



IV. Hydrosfera

5. Lodowce górskie i lądolody



Lodowce

Glacjologia. Znaczenie lodowców i lądolodów

- ♦ **Glacjologia** – nauka badająca **lodowce i lądolody**.
 - ♦ **Lodowce** zawierają **2,2% wody** występującej na powierzchni Ziemi – stanowi to aż **98% wód śródlądowych**.
 - ♦ Lodowce i stała pokrywa śnieżna zajmują **powierzchnię 16,3 mln km²** – około **11% powierzchni lądów**.
 - ♦ Znaczenie badań glacialnych polega jednak nie na wielkości obszaru badań.
 - ♦ Lodowce na obszarach polarnych, pełnią ważną rolę w cyrkulacji atmosferycznej oraz w krążeniu wody w przyrodzie.
 - ♦ Lodowce miały i nadal mają wpływ na kształtowanie rzeźby Ziemi (obecnie brak ich tylko na kontynencie australijskim).
 - ♦ Wystarczy tylko przypomnieć, że prawie całe terytorium Polski nosi piętno plejstocęńskich zlodowaceń, a gdyby stopniały lodowce i lądolody, to spowodowałyby podwyższenie poziomu Wszechocanu o 66 metrów.



Definicja lodowca

- ♦ **Lodowiec** – znaczne i trwałe nagromadzenie lodu powstałego w wyniku przeobrażenia śniegu.
- ♦ Trudno podać precyzyjne kryteria wielkości i trwałości lodowca.
- ♦ Przykładem może być Lodowczyk pod Bańdziochem, leżący u stóp Mięguszwieckiego Szczytu nad Morskim Okiem, będący płatem śniegu i lodu.
- ♦ Czasami nie znika on w porze letniej nawet przez kilka lat, czasami – gdy lata są cieplejsze – topi się.
 - ♦ Nie spełnia zatem warunku trwałości i stąd jego nazwa **“lodowczyk”**, a nie **“lodowiec”**.
- ♦ W Polsce lodowców obecnie nie ma, ale mogłyby być.
- ♦ Lodowce powstają z opadów śnieżnych na obszarach znajdujących się powyżej granicy wieloletniego śniegu.
- ♦ Granica ta po polskiej stronie Tatr występuje na wysokości około 2300 m n.p.m. (wg starszych źródeł 2200 m n.p.m.).
- ♦ Ponieważ najwyższy szczyt Polski, Rysy, ma 2499 m n.p.m., właśnie na Rysach mógłby powstać współczesny lodowiec.
 - ♦ Nie powstał, gdyż nachylenie stoku uniemożliwia gromadzenie się śniegu i lodu.
- ♦ Ukształtowanie terenu jest drugim warunkiem powstania lodowców.





Geneza lodowców

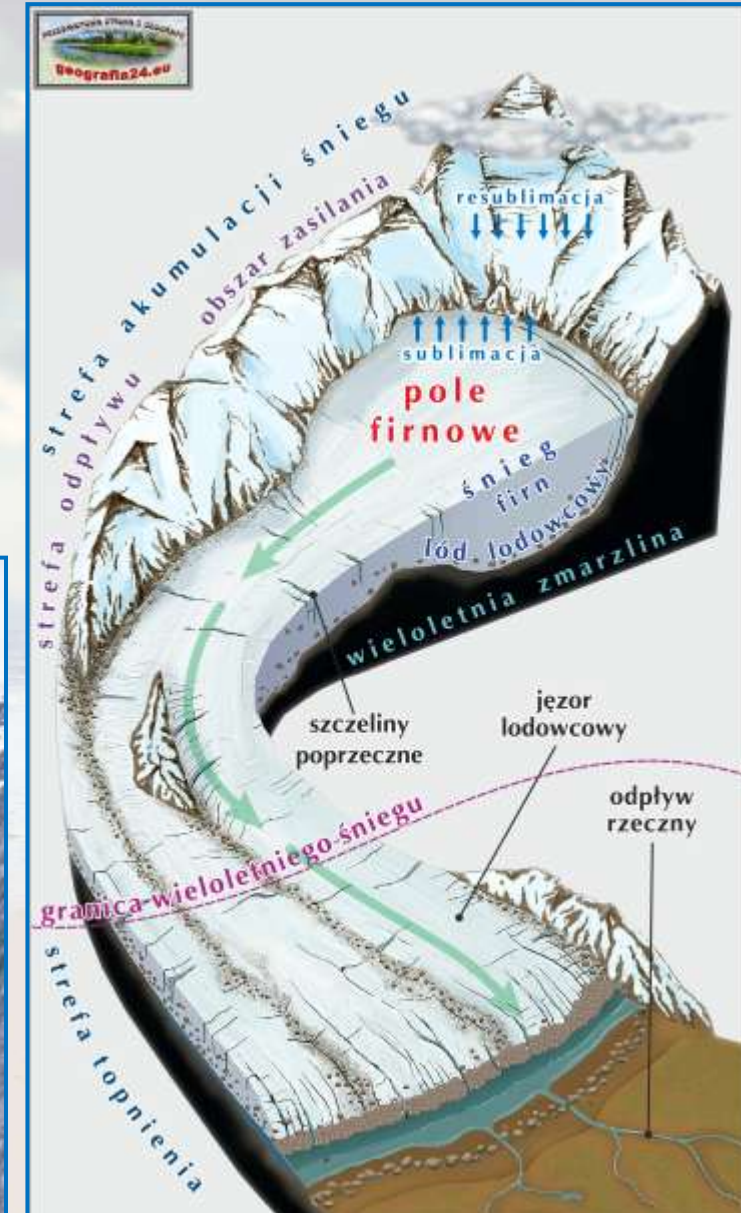
Warunki konieczne do powstania lodowców

- ♦ **Powstawanie lodowców** wymaga spełnienia określonych warunków:
 - ♦ przewaga opadów nad topnieniem,
 - ♦ lokalne spłaszczenia lub wklęsłości terenu, sprzyjające gromadzeniu się śniegu,
 - ♦ temperatura ujemna (średnia roczna temperatura poniżej 0°C).



1. Przewaga opadów nad topnieniem

- ♦ Aby powstały lodowce, muszą występować na tyle **duże opady śniegu**, które **w cieplejszej porze roku nie zdołają zupełnie stopnieć**.
- ♦ Opady śniegu występują na około 40% powierzchni lądowych, ale dodatni bilans śniegu występuje w wysokich szerokościach geograficznych i na obszarach wysokogórskich.
- ♦ **Granice obszaru o dodatnim bilansie śniegu** określa się jako **granice (linię) wieloletniego śniegu** (w literaturze powszechnie stosowana jest także nazwa – “granica wiecznego śniegu” – jest ona nie do końca dobra, ponieważ nic nie jest wieczne, tym bardziej śnieg i lód w okresie globalnego ocieplenia).



Krążenie wody w obszarach zlodowaczonych;
granica wieloletniego śniegu

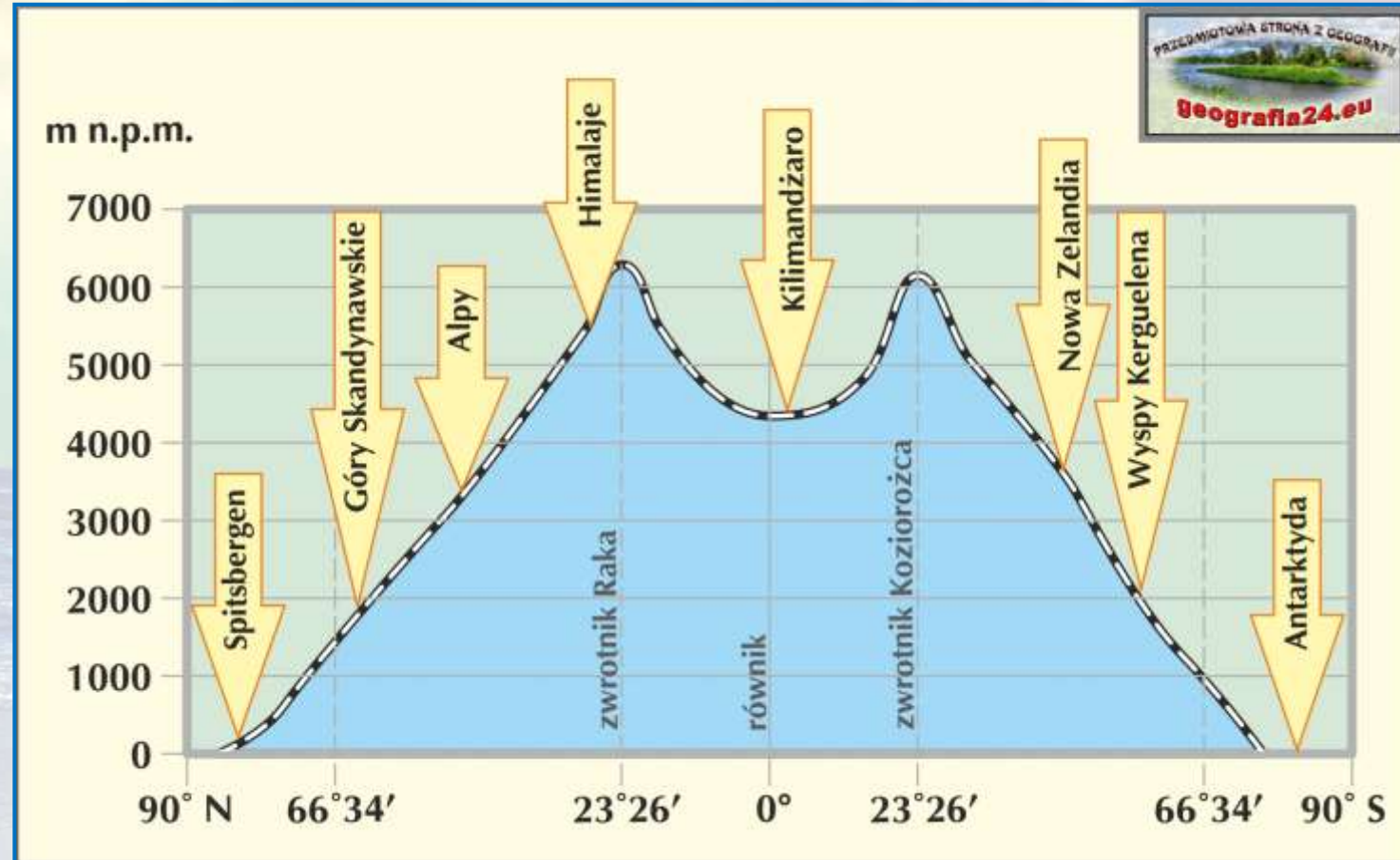


Granica wieloletniego śniegu

♦ Położenie granicy wieloletniego śniegu zależy od szerokości geograficznej:

- ♦ w strefie równikowej znajduje się ona na wysokości około 4500 – 5000 m n.p.m.,
 - ♦ powód: duże opady (deszcze zenitalne);
- ♦ nad zwrotnikami, podnosi się do około 6400 m n.p.m.,
 - ♦ powód: małe opady i wysokie temperatury;
- ♦ w wyższych szerokościach geograficznych granica ta leży stopniowo coraz niżej;
 - ♦ w szerokościach umiarkowanych waha się w przedziale: 1500 – 3500 m n.p.m.,
 - ♦ w środkowej Europie przebiega około 2300 m n.p.m.;
 - ♦ w pobliżu biegunów schodzi do poziomu morza.
- ♦ Jednak nawet w strefach polarnych powstawanie lądolodów możliwe jest tylko w warunkach klimatu morskiego.
 - ♦ Dodatkowych mas śniegu mogą dostarczać wiatry, a w górach także lawiny.

