

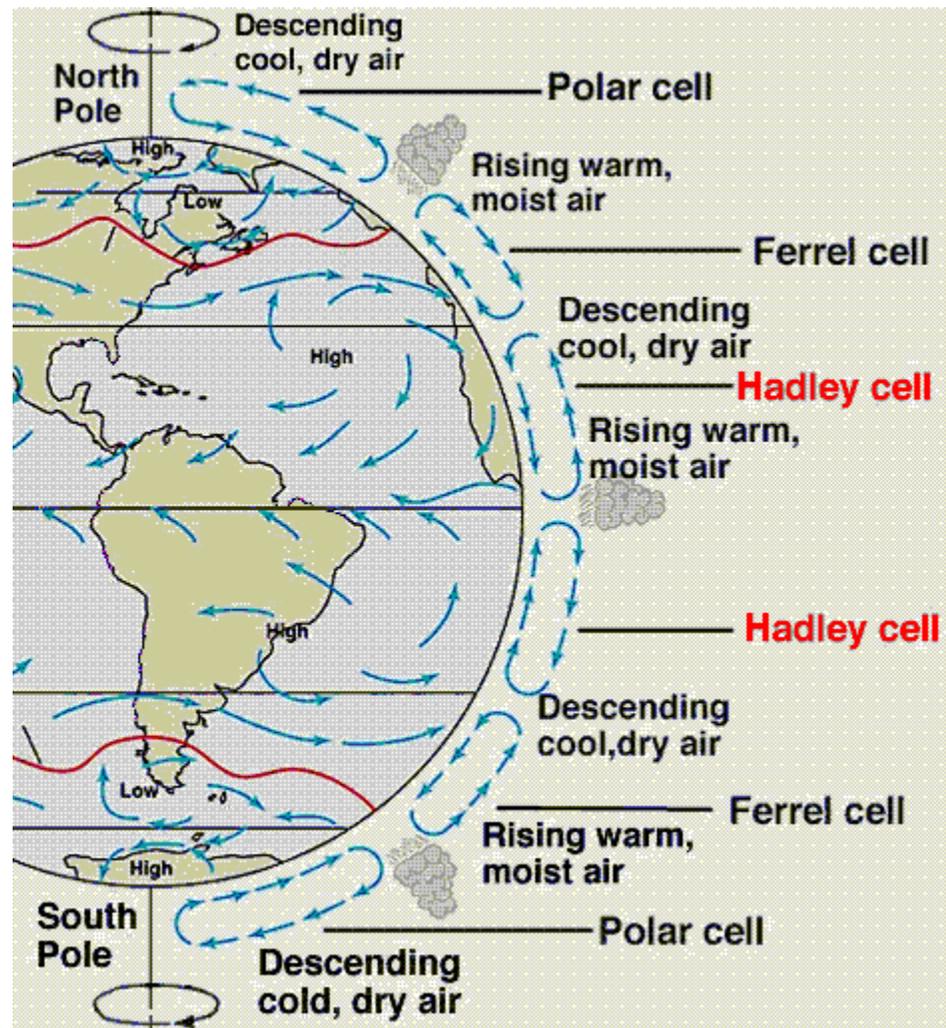
Artide ed Antartide per la loro posizione geografica nella filosofia come nella letteratura sono considerati gli estremi della Terra. Vari processi, forzati dal flusso geotermico terrestre e dalle correnti convettive all'interno della Terra, hanno garantito la formazione dell'attuale assetto geografico dei Continenti.

L'Antartide e l'Artide differiscono non solo per la diversa posizione geografica, rispettivamente Polo Nord e Polo Sud, che fa sì che le stagioni siano invertite (P.N.: sei mesi di luce dal 21/06 e 6 mesi di buio dal 22/12, viceversa nell'E.S.), ma anche per altri fattori. Basta pensare a che l'Antartide è un vero e proprio Continente che poggia ad Ovest su Crosta Oceanica e ad Est su Crosta Continentale, invece l'Artide viene considerata come l'area situata a nord del Circolo polare artico, cioè della latitudine 66° 33' 44" Nord. Questa regione include l'Oceano Artico, le estreme terre settentrionali di Russia, Alaska, Canada, Groenlandia, Islanda, Finlandia, Svezia, Norvegia e le isole che le fronteggiano. A volte vengono considerate confini della regione artica il limite settentrionale della linea degli alberi o l'isoterma di 10 °C di luglio.

L'Artide essendo circoscritta da continenti, grazie alle circolazioni atmosferico-oceaniche che trasferiscono il calore dalle latitudini più basse a quelle più alte, a differenza dell'Antartide è molto più ricca di vegetazione, basta pensare alle foreste ed alla tundra. L'Antartide gode di un clima "isolato", principalmente a causa della totale assenza di terre emerse tra 50° e 65° S, questo fa sì che in Antartide si registrino record minimi di temperatura molto superiori a quelli registrati al Polo Nord. Anche la fauna differisce molto tra i due, in quanto le specie animali hanno dovuto adattarsi ad ambienti sotto alcuni aspetti simili ma anche differenti. Al Polo Sud ci sono Pinguini, foche, elefanti marini, balene, orche e uccelli di varie specie; al Polo Nord abbiamo invece orsi polari, la volpe artica, la foca, la renna ed alcuni tipi di ermellini.



Ciò su cui noi però concentreremo maggiormente l'attenzione sono i differenti regimi Oceanici e Atmosferici che li caratterizzano.



In entrambi gli emisferi le circolazioni atmosferiche a latitudini uguali ma opposte sono guidate dallo stesso regime di venti, a causa dell'innescarsi di Gradienti di Pressione da un certo punto di vista simmetrici.

Tuttavia ciò che interviene a fare la differenza è la diversa distribuzione di terre emerse. Nell' E.S. la proporzione Acqua-Terra è di 4 : 1 , nell'E.N. è di 1.5 : 1 , infatti il Mare Artico è anche noto come Arctic Mediterranean Sea, a causa della sua circoscrizione tra terre emerse.

