

---

# KVARTAR

## 2-Recentna ledeniška okolja

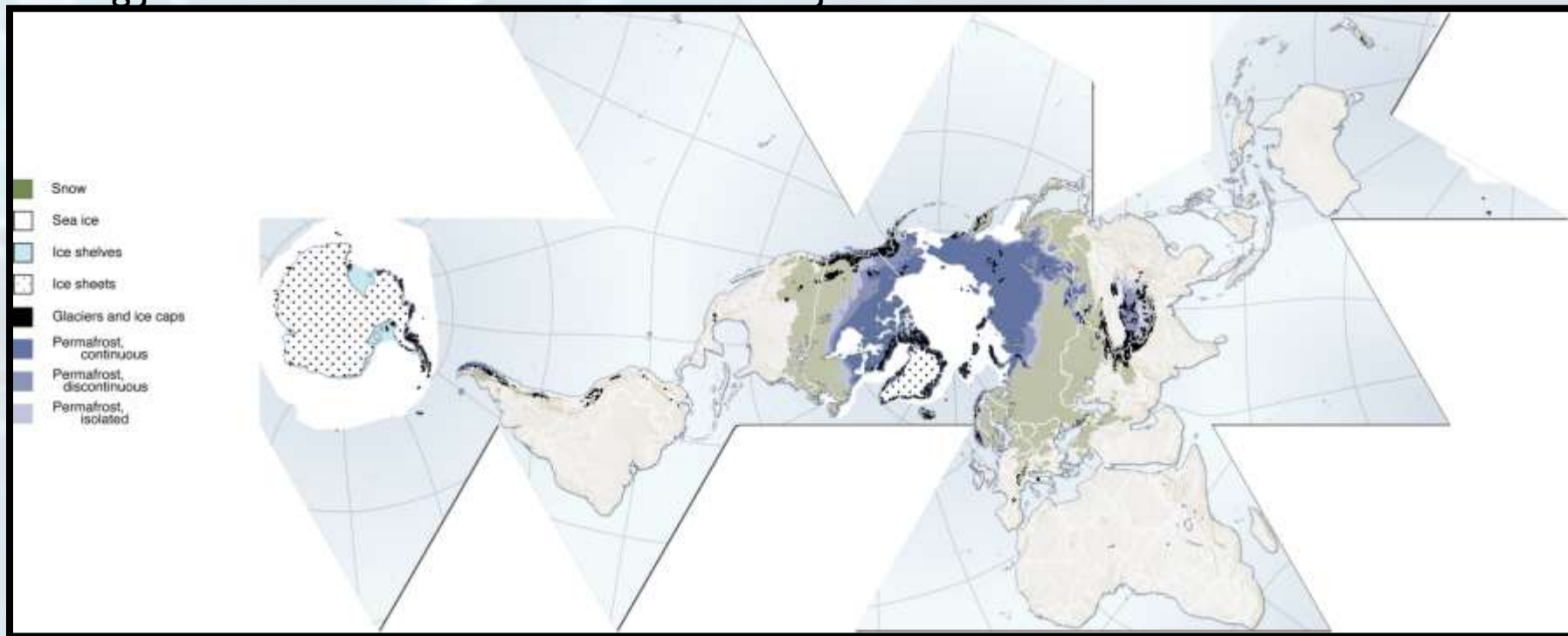
2 letnik Bolonjskega študija Geologije, 2016/2017  
red.prof.dr. Andrej Šmuc



# KRIOSFERA

Kriosfera je zemljina površina, kjer vodo najdemo v trdnem stanju. Prihaja iz grške besede *kryo*, ki pomeni hladno. Kriosfero tako sestavljajo led na morju, jezerih ter rekah, sneg, ledeniki in ledeni pokrovi ter tudi permafrost.

Med kriosfero ter ostalimi sferami (hidro, atmo lito in bio-sferami) neprestano poteka izmenjava energije in mase. Tako kriosfera predstavlja del globalnega klimatskega sistema in pomembno vpliva na razmerje površinske energije, vlažnosti, formiranje oblakov, padavine, hidrologijo in atmosfersko ter oceansko cirkulacijo.



# Uvod

---



Večina ljudi iz toplih območjih led srečuje le občasno v zares hladnih dneh. Tu led predstavlja rigidno, trdo in krhko drsečo snov.

Vendar pa se led v ledenikih obnaša popolnoma drugače: lahko plastično teče, se povija okoli hribov in dolin ter drsi po podlagi.

Ledeniki prav tako brusijo podlago, odlagajo sedimente in tako popolnoma spremenijo izgled pokrajine. Vplivajo na klimo, ohlajajo atmosfero in oceano in imajo pomembno vlogo pri globalnem hidrološkem ciklu.

Prav tako predstavljajo dragocene paleoklimatske arhive tako s snovmi ujetimi v ledenih kristalih, kot s svojim napredovanjem in umikanjem.

Ledeniki lahko shranijo in nenadno lahko izpustijo velike količine vode in za seboj pustijo veliko materiala, ki ga uporabljamo za gradnjo.

Ledeniki tako posredno in neposredno vplivajo na velik del človeške populacije.



