con la distanza tra l'uccello e la sorgente di rumore. La letteratura esistente da delle indicazioni molto precise sui confini esistenti tra queste categorie, individuando le 5 zone schematizzate in Figura 4.

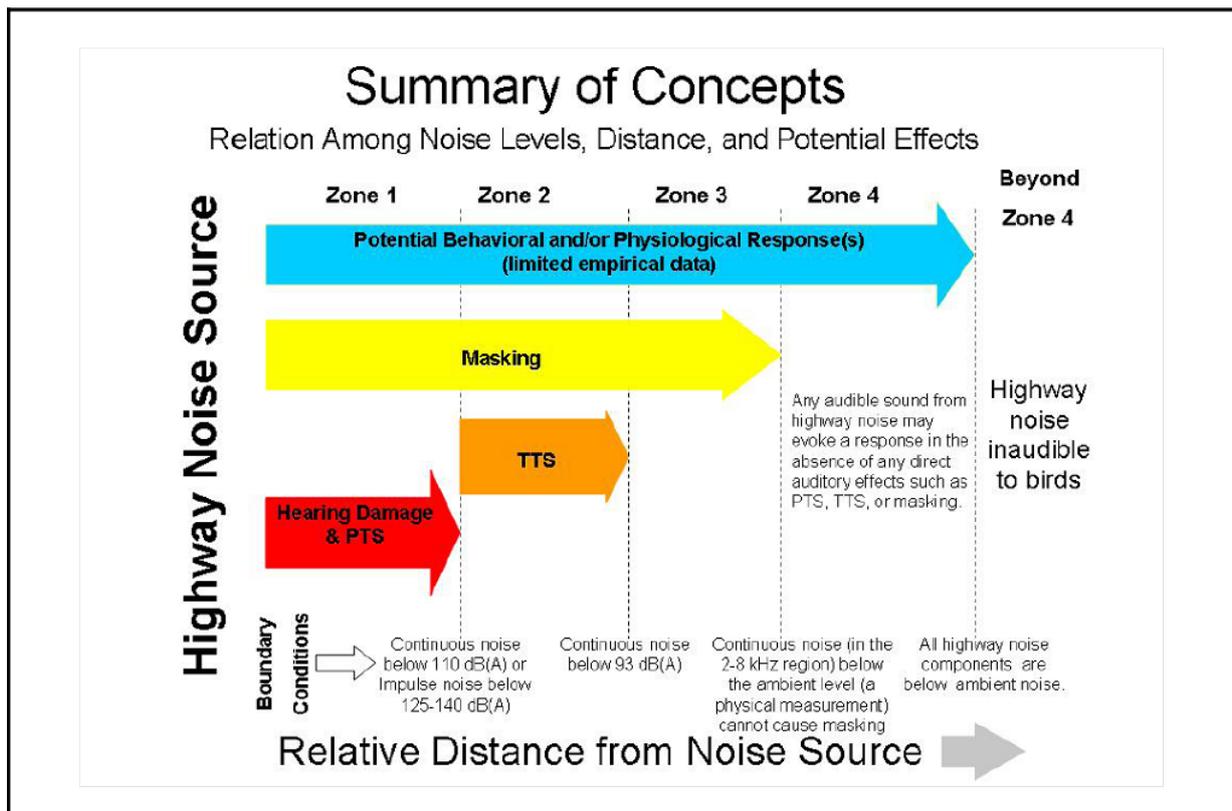


Figura 4 Effetti del rumore di cantiere e autostradale sugli uccelli

La definizione di zone omogenee in termini di effetti potenziali è così formulata:

ZONA 1 “HEARING DAMAGE AND PTS”

Zona in cui il rumore da traffico o di cantiere può generare perdita di udito, spostamento della soglia uditiva, mascheramento, e/o altri effetti comportamentali e psicologici. Studi in laboratorio hanno dimostrato che livelli di rumore continuo superiori ai 110 dBA oppure un rumore impulsivo singolo con livello superiore a 140 dB (125 dB per impulsi multipli) possono ragionevolmente portare al danno.

ZONA 2 TTS

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

Zona in cui i livelli di rumore continuo sono inferiori ai 110 dBA, a distanze maggiori dalle sorgenti di rumore rispetto alla Zona 1, e la perdita di udito e spostamento permanente della soglia uditiva TTS sono improbabili. In ogni caso, livelli superiori a 93 dBA possono generare uno spostamento temporaneo della soglia uditiva, mascherare importanti segnali di comunicazione e portare altri effetti comportamentali e psicologici.

Lo spostamento della soglia uditiva è causato dalla morte di alcune cellule ciliate in una posizione specifica della papilla basilare. Il danno specifico dipende dal tipo, l'intensità e la durata del trauma acustico (Cotanche 1999). Poiché l'ascolto dipende dalla funzionalità delle cellule ciliate, la loro perdita implica automaticamente una perdita di udito. Comunque grazie alla capacità da parte degli uccelli di ricostruire tali cellule, la funzionalità uditiva può essere ripristinata.

Un esperimento condotto sulle quaglie, esposte un rumore di 116 dB nella banda d'ottava di 1.5 kHz per 4 ore, ha mostrato un abbassamento immediatamente dopo l'esposizione della soglia uditiva di 50 dB. Comunque, la soglia torna a livelli normali in 8-10 giorni, anche se segni di danno cellulare sono stati notati anche cinque settimane dopo l'esposizione. Studi successivi dimostrarono che la perdita d'udito ed il tempo di recupero variano in maniera considerevole in base alle diverse specie (Ryals *et al.* 1999).

ZONA 3

Zona in cui i livelli di rumore scendono a valori inferiore a 93 dBA in cui il livello spettrale generato dalla strada o dal cantiere tra i 2 e i 8 kHz è pari o superiore al livello di rumore ambientale e dove possono ancora manifestarsi fenomeni di mascheramento dovuti al rumore introdotto, generando quindi effetti fisiologici e comportamentali sugli uccelli.

ZONA 4

Zona caratterizzata da un livello spettrale, generato dalla strada o dal cantiere, inferiore ai livelli di rumore ambientale nella banda per la comunicazione in cui il mascheramento dei segnali di comunicazione non è più compromesso dal rumore. Tuttavia, i suoni appena percepiti anche al di fuori dello spettro utile per la comunicazione tra uccelli, come ad esempio il rombo di un camion, possono ancora causare effetti fisiologici e comportamentali.

ZONA 5

In questa zona, l'energia del rumore da traffico o da cantiere su tutte le frequenze risulta totalmente inudibile (livelli al di sotto della curva di udibilità), di conseguenza non si manifestano

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/052012

effetti sull'avifauna.

3.3 Mascheramento

Il funzionamento dell'apparato uditivo è tale che avvenga una perdita di alcune componenti del suono, a causa del fenomeno chiamato mascheramento. In particolare il mascheramento in frequenza è dovuto al fatto che l'udito ha una risoluzione limitata in funzione della frequenza: se, ad esempio, consideriamo un suono ad un certo livello e su una data gamma di frequenze, la sensazione ricevuta è identica a quella di un tono a livello più basso ma con una banda più larga. In altre parole se l'energia del segnale sonoro è la stessa, a meno di variare banda e intensità, la sensazione percepita è identica. Questo ragionamento è valido all'interno di una certa gamma di frequenze, detta banda critica, caratterizzata della frequenza di centro banda.

Tale comportamento porta a dedurre che il sistema uditivo si comporti come un filtro passa-banda facendo sì che le componenti tonali di un rumore maggiormente inficanti sull'ascolto di un determinato tono puro sono quelle più vicine alla frequenza del tono puro (Dooling *et al.* 2000).

Un tipico esperimento per valutare il mascheramento consiste nel:

- presentare un tono puro e valutarne la soglia di minima udibilità;
- inserire il suono mascherante (tipicamente rumore) e rivalutare la soglia di minima udibilità;
- se il mascherante ha delle componenti tonali vicine al tono puro, si manifesta un innalzamento della soglia minima.

A causa delle grandi variabilità nelle caratteristiche del rumore e dell'ascoltatore è stato molto difficile arrivare ad una generalizzazione del mascheramento. Ovviamente gli studi più approfonditi sono stati fatti sugli uomini ma non è possibile una generalizzazione i risultati ottenuti sul genere umani per gli animali in quanto il rumore per un animale è da relazionare alle modifiche di quest'ultimo sul suo comportamento abituale.

I rumori possono essere continui o impulsivi, a banda larga o stretta e tali differenze determinano negli uccelli differenti strategie al fine di minimizzare gli effetti del rumore sulla comunicazione acustica. La maggior parte degli studi in laboratorio sulla stima degli effetti del rumore sulla ricognizione del segnale utilizzano rumori continui con una precisa banda, intensità e forma spettrale. Fortunatamente, il rumore proveniente da strade molto trafficate può approssimare queste caratteristiche fornendo così una maggiore validità nel passaggio da risultati di laboratorio basati su rumori continui alle previsioni dei comportamenti, quali la comunicazione a distanza, affetti da disturbi in condizioni reali.

Il rapporto tra la potenza in un tono puro appena percepibile in condizioni di rumore e il livello

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F1</td> <td>30/05/2012</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F1	30/05/2012
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F1	30/05/2012						

spettrale nella banda esaminata del rumore di fondo è chiamato *rapporto critico*.

Dooling *et al.* 2000 raccolsero dati sul *rapporto critico* per 14 specie di uccelli, tra cui uccelli canori e non canori, rapaci notturni e altre specie (gli studi da cui sono stati presi tali dati vengono riportati in Tabella 2).

Ordine	Nome comune	Genere e specie	Riferimento
Columbiformes	Piccione	Columbia livia	Hienz and Sachs, 1987
Passeriformes	Molotro nero	Molothrus ater	Hienz and Sachs, 1987
Passeriformes	Canarino	Serinus canarius	Okanoya and Dooling 1987
Passeriformes	Storno	Sturnus vulgaris	Okanoya and Dooling 1987
Passeriformes	Astro amaranto	Lagonosticta senegala	Lohr and Dooling 1999
Passeriformes	Cinciallegra	Parus major	Langemann <i>et al.</i> 1998
Passeriformes	Merlo dalle ali rosse	Agelaius phoeniceus	Hienz and Sachs 1987
Passeriformes	Passero canterino	Melospiza melodia	Okanoya and Dooling 1987
Passeriformes	Passero di palude	Melospiza georgiana	Okanoya and Dooling 1987
Passeriformes	Diamante mandarino	Taeniopygia guttata	Okanoya and Dooling 1987
Psittaciformes	Parrocchetto ondulato	Melopsittacus undulatus	Dooling and Saunders 1975; Dooling and Searcy, 1979; Hashino <i>et al.</i> 1988; Hashino and Sokabe 1989; Okanoya and Dooling, 1987; Saunders <i>et al.</i> 1979
Psittaciformes	Calopsite	Nymphicus hollandicus	Okanoya and Dooling 1987
Psittaciformes	Parrocchetto frontearancio	Aratinga canicularis	Wright <i>et al.</i> 2000
Strigiformes	Barbagianni	Tyto alba	Konishi 1973; Dyson <i>et al.</i> 1998

Tabella 2 Le quattordici specie di uccelli su cui si basano le analisi riguardo il rapporto critico.

In Figura 5 si mostra il *rapporto critico* medio per 14 specie di uccelli confrontati con i valori relativi al udito umano. L'andamento medio mostra un incremento di circa 2-3 dB/ottava con il rapporto segnale rumore, simile a quanto riscontrato nei mammiferi inclusi gli essere umani, e tale tendenza è imputabile alla meccanica del sistema periferico uditivo (Bekesy 1960; Greenwood 1961 a, b; Buus *et al* 1995).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RISPOSTA ID C083	<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/052012

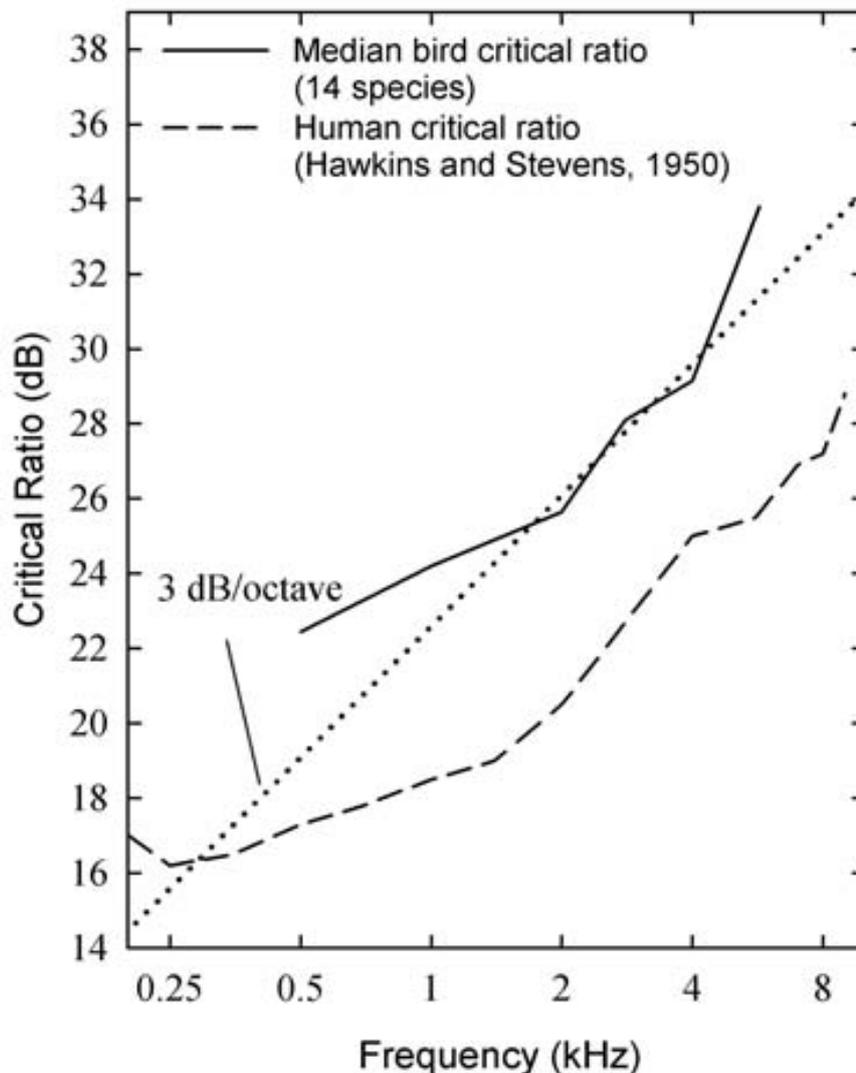


Figura 5 Andamento del rapporto critico per un tipico uccello (media su 14 specie) e per gli esseri umani

In pratica, questa curva di *rapporto critico* descrive il livello in decibel al di sopra del livello spettrale del rumore di fondo che un suono (in genere un tono puro o un suono a banda stretta) deve avere affinché risulti percepibile. Per un tipico uccello, un tono puro (o il canto di un altro uccello che generalmente ha componenti nella banda intorno ai 3 kHz) affinché risulti percepibile deve essere di circa 27 dB (± 3 dB) sopra il livello spettrale di rumore. Bisogna sottolineare che la variabilità tra le diverse specie è molto forte: da 21 dB per il parrocchetto ondulato (cocorito) ai 32 dB per il canarino. Per gli esseri umani, a parità di condizioni, è sufficiente un livello di 21 dB sopra il livello spettrale di rumore, quindi la differenza è di circa 6 dB.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

Tali considerazioni portano a due riflessioni necessarie, la prima riguarda il fatto che bisogna fare molta attenzione a generalizzare i dati per tutti gli uccelli a causa della sopracitata variabilità che rende molto approssimata una possibile generalizzazione.

La seconda riflessione riguarda la differenza di 6 dB nella soglia di mascheramento tra umani e uccelli tipici. Tale differenza implica forti differenze tra uomo e uccello nel determinare la posizione di una sorgente sonora in condizioni reali. Considerando che il livello di pressione sonora decresce di circa 6 dB al raddoppio della distanza tra sorgente e ricevitore in condizioni di campo libero, tale differenza implica che un uomo può riconoscere la posizione di una sorgente in condizioni di rumore al doppio della distanza rispetto ad un uccello.

