



Università Politecnica delle Marche
Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente
Corso di Laurea in Scienze Biologiche

L'utilizzo delle piume come utile strumento per la valutazione della contaminazione da mercurio
The use of feathers as a useful tool for assessing the mercury contamination

Tesi di Laurea di:
Giulia Castorina

Docente Referente
Prof.ssa Maura Benedetti

Sessione Autunnale

A.A. 2021/2022

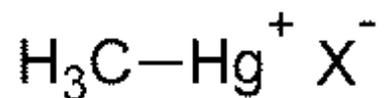
ABSTRACT

Tra le specie più rilevanti dal punto di vista ecotossicologico vi sono i metalli pesanti, il cui trasferimento alla catena trofica rappresenta un rischio significativo sia per l'ecosistema che per la salute umana. Particolarmente tossico per il biota risulta essere il mercurio (Hg).

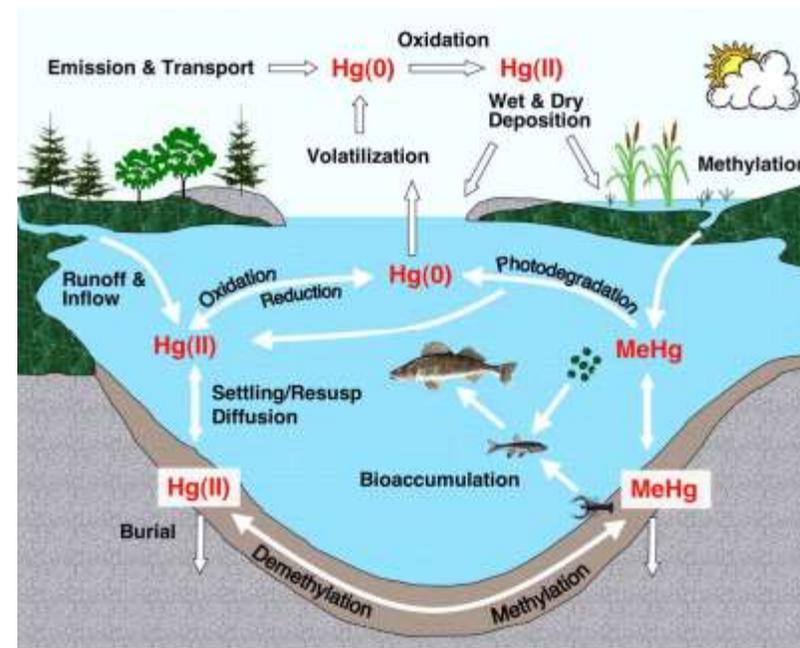
Gli articoli, su cui si basa questa tesi, tentano di costruire un piano di biomonitoraggio ambientale attraverso l'utilizzo delle piume di uccelli come bioindicatori.

La domanda a cui questi studi tentano di dare risposta è se le piume possano essere considerate veramente idonee per biomonitorare la concentrazione di mercurio nei tessuti interni degli uccelli.

INTRODUZIONE



Negli ambienti acquatici, il Hg può essere trasformato, a causa dei batteri presenti nel sedimento, nella sua forma organica, più mobile e facilmente accumulabile: il metilmercurio. La gran parte della metilazione del Hg nelle acque naturali è ad opera di batteri solfato-riduttori e ferro-riduttori attraverso una catalisi di tipo enzimatico che coinvolge una metil-transferasi. Il MeHg, a causa della sua liposolubilità, viene biomagnificato nella catena alimentare e può raggiungere concentrazioni molto elevate nei predatori in cima alla catena trofica.



GLI EFFETTI DEL MERCURIO NEGLI UCCELLI

Table 1. Examples of the adverse reproductive effects of metals in birds.^a

Toxic	Exposure route	Effect	Sources
Mercury	Ingestion	Reduced egg production, increased chick mortality, lighter eggs, reduced hatching success, smaller clutches.	14-17 22-23

GLI UCCELLI COME BIOINDICATORI

Gli uccelli sono considerati buoni bioindicatori per una serie di motivi:

- **sono diurni, facilmente osservabili e monitorabili nel corso degli anni;**
- **molte specie e individui sono filopatriche;**
- **esibiscono diversi tipi di diete;**
- **molte specie si trovano all'apice della rete trofica;**
- **richiamano l'interesse del pubblico;**
- **sono sufficientemente sensibili da mostrare effetti sub-letali anche a concentrazioni basse di inquinanti.**

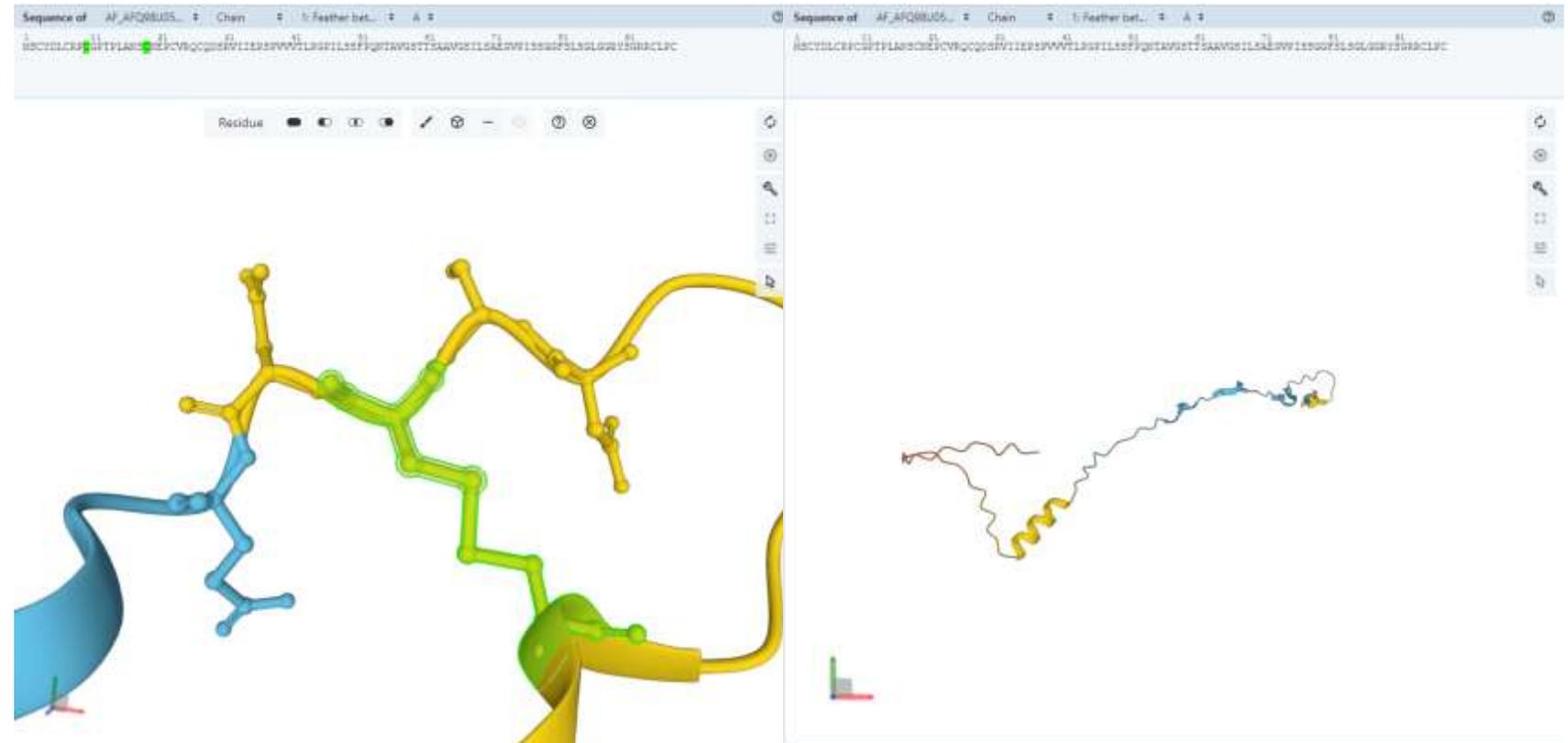
L'USO DELLE PIUME PER DETERMINARE LA CONCENTRAZIONE DI MERCURIO NEGLI UCCELLI

Le piume sono utili per determinare le concentrazioni di mercurio nei tessuti degli uccelli perché:

- gli uccelli accumulano il mercurio nelle piume durante la loro formazione
- Il mercurio viene accumulato solo durante il periodo di crescita della piuma quando c'è un attivo rifornimento di sangue
- le piume sono facili da prelevare senza causare danno agli uccelli, con un processo non invasivo
- le piume possono essere facilmente conservate in contenitori privi di metalli e non necessitano refrigerazione
- il profilo chimico del mercurio non viene alterato da una conservazione a lungo termine a temperatura ambiente.