# UVOD

---

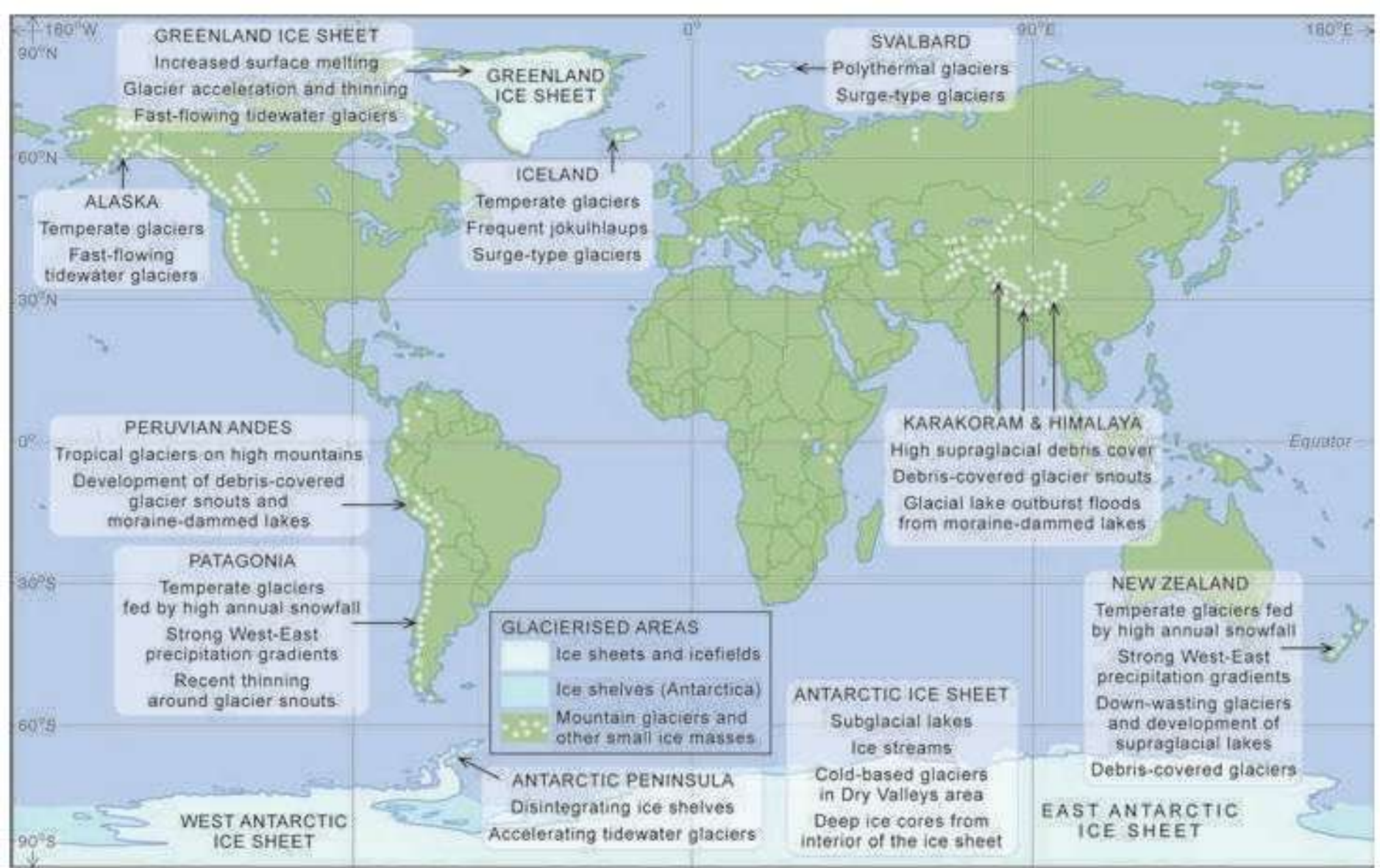
Ledeniki so v današnjem času razprostranjeni po celotni Zemljski obli. Nastajajo povsod kjer akumulacija snega in ledu presega njuno topljenje.

Zaradi tega danes na Zemlji najdemo veliko različnih tipov ledenikov, tako v polarnih regijah, kot tudi v zmernih in celo tropskih širinah.

Podobno, so tudi pokrajine ter sedimenti, ki ji ti ledeniki pustijo za seboj, zelo pestri.







Današnja glavna področja glaciacije na Zemlji z označenimi glavnimi značilnostmi različnih ledenikov (Bennett & Glasser, 2009).

# ANTARKTIKA





# ANTARKTIKA

Antarktični ledeni pokrov pokriva 98% kontinenta in je največji ledeni pokrov, ki ga najdemo na Zemlji- Vsebuje kar 90% vsega ledu na Zemlji, kar znese okoli 70% vse sladke vode. Če bi se ledeni pokrov na Antarktiki stopil, bi se gladina morja dvignila za 60m. Debelina ledu v povprečju dosega 1,6km, vendar lahko lokalno celo presega 4km.

Transantarktične gore jo delijo na dva dela: manjši Zahodni ledeni pokrov in večji Vzhodni ledeni pokrov.

V notranjosti je količina padavin izjemno majhna (okoli 20mm na leto), več padavin je na robovih kontinenta.