Dunque mentre nell' emisfero boreale a causa della topografia molto variabile si innescano Correnti Geostrofiche meridionali e zonali, nell'emisfero australe si innescano principalmente Correnti Geostrofiche Zonali (verso Est), in quanto abbiamo una forte variabilità termalina, delle proprietà delle masse d'acqua e delle circolazioni al variare della latitudine, infatti la comunità scientifica ha effettuato una suddivisione zonale a bande del Southern Ocean (S.O.). Parliamo di bande zonali in quanto all'interno di ogni banda le proprietà dei flussi e delle masse d'acqua sono approssimativamente costanti, invece se confrontate le varie zone sono tra esse incoerenti, a delimitarle ci sono dei veri e propri fronti e Jet Stream.

La distribuzione terre-acqua inoltre fa sì che le circolazioni intorno all'Antartide circumnavigano il continente con continuità, innescando meccanismi di teleconnessione tra Antartide e gli Oceani confinanti: Pacifico, Atlantico, Indiano. In Artide invece la topografia è molto più articolata, per cui le circolazioni appaiono completamente differenti.

Altra differenza principale è che nell'E.S. il Termoclino permanente raggiunge la superficie nella convergenza subtropicale e non si estende nelle regioni polari. Differenze di temperatura tra la superficie del mare e il fondo dell'oceano vicino al continente sono al di sotto di 1 °C e generalmente non al di sopra di 5 °C. Invece nell'Emisfero opposto si estende fino a latitudini molto elevate ed abbiamo gradienti di temperatura con l'aumentare della profondità quasi sempre > 5°C. Ciò spiega perché nel S.O. le correnti siano più intense anche a profondità molto elevate, a causa della forte omogeneità della densità lungo la colonna d'acqua, a differenza dell'E.N. in cui è favorita la compensazione baroclinica.

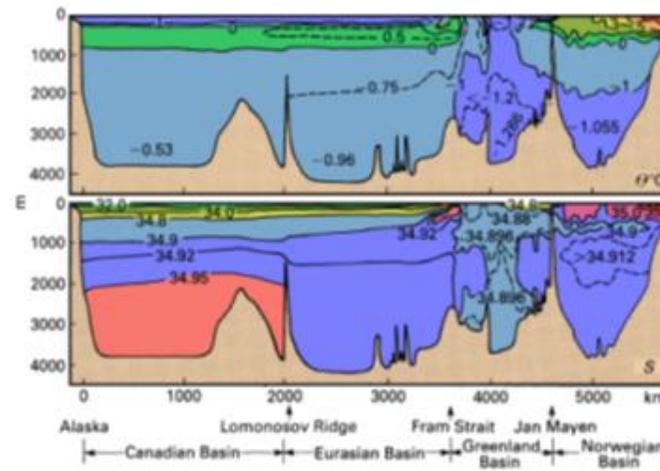


Fig. 7.8. Potential temperature and salinity along a section from the Norwegian Sea into the Canada Basin. The penetration of Atlantic Water - from the surface in the Norwegian Sea to the depth range between Surface and Bottom Water - is indicated by the temperature and salinity maxima near 500 m depth. Note that the temperature and salinity increments between isotherms and isohalines are not constant over the respective ranges. See Fig. 7.6 for location of the section. From Aagaard *et al.* (1985b).

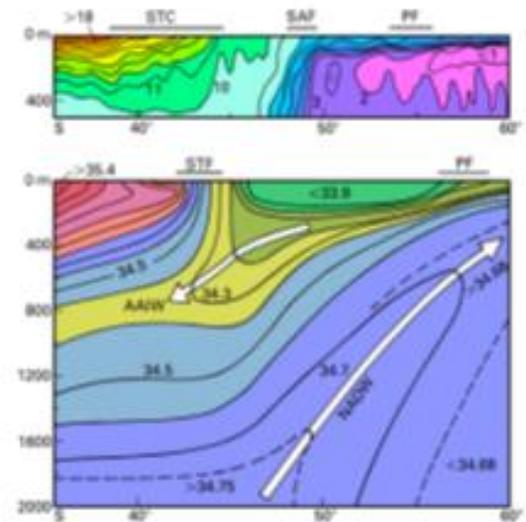


Fig 7.7. Temperature (T °C) and salinity (S) profiles in the Arctic Mediterranean Sea. The scale is correct for the Canada Basin; other profiles are offset by 1 unit from each other. Arctic Surface Water is not present in the Norwegian Sea, where inflow of Atlantic Water extends to the surface. From Coachman and Aagaard (1974) and Osborne *et al.* (1991).

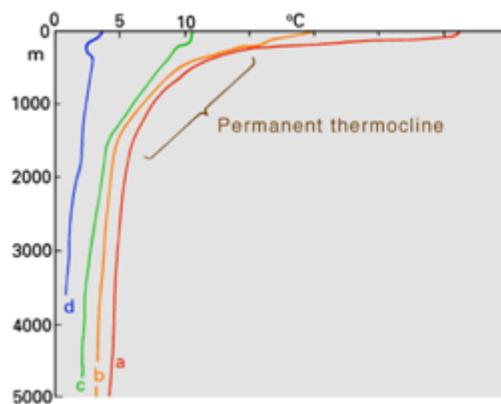
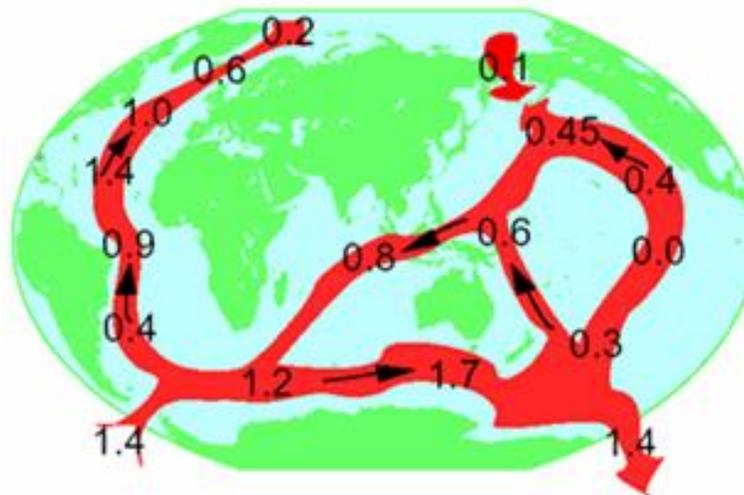


Fig. 6.1. Temperature profiles for different climatic regions near 150°W (Pacific Ocean).

