



**Dietary ecology of
Alaskan polar bears
(*Ursus maritimus*)
through time and in
response to Arctic
climate change**

*«Global Change Biology»
Gennaio 2021*

Petherick AS, Reuther JD, Shirar
SJ, Anderson SL, DeSantis LRG

Introduzione

Impatto del riscaldamento climatico nei confronti della biodiversità
(soprattutto ai poli → ambiente vulnerabile)

Rapido aumento delle temperature



Diminuzione della copertura dei ghiacciai



Prede sempre più inaccessibili
(impatto alla dieta di predatori apicali, come *Ursus maritimus*)

Conseguenze alle popolazioni di *Ursus maritimus*:

- Contrazione delle popolazioni
- Isolamento geografico
- Declino del n° di individui
- Peggioramento della salute degli individui

Riorganizzazione bottom-up
della rete trofica



*In grigio, areale di distribuzione dell'orso polare.
Le popolazioni di *Ursus maritimus* sono presenti
nell'emisfero nord, sulla maggior parte delle terre
coperte da ghiacci e sulle calotte polari dell'Artico.*

Ursus maritimus:

Dieta

- Predatore marino all'apice della rete trofica, esclusivamente carnivoro
- Alimentazione a base di grasso e tessuti molli



Grasso come cibo preferenziale => alto costo di mantenimento delle loro riserve di grasso, essenziali per la termoregolazione

Ridotto consumo di alimenti più duri, processare e digerire questi tessuti richiede un aumento del tasso metabolico, senza un sufficiente apporto di energia

Anatomia di teschio e denti

- Canini allargati e molari ridotti con cuspidi prominenti
- Morfologia del cranio evoluta per assecondare il suo ruolo di predatore acquatico => cranio allungato





Pusa hispida
(foca dagli anelli)

Principale preda dell'orso polare



Erignathus barbatus
(foca barbata)

Altra importante fonte di alimentazione per
Ursus maritimus

Ursus maritimus come simbolo delle conseguenze del riscaldamento climatico sulla fauna dei poli



Diminuzione della copertura dei ghiacciai, riduzione dell'areale di caccia alle foche:

- *Pusa hispida*
- *Erignathus barbatus*

Il riscaldamento atmosferico ha effetti sull'efficienza di foraggiamento degli orsi polari (in questo studio, orsi dell'Alaska)

Aumento del consumo di carcasse di balene (cacciate dall'uomo)

Aumento anche di altre prede terrestri, per compensare l'inaccessibilità della caccia alle foche

Ipotesi:

⇒ Il riscaldamento climatico sta comportando una riduzione dell'areale di caccia della specie *Ursus maritimus*, che si trova costretto a variare la propria dieta, verso cibi dalla consistenza più dura (ossa e tessuti, a sostituire il consumo di grasso).

