

SVALBARDS GEOLOGI



Innhold

Hva er geologi?	3
Geologisk mangfold	6
De eldste bergartene	10
Sedimentlagene	14
Platetektonikk	18
Fjellkjededannelse på Svalbard	20
Fossiler	22
Vulkaner og varme kilder	24
Istida.....	26
Landformer	28
Kull	30
Olje og gass.....	32
Geologi og miljøvern	33
Geologisk kart	34
Geologisk tidsskala	35

Norsk Polarinstitutt
Polarmiljøsentret
NO-9296 Tromsø

www.npolar.no

Tekst:
Teknisk redaktør:
Grafisk design:
Trykt:
ISBN:

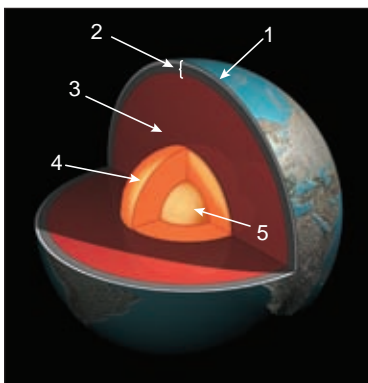
Synnøve Elvevold, Winfried Dallmann, Dierk Blomeier
Synnøve Elvevold
Audun Igesund
Grafisk Nord AS, januar 2007
978-82-7666-236-8

Hva er geologi?

Læren om jorda

Geologi er læren om jorda. Geologi handler om jordklodens oppbygning og sammensetning og dens utvikling fra dannelsen for ca. 4,6 milliarder år siden og fram til i dag. Geologi omfatter alt fra vulkaner og jordskjelv til dinosaurer og edelsteiner. Mer presist kan vi si at geologi er studiet av bergarter, mineraler, fossiler og løsmasser, samt de fysiske, kjemiske og biologiske prosessene som virker på jordas overflate og i jordas indre.

Et skjematisk snitt gjennom jorda viser at den er oppbygd av ulike skall. Innerst er kjernen, som i all hovedsak består av metallisk jern og nikkel. Den indre kjernen er fast, mens den ytre delen av kjernen er antatt å være flytende. Utenfor kjernen ligger mantelen som er seigflytende. Ytterst er den delen av jorda vi daglig er i kontakt med, nemlig jordskorpa som består av fast stein. Jordskorpa kan igjen deles inn i kontinentalskorpe og havbunnskorpe. Lithosfæren består av jordskorpa og den øvre, stive del av mantelen.



1. Skorpe
2. Lithosfære
3. Mantel
4. Ytre kjerne
5. Indre kjerne



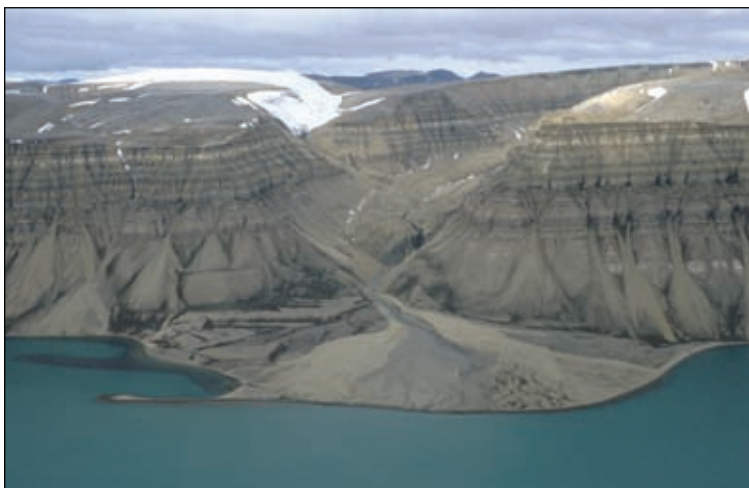
Fossil blad i siltstein fra nytida (tertiær). Slike bladfossiler finnes blant annet i morenen ved Longyearbreen.

Foto: D. Blomeier.



Lagdelte sedimentære bergarter fra oldtida (perm) ved Billefjorden.

Foto: W. Dallmann.



Landskapet på Svalbard er formet av breer og elver. Breever transporterer grus, sand og leire og avsetter sedimentene i vifteformede brelvdelta.

Foto: D. Blomeier.

Geologi i samfunnet

Geologi finnes overalt rundt oss, det er jorda vi lever på og av. Geologiske prosesser har dannet berggrunnen, avsatt løsmassene og formet landskapet. Noen av de geologiske prosessene er globale og skjer over lang tid i menneskelig målestokk. Andre geoprosesser har lokal karakter og kan skje plutselig og uventet, og oppleves av oss mennesker som naturkatastrofer, for eksempel jordskjelv, vulkanutbrudd, skred og flodbølger.

Mennesket har utnyttet geologiske ressurser gjennom hele historien, og geologiske ressurser har også gitt navn til tidsepoker som steinalder, bronsealder og jernalder. Steinalderens jegere brukte flintstein til redskaper og våpen, og vikingene tok i bruk metallene basert på geologisk og metall-urgisk kunnskap. Geologi har også hatt stor betydning for samfunnet i moderne tid. I Norge har samfunnsutviklingen i stor grad fulgt utnyttelsen av ulike geologiske ressurser i gruver, og ikke minst under havbunnen. Norge baserer langt på vei sin økonomi på enorme inntekter fra oljeboring på kontinentalsokkelen. Når det gjelder Svalbard er utviklingen og historien til nåværende bosetninger i all hovedsak resultat av de geologiske kullforekomstene.

Geologien har også stor betydning for økosystemet. Et eksempel er fuglefjellene som det finnes mange av på Svalbard. Fuglefjell utgjør særegne økosystemer hvor grunnlaget for det rike fuglelivet er steile fjellsider, som igjen er et resultat av fjellets beskaffenhet og de ulike geologiske prosessene som har formet landskapet. Turisme og friluftsliv er en del av næringsgrunnlaget på Svalbard, og geologi utgjør en viktig del av naturopplevelsen som landskapet gir.



De spektakulære klippene på sørsida av Bjørnøya består av dolomitt og kalkstein. Bergartene sprekker lett opp og resultatet blir utallige hyller som gjør fjellsidene til attraktive hekkeplasser. Foto: H. Strøm.



De geologiske forholdene i Adventdalen er grunnlaget for Longyearbyens utvikling og historie. Foto: I. L. Næss.

Mineraler og bergarter

En bergart består av ett eller flere mineraler. Mineraler som for eksempel kvarts, feltspat og glimmer er veldig vanlige, mens andre er mer sjeldne. Vi kan dele bergartene inn i tre hovedtyper, basert på hvordan de er dannet:

Avsetningsbergarter eller sedimentære bergarter

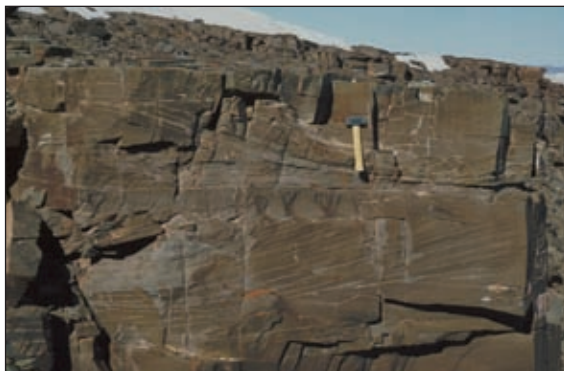
Når bergarter brytes ned kjemisk eller mekanisk, vil det dannes løsmasser av leire, sand, grus og stein som kan transporteres med is, vann eller vind, for så å bli avsatt som et sediment. Når sedimentene blir sammenpresset og sammenkittet blir de "forsteinet" og blir sedimentære bergarter. Sandstein, leirskifer, kalkstein og konglomerat er eksempler på sedimentære bergarter.

Størkningsbergarter eller magmatiske bergarter

Magmatiske bergarter dannes når smeltede bergartsmasser, magma fra jordas indre, stiger opp mot overflata og størkner under avkjøling. Når magma størkner dypt i jordskorpa dannes dypbergarter som for eksempel granitt og gabbro. Når smelta størkner i sprekker dannes gangbergarter som for eksempel doleritt. Dagbergarter dannes når magma krystalliserer på overflata. Basalt er eksempel på en dagbergart.

Omdannede eller metamorfe bergarter

Metamorfe bergarter er sedimentære eller magmatiske bergarter som er blitt omdannet på grunn av varme, høyt trykk eller begge deler. Metamorfe bergarter er ofte skifrig eller lagdelt. Eksempler på metamorfe bergarter er gneis, marmor og glimmerskifer.



Sedimentær bergart: sandstein. Foto: D. Blomeier.



Magmatiske bergart: granitt. Foto: S. Elvevold.



Metamorf bergart: foldet gneis. Foto: S. Elvevold.

Geologisk mangfold



Svalbard byr på et usedvanlig geologisk mangfold innenfor et geografisk begrenset område. Selv om mesteparten av landområdene på Svalbard er dekket av isbreer, er øygruppa et av de få stedene i verden hvor man har muligheten til å studere de fleste avsnitt av jordas utviklingshistorie. Svalbard kan derfor sees på som et naturlig geologisk arkiv, og et laboratorium hvor fortidas og nåtidens geologiske prosesser kan observeres og studeres. Et annet forhold ved Svalbards geologi er at det her finnes lagrekker som er sjeldne, eller rett og slett ikke finnes andre steder i Nord-Europa.

På Svalbard finnes rester av den gamle kaledonske fjellkjeden. Den består av en rekke forskjellige bergartskomplekser som hver har sin egen geologiske historie, og som for ca. 400 millioner år siden ble skjøvet sammen, foldet og omdannet. I tida etter den kaledonske fjellkjededannelsen har Svalbard for det meste ligget under havet hvor det ble avsatt leire, sand, grus, kalk osv. som senere har blitt til lagdelte avsetningsbergarter. Det er lite jordsmonn og det finnes ikke skog, tett vegetasjon eller dyrket mark som skjuler berggrunnen. Landskapet er gjennomskåret av fjorder og daler hvor fjellet er blottlagt i tre dimensjoner, og hvor geologien presenter seg som en åpen bok.



Løsmassene som er erodert fra fjellene transporteres med elver. Materialet blir deretter avsatt i et stort elvedelta som munnar ut i fjorden. Foto: W. Dallmann.



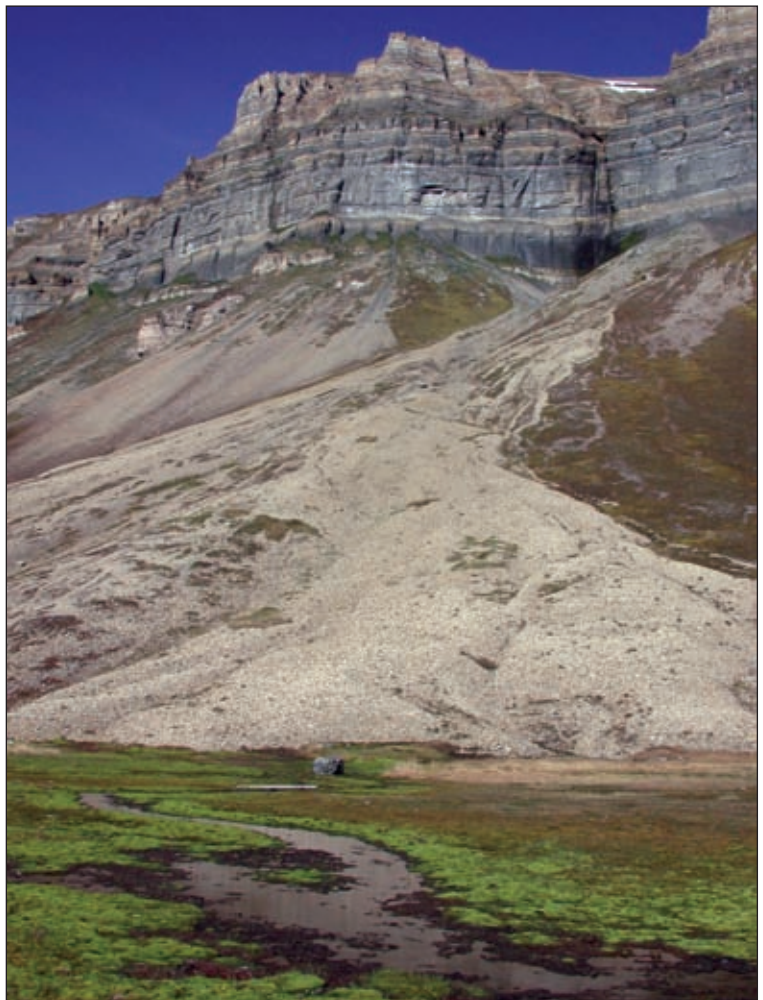
Jordskorpebevegelser og erosjon kan føre til at bergarter som ble dannet dypt i jordskorpa nå er eksponert på overflata. Bildet viser foldete gneiser fra den kaledonske fjellkjeden. Foto: W. Dallmann.



