

„FJELDPROBLEMETS“ STILLING
I NORGE OG SVERIGE VED
UTGANGEN AV 1909

AV

DR. K. O. BJØRLYKKE

MED „ENGLISH SUMMARY“

NORSK GEOLOGISK TIDSSKRIFT,
BIND II, NO. I. — UTGIT AV
NORSK GEOLOGISK FORENING.

KRISTIANIA 1910

A. W. BROGGERS BOGTRYKKERI.

„Fjeldproblemets“ stilling i Norge og Sverige ved utgangen av 1909.

Av
Dr. K. O. Bjørlykke.

Fire aar er forløpne siden mit arbeide „Det centrale Norges fjeldbygning“ utkom og paa disse aar er ikke meget nyt kommet til, men jeg forutser, at „fjeldproblemet“ igjen vil bli optat til undersøkelse og diskussion, og for at forebygge misforstaaelser, som allerede delvis har gjort sig gjældende ved omtalen av mit tidligere arbeide, finder jeg det ønskelig at gi en oversigt over problemets nuværende stilling. Hvad er saa „fjeldproblemet“? I videste forstand er det spørsmålet om den norske fjeldkjædedannelse, om denne kan forklares som foldninger og frembrud av store eruptivmasser ledsaget av sterk omvandling (regionalmetamorfose) av bergarterne i de dele, der hører til den gamle fjeldkjæde (det norske standpunkt) — eller om der under fjeldkjædedannelsen er opstaat store horisontale forskyvninger, hvorved ældre fjeld er skjøvet 150 à 200 km. hen over yngre formationer (den Törnebohm'ske hypotese). I litt snevrere betydning kan man ogsaa si, at fjeldproblemet er spørsmålet om de øverstliggende formationer i høifjel-

dene er de yngste — eller om de bestaar av ældre fjeld, som er kommet i sin nuværende stilling over yngre lag ved overskyvning.

De yngre formationer i høifjeldene bestaar av:

1. En feldspatførende sandsten eller sparagmit med konglomeratlag, altsaa en tydelig klastisk og lagdelt bergart; den hviler paa graptolitførende under-silurisk fyllit; den kan hos os bedst studeres i fjeldet Mellene i Valders og kan derfor benævnes for mellene-sparagmit eller valderssparagmit (der forekommer ikke anden slags sparagmit i Valders og navnet kan altsaa ikke misforstaaes). Som andet hovedled i disse høifjeldsformationer har man
2. Gabbro og graniter, altsaa tydelige eruptive bergarter av en bestemt type, rike paa alkalifeldspat (natrongraniter); disse har været benævnt for fjeldformationernes eruptiv-serie¹.

Disse to hovedled er sikre og kan med lethed bestemmes, hvor de optræder i litet omvandlet form; men i de sterkest omvandlede strøk, eller hvor de grænser mot hverandre, blir de mere eller mindre ukjendelige og er da ofte vanskelige at skille fra hverandre. Jeg har paa mange steder fulgt og indsamlet suiter av prøver, der viser den tydelige sparagmits overgang til en skifrig sericitskifer og til stripete, gneislignende varieteter, og paa andre steder gabbroens overgang til hornblenderike, dioritiske bergarter og graniten til gneise.

Kommer man imidlertid uforberedt til disse trakter, vil man uvilkaarlig komme til at utskille en tredje avdeling

3. De gneisagtige bergarter ellersom REKSTAD i kartet over Jotunfjeldene (N. G. U. Aarbok for 1904) „gneis og

¹ J. H. L. VOGT: Om relationen etc. N. G. U. Aarbok for 1905, s. 11.

kvartsitisk bergart“. Det er ikke altid man kan følge overgangene og man kan komme op i strøk, hvor bergarterne har saa stor likhet med grundfjeldets lag, at man føler sig overtydet om, at dette meget godt kan være ægte grundfjeldsgneis. Som et saadant strøk kan jeg nævne fjeldene i syd for Nystuen paa Filefjeld; men hvad der her viser sig som tydelig gneis, kan ganske sikkert sættes i forbindelse med Suletinds hornblendegranit, og hvad dr. REUSCH i Hemsedal kalder „dioritiske bergarter“ er ikke andet end omvandlede gabbroer, hvad man tydelig kan se, hvor man træffer enkelte større gabbrolinser, der har bevaret mere sin oprindelige struktur.

Den første indgaaende undersøger i disse trakter, prof. KJERULF, var visselig opmærksom paa dette forhold, at sparagmiter og kvartsskifere, gabbro og graniter blev omvandlet til gneislignende varieteter; han utskilte de tydelige eruptiver, men resten slog han sammen til en meget heterogen afdeling, som han kaldte „høifjeldskvartsen“, og taler under denne om „blandede skifere“ og „gneisagtig tegnede skifere“ o. s. v., men tør ikke tillægge dem navn av gneise. Prof. BRØGGER fandt efter sin reise paa Hardangervidda ingen grund til ikke at benytte gneisnavnet og indførte derfor betegnelsen den yngre gneisafdeling, idet han opfattede denne som bestaaende dels av „granit-skifere“ og dels for „omvandlede sedimenter, feldspatførende sandstene og sparagmiter, lerskifere o. s. v.“

Dette er den samme opfatning, hvortil ogsaa jeg er kommen efter en ca. 15 aars reiser i de norske høifjelde — og jeg har utvidet den i nogen grad, saa vi har faat svar paa de fleste av de spørgsmaal, som tidligere har staaet som gaater. Jeg har paavist, at valderssparagmiten danner en diskordant yngre afdeling av feldspatførende sandstene og kvartsiter hvilende i Mellene paa graptolitførende

undersiluriske skifere av etage 4, og at denne yngre avdeling sandsynligvis svarer til Nordfjords og Søndfjords sandsten- og konglomeratlag og altsaa tilhører den devoniske formation. Denne yngre sedimentære formation er gjennemsat av fjeldformationernes eruptivserie sandsynligvis under selve fjeldkjædedannelsen, og begge er under denne process i høi grad omvandlede, sparagmiterne mest, hvor de er komne i nærheten av eruptiverne, og disse sidste mest, hvor de er presset længst ut fra sit centralmassiv. Problemet er altsaa i virkeligheten løst; der er naturligvis mange problemer igjen at løse, men intet egentlig „fjeldproblem“ i den gamle betydning, da man ikke vidste, hvad „høifjeldskvartsen“ var for noget.

Det ifjor av Norges geol. undersøkelse utgivne „Geologiske oversigtskart over strøket mellem Jostedalbræ og Ringerike“ i maalestokken 1:400,000 gir ogsaa en i det væsentlige korrekt oversigt over fjeldbygningen i disse dele av det centrale Norge, og der findes paa dette kart intet spørmaalstegn eller uopklaret problem, undtagen at der i tegnforklaringen til den yngre „granitiske, mest pressede bergarter“ er tilføiet „alder uavgjort“; skulde imidlertid denne tilføielse ha nogen betydning, burde den ogsaa ha været tilføiet „gabbro- og labradorsten“, for det blir man visselig i naturen snart enige om, at Jotunfjeldenes, Sogns Hemsedalsfjeldenes gabbroer og granitiske bergarter hører nøie sammen og tilhører samme utbrudsserie; er gabbroerne og de gabbroide bergarter altsaa av yngre alder, maa ogsaa graniterne og de granitoide bergarter være det; de hører alle til fjeldformationernes eruptivserie selv om de optræder i „gneisdragt“; i teksten til kartet oplyses ogsaa, at „Jotunfjeldenes og indre Sogns eruptivmasser maa antages at være av eftersilurisk alder“ — „frembrutt under foldningen; de er paavirket av trykkræfter, men kan paa

den anden side heller ikke være yngre end foldningen, ti i saa tilfælde maatte de optræde tydelig gjennemsættende siluren mere end de gjør“ (s. 16).

Men derpaa kommer der i teksten til det nævnte geologiske kart et afsnit under titlen „Overskytningen“, som forekommer mig at være overflødig. Paa kartet staa intet utskilt som overskjøvet fjeld, og læseren vil uvilkaarlig spørre, hvad er „overskytningen“ for noget og hvorfor er det medtat i beskrivelsen av dette kart, hvor ingen overskyvning er avlagt? Saken er vel, at overskyvningshypotesen som enhver anden ting naturligvis har sin historie og det er vel nærmest som et rudiment den her optræder i nævnte karttekst. At der i jordskorpen og under dens forandringer optræder baade vertikale og horisontale sprækker er alle enige om; fremdeles at der langs disse sprækker kan foregaa forskyvninger, baade vertikale og horisontale. Ved fjeldkjædedannelser, hvor de tangentiale trykkræfter gjør sig sterkt gjældende, vil der ofte opstaa horisontalforskyvninger i fjeldmasserne; herom er ogsaa de fleste enige. Disse forskyvninger eller overskyvninger kan anta store dimensioner, i Alperne rimeligvis med en bredde av ca. 50 km. og i Skotland med en bredde av ca. 12 km. Disse store overskyvninger i Alperne og i Skotland er ikke alle enige om, men de synes dog at ha sandsynligheden for sig. I Alperne finder man nemlig ældre fossilførende formationer hvilende paa fossilførende yngre lag; om det faktiske kan man ikke der disputere og overskyvning synes at være den naturlige forklaring. I Skotland har man grundfjeldgneis med bestemte eruptivgange av samme slags som man finder i det ægte grundfjeld vestenfor — hvilende paa fossilførende kambriske lag; her er man ogsaa enig om det faktiske, at det er sikkert ældre fjeld, der hviler paa sikkert yngre lag, og

at lagene er komne i denne stilling ved overskyvning synes ogsaa her at være i høi grad sandsynlig. Der er i det hele ingen forklaring, som bedre tilfredsstillende kjendsgjerningerne hverken i Alperne eller i Skotland end overskyvningshypotesen og det er derfor rimelig, at denne har faat almindelig anvendelse og anerkjendelse blandt flertallet av de geologer, der har drevet studier i disse fjeldkjæder.

I de norske og svenske høifjelde har der ogsaa været og er naturligvis fremdeles en hel del vanskeligheter at løse, særlig var dette tilfælde, saalænge man kun hadde den heterogene avdeling, KJERULF'S „høifjeldskvarts“, at gjøre med; om denne vidste man ikke stort; sedimentære og eruptive, klastiske og krystallinske bergarter var nemlig slaat sammen til en avdeling — likesom for tiden TÖRNEBOHM'S „Sevegruppe“ i Sverige.

Det var da ogsaa rimelig, at overskyvningshypotesen blev forsøkt — og det lykkedes ogsaa TÖRNEBOHM ved hjælp av denne at fremstille et noksaa antagelig billede av den skandinaviske fjeldkjædes bygning, rigtignok bygget kun paa oversigtsreiser og temmelig skematiske fremstillinger av fjeldbygningen inden de forskjellige trakter.

Overskyvningslæren, som jeg paa forhaand hadde sat mig godt ind i ved reiser baade i Alperne og i Skotland, blev ogsaa forsøkt av mig. Jeg begyndte mit arbeide i 1889 inden sparagmitformationen i det centrale Norge, fandt undersiluriske fossiler i fyllitformationen og fik der ved denne bestemt; da jeg derpaa kom til høifjeldskvartsen mellem Gausdal og Valdres, traf jeg igjen sparagmit over fylliten og denne sparagmit hadde stor petrografisk likhet med den lyse sparagmit inden sparagmitformationen; i forbindelse med denne yngre sparagmit kommer i Gausdal og vestover omvandlede labradorstene, gabbroer og

gneislignende bergarter, som, hvad utseendet angaar, ofte kunde faa likhet med grundfjeldsgneis (f. eks. i Rutenfjeld). Antok man disse bergarter for tilhørende grundfjeldet, fik man altsaa her den omvendte orden av den, man kjendte fra Mjøstrakterne, Rendalen og Vaage, hvor man har underst grundfjeldet og derover sparagmitformationen. I Gausdal og Valdres hadde man underst (hvilende paa siluren) den yngre sparagmit og derover gabbro, graniter og gneislignende bergarter. Da man endvidere i Mellene finder et tydelig, skifrigt forskyvningsplan mellem den overliggende sparagmit og den underliggende siluriske fyllit, var det noksaa rimelig, at jeg fandt at kunne forklare Mellenes profil ved en inversion og overskyvning — da naturligvis under forutsætning av, at valderssparagmiten var eokambrisk og Jotunfjeldenes gabbro tilhørte grundfjeldet.

Under de samme forutsætninger fandt jeg ogsaa, at overskyvningshypotesen kunde anvendes sydvestover i Hemsedal og paa Hardangervidden; men da jeg saa derefter skulde forfølge den nordostover fra Gudbrandsdalen til Østerdalen, d. v. s. over væsentlig sedimentære formationer, var det ikke længer mulig at finde anvendelse for denne hypotese. TÖRNEBOHMS angivelser viste sig altfor skematiske og unøiagtige; hvor han hadde angit overskyvning — sædvanlig kun ved angivelse av en viss skifrighet i bergarten — var det umulig for mig at opdage nogen overskyvning. Da jeg tilslut skulde sammenarbeide mine observationer til en mere fuldstændig oversigt over fjeldbygningen i det centrale Norge, blev jeg altsaa nødt til at opgi overskyvningshypotesen, og denne opgaven av hypotesen voldte mig igrunnen ikke stort besvær; observationerne var jo de samme og hypotesen var for mig inden mit arbeidsfelt kun en arbeidshypotese, som maatte kas-

seres, naar den ikke kunde gi tilfredsstillende forklaring paa de faktiske forhold.

Det staar derfor for mig aldeles ikke som jeg har „skiftet standpunkt“, men som en udvikling til en rigtigere erkjendelse av fjeldbygningen i det centrale Norge. Man søger jo sandheten og det er farlig at hænge sig fast i bestemte teorier. Fremdeles maa man merke sig, at jeg tidligere kun hadde uttalt mig om enkelte specielle trakter, mens det fulde overblik fik jeg først ved bearbejdelsen av det samlede materiale i „Det centrale Norges fjeldbygning“.

Jeg tror fremdeles paa overskyvningslærens berettigelse baade i Alperne og i Skotland, og jeg tror ogsaa at den kan anvendes lokalt for enkelte strøk inden vort land i mangel av en bedre forklaring, men nogen almindelig betydning faar den ikke for tolkningen av den norske fjeldkjædes bygning — simpelthen fordi den ikke behøves. Vi kjender nu „høifjeldskvartsen“ langt bedre end tidligere, og vi er ialfald nu komne saa langt, at alle norske geologer anerkjender en yngre oversilurisk eller postsilurisk formation (den yngre sparagmit eller valderssparagmiten) i det centrale Norge. Dette er et stort fremskridt.

Fremdeles er alle norske geologer nu enige om, at Jotunfjeldenes og indre Sogns eruptivmasser er av eftersilurisk alder. Med disse to kjendsgjæringer blir overskyvningslæren overflødig eller faar ialfald kun — som efter dr. REUSCH's opfatning — en mindre, lokal betydning. REUSCH's opfatning er et mellemstandpunkt, som jeg ikke kan indse har stor praktisk betydning for fjeldkjædebygningen i sin helhet. Smaa overskyvninger kan man jo finde, hvor det skal være. Prof. BRØGGER har paavist saadanne i Kristianiasiluren;

jeg har beskrevet dem fra Ringsaker og Aasta i Østerdalen, og at de ogsaa kan forekomme paa andre steder i det centrale Norge, er høist sandsynlig; men bestaar det overskjøvne parti av en eruptiv bergart, blir overskyvningen tvilsom, og bestaar det av en krystallinsk bergart, føler man sig ikke længer sikker; i det tilfælde bør man først undersøke, hvilke bergarter og lag man virkelig har for sig.

Den av dr. REUSCH nævnte forekomst i Valdres (Bukonfjeld, Syndinnfjeld og Grönsenknipen), hvor man har granit og gneisgranit hvilende paa fyllitformationen, bør ogsaa underkastes en nærmere undersøkelse, før overskyvning fastslaaes; ved mikroskopisk og kemisk undersøkelse maa det kunne avgjøres, om de granitiske bergarter i disse fjelde viser slægtskap med Jotunfjeldenes og Sogns yngre natrongraniter eller om de staar nærmere de granitiske bergarter i grundfjeldet mot nord og vest. Fortiden foreligger kun REUSCH's personlige opfatning, at disse „granitiske masser ved sin underside (har) et utseende, som ikke passer til en eruptivkontakt, men godt til at der har fundet sted en opknusning langs en „overskytningsflate“ (tekst. s. 18); efter dette kan man jo paa dette sted like- saagodt ha en forskyvning som en overskyvning; forskyvninger av haardere og kompaktere lag henover bløtere bergarter er intet sjeldent fænomen i det centrale Norge, men hvor store disse forskyvninger kan anslaaes til, er ofte vanskelig eller umulig at avgjøre; de spiller ogsaa igrunnen en liten rolle for tektoniken i sin helhet.

Den Törnebohmske overskyvningshypotese fordret ganske andre dimensioner. I Jemteland forutsætter man en overskyvning av mindst 140 km.; i den norske fjeldkjæde vilde man muligens komme til endnu større tal; konsekvent gjennomført vilde den fordre, at baade Jotunfjeldene og hele Trond-

hjemfeltet tilhørte det overskjøvne flak. Og hvilke beviser har man saa at føre i marken?

Jeg skal her kun berøre nogle faa træk.

TÖRNEBOHM har indført en afdeling, som han kalder „Sevegruppen“; denne deler han i to underavdelinger eller facies, sparagmitformationen, der væsentlig bestaar av en feldspatførende sandsten (sparagmit) og aareskifer, som bestaar av glimmerskifre, hornblendeskifre og aaregneis; disse to underavdelinger definerer han som forskjellige facies fra tiden for sevegruppens dannelse. Her faar man straks sine betænkeligheter, naar man hører, at glimmerskifre, hornblendeskifre og gneise *sans phrase* skal motsvare sparagmitformationens klastiske bergarter og være dannet i samme tid. Er denne inndeling og parallellisering mere end en personlig opfatning? Den har meget tilfælles med KJERULFS „høifjeldskvarts“. Denne bestod ogsaa av alle mulige ting, kvartsiter, sparagmiter og „gneistegnede skifre“ o. s. v. — og „hvor høifjeldskvartsen“, siger KJERULF, „kommer indunder eller i berøring med gabbroen sees den i en eiendommelig dragt, gneislignende ved det sribede udseende, hyppig grøn- og hvidstribet med hornblende og „felsit““ (Udsigten 167).

Her har man svenskernes første opgave at faa rede paa sin „sevegruppe“ og sine „aareskifere“. I Norge er vi nu kommet et langt stykke forut i denne henseende, idet vi har faat rede paa høifjeldskvartsens vigtigste hovedled.

Igrunden er den svenske overskyvningshypotese kun en skinforklaring; den gir nok en slags løsning paa tektoniken, men ikke paa bergartskaracteren, metamorfosen eller de overskjøvne bergarters oprindelse — og dette er dog et likesaa viktig spørsmal som selve tektoniken.

Fremdeles vil jeg gjøre opmerksom paa, at det endnu ikke har lykkedes at bevise hverken i Norge eller i Sve-

rige, at de formodede overskjøvnne lag virkelig er ældre fjeld, som hviler paa yngre. Det er ikke bevist, at dr. REUSCH's gneisgranit i Syndinnfjeld er ældre end fylliten, og det er heller ikke bevist, at de formodede overskjøvnne masser i Jemteland er ældre end de lag, hvorpaa de hviler.

Bergarten i toppen av Aareskutan opfattedes av dr. REUSCH som en eruptiv bergart; denne opfatning harceller-tes av TÖRNEBOHM¹, som henregnet den til sin „aareskifer“, mens HÖGBOM beskriver den som „a massive, granular black rock, composed essentially of amphibole, diallage, plagioclase and quartz“ (Geol. före. förh. B. 31, s. 332) og udtaler, at den „can be regarded as of igneous origin“ (l. c., s. 308).

I det hele fremgaar det av HÖGBOMS beskrivelse av forholdene i Jemteland, at ogsaa der optræder de samme hovedled, som de vi kjender fra de norske høifjelde. Vemdalskvartsiten eller ialfald Offerdalsparagmiten kan være en litet omvandlet form svarende til vor yngre sparagmit-formation (valderssparagmiten) og aareskifrenes lavere del, glimmerskifrene, kan være en sterkt omvandlet form av samme, mens aareskifrenes øvre del kan være omvandlede yngre eruptiver svarende til fjeldformationernes eruptivserie. Av bergarternes petrografiske utseende kan man i disse sterkt omvandlede strøk ikke dra sikre slutninger undtagen hvor man er istand til at følge de sikre overgange. Ogsaa det palæontologiske bevis mangler, idet det endnu ikke er lykkedes at finde fossiler direkte i de overskjøvnne flak. Man mangler altsaa for tiden fuldt gyldige beviser for, at virkelig ældre fjeld i store partier er skjøvet hen over yngre; derimot kan nok mindre overskyvninger forekomme og muligens ogsaa større forskyvninger —

¹ Geol. före. förh. B. 14, s. 30.

særlig i utkanterne av fjeldformationernes utbredelsesomraade; men disse spiller, som jeg tidligere har nævnt, ingen væsentlig rolle for tektoniken. Under disse forhold bør det fremtidige arbeide væsentlig gaa ut paa at følge de kjendte lag fra de litet omvandlede strøk til de sterkt omvandlede for derved at faa klarhet over, hvilke forandringer de forskjellige bergarter har undergaat; man maa være kommet videre i studiet av de krystallinske skifre, før man petrografisk kan uttale sig om bergarternes alder efter deres utseende.

Som avsluttende bemerkninger angaaende fjeldproblemetts stilling i Norge og Sverige for tiden vil jeg tillate mig at gjenta og tilføie:

1. At det egentlige „fjeldproblem“ for tiden kan ansees løst i Norge; den gamle „høifjeldskvarts“ er opløst i sine to viktigste komponenter, den yngre sparagmit (valderssparagmiten) og eruptiverne (høifjeldsformationernes eruptiv-serie); de er kartlagte i „Geologisk oversigtskart over strøket mellem Jostedalsbræ og Ringerike“. Overskyvningslæren har de fleste norske geologer opgit eller ikke fundet anvendelig for forholdene i de norske høifjelde. Bestyreren av den geologiske undersøkelse, dr. H. REUSCH, holder dog paa mindre overskyvninger, idet han tænker sig, at der ved de plastiske eruptivmassers „fremtrængen er plateformete fjeldpartier blit drevet ut til siden“. Denne forestilling faar kun betydning til forklaring av enkelte lokale foreteelser og adskiller sig derved distinkt fra TÖRNEBOHMS overskyvningshypotese, som forutsætter overskyvninger paa et par hundrede kilometer.

HÖGBOM's uttalelse finder jeg ikke fuldt korrekt; naar han siger (Geol. före. förh. B. 31, s. 291): „Regarding the southern part of the mountain range which

runs through central Norway, from Jotunheim to Hardanger, the opinions of Norwegian geologists do not seem to be unanimous, insomuch as some of them have accepted the overthrust theory, while others are undecided or maintain a normal superposition of the "highland-quartzites" (chists, gneisses, quartzites) over the Silurian". Denne uttalelse vilde muligens være korrekt for 10 aar siden, men for tiden vil man efter min mening komme sandheten nærmere ved at si, at ingen norsk geolog bekjender sig fortiden til TÖRNEBOHMS overskyvningsteori; de holder paa en normal overlæining av en yngre sparagmitformation over siluren og utbrud av yngre eruptive masser sandsynligvis under selve fjeldkjædedannelsen; dr. REUSCH hævder dog den opfatning, at der under fjeldkjædedannelsen ogsaa kan tænkes foregaat mindre overskyvninger.

2. I Sverige er den av de nu aktive svenske geologer, der har mest erfaring i undersøkelse av de svenske høifjelde, hr. SVENONIUS, en motstander av overskyvningsteorien; men han har hat vanskelig for at komme til orde og han nævnes end ikke av hr. HÖGBOM. Prof. HOLMQUIST har lignende anskuelser som dr. REUSCH, idet han gaar med paa mindre overskyvninger, men ikke paa de store. TÖRNEBOHM og HÖGBOM er de vigtigste forkjæmpere for de store overskyvninger. Den Törnebohmske overskyvningsteori er imidlertid paa en vis blit den „officielle“ i Sverige og støttes derfor sandsynligvis ogsaa av andre, som selv har hat liten anledning til at opgjøre sig en selvstændig mening. Denne teori spiller fortiden i Sverige efter min mening den samme rolle inden høifjeldsstudiet som den Sef-

strömske teori om rullestensfloden spillet inden glacialstudiet i første halvdel av forrige aarhundrede; sidstnævnte teori støttedes ogsaa i længere tid av nogle faa indflydelsesrike mænd og gjaldt for den officielle, indtil TORELL med overbevisende grunde fik den kuldkastet — og jeg tviler ikke paa, at Sverige, som har fostret saa mange udmærkede forskere gjennem tidernes løp, ogsaa snart for høifjeldsstudiet vil faa sin nye TORELL, der kan bryte autoritetstroen og med klarhet paavise overskyvningsteoriens uholdbarhet.

Summary.

The state of the "Mountain Problem" in Norway and Sweden at the end of the year 1909.

The "Mountain Problem" is the question whether the formations in the Scandinavian Highlands can be explained either as younger, folded, and metamorphosed formations in normal superposition over the underlying Silurian strata, or as older formations driven into anomalous superposition over the silur by overthrust (The Thrust-Theory).

The highland formations were formerly little known; in Norway KJERULF named them "Highland Quartzites", and in Sweden TÜRNEBOHM named them "The Seve Group". In my earlier work "On the Geology of Central Norway" 1905, I showed that the Highland formations consist of two distinct formations: (1) The younger or upper sparagmitformation (Valdres-sparagmit, probably corresponding to the Devonian beds of Nordfjord and Söndfjord in Western Norway), and (2) The Eruptive Series of the Highland formations (gabbro, sodagranite, &c.).

Both these formations are often strongly *metamorphosed* so that they have a gneiss-like character. A portion of these formations has been mapped by the *Norwegian Geological Survey* and given in its publication No. 47: the text to the Geological map of the mountain districts

between Jostedalbræ and Ringerike by Dr. HANS REUSCH, Kristiania 1908, with map and English Summary. There is here no longer any problem and no overthrusts are shewn on the map. Regarding those "granitic and most pressed rock" formations—coloured red in the map—we have however the observation "age undetermined"; but the same remark ought also to be added to gabbro and anorthosite, for these and the granitic rock formations go closely together; they both belong to the eruptive series of the Highland formations, which must be considered as *younger* eruptives, which issued after the formation of the upper sparagmites and probably during the mountain making process itself, but these eruptives are not younger than the folding process, as their structure has been widely influenced by pressure. The Mountain Problem is in reality solved in Norway, and when Dr. Reusch in his description above mentioned, speaks of overthrusts, he means simply *lesser pushing or over-thrusting* between granitic and gneissic rocks and sedimentary Cambro-Silurian phyllite. The thrust theory of the Swedish geologist, Dr. Törnebohm demands huge overthrusts of from 140 to 200 km. This theory has at the present time no followers in Norway. Professor HÖGBOM is therefore not quite correct when he says in his "Studies in the Post-Silurian Thrust Region of Jämtland". (Geol. före. förh. B. 31, p. 291): "Regarding the southern part of the mountain range which runs through central Norway, from Jotunheim to Hardanger, the opinions of Norwegian geologists do not seem to be unanimous, inasmuch as some of them have accepted the overthrust theory, while others are undecided or maintain a normal superposition of the "highland-quartzites" (schists, gneisses, quartzites) over the Silurian".

This statement would perhaps have passed muster ten years ago, but will not so far as concerns the present standpoint of the Norwegian geologists.

The Thrust theory has been tried in Norway, but is now rejected. The present author has studied the great overthrusts both in the Alps and in Scotland, and worked for fifteen years in Central Norway; at one time he employed the Thrust theory as a working hypothesis, and attempted to make use of it for certain localities, but he found after further work in other districts that it could not be employed, — and therefore he was obliged to abandon it. Neither do we need it, for it has not yet been proved with absolute certainty that older formations to any large extent rest upon younger formations; on the contrary what is required in the future is a closer study of the metamorphosed part of the highland mountain formations and the effect of this metamorphosis on the various parts of the formation.

In Norway everyone now recognises an upper *sparagmitformation* of upper silurian or devonian age; such is not recognised in Sweden, where they name the formations lying above the Silurian “the Seve group”, consisting of a clastic facies (the sparagmitformation) and a crystalline facies (the aareschists); but this is a very doubtful group the constituents of which are very various and are partly of clastic, and partly of eruptive origin.

The most experienced of the Swedish mountain geologists now at work, Dr. Svenonius, is an opponent of Törnebohm's Thrust theory. Prof. Holmquist has a similar opinion to that of Dr. Reusch, in that he agrees to the lesser overthrusts but not to the greater.

Törnebohm and Högbom are the most important supporters of the great overthrust theory; their standpoint

has, in a manner become official in Sweden, and is therefore probably supported by others who have had little opportunity of forming any independent opinion. But according to my experience of the Norwegian mountains where we have about the same formations as in Sweden, this theory will scarcely prove satisfactory in the long run. It may possibly be made to serve for one single tract, e. g. Jämtland, but it will be impossible to trace the overthrust in its supposed progress along the mountain range.
