

# VARSLING AF VULKANUDBRUD

**M**ennesker har helt bogstaveligt levet på vulkaner i tusindvis af år. Denne sameksistens kan gå godt i hundredvis eller tusindvis af år, og folk kan ganske glemme, at de bor på en vulkan, eller man kan tro, at den er uddød. Pludselig kan katastrofen så indtræffe: Bjerget eksploderer, tilsyneladende uden varsel. Menneskeliv går tabt i tusindtal ved sådanne udbrud. Der er desuden ofte en sammenhæng mellem udbrudshyppighed og graden af udbruddenes voldsomhed, således at en vulkan, der 'sover længe', har voldsommere udbrud end en, der kun 'sover kort'. Samfundet har stor interesse i, at man kan forudsige vulkanudbrud. Vulkanologer har derfor længe forsøgt at udvikle metoder til forudsigelse af vulkanudbrud, og mange farlige vulkaner bliver overvåget.

Arten af vulkanudbrud kan i nogen udstrækning forudsiges ud fra den geologiske ramme. Vulkanismen i 'ildringen' (the ring of fire) rundt om Stillehavet er ofte eksplosiv, mens de midt-oceaniske rygge overvejende har ikke-eksplosiv vulkanisme. Desuden bevirker det historiske kendskab til en vulkan eller et vulkansk område, at man nogenlunde ved, hvad man skal forvente.

Der er imidlertid altid en risiko for særlige komplikationer ved det enkelte udbrud. Magmaet kan pludselig komme i kontakt med vand i meget højere grad end ved tidligere udbrud fra samme vulkan, som det skete, da Krakatau eksploderede i 1883. Eller en kollaps af dele af en vulkanside kan bevirke, at eksplosionen sker sideværts langs jordoverfladen, som ved udbruddet af Mount St. Helens i 1980. Dette kan ingen overvågning gardere os imod.

Takket være overvågning kan vulkanudbrud i dag varsles, men ikke altid i god tid og ikke al-



Målestation for jordskælv på Hawaii. Instrumenterne får strøm fra solbatterier og målingerne sendes videre til vulkanobservatoriet på Hawaii. Dermed kan lokale små rystelser fra magma i bevægelse registreres løbende.

Fotos: Johanne Schmith, Københavns Universitet.

tid med sikkerhed. Metoderne er dog i løbet af de sidste 10–20 år blevet markant bedre. Der er således adskillige gode eksempler på, at varseling af vulkanudbrud har forhindret tab af menneskeliv.

## FARERNE VED VULKANUDBRUD

Der er mange forskellige farer ved vulkanudbrud. Mennesker kan omkomme direkte ved eksplosioner, ved at blive ramt af glødende gas-skyer, ved begravelse i lava eller nedfald af



*Indsamling af prøver af gasarter i et vulkansk område på Hawaii. Gassen opsamles her i beholdere og analyseres senere i et laboratorium.*

bomber, ved indånding af glassplinter fra sønderdelt magma og ved kvælning eller forgiftning med giftige gasser. Desuden kan nedbør eller smeltning af sne under udbrud forårsage mudderstrømme, der kan begrave store områder. Især når det vulkanske materiale bevæger sig hurtigt, er risikoen for tab af liv stor. Mere indirekte farer er forgiftning af husdyr og afgrøder samt tab af dyrkningsområder.

På den anden side er mange vulkanudbrud ganske ufarlige, fordi udstrømningen af magma er langsom og rolig, og sådanne udbrud kan mennesker observere i endog ringe afstand, dog under iagttagen af fornøden respekt for egen skrøbelighed. Udbrud kan jævnlige over-

væres fx på Etna, Stromboli og Hawaii.

De mest omfattende effekter af vulkanudbrud er ændringer af atmosfæren, så sollyset delvis blokeres og klimaet ændres. Året efter et stort vulkanudbrud i 1815 slog høsten således fejl i mange dele af verden. Efter meget omfattende vulkanudbrud kan der ske masseuddøen af arter på Jorden. Opdelingen af Jordens udvikling i geologiske tidsaldre er for de seneste 600 millioner års vedkommende baseret på uddøen af arter og udvikling af nye arter. Man er i stigende grad ved at erkende, at denne opdeling står i forbindelse med klimatiske katastrofer forårsaget af vulkanudbrud af en størrelsesorden, som vi ikke har set i historisk tid.



*Nettet af overvågningsstationer for jordskælv i Island.*

*Illustration: Annabeth Andersen, GEUS. Kilde: The Science Institute, Iceland.*

## PAUL MARTIN HOLM

Lektor, Københavns Universitet  
(paulmh@geol.ku.dk)



Maleri: Hubert Sattler.

VESUV

ST. PIERRE VED MONTE PELÉE, 1902



Foto: US Geological Survey.



HEKLA, 1970



PINATUBO, 1991

Foto: US Geological Survey.

## METODER TIL OVERVÅGNING AF VULKANER

Ved vulkanovervågning følger man forløbet af nogle processer, som foregår i magmaet og dets omgivelser før udbruddet. Disse processer skyldes magmaets optrængning mod overfladen samt dets afgivelse af gasarter. Under opstigningen presser magmaet på den faste skorpe, så jordoverfladen buler op – dette kan måles ved ændret hældning af overfladen. Skorpebjergarterne brister også, og dette kan måles som bittesmå jordskælv.

Under højt tryk kan magma indeholde opløst vand, kuldioxid, svovldioxid og en række andre gasser. Under lavere tryk afgives gasserne og siver mod overfladen – også dette kan måles. Man kan i reglen med sikkerhed opdage magma, der nærmer sig overfladen. Men om der kommer et udbrud, og hvornår det sker, er meget svært at forudsige.

Foto: Hemming Andersen.

## SEISMISKE MÅLINGER

Jordskælv dannet i forbindelse med magmas bevægelse i skorpen kan måles med seismiske måleinstrumenter. Ofte er der tale om et stort antal meget små rystelser, der kommer af, at skorpens bjergarter brækkes op af det opstigende magma. Disse rystelser kan bedst måles på nært hold, og målestationerne placeres i selve vulkanske områder. På Island er der således et helt net af målestationer langs de aktive vulkanske zoner, der gennemskærer landet.

## MÅLING AF HÆLDNING OG STRÆKNING

Ændringer i hældning og strækning af overfladen i et vulkansk område afspejler deformation ved indtrængen af magma i skorpen under en vulkan. Måling af hældning sker med særlige instrumenter (tiltmetre), og åbning af sprækker kan registreres med afstandsmålere, der anvender laserstråler.

## POSITIONSMÅLINGER

Bevægelser af jordoverfladen som følge af magmastrømning i skorpen kan måles ved hjælp af langvarige og derfor nøjagtige GPS-målinger (det satellitbaserede Global Positioning System). Desuden benyttes fotogrammetri, hvor overfladens ændringer spores ved sammenligning af flere satellitfotos. En forholdsvis nyudviklet metode er satellitbaserede radarmålinger, hvor afstanden til jordoverfladen måles under gentagne satellitpassager, og ændringer fremtræder som farvede ringe på satellitbilleder. Denne metode bruges også til overvågning af deformationer i jordskælvstruede områder.



**HEKLA, 1980**

Foto: Henning Andersen.

## UDSTRØMMENDE GASSER

Magmas tilstedeværelse i skorpen forårsager opvarmning af det omkringliggende grundvand. Dette fører til dannelsen af geysere og strømninger af grundvandet. Vulkanske områder har næsten altid områder med udstrømmende damp, der kaldes fumaroler. Når nyt magma trænger op mod overfladen, afgiver det opløste gasarter, der går over i grundvandet. Derved skifter fumarolerne sammensætning fra at bestå hovedsageligt af vand til også at omfatte kuldioxid, svovldioxid, klor, fluor og andre gasarter. Desuden kan der ske en temperaturstigning i fumarolerne. Overvågning af vulkanske områder omfatter derfor ofte indsamling og analyse af gasprøver og temperaturmålinger.

## EKSEMPLER

### EYAFJALLAJÖKULL (ISLAND) 1999

Vulkanen Eyafjallajökull på det sydlige Island har været i udbrud fire gange i historisk tid. Efter at have været i ro i mange år, bevægede magma under vulkanen sig opad mod overfladen i årene 1994–1999. Jordskælv blev registreret af seismiske stationer, og overfladens hævnning blev målt med GPS og radarmålinger. Herved er det klarlagt, at der gennem en årrække er sket en gradvis og ret langsom intrusion af magma i en snæver kanal (føderør) på vulkanens nordflanke. I 1999 stoppede tilførslen, og dermed synes risikoen for udbrud at være aftaget.

### HEKLA (ISLAND) 2000

Det er ikke lykkedes med sikkerhed at bestemme beliggenheden af Heklas magmakammer på

trods af talrige udbrud i historisk tid. Siden 1970 er hyppigheden af udbrud på Hekla øget til et udbrud hvert tiende år, og vulkanen overvåges intenst. Alligevel blev magmabevægelse først opdaget godt en time før udbruddet i februar 2000. Magma steg hurtigt op fra stor dybde. Rystelser og strækning af skorpen registreredes flere steder, og det lykkedes at advare luftfarten om en forventet askesky og offentligheden om udbruddet, kort før det gik i gang.

### CAMPI FLEGREI (NAPOLIBUGTEN, ITALIEN)

Kystområdet Campi Flegrei ved Napolibugten har været sæde for vulkanisme i 50 000 år, herunder for to store, askerige udbrud. Der er ingen høj vulkanbygning, men hele området er dækket af tykke unge vulkanske aflejringer. Historiske beretninger fortæller om talrige episoder med hævnning eller sænkning af overfladen, hvorunder kystlinjen har flyttet sig og havne er blevet ødelagt.

I årene op til 1984 blev overfladen ved den store by Pozzuoli i flere episoder hævet 4 m og byen måtte delvis evakueres pga. jordskælv. Magma blev intruderet, men strømmede siden bort under området. Analyser af bevægelserne tyder dog på, at der hverken er høj risiko for et umiddelbart forestående udbrud eller for indsynkning af taget over et magmakammer. Dette meget farlige vulkanske område, hvor der bor millioner af mennesker, overvåges konstant.

### PINATUBO (FILIPPINERNE) 1991

Efter udstrømning af ildelugtende gasser og nogle små eksplosioner på Pinatubo installere-

des bærbare seismometre. Disse registrerede mange rystelser, hvilket førte til en international indsats med måling af bevægelser i sprækker, ændringer i hældningen af vulkanens flanker og af sammensætningen af udstrømmende gasarter. Det blev klart, at magma var på vej opad.

Sideløbende undersøgelser viste, at Pinatubos fortid omfattede stærkt eksplosive udbrud. Områder med høj risiko for at blive ramt af pyroklastiske strømme blev udpeget, og evakuering blev iværksat. Pinatubos efterfølgende udbrud var et af de største i det tyvende århundrede, men takket være en rettidig indsats gennem to måneder blev tabet af menneskeliv stærkt begrænset.

### MONTE PELÉE (MARTINIQUE, VESTINDIEN) 1902

Optakten til Monte Pelées udbrud i 1902 var langt voldsommere end optakten til Pinatubos. Myndighederne i havnebyen St. Pierre neden for Monte Pelée tog sig dog hverken af store eksplosioner i krateret, indledende glødende laviner eller udstrømning af store mængder giftig gas. En glødende lavine udslættede byen med tab af 30 000 menneskeliv, og endnu en lavine dræbte 1500 i en nærliggende by et par måneder senere. Monte Pelée bliver i dag overvåget konstant, og risikoen for endnu en katastrofe er stærkt formindsket.

Vi kan måle magmas bevægelse i skorpen, men vi har ikke fuldt ud forstået lovene for, hvordan det bevæger sig. Derfor kan vi kun forudsige udbrud i visse tilfælde. I mange andre tilfælde kan vi desværre blive overraskede, når magmaet ankommer til overfladen, og vi når ikke at reagere. Der ligger en meget stor forskningsindsats foran vulkanologerne. 