Foto: M. Wisshack.

Granitt, gneis, skifer, sandstein og lava er bergartsnavn de fleste har hørt om. Disse bergartene, sammen med en rekke andre, utgjør berggrunnen – det faste fjellet. Alderen på berggrunnen varierer med flere milliarder år. De eldste bergartene vi finner på Svalbard er 3,3 milliarder år gamle. Til sammenligning er jorda ca. 4,6 milliarder år, og de eldste bergarter som er funnet 4,03 milliarder år.

Over berggrunnen finner vi løsmassene. Begrepet løsmasse brukes av geologene som et samlebegrep for leire, sand og grus som er betydelig yngre enn berggrunnen. De geologiske prosessene som har formet løsmassene er nært knyttet til isbreenes aktive erosjon (nedtæring) av det faste fjellet. De store breelvene fører materialet videre til havet. På Svalbard, som i andre arktiske områder, har vind og frost også stor innvirkning på utformingen av landskapet.



Flatliggende sedimenter ved Billefjorden. Under klippen er det dannet rasurer, såkalte talusvifter. Foto: D. Blomeier.



Forvitret fjell danner jordsmonn for en variert tundravegetasjon. Foto: S. Elvevold.

Svalbards geologi kan deles inn i tre hovedenheter:

1. Grunnfjellet utgjør den eldste delen av berggrunnen og ble dannet i urtida og tidlig oldtid. Grunnfjellet består overveiende av magmatiske og metamorfe bergarter som har gjennomgått flere perioder med folding og omdanning.
2. Uomdannede avsetningsbergarter ble dannet i tidsrommet fra sen oldtid til nytid. På Spitsbergen danner lagene en stor, trauførmig struktur som strekker seg fra Isfjordenområdet og sørover, med de yngste og øverste lagene i midten som en kjerne og de eldre lagene i utkanten.
3. Løse avsetninger er fra kvartærtida. Dette er for det meste avsetninger dannet under og etter siste istid: morener, elveavsetninger, strandavsetninger, urer og blokkmark.

Vi skal ta for oss generelle trekk for henholdsvis grunnfjellet, avsetningsbergartene og de kvartære avsetninger og landformer. Et forenklet geologisk kart over Svalbard finnes på side 34, og to geologiske profiler over Spitsbergen er vist på side 21.



Feltarbeid på Svalbard. Foto, nederste bilde til venstre: S. Elvevold, resten: W. Dallmann.

Hvordan bestemmer vi bergartenes alder?

For å få orden på den mangfoldige geologiske utviklingen deler man bergartene inn etter alder. Det finnes flere måter å bestemme en bergarts alder på, men ikke alle metodene kan anvendes overalt.

Relativ aldersbestemmelse:

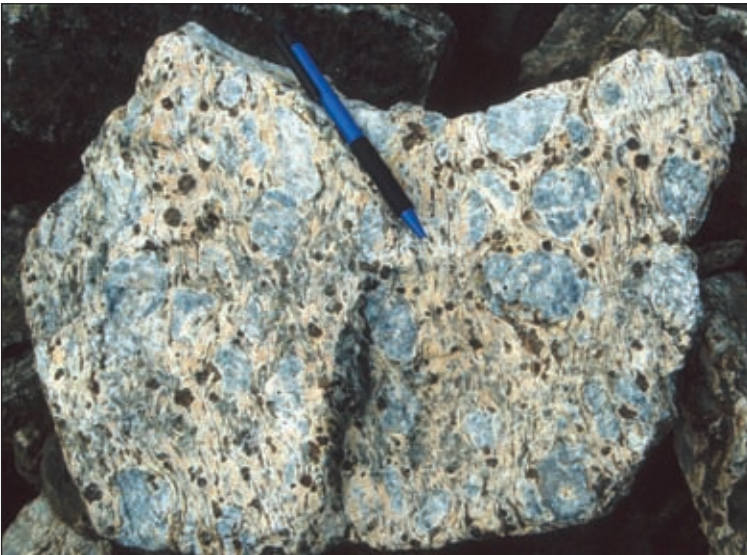
En bergarts alder kan bestemmes relativt i forhold til omliggende bergarter. For eksempel vil de undre lagene i en uforstyrret lagpakke av sedimentære bergarter være eldre enn de øvre lagene. En størkningsbergart, for eksempel granitt, som har trengt inn i en skifer vil være yngre enn den omliggende skiferen.

Fossiler:

Mange fossiler er karakteristiske for bestemte tidsavsnitt i jordas historie. De best bevarte fossilene finnes i sedimentære bergarter fra oldtida og senere tid, og det er derfor helst i disse bergartene man bruker fossiler til aldersbestemmelse.

Radioaktiv datering:

Radioaktive grunnstoffer, som for eksempel uran (U), kan brukes til geologisk aldersbestemmelse. Mange grunnstoffer består av flere isotoper, dvs. varianter av samme grunnstoff som har ulik atomvekt. Når et mineral dannes vil det inngå en rekke grunnstoffer i krystallstrukturen, deriblant ørsmå mengder av ulike radioaktive isotoper. Disse brytes gradvis ned til stabile datterprodukter. For eksempel vil de to radioaktive isotopene av U brytes ned til forskjellige isotoper av bly (Pb). "Halveringstida" er et uttrykk for hvor lang tid det tar før halvparten av en gitt mengde brytes ned. Uranisotopene har halveringstider på henholdsvis 4468 millioner år og 703,8 millioner år, og en kombinasjon av disse nedbrytningsreaksjonene anvendes ofte for å aldersbestemme uranførende mineraler som zirkon, monasitt og titanitt. Det finnes en rekke geologiske isotop-klokker som hver kan være spesielt velegnet til å datere geologiske hendelser som størkning av en magmatisk bergart, krystallisasjon av et mineral eller omvandling og deformasjon av en bergart.



Gneis fra Biscayarhalvøya. Bergarten er datert til 965 millioner år ved hjelp av U-Pb metoden.

Foto: S. Elvevold.

De eldste bergartene

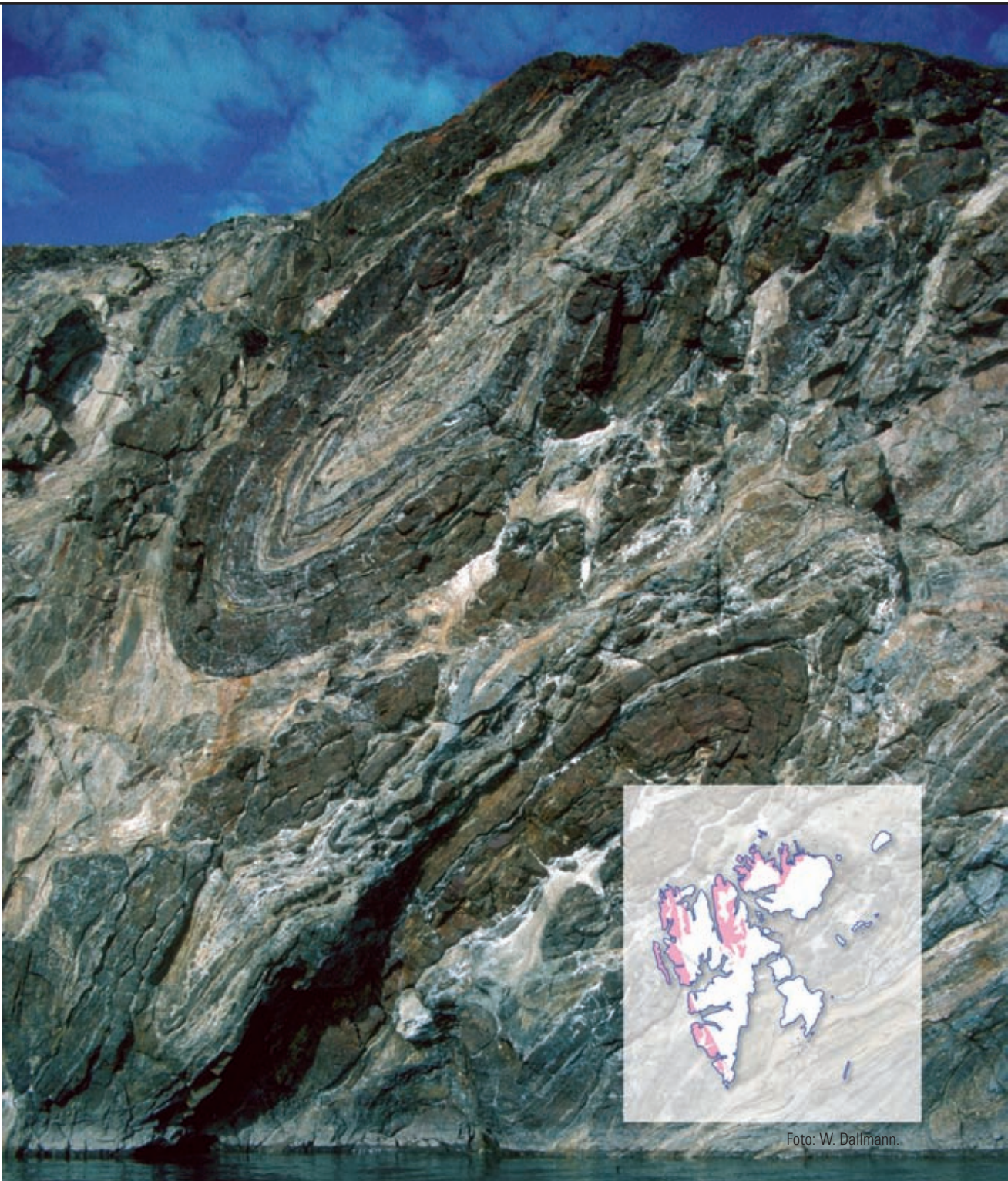


Foto: W. Dallmann.

Grunnfjell

Mange kjenner sikkert til ordet grunnfjell som i dagligtale betyr fast fjell i motsetning til jord. I geologisk terminologi derimot, har begrepet grunnfjell en spesiell betydning. Grunnfjell brukes om bergarter fra den eldste delen av jordas historie, og kommer av at de eldste bergartene vanligvis danner underlaget for de yngre bergartene.

På Svalbard brukes begrepet grunnfjell om bergarter som ble dannet i tidsrommet pre-kambrium–silur, dvs. bergarter som er eldre enn 400 millioner år. Aldersdateringer viser at grunnfjellet på Svalbard har gjennomgått flere fjellkjededannelser. Forvitring og erosjon har for lengst slitt ned disse gamle fjellkjedene, og det vi ser i dag er bare rester av de gamle fjellene. Den siste fjellkjededannelsen kalles den kaledonske orogenese og fant sted for 470–400 millioner år siden.