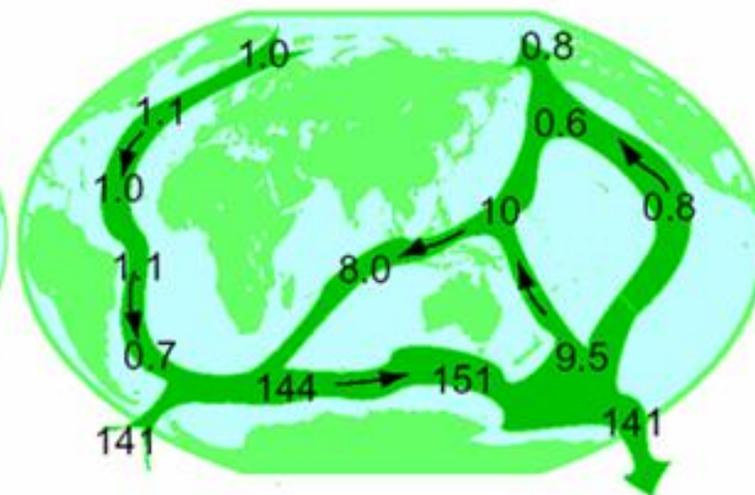
- (a) tropical (5°S),
- (b) subtropical (35°S),
- (c) subpolar (50°S),
- (d) polar (55°S).

The temperature scale is correct for the polar profile; other profiles are shifted successively by 1°C. Note the shallowness of the warm surface layer and the absence of the permanent thermocline in the polar region. Data from Osborne *et al.* (1991).

Da ciò ma soprattutto per dinamiche che spiegheremo tra poco è evidente dai grafici sottostanti che la corrente che contribuisce più di tutte al trasporto di calore e dunque alla circolazione termoalina globale è la Corrente Circumpolare Antartica (ACC).



Ocean transport of heat in Petawatts (10^{15} watts). 1 PW is about 60 times the global consumption of energy.
(A. McDonald and C. Wunsch, USA)



Fresh water transport in millions of cubic metres (approx. tonnes) per second,
(A. McDonald and C. Wunsch, USA)

Analizziamo ora in modo riassuntivo la circolazione artica e la circolazione antartica.

Oceanografia Antartica:

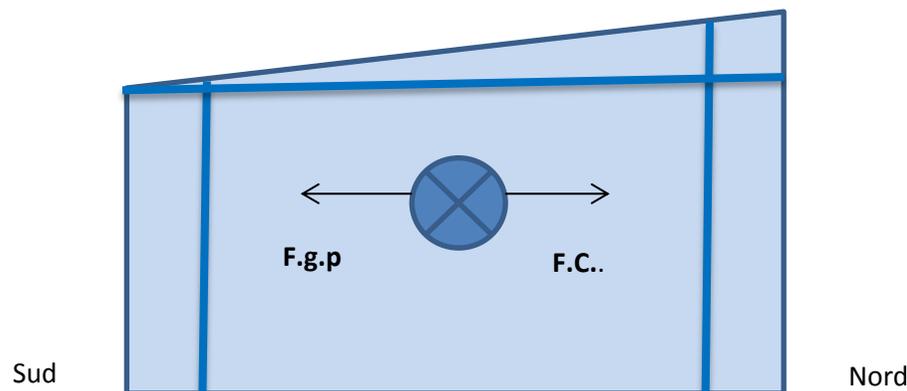
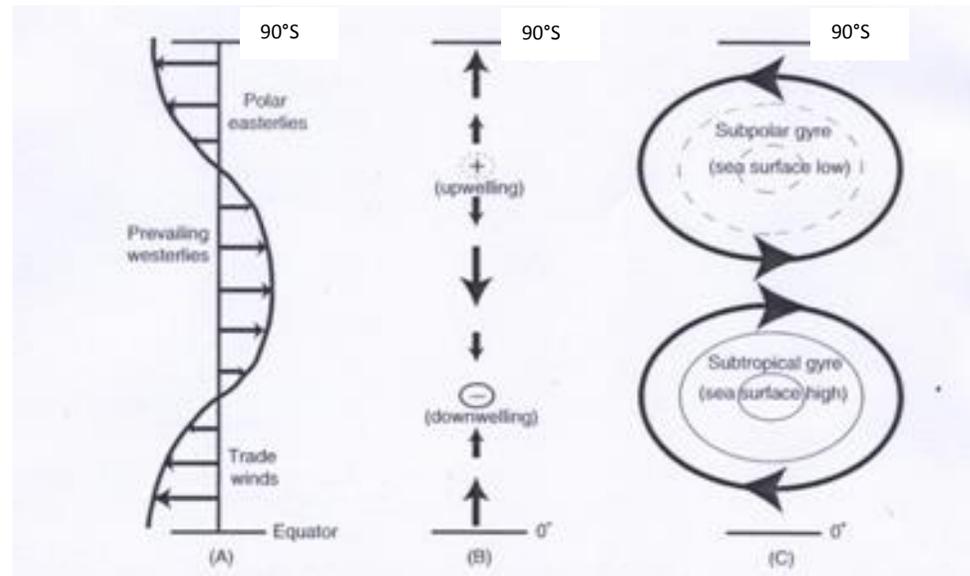
A causa della diversa distribuzione della radiazione solare, si sono instaurate circolazioni atmosferico-oceaniche che vanno ad omogeneizzare il calore su scala globale, trasferendolo dalle zone in "Surplus" di energia a quelle in "Deficit".