TRASPORTO DEL MERCURIO

Le piume sono composte da cheratina, una matrice proteica ricca di ponti disolfuro riducibili a gruppi sulfidrilici disponibili a legare metalli. Infatti il MeHg dimostra un'alta affinità per i gruppi SH presenti nelle cisteine, andando a formare il complesso MeHg-Cys. Attraverso questo complesso, il MeHg viene poi trasportato in altri tessuti.



Computed structure model of Feather beta keratin.

- AlphaFold DB: [AF-Q98U05-F1](#)
- Organism(s): [Mycteria americana](#)
- UniProtKB: [Q98U05](#)

SCOPO DELLO STUDIO

L'obiettivo di questo lavoro è quello di valutare se ci sia davvero una correlazione tra la concentrazione di mercurio nelle piume degli uccelli e la concentrazione di mercurio nei tessuti interni.

Da come si può osservare nella tabella, il livello di mercurio nelle piume potrebbe essere alterato dalla presenza di contaminazione esterna, dalle abitudini migratorie dell'uccello e dal tempo di muta dell'organismo.

Table 1

Current information regarding the suitability of feathers for biomonitoring of different types of pollutants in birds. If not enough information is available to draw any conclusions, this is indicated with a question mark ("?").

	Reflecting internal concentrations	External contamination	Suitability as a biomonitor	Remarks	Selected references
Metals and elements	For Hg and some other metals	Important issue for some metals	Depending on the metal	External contamination is dependent on the location. Different elements may be important in sediment or air	[3–6,8,16,18,25,33]

SPECIE INVESTIGATIVE



Specie: tordo migratore
Numero di piume analizzate: 25
Tipo di piume analizzate: piume del petto.



Specie: sterna maggiore
Numero di piume analizzate: 40
Tipo di piume analizzate: piume di petto, schiena e testa.



Specie: quattrocchi comune
Numero di piume analizzate: 40
Tipo di piume analizzate: piume di petto e schiena.



Specie: rallo di Rigdway
Numero di piume analizzate: 40
Tipo di piume analizzate: piume di petto e schiena.



Specie: svasso cigno
Numero di piume analizzate: 60
Tipo di piume analizzate: piume di petto e schiena

PREPARAZIONE DEI CAMPIONI

Le piume, prima di essere analizzate, sono state sottoposte a pre-trattamento in modo da rimuovere contaminazione esterna attraverso i seguenti step:

- le piume sono state lavate utilizzando il detergente Alconox;
- più volte sciacquate con DH_2O
- lasciate asciugare per 24-48 h a 40°C .

Per l'esperimento numero 3 le piume sono state suddivise nelle varie componenti (vessillo, rachide e calamo).

DISEGNO SPERIMENTALE

Le piume pre-trattate sono stata analizzate per:

- Esperimento 1 → quantificare la variabilità della concentrazione di MeHg tra piume di diverso tipo dello stesso uccello.
- Esperimento 2 → determinare quante piume devono essere analizzate per assicurarsi, con un alto livello di confidenza, che i campioni rappresentino la concentrazione totale media di MeHg di quello specifico tipo di piuma.
- Esperimento 3 → esaminare la variazione di concentrazione di MeHg all'interno della stessa piuma e determinare se ci sono differenze tra le varie componenti.

ANALISI DEL MERCURIO

Le piume sono state analizzate con un MA-3000 Direct Mercury Analyzer della NIC Instrumentals Corporation.