Granica wieloletniego śniegu na Ziemi w zależności od szerokości geograficznej



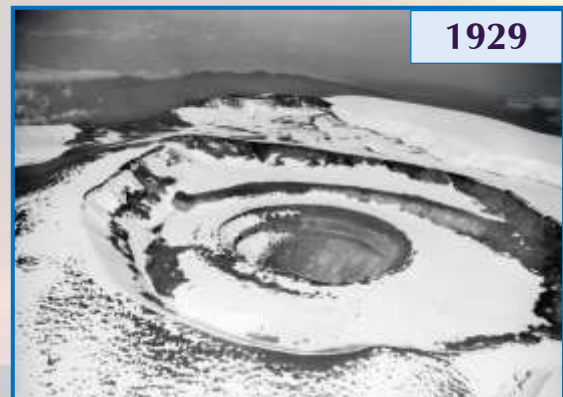
2. Lokalne spłaszczenia lub wklęsłości terenu

- ♦ Bardzo ważnym warunkiem powstawania lodowców jest także **występowanie stosunkowo rozległych, płaskich lub jeszcze lepiej wklęsłych powierzchni**, na których może **gromadzić się śnieg i stopniowo przekształcać w lód**.
- ♦ Brak takich powierzchni uniemożliwia obecnie rozwój lodowców w najwyższych partiach Tatr, mimo że ich wierzchołki położone są powyżej linii wieloletniego śniegu.



3. Temperatura ujemna

- ♦ Odpowiednio niska temperatura – **ujemna temperatura** jest niezbędnym warunkiem w tworzeniu się lodowców.
- ♦ I tak **średnia roczna temperatura musi być poniżej 0°C**.
- ♦ Niestety obecnie ze względu na globalne ocieplenie obszarów takich jest coraz mniej.
- ♦ Powierzchnia lodowców na wszystkich kontynentach nieustannie zmniejsza się.

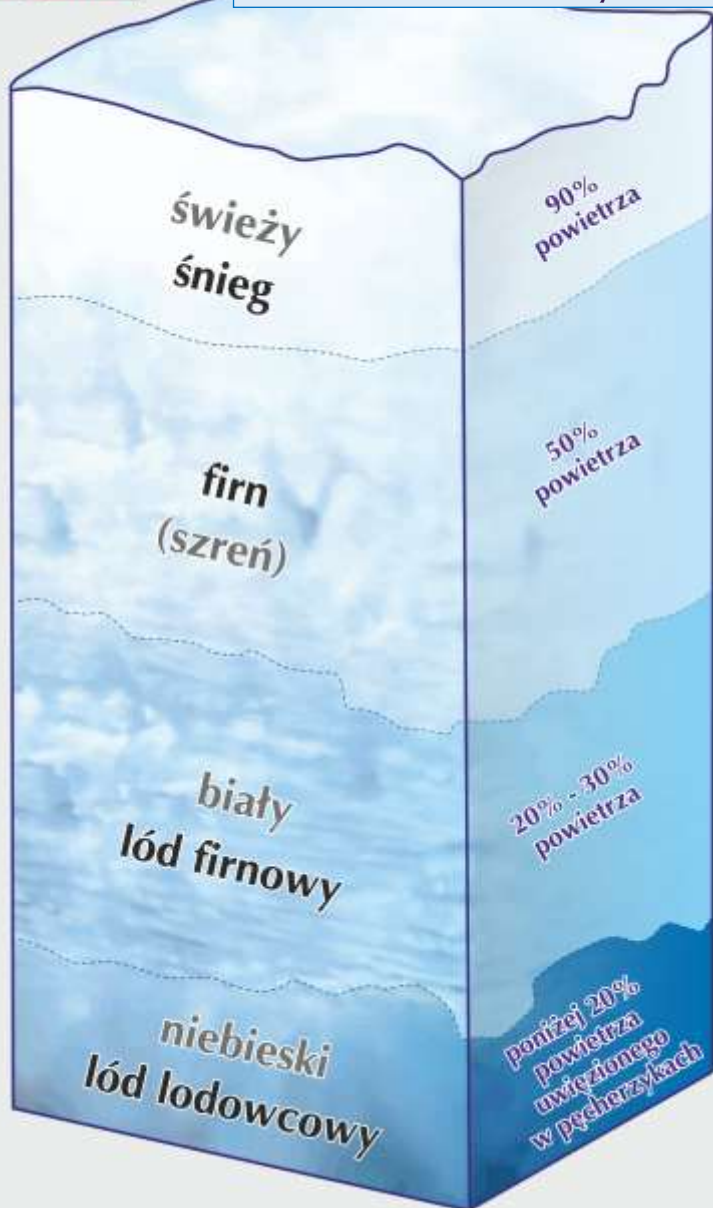


Kilimandżaro – najwyższa góra Afryki. Zdjęcia przedstawiają powierzchnię lodowców.



Przemiana śniegu w lód lodowcowy

Przemiany śniegu w niebieski lód lodowcowy

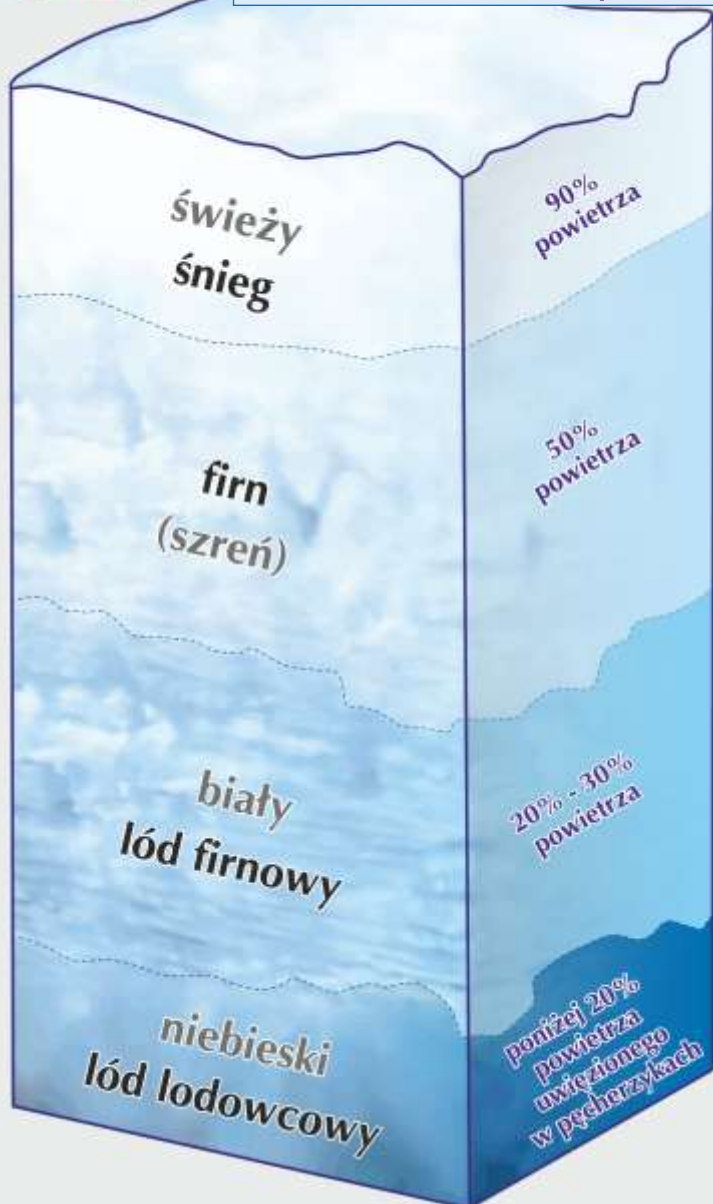


- ♦ **Obszar akumulacji śniegu i przekształcania ich w lód lodowcowy to pole firnowe.**
- ♦ **Proces powstawania lodu lodowcowego w polu firnowym przebiega etapowo.**
 - ♦ **Świeży śnieg** cechuje się małą gęstością (poniżej $0,1 \text{ g/cm}^3$), wynikającą z dużej zawartości powietrza oraz wyraźną strukturą krystaliczną płatków.
 - ♦ Wielokrotne częściowe rozmarzanie i zamarzanie śniegu prowadzi do zaniku pierwotnej struktury krystalicznej i utworzenia agregatu drobnych ziaren lodu o wymiarach do 1 mm, określanego jako **firn** lub **szreń**.
 - ♦ Kolejne cykle topnienia i zestalania, odbywające się pod naciskiem nadległych warstw, powodują dalszą rekrytalizację i usunięcie większości powietrza, prowadząc do powstania **białego lodu firnowego**.
 - ♦ Z tego lodu, w warunkach wysokiego ciśnienia wytwarzanego przez ciągle narastającą warstwę, powstaje **niebieski lód lodowcowy**.
 - ♦ Jest on zbudowany z dużych krystalicznych ziaren o wymiarach kilkucentymetrowych i osiąga gęstość około $0,9 \text{ g/cm}^3$.
 - ♦ Cechuje się on właściwościami masy plastycznej – pod wpływem nacisku nadległych warstw może się on przemieszczać w dół.



Przemiany śniegu w lód lodowcowy

Przemiany śniegu w niebieski lód lodowcowy



- ♦ Ocenia się, że z warstwy świeżego śniegu o miąższości 15 metrów powstaje warstwa lodu lodowcowego o wielokrotnie mniejszej grubości.
- ♦ Czas tego przeobrażenia jest bardzo zróżnicowany:
 - ♦ od zaledwie 3-5 lat w niektórych lodowcach Alaski aż po ponad 100 lat na północy Grenlandii.





Ruch lodowców

Ruch lodowców i lądolodów

- ♦ **Lód lodowcowy**, w zależności od usytuowania pola firnowego i topografii otaczającego terenu:
 - ♦ rozptywa się **frontalnie we wszystkich kierunkach** (lodowce kontynentalne, czapy lodowe),
 - ♦ spływa **jęzorami w doliny śródgórskie** (lodowce górskie).