0°-30°: Easterlines (Alisei);

30°-60°: Westerlines (Venti da Ovest) → ACC;

60°-90°: Easterlines (Venti da Est) → East Wind Drift.

All'ACC si va a sommare una corrente geostrofica barotropica verso Est che intensifica il flusso. A causa delle circolazioni atmosferiche dei venti, da 60°-90° la corrente scorre in verso antiorario intorno al continente antartico, da 30°-60° l'ACC scorre in verso orario ininterrottamente. A causa dei shear determinati dalle circolazioni in versi opposti e dalla topografia variabile si generano due strutture cicloniche importanti, una nel mare di Weddell, una nel mare di Ross. Essi contribuiscono alla formazione di acque dense grazie al contributo di apporto di sale determinato dalla formazione dei ghiacci e ai venti persistenti in tale zona.



A causa delle masse d'acqua ivi presenti e alle circolazioni istauratesi è favorita la formazione di zone di Polynya, a calore sensibile e a calore latente, che non sono altro che zone di upwelling, dove acqua più calda proveniente da Nord, nota come NADW giunge, si modifica diventando CDW e scorrendo al di sopra delle AABW risale in superficie, talora prevenendo la formazione di ghiaccio (P. a calore sensibile o di Open Ocean), talora giunge sotto costa e cedendo calore all'aria (N.B.: Venti Catabatici persistenti) garantisce la formazione di acque dense e correnti di gravità che poi a causa del regime delle correnti va a ventilare le acque profonde degli oceani comunicanti (P. a calore latente o costiere).

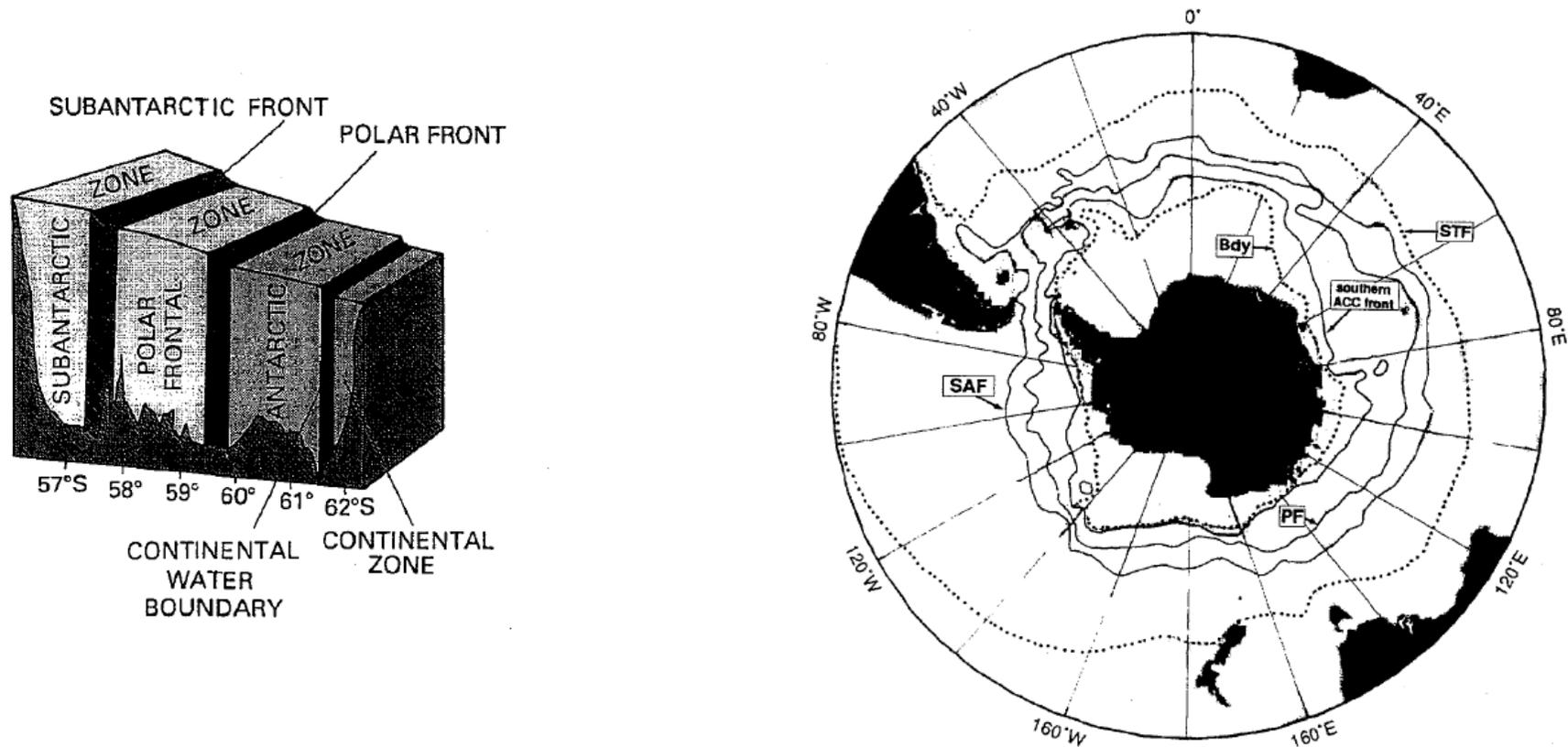
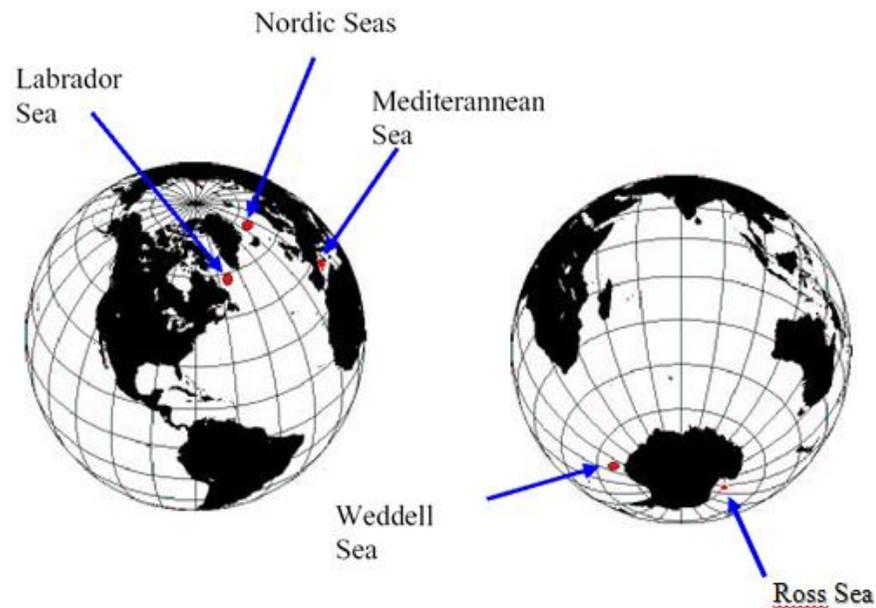
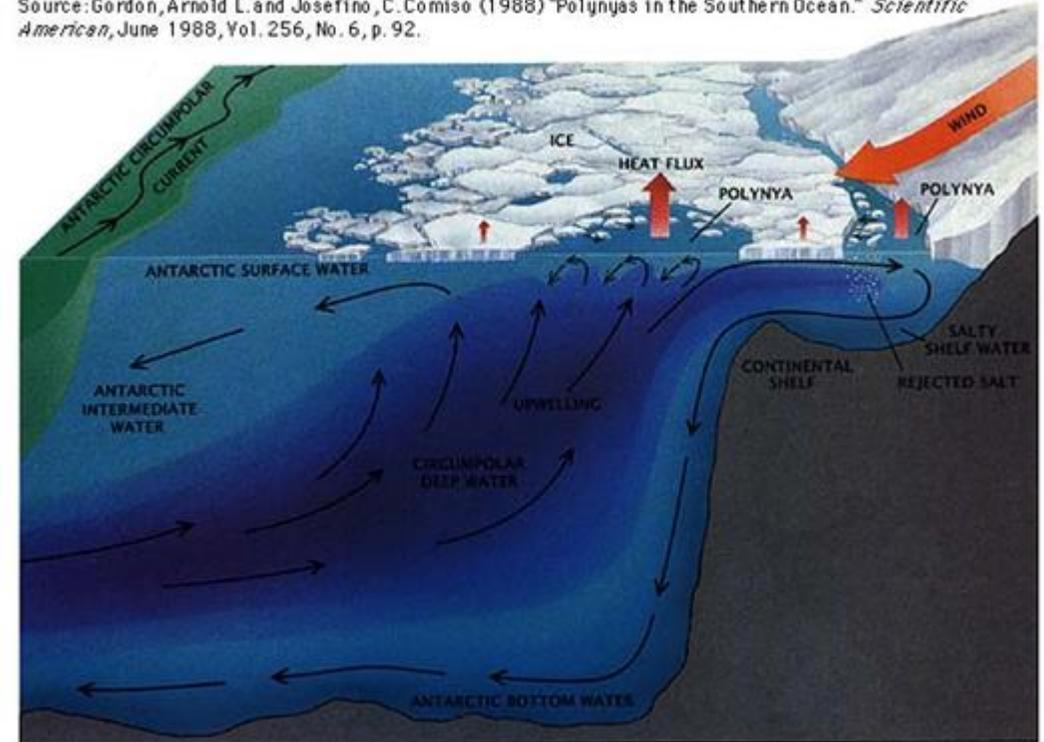