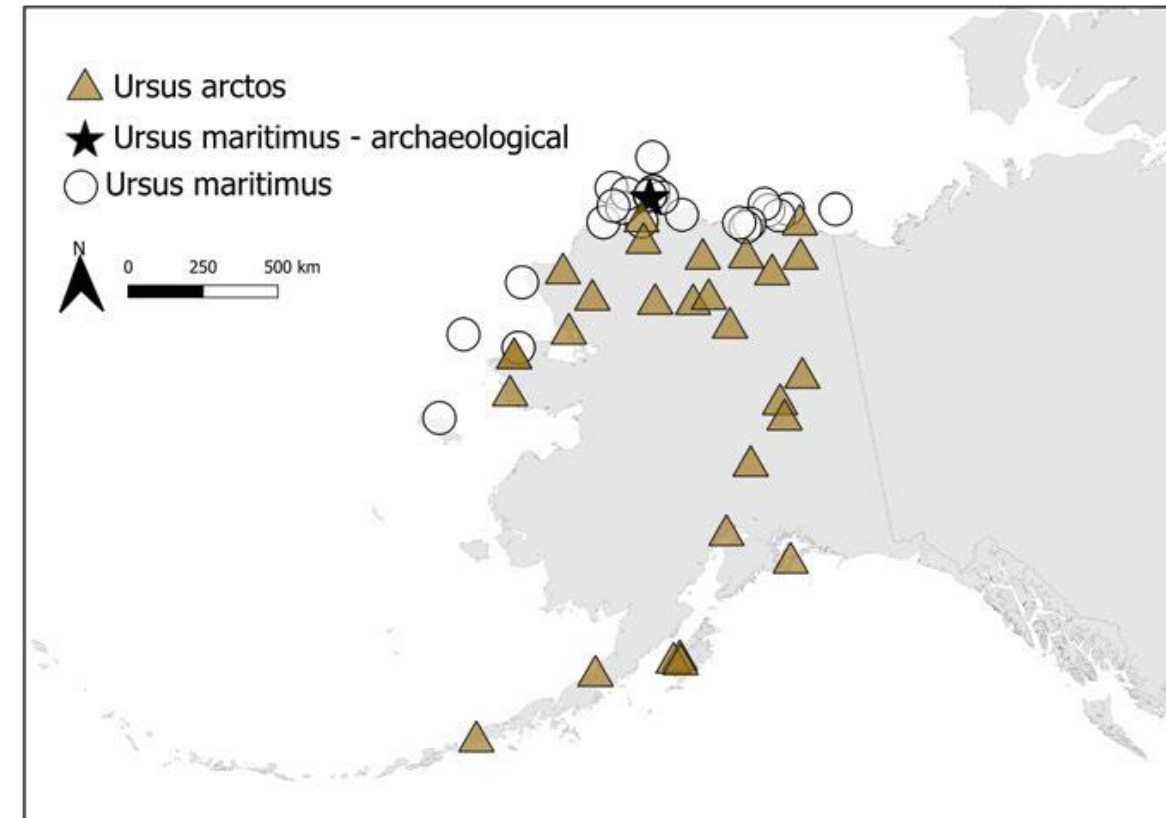
Una variazione della dieta è correlata con una variazione delle irregolarità della superficie dentale.

Obiettivo dello studio:

⇒ Analisi della texture della superficie dentale (DMTA) per determinare come il cambiamento climatico ai poli possa essere una sfida da un punto di vista alimentare.

Confronto tra esemplari museali di *Ursus maritimus*:

- Esemplari medievali (1000 anni fa)
- Esemplari moderni (20° secolo)
- Esemplari moderni (21° secolo)
- Esemplari di *Ursus arctos* (20°-21° secolo)



D.M.T.A.

(Dental Microwear Texture Analysis)

Analisi per l'interpretazione microscopica della superficie dei denti, comunemente usata per inferire il tipo di alimentazione degli individui analizzati.

Osservazione di alcune caratteristiche della superficie:



COMPLESSITÀ DELLA SUPERFICIE (*Asfc*)

Dislivelli e asperità della superficie

Maggiore complessità, maggior consumo di cibo duro



ANISOTROPIA (*epLsar*)

Misura dello sviluppo uniforme delle asperità della superficie

Maggiore anisotropia, maggior consumo di cibo duro



TEXTURE FILL VOLUME (*Tfv*)

Superficie rimossa dalle micro-fratture, misura della profondità delle fessure

Valore alto, indica fratture più larghe e profonde, maggiore consumo di cibo duro



ETEROGENEITÀ (*HAsfc81*)

Grado di variazione della complessità delle superfici locali

Valore che fornisce molte informazioni per una dieta erbivora, non troppo rilevante in animali carnivori

(in questo studio è stato analizzato, anche se irrilevante)

Complessità e anisotropia sono le 2 caratteristiche più rilevanti da analizzare

Taxon	Time of collection	N
Archaeological polar bear specimens	(Medieval Warm Period) 1000 anni fa	20
Modern Alaskan polar bears	(20° secolo) 1880-1985	42
Modern Alaskan polar bears	(21° secolo) 2002-2005	7
Modern Alaskan grizzly bears	1949-2005	32

MATERIALI E METODI:

materiale e metadati

- Analisi antemortem della texture dentale, per i vari esemplari
- I metadati associati alle specie moderne (anno, mese, sesso, collocazione geografica) sono state annotate usando il database VertNet (<http://www.vertnet.org>).

