

(Report of the 18. Scandinavian Naturalist Congress in Copenhagen, 26.—31. Aug. 1929.)

Bergmästare *Th. Dahlblom*, Falun:

Förhållandena i berggrunden, dedömda av iakttagelser i djupa gruvor.

Det finnes numera i alla världsdelar gruvor med mera än 1000 m. vertikalt djup, och i Nordamerika och i Sydafrika har man kommit ned till mera än 2000 m. djup. Då de iakttagelser, som man gjort i gruvorna — att döma av påstående i tämligen nyutkommen vetenskaplig litteratur — synes vara okända för petrologerna, skall jag lämna ett kortfattat meddelande om dem.

Berggrunden torr på djupet.

I alla gruvor, som äro mera än 1100 meter djupa, har man djupare ned icke någonstädes påträffat annat vatten, än det som nedkommit genom människans åtgörande, genom schakt, borrhål eller genom brytning, så att ras eller sprickor nått till berggrundens översta del. I den delen är berget i regel vått. Skölar och släppor äro där ofta starkt vattenförande. Djupare ned träffar man samma skölar, där föga vattenförande, och på ändå större djup finner man dem fullt torra.

Att berggrunden måste vara torr på djupet finner man även på deduktiv väg. Mineralen äro tyngre än vattnet. De sjunka trängande detta uppåt. Vatten i vätskeform kan icke komma ned, men vattenången, de ytterst små helt fria H₂O-molekylerna kunna finna väg genom bergartens porer. Vattnet har alltid ett ångtryck, större ju högre temperaturen är, och ången går alltid mot det lägre trycket d. v. s. uppåt, eftersom temperaturen avtager i denna riktning. Tillräckligt lång tid har det funnits för att avdunstningen skall hava fortgått, så att porerna blivit fullt torra.

Då kolgruvbrytning börjas med schaktsänkning och ortdrivningar har man — om djupet varit större än 250 m. — kunnat driva kilometerlånga orter från schaktet i olika rikt-

ningar och i kolflötsen, i sandsten eller i skiffer utan att något vatten framkommit i orterna.¹⁾

Innan man hade elektrisk kraftöverföring var driften av pumpar på stort djup så besvärlig och kostsam, att man sökte uppsamla och indämma vattnet på den nivå det framkom. Detta lyckades så väl i silvergruvan vid Pribram, att under 700 m. icke någon pump behövdes, enär djupare ned icke något vatten anträffades. (År 1891 var gruvan 1183 m djup.) För borrningen behövtligt vatten transporterades ned i tunnor, men detta vatten jämte det, som i form av regn eller snö nedföll genom schakten, avdunstade i den torra luften.

I koppargruvorna i Michigan observerades flera gånger droppande vätska djupt nere i den torra berggrunden. Sedan belöning utfästs åt den arbetare, som lyckades uppsamla prov av vätskan, erhöles på olika nivåer prov, tillräckliga för analysering. Vätskan befanns utgöras av lösning, huvudsakligen av klorkalcium och klornatrium, mera koncentrerad ju djupare ned den anträffats. Ännu djupare ned eller under 1800 m. fann man, att om det torra berget lakades med vatten, så erhöles lösning av samma sammansättning. Torrheten hade således där varit så stor, att även klorkalcium hade utkristalliserat.

Den, som besöker guldgruvorna i Transvaal skall finna dem våta även vid 7000 foot (= 2133 m.) djup. Detta beror på, att gruvägarne år 1905 blevo ålagda att hålla ventilationsluften närmesvis mättad med fuktighet och att bespruta med vatten arbetsplatsernas tak, väggar och sulor. Dessförinnan voro nämligen gruvorna så torra, att en sjukdom Phthisis hade blivit vanlig bland gruvarbetarne genom den torra med kisel-syredam bemängda luften.

Även vid djupbörning har man konstaterat berggrundens torrhet på djupet.²⁾

¹⁾ För att få pålitliga uppgifter om vattenförhållandena i klastiska bergarter uppsökte jag år 1920 övergruvinspektören i Newcastle, vilken under mera än 30 år hade inspekterat under anläggning varande gruvor i det på kolgruvor rika distriktet. Denne påstod, att sandstenen börjar bliva torr redan på 500 fots = 150 m. djup.

²⁾ I *Petroleum and Natural Gas Resources of Canada* 1914 p. 79 förekommer följande yttrande av den kanadensiske statsgeologen *M. R. Campbell*: When the anticlinal theory was first propounded it seems to have been taken for granted that all rocks composing the outer crust of the earth are saturated with water, but recently deep drilling has shown that whereas such is ge-

Vid gruvedrift inom vulkaniska områden har man naturligtvis funnit förhållandena abnorma. Temperaturen har stigit med 1° på blott 14 m. och vattenådror hava anträffats djupare ned än på andra håll. I Tonapah gruvorna i Nevada, där bergets temp. i gruvornas översta del är 13° var redan på 366 m. djup i en gruva bergets temp. 39° , men på samma djup i en annan gruva 30° . Det största djup, på vilket vatten anträffats torde vara i Butte, Montana, där er vattenåder anträffades i en gång på 1038 m djup. Bergets temp. var $40,8^{\circ}$ men vattnets 45° . Denna varma källåder torde komma från någon djupare ned belägen eruptiv bergart, som långsamt avger sin vattenhalt. Då vattnet stiger uppåt, blir dess tryck större än bergtrycket, varigenom dylika ådror kunna hålla sig öppna.

Att den i djupa gruvor konstaterade torrheten även är rådande på mycket stort djup har man icke anledning betvivla. På så stort djup som 40 à 50 km. torde berggrunden vara ångtät, så att under denna befintlig magma kan behålla sin antagligen ganska stora vattenhalt.

Temperaturökningen mot djupet i berggrunden.

i en uppsats i American Journal of Science av aug. 1928, distribuerad av Geophysical Laboratory förekommer en beräkning av berggrundens tjocklek med antagna värden på den radioaktiva värmeutvecklingen och på temperatur-gradienten. Denna har antagits vara = $0,00035^{\circ}/\text{cm. d. v. s. temperaturökningen } 35^{\circ}$ per km. eller det geotermiska måttet = 28,6 m.

Om den vore så stor, så skulle det icke hava varit möjligt att fortsätta gruvbrytning inom tropikerna till mera än 1800 m. djup.

I april 1922 hade man i en gruva i The Kolar Gold Field i Mysore, Indien utan anordning för luftens avkylande kommit ned till 1822 m. och i gruvan Morro Velho i Brasilien hade man nått över 1800 m. djup, innan dylik anordning behövde vidtagas.

Kristalliniska bergarter hava större värmeledningsförmåga

nerally the condition of rocks for a few hundred feet below the surface, at great depths the rocks are generally dry, or at least in certain localities they are so dry that water must be pumped into the hole in order that the drilling may proceed.

än klastiska, och det är på observationer i klastiska bergarter, som den vanliga värdet 30 m. grundar sig. Observationerna äro i de flesta fall gjorda i borrhål för uppsökande av kol-, olja- eller saltförekomster. Särskilt i djupa borrhål i saltlager kan temperaturstegringen hava varit betydligt större än den normala, om lagren haft betydande halt av KCl, ty man vet nu, att grundämnet kalium är radioaktivt. Det uppgives, att 1 gram K utvecklar per timma $1,415 \times 10^8$ gramkalorier.

Mineralkornen hava större värmeledningsförmåga än av dem bildade bergarter, enär ledningen avbrytes av bergartens porer, vilka värmet passerar genom strålning. De klastiska bergarterna hava flera porer eller större porer än de kristalliniska. På djup, där porernas vatten avdunstat och icke hindrar bergartens sammantryckande, minskas porositeten. Bergarten får ökad ledningsförmåga d. v. s. det geotermiska måttet ökas. Av detta skäl torde åtminstone klastiska bergarter in situ hava större värmeledningsförmåga, än den med bergartsprov utrönta.

Säkrare kunskap om temperaturstegringen mot djupet än genom observationer i borrhål får man nog genom observationer i gruvor, ty man gör icke observationer på sådant ställe, där ventilationen kan hava sänkt bergets temperatur, utan i någon föga ventilerad tvärort, avsidet från gruvrum. Man lägger vanligen termometern i ett i väggen uppslaget borrhål, och låter den kvarligga ett par dagar. För övrigt bliva icke djupa gruvors väggar mycket avkylda genom ventilationen, ty den luft, som nedsjunker till det på djupet rådande högre barometertrycket får genom adiabatisk kompression temperaturen höjd med 1° per 90 till 97 m. Luften kan av denna orsak få större temperaturstegring mot djupet än den i berggrunden. Detta anser man vara fallet i Sydafrika. Den luft, som med ortens medeltemperatur nedsjunker till en 7000 fot djup gruvans botten, säges bliva nära 4° varmare än berget.

I Sverige har icke någon gruva uppnått större vertikalt djup än 600 m. och observationer hava givit det geotermiska måttet i urbergets täta leptit eller gneis till omkring 70 m.

Vanligast är nog, att observationer i berget i gruvornas övre del, ovan 300 m. giva nämnda mått till omkr. 47, men djupare ned ökas det, särskilt om berggrunden blivit torr. Så t. ex. har det i koppargruvan Quincy i Michigan befunnits vara 45,7 m. ned till 330 m. men tilltagande så starkt mot

djupet, att mellan 330 och 1675 meters djup har medelvärdet varit 71,5 m.

Den mot djupet långsammare temperaturökningen i berggrunden synes även av nedanstående noggranna observationer, utförda i guldgruvan Village Deep Mine i Transvaal.

Vertikalt djup		°F	°C	Geotermiska måttet meter
feet	meter			
0	0	60	15,6	100
5772	1759	91,1	32,83	108
5920	1804	91,8	33,22	
6068	1849	92,6	33,66	
6214	1894	93,3	34,05	112
6374	1942	94,1	34,49	
6543	1994	94,9	34,94	123
6704	2042	95,6	35,33	
6869	2093	96,1	35,61	
7000	2135	(96,7)	(35,9)	

Om antagandet 35 ° ökning per km. varit riktigt, så skulle bergets temperatur på 2093 m. djup icke varit 35,6 ° utan 90,3 °.

Den vid gruvbrytning vunna erfarenheten är således, att — åtminstone under kontinenter — är temperaturökningen mot djupet mycket långsammare än man enligt observationer i borrhål i klastiska bergarter trott den vara. För djup över 5 km. kan man nog icke räkna med starkare temperaturökning än 12 ° per km. Huru stor den kan vara under haven, därom vet man ingenting, men antagligen är ökningen där större än under kontinenter, enär berggrunden torde hava mindre tjocklek under haven.

Falun i maj 1929.