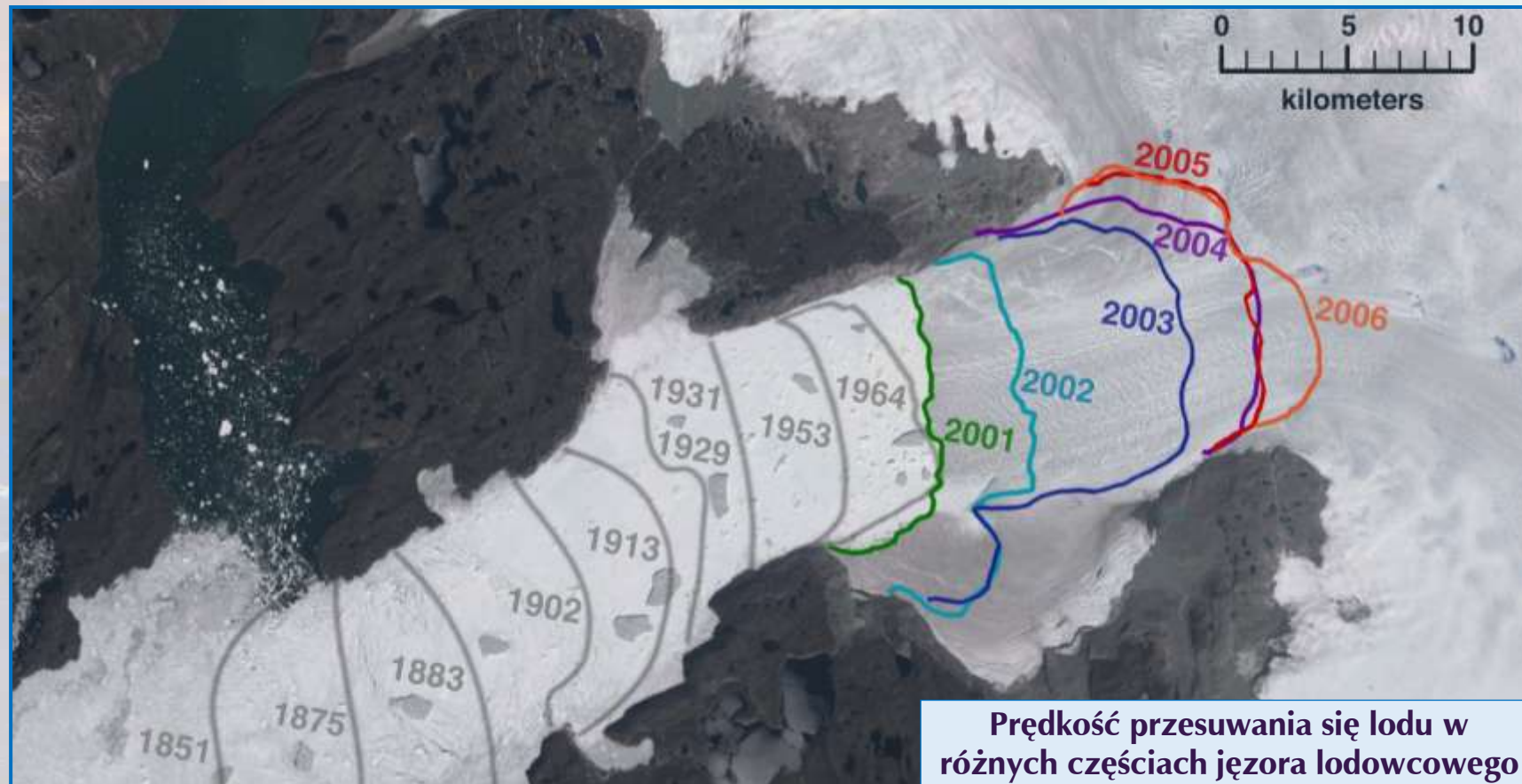
Lodowiec kontynentalny na Grenlandii



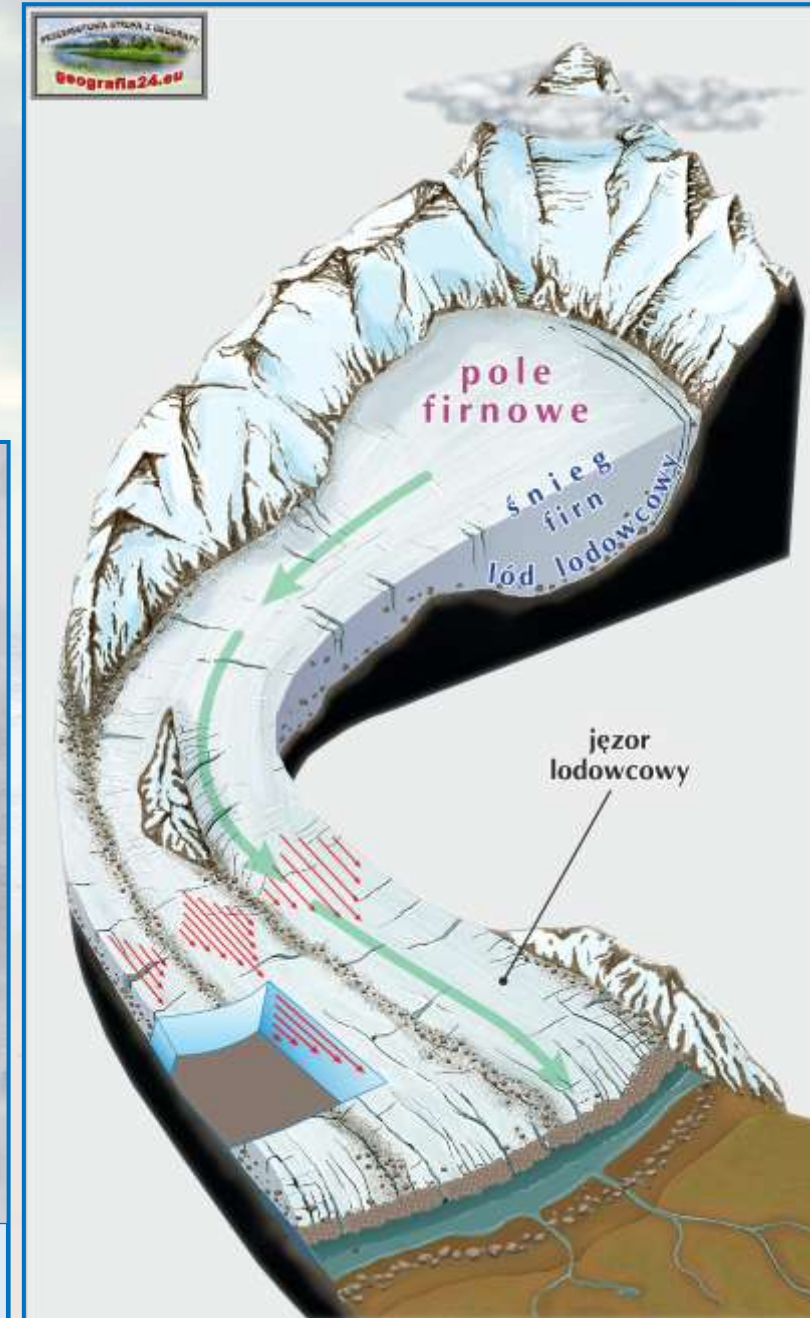
Lodowiec górski w Alpach

Tempo ruchu lodowca

- Tempo przemieszczania się lodowca jest związane z nachyleniem zboczy i ma charakter grawitacyjny.
- W znacznym stopniu wynika też z ciśnienia nadległych warstw lodu, firnu i śniegu, pod którego wpływem lód lodowcowy – o kryształach złożonych z cienkich, równoległe ułożonych blaszek – staje się plastyczny.
- Stwierdzono, że jest ona największa na jego powierzchni na środku i zmniejsza się w miarę wzrostu głębokości oraz zbliżania się do ścian doliny lodowcowej.

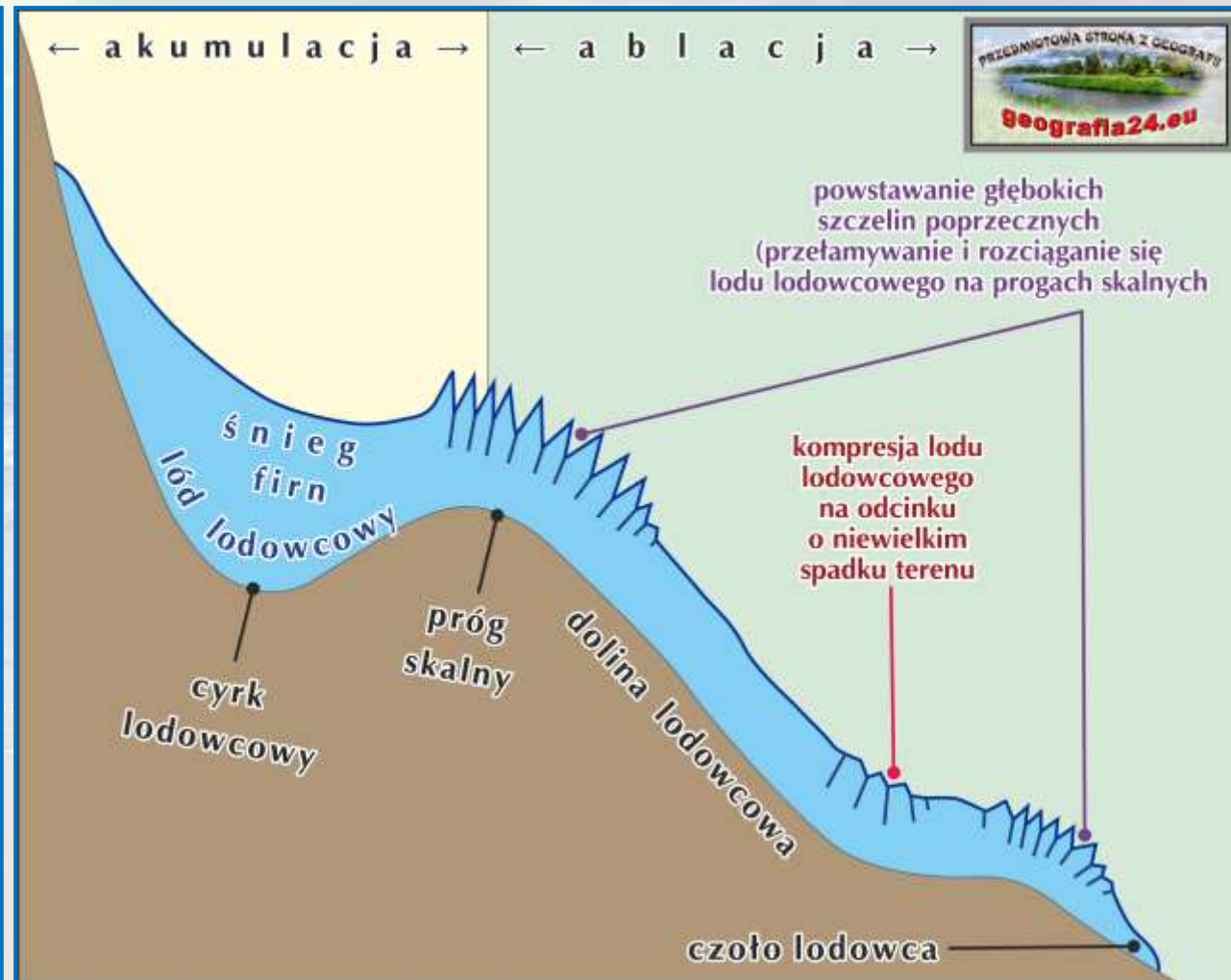
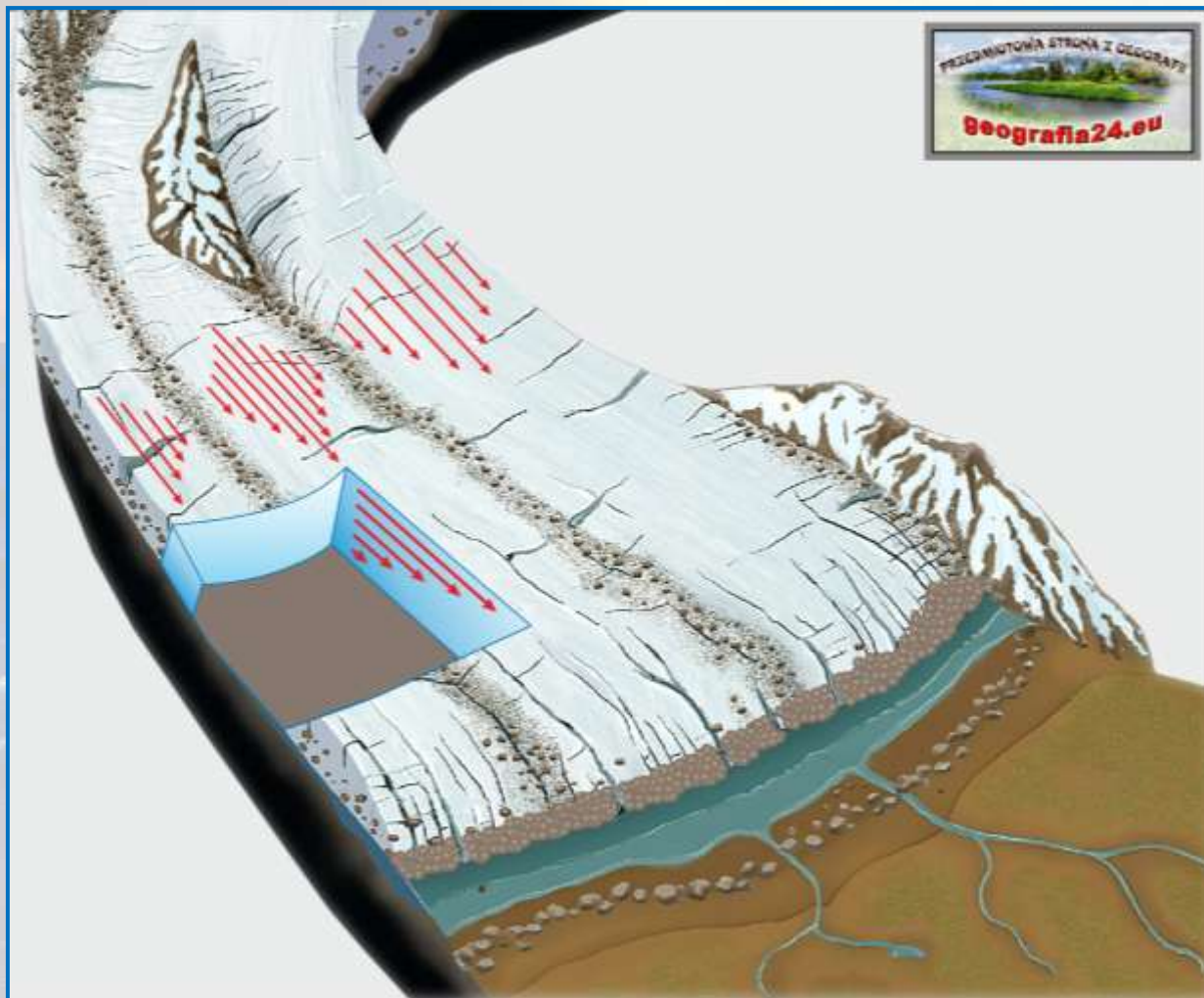


