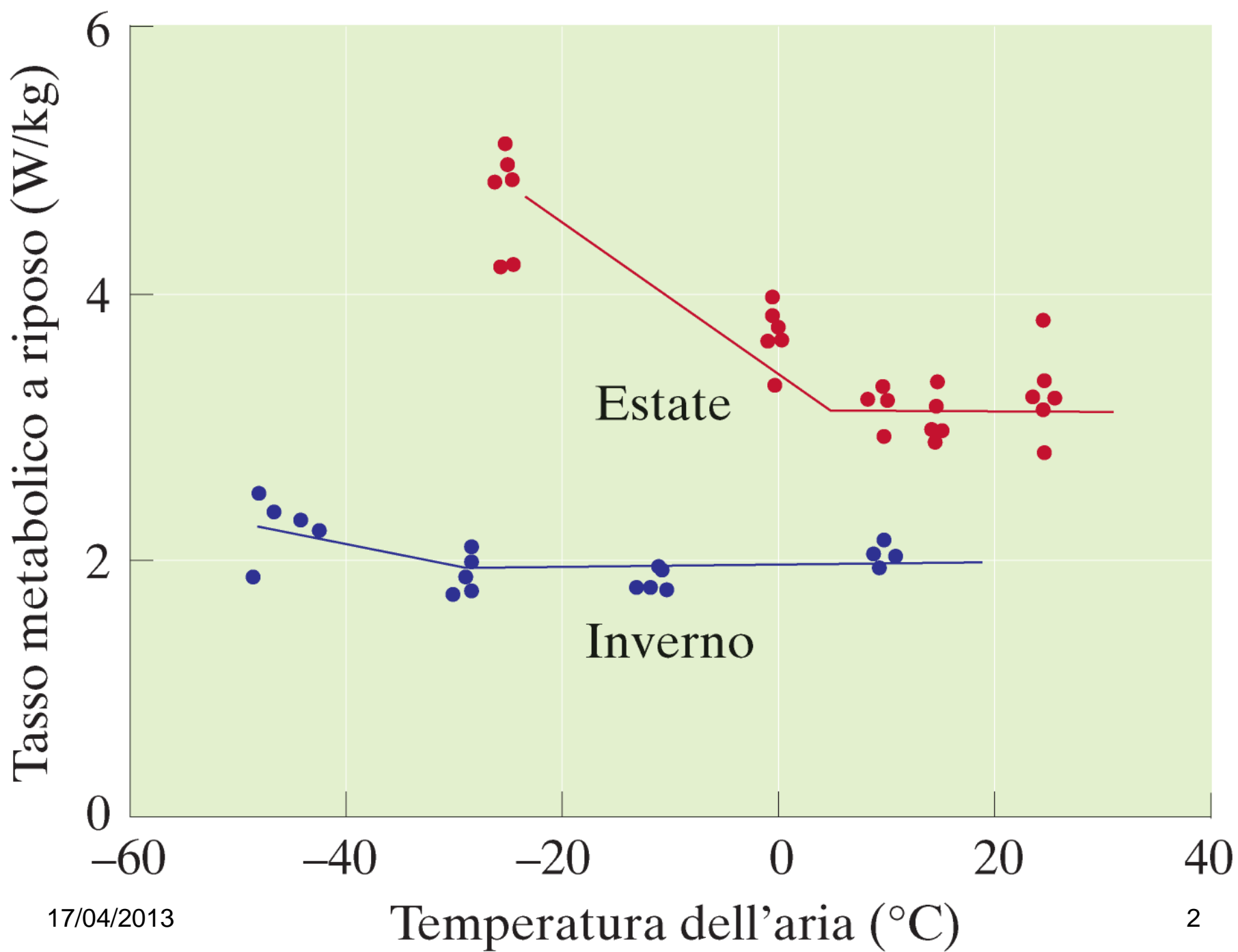


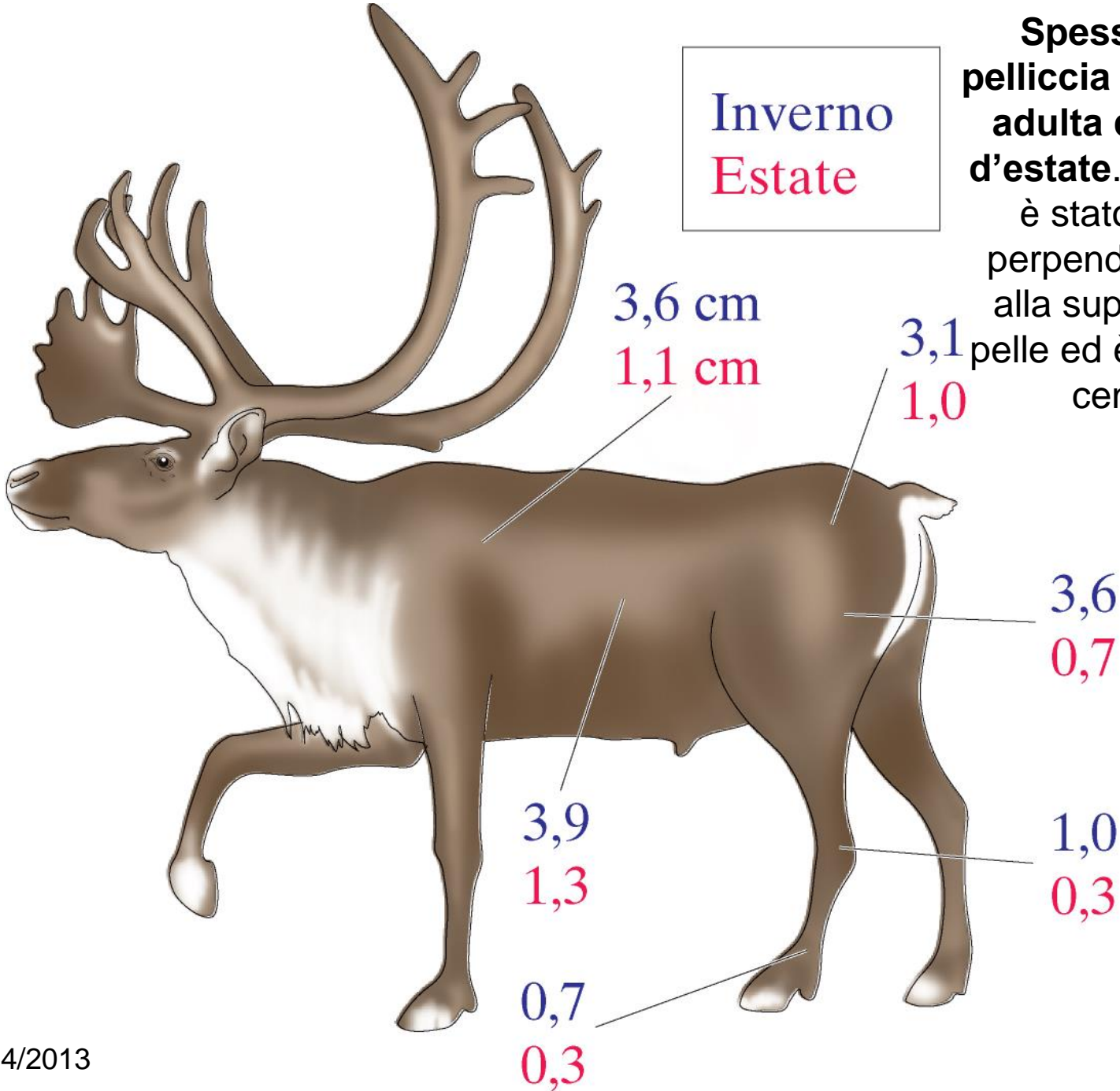
# Evitare il congelamento

- Piccoli acari terrestri ed insetti che non possono tollerare la formazione di ghiaccio vanno incontro a disidratazione, possono anche svuotare l'intestino
- La sintesi della AFP comporta normalmente un'interazione tra la T bassa e un orologio biologico endogeno
- In primavera le proteine antigelo tendono a trasformarsi in a.a., utilizzati per la crescita e la produzione delle uova
- Tolleranza al congelamento strategia a costo ridotto
- Intolleranza al congelamento migliore strategia negli ambienti caratterizzati da T basse ma molto variabili (coste Antartide)



Inverno  
Estate

**Spessore della pelliccia di una renna adulta d'inverno e d'estate.** Lo spessore è stato misurato perpendicolarmente alla superficie della pelle ed è espresso in centimetri



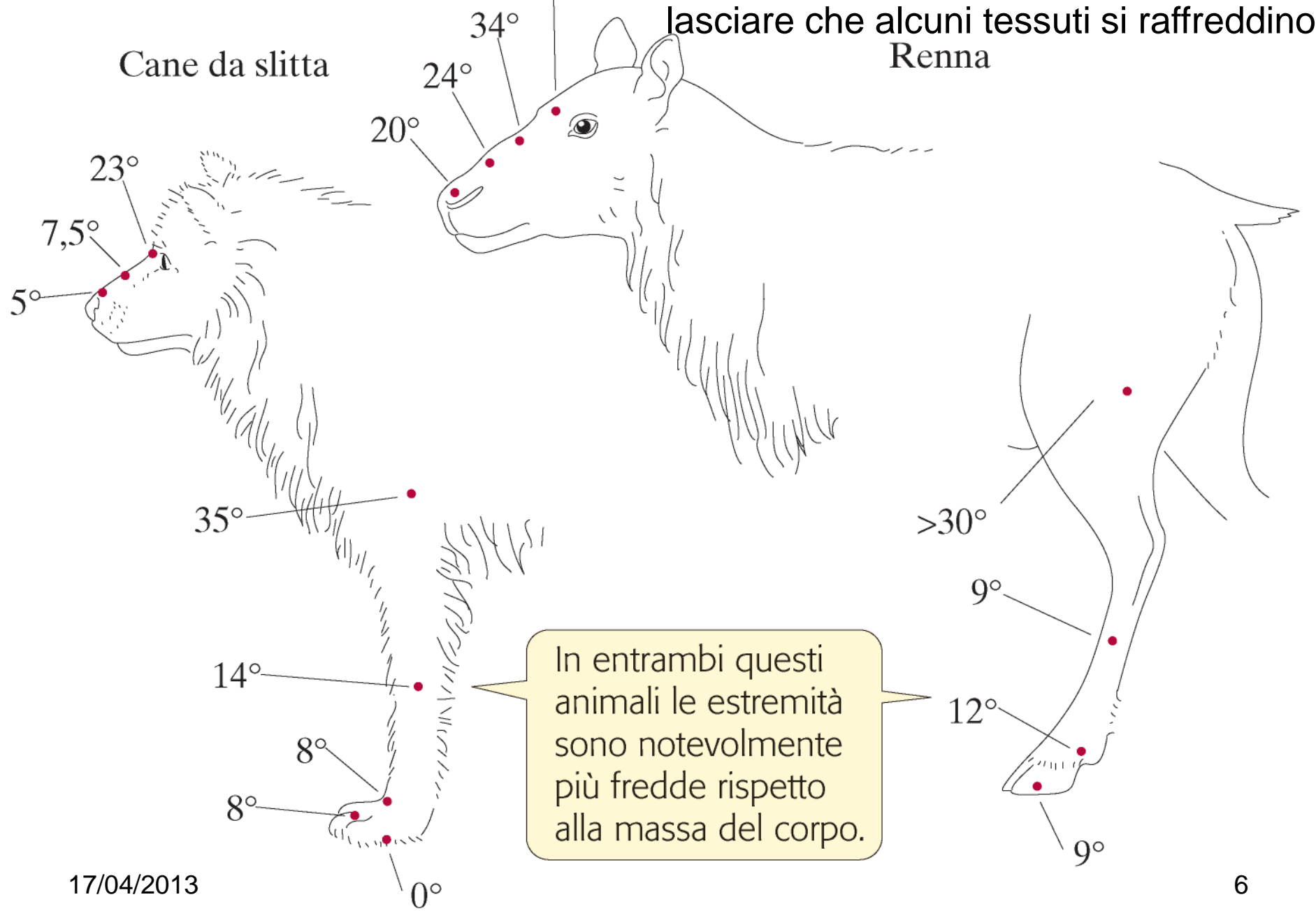
# L'isolamento termico

- La pelliccia dei mammiferi boreali (volpe artica ed ermellino) varia anche in funzione della stagione.
- I vantaggi dell'aumento dello spessore del pelo sono strettamente correlati alla taglia: i mammiferi con un peso  $< 1$  Kg traggono un vantaggio trascurabile, mentre i mammiferi più grandi (volpe rossa e lupo delle foreste) mostrano un aumento quasi proporzionale alle dimensioni del corpo.
- Orso polare eccezione: pelo ruvido, bianco, peli strutture cave che riflettono la luce visibile e riflettono all'interno le radiazioni UV

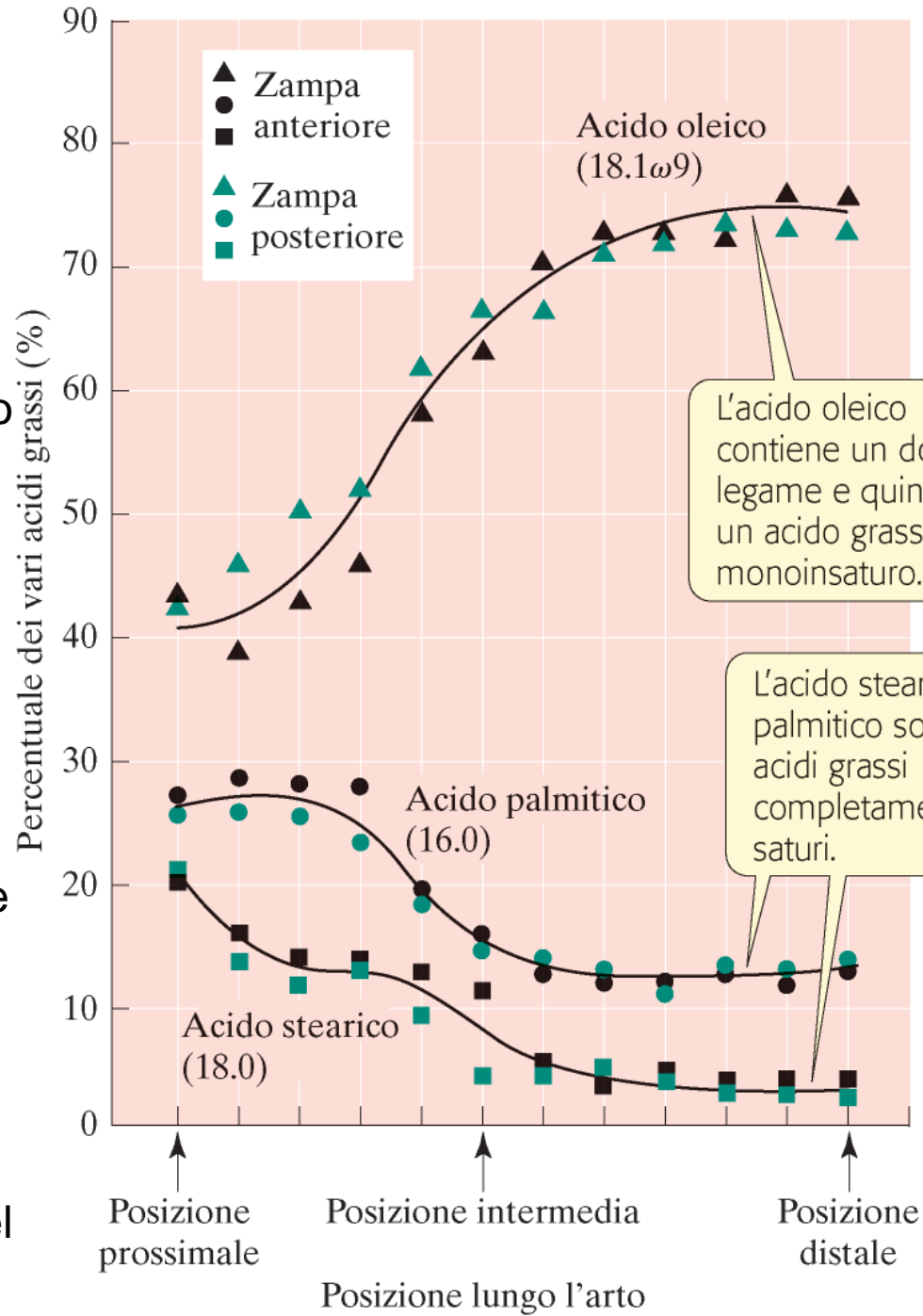
# Il controllo della perdita di calore alle estremità

- Alle estremità **sistemi controcorrente** per ridurre il flusso di sangue caldo alle estremità
- I tessuti periferici devono essere riforniti di tanto in tanto di sangue caldo per dar loro una certa protezione; alle T basse il trasferimento di calore alle estremità diventa modesto, ma continuo

L'eterotermia regionale: negli ambienti freddi può essere molto vantaggioso lasciare che alcuni tessuti si raffreddino