Grunnfjellsbergarter opptrer langs vestkysten og i nordlige deler av Spitsbergen, på Prins Karls Forland, på Nordaustlandet, samt et lite område på Bjørnøya. Grunnfjellsområdene er ofte karakterisert av alpint landskap med høye, bratte og spisse fjell. Da Willem Barentsz så landet i 1596, ga han det navnet Spitsbergen pga. de spisse og taggete fjellene.

Sør-Spitsbergen

Grunnfjellet mellom Sørkapp og Isfjorden består av fyllitt, kvartsitt, kalkstein, dolomittstein og konglomerater, samt mindre mengder vulkanske bergarter. Det finnes vanlige konglomerater, samt såkalte tilitter som er morenekonglomerater. Tilitt er opprinnelig morener, breelv-avsetninger og drop-avsetninger fra smeltede isfjell og breer som dekket Svalbard for ca. 600 millioner år siden. Disse bergartene er viktige ledelag for relativ aldersbestemmelse. Under tilittene ligger lag av kalkstein eller dolomittstein som inneholder stromatolitter, som er fossile algekolonier. Stromatolittene er blant de eldste fossiler som er funnet på Svalbard. I Sørkapp Land finnes områder med avsetningsbergarter fra kambrium og ordovicium som inneholder fossiler av trilobitter og armfotinger (se kapittel om fossiler, side 22–23). Hornsundtind, som er det høyeste fjellet på Sør-Spitsbergen (1431 m), består av slike lag.



Konglomerat som ble avsatt i urtida (proterozoikum). Bergarten har gjennomgått kraftig deformasjon og de opprinnelige steinene som var runde er nå både strukket og foldet.

Foto: W. Dallmann.

Nordvest-Spitsbergen

Bergartene på Prins Karls Forland og Oscar II Land ligner mye på dem man finner sør for Isfjorden, med skifer, kalkstein, sandstein og tilitt som de vanligste. Tertiær deformasjon, med folding og forkastninger som resultat, har satt sitt preg på området langs vestkysten av Spitsbergen.

Nord og nordøst for Kongsfjorden består berggrunnen av gneis, migmatitt og granitt, ofte med inneslutninger av skifer, marmor

og kvartsitt. Øst for Magdalenefjorden ligger Hornemantoppgranitten som danner bratte stup og fjellsider. En radiometrisk aldersbestemmelse av granitten viser at den ble dannet for 411 millioner år siden.

Ved St. Jonsfjorden finnes blåskifer og eklogitt. Disse bergartene er dannet dypt nede i jordskorpå, på 60–80 kilometers dybde. Nå vi i dag finner disse bergartene på overflata, skyldes det jordas dynamiske prosesser som gjennom millioner av år med landheving og erosjon har brakt bergarter fra dypet og opp til jordas overflate.



De spisse fjellene i bakgrunnen består av omdannede karbonatbergarter som tilhører grunnfjellet, mens de skråstilte bergartene i forgrunnen består av yngre sandsteiner av devonsk alder, Hornsund, Sørkapp Land. Foto: W. Dallmann.



Foldete karbonatbergarter, Hornsund. Foto: W. Dallmann.

Ny-Friesland

Berggrunnen langs østsidan av Wijdefjorden består av skifere, amfibolitter, gneiser og granitter. Bergartene kan inndeles i fem såkalte skyvedekker som ligger stablet ovenpå hverandre. Hvert skyvedekke består av granittiske gneiser som er ca. 1750 millioner år gamle, med overliggende yngre skifere. Skyvedekkene er foldet i en stor fold, Atomfjellantiformen, som strekker seg ca. 150 km i nord-sør retning langs Ny-Friesland.

I østlige deler av Ny-Friesland og i nordvestlige deler av Nordaustlandet, i området mellom Lady Franklinfjorden og Hinlopenstretet, opptrer en tykk lagpakke som består av sedimentære bergarter fra siste del av prekambrium, kambrium og ordovicium. Lagpakken består av karbonatbergarter, sandstein, kvartsitt og leirskifer og er moderat foldet omkring nord-sørgående foldeakser.

Newtontoppen (1717 m), som er det høyeste fjellet på Svalbard, består av en grovkornet granitt. Datering av granitten viser at den trengte inn i omliggende bergarter for 432 millioner år siden.



Eklogitt er en fargerik og meget iøynefallende bergart. Eklogitten som opptrer ved St. Jonsfjorden ble dannet dypt nede i jordskorpa (60-80 km) for ca. 470 millioner år siden. Foto: S. Elvevold.



Granatglimmerskifer med amfibolittlag fra Ny-Friesland. Bergartene ble deformert og foldet under den kaledonske fjellkjededannelsen. Foto: S. Elvevold.

Nordautlandet

På Nordautlandet er berggrunnen blottet i de nordlige kystområdene og i et område mellom de to store iskappene Austfonna og Vestfonna. Øst for Lady Franklinfjorden består berggrunnen av granitt, øyegneis, migmatitt og vulkanske bergarter. På Botniahalvøya opptrer lava, vulkanske bruddstykkebergarter og gangbergarter som ble dannet for 950 millioner år siden. På øst- og sørsiden av Rijpfjorden opptrer den lett kjennelige Rijpfjordgranitten. Der granitten trengte inn ble sidebergartene varmet opp og omdannet.

Øst for Duvefjorden er hovedbergartene migmatitt, gneis og granitt. Et lite, men geologisk interessant område er Isispynten. Her finnes fire generasjoner av bergarter, eldst er en gneis som er gjennomvannet av amfibolitt, som igjen er kuttet av granitt- og doleritt ganger. De yngste bergartene er rosa granittiske ganger som ligner Rijpfjord-granitten.



Granittisk gang som har trengt inn i finkornet metamorf sandstein, Ny-Friesland. Foto: S. Elvevold.



Granatglimmerskifer, Ny-Friesland. Foto: S. Elvevold.



Foldete gneiser fra urtida, Ny-Friesland. Foto: W. Dallmann.

Sedimentlagene



Landskapet omkring Woodfjorden er preget av rødbrune fjell som består av sandsteiner avsatt i devontida. Når de røde sandsteinene eroderes og det finkornete materialet fraktes med elver ut i fjorden, farges vannet rødbrunt slik som innerst i Woodfjorden. Foto: W. Dallmann.

Etter den kaledonske fjellkjededannelsen startet erosjonen av fjellkjeden i devon. Store masser sand, grus og leire ble avsatt på elvesletter og på havbunnen. Senere, i perioden fra karbon til tertiær, fulgte nye perioder med erosjon og avsetning av sedimenter. I karbon og permisk tid ble det avsatt kalkstein og andre karbonatbergarter, og i mesozoikum og tertiær ble det avsatt sandstein og leirskiferlagrekket. På Spitsbergen danner lagene fra karbon til tertiær en stor trauførm struktur som strekker seg fra Isfjodområdet og sørover, med de yngste og øverste lagene i midten som en kjerne, og de eldre lagene i utkanten.

Devon



I Andrée Land på det nordlige Spitsbergen finnes store områder med mektige, røde og grønn-grå avsetninger fra devontida. Avsetningene, som også kalles Old Red Sandstone (de gamle røde sandsteiner), består av silt- og sandstein, samt konglomerat, i vekslingslag med mindre mengder leirstein og karbonatbergarter. Rødfargen skyldes et høyt innhold av jernoksyd (hematitt) og tyder på at lagene



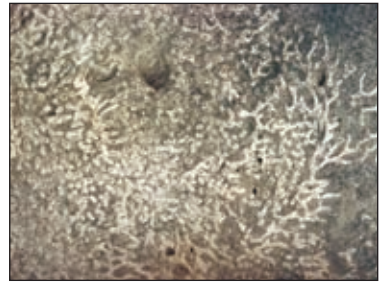
Fossile rester av panserfisk fra devonske sandsteiner. Disse fossilene har en karakteristisk blågrå farge. Foto: A. Freiwald.

ble avsatt i et tørt ørkenaktig klima. Lagene er avsatt i ferskvann eller brakkevann, i laguner, innsjøer og brede elveløp. Devonlagene, som ble dannet av erosjonsmateriale fra den kaledonske fjellkjeden, ble avsatt på den gamle overflaten fra silurtida.

Devon kalles for fiskenes tidsalder, og på Svalbard er det funnet godt bevarte fossiler av urfisk, som er de første kjente virveldyrene. De første landplantene oppsto i devon, og på Svalbard er det funnet fossiler av sporeplanter, som vokste på elvesletter og ved grunne innsjøer.



Det har vært drevet forsøksdrift på gipslag i Skansbukta i to perioder på 1900-tallet. Foto: D. Blomeier.



Korallkolonier er vanlige fossiler i karbonlagene. Foto: W. Dallmann.

Karbon og perm



De platåformede fjellene ved Tempelfjorden og Billefjorden og mange steder på det nordøstlige Spitsbergen består av avsetninger fra karbon- og permida. De underste karbonske sandsteinene inneholder stedvis lag av kull. De flatliggende avsetningene fra karbon og perm inneholder fossilrike kalk- og dolomittsteiner med hvite lag av gips og anhydritt. Gips- og anhydrittlagene ble dannet i et varmt og tørt klima ved at sulfatsalter ble felt ut ved inntørrking av saltvannslaguner.

Mot slutten av perm ble Svalbard og Barentshavet fastland i noen millioner år. Området var del av et sammenhengende kontinent som Nord-Europa, Grønland og Nord-Amerika også var deler av.



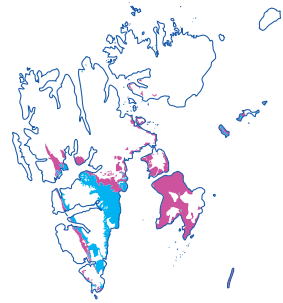
Fjellet Templet innerst i Isfjorden består av flatliggende avsetninger fra permida. Foto: W. Dallmann.



Den russiske kullgruva Pyramiden produserte kull fra karbonske sandsteiner. Kullgruva ble lagt ned i 1998. Foto: C. Brodersen.



Sedimentære bergarter av trias alder, Hornsund. Foto: W. Dallmann.



Triasiske avsetninger er vist i rødt, mens blå farge representerer områder med sedimenter avsatt i jura og kritt.

Trias, jura og kritt

Avsetninger fra jordas middeltid tyder på at klimaet stort sett var temperert og fuktig. Fortsatt var Svalbard-området dekket av hav, men landet hevet seg i perioder slik at sedimentasjonen vekslet mellom hav- og landavsetninger. Bergartene fra denne tida er mest skifere, siltsteiner og sandsteiner. De opptrer på Sentral- og Sør-Spitsbergen, og på de østlige øyene.

Det var et rikt dyre- og planteliv i jordas middeltid. Særlig var krypdyrene tallrike, og denne tida blir ofte kalt øglens tidsalder. Fiskeøglene levde i havet mens dinosaurer levde på land. Det finnes også fossiler av ammonitter, muslinger og planterester i avsetninger fra denne tidsepoken. Fra trias og jura finnes det kildebergarter for jordolje, såkalte svartskifere, men det er hittil ikke funnet lønnsomme forekomster av olje på Svalbard.

I kritt-tida ble de stabile forholdene på Svalbard avbrutt av en urolig periode med vulkansk aktivitet og dannelse av forkastninger. Smeltmasser trengte opp i sprekker og inn mellom bergartslag og størknet som ganger av doleritt. På Kong Karls Land fant det sted vulkanutbrudd og basaltlava rant ut. Mot slutten av mellomtida ble hele Svalbard fastland.



Doleritt ligger som et lokk over kalksteiner fra permtida. Doleritt er en hard bergart som beskytter de underliggende kalksteinene mot erosjon. Palanderbukta, Nordaustlandet. Foto: W. Dallmann.



Sandsteiner fra kritt og tertiær utgjør berggrunnen på begge sider av Adventfjorden. Lagpakke ligger nærmest horisontalt i dette området. Foto: S. Elvevold.