Figura 2.2.1.1: Distribuzione dei principali fronti dell'Oceano Meridionale. Modificata da Orsi et al. (1995).

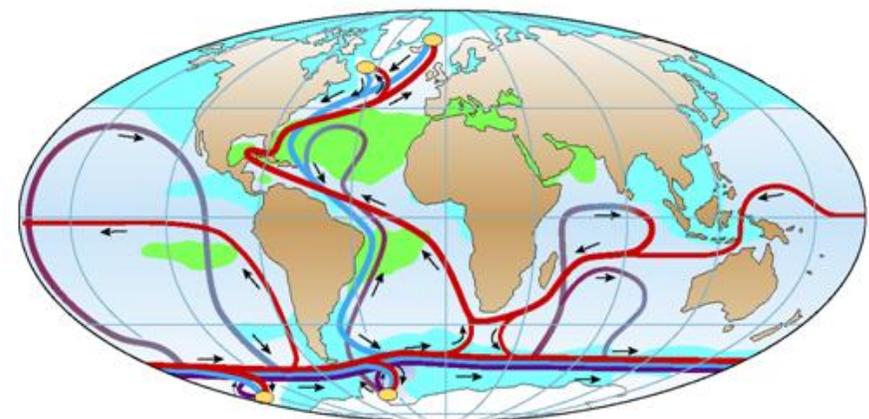
La massa d'acqua più importante dunque che giunge in Antartide è proprio la North Atlantic Deep Water (NADW) che modificandosi diventa Circumpolar Deep Water (CDW) ed è anche la massa d'acqua più diffusa in Antartide. Intuiamo quindi che l'interazione tra ciò che avviene in Artide (in quanto la NADW si forma nel mare di Groenlandia) e ciò che avviene in Antartide favorisce la creazione della circolazione termoalina globale che ha per "motori" i centri di formazione di acque dense.



Source: Gordon, Arnold L. and Josefino, C. Comiso (1988) "Polynyas in the Southern Ocean." *Scientific American*, June 1988, Vol. 256, No. 6, p. 92.



Meridional circulation pattern of the Southern Ocean (the ocean surrounding Antarctica) is dominated by the upwelling of a warm, salty water mass called the Circumpolar Deep Water and its transformation into Antarctic Surface Water, which ultimately sinks to become Antarctic Intermediate Water and Antarctic Bottom Water. The circulation is driven by wind and the exchange of heat and fresh water between the ocean and the atmosphere.



Oceanografia Artica:

L'importanza del S.O. per la formazione di masse d'acqua dense si riflette anche nel Mare Artico per la formazione della NADW. Qui i processi sono favoriti dalla topografia che rende di per sé il mare Artico un bacino semichiuso, per cui gli è stato attribuito il nome di "Arctic Mediterranean Sea". Qui la circolazione è indotta principalmente da forzanti termoalini a causa del suo isolamento dagli altri oceani, e poi modificata dal vento, non come avviene in genere negli oceani dove il forzante vento mette in moto le circolazioni che vengono poi modificate in funzione dei gradienti di densità.

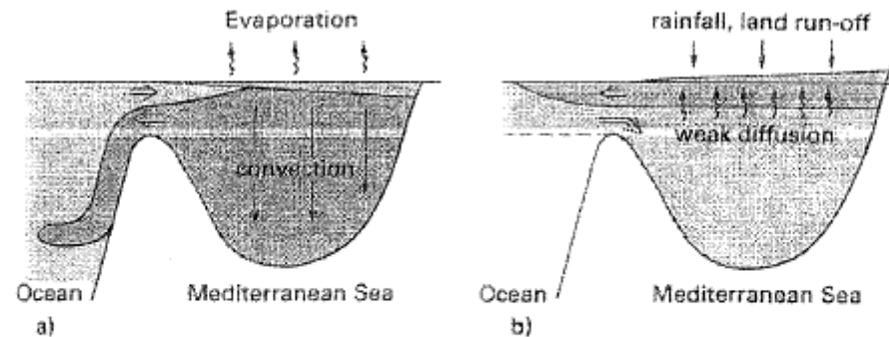


Fig. 7.1. Schematic illustration of the circulation in mediterranean seas; (a) with negative precipitation - evaporation balance, (b) with positive precipitation - evaporation balance.

La circolazione nell' Arctic Mediterranean Sea può essere divisa in due classi, in funzione del budget di acqua dolce in arrivo. Se l'evaporazione supera le precipitazioni, aumenta la densità delle acque superficiali e si generano moti convettivi profondi, per cui le acque superficiali provenienti dall'Oceano Atlantico, della corrente del Golfo essendo meno dense si posizionano al di sopra dell'acqua superficiale in situ, provocando il moto di acqua dal bacino chiuso all'oceano, viceversa se sono superiori le precipitazioni e l'apporto di acque dolci dei fiumi rispetto alle evaporazioni si formano acque più dolci ed una maggiore stratificazione, tanto da fare in modo che le masse d'acqua oceaniche si posizionano al di sotto di quelle superficiali in situ ed abbiamo un notevole ingresso di acqua oceanica nel bacino, perché non ostacolata da fronti d'acqua molto densa come avveniva invece nel primo caso.

Il mare artico è di per sé connesso con gli altri oceani ma mediante stretti, per cui il trasporto è notevolmente minore rispetto a quello dell'ACC. A modificare ulteriormente le dinamiche oceaniche è la presenza di notevoli promontori marini: Alpha/Mendelev Ridge, Arctic Mid-Ocean Ridge ecc.. .

Poiché siamo a latitudini intorno ai 60° , l'alta pressione in prossimità del polo nord determina il regime dei venti sull' Arctic Mediterranean Sea.

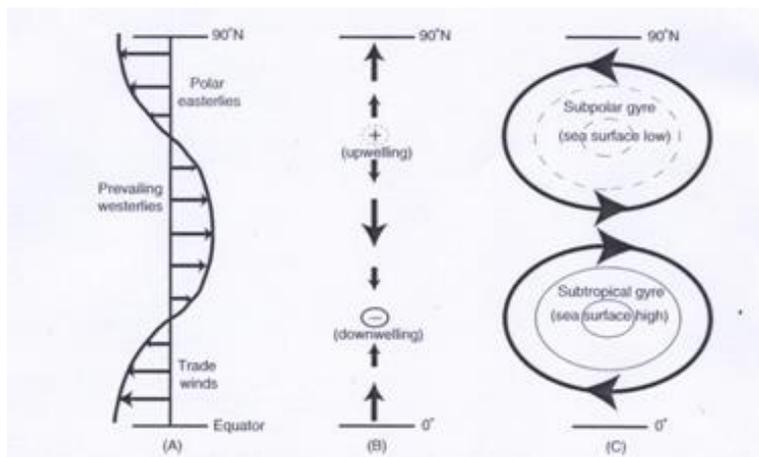
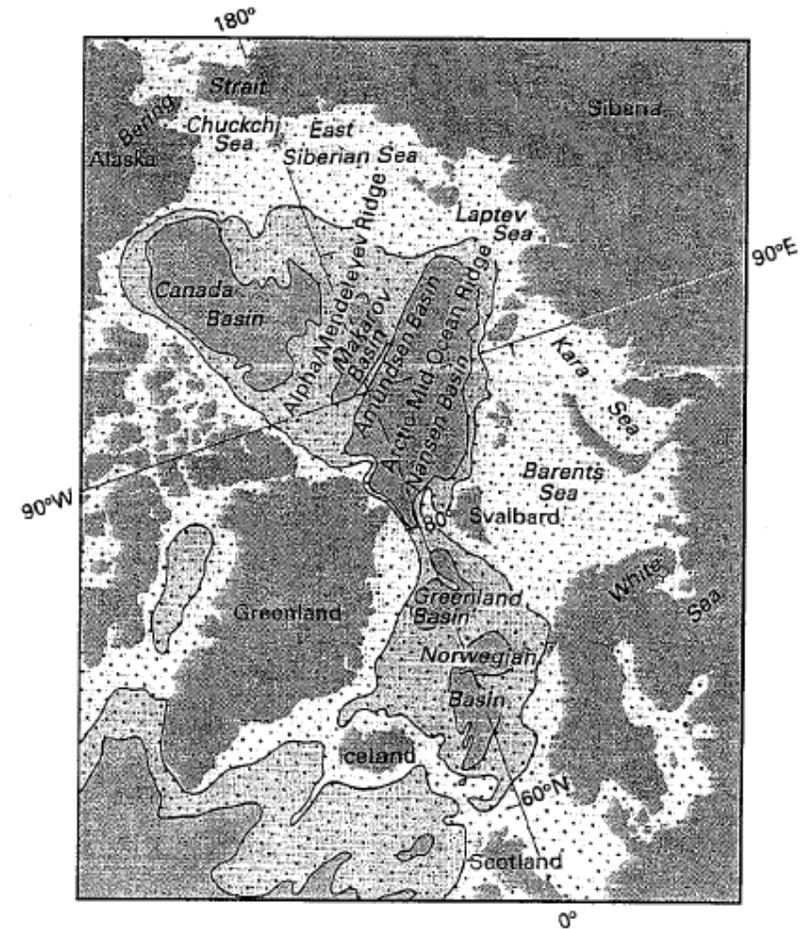
I gradienti di pressione sono minori durante l'estate, ma l'alta pressione polare è ancora superiore rispetto alle pressioni registrate nei continenti circostanti. La maggior parte dei mari artici sono quindi influenzati dai venti orientali polari e circolano anticiclonicamente in superficie, in contrasto con l'Oceano Meridionale, dove l'effetto dei venti orientali polari è evidente solo in una debole corrente (East Wind Drift) lungo il continente antartico .