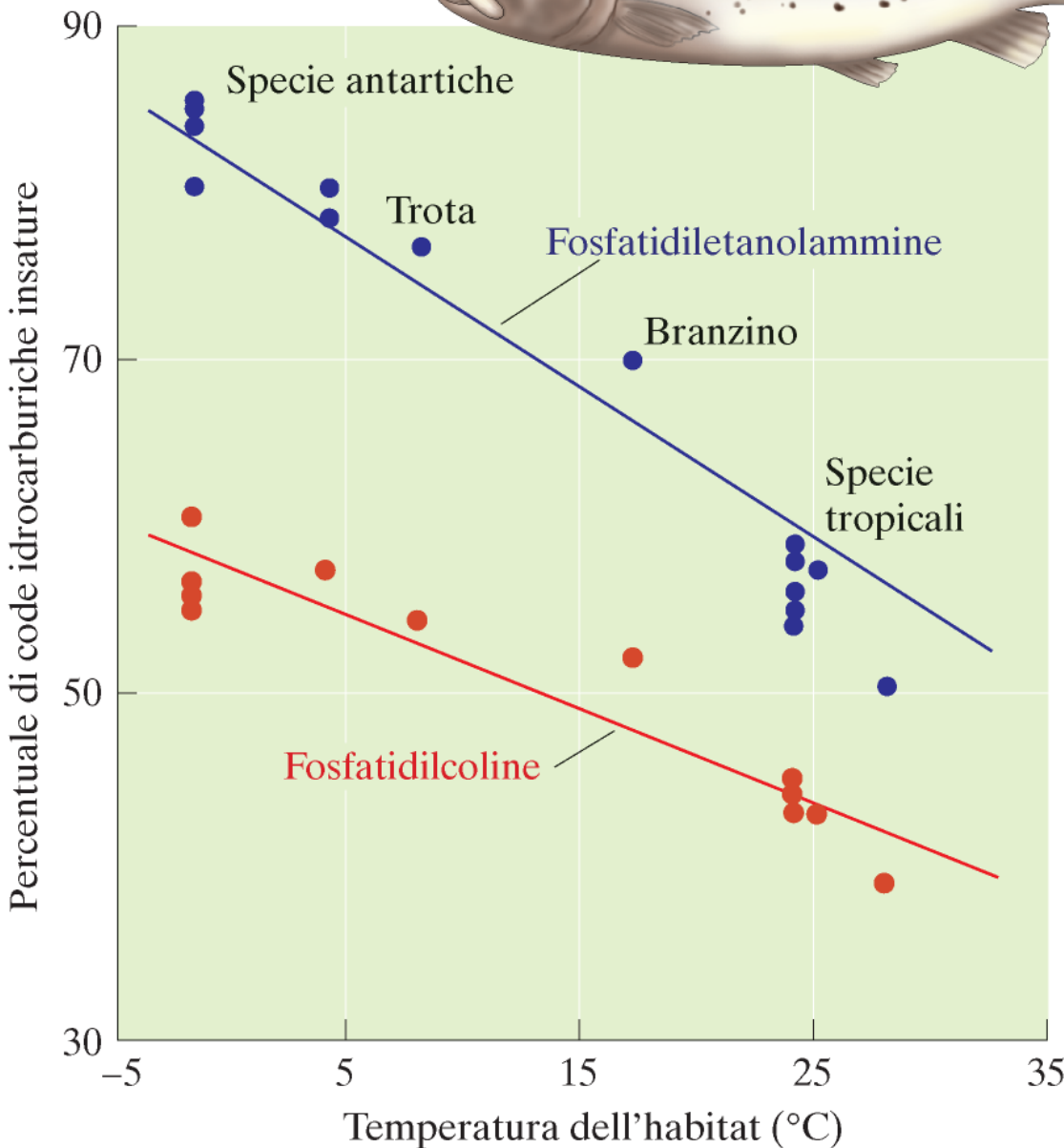
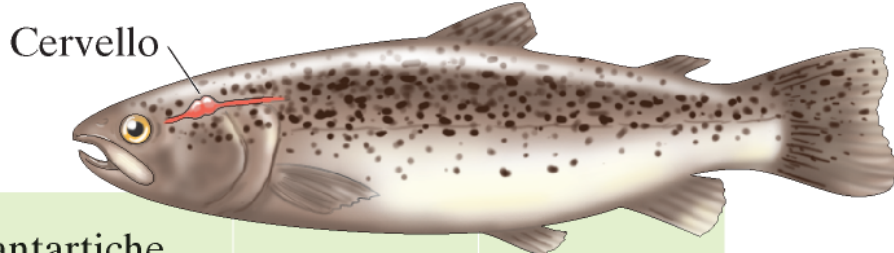
**Composizione in acidi grassi dei lipidi del midollo osseo nelle zampe della renna.** I lipidi del midollo osseo sono stati campionati in 12 siti posti tra l'estremità prossimale (superiore) e l'estremità distale (inferiore) di ogni arto. I siti prossimali erano le estremità prossimali dell'omero e del femore; i siti intermedi erano le estremità distali del radio e della tibia;



i siti distali la terza falange delle zampe. Nel sistema di numerazione degli acidi grassi il numero che precede il punto è il numero di atomi di C; il numero che segue il punto è il numero di doppi legami e quello che segue l' $\omega$  indica la posizione di un doppio legame biologicamente significativo ( $\omega$  non compare dove i legami doppi sono assenti).

L'acido oleico contiene un doppio legame e quindi è un acido grasso monoinsaturo.

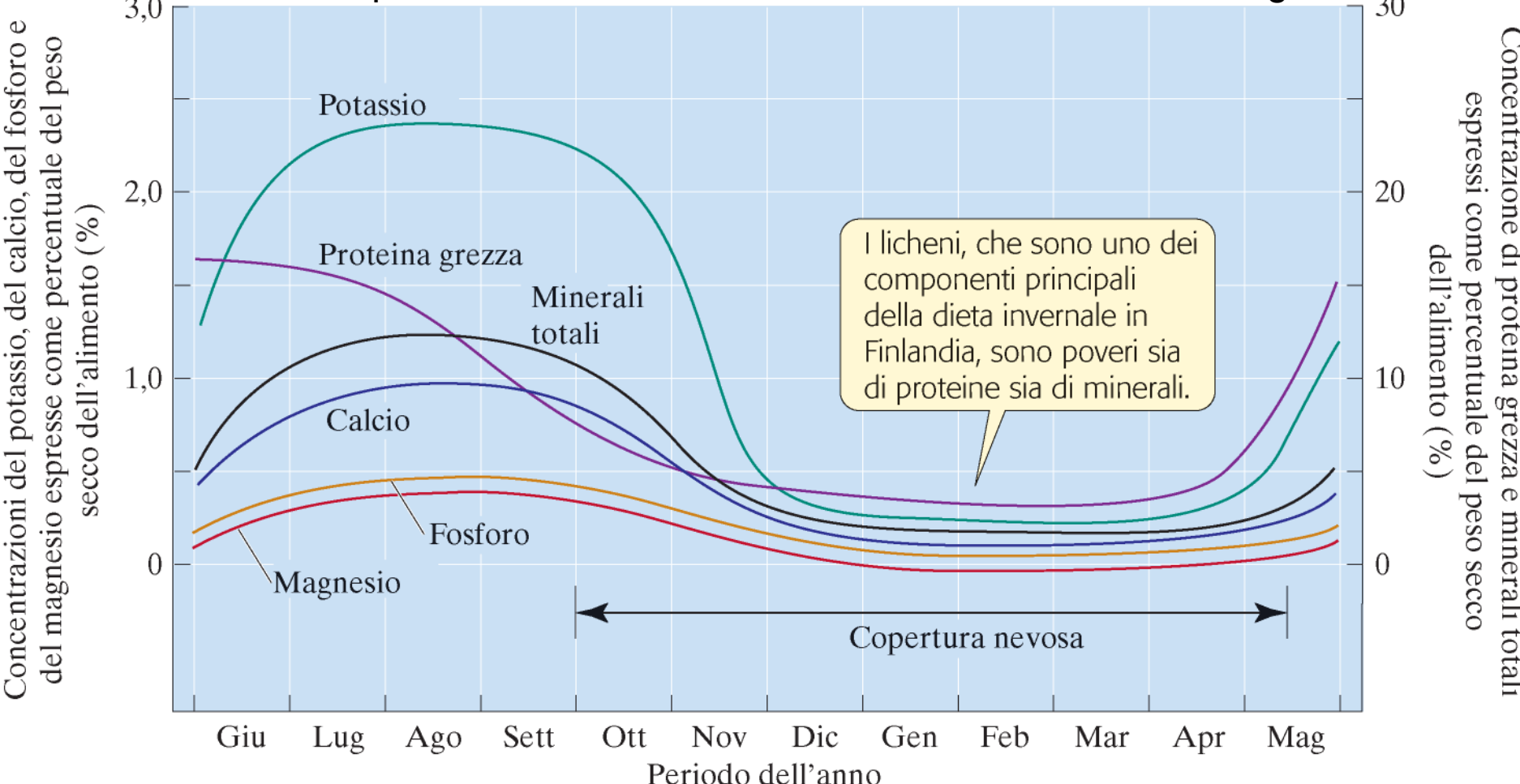
L'acido stearico e palmitico sono acidi grassi completamente saturi.



**Nei pesci il grado di insaturazione chimica delle code idrocarburiche presenti nei fosfolipidi cerebrali varia con la temperatura dell'habitat.** Questo studio ha preso in esame le membrane sinaptiche cerebrali in 17 specie di teleostei.



**Variazioni stagionali nella dieta: contenuto proteico e minerale dei cibi consumati dalla renna finlandese.** In certe zone occupate dalle renne il sole non sorge per 3 mesi. In buona parte delle località il cibo estivo delle renne è tutto ricco di proteine e minerali e contiene una quota notevole di carboidrati in forma direttamente digeribile.

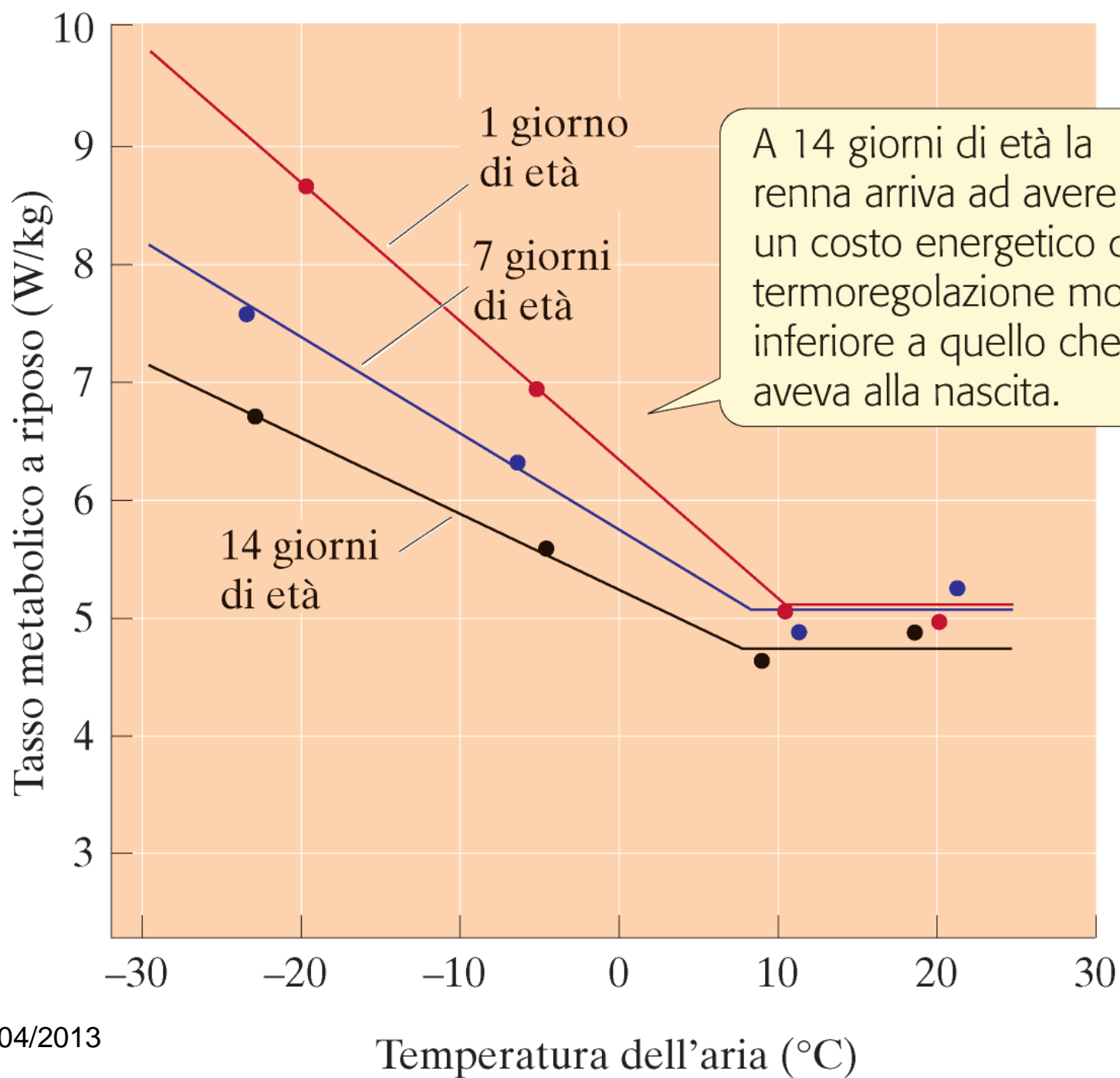


I licheni e le parti senescenti di piante vascolari che dominano la dieta invernale sono il contrario. I licheni sono spesso la salvezza della renna per l'apporto energetico, perché sono abbondanti e la renna è in grado di estrarre gran parte del loro contenuto nutritivo.

## Risposta dei microrganismi del rumine alle variazioni invernali nella dieta della renna

Le comunità miste di microbi fermentatori nel fluido del rumine sono stati classificati usando test microbiologici standard. La comunità microbica invernale aveva capacità superiori di fermentare la fibra vegetale, compresi carboidrati a struttura particolare come la cellulosa, e capacità inferiori di fare l'idrolisi delle proteine, rispetto alla comunità microbica estiva.

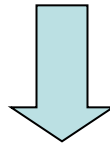
	<b>Percentuale di microbi capaci di espletare l'attività (%)</b>	
<b>Attività di demolizione degli alimenti</b>	<b>Estate</b>	<b>Inverno</b>
Digestione di fibra	31	74
Digestione di cellulosa	15	35
Digestione di emicellulosa (xilano)	30	58
Proteolisi	51	28
Digestione dell'amido	68	63



A 14 giorni di età la renna arriva ad avere un costo energetico di termoregolazione molto inferiore a quello che aveva alla nascita.

# La funzione del grasso bruno delucidata tramite i topi knockout

- *Proteina disaccoppiante 1 (UCP1)*, implicata nella termogenesi senza brivido (NST)
- Il topo privo di UCP1 si acclimata a 4 °C, tasso metabolico 4 volte quello basale
- Per termoregolarsi produce tutto il calore con il brivido

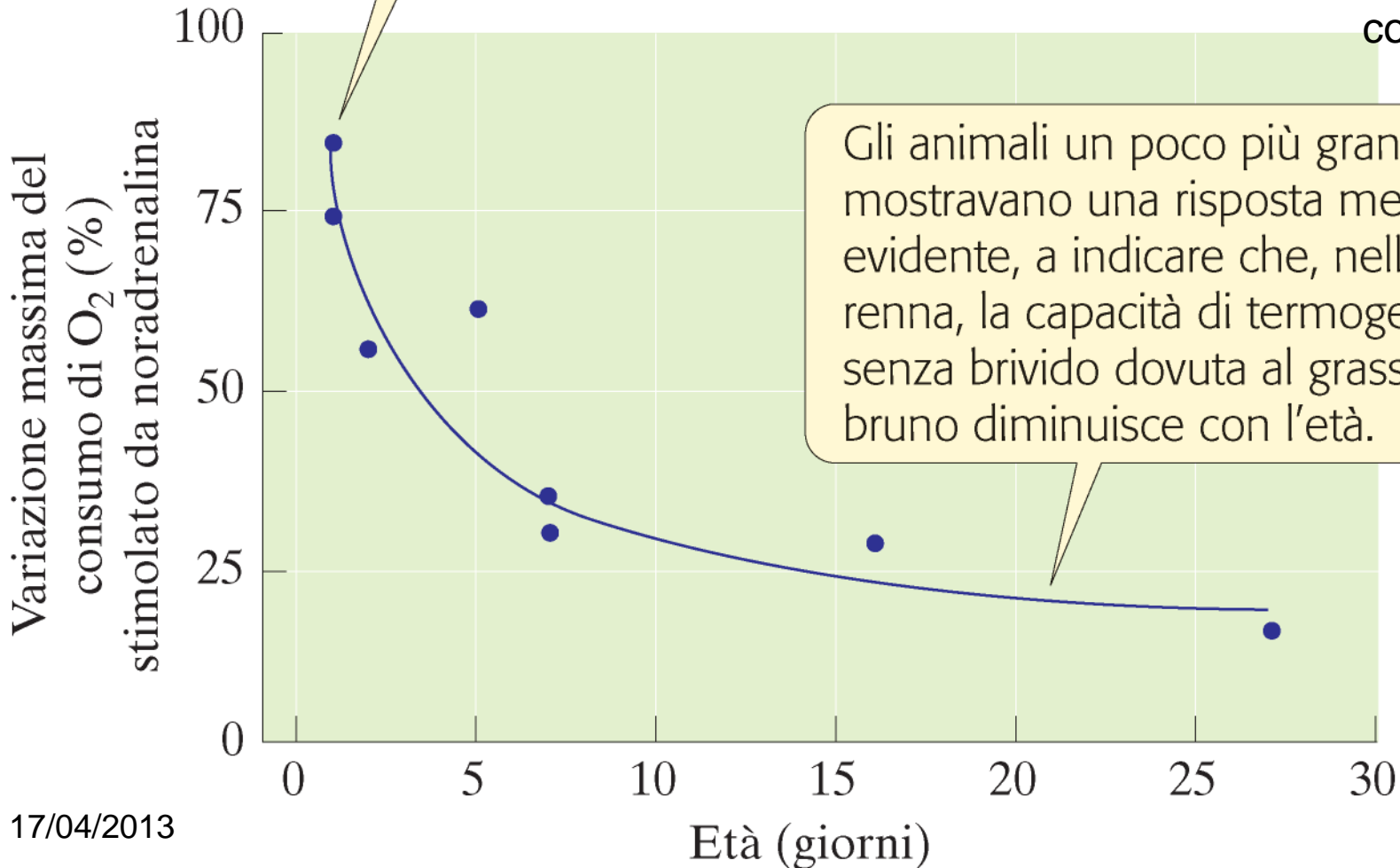


- Il grasso bruno è l'unico tessuto che fa la termogenesi senza brivido
- UCP1 esiste solo nel grasso bruno
- Gli omologhi molecolari UCP2 e UCP3 non hanno niente a che fare con NST

**Test di termogenesi nella renna neonata e in crescita.** A renne di varia età è stata

Dopo la somministrazione di noradrenalina, i neonati di un giorno mostravano un forte incremento percentuale nel consumo di  $O_2$ , a indicare una capacità ben sviluppata di termogenesi senza brivido dovuta al grasso bruno.