Tertiær



Jordskorpebevegelsene som startet i slutten av middeltida nådde et høydepunkt tidlig i tertiær, og en ny fjellkjede ble dannet langs vestsiden av Spitsbergen. Den var riktignok mye mindre enn den gamle kaledonske fjellkjeden. Bergarter fra alle tidsaldere gjennomgikk foldning og skyvning av store bergartsflak («skyvedekker»). Slike skyvedekker kan sees i mange fjellsider i Wedel Jarlsberg Land og Oscar II Land. Disse bevegelsene skyldtes at den grønlandske kontinentalplaten roterte inn mot Svalbard, mens Svalbard gled forbi den nordlige delen av Grønland. Dette skjedde samtidig med at Atlanterhavet og Polhavet ble til.

Øst for den nye fjellkjeden, fra Isfjordområdet og sørover, sank landet inn og dannet en stor nord-sørgående havarm. Her ble det avsatt sandsteiner og leirskifere, stedvis med plantefossiler. I dette området, som kalles Det tertiære sentralbasseng, finnes også de fleste av Svalbards kullforekomster. Kullegruvene drives i dag i Longyearbyen, Sveagruba og Barentsburg.

I midten av tertiær fant det sted en ny vulkansk aktiv fase i hele Nord-Atlanteren. Lavastrømmer finnes bevart i Andrée Land, hvor den harde basaltlavaen danner fjelltopper og fjellplataer.

Kvartær

Mot slutten av tertiær ble klimaet kaldere. Jorden var på vei inn i en ny istid hvor store deler av Nord-Amerika, Nord-Europa, Sør-Amerika og Antarktis var dekket av kilometerdykke ismasser i lange perioder. Svalbard var også dekket av en stor innlandsis. De varmere periodene mellom hver istid varte mellom 10 000 og 20 000 år og var karakterisert av et marginalt arktisk klima og vegetasjon omtrent som i dag. Geologer regner med at det har vært 20–30 istider med varmere mellomistider i løpet av de siste 2–3 millioner år.

På Svalbard finnes det rester etter flere istider. Imidlertid var iserosjonen på Svalbard under den siste istiden så kraftig at de fleste avsetningene og sporene etter eldre istider ble fjernet. Svalbard er fremdeles inne i en istid i og med at 60 % av øygruppas landområder er dekket av is.

Platetektonikk

Kontinentaldrift

Jordskorpa er ikke et sammenhengende skall som omgir jorda indre. Man kan tenke seg at jordskorpa er et ytre, stivt skall som er delt opp i syv større og en rekke mindre plater som beveger seg i forhold til hverandre. Platene, med kontinenter og havbunn, flyter på et plastisk, delvis oppsmeltet lag i øvre del av mantelen. Drivkraften bak platebevegelsene er langsomme konveksjonsstrømmer i det plastiske laget. Teorien som beskriver disse bevegelsene kalles platetektonikk.

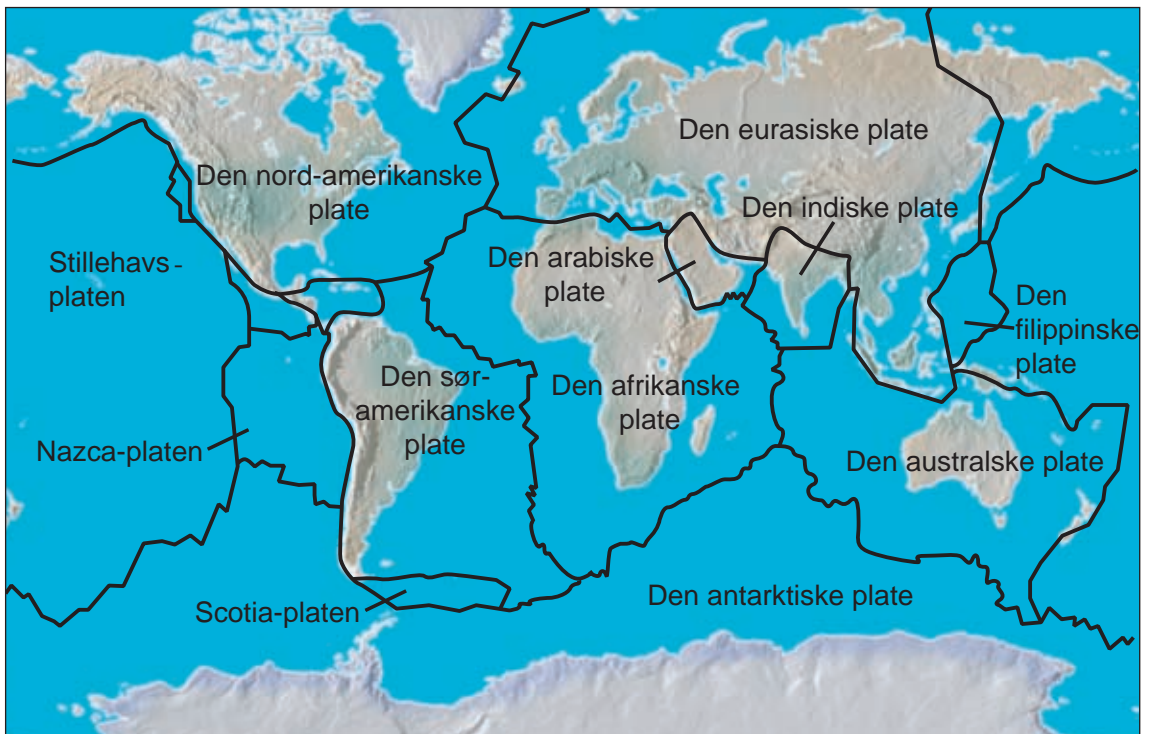
Den moderne platetektonikken begynte med teorien om kontinentaldrift, som ble lagt fram av den tyske meteorologen Alfred Wegener så tidlig som i 1915. På bakgrunn av Afrikas og Sør-Amerikas nær parallelle kystlinjer mente Wegener at disse konti-

nentene en gang hadde hengt sammen, og senere var blitt atskilt fra hverandre ved kontinentaldrift. Men Wegener hadde ikke noen tilfredsstillende forklaring på kreftene og dynamikken bak kontinentenes bevegelse. Hypotesen ble derfor forkastet og latterliggjort av samtidas geologer og geofysikere.

Fjellkjeder blir til og fjellkjeder går til grunne

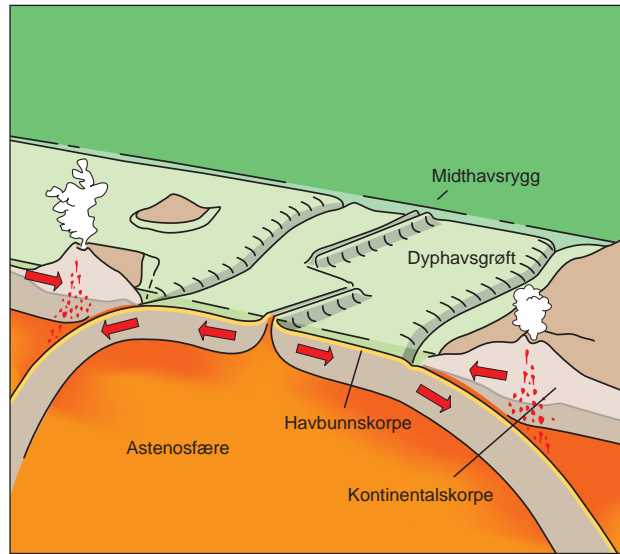
Først i 1960-årene fant man en god forklaring på Wegeners observasjoner, og løsningen ble funnet på havbunnen. Kartlegging av verdenshavene førte til at man oppdaget den midt-atlantiske ryggen og andre midthavsrygger. Man fant også ut at det ble dannet ny havbunnskorpe langs disse vulkanske midthavsryggene. Ryggene ligger over dype brudd (rifter) i jordskorpa.

Her stiger flytende materiale fra mantelen opp, størkner til faste bergarter og glir ut til siden. Denne prosessen kalles havbunns-spredning. Den midt-atlantiske ryggen er en undersjøisk fjellkjede som kan følges langs hele Atlanterhavet. I nordlige deler av Atlanterhavet ligger den eurasiske platen på den ene siden og den nordamerikanske platen på den andre siden av ryggen. Platene beveger seg fra hverandre med en hastighet på 3-5 cm hvert år. Langs midthavsryggen er det hyppige, men relativt svake jordskjelv. Det er også mye vulkansk aktivitet her.



Jordskorpa er delt inn i en rekke større og mindre plater. Langs plategrensene opptrer geologiske fenomener som jordskjelv og vulkanutbrudd. Figur: A. Igesund.

Det dannes hele tiden ny havbunnskorpe langs midthavsryggene. Siden jordas volum og overflateareal er konstant, betyr det at plater destrueres i andre områder. Det skjer på steder der plater beveger seg mot hverandre. Der en havbunnsplate kolliderer med en kontinentalplate tvinges havbunnsplaten ned under kontinentalplaten fordi havbunnskorpa består av bergarter som er tyngre enn kontinentenes bergarter. I slike områder forekommer det hyppige og kraftige jordskjelv. Havbunnskorpa som føres ned i dypet blir etter hvert bli så sterkt oppvarmet at den begynner å smelte. Vulkanisk aktivitet er derfor også typisk for slike områder. De nordlige plategrensene til Stillehavets platen er karakterisert av vulkanisme og jordskjelv. Disse plategrensene danner en halvsirkelen som kalles «ildringen». Andre kollisjonssoner opptrer hvor to plater med hvert sitt kontinent møtes. Her kan kraftige jordskjelv utløses. Bergartene i kollisjonssonen blir kraftig presset, foldet og omdannet. Det dannes mektige fjellkjeder, og et eksempel på en slik fjellkjede finnes i Himalaya hvor det indiske kontinentet kolliderer med Asia.



Jordas ytterste lag med spredningssoner og subduksjonssoner.
Figur: A. Igesund.

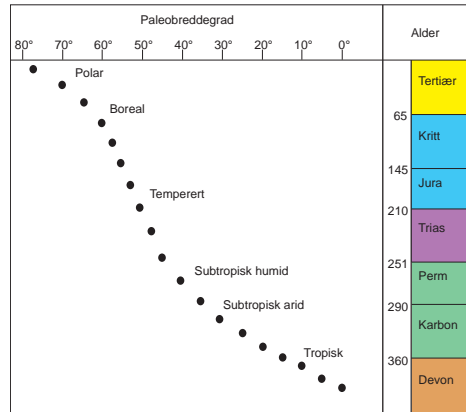


Folding og forkastninger av berggrunnen har resultert i et komplekst mønster, som vi kan se i denne fjellsiden ved Midterhuken. Foto: W. Dallmann.

Fjellkjededannelse på Svalbard

Svalbard ligger i det nordvestlige hjørnet av den eurasiske jordskorpeplaten. Like vest for øygruppen begynner dyphavet, og mellom Svalbard og Grønland ligger den nordatlantiske midthavsryggen.

I en lang periode (fra devon til kritt) var Svalbard del av det store Old Red-kontinentet som bestod av Nord-Amerika, Grønland og Eurasia. Det som i dag er Nordøst-Grønland lå bare et par hundre kilometer utenfor Svalbard. Et grunt hav dekket Svalbard og Nordøst-Grønland det meste av denne tiden. I overgangen mellom kritt og tertiær begynte den nordamerikanske og den eurasiske platen å bevege seg fra hverandre. Under den første rift-fasen, mens Svalbard og Barentshavet gled forbi Grønland, presset det grønlandske kontinentet mot Svalbard på grunn av tektoniske bevegelser i Labradorhavet. Dette gjorde at bergartene langs vestkysten av Spitsbergens



Den sedimentære lagrekka på Svalbard, som er fra tidsperioden devon til tertiær, viser at Svalbard gjennom tidene har ligget i alle klimasoner. I overgangen mellom devon og karbon (for ca. 360 millioner år siden) var forholdene tropiske. Sedimenter avsatt i overgangen mellom karbon og perm indikerer subtropisk ørkenklima, mens det må ha vært tempererte klimaforhold i jordas middeltid. Disse klimavariasjonene skyldes at Svalbard, som ligger i det nordvestlige hjørnet av den eurasiske plata, har beveget seg fra den sørlige hemisfære via ekvatoriale breddegrader og videre nordover til dagens posisjon i Arktis. Figur: S. Elvevold.