Le correnti ed i venti lungo la Groenlandia e i mari norvegesi sono dominate invece dalla bassa pressione d'Islanda, che instaura un moto dell'acqua ciclonico.

Si instaurano così sia per la topografia variabile, sia per il regime dei venti due Gyre principali: Beaufort e Barents Gyre.

Generalmente le acque superficiali dell'Oceano Artico circolano in un grande schema di rotazione in senso orario (Beaufort Gyre) intorno alla calotta polare. Solo le acque superficiali vengono scambiate tramite correnti oceaniche perché imponenti dorsali sottomarine impediscono lo scambio di acque molto profonde.

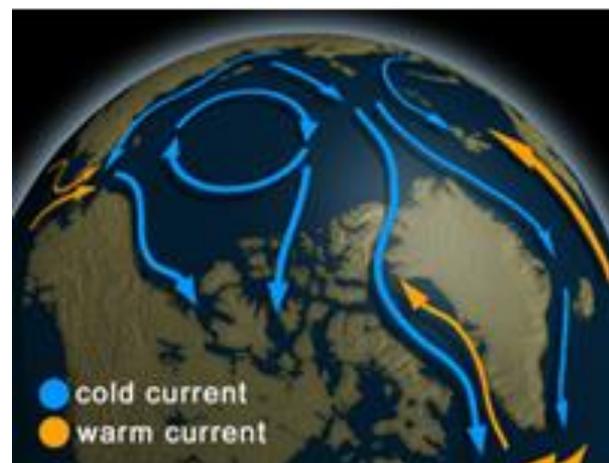
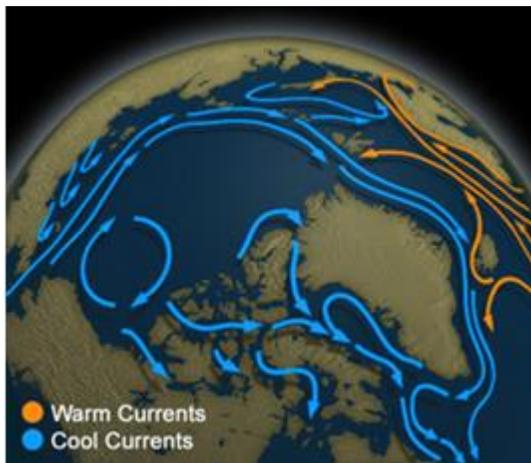
L'altra corrente predominante nel Mar Glaciale Artico è il Transpolar Drift che porta l'acqua e il ghiaccio dalla Siberia, attraversando il Polo Nord e percorrendo la costa orientale della Groenlandia. Nel suo percorso infine si unisce alla corrente della Groenlandia orientale. Il Transpolar Drift scorre in funzione dell'input dei fiumi siberiani guidato da un vento da ovest predominante che spinge l'acqua superficiale artica verso l'Atlantico.



In funzione della stagione, delle caratteristiche termoaline, del budget di acqua dolce in arrivo, abbiamo già anticipato che la circolazione nell'Arctic Mediterranean Sea può essere divisa in due classi.

Esse sono ben evidenti nelle immagini sottostanti.

La neve ed il ghiaccio che coprono l'Artico riflettono ~ 90% dell'energia solare, motivo per cui l'Artide come l'Antartide è in deficit di calore, ma per bilanciare queste perdite intervengono le calde acque dell'Atlantico, tra cui la più importante è la Corrente del Golfo.