MATERIALI E METODI:

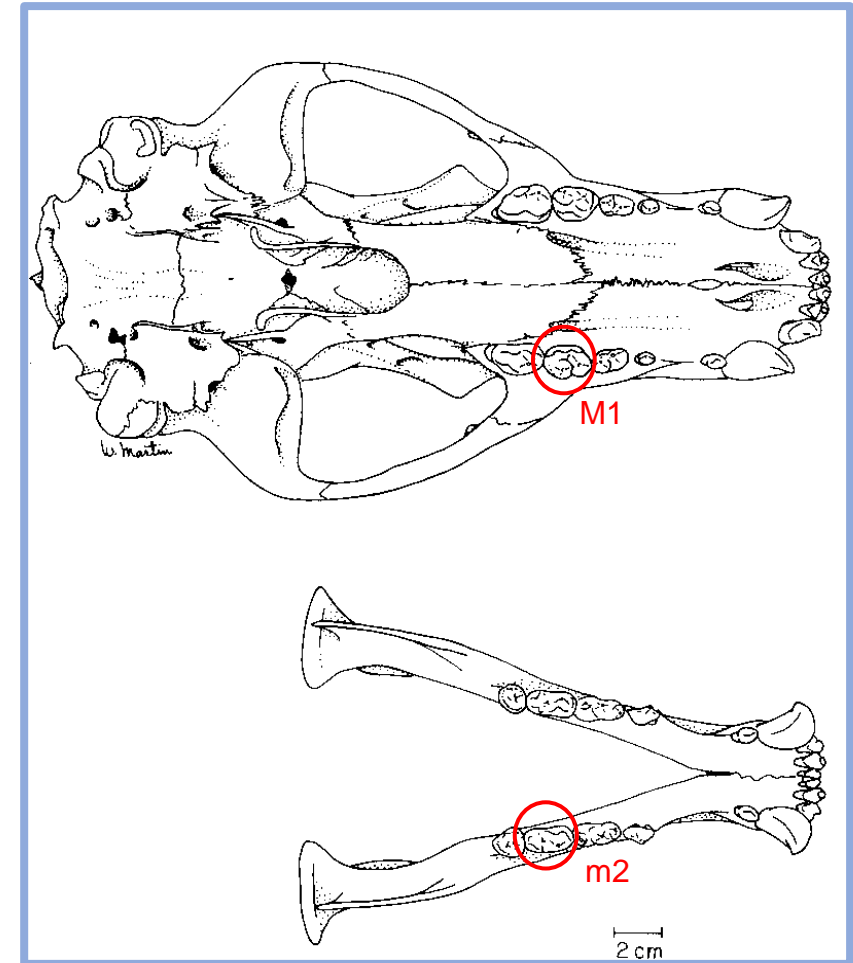
DMTA (dental microwear texture analysis)

Per ogni esemplare, analisi di:

- ⇒ **m2** (lower second molar)
Analisi della cuspid e principale, usata per sminuzzare e distruggere
- ⇒ **M1** (upper second molar)
Analizzato quando negli individui non era possibile analizzare m2

La superficie dentale è stata analizzata per:

- Complessità (*Asfc*)
- Anisotropia (*epLsar*)
- Textural fill volume (*Tfv*)
- Eterogeneità (*HAsfc81*)



a) Visione ventrale del cranio
b) Visione dorsale della mandibola

MATERIALI E METODI:

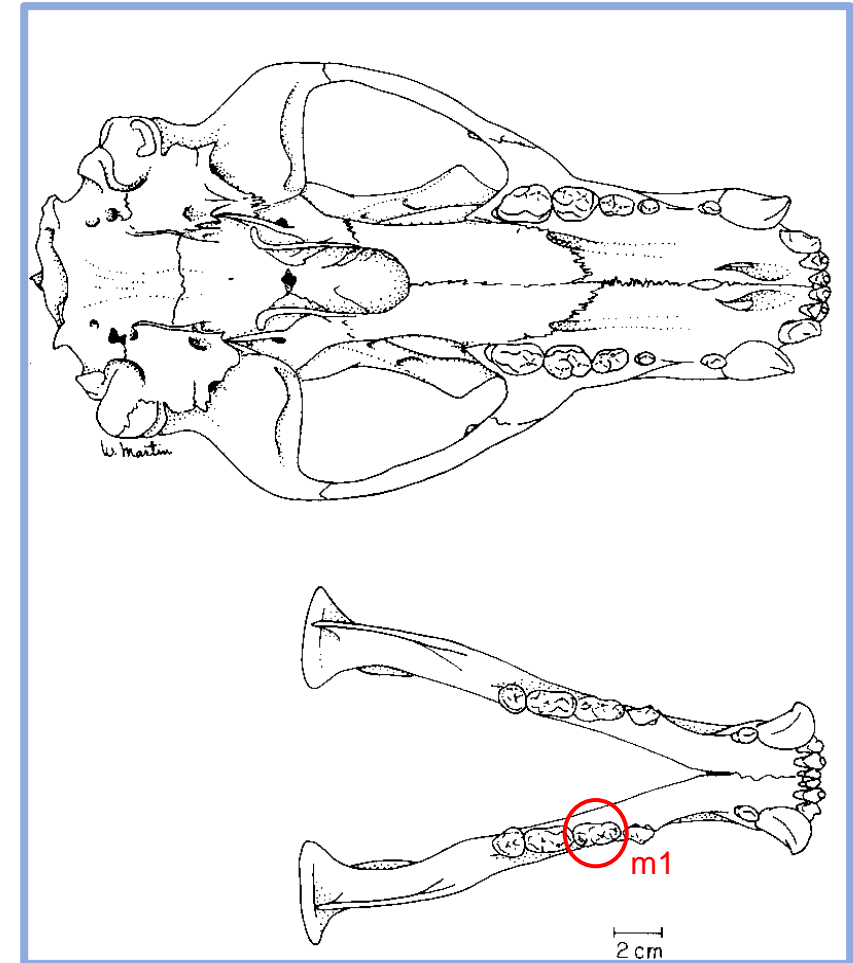
analisi della massa corporea

Per ogni esemplare, analisi di:

⇒ **m1** (lower first molar)
Per i mammiferi, potenziale indicatore della massa corporea

⇒ **ML** (mandibular length)
Ottimo indicatore della massa corporea di esemplari vivi

(molti esemplari museali presentavano mandibole inferiori incomplete → individui esclusi dall'analisi della massa corporea)



a) Visione ventrale del cranio
b) Visione dorsale della mandibola

TABLE 1 Descriptive statistics for each ursid examined, including data from Jones and DeSantis (2016)

Taxon (time of collection)	N	Attribute	Min.	Max.	Range	Median	Mean	SD (n - 1)	Normality
<i>Ursus maritimus</i> (archaeological)	20	Asfc	0.896	2.545	1.649	1.562	1.606	0.424	0.663
		epLsar	0.00112	0.00467	0.00355	0.00239	0.00253	0.000935	0.704
		Tfv	6533.251	17184.083	10,650.832	11,952.154	11,705.871	3096.258	0.651
		HAsfc ₉₁	0.394	1.392	0.998	0.616	0.654	0.229	0.006 ^a
<i>Ursus maritimus</i> (19th/20th century)	42	Asfc	0.598	3.007	2.409	1.618	1.694	0.579	0.589
		epLsar	0.00155	0.00631	0.00476	0.00314	0.00323	0.00104	0.114
		Tfv	2775.499	15,421.056	12,645.557	10,819.761	10,321.901	2968.896	0.003 ^a
		HAsfc ₉₁	0.357	2.019	1.662	0.657	0.757	0.365	<0.0001 ^a
<i>Ursus maritimus</i> (21st century)	7	Asfc	1.368	4.81	3.442	2.481	3.054	1.537	0.082
		epLsar	0.00115	0.00496	0.00381	0.00217	0.00270	0.00146	0.195
		Tfv	8038.852	15,726.309	7687.457	13,259.933	13,356.473	2621.451	0.068
		HAsfc ₉₁	0.65	1.498	0.848	0.807	0.905	0.286	0.064
<i>Ursus maritimus</i> (modern)	49	Asfc	0.598	4.81	4.212	1.687	1.888	0.899	<0.0001 ^a
		epLsar	0.00115	0.00631	0.00516	0.00313	0.00315	0.00111	0.257
		Tfv	2775.499	15,726.309	12,950.810	11,057.221	10,755.411	3088.527	0.008 ^a
		HAsfc ₉₁	0.357	2.019	1.662	0.693	0.778	0.356	<0.0001 ^a
<i>Ursus arctos</i> (modern)	32	Asfc	0.833	13.152	12.319	2.685	3.507	2.872	<0.0001 ^a
		epLsar	0.000800	0.00613	0.00533	0.00254	0.00296	0.00140	0.070
		Tfv	83.775	16,115.222	16,031.447	11,265.703	10,151.573	4170.706	0.121
		HAsfc ₉₁	0.335	2.847	2.512	0.657	0.735	0.439	<0.0001 ^a