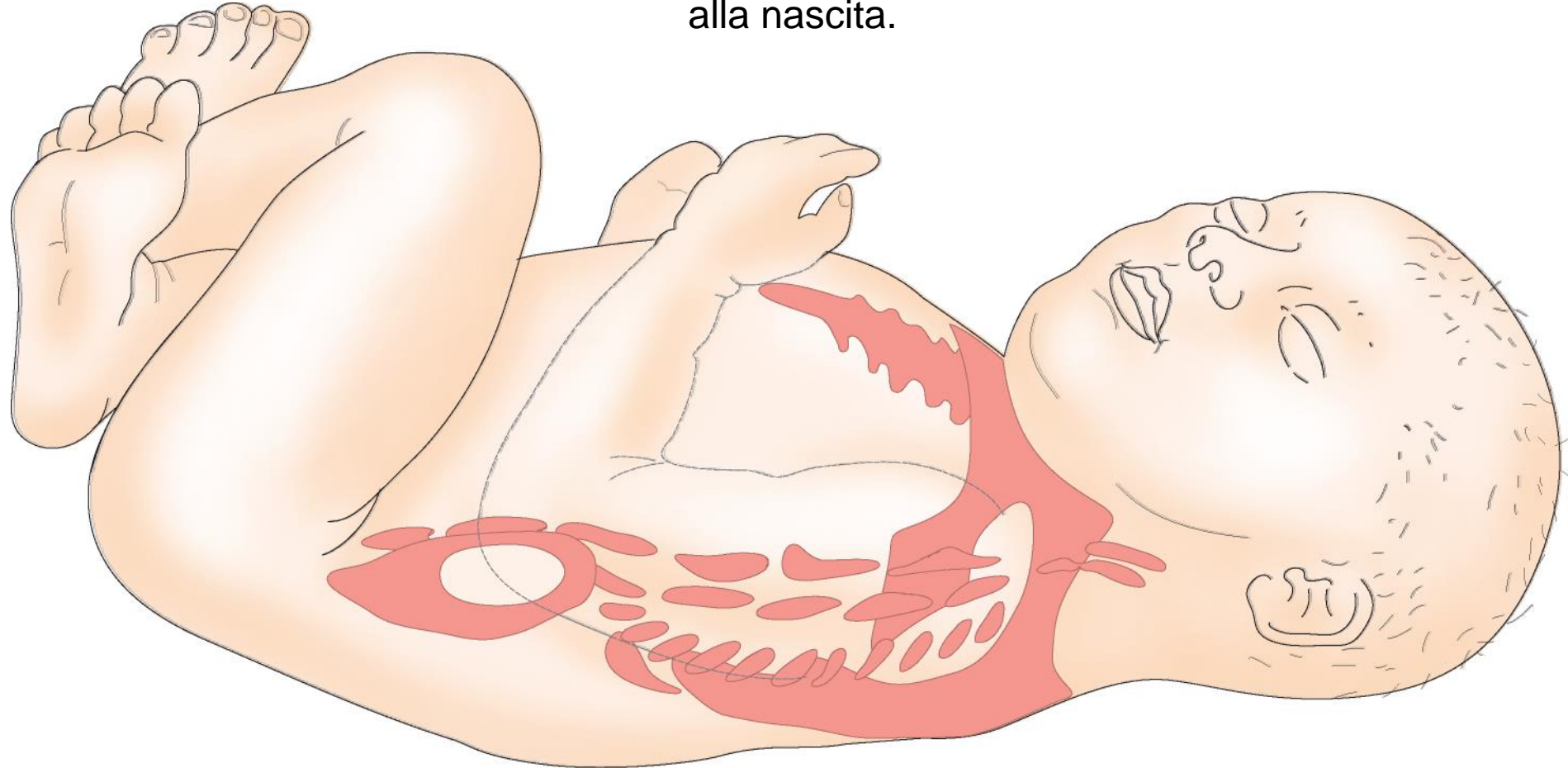
somministrata per iniezione sottocutanea una dose standard di noradrenalina per Kg/di peso corporeo.



Gli animali un poco più grandi mostravano una risposta meno evidente, a indicare che, nella renna, la capacità di termogenesi senza brivido dovuta al grasso bruno diminuisce con l'età.

**Tessuto adiposo bruno nel bambino neonato.** Il tessuto è suddiviso in masserelle distribuite in varie parti del corpo.

Non solo nella renna i neonati sono ben equipaggiati di grasso bruno: anzi, gran parte dei mammiferi placentati, incluso l'uomo, presentano masse cospicue di grasso bruno alla nascita.



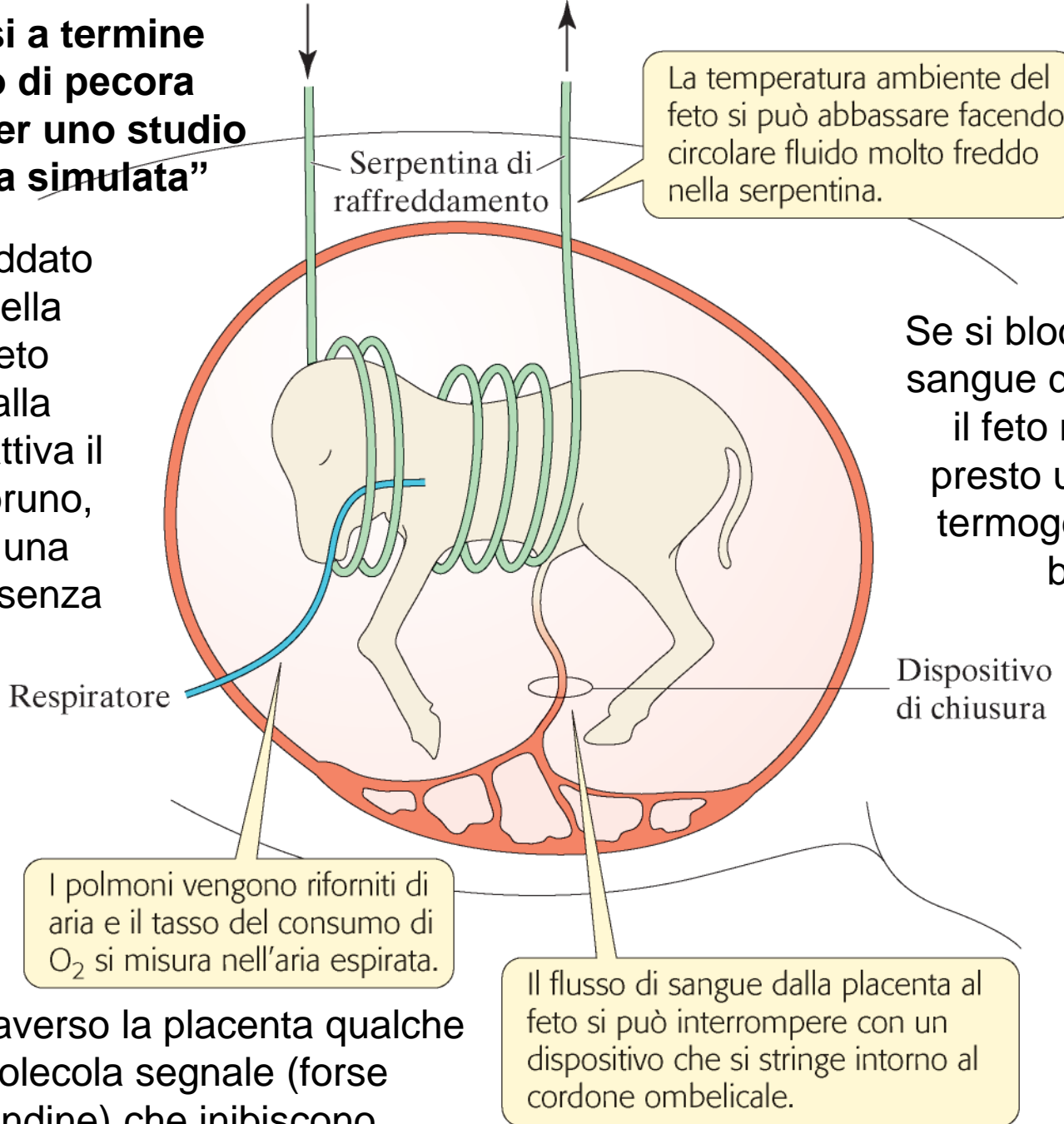
Nelle specie di grande mole, come appunto la renna o l'uomo, il grasso bruno dei neonati suole ridursi ben presto con l'età. Nei ruminanti questo avviene molto precocemente. Nello stesso tempo si riduce la risposta metabolica dei giovani animali all'iniezione di noradrenalina.

# Feto quasi a termine nell'utero di pecora preparato per uno studio di "nascita simulata"

Pur se raffreddato nell'utero della madre, il feto prossimo alla nascita non attiva il suo grasso bruno, né innesca una termogenesi senza brivido.

Gli agnellini ancora nell'utero, ma prossimi alla nascita,

ricevono attraverso la placenta qualche tipo di molecola segnale (forse prostglandine) che inibiscono l'attivazione del grasso bruno



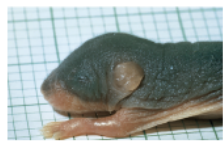
La temperatura ambiente del feto si può abbassare facendo circolare fluido molto freddo nella serpentina.

Se si blocca il flusso di sangue dalla placenta, il feto mostra ben presto una notevole termogenesi senza brivido

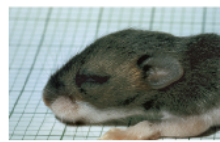
I polmoni vengono riforniti di aria e il tasso del consumo di  $O_2$  si misura nell'aria espirata.

Il flusso di sangue dalla placenta al feto si può interrompere con un dispositivo che si stringe intorno al cordone ombelicale.

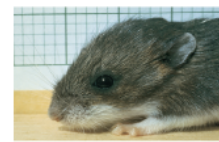
# Sviluppo della termoregolazione nel topo a zampe bianche (*Peromyscus leucopus*)



4 giorni



10 giorni



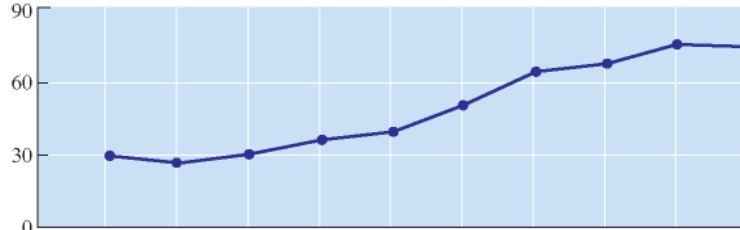
14 giorni

(a) Variazioni del tasso termogenico di punta dei topolini dalla nascita a 3 settimane di vita, quando avviene lo svezzamento.

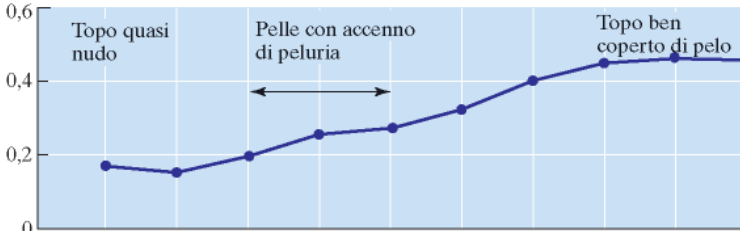
(b) Sviluppo dell'isolamento corporeo complessivo. (c) La T dell'aria più bassa a cui singoli individui di varia età sono in grado di termoregolare per 2,5-3 ore.

(d) Il n° di ore al giorno che i piccoli trascorrono fuori dal nido quando la temperatura esterna va da 7 °C a 10 °C o da 16 °C a 20 °C. In ciascun grafico i dati riportati sono le medie di tutti gli individui studiati.

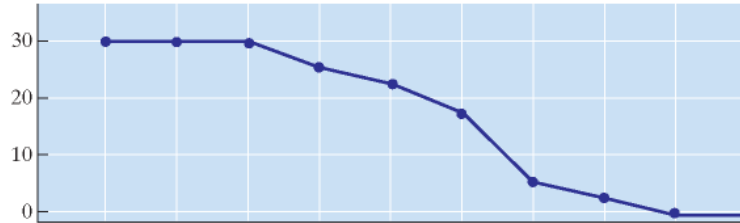
(a) Tasso di punta della produzione di calore metabolico (cal/g•h)



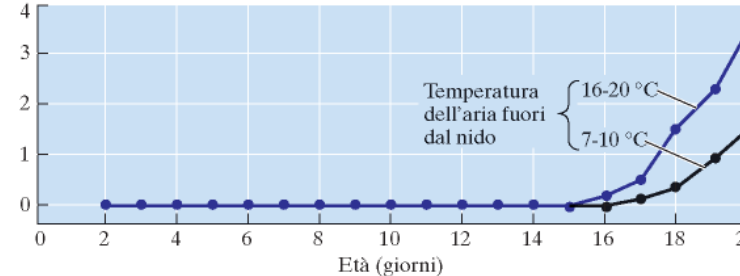
(b) Isolamento corporeo complessivo sotto la termoneutralità (°C•g•h/cal)



(c) Temperatura ambiente minima a cui può termoregolare un individuo isolato (°C)



(d) Tempo della giornata trascorso fuori dal nido (ore)

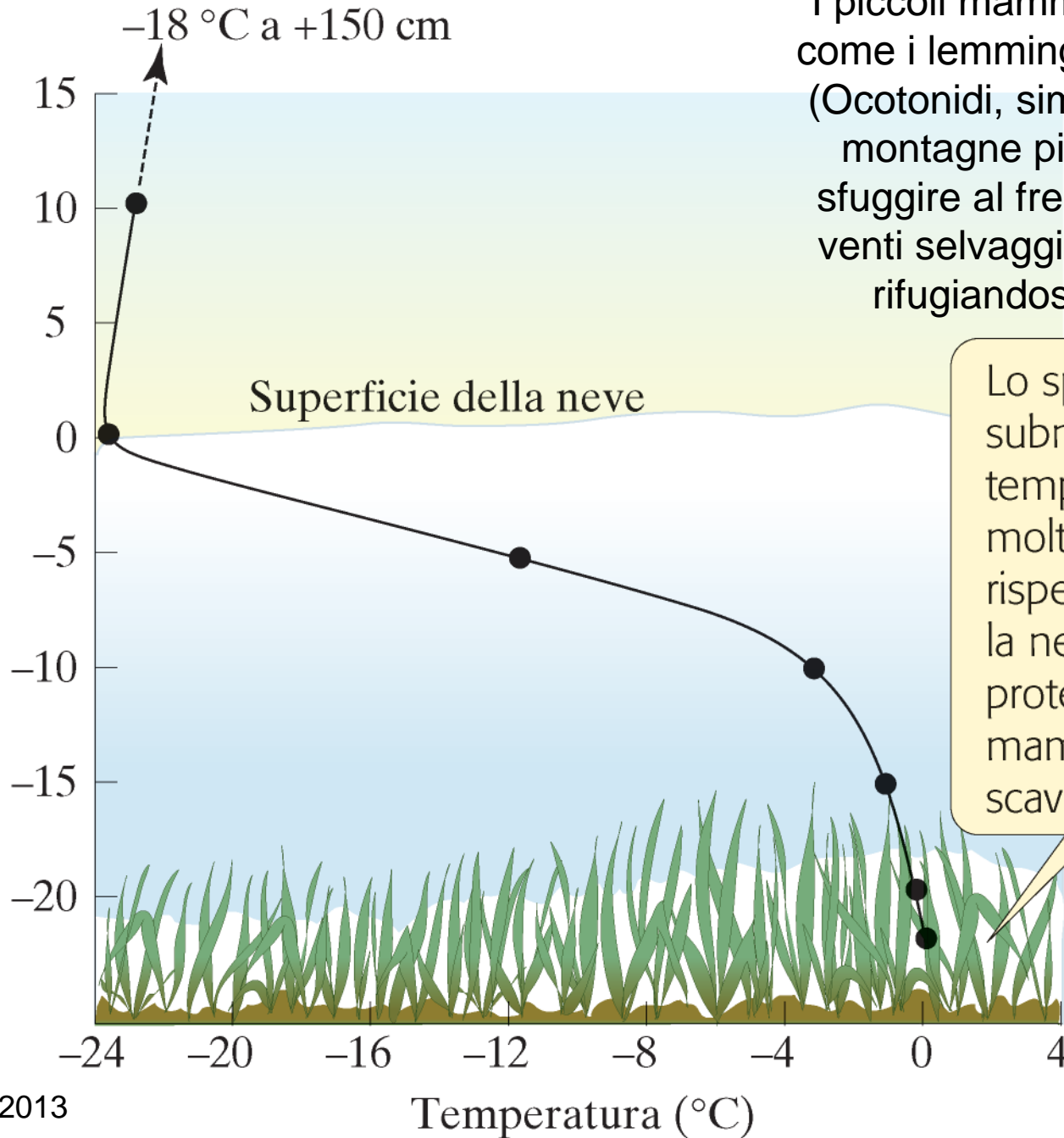


1 dei piccoli mammiferi più abbondanti nell'America settentrionale (Michigan, Wisconsin, Canada).

A una T ambiente di 25 °C la T corporea di un topino isolato di 2 giorni scende ben presto a 28-29 °C, non perché l'animale vada in ipotermia controllata, ma perché le sue capacità di termoregolazione sono insufficienti. I piccoli dei lemming e di altri piccoli mammiferi abitatori dell'estremo nord non sono molto diversi; per termoregolarsi nei primi giorni di vita hanno bisogno di un microhabitat protettivo, che comprende il nido preparato dalla madre e i fratelli con cui fare mucchio.