Prędkość przesuwania się lodu w różnych częściach jezora lodowcowego



Prędkość ruchu lodowca

- ♦ **Prędkość ruchu lodowca** jest więc uzależniona od **nachylenia** i **masy pełznącego lodu** (masa wpływa na **ciśnienie**):
 - ♦ największa na odcinkach o znacznym nachyleniu podłoża, gdzie ulega rozciąganiu,
 - ♦ najmniejsza na zboczach o małym spadku, gdzie podlega kompresji.



Prędkość ruchu lodowca

- ♦ **Prędkość ruchu lodowca na świecie** jest bardzo zróżnicowana.
- ♦ **Najszybciej** poruszają się lodowce:
 - ♦ **na obrzeżach Grenlandii** – do 35 m na dobę (do prawie **10 km/rok**),
 - ♦ **na Alasce** – do 12 m na dobę (do **4 km/rok**).
- ♦ **Znacznie wolniej** lodowce przemieszczają się:
 - ♦ **w Himalajach** – do 3,5 m na dobę (do **1 km/rok**),
 - ♦ **w Alpach** – najwyżej 0,4 m na dobę (do **100 m/rok**),
 - ♦ **na Antarktydzie** – zaledwie **1 m/rok**.



Lodowce himalajskie przemieszczają się w tempie dochodzącym do 1 km na rok



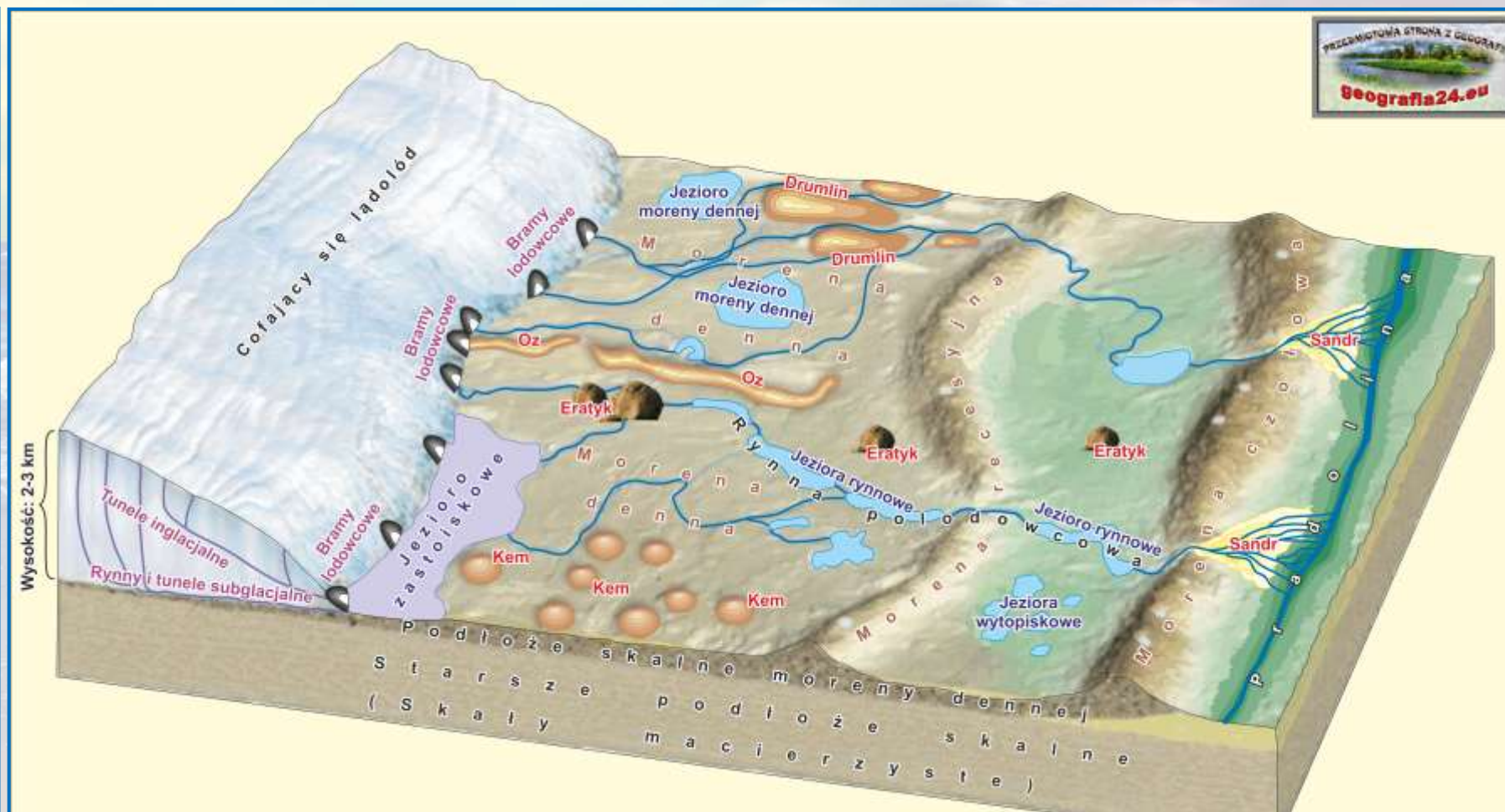
Najszybsze fragmenty lądolodu grenlandzkiego przemieszczają się w tempie dochodzącym do 10 km na rok

Rodzaje ruchów lodowca

- ♦ **Ruch lodu w lodowcu** nie jest równoznaczny z przesuwaniem się do przodu czoła lodowca:
 - ♦ **transgresja lodowca** – jeżeli **czoło przesuwa się do przodu** (na niezajęty lodowcem teren) tylko wtedy, kiedy tempo ablacji jest mniejsze od tempa dostawy lodu.
 - ♦ **stagnacja lodowca** – jeżeli dostawa lodu i topnienie (ablacja) równoważą się, czoło pozostaje w spoczynku.
 - ♦ **regresja lodowca** – jeżeli ablacja jest szybsza od dostawy lodu, **czoło wycofuje się**.