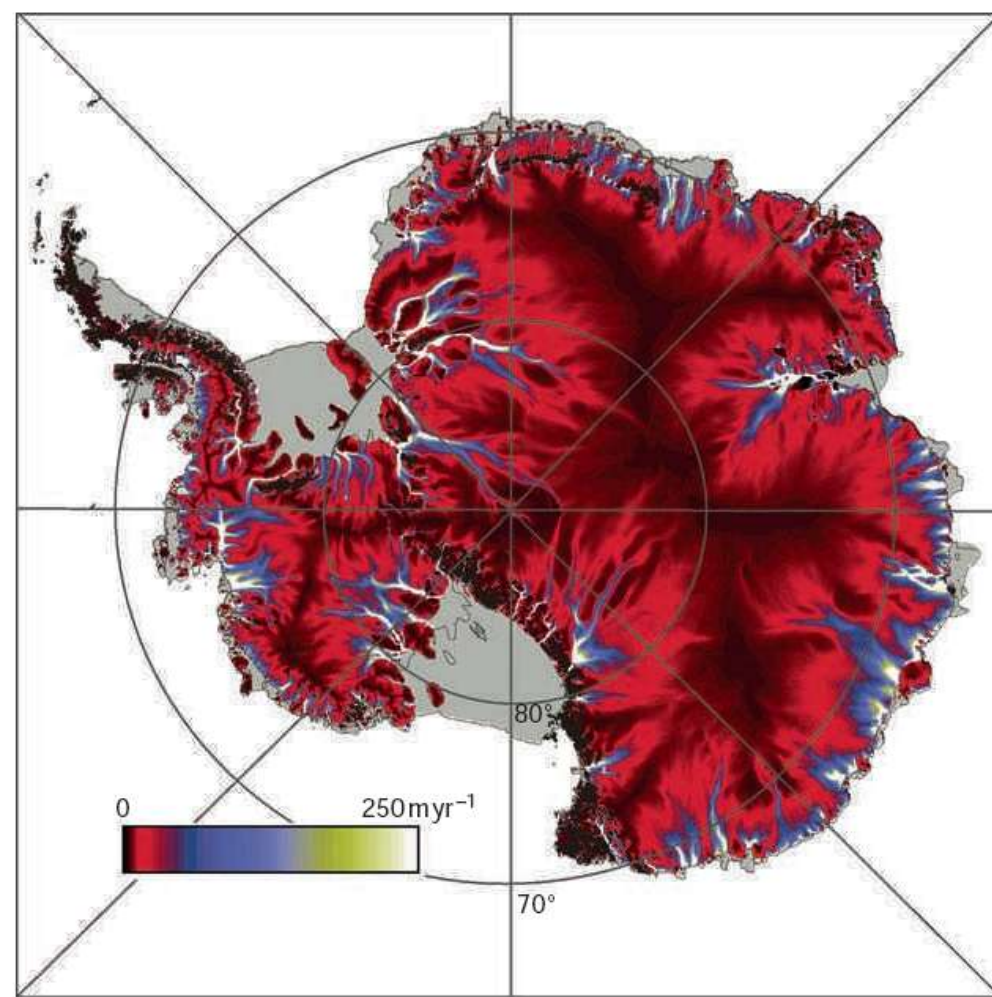
V zadnjem času je veliko raziskava usmerjenih v Zahodni pokrov (predvsem zaradi veliko možnosti kolapsa).



# Antarktika

Antarktika je zelo kompleksen ledeniški sistem, v katerem pa lahko definiramo 6 okolij.

- ▶ Visoki polarni platoji
- ▶ Periferni ledeni tokovi
- ▶ Obrobne ledene police
- ▶ Plimski ledeniki
- ▶ Subglaciala jezera
- ▶ Iztočni ledeniki in dolinski ledeniki





# ANTARKTIKA: VISOKI POLARNI PLATOJI

---

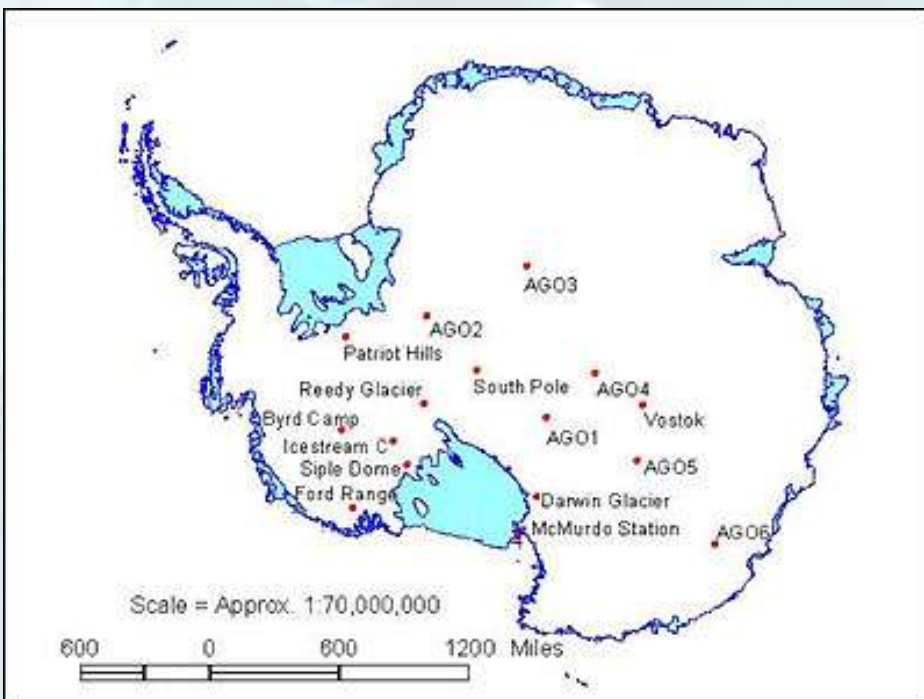


# ANTARKTIKA: POLARNI PLATOJI

Za ta okolja je značilna majhna količina padavin (le nekaj mm do cm snega na leto).

Ker je za ta okolja zelo težko izračunati masno bilance, v tem trenutku ne vemo ali se debelijo ali ne, se pravi ali imajo pozitivno ali negativno masno bilanco.