Distanza dalla superficie della neve verso l'alto o il basso (cm)

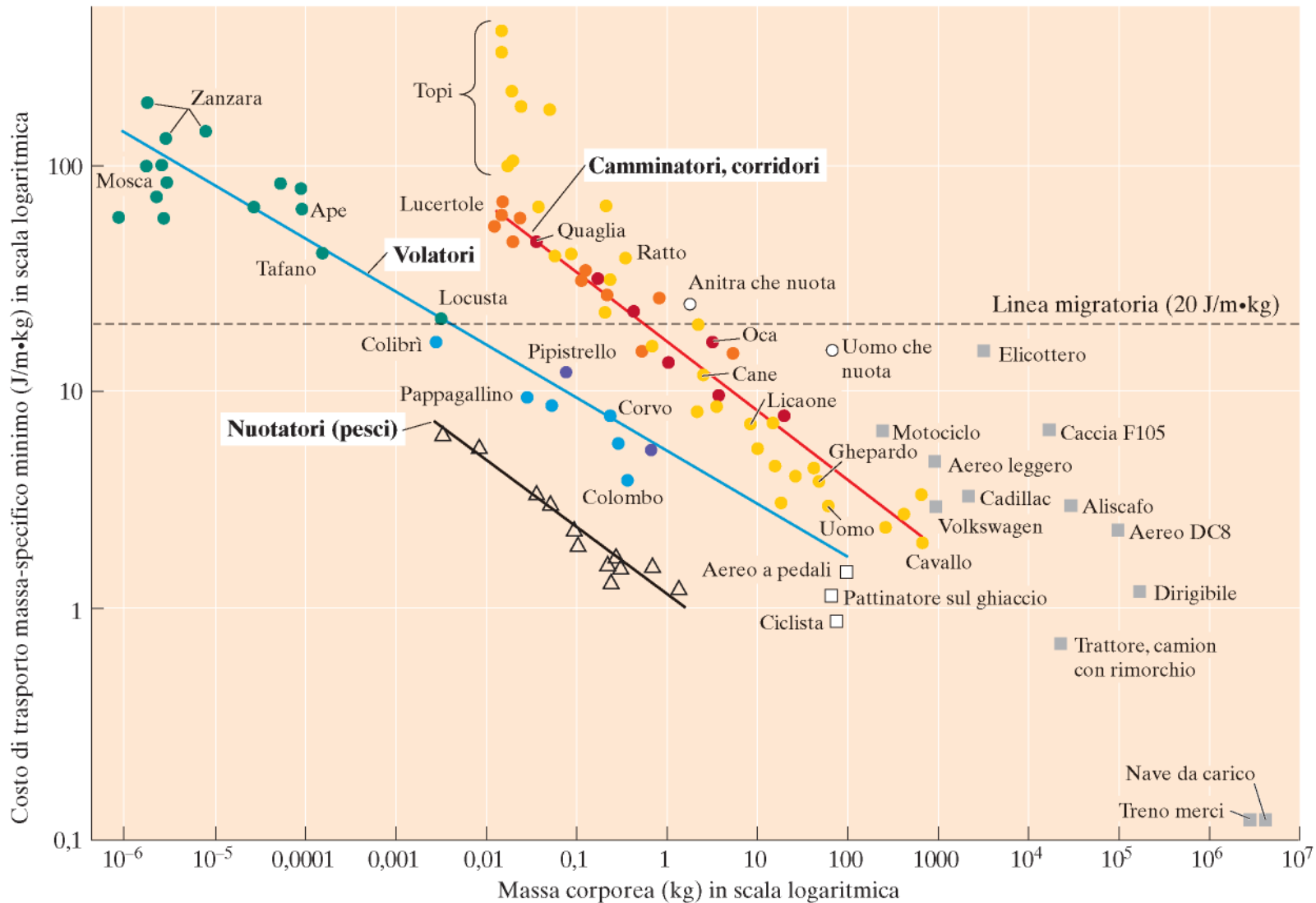


I piccoli mammiferi non ibernanti come i lemming dell'Artico e i pika (Ocotonidi, simili alle cavie) delle montagne più alte riescono a sfuggire al freddo pungente e ai venti selvaggi delle zone aperte rifugiandosi sotto la neve.

Lo spazio aereo subnivale, in cui le temperature sono molto meno fredde rispetto all'aria sopra la neve, offre protezione a piccoli mammiferi e uccelli scavatori.

# Uso del microclima e delle tane

- I lemming della Scandinavia e del Canada hanno elaborato un'architettura particolare delle tane estive, che include anche una latrina in maniera da non lasciare tracce sul terreno
- Durante l'inverno, quando il rischio di divenire preda dei rapaci è minore, le tane non sono dotate di latrine e gli animali defecano liberamente lontano dal nascondiglio
- Anche le tane dei citelli, utilizzate durante il torpore invernale, sono piuttosto elaborate e si ritiene che fungano da torri di condensazione




**Simboli**

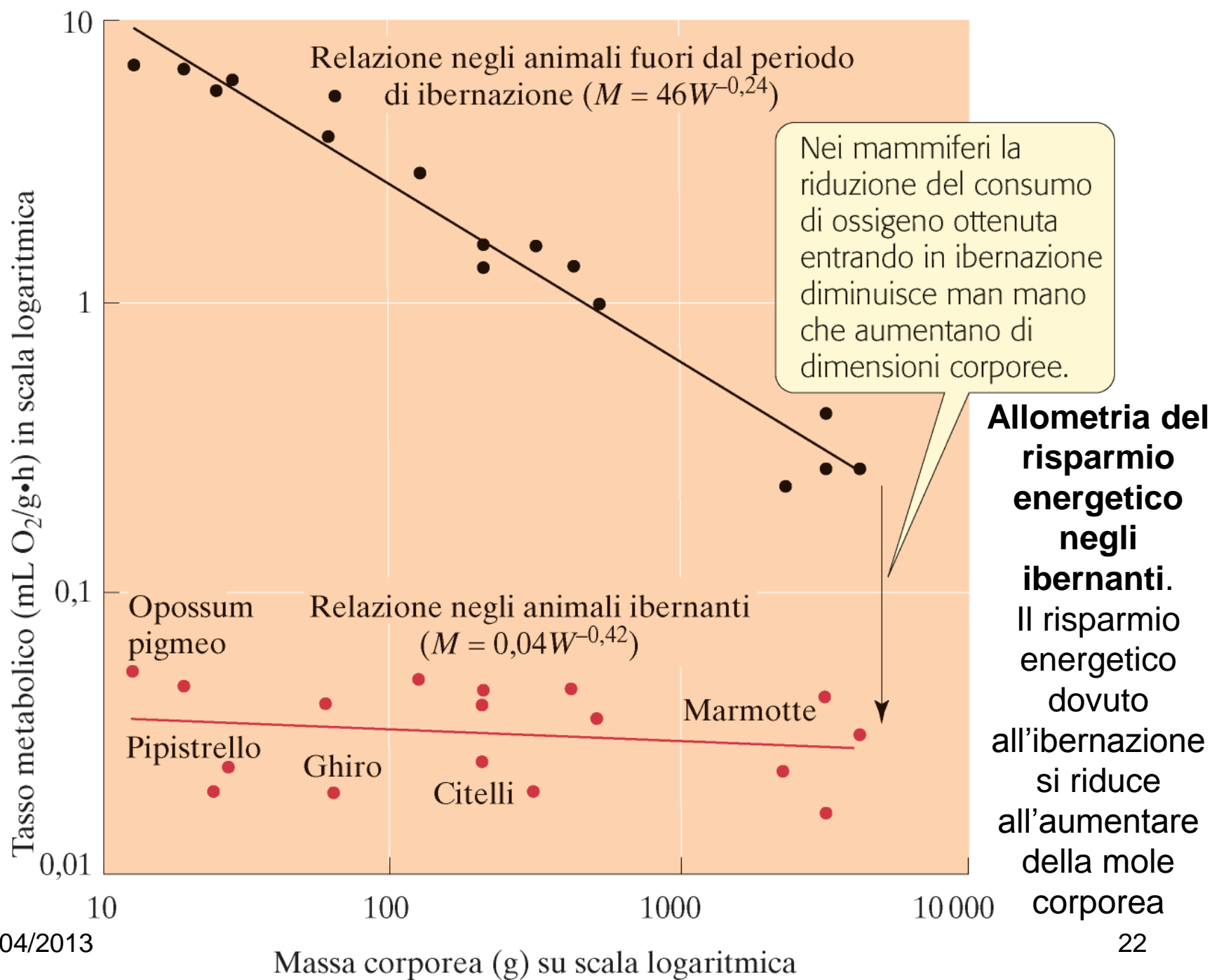
<b>Camminatori, corridori</b>	<b>Volatori</b>	<b>Nuotatori (pesci)</b>	$\triangle$	<b>Uomo assistito da dispositivi autocostruiti</b>	$\square$	<b>Nuotatori di superficie</b>	$\circ$
Mammiferi	Insetti						
Rettili	Uccelli	<b>Macchine</b>	$\square$				
Uccelli	Mammiferi						

# La migrazione

- Si manifesta poco frequentemente nei tetrapodi ectotermi (rettili e anfibi) dato che in questi animali sono ridotte la velocità di locomozione e la resistenza
- Numerosi esempi tra gli endotermi: caribù e renna dalla tundra alla taiga, lemming e orso polare verso sud, uccelli in quanto il volo è favorevole dal punto di vista energetico, mammiferi semiterrestri (elefanti marini)
- Innescata da parecchi segnali (T, cibo, fotoperiodo, respirazione)

# Il controllo della produzione di calore

- Alcuni animali che vivono alle alte latitudini possiedono un **metabolismo basale più alto** di quanto previsto dalla semplice relazione allometrica
- Nei roditori come il lemming è  $>$  del 200÷240%
- In molti animali adattati al freddo può modificarsi se la disponibilità di cibo lo permette
- Il metabolismo nel suo insieme è meno sensibile alla T rispetto a quelli tropicali
- Gli animali polari possiedono un intervallo di T ambientali molto più ampio entro il quale possono mantenere il metabolismo al minimo  **più ampia zona di neutralità termica**

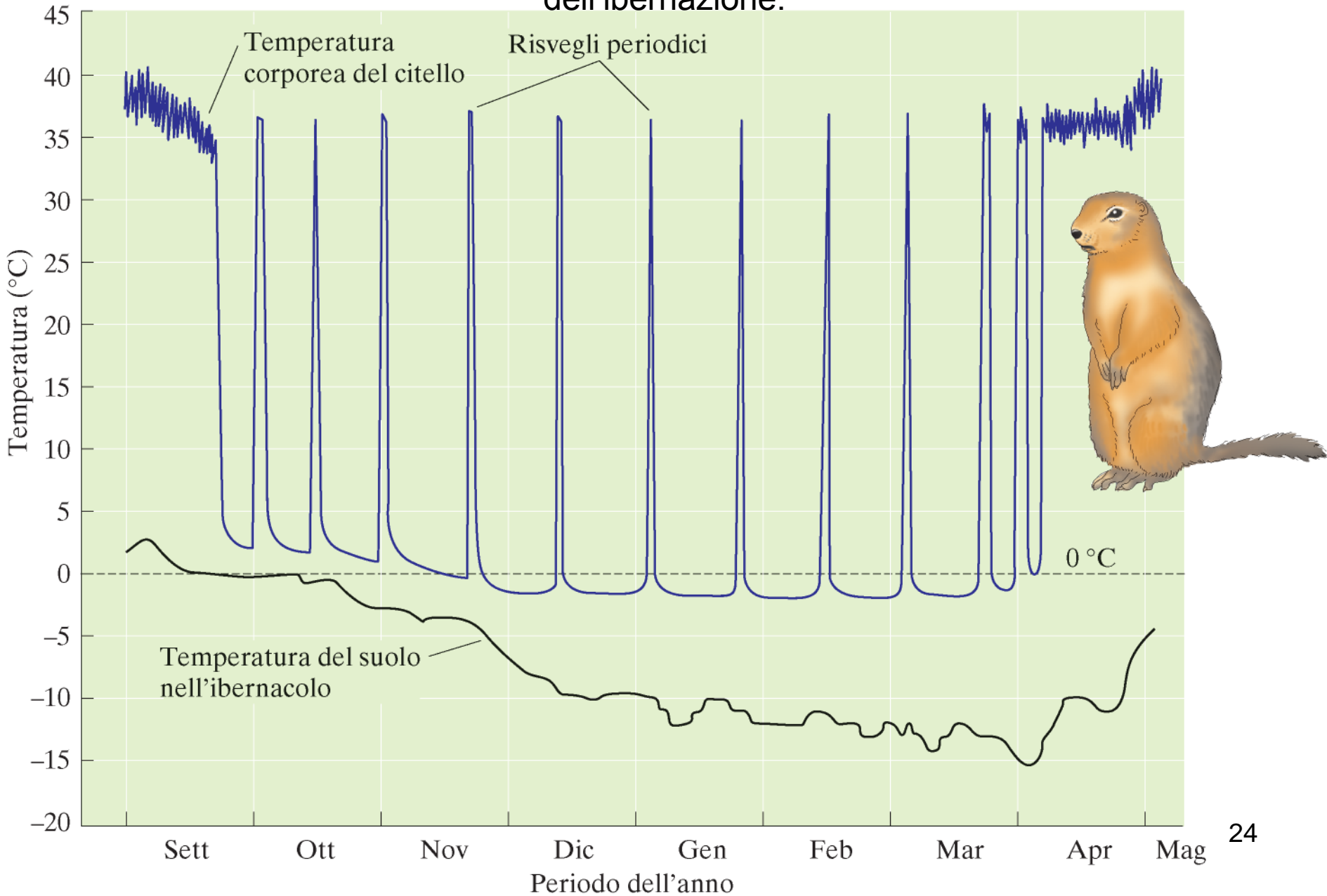


# L'ipotermia e il torpore

- **Torpore:** ipotermia intensa, diminuzione T, metabolismo, respirazione e circolazione
- **Risveglio**
- **Ibernazione** termine più vago, sinonimo di torpore prolungato e profondo, meglio “sonno estivo” o “letargo dei carnivori”
- Orso bruno T inferiore di soli 4-5 °C rispetto alla normale, modificazioni circolatorie molto piccole
- Torpore non è particolarmente comune nei mammiferi polari o nella tundra perché V perdita calore alta e habitat poco produttivi per un accumulo adeguato
- Citello artico (*Spermophilus parryi*) per brevi periodi, endotermo, vero utilizzatore polare del torpore, superraffredda a -2,9 °C

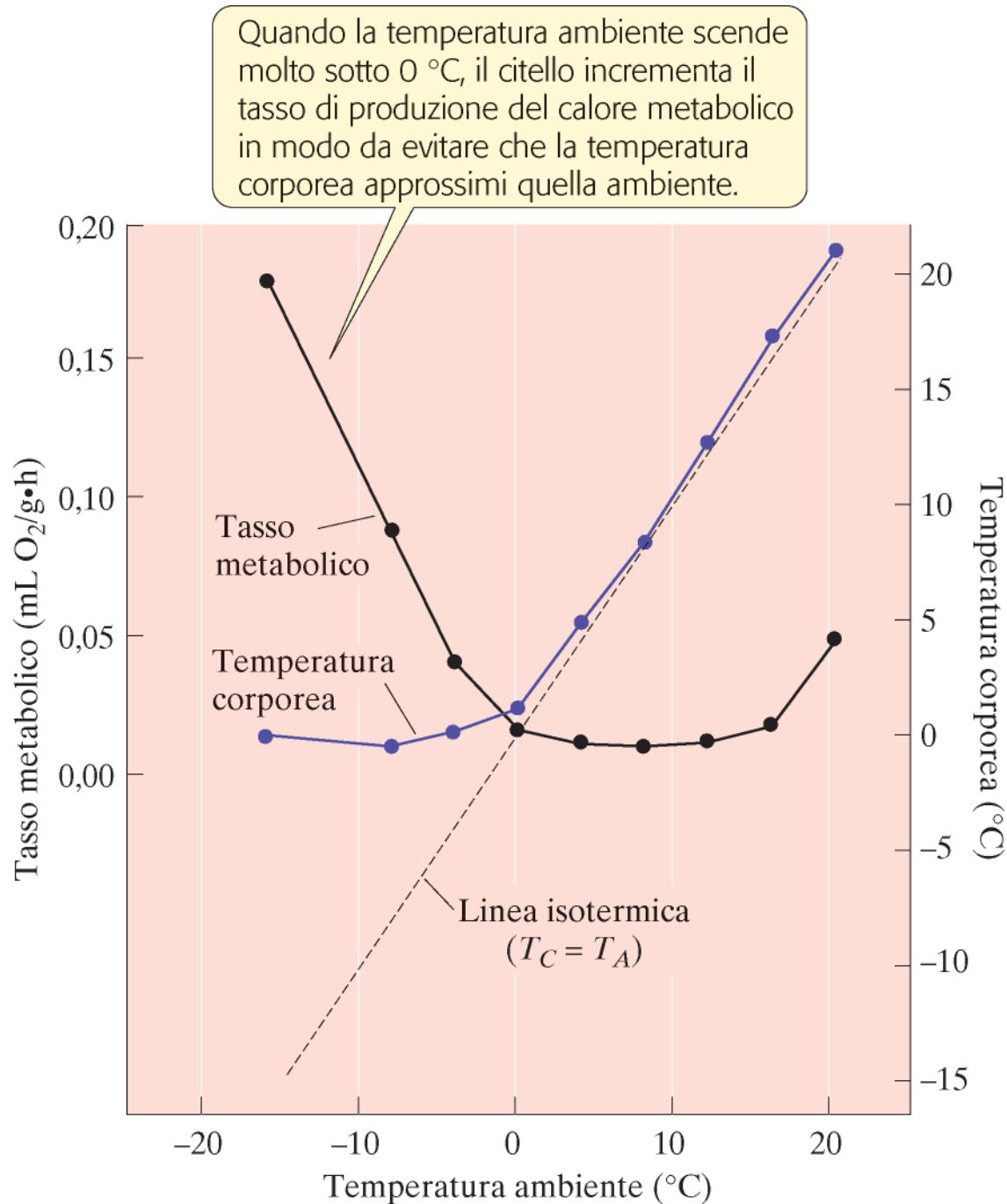
L'ibernazione come strategia per l'inverno: nuovi indirizzi e scoperte.

Il citello artico va in soprafusione quando iberna, ma si sveglia periodicamente nel corso dell'ibernazione.





**Relazioni tra tasso metabolico, temperatura corporea e temperatura ambientale nel citello artico durante l'ibernazione.** L'endotermia di questo scoiattolo a T ambientali molto sotto lo 0 esige che il tasso di produzione termica aumenti, e questo avviene grazie alla termogenesi da grasso bruno.



I mammiferi e gli uccelli che si trovano in stato di ipotermia controllata ricorrono di frequente alla produzione di calore metabolico per impedire che la T corporea scenda sotto certi livelli: naturalmente questo dispendio di risorse riduce il risparmio energetico connesso all'ibernazione.