Zlodowacenia w Polsce

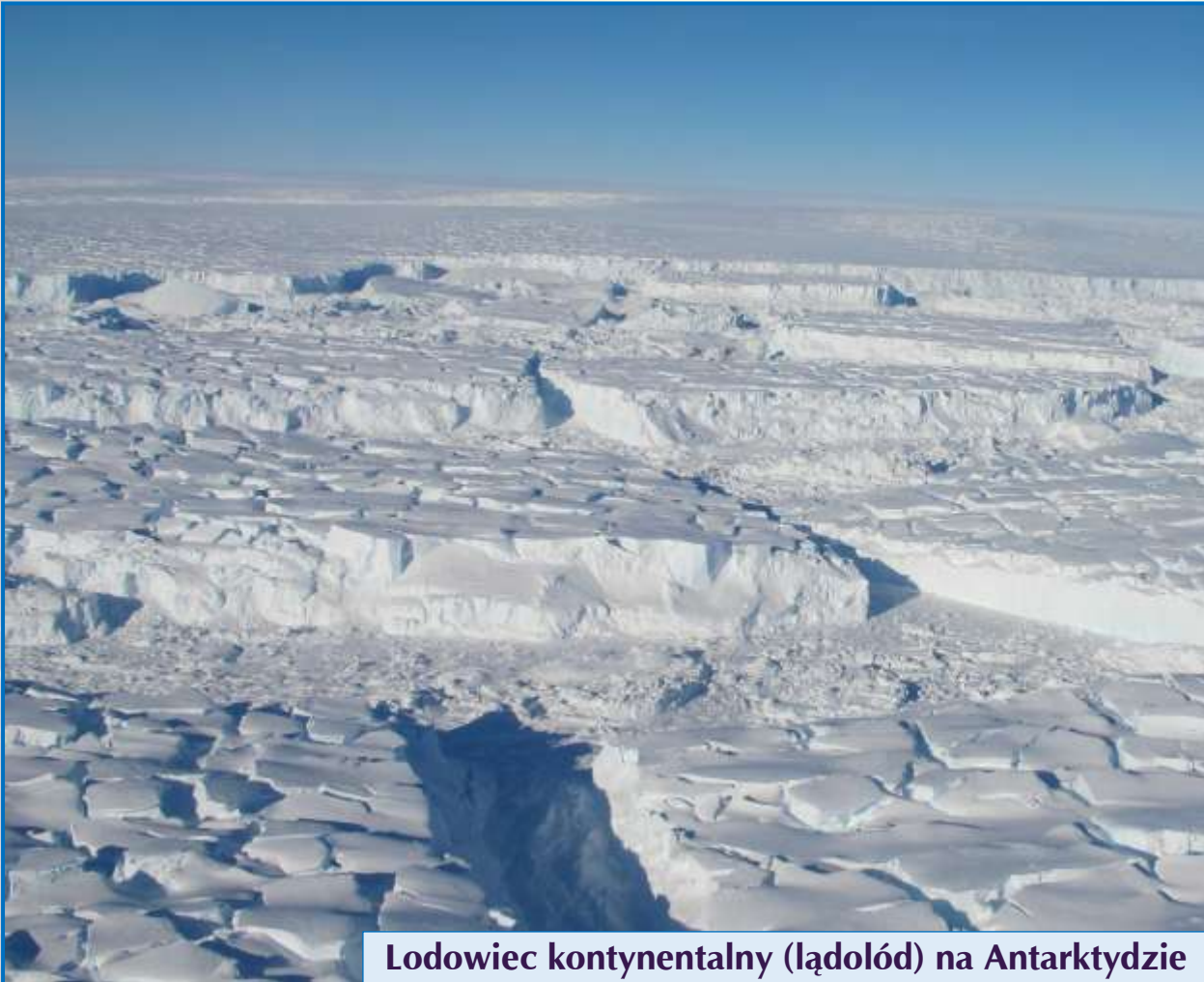




Klasyfikacje lodowców

Klasyfikacje lodowców

- ♦ **Lodowce** dzielimy ze względu na morfologię (kształt, wielkość) oraz ukierunkowanie.
- ♦ Podstawowy podział lodowców obejmuje tylko dwie kategorie:
 - ♦ **lodowce kontynentalne (lądolody),**
 - ♦ **lodowce górskie.**



Lodowiec kontynentalny (lądolód) na Antarktydzie



Lodowiec górski w Alpach

Klasyfikacje lodowców

- ♦ **Lodowce kontynentalne (lądolody)** – tworzą olbrzymie, lekko wypukłe czasze lodowe prawie niezależne od rzeźby podłoża.
- ♦ Śnieg gromadzi się i przekształca w lód lodowcowy w środkowej części czaszy lodowej, która stanowi w tym przypadku pole firnowe, zaś podlega ablacji na peryferiach.
- ♦ **Lądolód na Antarktydzie** zajmuje **prawie całą jej powierzchnię**.
 - ♦ Pokrywa lodowa, o grubości przekraczającej miejscami 4500 m (największa wartość to 4776 m), koncentruje ponad 90% ogólnej masy lodu lodowcowego na Ziemi.
- ♦ **Lądolód na Grenlandii** pokrywa **80% jej powierzchni**.
 - ♦ Grubość lodu osiąga około 3400 m.
 - ♦ Skupia on prawie 9% ogólnej masy lodu lodowcowego na Ziemi.

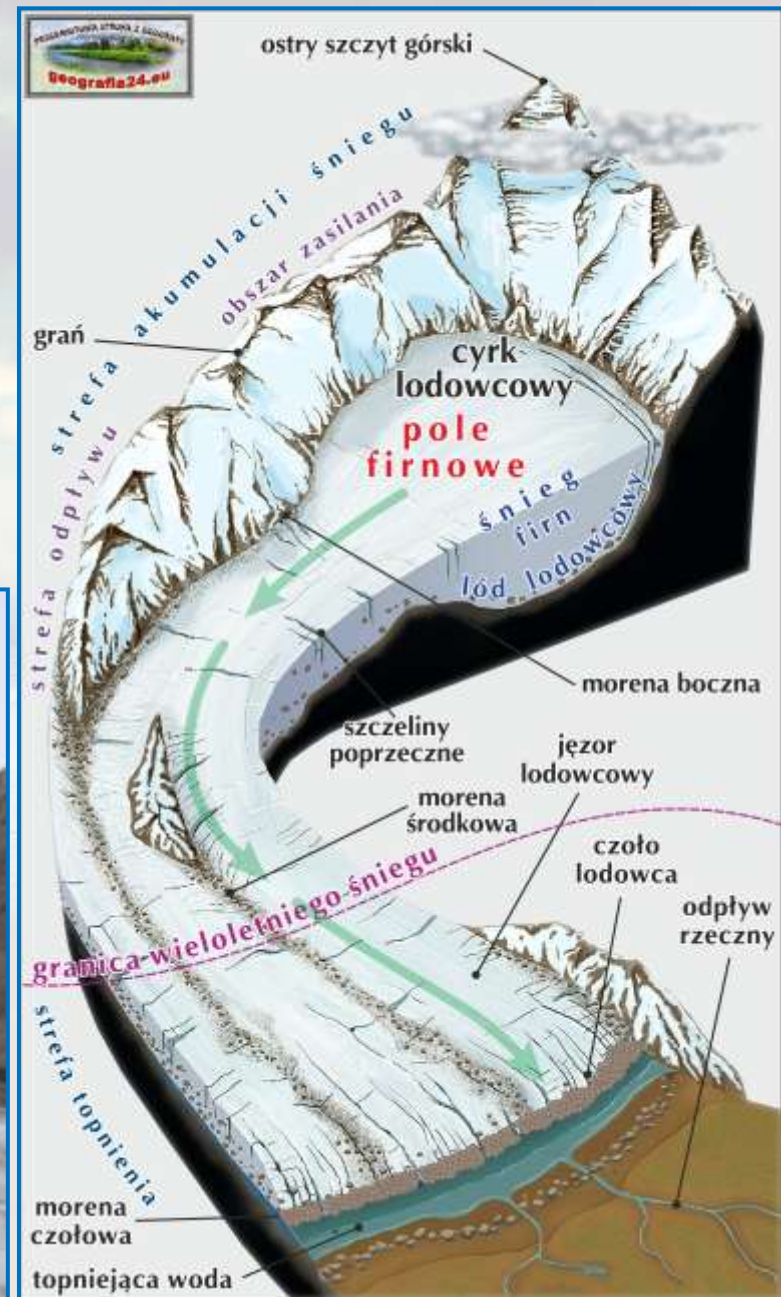


Lądolód kontynentalny –
grenlandzki



Klasyfikacje lodowców

- ♦ **Lodowce górskie** – charakteryzują się stosunkowo małymi rozmiarami.
 - ♦ Składają się z dwóch podstawowych elementów, tzn. z **pola firnowego** (jest to obszar źródłowy) i **jęzora lodowcowego** (jest to strumień lodu spływający pod wpływem grawitacji w kierunku obniżeń).
 - ♦ Jego długość zależy od nasilenia ablacji (topnienie i sublimacja lodu), tempa ruchu i intensywności “produkcji” lodu w polu firnowym.
 - ♦ **Czoło jęzora lodowca** sięga poniżej **linii wieloletniego śniegu**.
 - ♦ **W plejstocenie w Polsce lodowce górskie powstały w Tatrach i w Karkonoszach.**
 - ♦ Do dziś pozostały po nich tylko charakterystyczne elementy rzeźby.





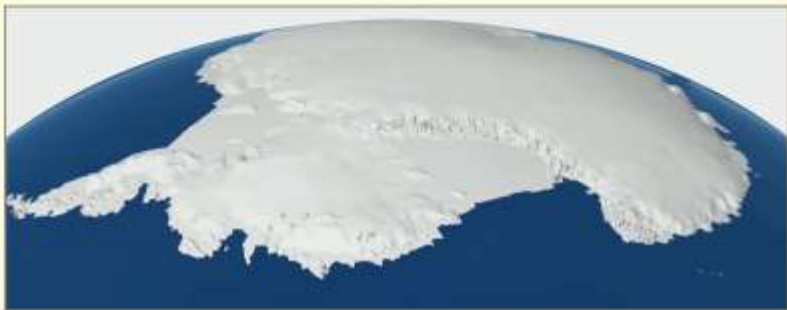
A. Lodowce kontynentalne

1. Łądolody

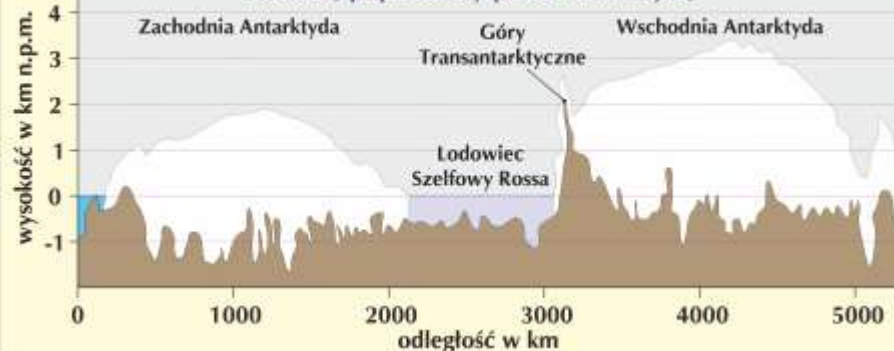
♦ Łądolody to:

- ♦ wielkie czasy lodowe zakrywające całkowicie powierzchnię jakiegoś obszaru (w tym także wszystkie formy jego rzeźby);
- ♦ grubości nawet kilku kilometrów (miejscami ponad 4500 m);
- ♦ z lodem poruszającym się w różnych kierunkach.
- ♦ Występowanie: Antarktyda (14 mln km²) i Grenlandia (1,7 mln km²).
 - ♦ W Polsce występował ostatnio podczas zlodowaceń plejstocénskich.

Łądolód na Antarktydzie



Przekrój poprzeczny przez Antarktydę



Grenlandia

2. Kopuły i czapy lodowe

♦ Kopuły i czapy lodowe:

- ♦ mają one wygląd wypukłej czaszy;
 - ♦ pokrywają mniejsze obszary niż lądolody:
 - ♦ powierzchnie rzędu tysięcy i setek km²,
 - ♦ obejmują całe wyspy i duże fragmenty mało urozmaiconych wyżyn czy gór;
 - ♦ ich grubość dochodzi do kilkuset metrów.
- ### ♦ Występowanie:
- ♦ wyspy Arktyki,
 - ♦ południowo-wschodnia część Islandii,
 - ♦ wyspy położone w sąsiedztwie Antarktydy.



Islandia z widocznymi czapami lodowymi

3. Pola lodowe (lodowiec norweski, fieldowy, wyżynny)

♦ Pola lodowe (lodowiec norweski, fieldowy, wyżynny):

- ♦ stosunkowo małe czapy lodowe pokrywające częściowo mniejsze obszary;
- ♦ często tworzą się na płaskich szczytach wyżyn lub gór, dlatego są nazywane **lodowcami wyżynnymi** (od charakterystycznych **fieldów** w Norwegii);
- ♦ rozległe pole firnowe ze spływającymi od niego szerokimi, ale stosunkowo krótkimi jeziorami.