Note: n, sample size; Min., minimum; Max., maximum; Range, total range; SD, standard deviation (n - 1); p < 0.05; Asfc, complexity; epLsar, anisotropy; Tfv, textural fill volume; HAsfc₉₁, 9 × 9 heterogeneity.

^aDenotes $\alpha < 0.05$.

Risultati: DMTA

Il p-value riportato è riferito al Mann-Whitney U-test, ma i risultati sono supportati anche da altri test statistici

20th-century polar bears vs archaeological polar bears

Source of Variation	P
Asfc	> 0.142
Tfv	> 0.142
HAsfc81	> 0.142
epLsar	0.012

Basso consumo di cibo duro in questi 2 periodi
Anche dato dall'assenza di carcasse (bassa attività umana)

epLsar significativo
Segnale di shift della dieta
In esemplari moderni, variazione verso cibi più duri

21st-century polar bears vs 20th-century polar bears

Source of Variation	P
Asfc	0.027
Tfv	0.008
HAsfc81	0.044
epLsar	0.184

21st-century polar bears vs archaeological polar bears

Source of Variation	P
Asfc	0.029
Tfv	> 0.194
HAsfc81	0.019
epLsar	> 0.194

Differenze sostanziali → consumo di cibo più duro negli esemplari del 21° secolo, rispetto sia al secolo scorso che ad esemplari medievali

RISULTATI:

analisi della massa corporea

- I valori di anisotropia sono positivamente correlati con la massa corporea
- Gli altri valori ricavati dalla DMTA (epLsar, Tfv, HAsfc81) non sono correlati con la massa del corpo
- Esemplari di dimensioni maggiori (> ML) mostrano una maggior consumazione di cibi duri, rispetto ad esemplari di taglia minore
- Maschi, valore maggiore di m1 e M1 rispetto alle femmine (taglia maggiore)
- I valori dalla DMTA non evidenziano differenze nelle strategie di alimentazione tra maschi e femmine
- Orsi polari, valore significativamente minore di Asfc rispetto a grizzly (gli altri valori non sono statisticamente significativi tra le 2 specie)

Massa corporea vs Asfc

Source of Variation	P
20th-century polar bears	0.033
21st-century polar bears	0.092

Conclusioni (1)

- La variazione della dieta in esemplari del 21° secolo potrebbe rappresentare un potenziale «tipping point» coincidente con il momento di maggiore accelerazione del riscaldamento climatico:
 - Quindi il passaggio da una dieta a base di grasso e una a base di cibi più duri potrebbe essere relazionata ad una variazione del regime climatico;
- L'aumento della richiesta di energia per l'alimentazione, crea un deficit energetico in questa specie (gli orsi polari hanno un metabolismo dei lipidi altamente specializzato, in confronto alle altre specie del genere *Ursus*);

Conclusioni (2)

- *Ursus maritimus* è evolutivamente svantaggiato rispetto alla specie sorella *Ursus arctos*:
 - ✓ Dieta più specializzata, a base di grasso;
 - ✓ Teschio strutturalmente inefficiente;
- Spostamento di *Ursus maritimus* verso l'areale di distribuzione di *Ursus arctos*:
 - Problema della possibile competizione tra *Ursus maritimus* e *Ursus arctos*;
 - Problema della possibile ibridazione tra *Ursus maritimus* e *Ursus arctos*;
- Recenti modelli indicano una possibile estinzione degli orsi polari, entro il prossimo secolo, se le emissioni di GHG non vengono mitigate



Grazie per l'attenzione!