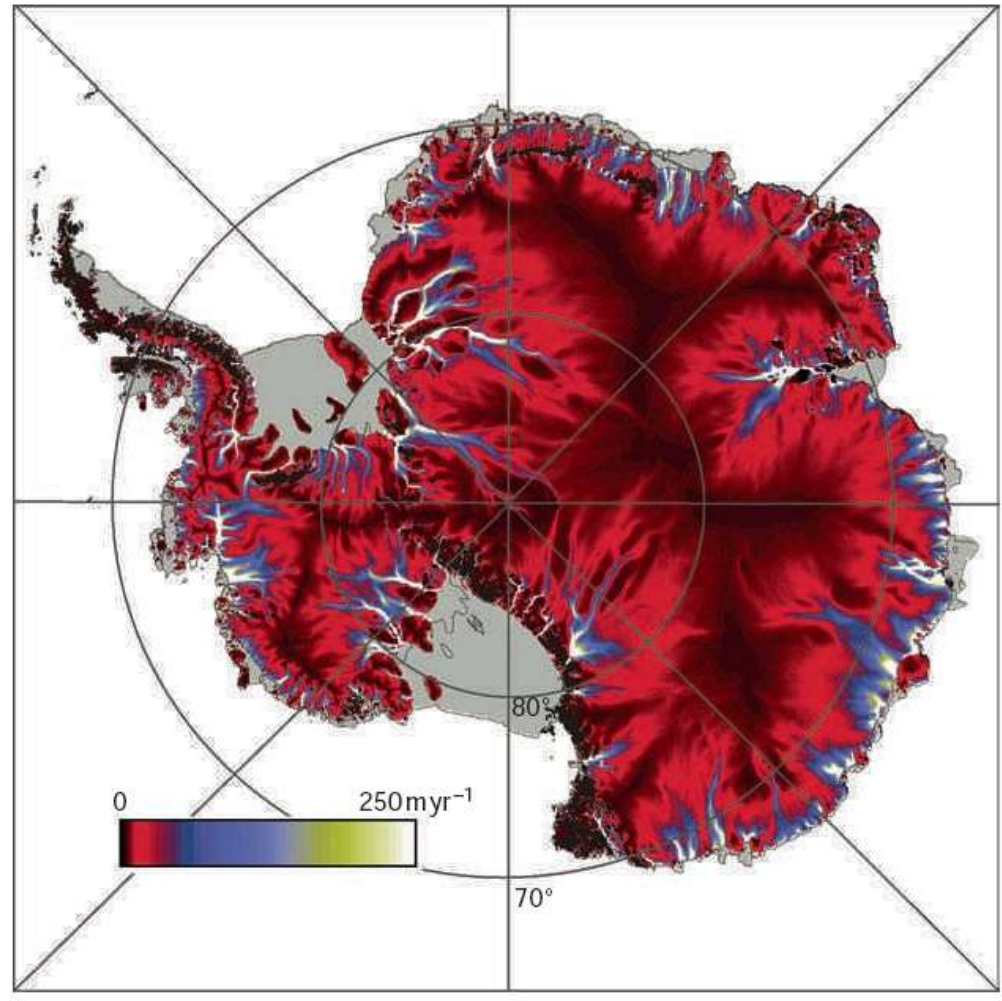
To so področja na katerih so bile izvrtane najgloblje vrtine s katerimi so določili kar 8 glacialnih ciklov v zadnjih 740 000 letih.



# ANTARKTIKA: PERIFERNI LEDENI TOKOVI

Periferni ledeni tokovi so bistven del ledeniškega sistema, saj odvajajo večino ledeniške mase in sedimenta na Antarktičnem ledenem pokrovu (90%).

Ledeni tokovi so ozki koridorji zelo hitro premikajočega se ledu (hitrosti od 0,5 do 1 km na leto), ki se gibajo za dva razred magnitude hitreje kot okoliški led.



Karta hitrosti ledu na Antarktiki (Bennet & Glasser, 2009)



# ANTARKTIKA: PERIFERNI LEDENI TOKOVI

---

Ledeni tokovi so zato močno razpokani, imajo ostro definirane lateralno robove.

Kaj določa lokacijo, dinamiko in obnašanje teh ledenih tokov še ni znano. V nekaterih primerih se zdi, da nalegajo na bazene z mehкими sedimenti, ki se pod težo ledu lahko deformirajo.

Danes vemo, da se lahko tokovi poženejo ali ustavijo v določenem času. Tudi razlogi za to niso znani.



# ANTARKTIKA: OBROBNE LEDENE POLICE

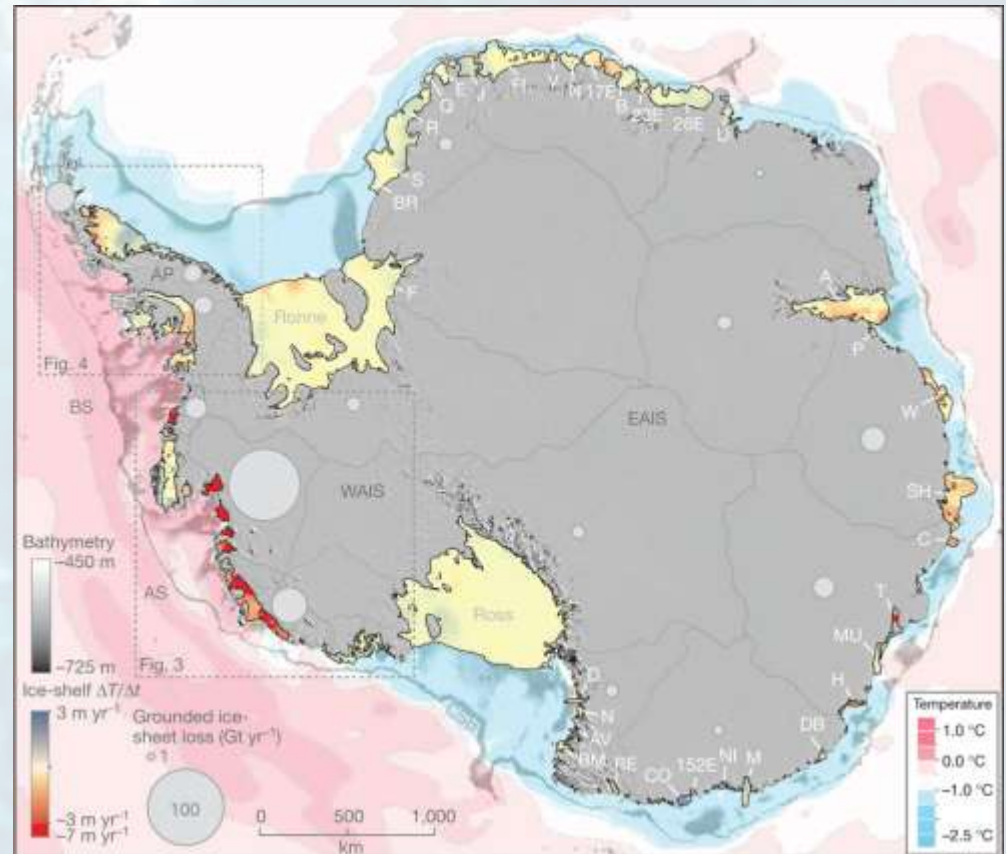
---



# ANTARKTIKA: OBROBNE LEDENE POLICE

Obrobne ledene police predstavljajo na morju plavajoče dele izstopnih ledenikov in obkrožajo skoraj polovico Antarktike

Nekatere so zelo velike (Rossova polica = Francija) in igrajo pomembno vlogo v dinamiki Antarktike, saj zadržujejo ledenike ali ledene tokove, ki jih napajajo.





# ANTARKTIKA: OBROBNE LEDENE POLICE

---

Lomljenje ledenih pokrovov (calving) pa prispeva k 90% izgubi ledu na Antarktiki. Prav tako pa med njimi in oceanom poteka hitra izmenajva toplote in tako v morje dodajajo veliko sladke vode.

Nadalje, ledene police imajo zmožnost ujetja, transportiranja in odlaganja velikih količin sedimenta, ki jih lahko z ledenimi gorami prenesejo tudi na daljše razdalje.



*Ledena polica* McMurdo (Bennet & Glasser, 2009)



# ANTARKTIKA: PLIMSKI LEDENIKI

---

Plimski ledeniki nastajajo tam, kjer ledeniki dosežejo morje, vendar se ne razširijo preko njega v obliki ledene police. Končajo se s ti. plimskimi ledeniki (tidewater glaciers), ki se hitro lomijo.