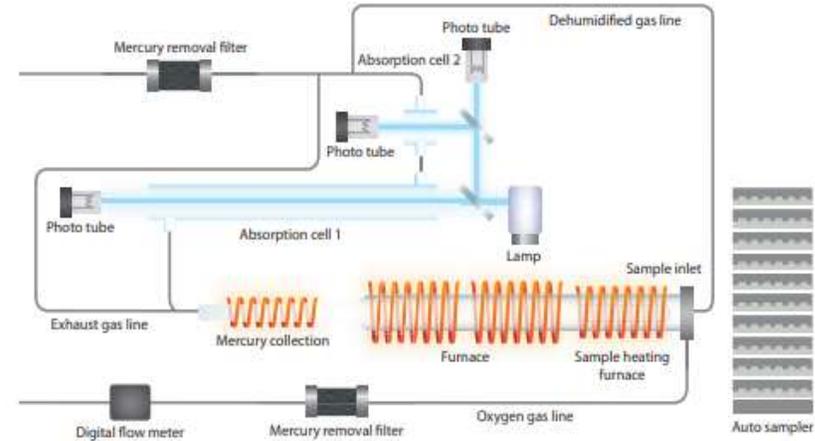


Figure 1. Schematic of thermal decomposition method

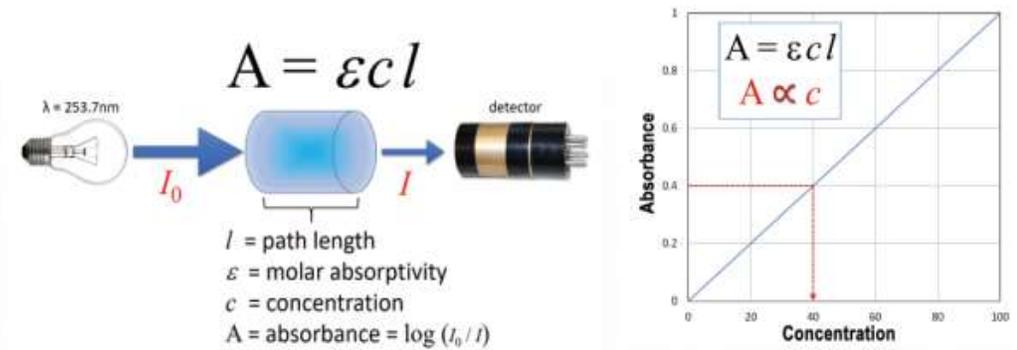


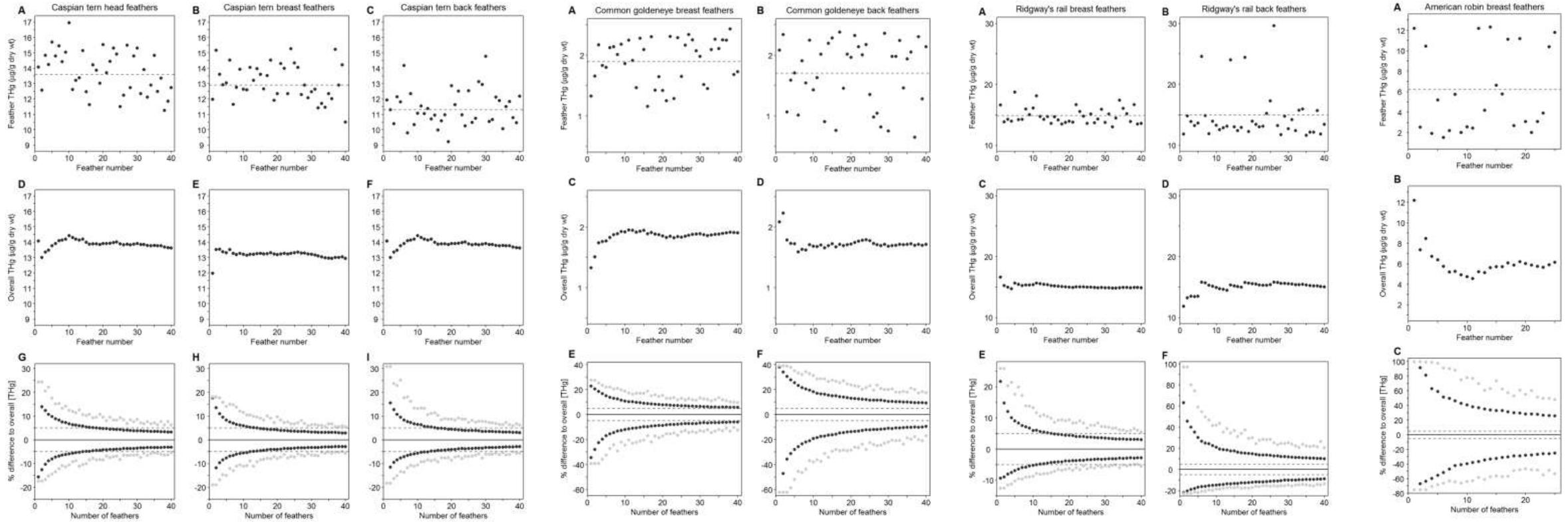
Figure 2. Cold vapor atomic absorption spectroscopy