Foldete sedimentære bergarter i Hornsund. Lagene som er fra karbon, perm og trias, ble foldet under den tertiære deformasjonsfasen.

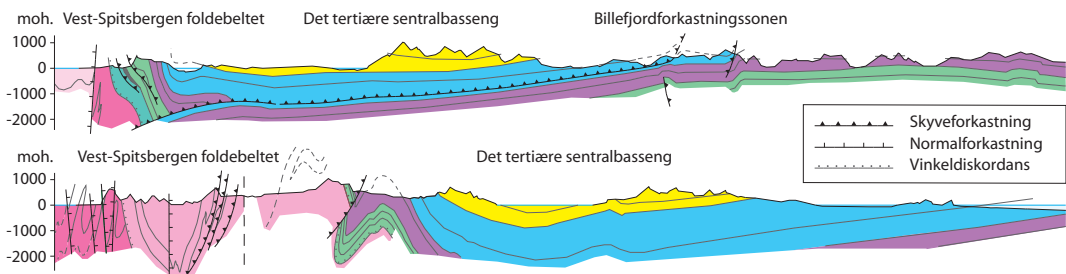
Foto: W. Dallmann.

ble foldet og skjøvet inn over hverandre og de spisse fjellene langs vestkysten ble dannet. Dette er det såkalte Tertiære folde-skyvebeltet som utgjør den yngste fjellkjeden på Svalbard.

En mye eldre fjellkjede er den kaledonske fjellkjeden som ble dannet for 470–400 millioner år siden. Denne fjellkjeden ble dannet ved en kollisjon mellom et nordamerikansk-grønlandsk kontinent (Laurentia) og et nordeuropeisk kontinent (Baltika). Under kollisjonen ble berggrunnen på begge kontinentene presset sammen og foldet, og svære flak av bergarter ble skjøvet oppå hverandre. Dette førte til at jordskorpen ble fortykket i kollisjonssonen. Noen bergarter ble presset ned i dypet hvor de ble omdannet under høyt trykk og temperatur. Resten av den kaledonske fjellkjeden finnes ikke bare på Svalbard, men også på Fastlands-Norge, i Skottland og på Øst-Grønland.



Foldete sedimentære bergarter i Midterhuken. Lagene som er fra karbon til trias alder, ble foldet under den tertiære fjellkjededannelsen. Foto: J.R. Eide.



Skjematiske geologiske vest-øst snitt: Det øverste profilet viser et geologisk snitt like sør for Isfjorden, og det nederste profilet viser et snitt fra området mellom Dunderbukta og Kvalvågen. Fargene tilsvarer stratigrafien i det geologiske kartet på side 34. Profilene viser at vestkysten av Spitsbergen består av grunnfjellsbergarter, samt avsetninger fra karbon, perm, trias, jura og kritt tid, som er foldet og skjøvet i flak oppå hverandre. I foldebeltet har bergartene steile helninger. Øst for foldebeltet ligger det tertiære sentralbassenget som består av en opptil 1900 m tykk lagrekke av sandteiner og skifere. Her ligger lagene horisontalt eller svakt hellende. Figur: W. Dallmann.

Fossiler



Avtrykk etter vakre fossile blad fra løvtrær er vanlig å finne i tertiære sandsteiner ved Isfjorden. I motsetning til planter fra eldre perioder, er mange av tertiærtidas planter svært like nåtidens. Foto: D. Blomeier.

På Svalbard finnes fossiler av planter som er 300-400 millioner år gamle. Dette er planter som er typiske for tropiske områder. Gjennom studier av fossiler har forskere delvis kunnet rekonstruere livets utvikling på jorda gjennom minst 3000 millioner år. Størstedelen av fossilene er fra kambrium og senere tidsperioder, dvs. yngre enn 542 millioner år.

Fossiler kan fortelle om forandringer i klima og livsmiljø. Fossiler kan også fortelle oss hvor gammel bergarten den finnes i. Vi vet for eksempel at dinosaurer levde på jorda i mellomtida, dvs. i periodene trias, jura og kritt. Hvis vi finner fossiler av en dinosaur i en bergart, må bergarten være fra den samme perioden. Andre fossiler er karakteristiske for andre perioder. Fossiler som bare finnes i en bestemt, relativt kort tidsperiode kalles ledefossiler.

På Svalbard og i sedimentene under Nord-sjøen, Norskehavet og Barentshavet finnes fossiler fra alle perioder fra kambrium til nåtid.

De eldste fossilene på Svalbard er stromatolitter. Stromatolitt består av karbonat utfelt av alger. Algekoloniene vokste på grunt vann.

Trilobitter (*Trilobita*) var tallrike i kambrium og ordovicium. Trilobitter er ledd-dyr som for det meste levde på havbunnen. Mange arter er gode ledefossiler. Andre fossiler funnet i bergarter fra kambrium og ordovicium er for eksempel graptolitter (*Graptoloidea*). Graptolitter er fossiler som også tilhører en utdødd dyreart. De danner en koloni av dyr som kan se ut som et sagblad.

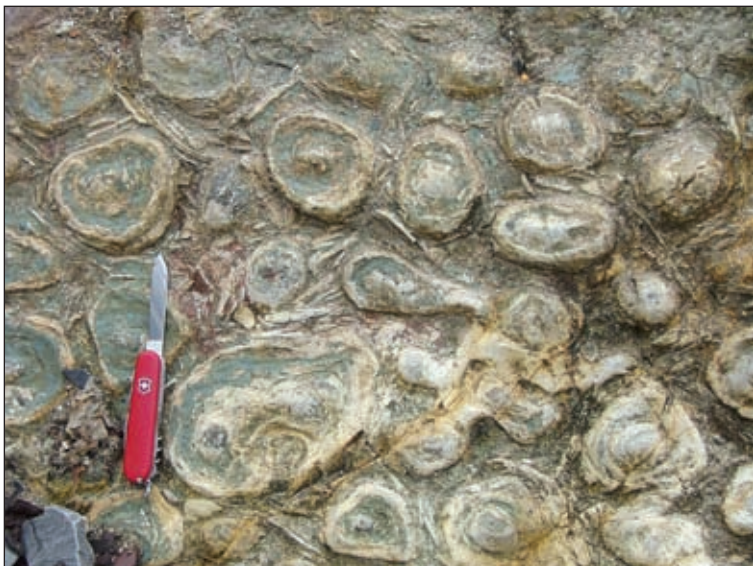
Devon kalles for fiskenes tidsalder, og på



Plantene utviklet seg for fullt i karbon og devon. Skoger bestående av høye karsporevekster (forfedrene til våre bregne-, kråkefot- og kjerringrokkvekster) dekket deler av Svalbard, som da var del av en den sammenhengende landmassen Europa og Nord-Amerika. Disse skogene ga opphav til noen av Svalbards kullforekomster. Typiske fossiler er stammene til segltreet (*Sigillaria*).

Armfootinger (*Brachiopoda*) er skalldyr som utad ligner skjell, men som vokste fast på havbunnet med en fot. Armfootinger har levd de siste 542 millioner år, men på Svalbard finnes spesielt fine fossileksemplarer i avsetninger fra karbon og perm. Fra øvre del av perm finnes det også mange godt bevarte fossile kiselsvamper (*Silicispongiae*) og mosdyr (*Bryozoa*).

Svalbard er det funnet fossiler av to overordnede grupper av urfisk. Mens de kjeveløse (*Agnatha*) døde ut i slutten av devon, er *Gnatostomata* direkte forfedre til virveldyrene. Gruppen inneholder brusfiskene som i dag representeres av haier, rokker og panserfisk. Den består også av benfisk som ga opphav til alle andre fiskegrupper og, via den såkalte kvastfinnete haien, til de første landvirveldyrene. Videre er det funnet fossiler av primitive karplanter i devonske avsetninger. Fiskebein og fisketenner finnes på Svalbard også i avsetninger fra andre tidsaldere, for eksempel trias.



Stromatolitter, som er de eldste fossilene på Svalbard, er funnet i dolomittstein fra urtida. Foto: W. Dallmann.

Fakta

Hva er fossiler?

Fossiler er rester, avtrykk eller spor etter tidligere liv, dyr eller planter, som er bevart i jord-, sand- eller steinlag. Fossiler omfatter både skalldele, skjelett, planterester, avtrykk og spor etter organismenes livsaktivitet som graveganger, fotavtrykk og ekskrementer. Planter er sjelden bevart i sin helhet, men avtrykk og kullhinner av deler av blad og stengler kan finnes.

Fakta

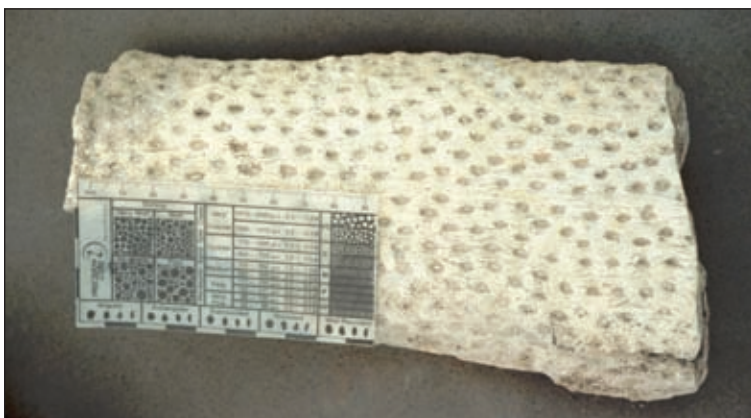
Middeltida er bløtdyrenes (*Mollusca*) tid. I jura og kritt var ammonittene (*Ammonoidea*) tallrike i verdenshavene, og de opptrådte i et så raskt skiftende mangfold at man kan bruke dem til en relativt nøyaktig tidsinndeling av avsetningsbergartene. Ammonitter tilhører blekksprutklassen og hadde snegleaktige, opprullede hus med karakteristiske utforminger som er bevart i fossil tilstand.

Middeltida var også dinosaurens tid. Disse øglene hadde til dels svære dimensjoner. De vandret for det meste omkring på landjorda, men fantes også i havet og i luften. På Svalbard er det funnet skjeletter av svaneøgler (*Plesiosaurus*) og fiskeøgler (*Ichtyosaurus*), samt fotavtrykk av andre arter. I 1960 ble det oppdaget en rekke store øglefotspor i Grønfjorden i Isfjordområdet. Fotsporene, som ble funnet på en bratt fjellvegg, viste at øglene som hadde gått her hadde en tretået fot. Fotsporene var ca. 75 cm lange og omtrent like brede. Sporene stammer fra en nær, men ukjent slektning av *Iguanodon*-dinosauren.

En siste fossilgruppe som må nevnes er muslingene (*Bivalvia* eller *Lamellibranchia*). Også disse forekommer gjennom hele den yngre geologiske historien. Spesiell vitenskapelig interesse har muslinger fra istida og perioden etter istida, fordi de kan brukes som klima-indikatorer.



Armfotinger (*Brachiopoda*)
Foto: B. Frantzen



Fossil trestamme av segltreet funnet i karbonske avsetninger ved Billefjorden.
Foto: D. Blomeier.



Fossile rester av en ca. 10 m lang fiskeøgle ble nylig funnet i triassiske sedimenter ved Isfjorden.
Foto: J. Ziegler.

Vulkaner og varme kilder



Halvdanpiggen er rester av et vulkansk tilførselsrør. De vulkanske bergartene er omgitt av røde, devonske sandsteiner. Foto: W. Dallmann.

Gjennom Svalbards geologiske historie har det vært flere perioder med vulkansk aktivitet. I det prekambriske grunnfjellet forekommer omvandlete lavastrømmer og andre vulkanske bergarter. Mellom Hornsund og Torellbreen (vestlige Spitsbergen) og på Botniahalvøya (Nordaustlandet) finnes deformerte rester av hele vulkansystemer. Man bør imidlertid ha geologenes trente øye for å gjenkjenne disse, fordi bergartene har gjennomgått omdanning, deformasjon og erosjon. På Svalbard finnes imidlertid yngre vulkanske bergarter som er lettere å gjenkjenne.

Mørke, massive dolerittganger

Når man ferdes gjennom Svalbards sedimentlagrekke, særlig i indre del av Isfjorden, rundt Storfjorden og Hinlopenstretet, ser man ofte mørke, massive bergartslag med rusten forvitningsfarge, som opptrer mellom sedimentene. De mørke lagene varierer fra noen få desimeter til flere titalls meter i tykkelse. De ligger for det meste parallelt med sedimentlagene, men stedvis kutter de oppover i lagrekken, og de kan også forgreine

seg. Noen steder kutter de loddrett gjennom sedimentlagrekken. Dette er doleritt, en vulkansk gangbergart. Forskjellen mellom basaltlava og doleritt er at lavastrømmer størkner på jordoverflaten, mens doleritt er magma som har trengt inn mellom lagene og størknet under overflata noen kilometer nede i skorpa.



De mørke horisontale lagene er gangbergarter, doleritt, som har trengt inn i horisontale lag av kalkstein, Lomfjorden. Foto: D. Blomeier.



Lavastrømmer (tertiær alder) ligger på devonske sedimentære bergarter, Woodfjorden. Foto: W. Dallmann.



Søyleoppsprekking i basalt, Kong Karls Land. Foto: G.B. Larssen.

På Kong Karls Land rant smelte ut på overflaten og størknet som mørk basaltlava. Lavaen ligger bevart øverst på fjelltoppene og ofte viser lavaen tydelig oppsprekking i sekskantede søyler. Basaltsøyler dannes ved polygonal oppsprekking under avkjølingen, noe som er typisk for basalt.

Bergartene beskrevet ovenfor ble dannet i jura-kritt i forbindelse med at Svalbard ble utsatt for strekningsbevegelser da riften som skapte det fremtidige Atlanterhavet ble til (se kapittel «Platetektonikk»).

Vulkanisme i André Land

På Nord-Spitsbergen, mellom Dicksonfjorden, Woodfjorden og Wijdefjorden, finnes store områder med rødbrune devonske sandsteiner. Mange av fjelltoppene i dette særpregede landskapet er dekket av lava som kan være opp til 400 m tykk. Overflatene til disse lavastrømmene utgjør et såkalt peneplan, en forhenværende landoverflate, som i dag heller svakt nordover. Lavastrømmene rant ut på denne landoverflaten for 10–25 millioner år siden og fylte alle daværende daler. Siden ble landet hevet, litt skråstilt, og nye daler ble dannet. Den harde basalten som ligger igjen på flere fjelltopper hindrer de underliggende sandsteinene i å slites ned. Opp til et tjuetalls lavastrømmer kan ligge oppå hverandre. Enkelte av disse viser søyleoppsprekking.

Vulkanruiner i Bockfjorden

Den siste perioden med vulkansk aktivitet fant sted under istidene, sannsynligvis i perioden mellom en million og 100 000 år. Den vulkanske aktiviteten utviklet seg i nord-vestre del av Spitsbergen, nærmere bestemt i området rundt Bockfjorden. Både denne og den tertiære aktiviteten henger sammen med en såkalt «hot spot», en oppsvulming av jordmantelen nord for Nordvest-Spitsbergen.

Rester av de kvartære vulkanene finnes bevart, og den lettest tilgjengelige vulkanen er Sverrefjellet (506 m) like vest for Bockfjorden. Kjegleformen kan fortsatt minne om en vulkan, selv om den er sterkt nedslitt av istidas breer. Både lava, vulkansk aske og deler av tilførselsrørene kan sees. I nærheten av Sverrefjellet finnes det flere termalkilder som har temperaturer opp til 24 °C. Trollkjeldene sør for Bockfjorden viser dessuten godt utviklede sinterterrasser av kalkstein.

Halvdanpiggen, som ligger mellom Bockfjorden og Woodfjorden, er en rest av et vulkansk tilførselsrør.



Sverrefjellet i Bockfjorden består av rester av en vulkan som ble dannet i kvartær.
Foto: W. Dallmann.



Varme kilder, Trollkjeldene.
Foto: S. Elvevold.



Sinterterrassene ved Trollkjeldene består av kalk som er avsatt fra de varme kildene.
Foto: W. Dallmann.

Istida

Svalbards landskap slik vi ser det i dag er stort sett formet i kvartærtida. Dette er den yngste av de geologiske tidsepokene, og er den vi ennå er inne i. Svalbard og bunnen av Barentshavet lå i begynnelsen av kvartær flere hundre meter høyere enn nå, og det var et tørt landområde fra Svalbard til Norge og Nord-Russland. Under hele kvartærtida har Svalbard ligget i polarområdet. Dette området har flere ganger vært utsatt for nedising. Løse avsetninger som ble dannet under og etter siste istid utgjør morener, elveavsetninger, strandavsetninger, urer, ras og blokkmark.

Landhevning

Hele Svalbard, kanskje med unntak av en del fjelltopper, var dekket av en stor innlandsis minst én gang i kvartær. Det tykkeste isdekket lå i østlig del av Svalbard. På samme måte som Skandinavia ble landet trykket ned av isen, og trykket var størst der isen var tykkest. Da klimaet ble mildere og isen begynte å smelte, steg landet igjen. På Kong Karls Land, for eksempel, har landet hatt en relativ heving på ca. 130 m i løpet av de siste 10 000 år. Da landet steg ble det dannet rekker av hevete strandlinjer langs kysten. Strandlinjer dannes når havet står i samme posisjon og utformer en kyst over tid. De to vanligste elementene som dannes i tidevannssonen er strandterrasser og strandvoller. Enkelte strandterrasser på Svalbard inneholder skjell, for eksempel blåskjell, som krever varmere vann enn det er i disse områdene i dag. Sammen med undersøkelser av pollen funnet i innsjøavsetninger og torv, viser dette at klimaet i perioder etter siste istid var mildere enn i dag.

Flybilde fra Gipsvika, Sassenfjorden, som viser hevete strandlinjer. Fargene på bildet er manipulert slik at vegetasjonsdekkede områder framtrer som oransje.

Permafrost

Landområdene som ikke er dekket av breer har kontinuerlig permafrost. Tykkelsen på permafrosten varierer fra nærmest 0 nær kysten og til 500 m i høyere fjellpartier. De fleste steder tiner bare de øverste 1-1,5 m om sommeren. Permafrosten har stor innvirkning på prosessene i overflata. Særlig fordi vann ikke kan trenge ned i bakken, men i stedet samler seg i det tynne laget nær overflata som tiner i løpet av sommeren.



Kronebreen. Foto: O. Brandt.



Isbreer

60 % av Svalbards landområder er dekket av breer. Store breområder finnes særlig i de nordøstre delene, hvor iskapen Austfonna på Nordaustlandet er den største. I vest finnes store, nesten isfrie områder. Dette er på grunn av at det varme vannet fra Golfstrømmens siste utløper og milde luftstrømmer fra sør treffer landet.

I løpet av de siste tiårene har breene på Svalbard stort sett gått tilbake. Breene her har et spesielt bevegelsesmønster, der breens bevegelse plutselig kan øke med opptil hundre ganger normal hastighet. Dette fører til at brefronten kan rykke fram flere kilometer i løpet av 1-3 år. Denne typen framrykk kalles for en *surge* (fra engelsk), og det er dokumentert at mange av breene på Svalbard har hatt slike framrykk.



Foto: D. Blomeier.



På Svalbard er ikke istida over. 60 % av landet er fortsatt nediset. Brepollen i indre del av Hornsund er omgitt av flere vide brefronter som kalver i sjøen. Foto: W. Dallmann.

Landformer



Foto: S. Elvevold.

Svalbard byr på mange vakre fjell og spektakulære landskaper. Vest- og nordvestkysten av Spitsbergen domineres av alpine landformer med bratte, spisse topper. I de sentrale delene av Spitsbergen er fjellene vanligvis platåformede. De store landformene er i hovedsak styrt av berggrunnens sammensetning og strukturelle oppbygning. Alpine landskap dannes der berggrunnen består av resistente (harde) grunnfjellsbergarter som gneiser og granitter. I områder hvor berggrunnen består av relativt flattliggende (horisontale) sedimentære bergarter dannes platåfjell. Platåene består ofte av lag med relativt harde bergarter. Et eksempel på platåfjell er Templet ved Isfjorden.

Pyramideformede fjell som Tre Kroner øst for Ny-Ålesund dannes når erosjonen har kommet lengre. Løse bergarter gir slake urer, mens bratte fjellsider og stup dannes i harde bergarter. Platåfjellene er ofte skilt fra hverandre av brede dalfører som er karakterisert av en vid og flat dalbunn som er formet av en isbre. Mindre daler har tydelig V-format tverr-profil, noe som indikerer at dalene er formet av rennende vann.

Landformer knyttet til isbreer

Breene har vært svært aktive ved formingen av landoverflaten på Svalbard. Overalt kan man se spor etter isens arbeid. Flytt-blokker er stein som isen har transportert med seg, enten oppå, under eller inni selve isen. Når breen smelter blir steinene liggende igjen i landskapet. Der fjellet har vært motstandsdyktig kan man finne bevarte skuringsstriper etter isen. Materiale som blir tatt opp, transportert og avsatt av en isbre kalles morene. Det finnes ulike typer morener, for eksempel endomorene, sidemorene, randmorene, push-morene og midtmorene. Løsmasser som leire, sand og grus kan avsettes av breelver enten under, i eller oppå breen. Sandurflate (fra islandsk) består av breelvmateriale avsatt på en slette foran breen. Der breelver munner ut i vann eller sjø avsettes sedimenter i deltaer.



Tre Kroner sett fra Ny-Ålesund. De slake fjellsidene er dannet i rød sandstein av devonsk alder, mens de lyse toppene med bratte fjellsider består av kalkstein avsatt i karbon. Foto: W. Dallmann.



Midtmorene dannes når to eller flere breer møtes og renner sammen. Foto: W. Dallmann.



Morenelandskap, Motalafjella. Foto: S. Elvevold

Landformer knyttet til permafrost og frostprosesser

Pingoer er kjegleformede hauger av mineraljord med en kjerne av is. Disse haugene kan være opptil 40 m høye. På Svalbard er det registrert ca. 80 pingoer. Mange av disse finnes i de store dalene i sentrale Spitsbergen (Adventdalen, Reindalen, Kjellströmdalen).

Ulike former for strukturmark (ringer, polygoner og striper) er mønster på overflaten av jord, sand og grus i form av mer eller mindre sammenhengende rader eller ruter av stein eller isfylte sprekker. Ofte er rutene uregelmessig ringformede, andre ganger sees tydelige sekskanter (polygonmark). Strukturmark finnes i nesten alle de isfrie områdene på Svalbard.

Fjellene på Svalbard er sterkt frostsprengt og de har ofte store ras-urer, såkalte taluskjegler. Der de løssprengte steinene ikke raser, i slake skråninger og på fjellplatåer, blir det dannet blokkhav. Harde bergarter danner store, skarpkantede blokker, mens for eksempel bløte skifere smuldrer opp og danner mineraljord.



Pingo i Reindalen. Foto: W. Dallmann.



Flyttblokker er steiner som er flyttet av isen fra sin opprinnelige plass i berggrunnen. Foto: W. Dallmann.



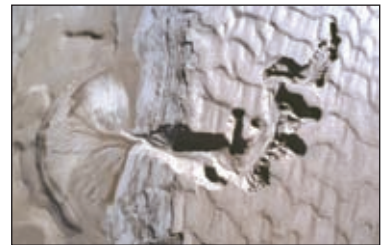
Strukturmark som består av steinringer. Foto: O. Salvigsen.



Strandlinjer i Tempelfjorden. Foto: D. Blomeier.



Morene avsatt i fronten av en bre. Foto: W. Dallmann.



Småskala sedimentære prosesser kan gi opphav til strukturer som ligner store landskapsformer. På dette utsnittet, som er ca. 25 cm i bredden, har erosjon dannet en liten canyon (til høyre i bildet) og erosjonsmaterialet er avsatt i et delta (til venstre i bildet). Foto: D. Blomeier.

Kull



Taubane for transport av kull i Longyearbyen. Arkivfoto: Norsk Polarinstittutt.

I 1899 kom ishavsskipper Søren Zachariasen hjem til fastlandet med 60 m³ gode kull fra områdene ved Isfjorden. Man ble klar over at det fantes store kullforekomster på Svalbard, og omkring år 1900 våknet for alvor interessen for Svalbards kull og mineraler. Longyearbyen har hatt mange gruver i drift siden 1906. Først under amerikansk eierskap, men siden 1916 drevet av Store Norske Spitsbergen Kulkompani A/S.



Sveagrauva ligger innerst i Van Mijenfjorden. Foto: S. Gerland.

Kull fra bregneskoger

Ved overgangen fra devon til karbon, for ca. 360 millioner år siden, lå den delen av jordskorpen som senere ble Svalbard og Barentshavet i den tropiske sonen nord for ekvator. I begynnelsen av karbon sank deler av landet og ble etter hvert oversvømmet av hav.

De nye havområdene var nokså grunne. Det oppstod utstrakte tidevannssletter og elve-sletter med meanderende og forgrenede elveløp. Etter hvert grodde det fram en frodig skogsvegetasjon i dette slettelandet. Men plantene var av en helt annen type enn de vi har i våre skoger i dag. I karbon fantes karsporeplanter, som er forfedrene til nåtidens bregne-, kråkefot- og kjerringrokkvekster. De kunne nå høyder på flere titalls meter.

Disse skogene ble oversvømmet med ujevne mellomrom, lik nåtidens mangrovesumper, og store skogsarealer druknet. Råtne organisk materiale fra døde skoger ble begravd under store mengder leire og sand, og ble på denne måten til kullfløtsene.

Økonomisk drivverdig kull fra karbon forekommer rundt nordlige deler av Billefjorden. Allerede tidlig på 1900-tallet ble kullet der forsøkt utvunnet av den skotske Edinburgh-ekspedisjonen, bl.a. ved Brucebyen. Bare den russiske gruva ved Pyramiden har imidlertid hatt suksess over lang tid, selv om gruva ligger i en strukturelt meget vanskelig posisjon. Gruva, som ble nedlagt i 1998, produserte ca. 9 millioner tonn kull etter annen verdenskrig.



Moderne kulldrift i Sveagruva.
Foto: A. Taurisano.

Kull fra løvskoger

I begynnelsen av tertiær, for 65 millioner år siden, var forholdene nokså forskjellige fra i karbon. Svalbard lå på omtrent 60 grader nord, men klimaet på jorda var generelt varmere. Løvtrær dominerte skogene, ikke ulik skogene som finnes i Mellom-Europa i dag.

Som beskrevet i kapittelet om sedimentlagene oppstod Det tertiære sentralbasseng tidlig i tertiær. Dette var som et lavtliggende sletteland med skogsvegetasjon, myrer og elver som med ujevne mellomrom ble oversvømmet av havet. Råtne organisk materiale fra det druknede vegetasjonsdekket ble begravd under store mengder løsmasse som kom med elvene fra høylandet i nord og øst. Dette ble kullfløtsene som drives eller ble drevet i Longyearbyen, Grumantbyen, Barentsburg, Sveagruva og Ny-Ålesund.

Pr. i dag (2007) er det kulldrift bare i Barentsburg (russisk), Longyearbyen og Sveagruva (norsk). Barentsburg, som ble grunnlagt i 1932, har produsert opp til 250 000 tonn pr. år, men lønnsomheten har sunket den siste tida. Longyearbyen har hatt mange gruver i drift i forskjellige perioder siden 1906. Den samlede produksjonen fra gruvene i området har vært ca. 22 millioner tonn. Bare en gruve 7 er i drift i 2007. Gruvene går parallelt med fløtsene, som heller med 1-2 grader inn i fjellet. Gruva Svea Nord ligger i Sentralfeltet, den største kullforekomsten som er kjent på Svalbard. Store Norske har beregnet at 32 millioner tonn er drivverdig i Svea Nord, mens hele Sentralfeltet er anslått å inneholde 72,5 millioner tonn kull. Kullaget i Sentralfeltet er mellom tre og fem og en halv meter høyt, noe som gjør det mulig å drive svært effektiv kullproduksjon.

Fakta om kull

Kull er en brennbar, organisk bergart som oppstår ved omvandling av organisk materiale i avsetningsbergarter. Det finnes brunkull, steinkull og antrasitt. For at man kan kalle det kull, må det inneholde minst 55 vektprosent karbon. Steinkull som forekommer på Svalbard har 75-90% karbon.

Naturlig kull forekommer som linser, lommer eller lag i avsetningsbergarter. Lagene – også kalt kullfløtser – kan være opp til flere meter

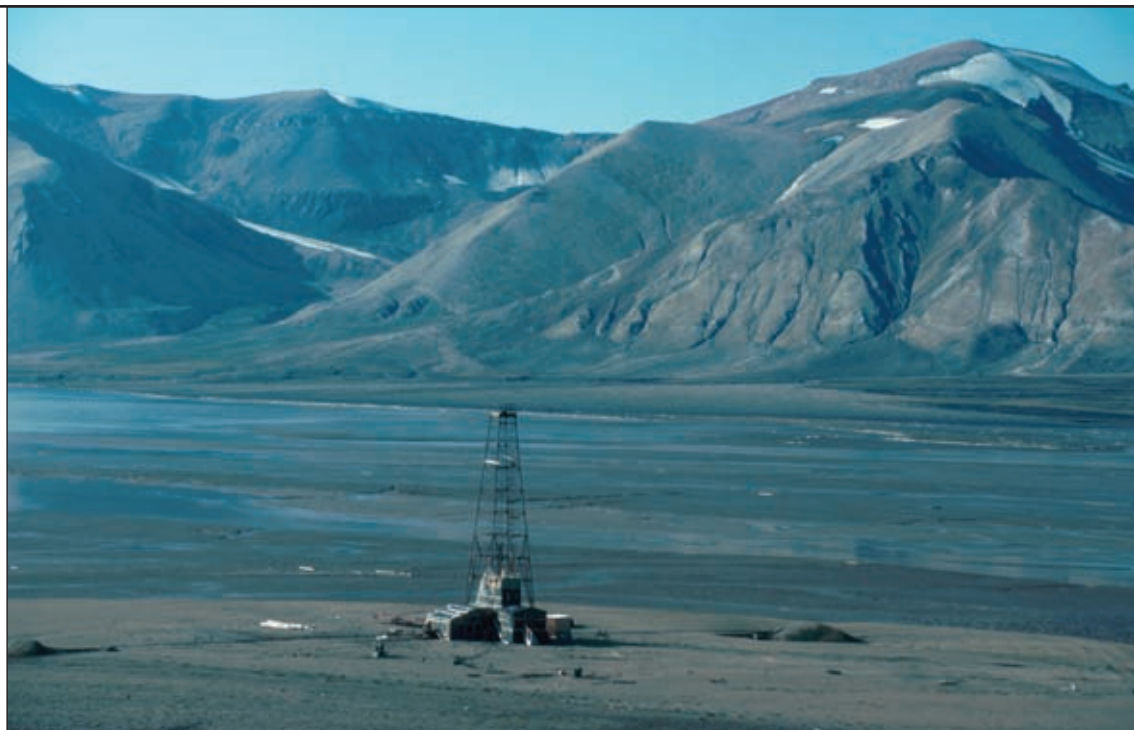
tykke. For at kullfløtser skal være drivverdige, må de ha en utstrekning, tykkelse og beliggenhet som gjør bergverksdriften lønnsom i forhold til infrastruktur og kullpris.

Utgangspunktet for dannelse av naturlig kull er torv og annet delvis omdannet plantemateriale. Forkullingen skjer i løpet av millioner av år under vekten av overliggende masser, kombinert med fravær av oksygen og svak oppvarming.



Nedlagte gruver ved Longyearbyen. Foto: D. Blomeier.

Olje og gass



Russisk borerigg i Billefjorden. Under boring etter kull i 1991 fant det sted en ukontrollert gassutblåsning der det også kom ut noe olje. Foto: W. Dallmann.

Olje og gass dannes av organisk materiale som igjen stammer fra døde mikroorganismer. Leirstein og -skifere kan ha et høyt innhold av organisk materiale. Den viktigste kildebergarten på norsk kontinentalsokkel er skifere som ble avsatt i jura. Sedimentære bergarter på Svalbard fra tidsperiodene karbon, trias, jura og tertiær er rike på organisk materiale og er dermed potensielle kildebergarter for hydrokarboner. Den mangfoldige strukturelle oppbygningen av Svalbards berggrunn har dessuten dannet et stort antall mulige oljefeller. Likevel er det hittil ikke funnet noen olje- eller gassforekomster av økonomisk verdi.

Olje- og gassletting på Svalbard begynte på begynnelsen av 1960-tallet. Norsk Polar Navigasjon AS satte i gang med det første borehullet ved Grønfjorden hvor de boret ned til 972 m. Deretter boret de også i Berzeliusdalen ved Van Mijenfjorden. Mange selskap har siden vært aktive, bl.a. Caltex-gruppen, Finagruppen, Nordisk Polarinvest, det russiske gruveselskapet Trust Arktikugol, Store Norske Spitsbergen Kulkompani og

Norsk Hydro. I alt 16 hull er boret, de fleste i Nordenskiöld Land (sentrale Spitsbergen), men også ved Forlandssundet, nær Sørkapp, på Edgeøya og på Hopen. Mange seismiske undersøkelser er blitt foretatt, både langs fjordene og på breer. Det dypeste borehullet, ved Ishøgda i Van Mijenfjorden, nådde 3304 meters dyp. Den foreløpig siste boringen fant sted på Kapp Laila ved Colesbukta i 1994.

Resultatene etter boringene har gjentatte ganger vist at de potensielle kildebergartene har hatt for høy organisk modningsgrad og at reservoarbergartene har hatt for lav porøsitet. Bevegelig olje er begrenset til relativt ubetydelige sprekkesystemer.

Under boring etter kull i Petuniabukta, Billefjorden, traff Trust Arktikugol i 1991 på et oljeførende lag på ca. 630 meters dyp. Det fant sted ukontrollerte utblåsninger av gass og olje fra to borehull. Planer om å starte opp systematisk oljeletting i området er til nå ikke realisert.

Geologi og miljøvern

Miljøvernet står sterkt på Svalbard. Allerede i 1973 ble det etablert et nettverk av nasjonalparker, naturreservater og fuglereservater som omfatter store deler av områdene utenom Sentral-Spitsbergen. Flere verneområder ble opprettet i perioden 2002-2005, og i dag er ca. 65 % av Svalbards landareal vernet. Likevel er skånsom, umotorisert ferdsel og friluftsliv tillatt de aller fleste steder – med unntak av Kong Karls Land der det er ferdselsforbud hele året på grunn av de enestående hiområdene for isbjørn. I deler av året er det også ferdselsforbud i fuglereservatene og på Moffen.

Festningen geotopvernområde, på sørsiden av ytre del av Isfjorden, ble etablert i 2003. Formålet med fredningen er å bevare et område med verdifulle geologiske forekomster av spesiell vitenskapelig interesse. Geotopvernområdet består av et godt undersøkt og komplett geologisk referanseprofil – Festningsprofilen – et permafrostområde med spesielle formasjoner og forekomster av fossile øglespor. Mange av de øvrige verneområdene inneholder også verdifulle geologiske lokaliteter.