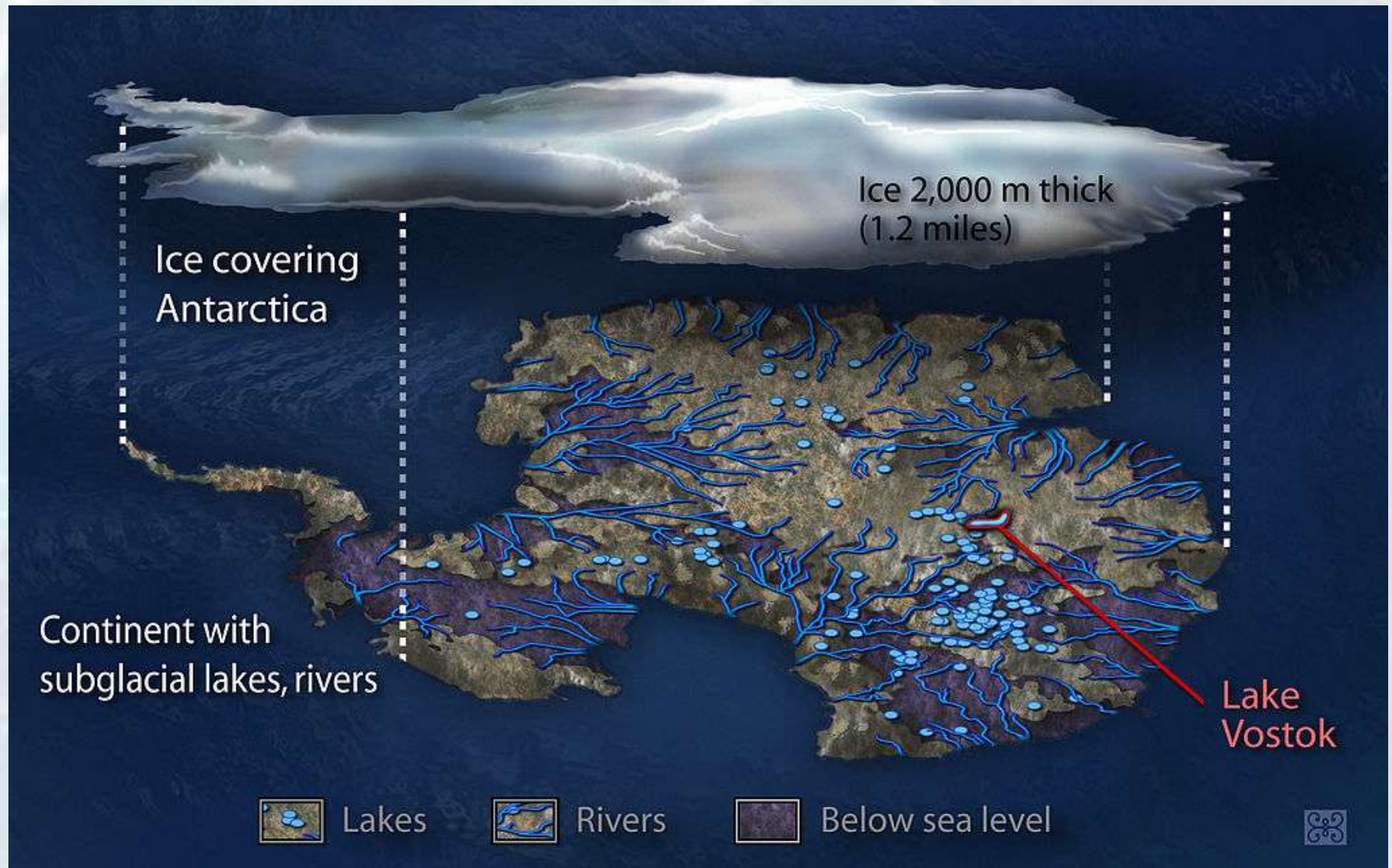


Satelitski posnetek plimskega ledenika Pine Island posnet 12 decembra 2000 (Bennet & Glasser, 2009)





# ANTARKTIKA: SUBGLACIALNA JEZERA



# ANTARKTIKA: SUBGLACIALNA JEZERA

---

Subglacialna jezera so sladkovodni rezervoarji tekoče vode, ki jih najdemo globoko na bazi ledenikov. Nastajajo v lokalnih depresijah zaradi topljenja spodnjega dela ledu (večinoma zaradi povečanega geotermičnega toka).

Na Antarktiki je znanih že več kot 70 subglacialnih jezer. Največje je jezero Vostok, ki leži pod 3km ledu in je dolgo 230km ter ima površino 14 000km<sup>2</sup>.

Satelitski posnetki kažejo, da so subglacialna jezera povezna in hitro izmenjujejo vodo.

Ponekod površinske oblike, ki posnemajo drenažne kanale, kažejo na to, da so se le ti pogosto hitro izpraznili.





# IZTOČNI LEDENIKI IN DOLINSKI LEDENIKI

---



Dry Valleys



# ANTARKTIKA: IZTOČNI LEDNIKI IN DOLINSKI LEDENIKI

---

Iztočni ledeniki in dolinski ledeniki (outlet and valley glaciers) so ledeniki v okolici perifernih ledenih tokov.

Ti ledeniki s hladno bazo (cold based) imajo zelo majhne akumulacijske hitrosti (nekaj cm na leto) ter zelo nizke površinske (-30 C) in bazalne (-15) temperature. Prav tako pa ne vsebujejo ali pa vsebujejo zelo malo vode.

Zaradi tega so zelo počasni, prav tako pa zelo počasi spreminjajo pokrajino, ki je na nekaterih mestih ostala približno ista že milijone let.

Na bazi običajno vsebujejo veliko drobirja (predvsem v obrobni delih, zaradi taljenja pod pritiskom).



# GRENLANDIJA

---



# GRENLANDIJA

---

Ledeni pokrov na Grenlandiji je drugi največji na Zemlji. Zaradi tega ker leži med 60 do 83 severne zemljine širine in ker ga obdajajo oceani (s tokovi tople vode), ga smatramo ga še posebej ranljivega pri globalnem segrevanju

V zadnjem času izgleda, da je hitrost taljenja ledu na Grenlandiji dosegla rekordne hitrosti, ki danes dosegajo okoli 200km<sup>3</sup> izgube ledu na leto.

Glavni razlog za to so povišane hitrosti iztočnih ledenikov, ki dovajajo led iz notranjosti kontinenta neposredno v morje in neposredno vplivajo na dvig gladine morja.

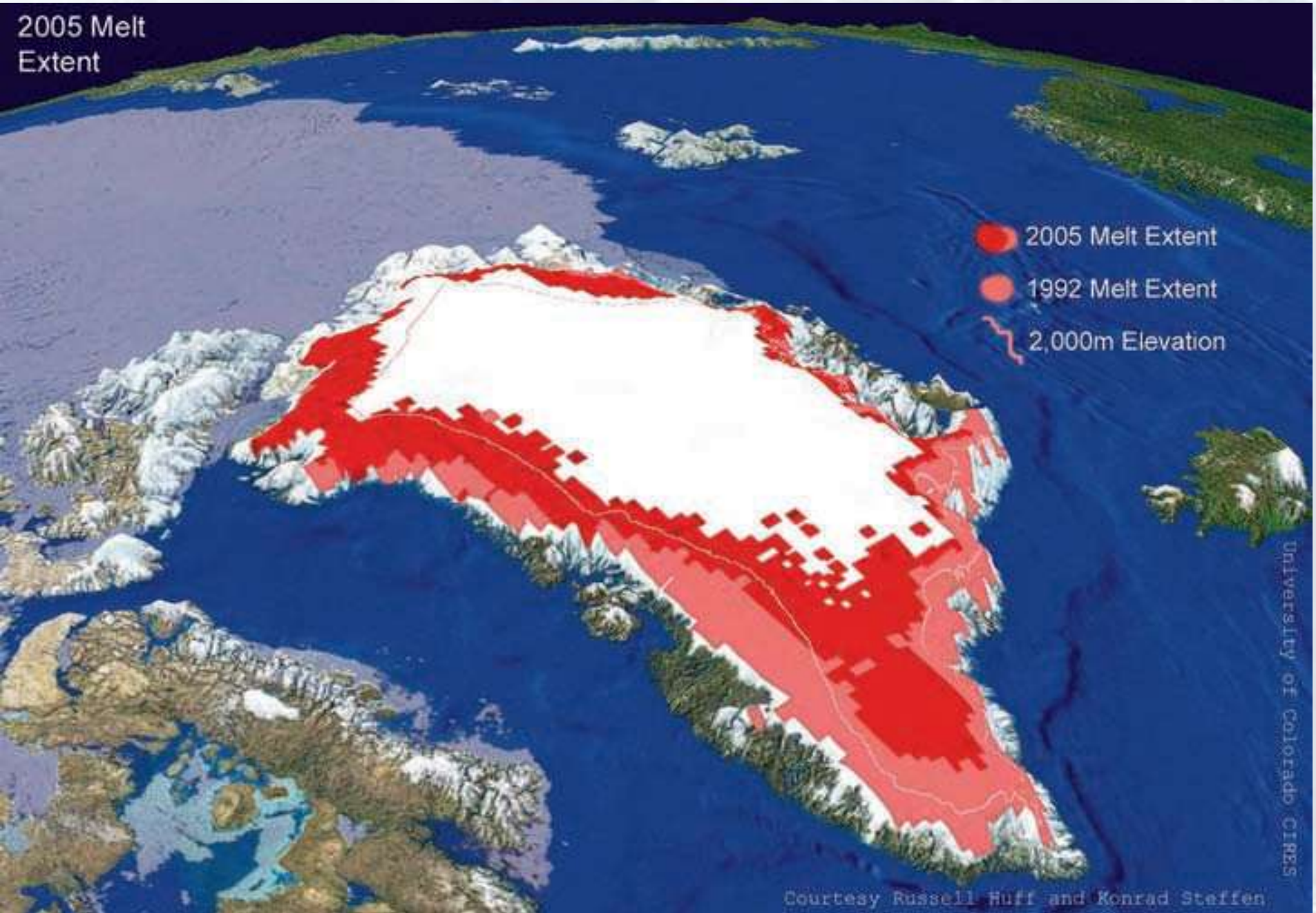
Razlogi za povišane hitrosti (predvsem treh Jakobshavn Isbrae, Helheim Glacier and Kangerdlugssuaq ledenikov) še niso znani, vendar pa je splošno sprejeto dejstvo, da gre predvsem za spremembe v tokovnih režimih omenjenih ledenikov (Zwally in Jakobshavn efekt).

1. Zwally efekt: snežnica doseže podlago in zmanjša trenje med ledenikom in podlago
2. Jakobshavn efekt: majhne spremembe v lomljenju ledu, povzročijo velike spremembe v zaledju (recimo stanjšanje ledeniškega jezika, povzroči, da le ta plava, je bolj odvisen od klime, se zato bolj lomi....)





2005 Melt  
Extent



University of Colorado CIRES

Courtesy Russell Huff and Konrad Steffen

# PATAGONIJA IN NOVA ZELANDIJA

V zmernih širinah v Južni Ameriji in na Novi Zelandiji obstaja veliko ledenih pokrovov, iztočnih ledenikov in samostojnih dolinskih ledenikov.

V Andih južno od 46 S obstaja na zahodni strani veliko ledenikov predvsem na račun izredno visoke količine padavin (presega 10 000 mm na leto). Ledniki imajo visoke masne bilance in so zelo dinamični.

Na Novi Zelandiji pa so glavno območje glaciacije Južne Alpe (na južnem otoku), ki ležijo med 43 in 45S. Na zahodni stani je, podobno kot v Patagoniji, izredno velika precipitacija (5 000mm na leto, ponekod celo presega 15 000 mm na leto). Posledično so ledeniki izredno dinamični in hitri. (Ledenik Franc Jožef: 600m na leto v centralni liniji ledenika)









# PATAGONIJA IN NOVA ZELANDIJA

---

Med ledeniki Patagonije in nove Zelandije obstaja veliko podobnosti:

- ▶ Oboji se napajajo z ogromnimi količinami padavin, ki padajo v obliki snega v visokih nadmorskih višinah zaradi zahodnih vetrov. Tako obstaja bistvena razlika med zahodnim delom in vzhodnim delom.
- ▶ Ledeniki imajo zelo strme masne bilance z ogromnimi količinami snega ter prav tako hitrim taljenjem.
- ▶ Na obeh območjih so prisotni topli ledeniki, kjer je led na kontaktu s podlago blizu tališča.
- ▶ Iztočni ledeniki se končujejo v zelo različnih okoljih: od kontinentalnih, jezerskih in celo morskih.