RISULTATI ESPERIMENTO 1

- Sterna maggiore: la concentrazione di mercurio è diversa tra i tre tipi di piume; la concentrazione media nelle piume del petto e della testa risulta più alta di quella delle piume della schiena rispettivamente del 15% e del 21%.
- La concentrazione media nelle piume del petto del quattrocchi comune è più alta rispetto a quella delle piume della schiena del 12%.
- La concentrazione media del Hg nelle piume della schiena dello svasso cigno è più alta del 5% di quella osservata nelle piume del petto.
- Non sono state rinvenute differenze significative tra la concentrazione media nelle piume del petto e nella schiena per il rallo di Ridgway.

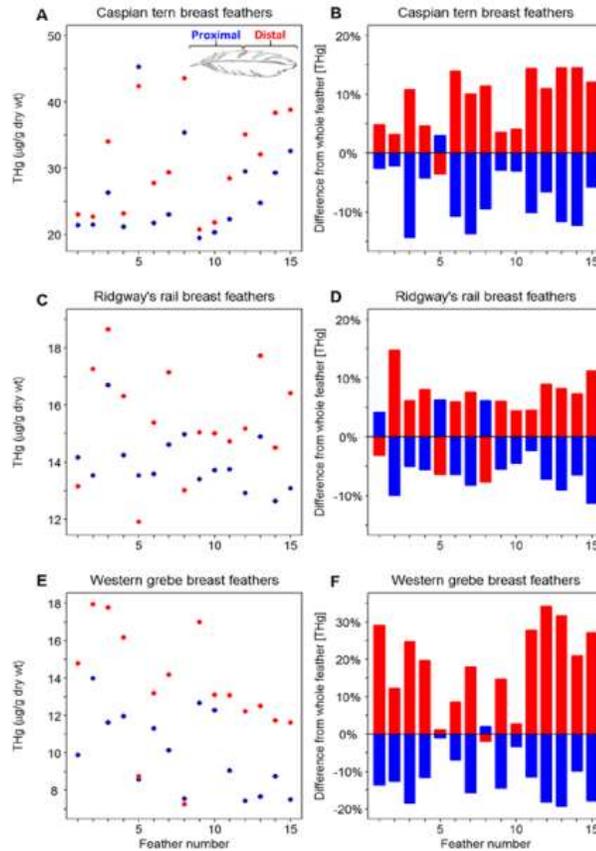
Species	Feather type	No. feathers analyzed	Min [THg] (µg/g dry wt)	Max [THg] (µg/g dry wt)	Max difference	Overall average [THg] (µg/g dry wt)	Geometric mean [THg] (µg/g dry wt)	Arithmetic mean [THg] (µg/g dry wt)	Arithmetic SD [THg] (µg/g dry wt)	No. feathers required for 4 levels of accuracy					
										% CV [THg]	Within 5% of overall [THg]	Within 10% of overall [THg]	Within 20% of overall [THg]	Within 30% of overall [THg]	
Individually analyzed feathers:															
American robin	Breast	25	1.54	12.30	699%	6.15	4.69	5.97	4.06	68.1%	Not possible	Not possible	Not possible	18	
Caspian tern	Breast	40	10.50	15.27	45%	12.94	13.03	13.08	1.15	8.8%	14	4	2	1	
Caspian tern	Back	40	9.22	14.78	60%	11.29	11.36	11.42	1.17	10.2%	16	5	2	2	
Caspian tern	Head	40	11.26	16.95	51%	13.63	13.72	13.79	1.39	10.1%	18	5	2	1	
Common goldeneye	Breast	40	1.16	2.43	110%	1.90	1.87	1.91	0.36	19.0%	Not possible	15	4	2	
Common	Back	40	0.65	2.38	267%	1.71	1.61	1.71	0.54	31.5%	39	10	3	1	
Ridgway's rail	Breast	40	13.01	18.71	44%	14.87	14.80	14.86	1.35	9.1%	15	5	2	1	
Ridgway's rail	Back	40	11.63	29.65	155%	15.04	14.29	14.68	4.00	27.2%	Not possible	40	11	6	
Western grebe	Breast	60	7.10	13.57	82%	10.29	10.27	10.40	1.64	15.8%	40	10	3	1	
Western grebe	Back	60	6.56	13.00	98%	10.80	10.82	10.94	1.54	14.1%	39	10	3	1	