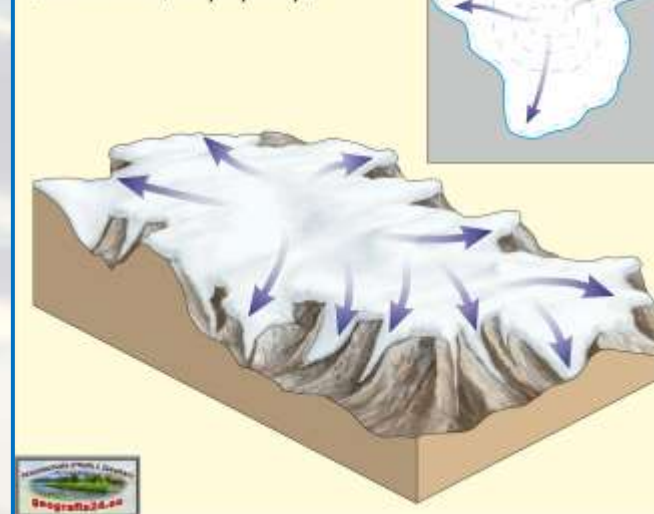
♦ Występowanie:

- ♦ Norwegia,
- ♦ Islandia,
- ♦ Nowa Zemia,
- ♦ Patagonia,
- ♦ Wyspy Arktyki,
- ♦ Svalbard (Spitsbergen),
- ♦ Ziemia Baffina.



Jostedalsbreen – największy lodowiec w Norwegii (w kontynentalnej Europie). Najwyższym szczytem jest **Lodalsklpa** – **nunatak** (skalne wzniesienie otoczone lodowcem, wznoszące się nad jego powierzchnię) mający wysokość 2083 m. n.p.m.

Lodowiec fieldowy (norweski, wyżynny)



4. Lodowce szelfowe

- ♦ **Lodowce szelfowe** – grube na 200-700 metrów tafle lodowe powstające w wyniku wchodzenia lądolodu do **morza szelfowego**,
- ♦ od strony morza widoczne są wysokie klify, których wysokość dochodzi do 50 m;
- ♦ od czoła lodowca szelfowego unoszonego przez wody morskie odrywają się często wielkie bloki lodu (lodowiec “cieli się”), które jako **góry lodowe** dryfują z prądami morskimi, zaś ich mniejsze bryły tworzą **pak lodowy** (pływającego lodu na morzu).

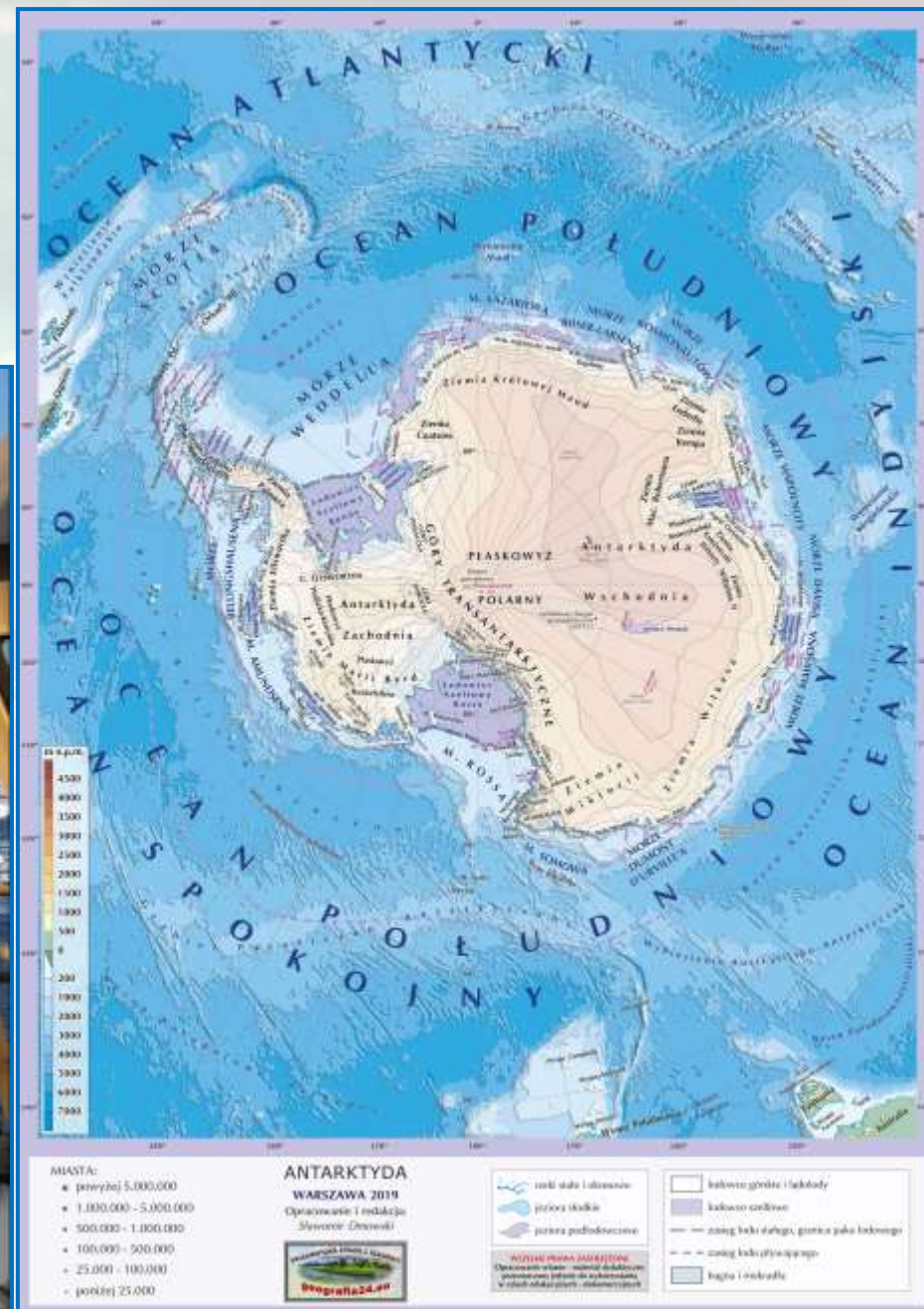


Lądowiec szelfowy



Lodowce szelfowe

- ♦ Lodowce szelfowe występują m.in.:
 - ♦ u wybrzeży Antarktydy (stanowią około 30% linii brzegowej) np.:
 - ♦ Lodowiec Szelfowy Rossa (528 tys. km²), Lodowiec Szelfowy Filchnera (416 tys. km²), Lodowiec Szelfowy Larsena (86 tys. km²);
 - ♦ w Arktyce w Kanadyjskim Archipelagu Arktycznym (Wyspa Ellesmere'a).





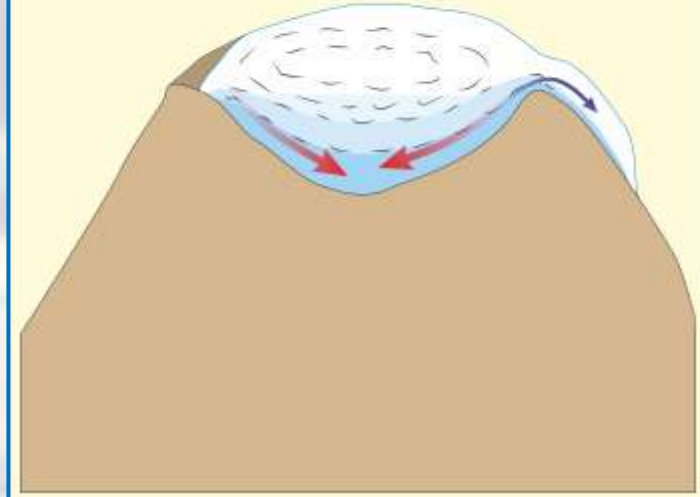
B. Lodowce górskie

1. Lodowce górskich szczytów

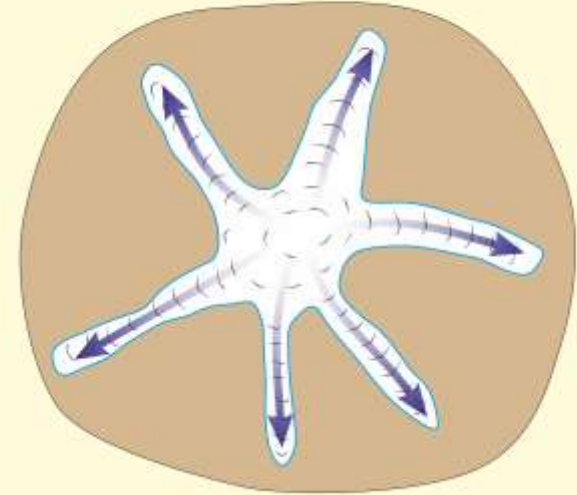
♦ **Lodowce górskich szczytów** dzielą się na:

- ♦ **kraterowe** (tzw. **kaldery**) – ukształtowane w kraterach wygasłych lub drzemiących wulkanów,
 - ♦ przykład: lodowiec Orizaba w Meksyku;
- ♦ **gwiaździste** (tzw. **gwiazdopodobne**) – powstające na szczytach gór, gdzie przemieszczają się z jednego pola firnowego w postaci krótkich języków,
 - ♦ występują m.in. na Uralu.

Lodowiec kraterowy (tzw. kaldery)



Lodowiec gwiaździsty (tzw. gwiazdopodobny)



Orizaba (5636 m n.p.m.) to czynny wulkan będący najwyższym szczytem Meksyku i całej Ameryki Środkowej. Jest położony w południowej części kraju.

2. Lodowce górskich zboczy

♦ **Lodowce górskich zboczy** dzielą się na:

♦ **cyrkowe (karowe), (typ pirenejski):**

- ♦ złożone w zasadzie tylko z pola firnowego,
- ♦ niewielkie, o zaokrąglonym obrysie, **bez wyraźnie wypływających jeziorów lodowcowych lub z bardzo krótkimi jeziorami,**
- ♦ tworzą się w lokalnych zagłębieniach terenu;

♦ występowanie:

- ♦ Pireneje (Glaciar de Aneto, Glaciar de Coronas),
- ♦ Góry Stanowe,
- ♦ Góry Wierchojańskie;

♦ **wiszące:**

- ♦ powstające w niewielkich, płytkich zapadliskach na stromych zboczach;
- ♦ występowanie:
 - ♦ Himalaje – Góry Lhotse.