- ▶ Ledeniki na obeh območjih se v zadnjem času krčijo. Volumen ledu na Novi Zelandiji se je zmanjšal za 11%, v 30 letih.
- ▶ Večino mase ledniki izgubljajo v terminalnih delih zaradi tanjšanja ledu vsled topljena (v metrih na leto).
- ▶ Topljenje in tanjšanje ledu povzroči nastanek proglacialnih jezer





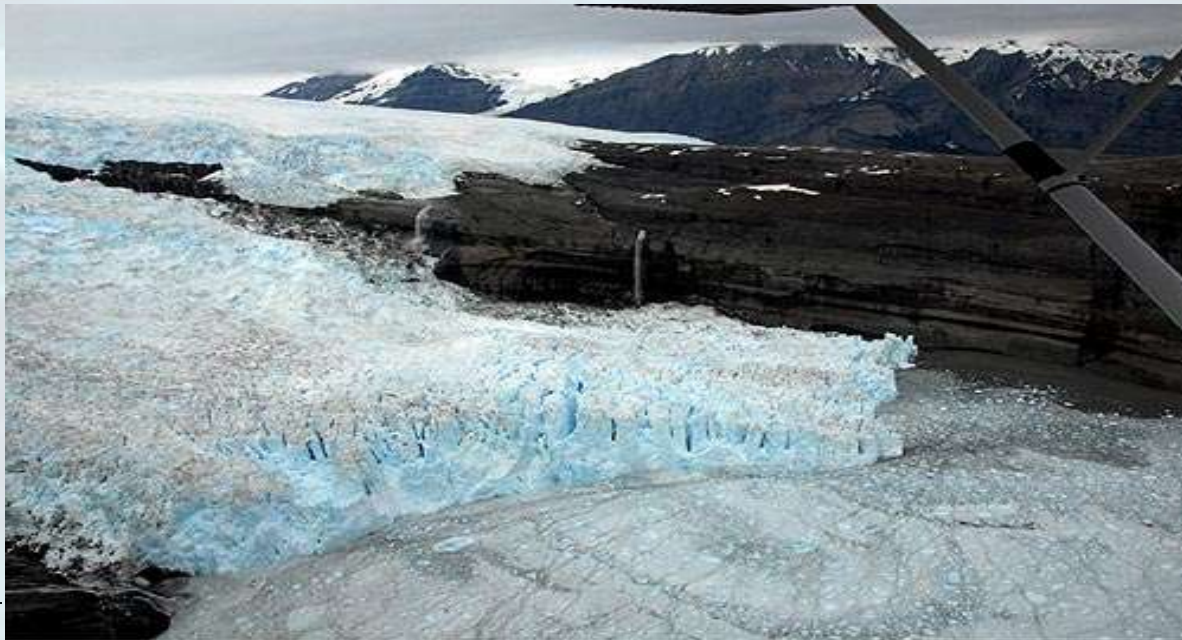
# Ledeniki zmernih širin na severni hemisferi

---

Ledenike v zmerni širinah najdemo na Aljaski in Islandiji. Tudi tu imamo zelo veliko padavin, kar pomeni visoko masno bilanco ledu ter visoke hitrosti ledu (do 500m na leto)

Visoke hitrosti ablacije pomenijo, da so ledniki običajno dobro povezani s proglacialnimi fluvialnimi sistemi.

Prav tako je količina ledenikov, ki se premikajo v valovih, tu večja (to so ledniki, ki večino časa tečejo počasi, potem pa se naenkrat njihova hitrost poveča in potem spet ustavi): surge-type behaviour.







► Satelitska slika ledenikov v severnih področjih Himalaje v Butanu.



# LEDENIKI V VIŠAVAH: HIMALAJA

---

Himalaja se razteza 2000km od Burme do Afganistana. Njen zunanji del je eden izmed najbolj ledeniških delov, vendar je relativno slabo poznan.

Himalaja je pod vplivom dveh vremenskih sistemov: južnoazijskega mosnuna ter zahodnih vetrov v zmernem pasu.

Najbolj proučevani ledeniki so tisti v okolici Everesta, ki je pod vplivom monsuna. Le ta prinese obsežne padavine v poletjih na višinah od 5000-7000m.

Čeprav je padavin veliko, pa obsežni ledeniki ne nastajajo (zaradi vetra).

Prav tako je to poseben sistem, saj je velika količina padavin povezana tudi z najvišjimi temperaturami: se pravi v istem času pride do največje akumulacije in ablacije



# HIMALAJA

---

Čeprav so ledeniki v Himalaji zelo različni pa imajo nekaj skupnih lastnosti:

- ▶ Strm teren in visoke nadmorske višine pomenijo, da je večina transporta snega in ledu vezana na plazove. Ti ujemajo tudi velike količine materiala (ki nastane zaradi zmrzali). Strukturno gre večinoma za peščene gramoze.
- ▶ Veliko jih ima izrazite lateralne in terminalne morene, ki so ostale po umiku ledenikov ob koncu male ledene dobe.
- ▶ Hitrosti so od nekaj 10 do 100 metrov na leto.
- ▶ Ledeniške reke so zaradi strmca in ozkih dolin večinoma ujete v en kanal (za razliko od prepletajočih se rek drugod).





# ARKTIČNI POLITERMALNI LEDENIKI

---

Ledeniki so pogosti tudi na kontinentih, ki obdajajo Arktičen ocean. Brez Grenlandije je tu okoli 275 000 km<sup>2</sup> ledu.

Čeprav obstajajo med njimi razlike, pa večino Arktičnih ledenikov od leta 1940 izgublja led.



# ARKTIČNI POLITERMALNI LEDENIKI

---

Skupne lastnosti teh lednikov so naslednje

- ▶ Veliko ledenikov je politermalnih (jezik, lateralni robovi in površina je vseskozi zmrznjena, debelejši deli višje pa so “topli” ledeniki) kar komplicira njihovo potovanje
- ▶ Svalbard je slaven po lednikih, ki se premikajo v valovih. Bolj ali manj pri miru so od 10–200 let, potem pa se 1-5 let hitro premikajo.





# ARKTIČNI POLITERMALNI LEDENIKI

---

- ▶ V hitrih obdobjih običajno zelo deformirajo sediment po katerem tečejo.
- ▶ Pogoste so tudi deformacije permafrosta