RISULTATI ESPERIMENTO 2

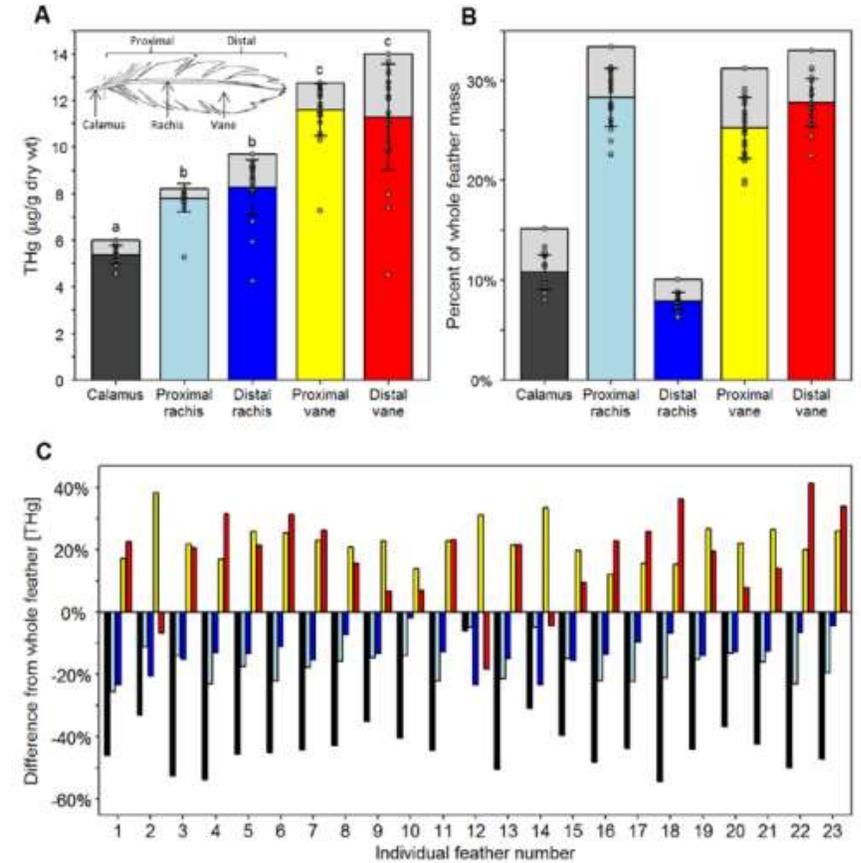


RISULTATI ESPERIMENTO 3

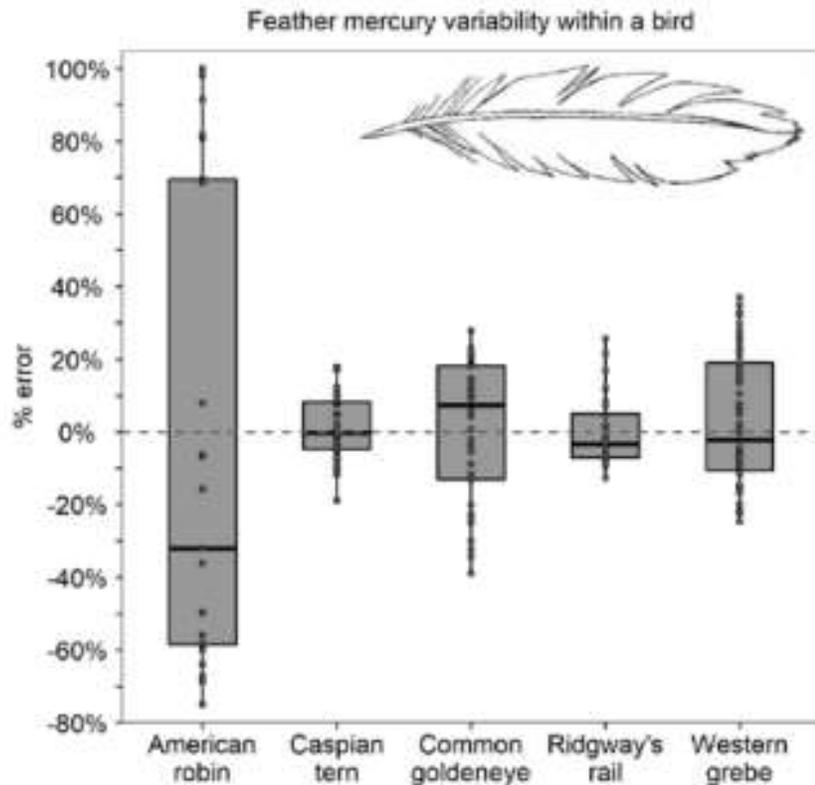
La concentrazione di mercurio risulta del 34%, 17% e 10% più alta nella parte distale che prossimale rispettivamente per lo svasso cigno, la sterna maggiore e il rallo di Ridgway.



La concentrazione di mercurio risulta essere più alta nella parte distale che prossimale delle piume scapolari dello svasso cigno sia con che senza calamo.



CONCLUSIONE



L'analisi delle piume ha permesso di disegnare un piano di monitoraggio degli inquinanti non impattante e non invasivo. In alcuni casi la concentrazione di mercurio nelle piume potrebbe essere altamente correlata alla concentrazione di mercurio nei tessuti interni. Ma, per molte specie di uccelli questa correlazione è meno forte. Per avere un piano efficiente di biomonitoraggio è importante tenere in considerazione la specie dell'uccello, il tipo di piuma e la contaminazione esterna.

In conclusione, se alcuni protocolli di conservazione, preparazione e analisi sono seguiti, le piume possono essere considerate un buono strumento per il biomonitoraggio.

BIBLIOGRAFIA

- Joanna Burger, Department of Biological Sciences and Environmental and Occupational Health Sciences Institutes, Rutgers University, 1993. Reviews in Environmental toxicology, Metals in Avian Feathers: Bioindicators of Environmental Pollution.
- Veerle L.B Jaspers, Adrian Covaci, Dorte Herzke, Igor Eulares, Marcel Eens, 27 May 2019. Bird feathers as a biomonitor for environmental pollutants: Prospect and pitfalls. Trends in Analytical Chemistry 118 (2019) 223-226.
- Sarah H.Peterson, Joshua T. Ackerman, Matthew Toney, Mark P.Herzog. Critical review: Mercury concentrations vary within and among individual bird feathers: A critical evaluation and guidelines for feather use in mercury monitoring programs (doi: 10.1002/etc.4430).
- <https://www.hg-nic.com/ma-series/ma-3000/>
- https://www.wolflabs.co.uk/document/A1-Envirosciences_Mercury-Analysers_MA-3000.pdf
- https://en.wikipedia.org/wiki/Western_grebe#/media/File:Western_Grebe_swimming.jpg
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Ridgway%27s_rail#/media/File:Ridgway's_Rail_\(24515510911\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Ridgway%27s_rail#/media/File:Ridgway's_Rail_(24515510911).jpg)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Common_goldeneye#/media/File:Common_Goldeneye_\(Bucephala_clangula\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Common_goldeneye#/media/File:Common_Goldeneye_(Bucephala_clangula).jpg)
- https://en.wikipedia.org/wiki/Caspian_tern#/media/File:Sterna-caspia-010.jpg
- https://en.wikipedia.org/wiki/American_robin#/media/File:Turdus-migratorius-002.jpg
- http://www.gsartor.org/pro/didattica/pdf_files/BA_R99_PbHg.pdf
- <https://it.wikipedia.org/wiki/Metilmercurio>