I 2002 trådte Svalbardmiljøloven i kraft. Loven innskrenker all slags større inngrep i landskapet på hele Svalbard. Det er imidlertid lov å plukke med seg stein og mineraler, enten som suvenirer eller prøver for undersøkelser. Fossiler er ikke tillatt å plukke innenfor verneområdene fra 1973 og heller ikke i Hopen og Bjørnøya naturreservater. Man bør gi beskjed til Sysselmannen eller Norsk Polarinstittutt dersom man har funnet noe av spesiell vitenskapelig verdi.

Noen viktige bestemmelser

All ferdsel på Svalbard skal foregå på en måte som ikke skader, forsopler eller på annen måte forringer naturmiljøet eller kulturminner, eller fører til unødig forstyrrelse av mennesker eller dyreliv.

Individuelle reisende som ikke er fastboende og som ønsker å ferdes på egen hånd på Svalbard, må være oppmerksom på at det er meldeplikt for all ferdsel utenfor Forvaltningsområde 10 (området fra og med Van Mijenfjorden til og med Isfjorden på Sentral-Spitsbergen). For turer på land utenfor 20 km radius av Ny-Ålesund og båtturer utenfor Kongsfjorden er det også meldeplikt for tilreisende turister og andre.

Enhver plikter å holde seg informert om de til enhver tid gjeldende bestemmelser for det området man har tenkt å besøke. Dette gjelder også bestemmelser for jakt og fiske. Planlegges besøk i verneområder må en på forhånd sette seg inn i vernebestemmelsene.

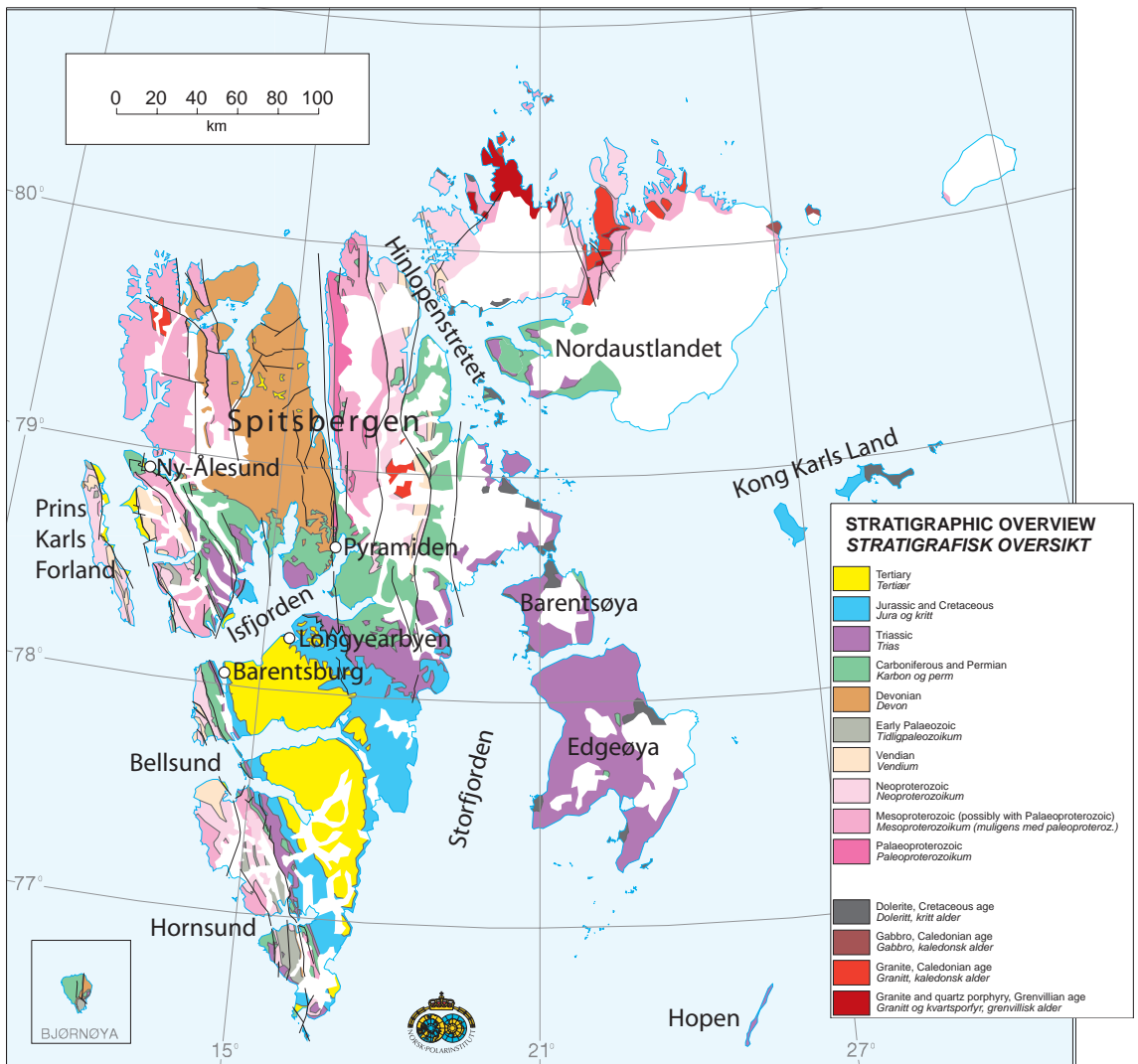
All motorisert ferdsel på land, med unntak av snøskuterkjøring (som reguleres av motorferdselsforskriften), trenger spesiell tillatelse. Det samme gjelder landing med helikopter utenfor godkjent landingsplass. Slike tillatelser gis primært i forbindelse med forskning. Vær oppmerksom på at det er forskjeller på fastboendes og tilreisendes muligheter for ferdsel på snøskuter.

Den som ferdes utenfor tettstedene på Svalbard, pliktes å ha med våpen som er egnet til forsvar mot isbjørn. Oppsøk ikke og forfølg aldri isbjørn! Isbjørnen er totalfredet og kan bare skytes i nødverge når avlving er eneste utvei. Informasjonsmateriale om isbjørn og sikkerhet kan fås hos Sysselmannen på Svalbard eller Norsk Polarinstittutt.

Alle etterlatenskaper etter menneskelig virksomhet fra 1945 eller tidligere er automatisk fredete kulturminner. Dette gjelder både faste og løse gjenstander. Nyere installasjoner kan også være fredet ved særskilt vedtak. Man har ikke lov å slå leir eller deponere utstyr nærmere enn 100 m fra et fredet fast kulturminne. Planlegges telting eller leiropphold i en uke eller mer på samme sted er det generelt et krav at dette skal meldes til Sysselmannen på forhånd.



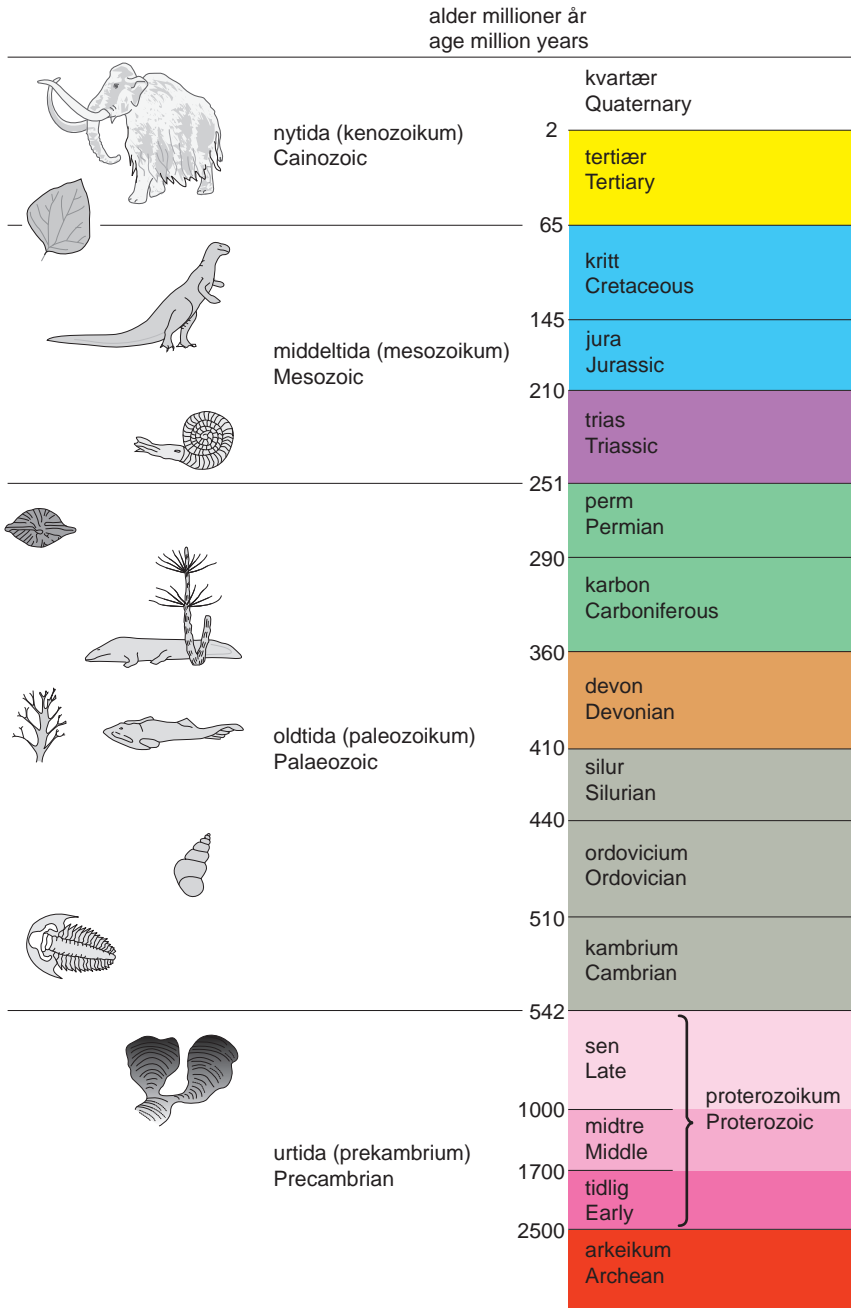
Foto: D. Blomeier.



Tidsskalaen – geologiens skelett

Den geologiske tidsskalaen er delt inn i en rekke tidsperioder. Inndelingen er basert på de store endringene i livets utvikling på jorda. Alle geologer bruker tidsskalaen i sin geologiske dagligtale. Tidsskalaen fungerer som knagger å henge geologien på. Den eldste geologiske tidsepoken kalles prekambrium eller urtida, og omfatter tidsrommet eldre enn 542 millioner år. Perioden mellom 542 og 251 millioner år siden kalles paleozoikum eller oldtida. Senere fulgte middeltida, også kalt mesozoikum, og den varte fram til 65 millioner år siden. Jordas nytid (kenozoikum) er perioden fra 65 millioner år siden og fram til i dag. De siste to millioner år i jordas historie kalles kvartær.

GEOLOGISK TIDSSKALA • GEOLOGICAL TIME SCALE



Fascinerende geologi

I over hundre år har Svalbard fascinert mennesker. Mange som har besøkt Svalbard er blitt fengslet av øygruppas kalde villmark og vakre fjellformasjoner. Svalbards varierte geologi gir opphav til vidt forskjellige landskap. For eksempel er Hornsund omkranset av spisse, taggete kalksteinsegger, østsiden av Sør-Spitsbergen er kjennetegnet av platåformete nunataker, mens landskapet i Woodfjorden er preget av særegne, rødlige farger. Ingen andre steder i Nord-Europa finnes et slikt mangfold av geologiske formasjoner, og ingen andre steder er så mange geologiske tidsepoker bevart i stein. I tillegg er fjellet for det meste nakent, uten jordsmonn og vegetasjon, og berggrunnen kan derfor observeres sammenhengende over store områder. Alt dette gjør at Svalbard er et unikt sted for å studere geologiske prosesser – eller for å bli bergtatt av den mektige naturen.