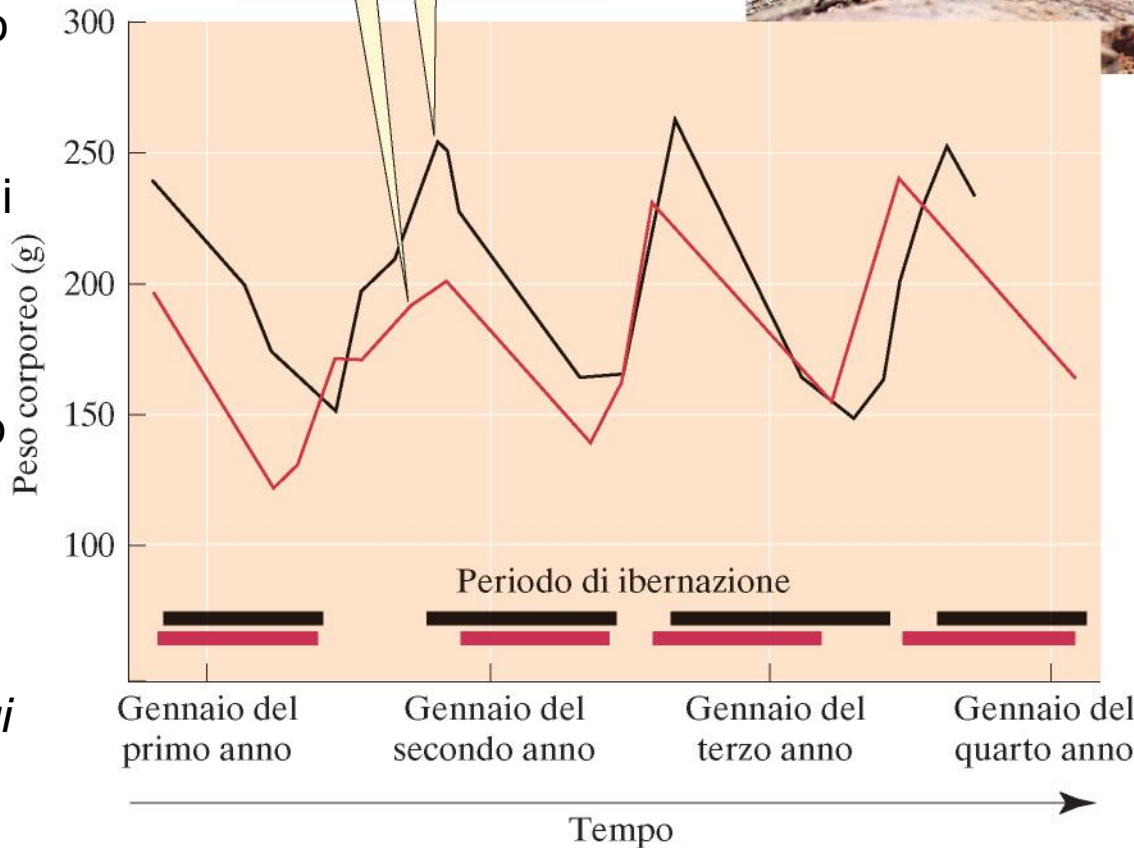
L'accumulo di grasso ha un temporizzatore endogeno: il citello dorato (*Spermophilus lateralis*) ingrassa con un ciclo pressappoco annuale anche se privo di informazioni esterne sul periodo dell'anno.



perché non mantengono esattamente la periodicità di 365 giorni se gli animali non ricevono alcuna informazione relativa al periodo dell'anno. È provato che alcune specie di scoiattoli terricoli mantengono i ritmi circannuali fisiologico-nutrizionali per un decennio in condizioni di laboratorio costanti.

Le variazioni nel comportamento di assunzione del cibo, nell'accumulo di grasso e nel periodo di ibernazione si trovavano sotto il controllo di meccanismi temporizzatori endogeni chiamati *orologi circannuali*,

Entrambi gli scoiattoli, studiati in ambiente **costante**, mantenevano per anni il loro ritmo endogeno, acquistando e perdendo peso corporeo.



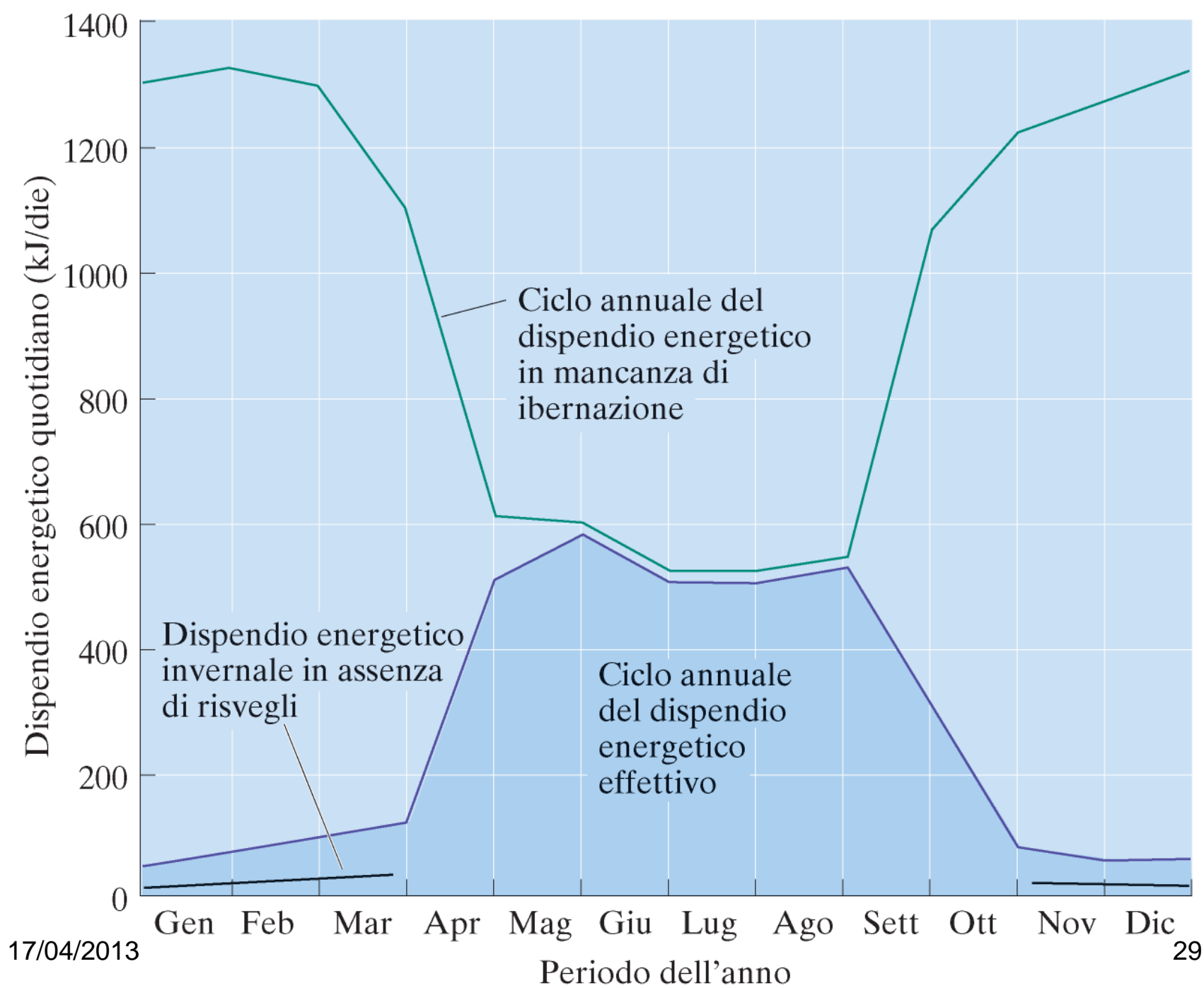
# L'ipotermia e il torpore

- Metabolismo 2-20% del normale
- Catabolizzati grassi
- Metabolismo soppresso tramite fosforilazione reversibile di alcuni enzimi chiave della glicolisi (piruvato deidrogenasi)
- Enzimi relativamente insensibili alla T
- Diminuisce il livello dei fosfageni
- Esempio consumo  $O_2$  2,5%, riserve lipidiche durano 40 volte più a lungo

## **Prestazioni di ibernazione degli scoiattoli arboricoli *Eutamias amoenus* nutriti con tre diete diverse**

Tutti i valori riportati sono medie. Tutte le differenze tra il gruppo in dieta ricca di acidi grassi polinsaturi e il gruppo in dieta ricca di acidi grassi saturi sono statisticamente significative.


<b>Dieta</b>	<b>% che entra in ibernazione</b>	<b>T corporea minima che non ha prodotto risveglio</b>	<b>Consumo di O<sub>2</sub> alla T ambiente di 2 °C (mL O<sub>2</sub>/g·h)</b>	<b>Durata del periodo di ibernazione continuativa alla T ambiente di 5 °C (ore)</b>
Ricca di acidi grassi polinsaturi	100	0,6	0,034	138
Intermedia	100	1,2	0,047	110
Ricca di acidi grassi saturi	75	2,2	0,064	92



# L'accalcarsi l'un l'altro

- Nei climi freddi la vita nelle tane, combinata con l'accalcarsi, può fornire un vantaggio
- Riscaldamento della tana stessa
- Riduzione dell'area superficiale esposta al freddo
- Nel topo dalla coda corta *Microtus agretis* l'effetto del riscaldamento locale rappresenta il 55% del risparmio totale di energia

# L'accalcarsi l'un l'altro

- I pinguini più piccoli probabilmente si accalcano per assicurare la coesione del gruppo e per favorire la possibilità di accoppiamento nel periodo primaverile.
- I maschi del pinguino imperatore possono trascorrere l'inverno nella parte interna dell'Antartide incubando le uova e rimanendo a digiuno anche 115 giorni.
- T -50 °C, vento 160 Km/ora, gruppi semicircolari, migliaia di individui, biomassa 100 tonnellate, riduzione 25% tasso metabolico (gli uccelli dormono per un lungo periodo)  perdita peso singolo individuo ridotta del 50%, ridotta 80% perdita calore

# *Come risponde il corpo a temperature ambientali estreme?*

- ***Risposta al freddo***

1. Vasocostrizione cutanea

2. Orripilazione

3. Attivazione ipotalamo

4. Brivido

5. Posizione raggomitolata

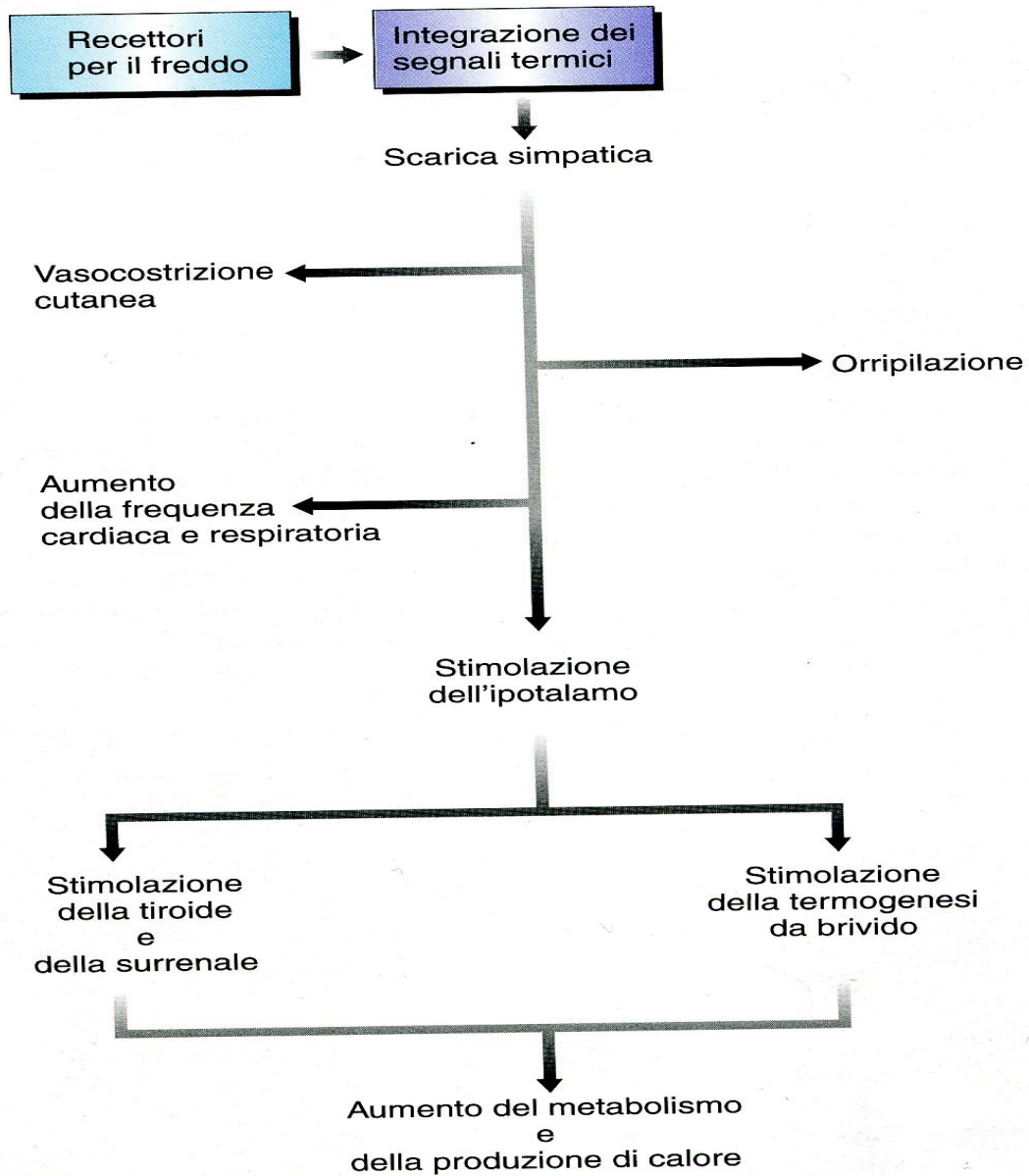
6. ↑ frequenza cardiaca e respiro

- ***Acclimatizzazione al freddo***: termogenesi con brivido → senza brivido;  $T_3$  e  $T_4$  ↑ → ↑ metabolismo 20%

- ***Risposta al caldo***

- ***Esaurimento da calore shock da calore, colpo di calore (colpo di sole)***

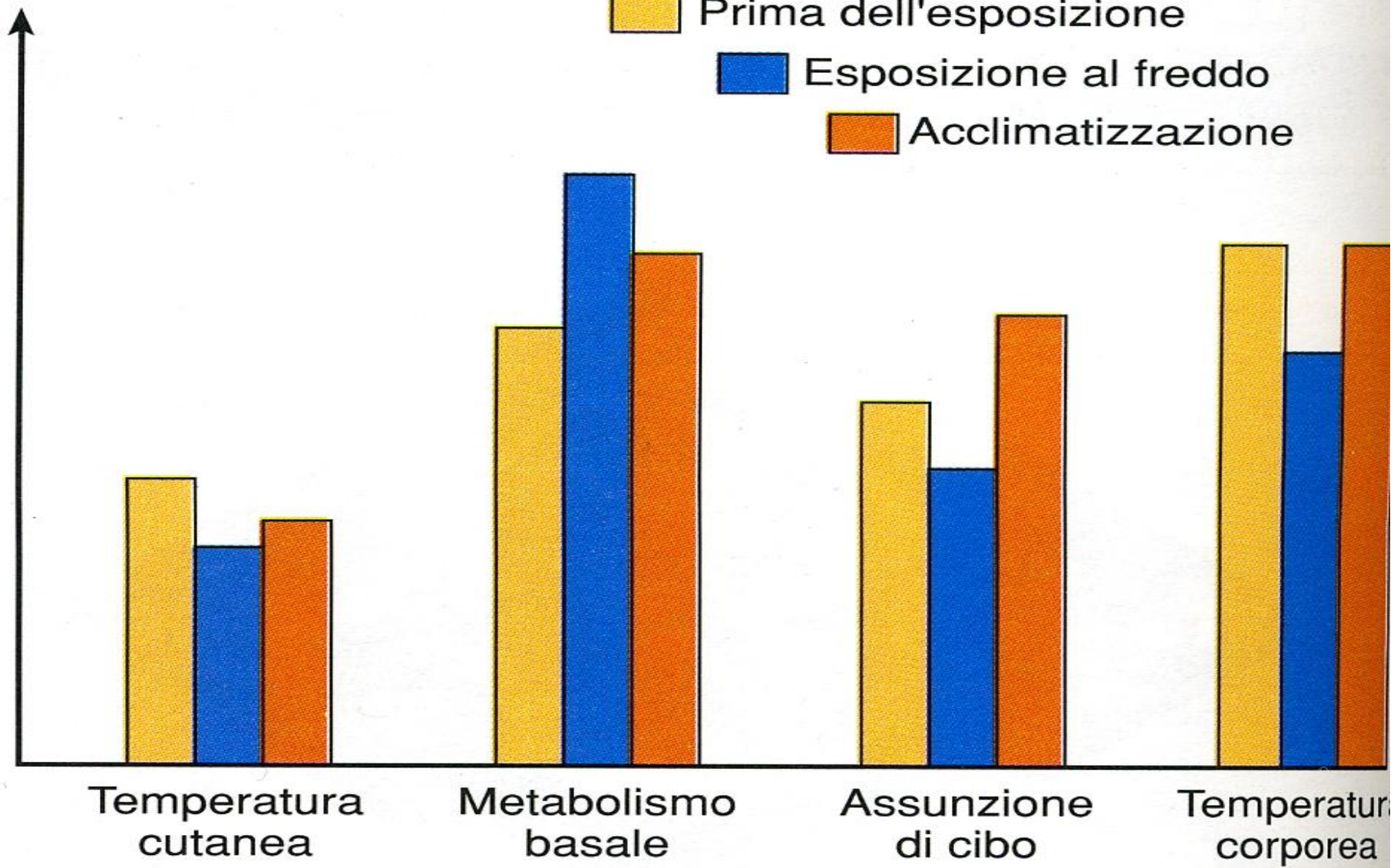




**Figura 29-19**

Integrazione dei segnali termici in risposta all'esposizione al freddo.

Prima dell'esposizione  
Esposizione al freddo  
Acclimatizzazione



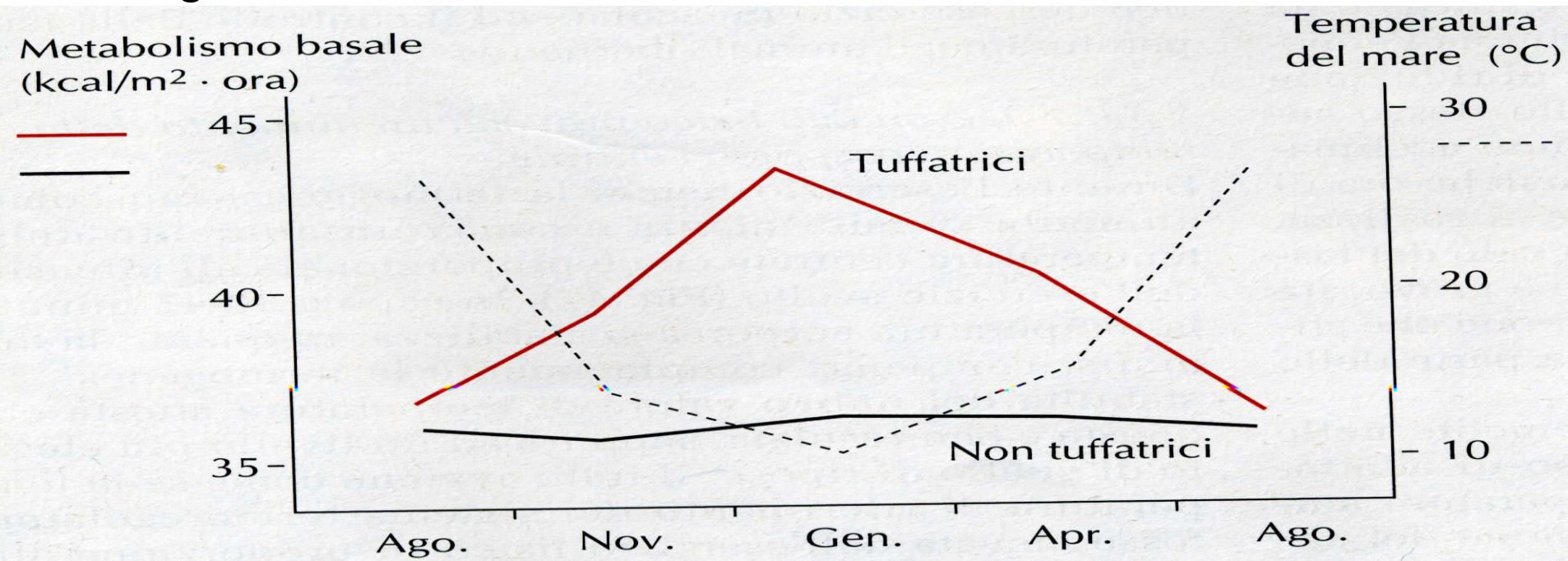
**Figura 29-20**

Acclimatizzazione al freddo.

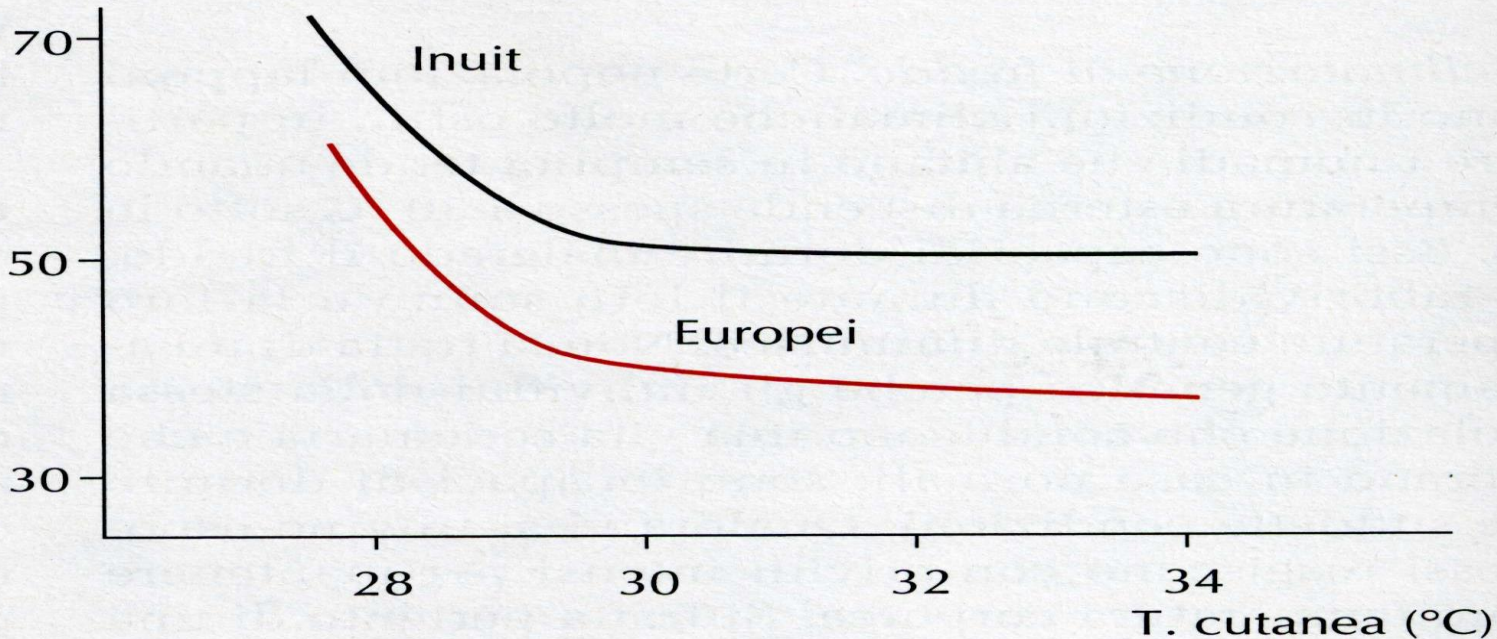
# Gli adattamenti al freddo nell'uomo

1. *L'acclimatazione al freddo.* Esempio:

- ✓ Nomadi lapponi dormono senza brivido,  $T$  centrale ↓ , cioè leggera e ben tollerata ipotermia
- ✓ Tuffatrici Ama coreane, raccolgono perle tutto l'anno immergendosi in apnea,  $T$  ↓ da 37 °C a 35 °C, variazione metabolismo basale inversamente proporzionale alle variazioni stagionali della  $T$  del mare; isolamento termico cute migliore



Metabolismo  
(kcal/m<sup>2</sup> · ora)



## 2. *Gli adattamenti genetici.* Esempio:

- ✓ Inuit (popolazione regioni artiche) non hanno adattamento ipotermico e hanno brividi. Metabolismo basale > 30-40% rispetto a quello degli europei. Esempio mano, > dispersione cutanea, caratteristiche persistono in condizioni climatiche temperate
- ✓ Aborigeni dell'Australia centrale, dormono nudi per terra a 0 °C: la termogenesi non ↑, involucro termico superficiale si raffredda per intensa vasocostrizione, moderata ipotermia

### 3. *L'abitudine*. Esempio:

- ✓ Pescatori della penisola di Gaspé (Quebec) non provano fastidio per una immersione prolungata delle loro mani nell'H<sub>2</sub>O fredda. Sono abituati in virtù della loro professione, ma non sono acclimatati sul piano fisiologico. L'abitudine non è un fenomeno esclusivo dello stress termico = attenuazione risposta in presenza di uno stimolo ripetuto

# I mammiferi dei deserti e delle savane aride

Hanno vantaggi e svantaggi rispetto ai  
piccoli mammiferi

- Svantaggi: *comportamento*
- Vantaggio: *fisiologia*

# Le relazioni degli animali con l'acqua

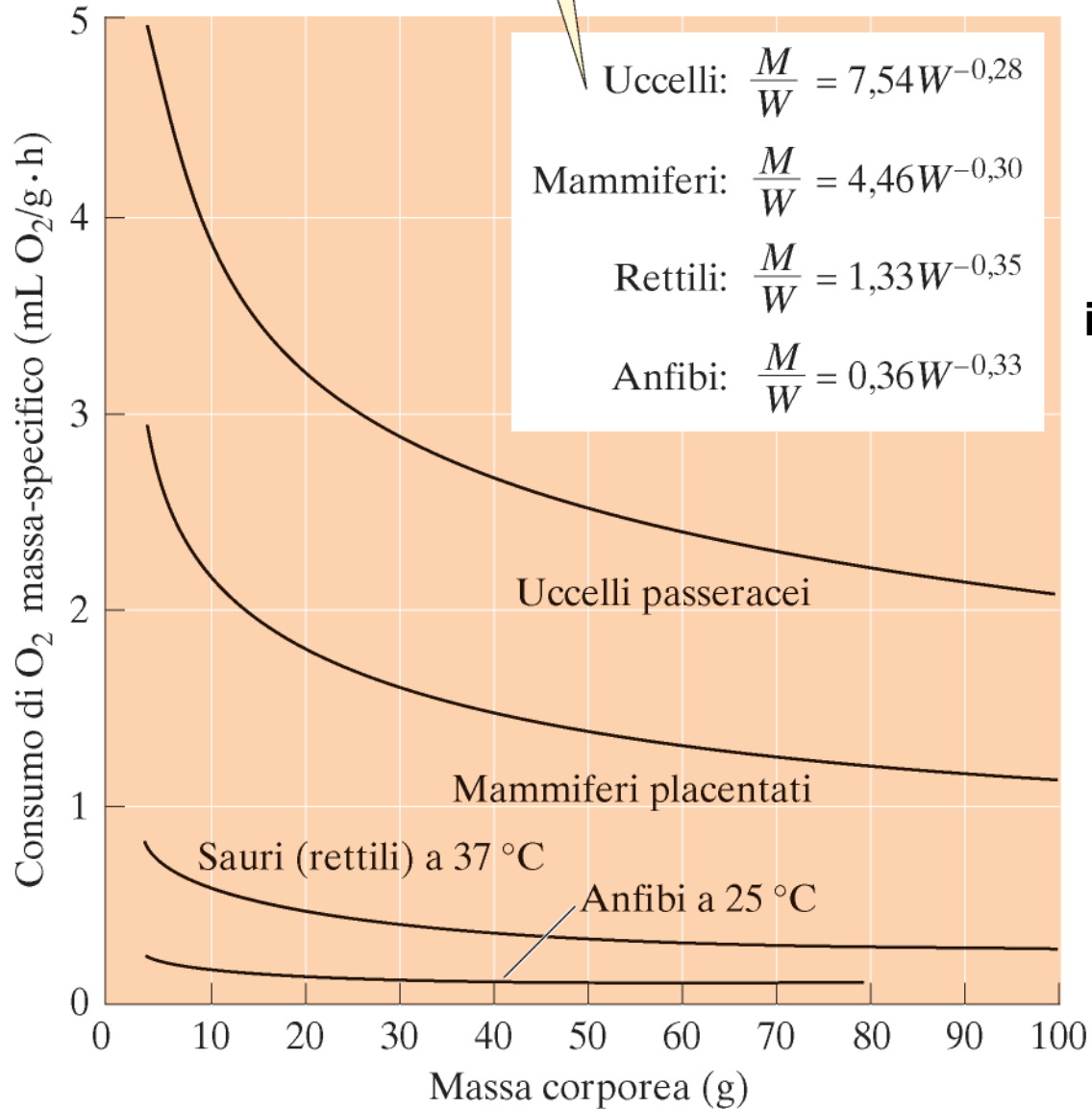
- Per termoregolarsi un mammifero deve far evaporare l'acqua per liberare l'organismo sia dal calore *esogeno*, che proviene dall'ambiente, sia da quello *endogeno*, dovuto al metabolismo

Le grosse dimensioni sono un vantaggio per entrambi questi aspetti

- Apporto esogeno: relazione allometrica che intercorre tra il tasso metabolico e la mole corporea
- Apporto endogeno: relazione allometrica che intercorre tra il tasso metabolico e le dimensioni corporee

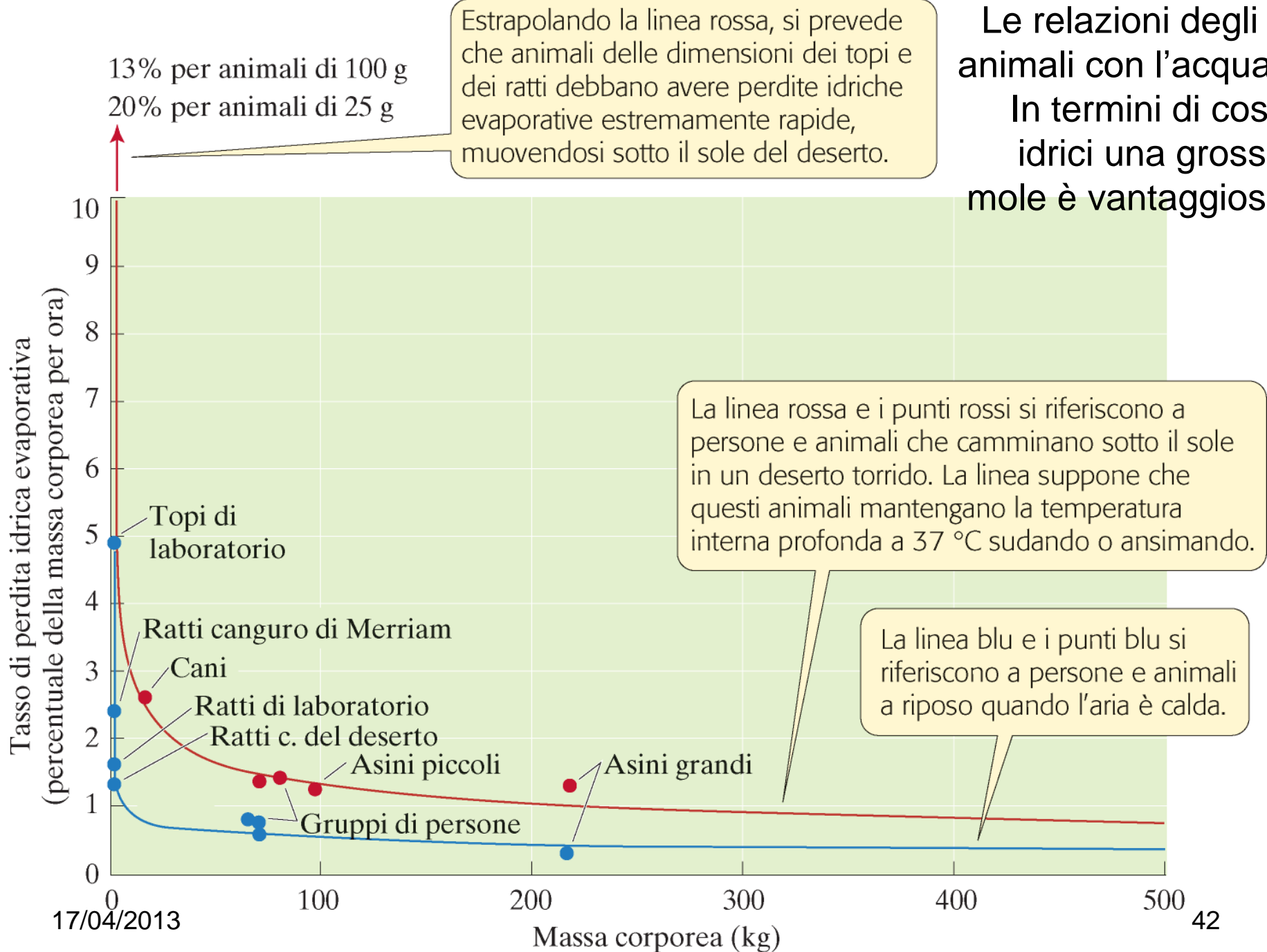


Le curve rappresentano graficamente queste equazioni di derivazione statistica, dove  $M/W$  è il consumo di  $O_2$  massa-specifico ( $mL O_2/g \cdot h$ ) e  $W$  la massa corporea (g).



**Tasso metabolico massa-specifico in funzione della massa corporea in quattro gruppi di vertebrati.** Somiglianza degli esponenti e differenze nel valore di  $a$  indicano una diversa intensità del metabolismo nei quattro tipi di animali

Le relazioni degli animali con l'acqua. In termini di costi idrici una grossa mole è vantaggiosa



Indipendenti (o non condizionate) dall'abbeverata, dipendenti (o condizionate) dall'abbeverata. Le mandrie di erbivori che abitano l'ecosistema del Serengeti e altri simili dell'Africa orientale e meridionale ci offrono un esempio di coesistenza. Gnu e zebre sono condizionati, gazzella di Grant, antilope alcina e dik-dik (antilope nana) non condizionate. Questi animali possono spingersi molto lontani da fonti perenni di acqua.



**Lo gnu azzurro è una specie di antilope condizionata dalla necessità di abbeverarsi, che predilige l'ombra.** Gli gnu azzurri (*Connochaetes taurinus*) pesano circa 200 kg da adulti. Preferiscono stare all'ombra quando possono, per esempio sotto alberi di acacia.

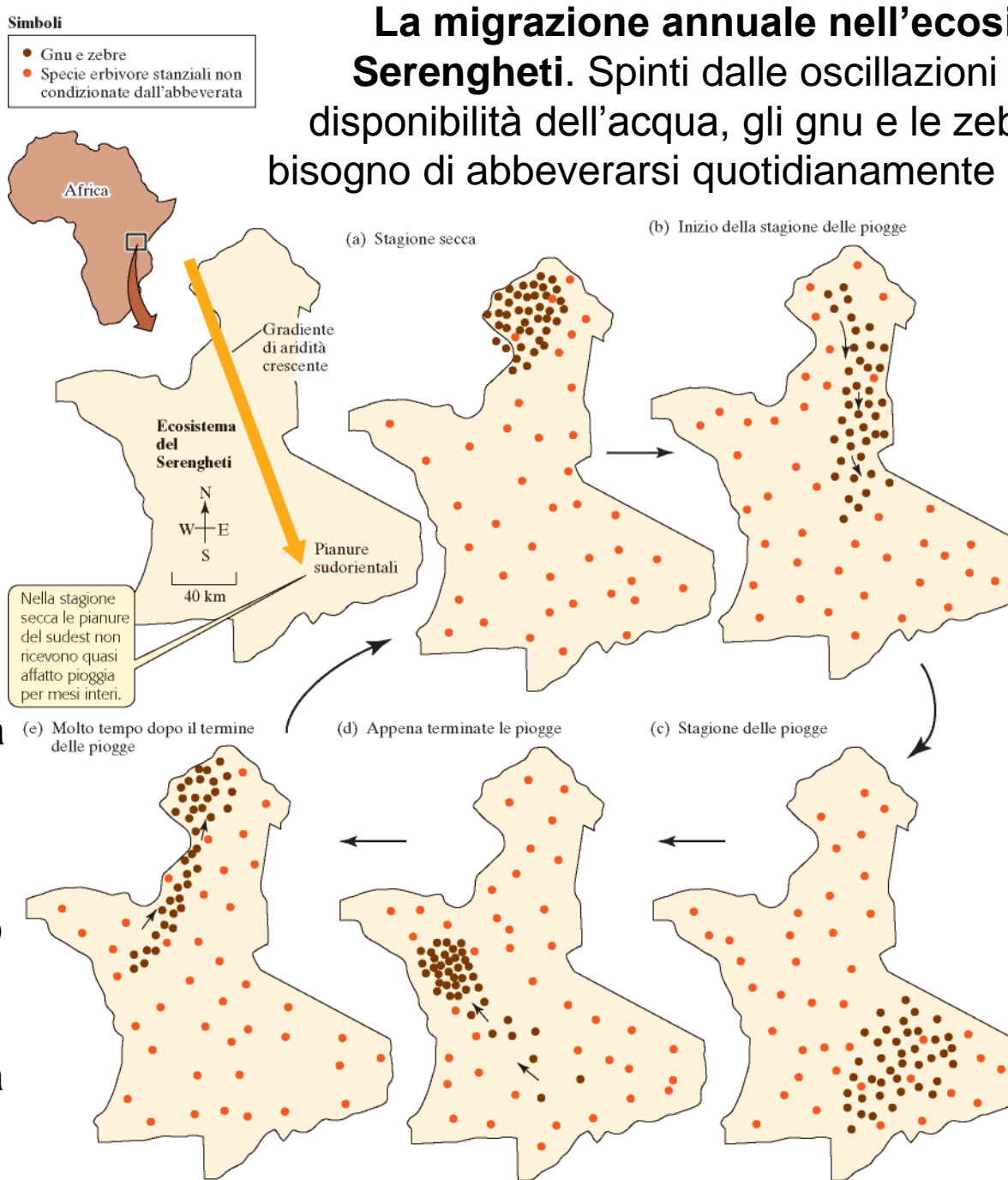
La gazzella di Grant è una specie che, secondo i naturalisti, ha la capacità di vivere senza abbeverarsi nel deserto e nelle savane aride.

Il Serengeti presenta un gradiente da nordest a sudest per la disposizione delle montagne e delle alture, le direzioni dei venti e il percorso seguito dai fiumi; le precipitazioni annue totali a nordovest sono circa il doppio che a sudest. Nella stagione delle piogge piove abbastanza dappertutto per far crescere erba in abbondanza, mentre nella lunga stagione secca tra giugno e novembre la pianure a sudest di solito non ricevono alcun precipitazione.



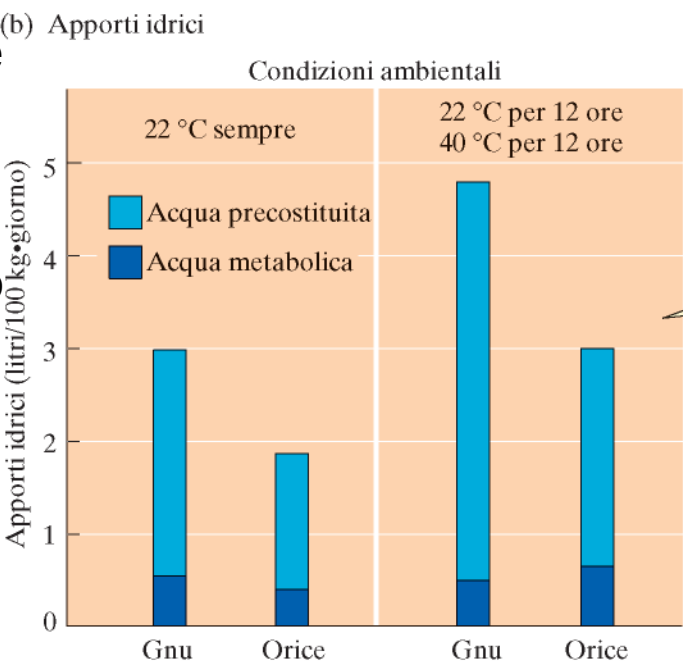
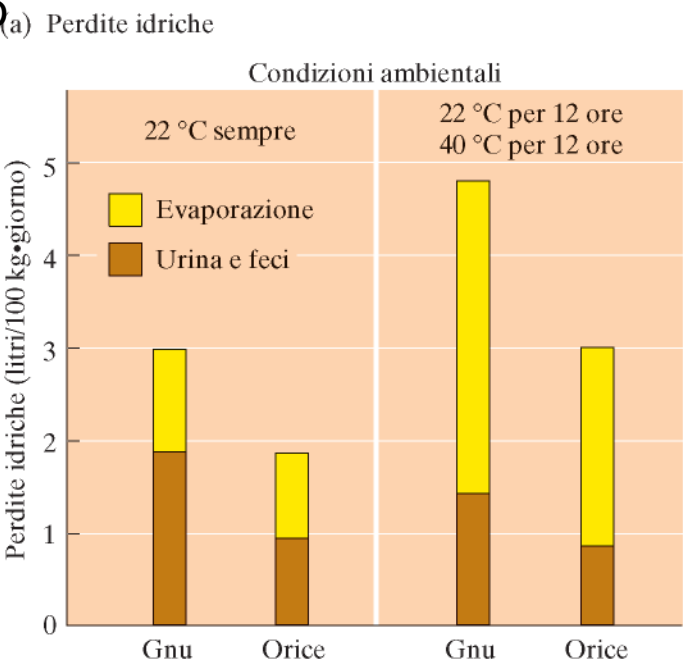
**Le gazzelle di Grant sono antilopi non condizionate dall'abbeverata e indifferenti, secondo gli osservatori, al sole o all'ombra. Queste gazzelle (*Gazella granti*) pesano circa 50 kg da adulte.**

L'ecosistema del Serengeti, di cui indichiamo i confini, comprende sia il Serengeti National Park sia altre aree circostanti di conservazione naturalistica. Le precipitazioni annue tendono a diminuire sulla direttrice nordovest-sudest. Perché lasciano il nordovest per il sudest quando arriva la stagione umida?



A 25 °C il ratto canguro ottiene l'80-90% dell'H<sub>2</sub>O che gli serve dal metabolismo. Al contrario, tutte le specie di erbivori di grande mole dei deserti e delle savane aride acquisiscono gran parte dell'H<sub>2</sub>O loro necessaria sotto forma di H<sub>2</sub>O preconstituita.

Persino l'orice, celebre per essere il più indipendente dall'H<sub>2</sub>O tra tutti i grandi mammiferi, ha bisogno di notevoli quantità di H<sub>2</sub>O preconstituita per mantenere l'equilibrio idrico. In entrambe le situazioni l'H<sub>2</sub>O metabolica non copre che il 20% circa.



**Il bilancio idrico degli gnu e degli orici.** Gli animali studiati per ognuna delle 2 specie avevano una massa corporea abbastanza simile; gli gnu azzurri (*Connochaetes taurinus*) pesavano in media 160 kg, gli orici (*Oryx beisa*) 100 kg. I singoli animali sono stati studiati in camere identiche che permettevano di quantificare (a) le perdite idriche e (b) gli apporti idrici nelle urine, nelle feci, nel cibo e nella bevanda. In alcuni esperimenti (a sinistra) la T è stata mantenuta costante a 22 °C; in altri (a destra) la T era 22 °C per metà della giornata di 24 h e 40 °C per l'altra metà. Gli animali erano già acclimatati alla penuria di H<sub>2</sub>O prima di queste misure e sono stati mantenuti al minimo.

Entrambe le specie si procurano la maggior parte dell'acqua necessaria sotto forma di acqua preconstituita come tale.

- Per soddisfare il fabbisogno idrico *tutte* le specie dipendono più dall'H<sub>2</sub>O preconstituita che da quella metabolica.
- Le specie condizionate dall'abbeverata non riescono a ottenere tutta l'H<sub>2</sub>O di cui necessitano dal cibo, o perché hanno bisogno di una quantità tale di H<sub>2</sub>O preconstituita che non può essere tutta contenuta nel cibo, o perché non sono abbastanza efficienti a scegliere e trasformare il cibo in modo da estrarne la massima quantità di H<sub>2</sub>O. Quindi devono bere ogni giorno perché l'apporto di H<sub>2</sub>O preconstituita sia adeguato a mantenerli in salute.

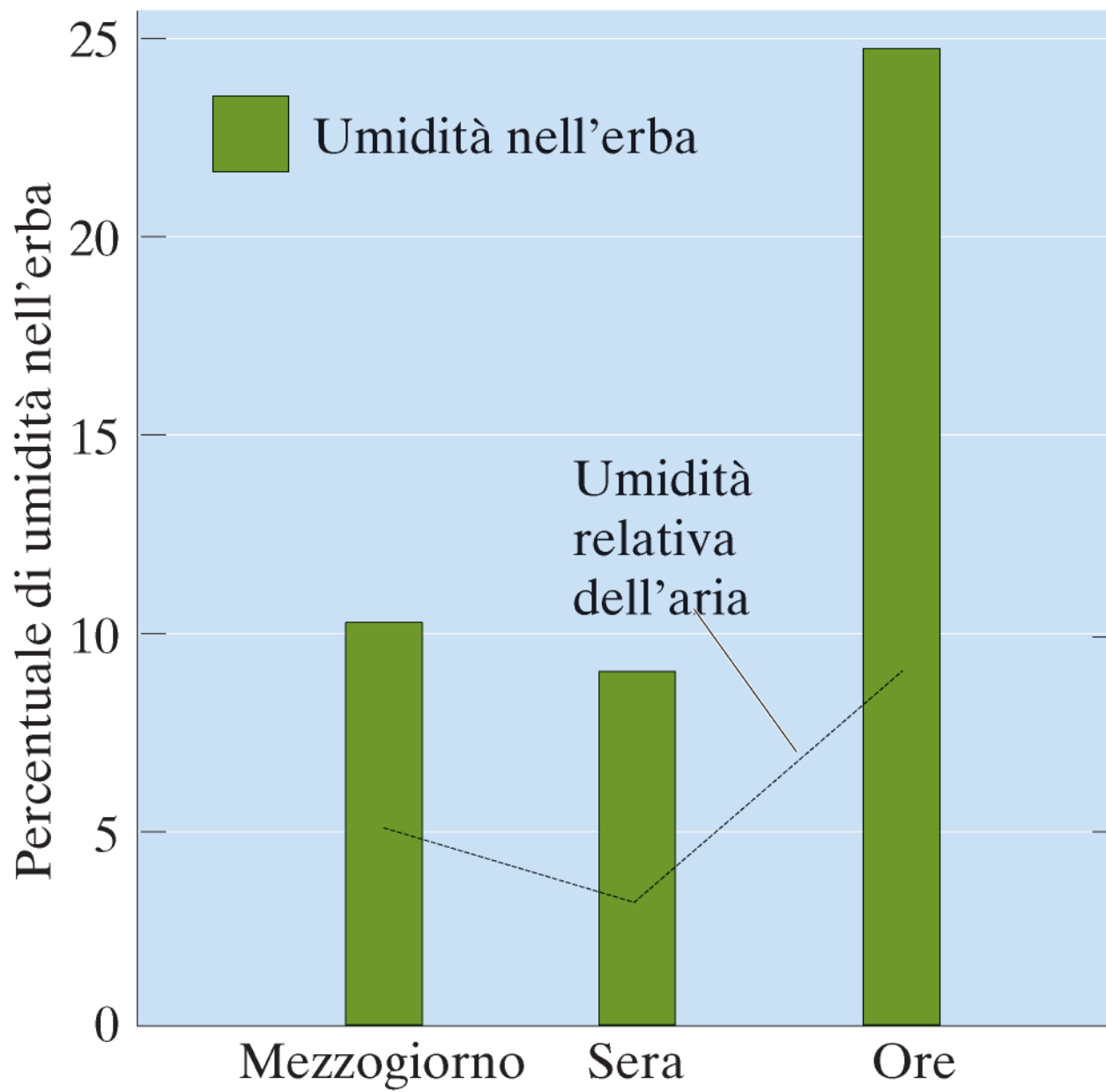
- Le specie non condizionate dall'abbeverata riescono a ottenere dal cibo tutta l' $H_2O$  preconstituita necessaria per stare in salute, per molti giorni di seguito. Questo potrebbe sembrare facile, ma spesso invece è difficilissimo, perché il cibo nel deserto o nelle savane aride è assai disidratato.
- In realtà la > parte delle specie indipendenti dall'abbeverata deve bere ogni tanto quando il clima si fa più caldo e secco nel corso dell'anno. Anche se l' $H_2O$  preconstituita che traggono dal cibo è *quasi* abbastanza per coprire il fabbisogno di  $H_2O$  preconstituita, non è però *del tutto* sufficiente. L'organismo si disidrata ogni giorno un poco di più, finché dopo una settimana o 2 (o anche 3) deve trovare  $H_2O$  da bere.



- Si ritiene che alcune delle specie non condizionate dall'abbeverata riescono a coprire l'intero fabbisogno di  $H_2O$  preconstituita dall' $H_2O$  preconstituita contenuta nel cibo, anche nelle stagioni più calde e secche dell'anno: questo vuol dire che possono non bere mai. Spesso portiamo ad esempio l'orice e l'antilope alcina. I biologi che le studiano nel loro ambiente affermano che queste specie non si vedono mai bere nelle regioni povere di  $H_2O$ ; anche i dati fisiologici indicano come plausibile che questi animali traggano dagli alimenti tutta l' $H_2O$  preconstituita che gli serve, in modo da non essere mai costretti a bere. <sup>49</sup>

# Spesso nei deserti e nelle savane le risorse idriche si intrecciano in modo complesso con quelle alimentari

- Natura dell' $H_2O$  da bere e del cibo disponibili.
  - *L' $H_2O$  perenne che si trova è spesso  $H_2O$  salata*
  - Può darsi che l'incentivo immediato alla migrazione a nordovest alla fine della stagione delle piogge venga proprio dalla salinità in aumento ai siti di abbeverata con l'inaridimento progressivo del territorio
  - Sono parecchie le cause che portano alla salinizzazione delle  $H_2O$  nei deserti e nelle savane aride
  - Un animale che beve  $H_2O$  salata deve avere reni capaci di eliminare tutti gli ioni che essa contiene a una concentrazione  $>$  nei suoi escreti, se vuole un apporto netto reale di  $H_2O$
1. Capacità di concentrare aiuta a eliminare i rifiuti solubili ordinari in poca  $H_2O$
  2. Gli animali riescono ad approvvigionarsi di  $H_2O$  anche da fonti più salate.

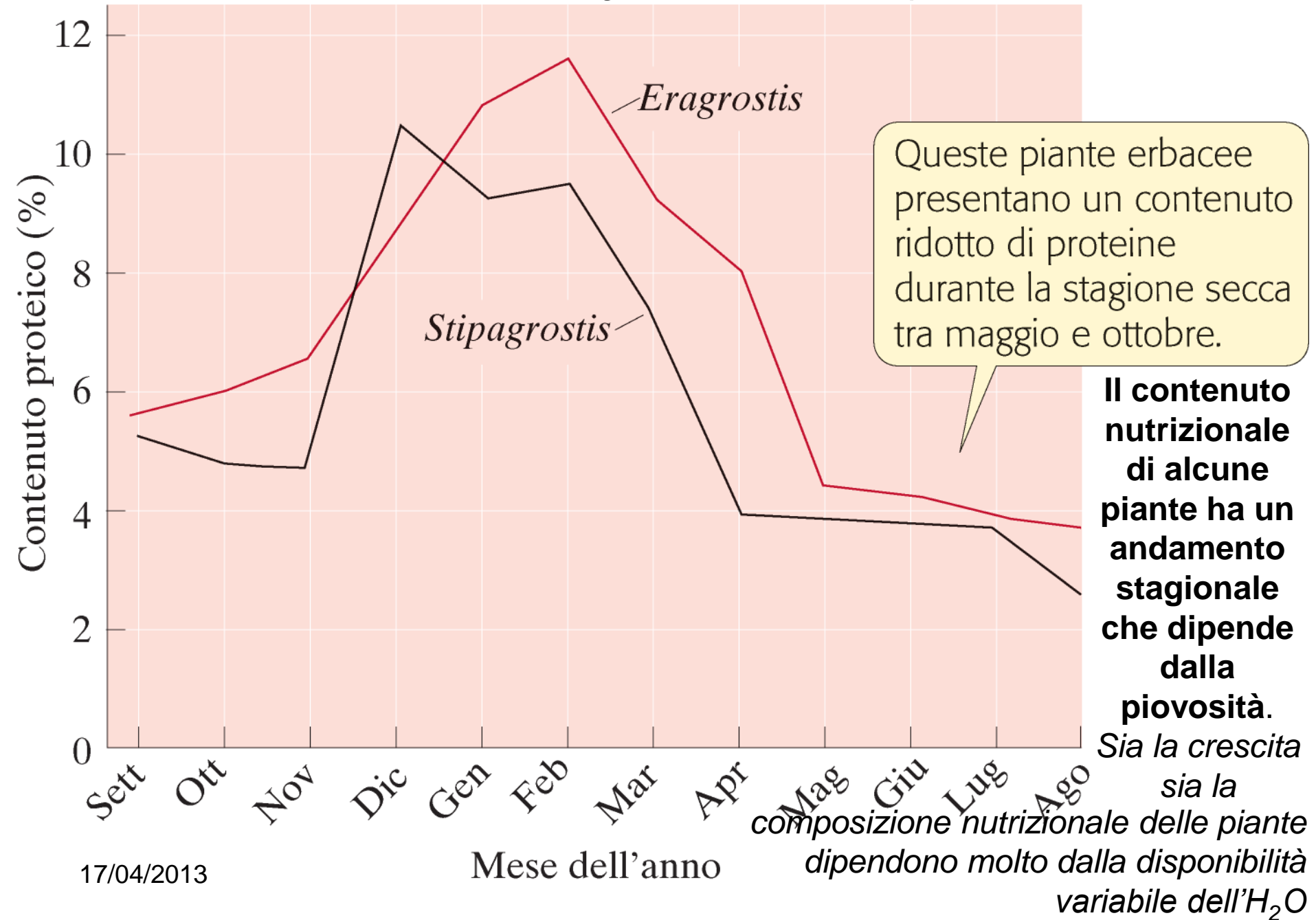


*Nella stagione secca le foglie delle piante spesso vanno incontro a variazioni forti nel contenuto di H<sub>2</sub>O preconstituita, equilibrandosi con l'umidità dell'aria.*

Umidità relativa (%)

**Il contenuto di umidità dell'erba "secca" varia immediatamente con l'ora del giorno e della notte precedenti l'alba**

# Le relazioni degli animali con l'acqua

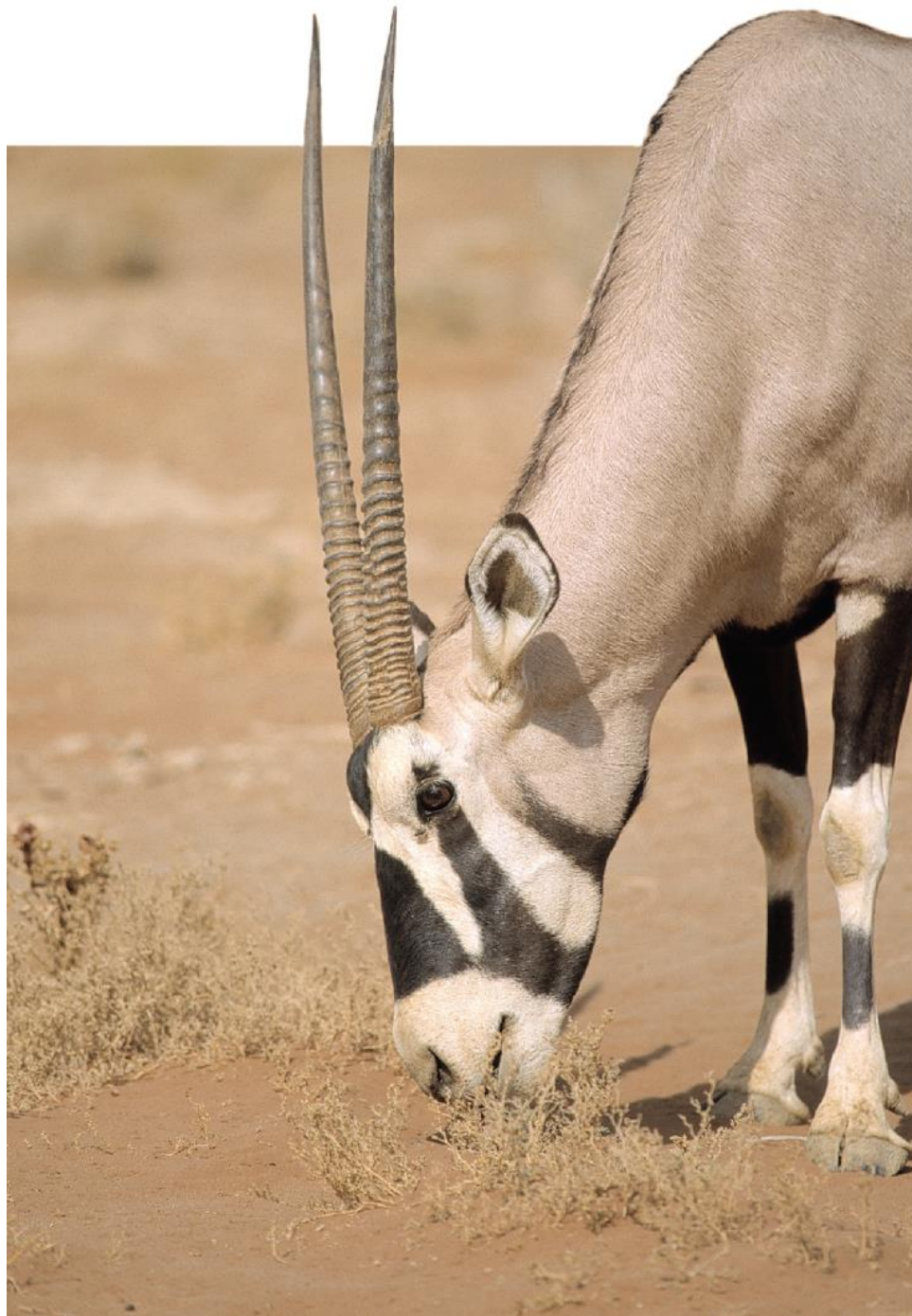


**Gli orici nel deserto si nutrono spesso di erba morta e secca, oltreché di foglie di alberi e cespugli già provati dalla mancanza di H<sub>2</sub>O.**

Gli orici riescono a mantenere l'equilibrio idrico con l'H<sub>2</sub>O preconstituita contenuta in questi vegetali e nient'altro, perché conservano l'H<sub>2</sub>O corporea con grande efficienza con sistemi ancora in parte sconosciuti.

La foto ritrae un orice gemsbok (*Orix gazella*).

4 tipi di orice.

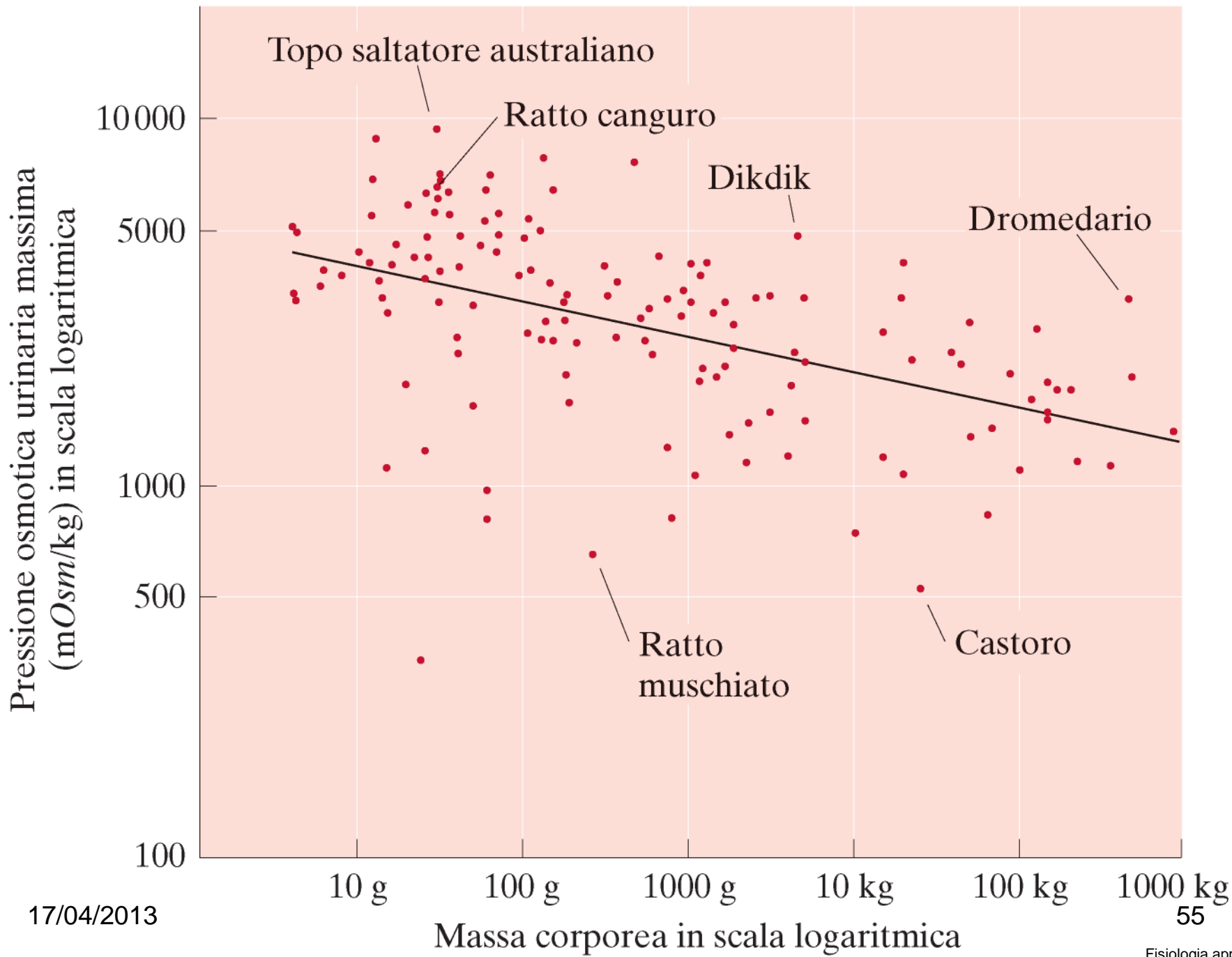


I ricercatori hanno misurato il ricambio idrico dell'orice bianco allo stato selvaggio con il metodo dell'H<sub>2</sub>O a doppia marcatura, trovando che va da ¼ alla ½ di quello atteso per mammiferi della sua taglia.

L'orice provato da stress idrico sta sistematicamente all'ombra, se ne trova, nelle ore calde del giorno. Ci sono 2 specie che talvolta scavano piccole buche in cui accucciarsi; si ritiene che questo comportamento li schermi dal sole.

# Concentrazione urinaria massima e contenuto idrico fecale minimo in particolari mammiferi africani

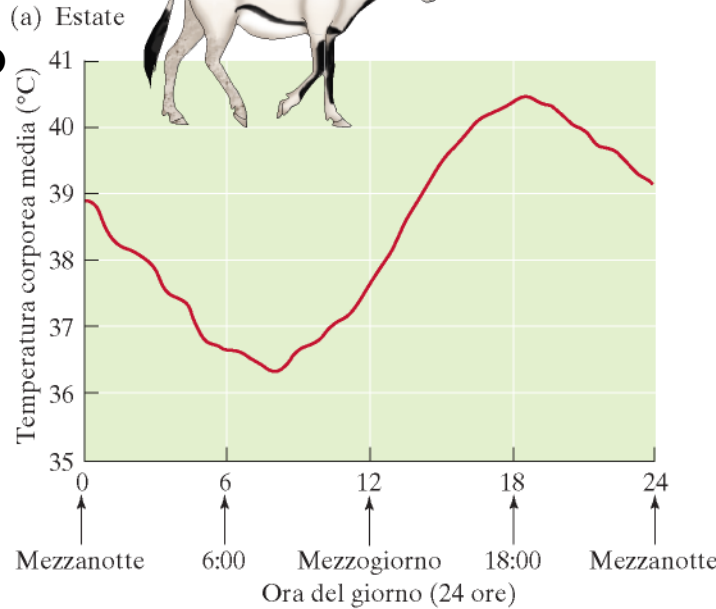
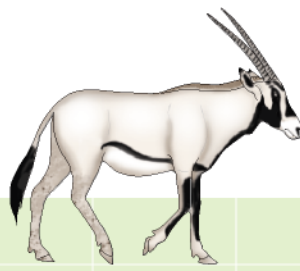
<b>Specie</b>	<b>Pressione osmotica urinaria (mosml/kg H<sub>2</sub>O)</b>	<b>Rapporto U/P osmotico</b>	<b>Contenuto idrico fecale (g H<sub>2</sub>O/100g)</b>
Bufalo africano ( <i>Syncerus caffer</i> )	1120	4	
Bue di razza Hereford ( <i>Bos taurus</i> )	1160	4	75
Zebù ( <i>Bos indicus</i> )	1300	4	
Asino somalo ( <i>Equus asinus</i> )	1680	5	61
Gnu azzurro ( <i>Connochaetes taurinus</i> )	1830	6	
Gazzella di Thomson ( <i>Gazella thomsoni</i> )	2640	7	
Gazzella di Grant ( <i>Gazella granti</i> )	2790	8	
Orice ( <i>Oryx beisa</i> )	3100	8	
Dromedario ( <i>Camelus dromedarius</i> )	3200	8	44
Dik-dik ( <i>Madoqua kirkii</i> )	4760	~12	44



17/04/2013

55

**Temperatura media interna profonda dell'orice bianco (*Oryx leucoryx*) libero in natura nel corso delle 24 ore durante l'estate e l'inverno. 6 orici (*Oryx leucoryx*), che vivevano nel loro ambiente naturale in Arabia Saudita, sono stati studiati**



salire la loro T corporea di giorno stanno in effetti *accumulando* calore invece di sudare o ansimare per liberarsene: in seguito sfruttano il fresco della notte per disperdere il calore per vie diverse dall'evaporazione (convezione e irraggiamento termico). Risparmio energetico ~ 0,3 litri.

2. L'aumento di T nelle ore diurne riduce la differenza di T tra i tessuti dell'animale e l'aria torrida, rallentando l'ingresso del calore nell'organismo.

I mammiferi del deserto e della savana arida lasciano oscillare la T corporea molto più spesso quando tendono a disidratarsi.

Questo ciclo termico di notevole ampiezza risparmia H<sub>2</sub>O per 2 motivi:

1. Gli animali che lasciano



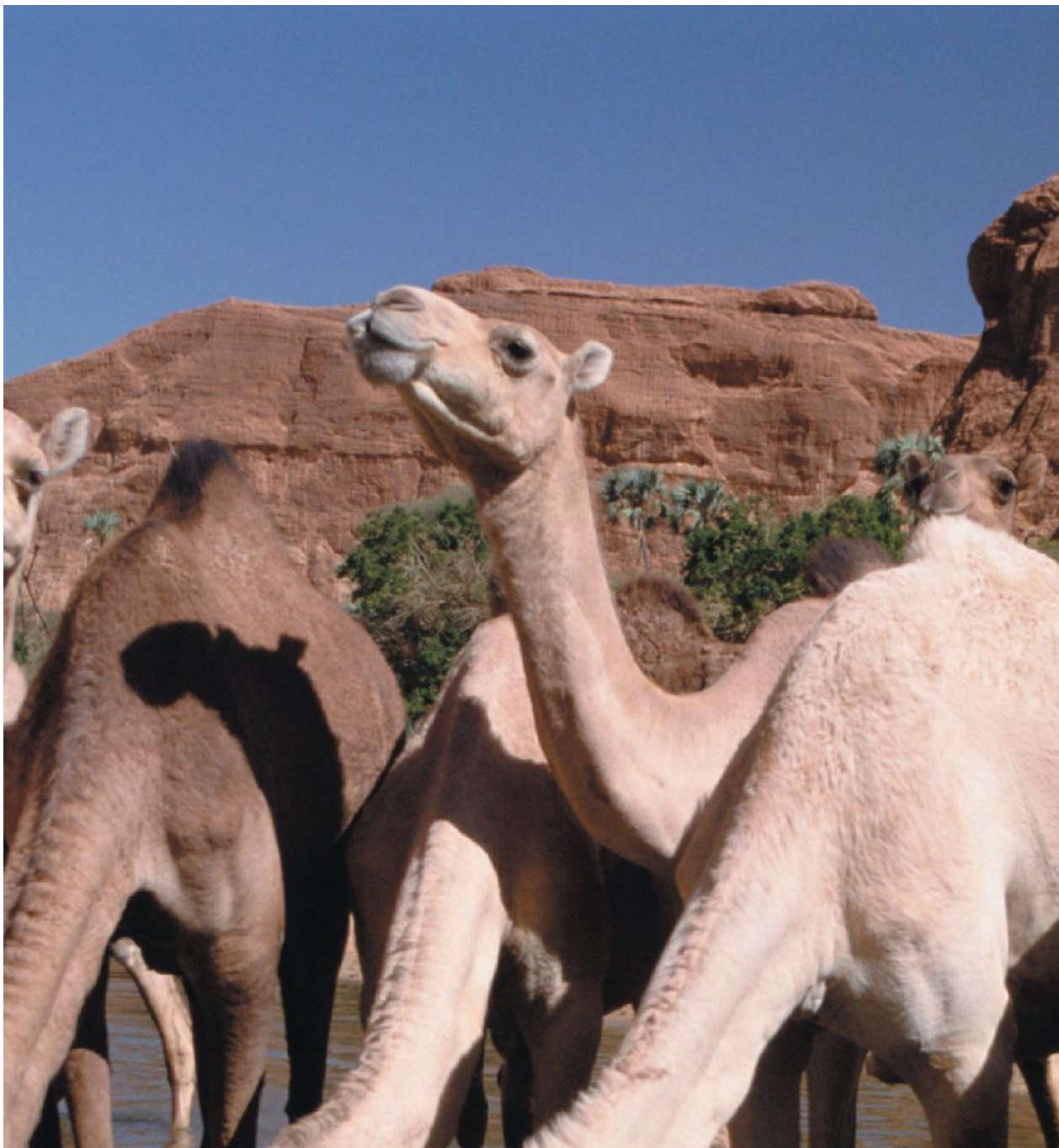
# La gazzella di Grant e la gazzella di Thomson differiscono per il rapporto con l'acqua

- Massa 10-50 kg, nelle savane dell'Africa orientale
- Gazzella di Thomson meno resistente allo stress idrico
- Nel Serengeti si aggrega alla migrazione annuale
- Esposta a una T dell'aria di 45 °C, la gazzella di Grant lascia salire la T corporea allo stesso valore o anche oltre
- La gazzella di Thomson mantiene la T sotto i 43 °C e questo costringe l'animale ad andare più spesso in polipnea e a usare H<sub>2</sub>O per la termoregolazione

I cammelli bevono  $H_2O$  per compensare perdite idriche pregresse.

1) I cammelli conservano l' $H_2O$  in modo efficacissimo.  
2) I dromedari sfruttano al massimo le variazioni della  $T$  corporea per economizzare  $H_2O$ .

Se si disidratano, lasciano salire la  $T$  corporea di ben  $6\text{ }^\circ\text{C}$  di giorno e la lasciano



scendere di altrettanto durante la notte.

Altre strategie di risparmio:

1) Concentrare urina e disidratare feci

2) Limitare produzione urina

3) Pelliccia spessa, a volte lucente, che scherma dal calore

4) Durante il riposo minimizzano esposizione al calore, sempre volti verso il

Sole