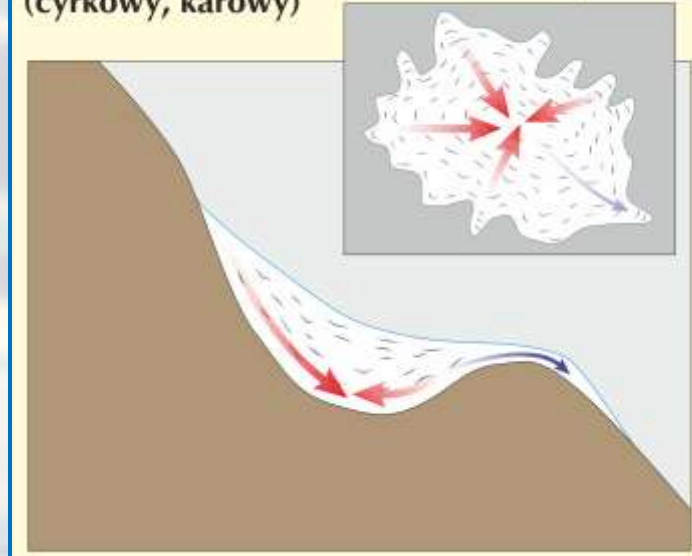
Lodowiec cyrkowy Styggebrean w Norwegii



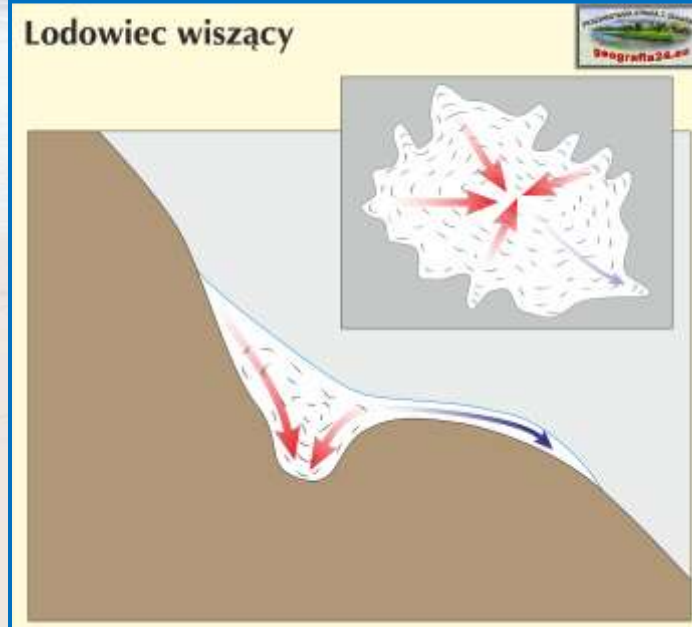
Lodowiec wiszący



Lodowiec pirenejski
(cyrkowy, karowy)



Lodowiec wiszący



3. Lodowce dolinne

♦ **Lodowce dolinne** dzielą się na:

♦ **proste** (*typ alpejski*):

♦ składające się z jednego pola firnowego i jednego jezora lodowcowego;

♦ występowanie:

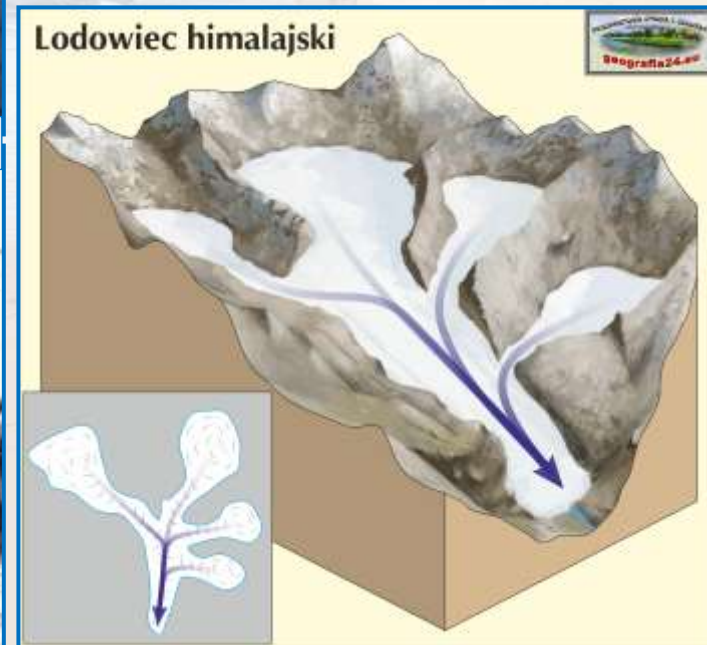
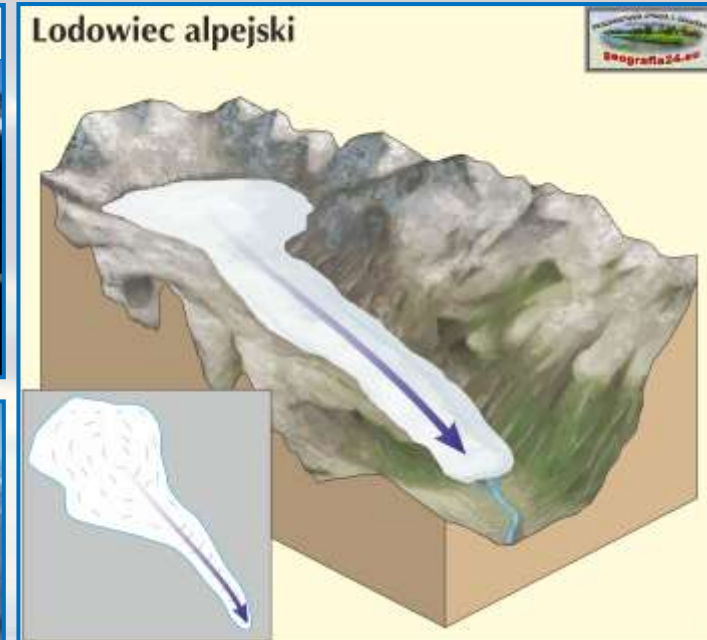
- ♦ Alpy (Grosser Aletsch Gletscher, Mer de Glace),
- ♦ Nowa Zelandia,
- ♦ Kaukaz,
- ♦ Andy,
- ♦ Alaska;

♦ **złożone (dendrytyczne)** (*typ himalajski*):

♦ powstające z połączenia wielu jezorów lodowcowych wypływających z jednego lub kilku pól firnowych;

♦ występowanie:

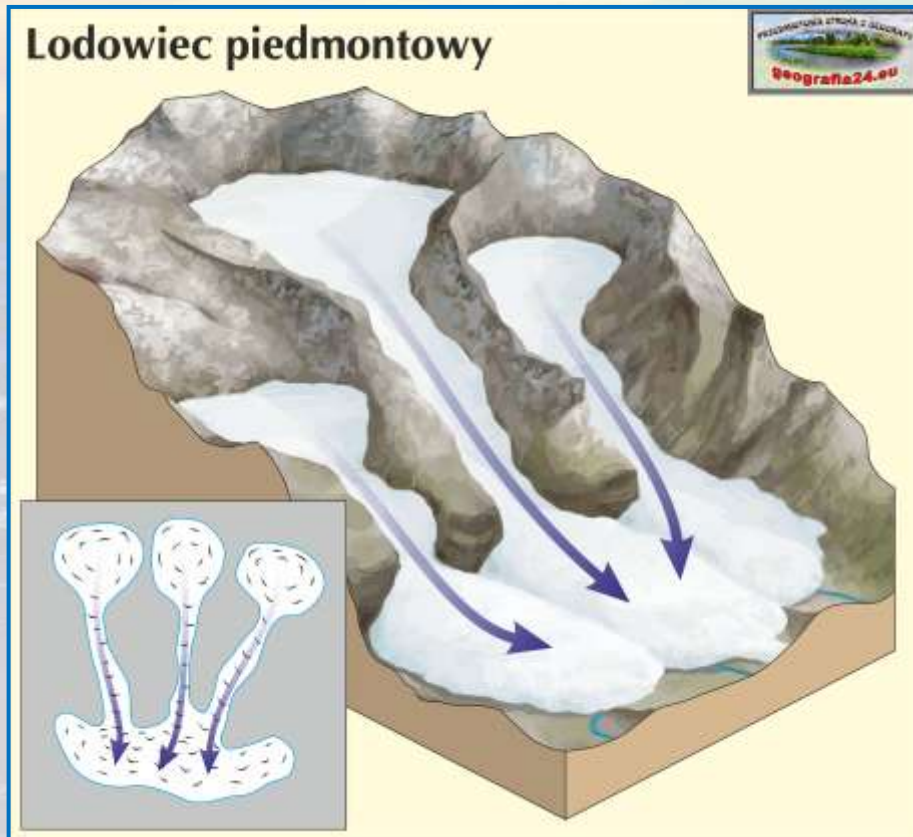
- ♦ Himalaje (Kangshung, Lhotse),
- ♦ Pamir (Lodowiec Fedczenki),
- ♦ Karakorum (Siachen),
- ♦ Góry Św. Eliasza,
- ♦ Alaska/Kanada (Lodowiec Hubbarda),
- ♦ Alaska (Lodowiec Beringa).



4. Lodowce podgórskie (przedgórskie)

♦ **Lodowce podgórskie (przedgórskie)** (*typ piedmontowy*):

- ♦ z kilku pól firnowych spływają jezory, tworząc na równinnym przedpolu gór jedną wielką pokrywę lodową,
- ♦ występowanie:
 - ♦ Góry Św. Eliasza na Alasce,
 - ♦ Góry Nadbrzeżne w Kanadzie,
 - ♦ Ziemia Ognista.



Lodowiec piedmontowy





Lód na powierzchni mórz

Występowanie i ogólne wiadomości o lodzie szelfowym

- ♦ **Lód** może występować i tworzyć się nie tylko na lądzie, ale też na morzu.
 - ♦ **Zamarzanie wody morskiej** o przeciętnym zasoleniu następuje w temperaturze około $-1,9^{\circ}\text{C}$.
- ♦ **Lodowce kontynentalne** rozprzestrzeniają się niekiedy na obszar szelfowy jako **lodowce szelfowe**.
 - ♦ W stosunkowo płytkim morzu gruba warstwa lodu spoczywa bezpośrednio na dnie i stanowi przedłużenie lodowca lądowego.
 - ♦ W głębszych wodach siła wyporu unosi lód ponad dno.
 - ♦ Wtedy często dochodzi do odłamywania się fragmentów lądolodu – tzw. **cielenie się lodowca**.
- ♦ Spoczywająca na szelfie oraz unosząca się na wodzie, ale nadal połączona z lądolodem kontynentalnym, część lądolodu określana jest jako **lód szelfowy**.
 - ♦ Największym lodowcem szelfowym jest **Bariera Lodowa Rossa** u wybrzeży Antarktydy, mająca powierzchnię około 528 tysięcy km^2 i wysokość od 35 do 50 metrów ponad powierzchnię morza.



Góry i wyspy lodowe

- ♦ Oderwane od lodu szelfowego bryły i kry stanowią **góry i wyspy lodowe**.
- ♦ Szczególnie duże bryły lodu i oderwane fragmenty lodów szelfowych, osiągające do kilku tysięcy km² powierzchni, mogą **dryfować** w polarnych strefach oceanów nawet przez kilkanaście i więcej lat.
- ♦ Na półkuli południowej **Dryf Wiatrów Zachodnich** ogranicza migrację gór lodowych w kierunku niższych szerokości geograficznych.
- ♦ Takiej bariery brakuje na półkuli północnej, gdzie kry i góry lodowe oderwane od lądolodu grenlandzkiego i lodowców położonych na wyspach Arktyki, wędrują wraz prądami morskimi daleko na południe.
- ♦ Stanowią one duże zagrożenie dla żeglugi, tym bardziej, że docierają na jeden z najbardziej uczęszczanych akwenów.
- ♦ Należy pamiętać, że nad powierzchnią morza widoczne jest tylko niewiele ponad 10% całkowitej objętości lodu.
- ♦ Zderzenie z górą lodową na północnym Atlantyku spowodowało zatonięcie w 1912 r. rzekomo niezatapialnego **"Titanica"**.