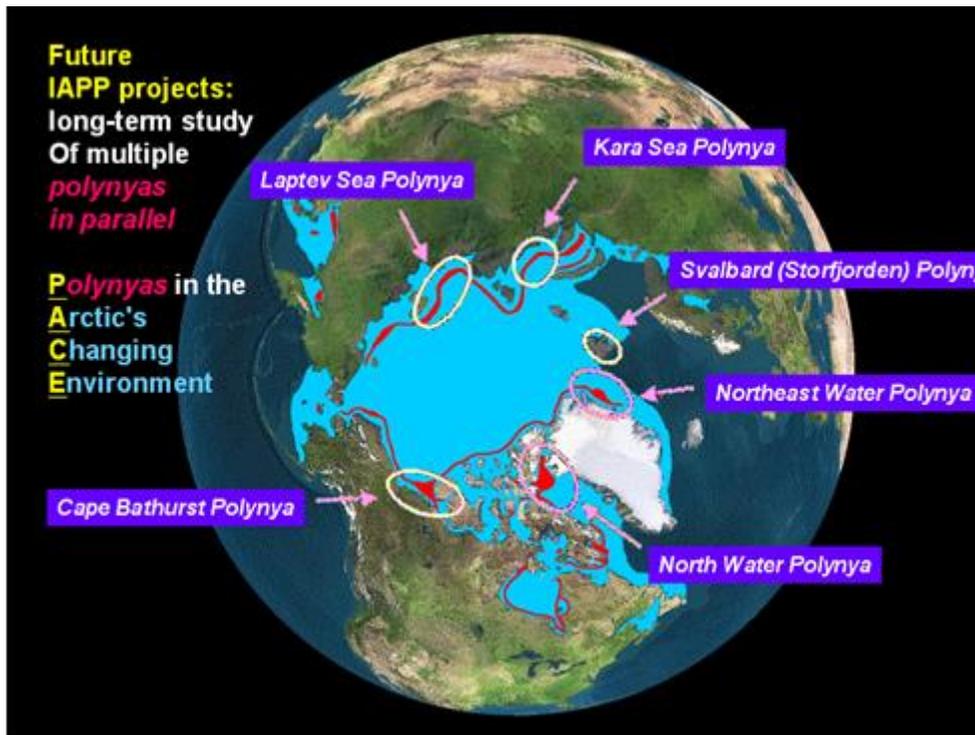
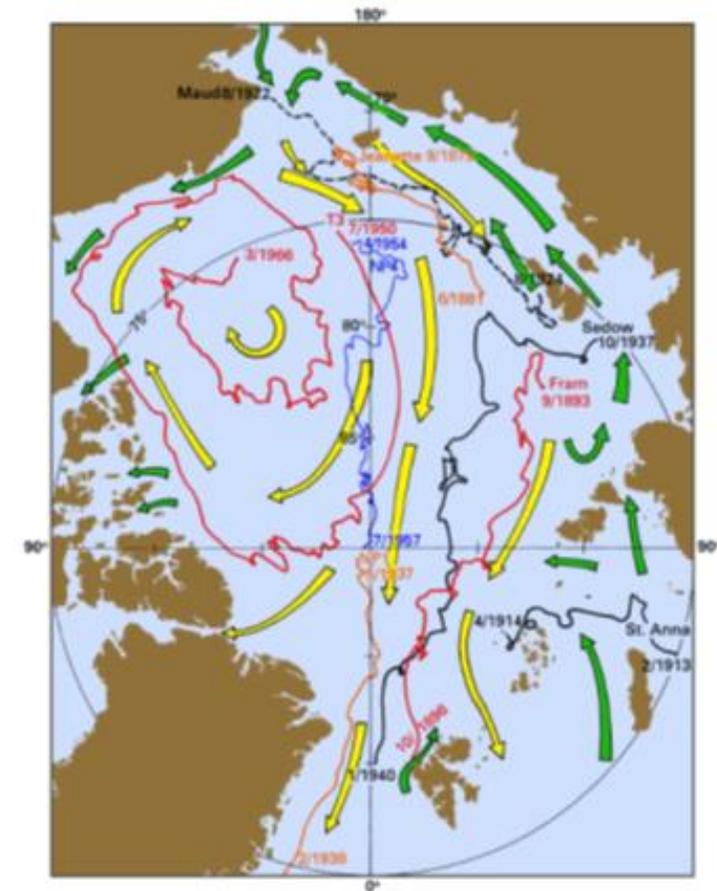


Quando analizzando l'Antartide abbiamo studiato le Polynye infine abbiamo visto che le più importanti erano:

- Polynya di Ross;
- Polynya di Weddell.

Mentre studiando l'Artide qui ne riscontriamo ben 6, favorite principalmente dai venti persistenti, dalla formazione di ghiaccio e dalla topografia molto variabile.

- North Water Polynya ;
- Northeast Water Polynya;
- Svalbard Polynya;
- Kara Sea Polynya;
- Laptev Sea Polynya;
- Cape Beathurst Polynya.



Abbiamo visto come la topografia interagisce a modificare l'assetto delle circolazioni. Ciò spiega anche perché l'Artide a differenza dell'Antartide ha avuto una risposta peggiore all'attuale surriscaldamento globale.

La vicinanza ai continenti e l'azione delle correnti fa in modo che i ghiacci dell'Artide risentano maggiormente dell'innalzamento delle temperature rispetto a quelli Antartici. Infatti i ghiacciai della Groenlandia sono tra i più osservati via satellite poiché qualora si sciogliessero completamente avremmo un innalzamento del livello del mare pari a circa 6 metri, quasi nulla se confrontati alla risposta dei ghiacciai continentali dell'Antartide, il quale scioglimento completo farebbe innalzare il l.m.m. di ben 61 metri.

Tuttavia mentre in Artide è sempre più evidente la diminuzione dei ghiacci, in Antartide vi è al contrario addirittura un aumento! Esso dipende da vari fattori tra cui l'intensificazione dei venti da ovest e il buco dell'ozono. Inoltre la Natura agisce sempre in modo da ristabilire un assetto di equilibrio! Basta pensare all'isostasia, alle circolazioni atmosferiche-oceaniche, al vulcanesimo ed alla subduzione ecc.. .

Artide ed Antartide dunque non sono due realtà scindibili ma interagiscono l'una con l'altra innescando alcuni dei meccanismi che regolano il nostro clima.

Per cui è di fondamentale importanza monitorarli, cercando di preservare gli equilibri che il nostro pianeta per sé ha scelto!

Un lavoro di

Giusy Fedele