

Månens alder og geologi

Av Svein Imsland

Det meste av det vi vet om Månens geologi, stammer fra Apollo-ferdene i tidsrommet 1969-72. Det ble gjennomført i alt seks bemannede månelandinger på forskjellige steder og landskapstyper på Månens "jordside". Apollo 15, 16 og 17 blir betegnet som de mest vellykkete sett fra et geologisk synspunkt, og kanskje spesielt Apollo 17 hvor geologen dr. Harrison H. Schmitt var med.

På de seks ferdene ble det i alt returnert noe sånt som 400 kg steinmateriale. Fremdeles, 18 år etter at siste måneferd ble avsluttet, finnes det stadig store mengde nytt forskningsmateriale i måneprøvene. Innholdet er blitt analysert ned til konsentrasjoner på en milliondels prosent for å avsløre alle forekommende grunnstoffer.

Månens overflate

Måneoverflaten domineres av to slags landskapsformer: De mørke lavaslette-
ne med forholdsvis få krater, av historiske grunner kalt "hav" eller maria (mare i entall), og de lysere tett kraterdekkete høylandsområdene. Mare-basengene forekommer stort sett bare på Månens "jordside", mens baksiden stort sett består av kraterdekte kuperte høylandsområder. Overflaten er primært blitt formet av nedslagskrater og vulkansk aktivitet, sammen med erosjonsprosesser i begrenset omfang. Når erosjonen på Månen er liten sammenlignet med Jorden, så skyldes det de vakuumlignende tilstandene som råder sammen med det faktum at Månen ikke inneholder vann. Når det allikevel er en viss erosjon, så skyldes det bl.a. at de store temperaturforskjellene mellom den 14 dager lange månedagen og den like lange natten, er hele 250°C. Dette påfører bergartene store påkjenninger. Når vi også vet at bergartene på Månen er lettere og mer porøse enn tilsvarende bergarter her på Jorden, så er de også av den grunn mer påvirkelig

for påkjenninger. Grunnen til at bergartene er så lette, skyldes at bergartsmelten har størknet under liten påvirkning fra tyngdekraften. (Månen har bare 1/6 av Jordens gravitasjon). Måneoverflaten blir også nærmest "sandblåst" av millioner av mikrometeoritter av sandkorns størrelse, som fremdeles bombarderer overflaten.

De største sirkulære "hav", utgjør enorme bassenger på over 1000 km i diameter. Senere er mindre krater dannet, og dette vet vi fordi det ofte er små krater oppi større. Den eldste måneskorpen (4,6-4,0 milliarder år gammel), ble utsatt for et intenst bombardement av store meteoritter med opptil asteroidestørrelse (flere hundre km i diameter). Kjempekraterne ble så for 3,8-3,2 milliarder år siden fylt med basaltisk lava, som nå danner undergrunnen til de jevne og mørke slettene (maria). De eldste av disse er uregelmessige (Mare Frigoris og Mare Procellarium) og de yngste er nesten sirkelrunde og omgitt av fjellkjeder (Mare Crisium og Mare Imbrium). Også landskapstrekk som riller, domer

og enkelte eksplosjonskratre anses nå for å være av vulkansk opprinnelse.

Nesten overalt er overflaten dekket av pulveriserte steinfragmenter og fragmentert meteorittisk materiale, et resultat av bombardement over meget lang tid. Disse overflatefragmentene varierer i beskaffenhet, utseende og størrelse fra sted til sted, avhengig av den lokale bergartstype og nedslagsaktivitet. Laget kan være flere kilometer tykt over gammelt høylandsområde, mens det oppå yngre lavastrømmer i mare-områdene for det meste er under 50 m tykt. Det løst pakke øvre laget med overflatefragmenter danner den såkalte Måne-regolitten og er sjelden mer enn 20 m tykt. Regolitten består hovedsakelig av forskjellige typer vulkanske bergarter, fragmenter av breksje, mineralkorn og partikler av glass. Mesteparten av dette materialet er et finkornet, svakt sammenhengende og jordaktig pulver. Partikkelstørrelsen er sjelden over 1 millimeter, men regolitten inneholder også store steinblokker, mindre stein og steinfragmenter av varierende størrelse, kantete og runde. Lokale overflateaggregater av blokker opptil 15 meter i diameter er ikke uvanlig. Overalt er regolittoverflaten gjennomboret av et utall små nedslagskrater.

Vulkanisme

Vulkanisme er et uttrykk for vulkansk eller magmatisk aktivitet i dypet. Smeltet stein eller magma dannet i de ytre deler av Månen må ha blitt avkjølt og krystallisert og derved dannet hovedtypene av de vulkanske bergartene i de krystallinske lagene – noen ved enkel gravitasjonell separasjon av smeltetmasse, noen som intrusive gangbergarter litt lengre nede, og andre i overflate-utflyting eller vulkanisme. At mange overflatetrekk skyldes vulkansk

aktivitet, ser vi på Sinus-rillenes lava-kanaler, pressede folder og høydedrag, topper, eksplosjonsutløste krater og lavaen som har flytt og fylt opp de store mare-bassengene. Skrå solstråler i noen av mare-overflatene åpenbarer hva som synes å ha vært den individuelle lavastrøm. Bunnen i slike krater, som Copernicus og Tycho, viser høyder og brede varierte mønstre som avtenger strømminger og innsynkninger, sprekker i engang smeltet stein og små isolerte tjern-lignende flate områder som må representere gamle lavasjøer. Imidlertid kan mange av disse kraterformasjonene også forklares ved lokal produksjon og bevegelser i smeltetmasser.

Månens alder

Aldersbestemmelse av månestein viser at steinene er mye eldre enn de fleste bergartene her på Jorden, men betydelig yngre enn meteoritter. Utbrudd av lava i mare-bassengene, er den fasen i Månens aktivitet som er aldersbestemt med størst sikkerhet.

Månemateriale fra Apollo, viser at den eldste mare-prøven er en basalt som er aldersbestemt til 3,95 milliarder år. De yngste mare-basaltene er fra Apollo 15, og de er 3,15 milliarder år. Hittil er ikke yngre krystalliseringsalder påvist for månestein. Lenger tilbake enn 3,95 milliarder år blir registreringene usikre, selv om det er påvist at utstrakt vulkansk aktivitet forekom i måneskorpen i den tidligste fasen av Månens historie.

Kanskje er de første månebergartene blitt borte under senere omdanninger og oppvarmingen fra utallige meteorittsammenstøt. De såkalte "Genesissteinene" fra Apollo 15, er en anorthositt som er aldersbestemt til 4,3 milliarder år. En annen prøve fra den siste store bergartdannelsen, er 4,0 milliar-

der år gammel. En del månestøv og grus viste seg å være omtrent 4,6 milliarder år, og dette må anses for å være Månens faktiske alder.

Andre oppdagelser

De returnerte måneprøvene hadde en svak men lett påviselig restmagnetisme. Sammen med sub-satellitt magnetometeret ombord på Apollo 15 ble det påvist tydelige områder på Månen som hadde et klart magnetisk avvik fra de øvrige. Derfor er opprinnelsen til denne magnetismen i prøvene virkelig interessant, fordi det ikke bare gjaldt noen få prøver, men et stort antall i den lavere måneskorpen.

Laboratorieprøver indikerer at disse steinene sannsynligvis har blitt tilført sin magnetisme ved avkjøling fra høye temperaturer i nærheten av et gammelt magnetisk område. Man antar at dette området stammer fra Månens opprinnelse, muligens et resultat av en flytende bevegelse i en gammel jern/jernsulfid månekerne.

Månen har fremdeles overskuddsvarme fra den gang den ble dannet. Derfor er varmen som strømmer ut fra Månens overflate, fortsatt sterkere enn varmen som blir produsert i det indre som følge av spalting av atomer. Månene holder med andre ord fremdeles på å bli avkjølt. Varmeutviklingen fra atomspaltingen skyldes særlig grunnstoffene uran 235, uran 238, thorium 232 og kalium 40.

Måneskorpen

Det mest interessante resultatet av flere års vitenskapelige studier av månestein er at vi har fått bevist at der finnes en måneskorpe. Vi kjenner hovedtypene av de bergartene den består av og deres fordeling på måneoverflaten. Det nettverk av seismiske stasjoner som ble satt ut av astronautene har vist at måneskorpen er ca. 60 km tykk.

Så langt er tre hovetyper krystallisert månestein blitt analysert på basis av kjemiske og mineralogiske forskjeller. To av disse typene bergarter er basaltisk lava som fylte opp Månens mare-regioner. Disse basaltiske lavaer er utvilsomt dannet av stedvise nedsmeltinger av Månens indre og i vulkanske utbrudd på overflaten. Den tredje typen hovedmateriale kalles anorthosittisk gabbro, og er funnet i Månens høylandsområder. Opprinnelsen til denne bergarten er foreløpig ikke kjent.

Månens basalt er stort sett lik jordisk basalt, men med den forskjell at jern, titan og noen andre tungtflytende stoffer er øket sterkt, mens natrium og andre flyktige stoffer er redusert. Vanninnholdet og oksydasjonspotensialet i Månens basaltiske lava er forholdsvis mindre enn i tilsvarende lava på Jorden. Utbredelsen av månebasalt er kartlagt.

De store krystallinske prøvene fra Apollo 11, 12 og 15 viste seg å være jernanrikt basalt og er blitt kalt Marebasalt fordi de kun opptrer i de flate landskapene. Mineralinnholdet er plagioklas, olivin, kalsiumholdig pyrokсен og mørke ikketransparente mineraler så som ilmenitt, kromitt, metallisk jern og jernsulfid.

En annen type basalt viste seg å være sterkt anrikt av de naturlige radioaktive stoffene Li (Lithium) og Th (Thorium), dette gjorde det lett å kartlegge bergarten fra månebanen. Denne type basalt finnes hovedsakelig i de vestlige mare-regioner, og kan bare påvises i mindre mengder i de østlige mare-høy-sletter og bakside-regionene på Månen fordi disse stedene vanligvis viser lav radioaktivitet.

Den tredje typen månestein består av en aluminium- og kalsiumholdig anor-

thosittisk bergart. Denne inneholder store mengder plagioklas. En røntgenspektrometer i månebanen har vist at anorthosittiske bergarter finnes over store deler av de høyereliggende områdene og på Månens bakside.

Anorthosittiske bergarter på jorden er blitt dannet ved opphopning av plagioklas. Det er imidlertid uvisst hvordan og når de ble dannet på Månen, men det er sikkert at de ble dannet før de basaltiske bergartene som dekker dem i mare-regionene.

Våre kunnskaper om måneprøvene stammer alle fra skorpebergarter, og består av tusenvis av små (ca 1 millimeter store) glass- og steinfragmenter i månestøvet fra seks vidt forskjellige landingsteder. Månestøvet er blandet med partikler utgravd, pulverisert og spredd utover Månens overflate av meteorittsammenstøt. P.g.a. dette forhold inneholder prøvene partikler av alle typer avledet fra et stort område rundt hvert landingsted. Imidlertid er det også et mindre antall partikler av annen opprinnelse tilstede i prøvene. Disse fragmentene består for det meste av granittisk og ultrabasiske mineraler sammen med meteorittisk materiale.

Ringfjellene

Alle de store mare-områdene er såkalte depresjoner, og deres overflate ligger flere tusen meter lavere enn kraterområdene.

De store kraterne er i virkeligheten veldig ringfjell. Krateret Copernicus har en diameter på 90 km. Dets terrasseformete skråninger ligger høyt over kraterbunnen, og toppen av ringfjellet rager 3500 m over bunnen. Dette skyldes gjentatte innsynkninger. Krateret Tycho har en diameter på 87 km, og toppen av kraterveggen ligger hele 6100 m over bunnen. Det største krateret på "jordsiden" heter Bailly, og har

en diameter på 290 km og en innsynkning på 4685 m.

Det høyeste fjellet på Månen ligger i Leibniz-fjellene og rager 9144 m over referansenivået. Månens Alper når opp i 4000 m mens Apenninene og Kaukasus har fjell som er 6000 m høye. I alt er det påvist mer enn 300.000 krater/ringfjell på Månen som er mer enn 1 km i diameter.

Apollo-landingene

Prøvene fra de forskjellige landingsstedene er analysert og viser tydelige forskjeller på høy- og lavlandsbergarter.

Apollo 11 landet helt sør i Stillhetens hav og her fant astronautene venteligvulkanske bergarter som f.eks. diabasgabbro, gråfarget med hvite flekker.

Apollo 12 hadde sitt landingsted i Stormenes hav nær krateret Reinhold. Her ble det funnet breksje, mørk grå til sort, og grov krystallinsk mikro-gabbro. Dessuten var det også krystallinsk glass av mørkgrå farge på noen prøver. Glasset som forekommer i mye av månematerialet er oppstått ved rask avkjøling av damp eller flytende stein fra sammenstøt med meteoritter fra verdensrommet.

Apollo 14 hadde sitt landingsted i det nordlige av Skyenes hav. I prøvene fra denne ekspedisjonen var det bl.a. en breksje av fotballs størrelse, gråfarget med sorte og hvite korn. Stuffen veide ca 9 kg.

Apollo 15 landet på en slette i Haemus-fjellene. Denne ekspedisjonen var den første hvor det ble benyttet et kjøretøy, noe som øket aksjonsradiusen betraktelig. Siden man befant seg i et høylandsområde, var det ikke uventet at det ble funnet anorthositt i prøvene. Fargen var hvit. Det ble også funnet breksje som var dekket av mørkfarget glass samt en basalt som hadde druse-

rom av brungrå farge.

Apollo 16 landet også i et høylands-område litt nord for Altaifjellene. Måne bilen var til god hjelp og fraktet astronautene tilsammen 27 km på måneoverflaten. Det ble funnet en stor stuff med anorthositt som tildels var dekket av dette omtalte glassaktige belegget. Dessuten inneholdt prøvene en grovkornet gabbrolignende bergart av lys grønn og grålig farge. Førstnevnte stuff veide 11,7 kg og var den største enkeltstein som ble brakt tilbake til jorden.

Apollo 17 som var den siste av måne-landingene, fant sted i kanten av Klarhetens hav. Måne bilen tilbakela tilsammen 35 km og astronautene samlet i alt 115 kg prøvemateriale. Det ble også ved denne ekspedisjonen funnet breksjer i voksaktige og grågrønne varianter, tydelig preget av bergartssmelter

fra meteorittsammenstøt. Dette syntes tydelig på den blæreaktige overflaten. Det ble også funnet en knust anorthosittisk gabbro og en del basaltisk materiale.

Apolloprosjektet er uten tvil et av de største og teknisk mest avanserte vitenskapelige prosjekter som noensinne er gjennomført. Det vitenskapelige utbytte var meget stort, men det kostet sin pris. Det antas at kostnadene med Apolloprogrammet beløpte seg til 25,5 milliarder dollar, og da utviklings- og produksjonsvirksomheten var på sitt høyeste i 1966, var hele 350.000 mennesker fra bl.a. 20.000 bedrifter og 200 universiteter involvert.

I forhold til jorda er månen en taus, død og uforanderlig verden, og fotavtrykkene etter astronautene vil derfor bli stående i millioner av år.

STENBODEN

FORRETNING • VERKSTED

Verksgt. 1, Bærum Verk Tlf. 02-13 85 07

et trivelig miljø med århundre lange tradisjoner

**SLIPEUTSTYR
RÅSTEIN
MINERALER**



**GAVER
SMYKKER
INNFATNINGER**

ÅPENT 10 - 17, TORSDAG 10 - 19, LØRDAG 10 - 14

B. GJERSTAD

Kontoradresse: Sørhalla 20, 1344 Haslum Tlf. 02-53 36 86