Per una sorgente lineare (ad esempio il flusso del traffico) tale differenza scende a 4 dB, in pratica si potrebbe utilizzare un uomo per sovrastimare la percezione da parte degli uccelli di un suono in condizioni rumorose. Questa potrebbe essere una buona cosa se si è preoccupati per i possibili danni di rumore stradale o di costruzione sull'udito degli uccelli ma potrebbe essere una cosa negativa se si pensa agli effetti di tale mascheramento sulla comunicazione tra uccelli.

Come già detto, l'audiogramma mostra i livelli di pressione sonora necessari affinché toni puri su diverse frequenze risultino percepibili in una camera di prova silente. L'utilizzo di tali informazioni in casi applicativi è limitato dal fatto che il mondo reale è rumoroso, quindi in condizioni realistiche è il rumore a determinare la forma dell'audiogramma. Attraverso il rapporto critico è possibile stimare gli effetti del rumore sull'audiogramma in quanto esso contiene l'informazione di quanto un tono pure deve superare il livello spettrale del rumore di fondo affinché venga sentito.

Unendo le informazioni dell'audiogramma e del rapporto critico è possibile stimare gli effetti di un rumore continuo sull'udito di un tipico uccello. Il caso più semplice riguarda il rumore bianco.

In Figura 6 si mostra l'effetto del mascheramento di rumore bianco a banda larga con diversi livelli, sull'audiogramma di un tipico uccello. In questo caso, il livello spettrale in dB su tutte le frequenze è circa 40 dB più basso del livello globale. Con l'aumentare del rumore di fondo, le frequenze più alte risultano maggiormente influenzate rispetto alle basse.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> <i>Data</i> F1 30/052012

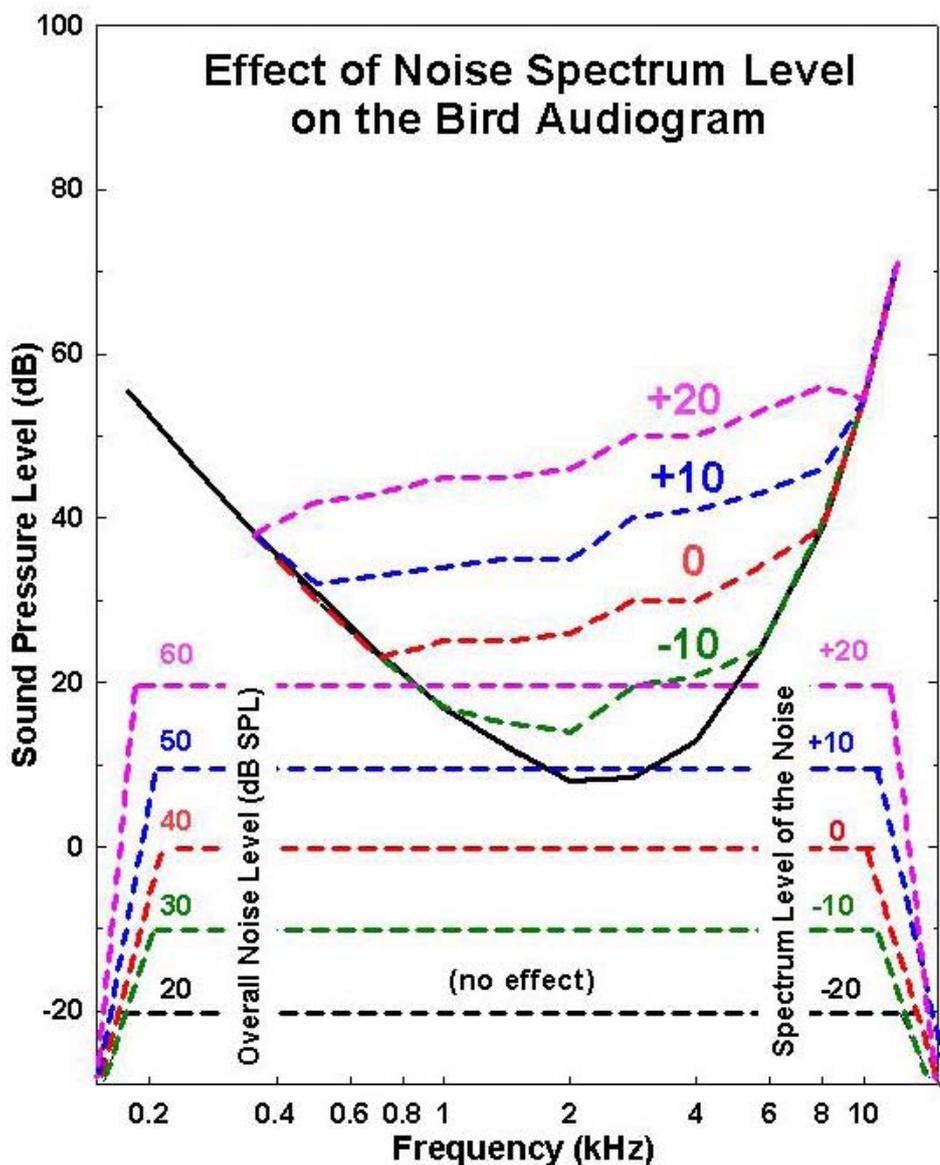


Figura 6 Effetto del rumore spettrale sull'audiogramma di un tipico uccello

Gli effetti di mascheramento dovuti alle attività di cantiere sono stati verificati nel corso di studi che hanno riguardato la costruzione della AC Torino-Milano nella zona di attraversamento del Parco Naturale del Ticino. La fascia boscata prossima al fronte avanzamento lavori risentiva delle attività di costruzione del rilevato e del viadotto ferroviario, svolte per mezzo di macchine movimento terra, rulli compressori, dozer, gru, betoniere, ecc.

Le osservazioni di campo svolte in periodo primaverile e autunnale durante l'attività di cantiere

hanno evidenziato l'assoluta assenza di segnali biotici entro la prima fascia di area boscata, di ampiezza 75-100 m dal fronte avanzamento lavori. Il ripopolamento aveva inizio solo in periodo pre-serale, al termine dell'attività lavorativa e proseguiva fino all'alba alla riapertura dei cantieri.

L'estrazione dal decorso temporale della misura degli spettri tipici in assenza e in presenza di attività di cantiere (Figura 7) e il loro confronto (Figura 8) evidenzia che l'impatto sul paesaggio sonoro consiste nell'innalzamento dei livelli di fondo in misura variabile tra 4 e 14 dB tra 25 Hz e 6.3 kHz. Sulle frequenze di massima sensibilità uditiva per l'avifauna (2-4 kHz) l'impatto è di 10-14 dB.

Valori simili sono evidenziati dallo spettro dei livelli equivalenti. In termini uditivi umani i Leq in assenza/presenza di cantiere a 25 m dal tracciato ferroviario erano compresi tra 54-57/ 65-69dBA. Considerando la legge di propagazione da sorgente puntiforme e una riduzione di 6 dB per ogni raddoppio di distanza, si può stimare che 12 dB di innalzamento del fondo determini una riduzione del 75% dello spazio attivo del segnale. I richiami in queste condizioni hanno una bassa probabilità di essere sentiti e di avere successo in termini riproduttivi: i maschi si allontanano.

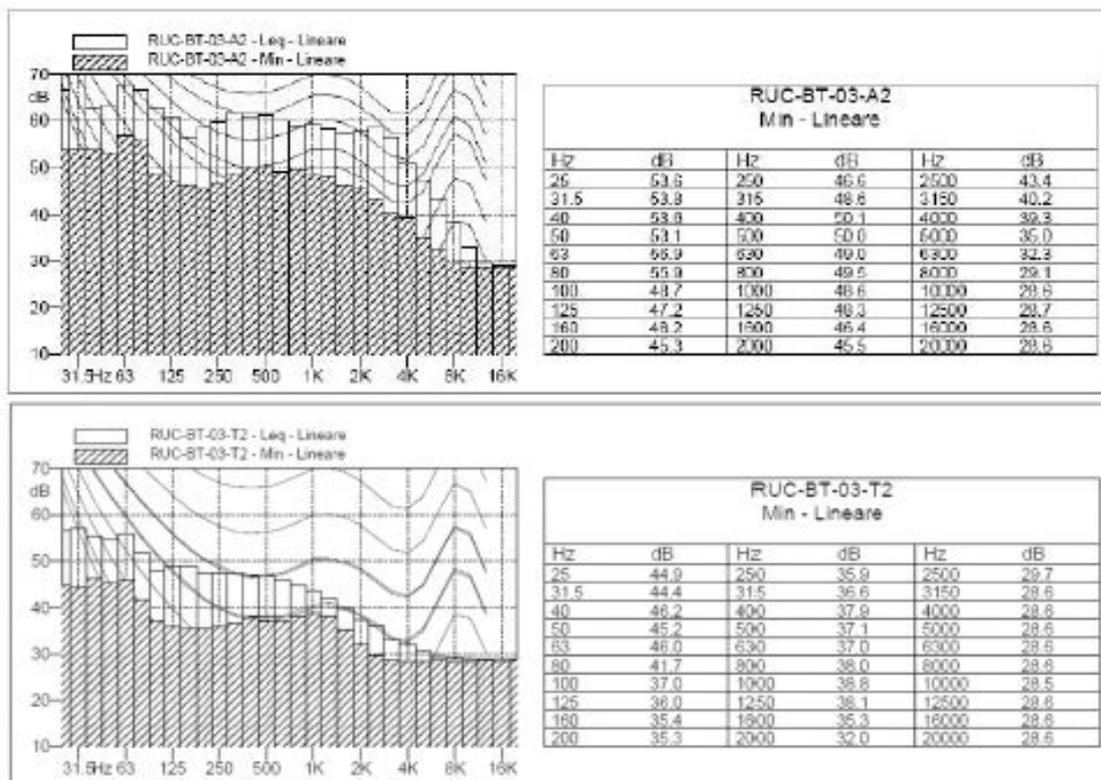


Figura 7 Spettro dei minimi e del Leq in dB in presenza (in alto) e in assenza (in basso) di attività di cantiere

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RISPOSTA ID C083	<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/052012

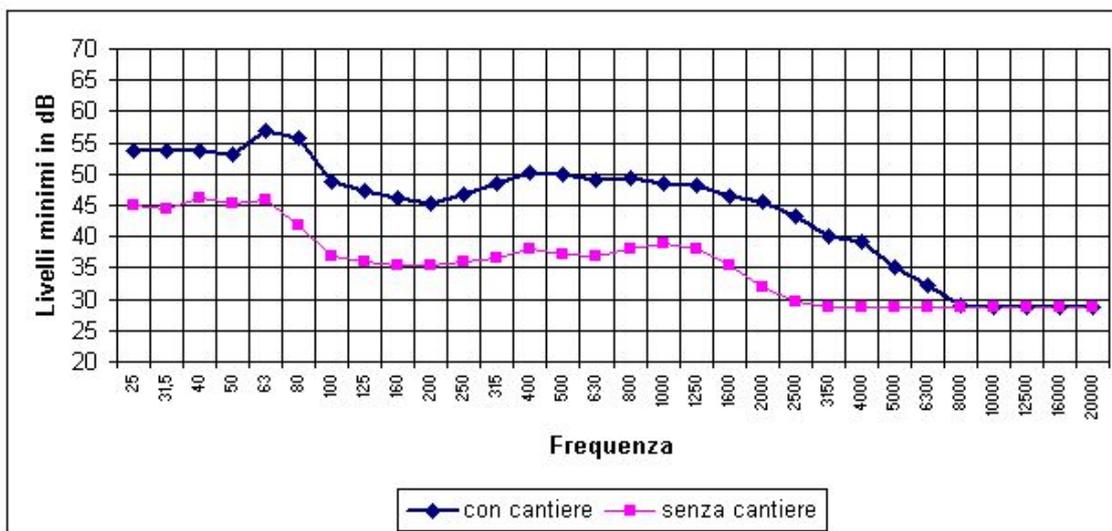


Figura 8 Confronto tra spettro dei minimi in dB in presenza (in alto) e in assenza (in basso) di attività di cantiere

3.4 Variazioni nel canto degli uccelli dovute al rumore antropico

Come già sottolineato nei precedenti capitoli, l'innalzamento del rumore ambientale può determinare condizioni ambientali sfavorevoli per l'avifauna, la quale basa la comunicazione, gli spostamenti, l'evitare i pericoli e il procurarsi cibo su suoni significativi che devono emergere dal rumore di fondo. Intensi livelli di rumore ambientale interferiscono con il naturale ciclo di vita degli animali alterandone i comportamenti alimentari, i rituali riproduttivi ed i percorsi migratori.

Per gli uccelli, il rumore ambientale maschera i segnali biologicamente importanti interferendo con l'efficacia della loro capacità di comunicazione e determina un effetto negativo sul comportamento e sulla biologia di riproduzione. In libertà gli uccelli devono essere capaci, a prescindere dal rumore di fondo, di discriminare il proprio canto da quelli emessi da altre specie. I richiami sono infatti fondamentali per evitare l'isolamento della specie, per la formazione dei legami di coppia, la difesa territoriale, i segnali di pericolo o di presenza di fonti alimentari e per la coesione dello stormo in volo. L'intensità dell'emissione sonora degli uccelli raggiunge picchi di 90-95 dB ed è maggiore per gli uccelli più grandi. Studi sulle cocorite indicano, ad esempio, che la produzione sonora deve superare il rumore ambientale di almeno 18-20 dB per essere udita.

L'attenuazione sonora dipende dall'ambiente circostante ed è stata stimata pari a 5 dB ogni 100 metri per un uccello in volo e di 20 dB ogni 100 metri a livello del terreno in un'area boscata. Pertanto, in presenza di rumore ambientale elevato diminuisce drammaticamente la distanza alla quale un uccello è in grado di farsi sentire dai propri simili.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

Per contrastare tale problema gli uccelli si abituano a cantare con maggiore intensità. Ad esempio, una ricerca svolta a Berlino da Bruum (2004) ha dimostrato che gli usignoli cantano più forte durante i giorni lavorativi mentre tornano alla consueta intensità durante i più tranquilli fine settimana. Ciò comporta un maggior dispendio energetico (per 16 dB di aumento sonoro un maggior consumo del 16% di ossigeno) che può risultare particolarmente gravoso per i piccoli nel nido, costretti a chiamare per richiedere cibo, inoltre emettere suoni ad intensità maggiore aumenta il rischio di essere individuati dai predatori. Altre ricerche hanno mostrato come gli uccelli che vivono entro o vicino ai centri urbani aumentino anche in frequenza il loro canto rendendolo più acuto, in modo da contrastare il rumore del traffico che si sovrapporrebbe alla loro voce sulle basse frequenze (Slabbekoorn and Peet, 2003 ; Parris and Schneider, 2008).

Wood and Yezerinac (2006), hanno analizzato il canto di passeri cantori (*Melospiza melodia*), uccelli comuni sia in ambito urbano che rurale, riscontrando un aumento delle frequenze più basse e una diminuzione dell'intensità alla basse frequenze del loro canto (1-4 kHz) dove le componenti di rumore antropico sono ancora importanti.

3.5 Stima della distanza massima in cui due uccelli possono ancora comunicare (dati di laboratorio sul mascheramento)

Lohr *et al.* (2003) si sono occupati di studiare l'effetto del mascheramento sul rilevamento e la discriminazione del segnale vocale in due specie specifiche di uccelli, in particolare il diamante mandarino e il parrocchetto ondulato, con due differenti tipi di rumore, in particolare rumore piatto in frequenza a banda larga e rumore da traffico (con maggiore energia alle basse frequenze), i cui spettri sono riportati in Figura 9. Le due specie scelte per la sperimentazione sono rappresentative di due differenti modalità di vocalizzazione che si ritrovano in molte altre specie. In particolare il diamante mandarino ha un tipico spettro vocale armonico e a banda larga, mentre il parrocchetto ondulato ha uno spettro a banda stretta e tonale, così come mostrato in Figura 10

In questo studio si è partiti dal presupposto che rilevare e discriminare un suono per gli uccelli, così come per gli uomini non è la stessa cosa rilevare una persona che parla e capire quello che sta dicendo. Infatti i risultati mostrano che è necessario un rapporto segnale rumore più alto per la discriminazione tra due suoni in condizioni di rumore rispetto al rilevare un suono nelle stesse condizioni di rumore.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> <i>Data</i> F1 30/052012

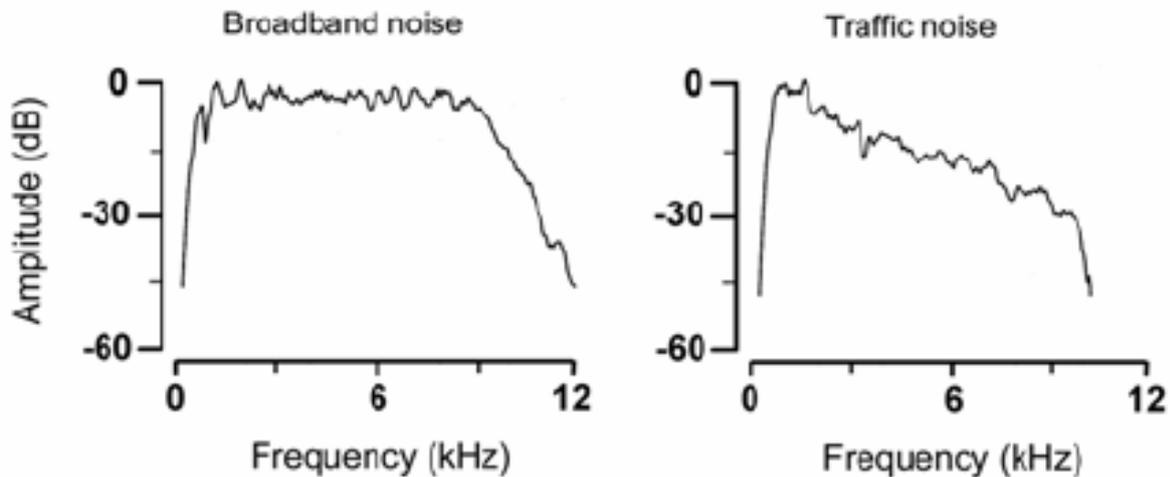


Figura 9 Spettro dei due rumori utilizzati nell'esperimento: rumore piatto (a sinistra) e da traffico (a destra).

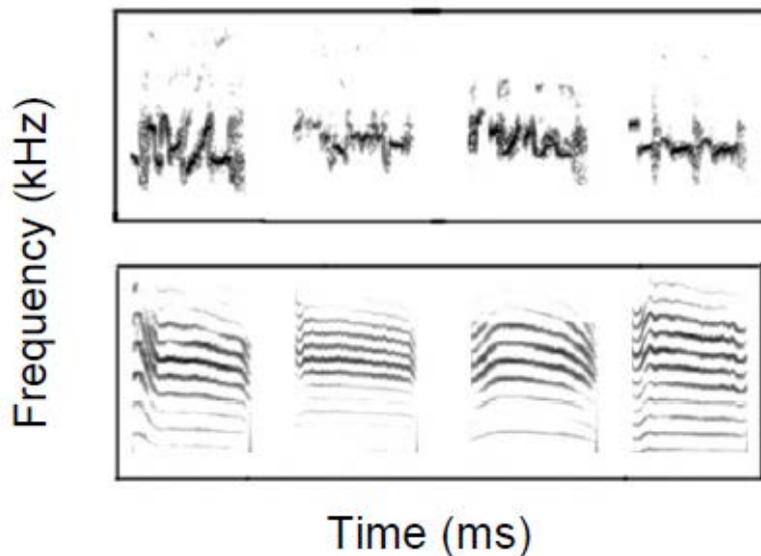


Figura 10 Vocalizzazione delle due specie di uccelli utilizzate nell'esperimento: lo spettro a banda stretta e tonale del parrocchetto ondulato (in alto) e spettro vocale armonico e a banda larga del diamante mandarino (in basso).

Lohr *et al.* (2003) hanno elaborato una serie di curve per descrivere le distanze massime di comunicazione efficace per un dato livello di rumore di fondo. Per le curve in Figura 11, Lohr *et al.* (2003) hanno considerato un livello di pressione sonora generato ad 1 m di distanza dalla sorgente pari a 95 dB ed una attenuazione superiore al 5 dB/100 m (tipico di uno spazio aperto).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

In tal modo, queste curve possono fornire una stima della massima distanza di comunicazione in condizioni abbastanza buone dal punto di vista del ricevitore. Le soglie basate sul rapporto segnale rumore illustrano le differenze evidenti tra i differenti tipi di richiamo dei due tipi di uccelli. Con una sorgente che genera un livello di pressione ad 1 m pari a 95 dB, un uccello può rilevare e discriminare un richiamo caratterizzato da uno spettro a banda stretta e tonale a distanze maggiore rispetto al richiamo a banda larga. Inoltre, le distanze oltre cui i segnali possono essere discriminati sono più brevi rispetto alle distanze con le quali questi stessi possono essere rilevati. La linea tratteggiata verticale su ognuno dei due grafici Figura 11 rappresenta un ipotetico limite di comunicazione a distanza tra due uccelli in quanto rappresenta il diametro territoriale ed è pari a 40 m. Sulla base di questi risultati, un rumore a spettro piatto con un livello globale di 75 dB è probabile che limiti la capacità di comunicazione tra uccelli canterini che tipicamente comunicano a quella distanza con altri uccelli della stessa specie (Figura 11, a sinistra). Tale limitazione non avviene con un rumore da traffico (Figura 11, a destra).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RISPOSTA ID C083	<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/052012

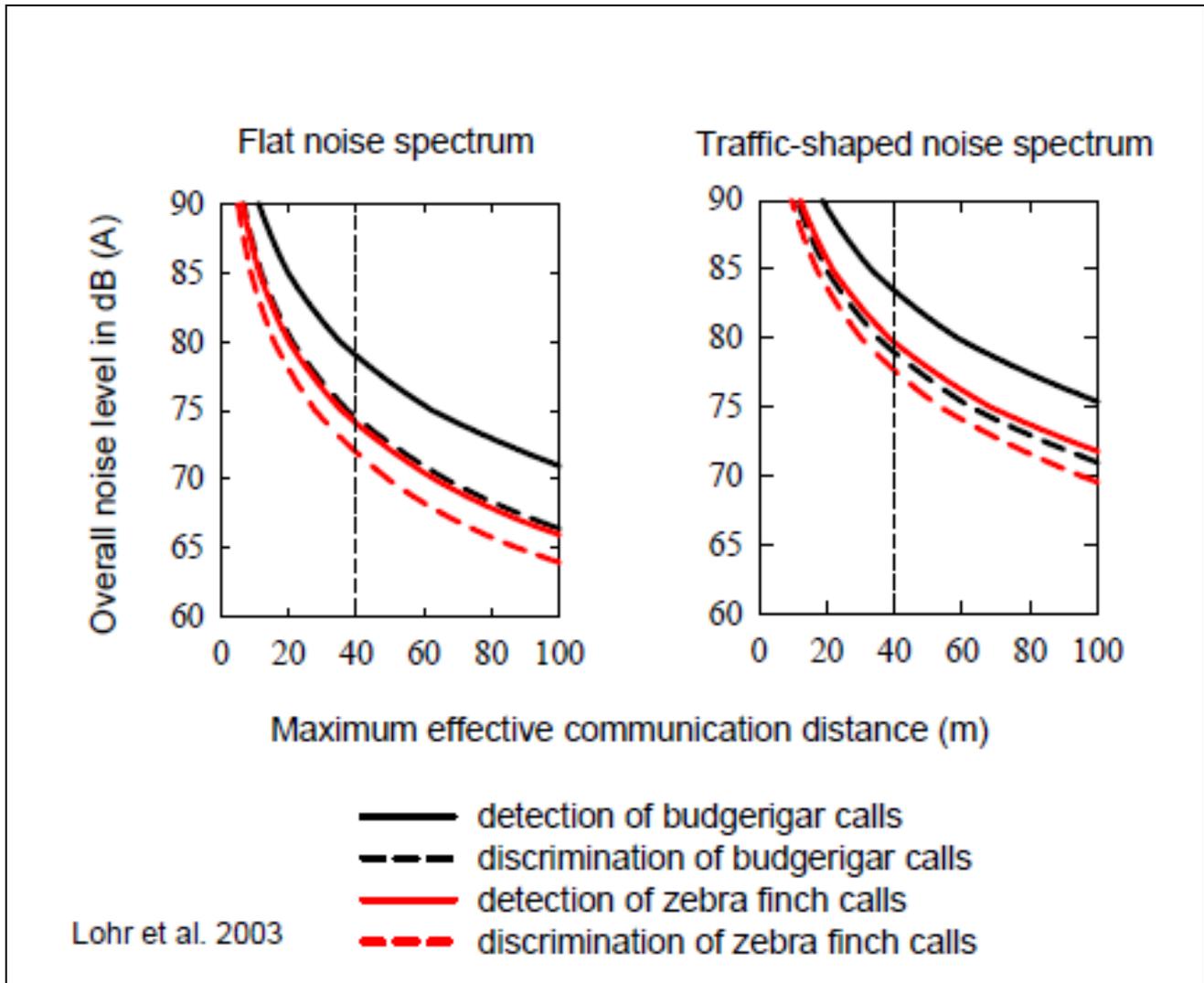


Figura 11 Distanza per rilevare e discriminare il richiamo di un altro uccello per il diamante mandarino e il parrocchetto ondulato, in presenza di rumore piatto a banda larga (a sinistra) e rumore da traffico (a destra).

3.6 Stima della densità relativa in funzione della rumorosità.

Uno studio condotto da Waterman *et al.* (2004) nei Paesi Bassi ha analizzato il legame tra la rumorosità introdotta da traffico ferroviario sulla densità di alcune specie di uccelli da prato tra cui: la pittima reale (*Limosa limosa*), la pavoncella (*Vanellus vanellus*), la beccaccia di mare (*Haematopus ostralegus*), la pettegola (*Tringa totanus*), il beccaccino (*Gallinago gallinago*), il chiurlo maggiore (*Numenius arquata*), il mestolone comune (*Anas clypeata*), la marzaiola (*Anas querquedula*), la cutrettola (*Motacilla flava*), la pispola (*Anthus pratensis*) e l'allodola (*Alauda*

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RISPOSTA ID C083	Codice VIAC083_F1.docx	Rev F1	Data 30/05/2012

arvensis). Sono state selezionate 15 zone di circa 111 ha senza disturbi ad eccezione di una linea ferroviaria adiacente.

La densità dell'avifauna è stata stimata attraverso rilevamenti fatti da birdwatchers in sette visite nelle aree scelte. La rumorosità è stata misurata in termini di livelli equivalenti continui su 24 ore. In Figura 12 è riportata la correlazione trovata tra densità relativa e livelli equivalenti di rumore ponderati A su 24 ore. La dispersione dei valori è ampia in ragione delle differenze di sensibilità e di adattamento delle specie.

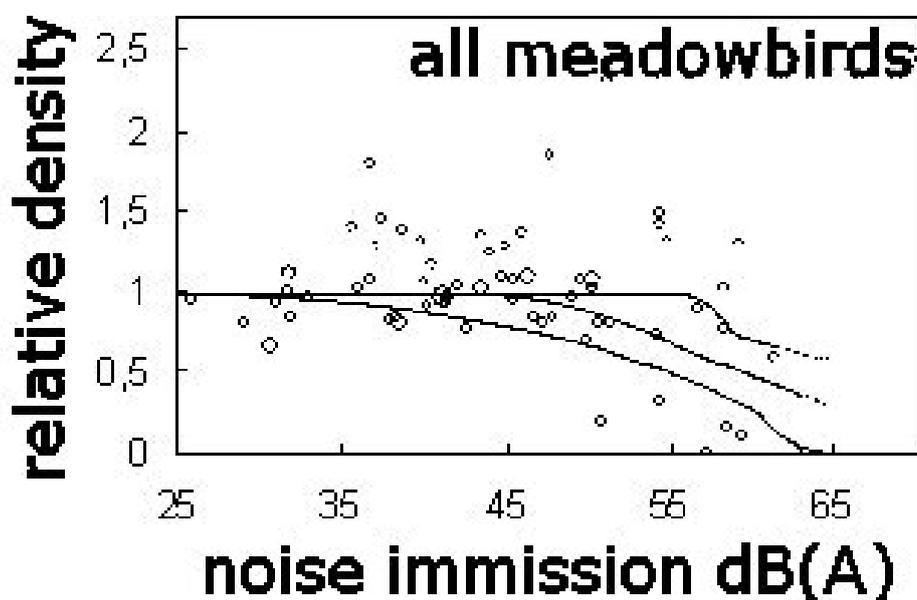


Figura 12 Densità relativa dell'avifauna in funzione del rumore

Come mostrato in Figura 12, un livello di rumore dell'ordine di 47 dBA può essere considerato come una soglia al di sotto del quale non vi è una riduzione in densità dell'avifauna. Tale risultato conferma quanto trovato da Reijnen *et al.* 1995. In questo studio sono state analizzate le soglie di disturbo per diverse specie nei Paesi Bassi, tra cui il cigno reale (*Cygnus olor*), il germano reale (*Anas platyrhynchos*), il mestolone comune (*Anas clypeata*), la moretta (*Aythya fuligula*), la folaga (*Fulica atra*), la Beccaccia di mare (*Haematopus ostralegus*), la pavoncella (*Vanellus vanellus*); la pittima reale (*Limosa limosa*), la pettegola (*Tringa totanus*), l'allodola (*Alauda arvensis*), la pispola (*Anthus pratensis*) e la cutrettola (*Motacilla flava*).

Le osservazioni di campo svolte nella valle del Ticino in prossimità dei cantieri della AC Torino-Milano validano l'estremità inferiore della curva di densità relativa che tende a zero per Leq

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/052012

dell'ordine di 70 dBA.

3.7 Conclusioni operative

COMUNICAZIONE E SENSIBILITÀ UDITIVA

Quasi tutte le specie di uccelli basano il riconoscimento di un singolo uccello e di uno appartenente alla stessa specie, la scelta del partner, il riconoscimento di prede e predatori, la difesa territoriale e altre attività sociali sulla comunicazione acustica.

In generale, l'intervallo di massima udibilità per gli uccelli è rappresentato da frequenze comprese tra circa 1-2 e 5-8 kHz. Recenti studi hanno riscontrato un effetto Lombard per l'avifauna, analogo a quello che si verifica per l'uomo, il che implica un aumento di intensità e frequenza fondamentale nel canto al crescere del rumore. Tale effetto, oltre ad un consumo maggiore di energia da parte dell'uccello, lo rende anche maggiormente individuabile e quindi più esposto ai predatori.

La variabilità nella sensibilità dell'udito tra le specie di uccelli non è grande, ma i passeriformi hanno un udito migliore alle alte frequenze rispetto ai non-passeriformi, mentre i non-passeriformi riescono a rilevare segnali meno intensi alle basse frequenze rispetto a quanto non facciano i passeriformi. I rapaci notturni possono in genere rilevare suoni molto meno intensi di quanto non riescano a fare le altre specie.

EFFETTI DEL RUMORE SULL'AVIFAUNA E MASCHERAMENTO DEI SEGNALI

I livelli di rumore che potranno verificarsi in prossimità del perimetro del cantiere sono molto inferiori ai livelli da cui derivano perdita di udito e spostamento permanente o temporaneo della soglia uditiva.

Nelle aree esterne al cantiere, in tutti i casi in cui il livello spettrale generato dal cantiere e dal traffico di cantiere tra i 2 e i 8 kHz è pari o superiore al livello di rumore ambientale, potranno verificarsi fenomeni di mascheramento dovuti al rumore introdotto, con conseguenti effetti fisiologici e comportamentali sull'avifauna.

La curva di udibilità degli uccelli deve essere opportunamente modificata tenendo conto del rumore di fondo presente al momento di un segnale utile per l'uccello: per un tipico uccello, un tono puro affinché risulti percepibile deve essere di circa 27 dB (\pm 3dB) sopra il livello spettrale di rumore, con una significativa variabilità tra le diverse specie, mentre nel caso dell'uomo è pari a 21 dB. Tale differenza implica forti differenze tra uomo e uccello nel determinare la posizione di una sorgente sonora in condizioni reali. Considerando che il livello di pressione sonora decresce di circa 6 dB al

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C083		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

raddoppio della distanza tra sorgente e ricevitore in condizioni di campo libero, tale differenza implica che un uomo può riconoscere la posizione di una sorgente in condizioni di rumore al doppio della distanza rispetto ad un uccello.

EFFETTI SULLA DENSITÀ DELLE SPECIE

La variazione di densità delle specie in funzione della distanza dalle sorgenti di rumore è determinata dall'allontanamento dell'avifauna dalle aree in cui si verificano effetti di mascheramento dei segnali, con una diminuzione di densità che aumenta all'aumentare del livello di rumore ambientale per livelli maggiori di 45-47 dBA. Gli individui che non si allontanano devono ridurre la distanza di comunicazione (diametro territoriale). Il fenomeno è contraddistinto da un'ampia dispersione correlata alla sensibilità uditiva della specie e alla presenza di effetti sinergici non acustici.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

4 Valutazione del disturbo arrecato all'avifauna dalle attività di cantiere

4.1 Sorgenti di rumore per la fase di costruzione

Le attività di cantiere previste per la fase di costruzione del Ponte sullo Stretto di Messina faranno uso di macchine, attrezzature e impianti caratterizzati da emissioni di rumore ampiamente differenziate in termini di intensità e di caratteristiche spettrali, alcuni esempi vengono mostrati in Figura 13. I dati utilizzati nei calcoli previsionali derivano in parte da fonti bibliografiche accreditate (“Conoscere per Prevenire n°11” – Comitato Paritetico Territoriale per la Prevenzione Infortuni, l'Igiene e l'Ambiente di Lavoro di Torino e Provincia – La Valutazione dell’Inquinamento Acustico Prodotto dai Cantieri Edili) e in parte da rilievi sperimentali di campo su macchine/impianti di cantiere analoghi a quanto previsto per l’opera in progetto.



Figura 13 Esempi di macchinari che verranno utilizzati nelle attività di cantiere previste per la fase di costruzione del Ponte sullo Stretto di Messina.

La Tabella 3 contiene i livelli di potenza acustica L_w in dB in bande di ottava tra 32 Hz e 16 kHz, dando evidenza del campo di frequenze 2-8 kHz, di preminente interesse per il disturbo all'avifauna.

Se si esamina lo spettro di potenza della singola sorgente di rumore è possibile innanzitutto identificare gli impianti e attrezzature caratterizzati da un basso potenziale di interazione con l'avifauna, costituite in particolare da quelle sorgenti in cui predominano componenti a bassa frequenza. Un caso particolarmente evidente è rappresentato dagli impianti di ventilazione delle gallerie, con valori massimi tra 32-125 Hz, in pratica inudibili all'avifauna, e in analogia il nastrotrasportatore, gli elettrocompressori, l'officina produzione conci, il carroponete, ecc.

In generale tutte le macchine o attrezzature che utilizzano grandi motori diesel hanno importanti componenti spettrali alle medio-basse frequenze.

RISPOSTA ID C082

Codice

VIAC083_F1.docx

Rev

F1

Data

30/05/2012

N°	Sorgente	Livello di potenza sonora Lw [dB]									
		32 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	16 kHz
01	Mescolatore Cemento	95.5	90.9	94.9	92.9	101.0	102.1	101.1	98.6	93.3	83.7
02	Centrale Betonaggio	100.5	106.3	109.7	106.5	107.8	106.0	104.6	102.6	96.9	86.4
03	Camion	99.7	105.2	107.4	107.2	105.3	103.4	101.0	99.7	94.4	91.5
04	Autosilos Cemento	126.9	100.9	109.7	111.1	109.9	109.7	109.4	114.1	118.1	109.8
05	Impianto Ghiaccio Betonaggio	100.0	100.0	99.0	97.0	97.0	99.0	103.0	102.0	98.0	109.4
06	NastroTrasp. (corto) [Lw/m]	81.1	80.9	88.8	88.3	87.8	82.7	82.0	77.1	69.8	60.5
07	Motore Nastro Trasportatore	84.2	89.6	99.2	99.0	99.6	95.8	92.8	85.2	77.1	70.3
08	Lavaggio Betoniere	101.0	109.5	103.8	104.2	106.5	105.6	103.4	100.0	95.7	89.2
09	Capannone Lavorazione Ferro	92.1	79.4	83.9	93.2	82.8	74.0	64.1	56.8	51.7	51.4
10	Escavatore Cingolato	99.3	99.1	109.5	109.7	108.4	104.2	102.7	98.6	92.9	86.7
11	Gru a torre	77.6	85.8	92.1	90.9	98.5	101.9	99.4	95.3	89.8	85.6
12	Autopompa CLS	99.8	106.4	104.5	103.5	102.2	102.3	102.5	97.9	92.0	83.8
13	Escavatore Kelly	103.0	104.7	106.3	105.2	106.4	105.6	100.4	94.5	87.2	78.7
14	Pala gommata	100.8	121.6	117.0	110.2	104.3	103.7	101.7	95.2	87.6	79.4
15	Autobetoniera	95.4	100.4	99.9	92.5	102.2	95.6	94.5	90.0	84.2	80.9
16	Autogru	96.5	99.9	114.3	114.9	105.9	108.0	103.2	97.5	91.5	85.8
17	Dozer	107.5	111.1	119.0	114.1	113.5	110.6	108.5	102.7	96.3	88.6
18	Pala cingolata	104.8	110.0	110.9	110.1	109.7	108.2	108.0	104.5	100.2	96.5
19	Trivella per pali	98.1	98.9	104.4	107.6	110.5	113.9	111.2	108.9	102.2	98.5
20	Vibratore	-	63.2	73.3	80.8	86.2	84.4	80.6	75.4	73.3	-
21	Compressore Nave	-	71.7	94.7	100.7	106.7	108.7	110.7	106.7	98.7	-
22	Ventilazione galleria	95.3	96.6	88.2	86.5	82.8	81.2	74.5	71.2	66.6	58.3
23	Trattamento Acque	-	88.0	84.0	84.0	91.0	85.0	81.0	72.0	70.0	-
24	Dissabbiatore Idrofresa	117.1	116.2	111.0	108.0	110.2	110.3	110.6	110.3	108.7	103.6
25	Escavatore Con Pinza	101.9	110.4	108.7	106.9	107.0	107.2	105.3	99.1	93.7	84.6
26	Escavatore Magnete/Ragno	101.8	115.5	126.0	117.9	112.0	112.3	108.5	102.4	97.9	91.2
27	Mescolatore Idrofresa	104.1	123.3	121.8	118.0	114.0	111.5	109.9	107.3	103.1	96.5
28	Motocompressore	102.0	105.0	104.6	104.2	101.9	100.4	98.8	90.8	86.5	78.3
29	Idrofresa	105.6	109.2	111.7	118.2	113.7	111.6	107.8	107.3	101.5	93.1
30	Rullo Compressore	98.5	108.2	100.5	102.3	106.1	102.4	102.1	96.1	88.9	80.4
31	Carroponte	107.1	94.4	98.9	108.2	97.8	89.0	79.1	71.8	66.7	66.4
32	NastroTrasp. (lungo) [Lw/m]	87.1	86.9	94.8	94.3	93.8	88.7	88.0	83.1	75.8	66.5
33	Officina Produzione Conci	116.6	104.0	108.4	117.8	107.3	98.5	88.7	81.3	76.3	76.0
34	Impianto frantumazione	111.3	109.1	110.9	114.8	118.2	118.3	116.3	111.7	107.6	102.7
35	Impianto vagliatura	109.4	114.1	122.9	112.9	112.2	111.3	108.7	107.4	98.4	87.4
36	Officina - falegnameria	61.6	69.8	76.1	74.9	82.5	85.9	83.4	79.3	73.8	69.6
37	Tubi idrofresa	88.8	96.6	92.5	93.1	90.9	96.1	101.2	102.9	96.8	87.5
38	Jet grouting - Macchina	93.5	116.7	97.8	99.3	97.4	93.2	92.4	84.6	80.5	72.1
39	Jet grouting - Pompa	102.8	112.5	114.5	107.2	99	95.3	92.8	86	79.5	71.8
40	Jet Grouting - Mescolatore	86.1	104.7	101.4	95.1	98.1	93.4	89	83.7	78.7	70.3
41	Perforatrice	101.2	110.7	107.1	113.1	114.6	110	108.5	103.8	96.2	88.2
42	Martellone	98.3	108	111.6	109.8	111	108.5	108.9	109	104.3	98.3
43	Elettrocompressore	83.3	83.4	88.3	83.4	83.3	82.7	76.9	68.2	61.7	50.1

Tabella 3 Livelli di potenza acustica macchine, attrezzature, impianti di cantiere

Le macchine utilizzate in lavorazioni impattive determinano una emissione spettrale ampia, tipica

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

degli eventi impulsivi, in accordo ad una delle leggi fondamentali della fisica quantistica, nota come legge di Heisenberg. In analogia le macchine e lavorazioni produttrici di suoni “bianchi” (impianti di frantumazione, impianti di vagliatura, ...) sono caratterizzate da uno spettro ampio e poco differenziato in termini energetici.

Gli impianti e componenti che denunciano un valore massimo di potenza acustica compreso tra 2-8 kHz, e quindi ricadente nel campo di frequenze di massimo disturbo per l'avifauna, sono esclusivamente i compressori navali e le tubazioni in acciaio di raccordo tra il flessibile dell'idrofresa e il dissabbiatore. Emissioni massime a 1 kHz sono tipiche del mescolatore cemento, della gru a torre, della trivella per pali, dell'impianto di frantumazione e dell'officina.

Le macchine con grandi motori diesel, quali ad esempio dozer, pale cingolate, ecc., hanno una caratteristica spettrale tipicamente spostata sulle medio-basse frequenze e quindi meno energia nella gamma di frequenze di massima udibilità per l'uccello.

Nel complesso la sovrapposizione delle emissioni sonore degli impianti, delle attrezzature e del traffico di cantiere genera uno spettro equivalente caratterizzato da valori massimi alle medio-basse frequenze, decrescente all'aumentare della frequenza.

L'attività di cantiere prevista per il Ponte sullo stretto di Messina interessa principalmente il periodo diurno e solo marginalmente, in alcuni ambiti (cantiere TBM di Contesse, cantieri industriali imbocco gallerie, impianti di betonaggio) il periodo notturno. Si ritiene pertanto trascurabile il disturbo da rumore a carico dell'avifauna notturna.

4.2 Sintesi informazioni di base sull'avifauna

Vengono nel seguito riassunte le informazioni disponibili alla data di presentazione di questo studio integrativo, in particolare quelle organizzate nel Quadro di Riferimento Ambientale Fauna “Relazione Generale – Ambiente Terrestre” (AM0258) e nella Valutazione di Incidenza (AM0053).

4.2.1 Uccelli nidificanti

L'analisi qualitativa dell'avifauna nidificante è basata esclusivamente sulla consultazione della letteratura scientifica e dei rapporti tecnici, editi e inediti, inerenti l'intera provincia di Reggio Calabria e di Messina. Inoltre, a complemento della suddetta disamina bibliografica, sono stati consultati gli elenchi ornitologici presenti nelle schede Natura 2000 dei SIC e delle ZPS ricadenti nell'area dello Stretto. Il quadro faunistico risultante dalle fonti bibliografiche è stato integrato dalle conoscenze dirette degli ornitologi locali, interni al gruppo di lavoro, aventi comprovata esperienza

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

di ricerca sull'intero territorio.

Complessivamente sono risultate presenti 76 specie di Uccelli nidificanti di cui 7 inserite nell'All. I della Dir. "Uccelli" 79/409/CEE. Per la definizione dello stato conservazionistico sono state considerate le seguenti convenzioni internazionali: Dir. "Uccelli" 79/409/CEE, Convenzione di Berna, Convenzione di Bonn, Categorie SPEC (BirdLife, 2004). Sono inoltre state considerate le categorie indicate dalla Lista Rossa degli Uccelli Nidificanti in Italia.

Data la grande importanza che tali organismi svolgono quali bioindicatori degli ecosistemi naturali, sono state individuate le comunità ornitiche caratterizzanti 10 categorie ambientali ritenute rappresentative dell'area di studio:

1. Comunità degli ambienti aridi con vegetazione scarsa o assente.
2. Comunità degli ambienti umidi.
3. Comunità degli ambienti aperti a vegetazione arbustiva.
4. Comunità degli ambienti aperti a vegetazione erbacea.
5. Comunità delle foreste miste di caducifoglie mesofile.
6. Comunità delle foreste mature.
7. Comunità dei boschi termofili.
8. Comunità degli agroecosistemi.
9. Comunità delle foreste mesofile.
10. Comunità sinantropiche.

Le carte dell'idoneità faunistica sono state realizzate seguendo principalmente la metodologia descritta in "Rete ecologica nazionale, un approccio alla conservazione dei vertebrati italiani – Relazione finale", adattata alla scala richiesta (1:10.000).

Per il calcolo dell'idoneità faunistica ad ogni complesso faunistico individuato sono stati attribuiti valori da 1 a 5: 1 bassa dipendenza dalle risorse territoriali (fitocenosi) – 5 molto alta. I valori attribuiti ai diversi gruppi per ciascun ecosistema sono stati sommati per calcolare un indice, ponderato in 4 classi di idoneità (bassa, media, alta, molto alta), applicando i principi di analisi fuzzy in quanto trattasi di fenomeni caratterizzati da legami ecologici deboli e strutture flessibili. Le mappe d'idoneità faunistica per i principali complessi faunistici sono state incrociate con le cartografie realizzate per singole specie guida.

Al fine di redigere le mappe di sensibilità faunistica si è reso necessario estrapolare un valore che esprimesse nella maniera più efficace possibile la valenza conservazionistico/ecologica delle singole specie rilevate.

Ad ognuna di esse, dunque, è stato assegnato un "Valore Naturalistico" ottenuto in base ai

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

seguenti criteri:

- 1) Interesse conservazionistico. Questo parametro è stato valutato sulla base delle convenzioni nazionali e internazionali che prevedono misure di tutela specie/specifiche.
- 2) Interesse biogeografico. Questo parametro è stato valutato in funzione della distribuzione, assegnando valori più elevati a specie endemiche e/o specie relitte e/o specie distribuite ai margini di areale.

L'analisi dei parametri sopradescritti, unitamente al "miglior giudizio di esperti" da parte dei tecnici specialisti di ogni disciplina, ha consentito di estrapolare il "Valore Naturalistico" compreso entro una scala da 1 a 3: 1 = Basso, 2 = Medio, 3 = Alto.

4.2.2 Uccelli migratori

Sulla base dei dati raccolti sul campo e dall'esame dei risultati dello studio di settore (Ientile and Spina, 2007) risultano complessivamente 320 specie in transito attraverso l'area di studio. Tale cifra è senza dubbio molto elevata, pari a circa i 2/3 di tutta l'avifauna osservabile in Italia.

In questo caso non è stato calcolato alcun valore Naturalistico, in quanto gli Uccelli migratori, durante i loro spostamenti, stabiliscono un legame con il territorio estremamente labile e relativo a brevissimi periodi, dunque si è ritenuta essere una forzatura qualunque cartografia che evidenzia le sensibilità in ordine al fenomeno migratorio.

Per ogni specie vengono comunque elencate le convenzioni internazionali di riferimento: Dir. "Uccelli" 79/409/CEE, Convenzione di Berna, Convenzione di Bonn, Categorie SPEC (BirdLife, 2004), Lista Rossa degli Uccelli Nidificanti in Italia.

Inoltre per ogni specie è indicata la fenologia nell'area dello stretto secondo la seguente legenda:

M: Specie migratrice regolare

B: Specie nidificante

W: Specie svernante

irr: Specie irregolare, può essere abbinato a tutti i simboli

A: Specie accidentale

La mappa dell'idoneità faunistica per l'ornitofauna migratoria presenta alcune differenze dalla mappa per la fauna terrestre. Si possono distinguere due aspetti principali: quelli che influenzano la sosta dei migratori e gli elementi del paesaggio che influenzano l'orientamento degli stormi.

Gli Uccelli che compiono voli migratori di media e lunga durata, spesso non risultano associati a particolari condizioni ambientali ma tendono a seguire l'andamento dell'orografia del suolo in modo da ottimizzare il più possibile le riserve energetiche, in altre parole tendono a coprire la maggiore

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

distanza con il minore sforzo energetico possibile. Questa caratteristica è particolarmente evidente nei grandi veleggiatori. Essi, infatti, utilizzano le correnti ascensionali (termiche) che si formano in corrispondenza di tratti di terreno nudo o ricoperto da formazioni erbacee, al fine di guadagnare quota per poi scivolare lentamente verso un'altra termica.

Per gli Uccelli, invece, che procedono attraverso piccole tappe, risulta necessario sostare in determinate aree evidentemente idonee al recupero delle energie (fattore trofico), che nel loro insieme descrivono una "mappa" del territorio lungo la quale i migratori concentrano i loro spostamenti.

4.2.3 Sensibilità

Per la definizione della sensibilità del territorio relativamente alla componente fauna è stata redatta una Carta della sensibilità della Fauna. Una volta definita l'idoneità faunistica, il passo successivo è mirato a calcolare il grado di sensibilità, in questo caso l'analisi si basa sulla presenza di specie focali (le specie in grado di rappresentare una particolare emergenza ambientale) e le specie ombrello (specie cioè la cui conservazione ha benefici sull'intero habitat e le altre specie ad esso legate). La scelta di tali specie ha permesso di ponderare ulteriormente gli indici di idoneità faunistica calcolati nella prima fase in base al contenuto delle sopraccitate specie di maggiore interesse conservazionistico in ogni comunità.

Classi di sensibilità:

- sensibilità bassa - ambienti con scarsa idoneità per le specie focali e d'interesse conservazionistico
- sensibilità media - ambienti idonei per le specie focali e d'interesse conservazionistico
- sensibilità alta - ambienti altamente idonei per le specie focali e d'interesse conservazionistico
- sensibilità molto alta - ambienti ottimali per le specie focali e d'interesse conservazionistico.

L'analisi dell'avifauna nidificante, data la grande importanza che tali organismi svolgono quali bioindicatori degli ecosistemi naturali, è stata svolta individuando le categorie ambientali dove sono rappresentate le principali comunità. E' difficile delimitare i confini delle categorie ambientali poiché le comunità ornitiche, trattandosi di specie euritopiche per quanto riguarda le abitudini trofiche e comportamentali, sono debolmente legate alle tipologie di uso del suolo tranne per gli aspetti riproduttivi. Tale complessità ha comportato difficoltà nella fase di elaborazione della mappa dell'idoneità e sono stati necessari, oltre l'utilizzo delle tecniche analitiche, verifiche della restituzione dell'analisi da parte degli esperti, utilizzando i dati rilevati nelle attività di monitoraggio

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

e, in alcuni casi, dirette verifiche in campo.

Nell'area di studio il Monitore ha confermato la presenza di 4 specie incluse negli allegati della Direttiva Uccelli. Il succiacapre (*Caprimulgus europaeus*) è localmente presente in zone di macchia mediterranea. Migratrice regolare, effettua i principali movimenti tra agosto - ottobre e tra fine marzo e metà giugno. L'averla piccola (*Lanius collurio*) in Italia è nidificante e migratrice con una popolazione complessiva stimata a 30.000-60.000 coppie. Nidifica in zone coltivate o incolte, su versanti esposti a sud a moderata pendenza caratterizzati da una rada copertura arborea e dalla presenza di numerosi cespugli spinosi, alternati ad ampie porzioni con vegetazione erbacea rada o non troppo rigogliosa. Considerato il degrado pregresso degli habitat potenzialmente idonei alla presenza della specie nell'area oggetto d'indagine, l'impatto del progetto può ritenersi moderato.

Il Falco pecchiaiolo (*Pernis apivorus*) in Italia è migratrice nidificante (estiva). Predilige castagneti e faggete. I movimenti migratori si registrano tra metà agosto-ottobre e metà aprile-metà giugno.

L'area oggetto di indagine è frequentata dalla specie soprattutto durante il periodo migratorio. Le poche coppie nidificanti nell'area vasta d'intervento non dovrebbero risentire della costruzione dell'opera in progetto in quanto gli habitat interessati direttamente risultano poco idonei alla sua riproduzione.

La magnanina (*Sylvia undata*) in Italia è parzialmente sedentaria e nidificante nelle regioni peninsulari e insulari (piccole isole comprese) con una distribuzione generalmente frammentata e strettamente costiera. Si riproduce nella macchia mediterranea prediligendo le formazioni miste di erica, cisto, lentisco e rosmarino. L'impatto del progetto sulla popolazione nidificante (soprattutto in Sicilia) si può considerare moderato.

L'idoneità medio-alta risultata per l'analisi dell'area vasta è dovuta soprattutto alla presenza di un gruppo di mammiferi numeroso e abbondante come i chiroteri. L'alta idoneità motiva anche l'azione di monitoraggio a breve e lungo termine in quanto le comunità di chiroteri sono altamente indicativi per la qualità dell'ecosistema. Il Monitore, in coerenza con tali considerazioni, ha incluso nelle attività di monitoraggio d'area vasta questo gruppo tassonomico.

Sul versante Calabria, i rilievi condotti nel periodo autunnale hanno confermato l'importanza dell'area boscata costituita dalla valle del Fiume di S. Trada, comprendente le località Vallone di S. Trada, S. Trada, Poggio Feracari, Poggio Pignatelli, Ranieri, Matiniti, Punt.ne di Mascia,

Acquamurata e Fontana Badia, parzialmente ricadente all'interno del SIC IT9350177, denominato "Monte Scrisi" ed in parte ubicata ad ovest ed immediatamente a valle rispetto allo stesso SIC. I popolamenti forestali presenti, pur essendo costituiti da boschi cedui, forniscono comunque un'importante tipologia di habitat necessario per l'alimentazione della chiroterofauna, con

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

particolare riferimento alle specie fitofile di estrema rilevanza, osservate nel periodo estivo, quali il barbastello (*Barbastella barbastellus*); inoltre, la presenza di oliveti ed altre tipologie di ambienti agrari risultano di vitale importanza per la sopravvivenza del ferro di cavallo minore (*Rhinolophus hipposideros*).

Sul versante Sicilia, considerando i dati raccolti nel corso dell'intero monitoraggio, è stata evidenziata l'estrema importanza del Bosco dell'Annunziata, il quale nonostante sia caratterizzato da un'estensione relativamente modesta, presenta caratteristiche strutturali tali da consentire la presenza al suo interno di numerose specie forestali. Si tratta dell'unico popolamento forestale rinvenuto all'interno dell'area di studio e rappresenta senza alcun dubbio un sito chiave per la conservazione della chiroterofauna fitofila sul versante messinese dei Monti Peloritani. Il Bosco dell'Annunziata ricade all'interno del SIC ITA030011 denominato "Dorsale Curcuraci, Antennamare".

Con riferimento alla mappa sopra riportata i dati rilevati durante le attività di monitoraggio confermano l'analisi condotta sulla base dei due criteri selezionati: connettività e idoneità.

In particolare, si può stabilire che le aree di massima naturalità e con un sistema ambientale poco frammentato e caratterizzato dalla presenza di vegetazione vicina alla vegetazione potenziale, ospita comunità ben strutturate e di alto valore conservazioni stico. Tali ambiti (Monte Scrisi sul versante Calabria e Bosco dell'Annunziata sulle pendici dei Peloritani) si collocano a distanze notevoli dalle aree impegnate dal progetto, tuttavia è necessario sottolineare l'importanza del monitoraggio per stabilire i rapporti tra gli ambiti di alta naturalità su citati con le aree che nella mappa di idoneità risultano connotate da alta connettività.

4.3 Estendibilità delle considerazioni degli studi in letteratura al caso Stretto di Messina

Gli studi scientifici più rilevanti in merito alla diminuzione di densità degli uccelli in funzione del rumore sono stati realizzati da Reijnen *et al.* (1995, 1996), da Reijnen and Foppen (1994, 1995) e da Waterman *et al.* (2004). I lavori si riferiscono in particolare alla presenza di strade e ferrovie e agli impatti su specie caratteristiche sia di aree boscate che di aree aperte e adibite all'agricoltura. Tutti questi studi sono stati realizzati in territorio olandese. L'unico studio specifico sui cantieri svolto in Italia è stato realizzato da Bertetti *et al.*, 2006-2008 nella Valle del Ticino.

Poiché numerose specie che sono state prese in considerazione negli studi di Reijnen e Waterman sono state osservate anche nella zona dello Stretto di Messina, è lecito poter ipotizzare uno scenario futuro, in termini di dinamica di popolamento ornitico, simile a quello evidenziato negli

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

studi sperimentali. Qualora non siano presenti le stesse specie, in molti casi possono essere prese come “modello” altre specie che risultano essere vicine da un punto di vista sistematico a quelle studiate nei lavori in letteratura.

In particolare, in questi studi viene valutata la diminuzione di densità delle specie a causa del rumore prodotto dal traffico veicolare, rumore che viene giudicato come principale imputato dal momento che generalmente la visione delle automobili in transito non sembra disturbare particolarmente gli uccelli (anche se per la Starna (*Perdix perdix*) ci sono risultati che indicano una situazione contraria (Illner, 1992). Ciò nonostante nello studio di Reijnen *et al.* (1995) si è notato che mantenendo costante il disturbo dato dal segnale visivo, l'incidenza negativa rumore/densità degli uccelli è comunque evidente.

Tra le specie presenti nell'area interessata dal cantiere del Ponte sullo Stretto di Messina, almeno come migratrici, l'Allodola (*Alauda arvensis*) risente particolarmente della presenza di strade (Reijnen *et al.*, 1996; Waterman *et al.*, 2004). Anche l'intensità del traffico influisce sul grado di disturbo tanto che le strade più trafficate determinano una maggior diminuzione della densità rispetto ad una strada con meno veicoli di passaggio.

Per l'Allodola si rileva una diminuzione in termini di densità di popolazione pari a 50% in una fascia entro 100 m di distanza da una strada con 5000 auto/giorno, valori che si riducono a ca. 10% in una fascia entro i 500 m di distanza dalla strada e a ca. 5% entro i 1500 m (nel caso di una strada con traffico veicolare superiore, nell'ordine delle 50.000 auto/giorno, i valori sono molto più elevati: ca. 70% per i primi 100 m, ca. 50% entro i primi 500 m e ca. 20% entro i primi 1500 m) (Reijnen *et al.*, 1996). In generale, tutte le specie considerate nel complesso da Reijnen *et al.* (1996), mostrano una diminuzione in termini di densità con un valore limite di dB pari a 47 oltre il quale la porzione analizzata della comunità ornitica mostra segnali di diminuzione per ciò che concerne la densità.

Analogamente Waterman *et al.* (2004) indicano come gli effetti del rumore sulla densità nell'Allodola inizino a notarsi oltre il valore di 42 dB. Considerazioni simili possono essere presentate anche per altre specie, anche se con altri valori: Pavoncella (*Vanellus vanellus*), Mestolone (*Anas clypeata*), Beccaccia di mare (*Haematopus ostralegus*) (Reijnen *et al.*, 1996). Waterman *et al.* (2004) indicano invece una diminuzione di densità a partire da 49 dB per la Marzaiola (*Anas querquedula*) e 45 dB per la Pittima reale (*Limosa limosa*). Evidenze di diminuzione di densità sono state riscontrate anche in quest'ultimo lavoro in specie già menzionate nel lavoro di Reijnen *et al.* (1996) come il Mestolone (*Anas clypeata*), la Beccaccia di mare

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

(*Haematopus ostralegus*) e la Pavoncella (*Vanellus vanellus*). Si tratta di specie che, eccetto il Mestolone, non sono state contattate nell'area.

Per ciò che concerne gli Anatidi contattati nell'area dello Stretto di Messina, similari considerazioni effettuate per le diminuzioni in termini di densità per la Marzaiola e il Mestolone potrebbero essere valide anche per altri rappresentanti degli Anatidi qui presenti come il Codone (*Anas acuta*), l'Alzavola (*Anas crecca*) e il Fischione (*Anas penelope*). Anche i limicoli che svernano nelle aree prossime ai cantieri potrebbero risentire del disturbo causato dal rumore tuttavia occorre però precisare che in questo caso le specie non sono tutte estremamente vicine dal punto di vista sistematico pertanto risulta piuttosto azzardato ipotizzare con sicurezza una previsione di variazioni in termini di densità. Tra queste si cita in particolare il Fratino (*Charadrius alexandrinus*), specie molto importante dal punto di vista conservazionistico poiché compresa nell'Allegato I della Direttiva Uccelli.

Indicazioni di diminuzione di densità nei pressi di strade sono evidenziati anche per il Fagiano (*Phasianus colchicus*), per il Cuculo (*Cuculus canorus*), la Tortora (*Streptopelia turtur*), per il Rigogolo (*Oriolus oriolus*), per il Prispolone (*Anthus trivialis*) (Reijnen and Foppen, 1995; Reijnen et al., 1995) e, in misura minore, per il Pettiroso (*Eritachus rubecola*) e il Merlo (*Turdus merula*). Per altre specie sono evidenziate diminuzioni in termini di densità ma non sono valutate come statisticamente significative. Infine si ricorda che sono state identificate diminuzione di densità anche per il Lù grosso (*Phylloscopus trochilus*).

4.4 Specie comprese nell'allegato I della Direttiva Uccelli Allegato

Per molte specie comprese nell'allegato I della Direttiva Uccelli e/o comprese in una o più convenzioni per la protezione della fauna non vi sono studi precisi in merito al possibile disturbo determinato dal rumore. Vista però l'importanza delle specie elencate in tali elenchi, si riassume nel seguito quanto ad oggi riportato nella letteratura scientifica, sottolineando tuttavia che, con il termine disturbo, in questo contesto, non ci si può riferire esclusivamente al rumore come precisa fonte di stress per le specie.

In alcuni studi la presenza di uccelli viene valutata solo in relazione alla presenza di traffico ma non viene indicato se l'eventuale differenza di frequentazione del sito riscontrata avvenga a causa delle emissioni sonore o in base ad altri fattori (disturbo visivo dovuto alle automobili in transito, aumento di disponibilità trofica per i rapaci in seguito all'aumento di carogne lungo le strade e i loro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

marginii, ecc.). Tra i vari studi consultati, l'impatto degli uccelli viene valutato indagando diversi fattori come il numero delle osservazioni di uccelli che frequentano l'area sorvolandola o, soprattutto, valutando la densità delle popolazioni delle singole specie e della comunità ornitica locale.

A tal proposito, gli studi svolti da Bautista (2004), e in particolare un contributo che si riferisce agli effetti del traffico di strade, evidenziano che la presenza del traffico veicolare può interessare sia positivamente che negativamente la frequentazione di diverse specie di rapaci. Il risultato ovviamente dipende dalle specie (e dalla loro ecologia): mentre si registra infatti un aumento delle osservazioni lungo un tratto stradale monitorato in corrispondenza di un aumento del traffico veicolare per alcune specie come Gheppio (*Falco tinnunculus*), Poiana (*Buteo buteo*), Aquila minore (*Hieraetus pennatus*), Nibbio reale (*Milvus milvus*) e Nibbio bruno (*Milvus migrans*), per altre specie come l'Aquila imperiale spagnola (*Aquila adalberti*), i risultati invitano a considerare una diminuzione della frequentazione delle aree nei pressi delle strade in conseguenza di un aumento del traffico veicolare.

Mentre l'aumento delle osservazioni per alcune specie di rapaci potrebbe essere ragionevolmente attribuito all'aumento di animali uccisi dal passaggio delle automobili, animali di cui poi questi rapaci (dalla dieta generalista e non specializzata) si nutrono, per l'Aquila imperiale spagnola potrebbe proprio essere il traffico ad allontanare gli animali. Una situazione analoga può essere ipotizzata per una specie simile a quest'ultima ovvero l'Aquila reale (*Aquila chrysaetos*). Nonostante siano differenti gli ambienti frequentati da queste due specie, con differenze anche per ciò che concerne l'ecologia, è comunque possibile ipotizzare un'eventuale diminuzione della frequentazione da parte dell'Aquila reale delle aree interessate dal cantiere. Vi sono infatti segnalazioni da parte di Britten (2001) il quale descrive il completo abbandono di un territorio di Aquila reale in Nord America (Arizona) quando venne realizzata una strada a 250 m di distanza dal nido. Al contrario però, Nelson (1969) segnala 3 nidi di Aquila reale vicini 46 m da una importante via di comunicazione senza palese disturbo. I territori di Aquila reale in Idaho in Nord America (Steenhof et al., 1983) distano 203 – 701 m dalla strada più vicina e 934 – 2675 m dalle abitazioni umane più vicine. Nell'area in esame analogo discorso può ovviamente essere fatto per l'Aquila imperiale (*Aquila heliaca*) che però, nell'area, è unicamente una migratrice accidentale. E' bene precisare ulteriormente che non è dimostrato che possa essere il rumore causato dalle strade l'artefice di eventuali nidificazioni fallite.

Per ciò che concerne i grossi uccelli del genere *Falco*, si segnala che Andreotti and Leonardi

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

(2007) riportano per il Lanario (*Falco biarmicus*) le seguenti considerazioni: “*Il passaggio di strade asfaltate in prossimità dei siti riproduttivi può comportare un impatto più o meno marcato; al momento, tuttavia, mancano dati che consentano di valutare se tali infrastrutture influiscono sulla produttività delle coppie*”. Anche in questo caso nessun riferimento viene fatto per ciò che concerne la causa dell’eventuale disturbo e la diminuzione di densità della popolazione: ammesso che il disturbo effettivamente possa danneggiare le coppie di lanario in periodo riproduttivo, nulla si può dire sulla fonte di disturbo, se sonoro o visivo. Inoltre è bene precisare che i lanari nidificano generalmente con densità molto basse e dove le coppie sono generalmente ben spaziate tanto che in tutto il territorio nazionale il Lanario presenta densità di coppia pari a 1/795 km² (Magrini et al., 2007). In particolare, vengono stimate 3-4 coppie nidificanti di Lanario in Calabria e 70-80 in Sicilia). In tal caso, più che diminuzione di densità, si dovrebbe parlare di abbandono di un sito riproduttivo o abbandono di una covata, viste le densità già naturalmente basse. Occorre comunque precisare che il Lanario è un Falconide di grande importanza dal punto di vista conservazionistica e i siti riproduttivi devono godere, in termini di precauzione, del massimo rispetto. Nessun riferimento viene fatto in letteratura in merito all’impatto del rumore di cantiere o strade sulla nidificazione del Falco pellegrino (*Falco peregrinus*) anche se la parentela relativamente stretta con la precedente specie, anche a livello ecologico, consentirebbe di ipotizzare una situazione analoga anche se occorre precisare che il Falco pellegrino può anche stabilirsi presso i centri abitati e presso le cave attive dove probabilmente il successo riproduttivo non risente della presenza umana.

4.5 Elaborazione e mappatura degli indicatori di disturbo per l’avifauna

Le valutazioni di correlazione tra il rumore e gli effetti sull’avifauna, in considerazione di quanto già espresso al termine del Capitolo 3.1, sono state realizzate per il periodo diurno considerando:

- a) la classificazione proposta da Dooling and Popper (2007), elaborando i risultati derivati dalle simulazioni del rumore da cantiere e del clima acustico ante operam al fine di creare una zonizzazione acustiche in funzione degli effetti generati dal rumore sull’avifauna;
- b) gli studi olandesi di Waterman *et al.* (2004) e Reijnen *et al.* (1995), valutando la diminuzione di densità relativa di avifauna causata dai livelli di rumorosità introdotta dai cantieri prima e dopo gli interventi di mitigazione.

Le informazioni di dettaglio sullo studio di impatto acustico previsionale sono presenti nei documenti con codici AMV0311.doc e AMV0313.doc.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

4.5.1 Aree di interazione del rumore sull'avifauna in fase di cantiere (Zonizzazione effetti avifauna)

Per quanto riguarda il rumore originato dai cantieri, le simulazioni hanno permesso di ottenere i livelli di pressione sonora puntuali per banda d'ottava ponderati secondo la curva di ponderazione A nelle zone da analizzare. Le bande considerate sono quelle con frequenza centrale tra i 250 Hz e gli 8 kHz, frequenze nello spettro udibile dagli uccelli. Per quanto riguarda la simulazione del rumore ante operam, i livelli globali ponderato A sono stati tradotti in forma spettrale utilizzando lo spettro normalizzato proposto dalla UNI EN 1793-3 (1999), descritto in seguito.

Al fine di ottenere i valori sopra descritti ma relativi a punti appartenenti ad una griglia comune ed equidistribuita nella zona dello stretto di Messina, è stato utilizzato il software ArcGis10 con estensione Spatial Analyst.

Su ArcGis sono state caricate le mappe puntuali ottenute dalla simulazione con SoundPLAN, successivamente tali valori sono stati spazialmente interpolati al fine di produrre rappresentazioni continue raster. L'algoritmo utilizzato per l'interpolazione è un algoritmo definito a priori: l'IDW (Inverse Distance Weighting), che pesa in modo inverso la distanza secondo la legge di Tobler.

Tale algoritmo è un metodo esatto, ovvero tra i valori di input e i valori di output lo scarto è uguale a 0. L'IDW si basa sul seguente algoritmo:

$$z_i = \frac{\sum z_j \cdot w}{\sum w}$$

dove:

z_i è il valore del punto i da calcolare (output)

z_j è il valore di un punto conosciuto (dato di input).

W è il cosiddetto peso della distanza espresso come: $w = d_{ij}^{-1}$;

e in base alla legge di Tobler, la distanza si trova al denominatore. La vicinanza dei valori di due punti (è inversamente proporzionale alla distanza spaziale tra di loro (Inverse Distance Weighting).

Una volta ottenute le rappresentazioni continue raster per i due scenari, è stata associata una griglia comune e ricampionati i valori dell'interpolazione nei punti fissi individuati dalla griglia. In questo modo si ottengono valori relativi ai livelli del rumore di cantiere e ante operam negli stessi punti.

Per l'analisi effettuata è necessario avere informazioni sui livelli ponderati per banda d'ottava per entrambi gli scenari, di conseguenza, sotto l'ipotesi che il rumore ambientale diurno sia

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

principalmente imputabile al rumore da traffico, è stato utilizzato lo spettro normalizzato proposto dalla UNI EN 1793-3 (1999) per calcolare i livelli di pressione sonora per banda d'ottava ponderati secondo la curva di ponderazione A, partendo dal livello globale ponderato A.

Una problematica riscontrata consiste nel fatto che la UNI da indicazione da 100 a 5000 Hz, ovvero per le bande d'ottava tra 125 e 4000 Hz, trascurando la banda con frequenza centrale di 8000 Hz. Ciò è dovuto al fatto che lo spettro del rumore da traffico nelle frequenze superiori ai 5000 Hz contiene un'energia trascurabile rispetto a quella contenuta nelle frequenze inferiori.

Partendo dai dati puntuali, ottenuti con ArcGis è stato possibile suddividere le mappe di interesse in funzione degli effetti che il rumore da cantiere può causare sull'avifauna, partendo dalle considerazioni di Dooling and Popper (2007). In particolare è stata effettuata una classificazione in 7 zone:

Zona 1: Se un uccello si trova in questa zona, il rumore da traffico o di costruzione può generare perdita di udito, spostamento della soglia uditiva, mascheramento, e/o altri effetti comportamentali e psicologici. La condizione che deve verificarsi a che un punto appartenga alla Zona 1 è la seguente:

$$L_{Tot,A} = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_{glob,amb,A}}{10}} + 10^{\frac{L_{glob,cantiers,A}}{10}} \right) \geq 110 \text{ dB}(A);$$

dove $L_{Tot,A}$ rappresenta la somma dei contributi dei livelli ponderati A del rumore ante operam ($L_{glob,amb,A}$) e di cantiere ($L_{glob,cantiers,A}$).

Zona 2: A distanze maggiori dalle sorgenti di rumore, perdita di udito e spostamento permanente della soglia uditiva sono improbabili ma possono verificarsi lo spostamento temporaneo della soglia uditiva, il mascheramento di importanti segnali di comunicazione e altri effetti comportamentali e psicologici. La condizione che deve verificarsi a che un punto appartenga alla Zona 2 è la seguente:

$$93 \text{ dB}(A) \leq L_{Tot,A} < 110 \text{ dB}(A).$$

A distanze ancora maggiori dalle sorgenti sonore, ma in cui il livello spettrale generato dalla strada o dal cantiere tra i 2 e i 8 kHz è superiore al livello di rumore ambientale, il mascheramento dovuto al rumore introdotto è molto alto il che può generare effetti fisiologici e comportamentali sugli uccelli. Per il rumore ambientale, come già sottolineato, la componente spettrale nella banda degli 8 kHz si ipotizza trascurabile rispetto a quella compresa nelle bande tra 2 e 4 kHz. Considerando

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F1</td> <td>30/05/2012</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F1	30/05/2012
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F1	30/05/2012						

quindi le seguenti definizioni:

$$L_{2-8kHz,cantiera,A} = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_{2kHz,cantiera,A}}{10}} + 10^{\frac{L_{4kHz,cantiera,A}}{10}} + 10^{\frac{L_{8kHz,cantiera,A}}{10}} \right),$$

$$L_{2-4kHz,amb,A} = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_{2kHz,amb,A}}{10}} + 10^{\frac{L_{4kHz,amb,A}}{10}} \right);$$

è possibile suddividere le zone dove avviene il mascheramento in tre classi, in base al grado di mascheramento.

Zona 3: La condizione che deve verificarsi a che un punto appartenga alla Zona 3, zona ad alto mascheramento, è la seguente:

$$(L_{2-8kHz,cantiera,A} - L_{2-4kHz,amb,A}) \geq 15 \text{ dB};$$

Zona 4: La condizione che deve verificarsi a che un punto appartenga alla Zona 4, zona a mascheramento medio, è la seguente:

$$6 \text{ dB} < (L_{2-8kHz,cantiera,A} - L_{2-4kHz,amb,A}) < 15 \text{ dB};$$

Zona 5: La condizione che deve verificarsi a che un punto appartenga alla Zona 5, zona a mascheramento basso, è la seguente:

$$(L_{2-8kHz,cantiera,A} - L_{2-4kHz,amb,A}) \leq 6 \text{ dB};$$

Zona 6: Una volta che il livello spettrale generato dalla strada o dal cantiere scende sotto i livelli di rumore ambientale nella banda per la comunicazione, il mascheramento dei segnali di comunicazione non è più compromesso dal rumore. Tuttavia, i suoni percepiti alle frequenze più basse dell'udibile per l'avifauna (250-1000 Hz) al di fuori dello spettro utile per la comunicazione, come ad esempio il rombo di un camion, potrebbero ancora causare effetti fisiologici e comportamentali sugli uccelli. Per questo motivo sono state comparate le componenti spettrali del rumore da cantiere nelle bande d'ottava tra i 250 e i 1000 Hz, con la soglia di udibilità. La soglia di udibilità è stata opportunamente modificata in base alle curve proposte da Dooling *et al.* 2000 (Figura 4), tenendo conto del rumore globale composto dalla componente ambientale e quella di cantiere, (ambientale e cantiere). Affinché un punto appartenga alla Zona 6 è necessario che almeno una delle seguenti condizioni sia verificata:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

$$L_{250\text{Hz},\text{cantiere},A} > L_{\text{soglia}_{\text{modificata}},250\text{ Hz}}$$

$$L_{500\text{Hz},\text{cantiere},A} > L_{\text{soglia}_{\text{modificata}},500\text{ Hz}}$$

$$L_{1000\text{Hz},\text{cantiere},A} > L_{\text{soglia}_{\text{modificata}},1000\text{ Hz}}$$

Zona 7: In questa zona, l'energia del rumore da traffico o da cantiere su tutte le frequenze risulta totalmente inudibile (livelli al di sotto della curva di udibilità), di conseguenza non ci sono effetti su nessun tipo di uccello.

La mappatura delle aree di interazione del rumore sull'avifauna in fase di cantiere sono presentate nei seguenti elaborati grafici in scala 1:5000:

CALABRIA

VIAC083_02 - Calabria - Aree di interazione del rumore sull'avifauna in fase di cantiere TAV. 1/3

VIAC083_03 - Calabria - Aree di interazione del rumore sull'avifauna in fase di cantiere TAV. 2/3

VIAC083_04 - Calabria - Aree di interazione del rumore sull'avifauna in fase di cantiere TAV. 3/3

VIAC083_05 - Calabria - Aree di interazione del rumore sull'avifauna post mitigazione in fase di cantiere TAV. 1/3

VIAC083_06 - Calabria - Aree di interazione del rumore sull'avifauna post mitigazione in fase di cantiere TAV. 2/3

VIAC083_07 - Calabria - Aree di interazione del rumore sull'avifauna post mitigazione in fase di cantiere TAV. 3/3

4.5.2 Variazione potenziale di densità dell'avifauna in fase di cantiere

Gli studi olandesi di Waterman *et al.* (2004) e Reijnem *et al.* (1995) propongono un andamento della densità relativa in funzione del livello di rumore in dBA riportata in Figura 12. L'andamento proposto mostra una assenza di effetti sulla densità fino a 45 dBA, dove la densità relativa resta pari a 1, mentre per valori superiori a 45 dBA vi è un decremento di tipo quadratico. L'equazione seguente descrive il fenomeno:

$$y = \begin{cases} 1 & \text{per } x < 45 \text{ dBA} \\ 0,07 + 5,8 \cdot 10^{-2} \cdot x - 8,6 \cdot 10^{-4} \cdot x^2 & \text{per } x \geq 45 \text{ dBA} \end{cases}$$

dove:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

γ è la densità relativa di avifauna

x è il livello di pressione sonora pesato secondo la curva di ponderazione A.

La diminuzione di densità relativa di avifauna causata dai livelli di rumorosità introdotta dal cantiere è stata valutata prima e dopo gli interventi di mitigazione. Inoltre, al fine di valutare quanto di questa diminuzione sia imputabile alla presenza del cantiere e quanto al rumore antropico presente nelle zone analizzate, si sono rappresentate delle mappe che valutano la differenza di densità relativa dovuta all'introduzione del cantiere per entrambi gli scenari, mitigato e non mitigato.

La mappatura della variazione potenziale di densità dell'avifauna determinata dalle attività di cantiere sono presentate nei seguenti elaborati grafici in scala 1:5000:

CALABRIA

VIAC083_08 - Calabria - Variazione potenziale di densità dell'avifauna in fase di cantiere TAV. 1/3

VIAC083_09 - Calabria - Variazione potenziale di densità dell'avifauna in fase di cantiere TAV. 2/3

VIAC083_10 - Calabria - Variazione potenziale di densità dell'avifauna in fase di cantiere TAV. 3/3

VIAC083_11 - Calabria - Variazione potenziale di densità dell'avifauna post mitigazione in fase di cantiere TAV. 1/3

VIAC083_12 - Calabria - Variazione potenziale di densità dell'avifauna post mitigazione in fase di cantiere TAV. 2/3

VIAC083_13 - Calabria - Variazione potenziale di densità dell'avifauna post mitigazione in fase di cantiere TAV. 3/3

5 Conclusioni

Le elaborazioni svolte sulle mappe di clima acustico e sulle mappe di impatto ante e post mitigazione in fase di costruzione delle opere relative al Ponte sullo Stretto di Messina, realizzate in accordo ai risultati sperimentali, ai parametri, descrittori e metodi di valutazione individuati dalle più aggiornate conoscenze scientifiche e tecniche in materia, hanno permesso di valutare il disturbo potenzialmente arrecato all'avifauna in tutti gli ambiti interessati dalle attività di cantiere, incluse le zone SIC e ZPS.

Per quanto la suddivisione del territorio in aree di rumore caratterizzate da un differente potenziale di interazione sull'avifauna, la classificazione acustica evidenzia immediatamente che non sono presenti in alcun punto delle mappe aree di Classe 1 (Danno uditivo e Spostamento Permanente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

della soglia di udibilità), ovvero si prevede che i livelli di pressione sonora ponderati secondo la curva di ponderazione A non superino mai i 110 dBA.

Le aree di Classe 2, associate allo spostamento temporaneo della soglia uditiva, al mascheramento di importanti segnali di comunicazione e altri effetti comportamentali e psicologici, occupano areali di piccole dimensioni localizzati all'interno del perimetro dei cantieri in prossimità delle lavorazioni. Non rivestono pertanto interesse pratico in termini di potenziale presenza di avifauna.

Le aree caratterizzate da classi di disturbo dalla 3 alla 5, rispettivamente alto, medio e basso mascheramento dei segnali di comunicazione dell'avifauna, sono localizzate perlopiù all'interno di un buffer di 250-500 m dal perimetro e risultano intervallate da ampi spazi che consentono all'avifauna, in termini di principio, di trovare habitat alternativi laddove si verificassero condizioni di disturbo non accettabili per la singola specie.

CALABRIA

Le aree di mascheramento di Classe 3, 4 e 5 sono presenti ai margini del cantiere CI1 prevalentemente entro 250 m, con conformazione correlata alle condizioni di mascheramento e di assorbimento del rumore determinate dalla morfologia locale e dall'urbanizzazione. L'estensione e la forma a ventaglio allungata fino a circa 500 m verso la ZPS marina è originata dall'assenza di ostacoli alla propagazione e da una bassa attenuazione del rumore (Figura 14).

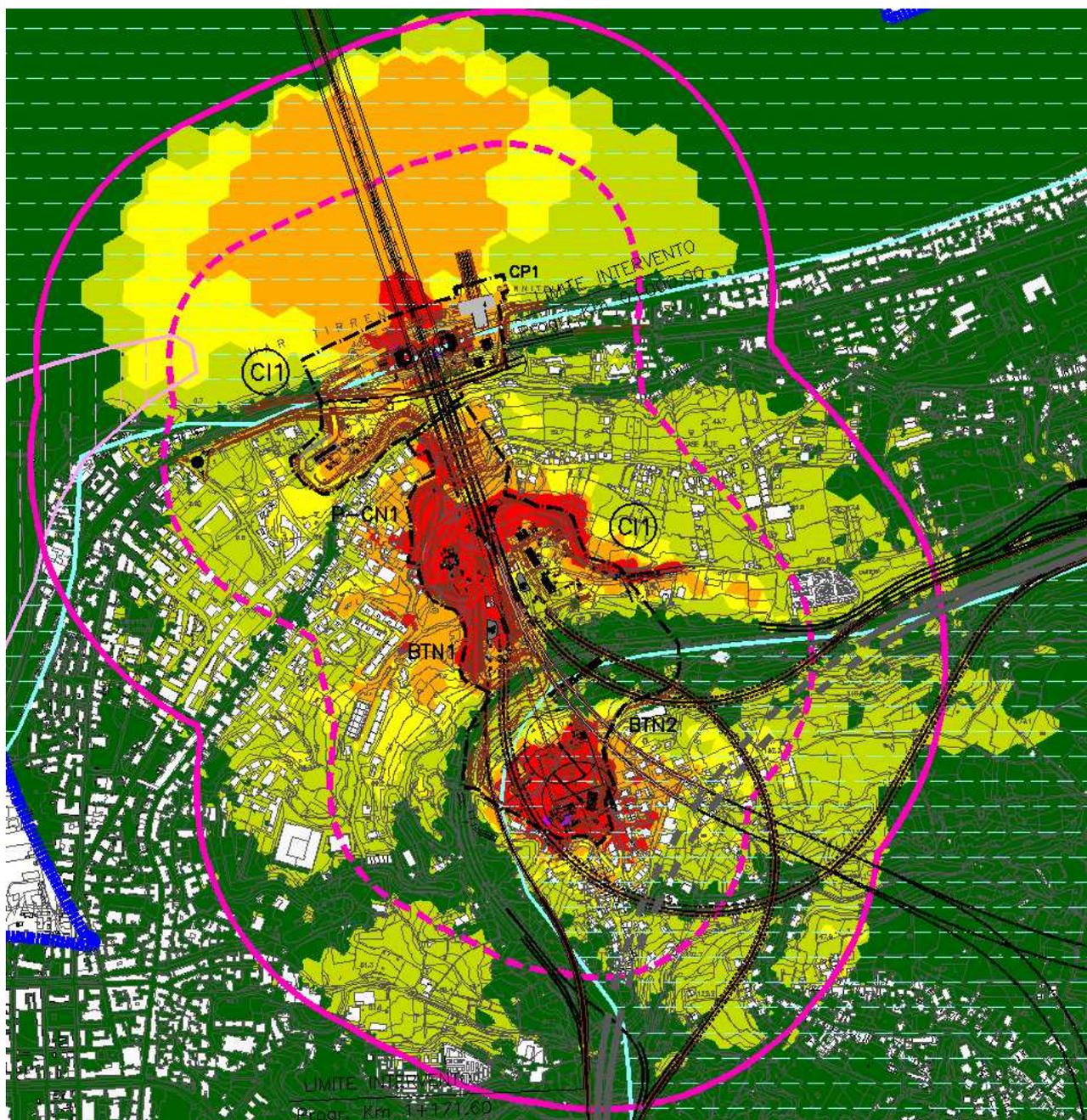
Nell'area ZPS in località Piale l'area di potenziale disturbo "marginale" per l'avifauna (Classe 6, in cui non si manifestano più effetti di mascheramento dei segnali di comunicazione ma dove possono ancora verificarsi effetti comportamentali), è estesa in direzione Est fino a circa 500 m dal perimetro del cantiere. Oltre questa distanza non si hanno effetti per l'avifauna e si verifica l'assenza totale di percezione del rumore (Classe 7).

Gli interventi di mitigazione sulle sorgenti e sulla propagazione rendono il mascheramento meno efficace, abbassando in alcune zone la Classe da 3 a 4 o da 4 a 5. Tale fenomeno è più evidente nelle zone retrostanti alle barriere antirumore.

Per quanto riguarda la riduzione potenziale di densità di avifauna dovuta all'introduzione del cantiere CI1 (Figura 15), si può notare che gli effetti sono prevalentemente contenuti all'interno di 250 m di distanza dal cantiere. A distanza superiore l'effetto del rumore di cantiere si dissolve completamente riportando la densità di avifauna allo stesso livello di quella che si avrebbe in assenza di cantiere. Le zone di spopolamento totale di avifauna sono generalmente comprese all'interno delle aree di cantiere, con piccoli areali esterni lungo la viabilità.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F1</td> <td>30/05/2012</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F1	30/05/2012
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F1	30/05/2012						

Gli interventi di mitigazione previsti per la protezione dei ricettori residenziali e sensibili hanno l'effetto di calmierare la diminuzione di densità di avifauna, facendo sì che gli effetti di spopolamento siano collocati in un ambito più ristretto. La Figura 15 evidenzia che in condizioni post mitigazione sono possibili delle variazioni di densità dell'avifauna in zona ZPS, limitatamente a ambiti di modesta estensione territoriale a ridosso dell'abitato di Piale, al massimo del 30-40% .



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

Figura 14 Aree di interazione ante mitigazione del rumore sull'avifauna nell'area C11

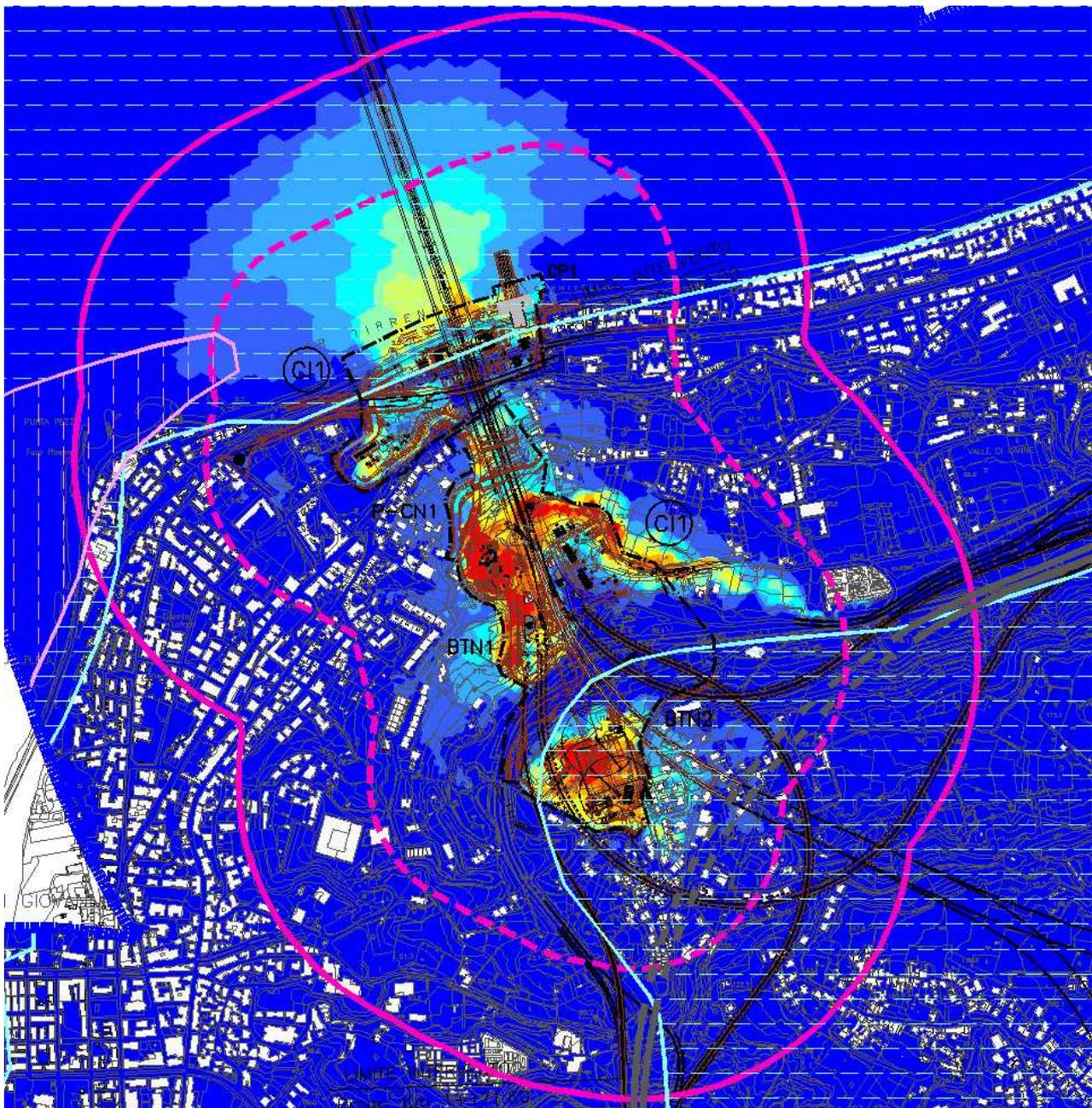


Figura 15 Variazione potenziale di densità dell'avifauna post mitigazione in fase di cantiere

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

6 Bibliografia

- Aleksandrov, L. I., and Dmitrieva, L. P. (1992). Development of auditory sensitivity of altricial birds: absolute thresholds of the generation of evoked potentials. *Neurosci. Behav. Physiol.* 22, 132-137.
- Andreotti A., Leonardi G. (a cura di), 2007. Piano d'azione nazionale per il Lanario (*Falco biarmicus feldeggii*). Quaderni di Conservazione della Natura, 24, Ministero dell'Ambiente – INFS.
- Bautista L.M., Garcia J.T., Calmaestra R., Palacin C., Martin C.A., Morales M.B., Bonal R., Vinuela J., 2004. Effect of weekend road traffic on the use of space by raptors. *Conservation Biology*, 18: 726-732.
- Barton, L. A., Bailey, E. D., and Gatehouse, R. W. (1984). Audibility curve of bobwhite quail (*Colinus virginianus*). *J. Aud. Res.* 24, 87-97.
- Birdlife international, 2004. *Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status*. Cambridge, UK: Birdlife International. (Birdlife Conservation Series No. 12).
- Békésy, G. von (1960). *Experiments in Hearing* (McGraw-Hill, New York).
- Bertetti A.C., Garavoglia A.S., Masoero M. (2004). Acustica biocentrica: un nuovo percorso per la verifica di impatto acustico nelle aree naturali. AIA 31° Convegno Nazionale di Venezia
- Bertetti A.C., Masoero M. (2006). Clima acustico nelle aree naturali. Accettabilità dei limiti di legge ai fini della tutela dell'avifauna presente nel parco del Ticino. AIA 33° Convegno Nazionale di Firenze.
- Bregman, A. S. (1991). *Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organization of Sound* (MIT Press, Cambridge, MA).
- Britten M., 2001. Human impacts on golden eagles in northeastern Arizona. Crossing boundaries in park management, proceedings of the 11th conference on research and resource management in parks and on public lands, edited by D. Harmon. Hancock, Michigan, the George Wright Society.
- Bruum, H. (2004). The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird. *Journal of Animal Ecology* 73, 434–440.
- Buus, S., Klump, G. M., Gleich, O., and Langemann, U. (1995). An excitation-pattern model for the starling (*Sturnus vulgaris*). *J. Acoust. Soc. Am.* 98, 112-124.
- Clark, W. D., and Karr, J. R. (1979). Effects of highways on red-winged blackbird and horned lark populations. *Wilson Bull.* 91, 143-145.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		Codice VIAC083_F1.docx	Rev F1	Data 30/05/2012

- Clench-Aas, J., Bartonova, A., Klaeboe, R., and Kolbenstvedt, M. (2000). Oslo traffic study. Part 2: quantifying effects of traffic measures using individual exposure modeling. *Atmos. Environ.* 34, 4737-4744.
- Cohen, S. M., Stebbins, W. C., and Moody, D. B. (1978). Audibility thresholds of the blue jay. *Auk.* 95, 563-568.
- Coles, R. B., Konishi, M., and Pettigrew, J. D. (1987). Hearing and echolocation in the Australian grey swiftlet, *Collocalia spodiopygia*. *J. Exp. Biol.* 129, 365-371.
- Cotanche, D. A. (1999). Structural recovery from sound and aminoglycoside damage in the avian cochlea. *Audiol. Neurootol.* 4, 271-285.
- Curcururo S., Marsico G., Sacchetti F. (2011), Prime considerazioni su avifauna e rumore eolico, Osservatorio Nazionale Eolico e Avifauna, Eolica Expo
- Dooling, R. J., and Saunders, J. C. (1975). Hearing in the parakeet (*Melopsittacus undulatus*): absolute thresholds, critical ratios, frequency difference limens, and vocalizations. *J. Comp. Physiol.* 88, 1-20.
- Dooling, R. J., Zoloth, S. R., and Baylis J. R. (1978). Auditory sensitivity, equal loudness, temporal resolving power and vocalizations in the house finch (*Carpodacus mexicanus*). *J. Comp. Physiol. Psychol.* 92, 867-876.
- Dooling, R. J., and Searcy, M. H. (1979). The relation among critical ratios, critical bands, and intensity difference limens in the parakeet (*Melopsittacus undulatus*). *Bull. Psychon. Soc.* 13, 300-302.
- Dooling, R. J. (1980). Behavior and psychophysics of hearing in birds. In: *Comparative Studies of Hearing in Vertebrates*, edited by A. N. Popper and R. R. Fay (Springer-Verlag, New York), pp. 261-288.
- Dooling, R. J. (1982). Auditory perception in birds. In: *Acoustic Communication in Birds, Vol. 1*, edited by D. E. Kroodsma and E. H. Miller, (Academic Press, New York), pp. 95-130.
- Dooling, R. J., Okanoya, K., Downing, J., and Hulse, S. (1986). Hearing in the Starling (*Sturnus vulgaris*): absolute thresholds and critical ratios. *Bull. Psychon. Soc.* 24, 462-464.
- Dooling, R. J. (1992). Hearing in birds. In: *The Evolutionary Biology of Hearing*, edited by D. B. Webster, R. R. Fay, and A. N. Popper (Springer-Verlag, New York), pp. 545-559.
- Dooling, R. J., Lohr, B., and Dent, M. L. (2000). Hearing in birds and reptiles, In: *Comparative Hearing: Birds and Reptiles*, edited by R.J. Dooling, A.N. Popper, and R.R. Fay (Springer-Verlag, New York eds), pp. 308-359.
- Dooling, R. J. and Popper, A. N. (2007). The effects of highway noise on birds, Report

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

prepared for The California Department of Transportation Division of Environmental Analysis.

- Dyson, M. L., Klump, G. M., and Gauger, B. (1998). Absolute hearing thresholds and critical masking ratios in the European barn owl: a comparison with other owls. *J. Comp. Physiol. A.* 182, 695-702.
- Fay, R. R., and Popper, A. N. (2000). Evolution of hearing in vertebrates: the inner ears and processing. *Hear. Res.* 149, 1-10.
- Fernandez-Juricic, E. (2001). Avian spatial segregation at edges and interiors of urban parks in Madrid, Spain, *Biodivers. Conserv.* 10, 1303-1316.
- Ferris, C. R. (1979). Effects of Interstate 95 on breeding birds in northern Maine. *J. Wildl. Manage.* 43, 421-427.
- Foppen, R., and Reijnen, R. (1994). The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. II. Breeding dispersal of male willow warblers (*Phylloscopus trochilus*) in relation to the proximity of a highway. *J. Appl. Ecol.* 31, 95-101.
- Forman, R. T. T., Reineking, B., and Hersperger, A. M. (2002). Road traffic and nearby grassland bird patterns in a suburbanizing landscape. *Environ. Manage.* 29, 782-800.
- Forman, *et al* (2003) *Road Ecology: Science and Solutions*. (Island Press, Washington)
- Gleich, O., and Manley, G. A. (2000). The hearing organ of birds and crocodylian. In: *Comparative Hearing: Birds and Reptiles*. edited by R. J. Dooling, A. N. Popper, and R. R. Fay (Springer-Verlag, New York), pp. 70-138.
- Gleich, O., Dooling, R. J., and Manley, G. A. (2005). Audiogram, body mass, and basilar papilla length: correlations in birds and predictions for extinct archosaurs. *Naturwissenschaften.* 92, 595.
- Greenwood, D. D. (1961a). Auditory masking and the critical band. *J. Acoust. Soc. Am.* 33, 484- 502.
- Greenwood, D. D. (1961b). Critical bandwidth and the frequency coordinates of the basilar membrane. *J. Acoust. Soc. Am.* 33, 1344-1356.
- Goerdel-Leich A., and Schwartzkopff, J. (1984). The auditory threshold of the pigeon (*Columbia livia*) by heart-rate conditioning, *Naturwissenschaften.* 71, S98.
- Harrison, J. B., and Furumoto, L. (1971). Pigeon audiograms: comparison of evoked potential and behavioral thresholds in individual birds, *J. Aud. Res.* 11, 3342.
- Hashino, E., Sokabe, M., and Miyamoto, K. (1988). Frequency specific susceptibility to acoustic trauma in the budgerigar. *J. Acoust. Soc. Am.* 83, 2450-2452.
- Hashino, E., and Okanoya, K. (1989) Auditory sensitivity in the zebra finch (*Poephila guttata*

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		Codice VIAC083_F1.docx	Rev F1	Data 30/05/2012

castanotis), J. Acoust. Soc. Jpn. 10, 1-2.

- Hashino, E., and Sokabe, M. (1989). Hearing loss in the budgerigar (*Melopsittacus undulatus*). J. Acoust. Soc. Am. 85, 289-294.
- Heise, G. A. (1953). Auditory thresholds in the pigeon. Am. J. Psychol. 66, 1-19. Henderson, D., and Hamernik, R. P. (1986). Impulse noise: critical review, J. Acoust. Soc. Am. 80, 569-84.
- Hienz, R. D., Sinnott, J. M., and Sachs, M. B. (1977). Auditory sensitivity of the redwing blackbird and the brown-headed cowbird. J. Comp. Physiol. Psychol. 91, 1365-1376.
- Hienz, R. D., and Sachs, M. B. (1987). Effects of noise on pure-tone thresholds in blackbirds (*Agelaius phoeniceus* and *Molothrus ater*) and pigeon (*Columbia livid*). J. Comp. Psychol. 101, 16-24.
- Illner H., 1992. Effect of roads with heavy traffic on grey partridge (*Perdix perdix*) density. Gibier Faune Sauvage, 9: 467-480.
- Kuitunen, M., Rossi, E., and Stenroos, A. (1998). Do highways influence density of land birds? Environ. Manage. 22, 297–302.
- Klump, G. M., Kretzschmar, E., and Curio, E. (1986). The hearing of an avian predator and its avian prey. Behav. Ecol. Sociobiol. 18, 317-323.
- Konishi, M. (1969). Time resolution by single auditory neurones in birds. Nature. 222, 566-567.
- Konishi, M. (1970). Comparative neurophysiological studies of hearing and vocalizations on song birds. Z. Vgl. Physiol. 66, 257-272.
- Konishi, M., and Knudsen, E. I. (1979). The oilbird: hearing and echolocation. Science. 204, 425-427.
- Kuhn, A., Muller, C. M., Leppelsack, H.-J., and Schwartzkopff, J. (1982). Heart rate conditioning used for determination of auditory thresholds in the starling, Naturwissenschaften. 69, 245-256.
- Langemann, U., Gauger, B., and Klump, G. M. (1998). Auditory sensitivity in the great tit: perception of signals in the presence and absence of noise. Anim. Behav. 56, 763-769.
- Ientile R., Spina F., Agostini N., Calvario E., 2007. Quarto rapporto conclusivo delle attività di monitoraggio svolto. INFS.
- Liley D., Clarke R.T., 2003. The impact of urban development and human disturbance on the numbers of nightjar *Caprimulgus europaeus* on heathlands in Dorset, England. Biological Conservation, 114: 219-230.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

- Linzenbold, A., Dooling, R. J., and Ryals, B. M. (1993). A behavioral audibility curve for the Japanese quail (*Coturnix coturnixjaponica*). Paper presented at midwinter meeting of the Association for Research in Otolaryngology, St. Petersburg, FL.
- Llacuna, S., Gorriz, A., Riera M., and Nadal J. (1996). Effects of air pollution on hematological parameters in passerine birds. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 31, 148-152.
- Lohr, B. and Dooling, R. J. (1999). Hearing in the red-billed firefinch (*Lagonosticta senegala*): An estrildid finch with narrowband vocalizations. *Association for Research in Otolaryngology MidWinter Meeting*, St. Petersburg, FL
- Lohr, B., Wright, T.F., and Dooling, R.J. (2003). Detection and discrimination of natural calls in masking noise by birds: estimating the active space signal. Anim. Behav. 65, 763-777.
- Maiorana, V. A., and Schleidt, W. M. (1972). The auditory sensitivity of the turkey. J. Aud. Res. 12, 203-207.
- Manley, G. A., Koppi, C., and Yates, G. K. (1997). Activity of primary auditory neurons in the cochlear ganglion of the emu *Dromaius novaehollandiae*: spontaneous discharge, frequency tuning, and phase locking. J. Acoust. Soc. Am. 101, 1560-1573.
- Magrini M., Perna P., Scotti M (eds.), 2007. Aquila reale, Lanario e Pellegrino nell'Italia peninsulare – Stato delle conoscenze e problemi di conservazione. Atti del Convegno. Serra San Quirico (Ancona), 26-28 Marzo 2004. Parco Regionale Gola della Rossa e di Frasassi.
- Murison G., 2002. The impact of human disturbance on the breeding success of nightjar *Caprimulgus europaeus* on heathlands in south Dorset, England. English Nature Research Reports, No. 483.
- Nelson M., 1969. General discussion, behaviour and general ecology. In: JJ. Hickey (editor), Peregrine falcon populations, their biology and decline. University of Wisconsin Press, Madison.
- Nieboer, E., and Van der Paardt, M. (1977). Hearing of the African wood owl *Strix woodfordii*. Neth. J. Zool. 27, 227-229.
- Niemiec, A. J., Raphael, Y., and Moody, D. B. (1994). Return of auditory function following structural regeneration after acoustic trauma: behavioral measures from quail. Hear Res. 79, 1-16.
- Noirot, I., Brittan-Powell, E. F., Dooling, R. J., and Montgomery, L. (2006). A comparison of behavioral and auditory brainstem response measurements of absolute and masked auditory thresholds in three species of birds. Paper presented at the June meeting of the Acoustical Society of America, Providence, RI.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		Codice VIAC083_F1.docx	Rev F1	Data 30/05/2012

- Okanoya, K., and Dooling, R. J. (1985). Colony differences in auditory thresholds in the canary. *J. Acoust. Soc. Am.* 7, 170-176.
- Okanoya, K., and Dooling, R. J. (1987). Hearing in passerine and psittacine birds: a comparative study of masked and absolute auditory thresholds. *J. Comp. Psychol.* 101, 7-15.
- Okanoya, K., and Dooling, R. J. (1988). Hearing in the swamp sparrow (*Melospiza georgiana*) and the song sparrow (*Melospiza melodia*). *Anim. Behav.* 36, 726-732.
- Osada, Y. (1991). Comparison of community reactions to traffic noise. *J. Sound Vib.* 151, 479- 486.
- Parris, K. M., and Schneider A. (2008). Impacts of traffic noise and traffic volume on birds of roadside habitats. *Ecology and Society* 14(1): 29.
- Peris, S. J., and Pescador, M. (2004). Effects of traffic noise on passerine populations in the Mediterranean wood pastures. *Appl. Acoust.* 65, 357-366.
- Pettigrew, J. D., and Larsen, O. N. (1990). Directional hearing in the plains-wanderer, *Pedionomus torquatus*. In *Information Processing in Mammalian Auditory and Tactile Systems* edited by M. Rowe and L. Aitkin(Wiley-Liss, New York), pp179-190.
- Popper, A. N., and Fay, R. R. (1999). The auditory periphery in fishes. In: *Comparative Hearing: Fish and Amphibians*, edited by R. R. Fay and A. N. Popper (Springer-Verlag, New York), pp. 43-100.
- Reijnen, R., and Foppen, R. (1994). The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland I. Evidence of reduced habitat quality for willow warblers (*Phylloscopus trochilus*) breeding close to a highway. *J. Appl. Ecol.* 31, 85-94.
- Reijnen, R., and Foppen, R. (1995 a). The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. IV. Influence of population size on the reduction of density close to the highway. *J. Appl. Ecol.* 32, 481-491.
- Reijnen, R., Foppen, R., ter Braak, C., and Thissen, J. (1995 b). The effects of car traffic on breeding bird populations in Woodland. III. Reduction of density in relation to the proximity of main roads. *J. Appl. Ecol.* 32, 187-202.
- Reijnen, R., Veenbaas, G., and Foppen, R. (1995 c). *Predicting the Effects of Motorway Traffic on Breeding Bird Populations*. Ministry of Transport and Public Works, Delft, The Netherlands.
- Reijnen, R., Foppen, R., Meeuwsen, H. (1996). The effects of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. *Biological Conservation* 75 (1996) 255-260.
- Ryals, B. M., Dooling, R. J., Westbrook, E., Dent, M. L., MacKenzie, A., and Larsen, O. N. (1999). Avian species differences in susceptibility to noise exposure. *Hear. Res.* 131, 71- 88.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		Codice VIAC083_F1.docx	Rev F1	Data 30/05/2012

- Saunders, J.C., and Dooling, R. J. (1974). Noise-induced threshold shift in the parakeet (*Melopsittacus undulatus*). Proc. Nat. Acad. Sci. USA 71, 1962-1965.
- Saunders, J. C., Rintelmann, W. F., and Bock, G. (1979). Frequency selectivity in bird and man: a comparison among critical ratios, critical bands, and psychophysical tuning curves. Hear. Res. 1, 303-323.
- Saunders, J. C., and Pallone, R. L. (1980). Frequency selectivity in the parakeet studied by iso-intensity masking contours. J. Exp. Biol. 87, 331-342.
- Saunders, J. C., and Salvi, R. J. (1993). Psychoacoustics of Normal adult chickens: thresholds and temporal integration. J. Acoust. Soc. Am. 94, 83-90.
- Schwartzkopff, J. (1949). Über Sitz und Leistung von Gehör und Vibrationssinn bei Vögeln. Z. Vgl. Physiol. 31, 527-603.
- Severns, M., Gray L. and Rubel E. W. (1985). An avian vocalization detector. Physiology & Behavior 34(5), 843-845.
- Slabbekoorn, H. and Peet M. (2003). Birds sing at a higher pitch in urban noise. Nature 424, 267.
- Smith, C. A. (1985). Inner ear. In: *Form and Function in Birds. Vol. 3*, edited by A. S. King and J. McLellan (Academic Press, London), pp. 273-310.
- Stebbins, W. C. (1970). Studies of hearing and hearing loss in the monkey. In: *Animal Psychophysics: The Design and Conduct of Sensory Experiments*, edited by W. C. Stebbins (Appleton, New York), pp. 41-66.
- Steenhof K., Kochert M.N., Doremus J.H., 1983. Nesting of sub-adult Golden eagles in southwestern Idaho. Auk, 100: 743-747.
- Stone, E. (2000). Separating the noise from the noise: a finding in support of the Niche Hypothesis, that birds are influenced by human-induced noise in natural habitats. Anthrozoos. 13, 225-231.
- Tanaka, K., and Smith, C. A. (1978). Structure of the chicken's inner ear: SEM and TEM study. Am. J. Anat. 153, 251-271.
- Transportation Noise Control Center (TNCC), Caltrans Environmental Engineering (1997). Environmental Effects of Transportation Noise. A Case Study: Noise Criteria for the Protection of Endangered Passerine Birds. TNCC Technical Report 97001.
- Trainer, J. E. (1946). *The Auditory Acuity of Certain Birds*. PhD thesis, Cornell University, Ithaca, NY.
- Van der Zande, A. N., ter Keurs, W. J., and Van Der Weijden, W. J. (1980). The impact of

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RISPOSTA ID C082		<i>Codice</i> VIAC083_F1.docx	<i>Rev</i> F1	<i>Data</i> 30/05/2012

roads on the sensitivities of four bird species in an open field habitat: evidence of a long distance effect. *Biol. Conserv.* 18, 299-312.

- Van Dijk, T. (1973). A comparative study of hearing in owls of the family Strigidae. *Neth. J. Zool.* 23, 131-167.
- Warren, P. S., Katti, M. K., Ermann, M., and Brazel, A. (2006). Urban bioacoustics: it's not just noise. *Anim. Behav.* 71, 491-502.
- Waterman, E., Tulp, I., Reijnen, R., Krijgsveld, K., ter Braak, C. (2004). Noise disturbance of meadow birds by railway noise, in *Atti di INTERNOISE2004, Prague 2004*
- Wood, W. E. and Yezerinac S. M. (2006). Song sparrow (*Molospiza Melodia*) song varies with urban noise, *The Auk* 123(3), 650–659.
- Wright, T. F., Dooling, R. J., Cortopassi, K. A., and Bradbury, J. (2000). Hearing and vocalizations in the orange-fronted conure (*Aratinga Canicularis*), a small parrot. Paper presented at the 139th meeting of the Acoustical Society of America, Atlanta, GA.