Pak lodowy i polarny

♦ W zimie w strefie umiarkowanej i subpolarnej narasta od brzegu tafla **lodu stałego**, która w lecie ulega całkowitemu stopieniu.

♦ Lód stały tworzy się rokrocznie na Bałtyku, a w XVII i XVIII wieku pokrywał wielokrotnie całą powierzchnię tego akwenu.

♦ Na otwartym morzu w odpowiednio zimnym klimacie krystalizują płytki lodu, które mogą następnie łączyć się w tzw. **pak lodowy**.

♦ Część paku lodowego może przetrwać ciepłą porę roku.

♦ Wreszcie w najchłodniejszych wokół biegunowych rejonach Arktyki występuje **pak polarny**, tworzący trwałą pokrywę i topniejący w lecie tylko miejscami.



Pak lodowy



Wieloletnia zmarzlina

Cechy wieloletniej zmarzliny

- ♦ Na Syberii, Alasce i w północnej Kanadzie powszechnie występuje **wieloletnia zmarzlina** (**marzłość stała**, nazywana dawniej **wieczną zmarzliną**, ale **nic nie jest wieczne – określenie więc nie jest najlepsze**).
- ♦ Jest to stale zamrożona warstwa gruntu utożsamiana z podziemnym zlodowaceniem.
- ♦ Wieloletnia zmarzlina tworzy się tam, gdzie temperatury są dostatecznie niskie, lecz wielkość opadów zbyt mała, żeby mógł rozwinąć się lądolód.
- ♦ Jej występowanie uwarunkowane jest obecnością wody w gruncie.
- ♦ Temperatura, w której zachodzi zamrażanie, zależy głównie od wielkości ziaren, np. nawodnione żwiry i piaski zamarzają w temperaturze $-0,2^{\circ}\text{C}$, zaś grunty ilaste dopiero przy temperaturze od -4°C do -5°C .



Występowanie wieloletniej zmarzliny

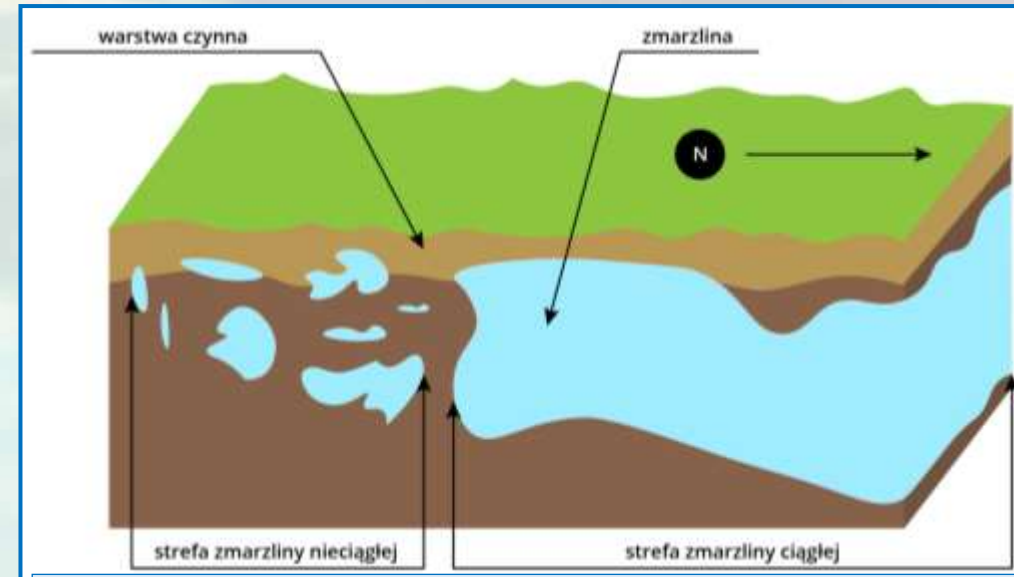
- ♦ Obszar **występowania wieloletniej zmarzliny** stanowi aż 14% powierzchni lądów (powierzchnia 21 mln km²).
- ♦ **Grubość stale przemarzniętej warstwy gruntu** jest bardzo zróżnicowana i uzależniona od wielu czynników, tj.:
 - ♦ warunki klimatyczne,
 - ♦ odległość od morza,
 - ♦ obecność wielkich rzek,
 - ♦ ciepło wnętrza Ziemi,
 - ♦ rodzaj skał budujących podłoże.
- ♦ W sprzyjających warunkach wieloletnia zmarzlina sięga do głębokości **nawet 1000-1500 metrów (Jakucja)**.
- ♦ Zwykle jednak jej warstwa ma miąższość około:
 - ♦ **600 metrów na Syberii,**
 - ♦ **400 metrów na Alasce.**



Typy wieloletniej zmarzliny

♦ **Wieloletnia zmarzlina** może występować w sposób:

- ♦ **ciągły** – w strefach, gdzie średnia temperatura roczna powietrza jest niższa niż -5°C , występuje **wieloletnia zmarzlina ciągła**,
 - ♦ tworzy ona zwarte obszary w wysokich szerokościach geograficznych;
 - ♦ **nieciągły** – przylega ona do zmarzliny ciągłej i jest zwana **strefą zmarzliny nieciągłej (wyspowej)**,
 - ♦ ma ona charakter izolowanych płatów, których maksymalny zasięg wyznacza izoterma $-1,5^{\circ}\text{C}$ (średnia roczna temperatura powietrza);
 - ♦ **sporadyczny** – występuje kiedy średnia temperatura roczna danego obszaru wynosi od 0°C do $-1,5^{\circ}\text{C}$.
- ♦ W okresie letnim powierzchniowa warstwa wieloletniej zmarzliny, sięgająca do głębokości około 1-2 metrów (maksymalnie do około 4 metrów) rozmarza na kilka miesięcy.
- ♦ Tę półpłynną w lecie, a stabilną w zimie część zmarzliny określa się jako **warstwę czynną**.
 - ♦ Z przeciwną sytuacją spotykamy się rokrocznie **w okresie zimowym w Polsce**.
 - ♦ W klimacie umiarkowanym następuje **sezonowe przemarzanie gruntu** sięgające zwykle **do głębokości około 1 metra**.
 - ♦ Tylko w ostre bezśnieżne lub prawie bezśnieżne zimy zamrożona przypowierzchniowa warstwa może być grubsza.

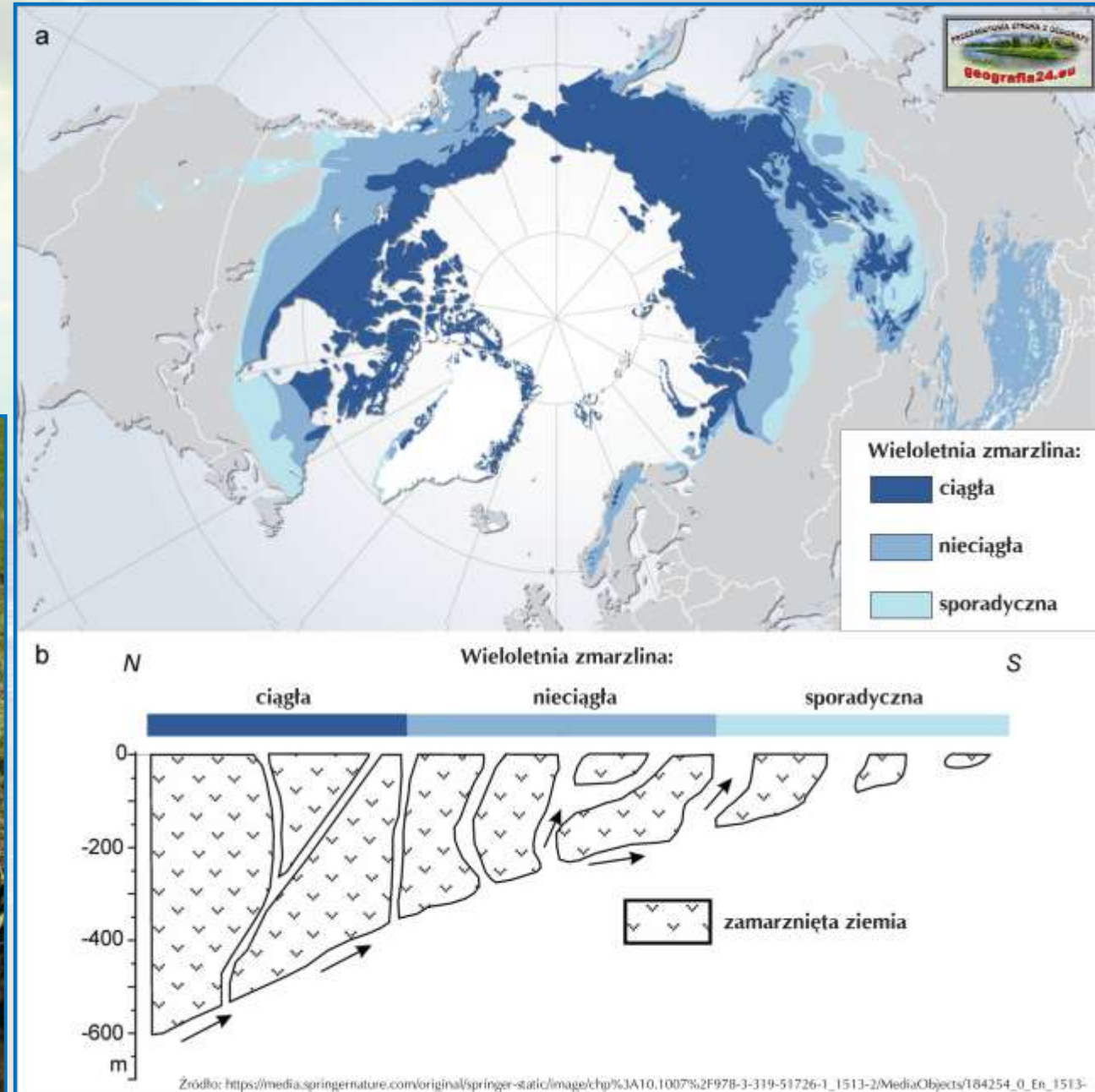


Przekrój poprzeczny przez strefę wieloletniej zmarzliny



Rozmieszczenie wieloletniej zmarzliny

- ♦ **Współczesne występowanie wieloletniej zmarzliny** wykazuje powiązanie ze **złodowaceniami plejstoceńskimi**, kiedy skały przemarzły bardzo głęboko.
- ♦ Jednak ocieplenie klimatu obserwowane w ostatnich dziesięcioleciach powoduje stosunkowo szybkie zanikanie marzłoci, jak również zmniejszanie się pokryw lodowców i lądolodów.



KONIEC



Materiały pomocnicze do nauki
Opracowane w celach edukacyjnych (niekomercyjnych)

Opracowanie i redakcja: *Sławomir Dmowski*
Kontakt: *kontakt@geografia24.eu*

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -