

Uran og thorium i Norge

Av

THOR L. SVERDRUP, CHR. DICK THORKILDSEN
og HARALD BJØRLYKKE

Innhold.

	Side
Abstract in English	5
Uran	5
Thorium	7
Prospekterin etter uran og thorium	8
Stokkøy og Arøy	10
Alunskifer, Oslofeltet	10
S. Kvaløy, Troms	12
Njallavzi Troms	15
Orrefjellet Salangen, Troms	16
Øknanuten, Rogaland	17
Rendalsvik grafittforekomst, Holandsfjord, Nordland	17
Knaben Molybdenforekomst, Vest-Agder	19
Modum — Snarum, Buskerud	19
Spendivegg, Kviteseid, Telemark	21
Sammenstilling	21
Tabelloversikt over uran og thorium-mineraler funnet i Norge	23
Litteraturliste	30

Abstract.

In this short publication is mentioned what we today know on uranium and thorium in Norway.

U occurs accessory in gneisses and granites, dispersed in Cambrian shales, associated with quartz and calcite in brecciated zones, and on secondary veins of quartz and at last in pegmatites.

Th is found in the syenite and nefelinsyenite rocks of the Oslo region, in the common feldspar-quartz quarries, but the most important deposit is Rødberget near to Ulefoss. The Rødberget also contains up to 3 % Ce-earth and app. 0,1 % Nb_2O_5 .

With the prices on U and Th today, it is not possible to quarry U and/or Th economically alone from known Norwegian deposits today.

A list of all minerals containing more than 0,1 % U and/or Th found in Norway are placed at the end.

Uran.

Uran er et meget sjeldent grunnstoff som opptrer i så liten mengde at man har beregnet at det utgjør bare 0,0004 % eller 4 g pr. t. av den øvre kjente del av jordskorpen.

Metallet ble oppdaget i 1789 av M. H. Klaproth, som oppkalte det etter planeten Uranus.

Uran hører til de grunnstoffer som spaltes uten ytre påvirkning. Denne spaltning bevirker en radioaktiv stråling som sverter en fotografisk film på samme måte som alminnelig lys.

Det siste ledd i denne spaltning er isotoper av bly ^{206}Pb , ^{207}Pb .

Den viktigste uranerts er mineralet uranbekerts. Det består av uranoksyd ($UO_2 - U_3O_8$). Mineralet er sort, tungt og finnes særlig i tilknyt-

ning til granitter, på grovkornede granittiske ganger, de såkalte granittiske pegmatittganger. Slike ganger brytes for utvinning av feltspat og kvarts.

Dessuten finnes uranmineraler også avsatt av vandige oppløsninger på ganger og sprekkesoner i jordskorpen og i enkelte sedimentære bergarter.

På grunn av sin spaltning som foregår med konstant hastighet, uansett de ytre forhold, kan man benytte uranholdige mineraler til å bestemme alderen av de bergarter de opptrer i ved at man bestemmer forholdet mellom uran og de spaltningsprodukter som er dannet.

Ved forvitring kan uranbekertsen danne en rekke vannholdige uranoksyder, og uran kan også opptre som underordnet bestanddel i en rekke sjeldne mineraler, som man også finner på granittiske pegmatittganger.

Driften på feltspat på de norske granittiske pegmatittganger begynte allerede i 1790-årene, og den første tid ble det meste feltspat levert Kongelig Porselænsfabrik i København og særlig til tyske porselensfabrikker. Ved denne feltspatdrift ble det også utdrevet en rekke sjeldne uran- og thoriumholdige mineraler som opptrer i små mengder på disse pegmatitter. Allerede i 1840-årene ble uranbekerts og det uranholdige mineral euxenitt beskrevet av professor Scheerer (12) fra norske pegmatitter som ble drevet på feltspat. Med den økning av feltspatproduksjonen som fant sted i siste halvdel av forrige århundre ble det satt i drift mange nye feltspatgruber, særlig i nærheten av Moss, og i traktene Arendal — Kragerø, og det fremkom ved feltspatdriften forholdsvis betydelige mengder av uranbekerts og en rekke andre uranholdige mineraler, særlig euxenitt og samarskitt. I 1878 beskrev professor Nordenskiöld (7) en uranbekerts fra et feltspatbrudd ved Garta nær Arendal, som inneholdt betydelige mengder sjeldne jordartselementer av Y-gruppen, og ga dette mineralet navnet cleveitt. Senere i 1884 beskrev professor Blomstrand (4) en thoriumholdige uranbekerts fra Ånerud nær Moss under navn av Brøggeritt.

I forrige århundre ble uranbekerts i det alt vesentlige anvendt til fremstilling av uranfarger, særlig i glassindustrien, men det var bare en ubetydelig produksjon av dette mineralet. Men etter at det radioaktive element radium ble oppdaget i 1898, ble uranbekerts etterspurt som råstoff for fremstilling av radium, og også i Norge forsøkte man seg med utvinning av bekerts fra de granittiske pegmatittganger. I slutten av forrige århundre klarte professor Ramsey (9) å isolere grunnstoffet helium, og det er oppgitt at materialet som ble benyttet var uranbekerts fra de granittiske pegmatittganger i Vats i Rogaland. Helium var tidligere kun kjent fra solspekteret. I våre bergmesterberetninger fra 1904 finner man at uranforekomsten i Vats i nærheten av Haugesund ble solgt til en engelsk-

mann ved navn Price, som ved Kongelig resolusjon samme år fikk konseksjon på utvinning av uranbekerts fra denne forekomst som ble kalt Thors grube.

Det viste seg imidlertid snart at innholdet av bekerts var meget lite og uregelmessig fordelt, og det ble bare utvunnet noen få kilo før driften ble nedlagt. Den samme skjebne hadde en rekke andre bekertsførende pegmatitter som ble forsøkt drevet på uranbekerts i årene frem til første verdenskrig. De mest kjente av disse forekomster var Ånerød nær Moss og Auselmyra nær Tvedestrand.

Senere er det hvert år fremkommet små mengder uranbekerts og andre uranholdige mineraler som biprodukter ved feltspatdriften, særlig i Østfold og på Sørlandet, men den samlede produksjon fra norske pegmatittganger har neppe oversteget noen 100 kg uranbekerts og noen 10-talls tonn med euxenitt-mineraler. En stor del av dette er blitt solgt som museumsstuffer til mineralogiske museer over hele verden, og norske pegmatittganger er kjent verden over nettopp på grunn av sitt innhold av disse sjeldne mineraler.

Thorium.

Thorium er også et sjeldent grunnstoff som utgjør gjennomsnittlig bare 10 g pr. tonn av den øvre kjente del av jordskorpen.

Det er et radioaktivt grunnstoff som spaltes. Siste ledd er ^{208}Pb .

Thoriummineraler kan derfor også benyttes til aldersbestemmelse av de bergarter de opptre i. De rikeste thoriumertser er mineralene thoritt og orangitt som inneholder thorium og kiselsyre (ThSiO_4).

Også disse mineraler finnes på pegmatittiske ganger. Det finnes en rekke mineraler hvor thorium inngår som en underordnet bestanddel oftest sammen med sjeldne jordartselementer.

Særlig viktig er monasitt, som er et ceriumfosfat som kan inneholde inntil ca. 10 % Th.

Også monasitt er et mineral som finnes på granittiske pegmatittganger, men det finnes særlig i store mengder i anrikt strandsand i Brasil, India og Florida og kan utvinnes av denne.

Thoritt og orangitt er kjent fra gammel tid fra norske pegmatittganger, særlig i omegnen av Kragerø og fra de nefelinsyenittiske pegmatittganger i området ved Langesund. I 1894 og 1895 oppsto det en voldsom etterspørsel etter thoritt for fremstilling av thoriumoksyd til glødemantler i gassbrennere. I denne tid ble mineralet thoritt betalt med inntil kr. 500,—

pr. kg, og det oppsto i Kragerø-traktene en skjerpefeber på thoritt, den såkalte thorittfeber. Denne skjerpefeber varte bare ca. 1 år og ble slutt allerede i 1895, da prisen falt p.g.a. oppdagelsen av thoriuminnholdet i monasitt. Monasittsand fra Brasil konkurrerte da ut norske thoriumforekomster. Bergmesteren beregnet at det i årene 1894—95 ble utvunnet thoritt for ca. 1 million kroner i Kragerø-området.

Prospektering etter uran og thorium.

På grunn av sin radioaktive stråling kan både uran og thorium påvises ved hjelp av spesielle instrumenter, Geiger-Müller-tellere og scintillometre (Siggerud 1956) (15).

På grunn av utviklingen under siste krig ble det etter krigen meget aktuelt å undersøke hva vi hadde av uran og tildels thorium som råstoff for utnyttelse av atomenergi. Den første øyeblikkelige undersøkelsen tok sikte på å skaffe uran til en forsøksreaktor for det norske Institutt For Atomenergi, og dette institutt satte derfor igang en systematisk undersøkelse for å få undersøkt mulighetene for en norsk produksjon av uran og eventuelt thorium. Det ble utført endel orienterende undersøkelser av norske alunskifer, men innholdet av uran i disse var forholdsvis lavt, vanligvis under 50 g pr. tonn. (Skjeseth) (20) ((Siggerud)) (13). Ved siden av uran holder disse skifer noe vanadium (inntil 0,15 %) og ca. 5 % kalium. Institutt For Atomenergi utførte i 1947 endel diamantboringer i alunskiferen ved Brevik, og det ble samtidig utført endel utlutningsprøver med salpetersyre med denne skiferen. Det viste seg imidlertid at utlutningsprosessen bød på atskillige vansker, og videre planer ble derfor oppgitt.

Undersøkelsene av de tidligere kjente forekomster av uranbekerts på granittiske pegmatittganger ga nedslående resultater, da det viste seg at gehaltene var små og meget uregelmessig fordelt på gangene. Den beste pegmatittforekomsten som ble funnet ved disse undersøkelser var en pegmatitt ved Einkerilen i Evje, Setesdal, som tidligere hadde vært i drift på feltspat. Denne pegmatitt hadde enkelte soner med biotitt, ilmenitt og uranbekerts som var ganske rike. Det ble også søkt etter forekomster av uranholdige euxenittminerale og samarskitt, men disse forekomster var også ujevne, samtidig med at euxenittminerale ikke er et gunstig råstoff for uranfremstilling. Etter dette ble det besluttet å fortsette undersøkelsene av den uranbekertsførende granittpegmatitt ved Einkerilen. Det ble utført en rekke diamantboringer på forekomsten. Disse viste at pegmatitten hadde en meget begrenset størrelse, og fordelin-

gen av uranbekerts på gangen var meget uregelmessig. Det ble imidlertid funnet en ny forekomst i nærheten av samme type, som kunne danne reserver ved den eventuelle drift. For snarest mulig å kunne skaffe tilstrekkelig mengde uran til en prøverektor, ble det bygget et forsøksanlegg med et oppredningsverk, basert på en skånsom knusing, maling og en anrikning ved hjelp av vaskebord. Forsøksdriften, som begynte året 1951, ga dårlig resultat, da det viste seg at det oppsto store tap av uranbekerts i slammet etter malingen, og da det sommeren 1951 lyktes IFA å kjøpe uran i utlandet, ble driften innstilt (3) (10).

I årene etter siste krig fikk man således i Norge en ny uran-thorium-feber, hvor mange private også deltok i undersøkelsene. For å forsøke å hjelpe de private i deres jakt ble det ved NGU utarbeidet en håndbok: «Uran og uranleting» (Siggerud 1956). (15).

Det ble i årene etter krigen også søkt etter forekomster av thorium, og det viste seg at de gamle, kjente forekomster av thoritt på pegmatittgangene var for små og fattige for en økonomisk produksjon av thorium. Betydelige forekomster av thorium ble imidlertid funnet i 1959 av A/S Norsk Bergverk's geologer i Fensfeltet. Man har her en jernmalmførende karbonatittbergart (av Brøgger) kalt rødberget, som ved målinger viste en betydelig aktivitet. Denne bergart, som har en betydelig utbredelse i Fensfeltet, er en karbonatbergart med overveiende kalkspat, som er rødfarget av fine innleiringer av hematitt. Her har tidligere vært en betydelig grubedrift på jernmalm ved de gamle Fen gruber. Analysene av rødbergetprøvene utført av IFA og ved Eldorado Mining and Refining Company, Canada, viste at denne bergarten inneholder 0,2 kg pr. tonn thorium og ca. 2 % jordarter tilhørende Ce-gruppen, mens uraninnholdet var ubetydelig. Thoriumgehalten viste seg å være meget finfordelt i bergarten, og det lyktes ikke å isolere det thoriumholdige mineral, men oppløsningsforsøk tyder på at thorium inngår i et mineral tilhørende parisittgruppen. Thorium synes å være særlig anrikt i jernmalmen. P. Sæbø har kunnet påvise små krystaller av parisitt-synchesitt i malmen.

Forrådene av denne thoriummalm er meget store, og det foreligger muligheter for en utvinning av thorium og sjeldne jordartselementer som biprodukt ved produksjon av jernmalmkonsentrater.

Ertsmineralet i niobmalmen ved Søve gruber i Fensfeltet, er en niobpyroklor som inneholder 1,5—2 % thoriumoksyd, men man kan for tiden ikke av dette utvinne thorium som et biprodukt på lønnsom måte.

Uraninnholdet i niobmalmen er ubetydelig i de forekomster i Fensfeltet som sist var i drift. Under inndriften av en 100 m lang stoll inn til

det sentrale karbonatittfelt, støtte man imidlertid på mindre, sterkt uran-mineraliserte soner med et pyroklormineral som inneholdt 15—20 % uran-oksyd tilsvarende et mineral som er beskrevet fra Canada under navnet ellsworthitt (28). Hittil har man imidlertid ikke kunnet påvise drivverdig malm av denne typen.

Også i nefelinsyenittområdet ved Langesund er det skjerpet opp store soner med ganske betydelig gehalt av thorium. Arbeidet her, som er utført for private av geologer ved NGU, kan vi gi følgende kortfattede resumé av:

Stokkøy og Arøy.

I den midtre del av Langesundsfjorden er det en ganske merkbar thori-umanomali som går over øyene Stokkøy og Arøy. Bergarten hvor thorium-mineraliseringen er anriket ligger i en sone mellom larvikitt og kambrosilursedimenter på Arøy. Den anrikete sonen er breksiert. I denne sonen er det på sine steder mindre partier med basalt. Thorium ser ut til å være anriket i de soner som er sterkt jernholdige, en ting som også er funnet i Fensfeltet. I de sterkeste anomalier i sonen er thoriuminnholdet 1500—2000 g ThO_2 pr. tonn. Gjennomsnittsinholdet ligger betydelig lavere, ca. 200 g ThO_2 pr. tonn. Innholdet av Ce-jordarter er 1—2 ganger thori-uminnholdet. (Muntlig medd. fra bergingeniør N. A. Nielsen p. t. Joma Bergverk.)

Alunskifrene.

Særlig Oslofeltet var et av de områder som spesielt ble undersøkt under den videre systematiske undersøkelsen etter uran og thorium i Norge. Arbeidet ble utført ved Norges geologiske undersøkelse.

De beste soner i alunskiferen holdt fra 0,15—0,25 % vanadium og inntil 170 g pr. tonn uran. Undersøkelsene ble ledet av statsgeologene Siggerud og Skjeseth (20).

I tillegg til de data som er gitt av Skjeseth kan det her være verdt å nevne Siggeruds konklusjon vedrørende vurdering av alunskiferen som uran-malm (13).

1. Alunskiferens uraninnhold er lavt og ingen steder er det funnet anrikninger på over 180 g pr. t. For eksempel kan nevnes at den gjennomsnittlige gehalt i det store Løten-området er ca. 65 g pr. tonn U.

2. Alunskiferen er overalt meget finkornet. Uraninnholdet kan ingen steder anrikes ved noen mekanisk prosess. Uranet må taes ut under kjemisk-metallurgisk behandling av hele bergarten.

3. Alunskiferen er overalt rik på kalksoner (opptil 50 %). Dette nedsetter den gjennomsnittlige urangehalt (som er bestemt i skiferen), og nærmest umuliggjør en syreutlutning, da det vil kreves store syremengder bare for oppslutning av kalken.

4. Alunskiferen er overalt mer eller mindre metamorf. Dette vanskeliggjør en utlutning, da uranet er fastere bundet enn i de umetamorfte alunskifre.

5. Alunskiferen har overalt et ikke ubetydelig innhold av svovel og kullstoff. Andre elementer av økonomisk betydning spiller en helt uvesentlig rolle.

Siggeruds rapport slår dermed fast at selvom en i alunskifrene har en uranholdig skifer med meget stor utbredelse, så er gehaltene så små og vanskelighetene med utvinning så store at skiferen som uranmalm har svært liten økonomisk interesse i dag.

De mere omfattende, systematiske undersøkelser etter uran og thorium ble startet opp ved Norges geologiske undersøkelse i 1954 (16) (17). Samtidig med at NGU anskaffet en bil med radiometrisk utstyr så alle norske veier kunne bli kjørt opp og radiometrisk undersøkt, ble det ved institusjonen bygget ut et radiometrisk laboratorium. Veiprofilene som ble kjørt opp, og som utvilsomt representerer meget gode snitt gjennom de forskjellige bergarter i Norge, samt innsendte prøver fra forskjellige private, ga som resultat at flere detaljerte undersøkelser av spesielle områder måtte foretas i felt. I de senere år har man ved NGU plasert scintillometer i fly, og radiometriske undersøkelser utføres nå parallelt med elektromagnetiske målinger fra luften. Også disse undersøkelsene har ført til at enkelte radioaktive områder har måttet undersøkes på bakken. Områdene som hittil er fulgt opp etter radiometriske målinger ifra luften er vesentlig i det sydlige Oslofelt, og våre undersøkelser i laboratoriet på innsamlede prøver har vist to typer mineralisering:

1. Pegmatitter med tydelig thoritt (orangitt)-mineralisering.
2. Impregnasjoner i bergart (syenitt) og tydelig anrikning av zirkon. Zirkon er svakt radioaktiv og holder antagelig thorium.

En tredje type «anomali» har en også i dette feltet. Disse «anomali» opptrer når flyet passerer over nakent fjell i forhold til overdekke.

Det kan ofte være vanskelig å skille disse «anomalier» fra de virkelige anomaliene, og det har vist seg nødvendig å foreta feltundersøkelser for å fastlegge disse trekk.

I tillegg til de mere regionalt betonte undersøkelser som er nevnt ov er har det vært utført detaljerte undersøkelser på spesielle forekomster. I denne oversikten skal det tas med noen av disse forekomstene.

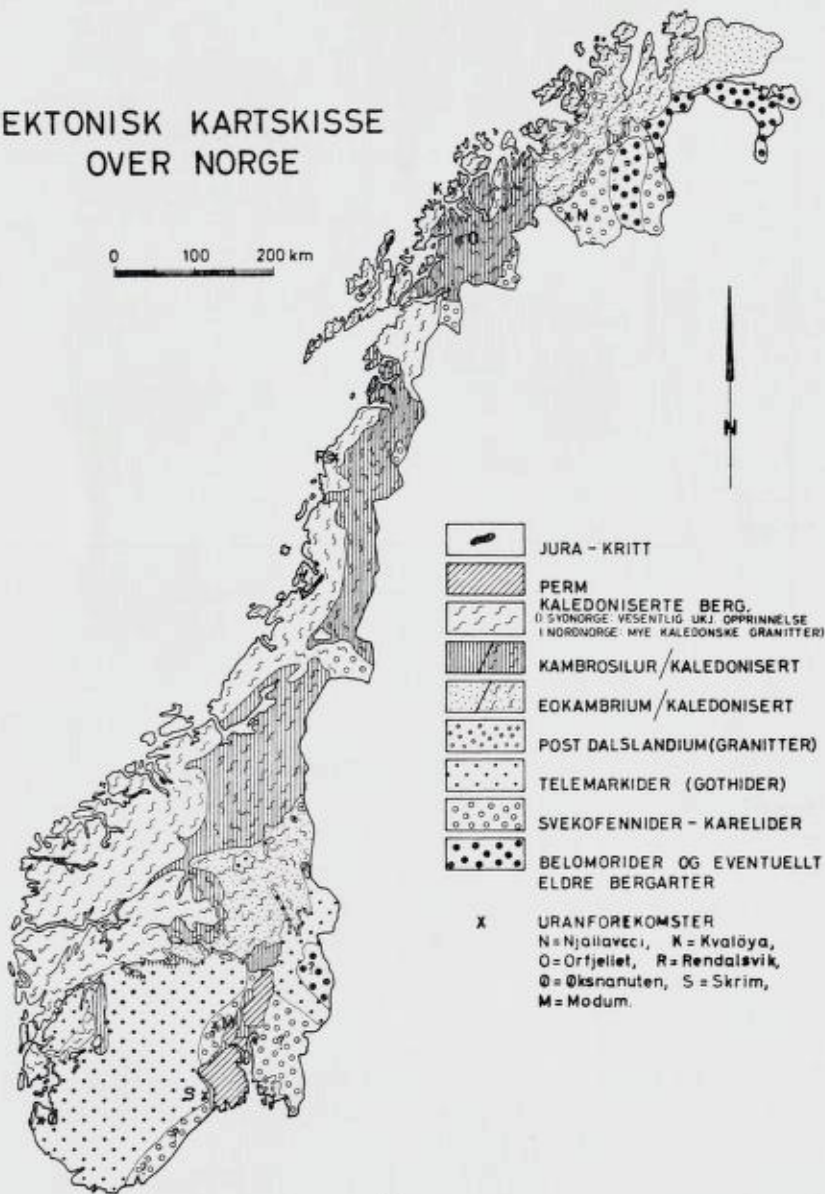
S. Kvaløy, Troms.










I midten av 1950-årene ble det foretatt radiometriske undersøkelser på S. Kvaløya vest for Tromsø. Geologisk ligger feltet i kyststrøkene granitt- og gneiskompleks i Troms. Det har foregått en utstrakt granittisering i kaledonsk tid. De første undersøkelsene ble foretatt av daværende statsgeolog Finn J. Skjerlie, og mye av det som følger er hentet fra hans rapport (19). Bergarten er som nevnt vesentlig granitter og gneiser. I disse bergartene har bevegelser i jordskorpen ført til dannelse av skjærsoner, med den samtidige uranmineralisering. I overflaten påviste statsgeolog Skjerlie uranmineralet uranofan som sekundærmineral. Videre antok han at samarskitt muligens kunne være primærmineralet. Ved målingene fant han at gangene hadde en gjennomsnittsaktivitet som tilsvarte ca. 300 g pr. t U_3O_8 . Skjerlies konklusjon var at ut fra de foretatte undersøkelser var forekomsten for fattig til å drives økonomisk. Imidlertid synes det klart at det har foregått en sterk utlutning av uran i overflaten. Hvor sterkt urangehalten vil øke mot dypet, er det bare diamantboringer som kan avgjøre. Skjerlie sier videre: «Vi må imidlertid være klar over at en i en skjærsoner som på Middagsskarshøgda kan utlutningen strekke seg dypt på grunn av at vannet lett trenger inn i de mange sprekker. Kostbare undersøkelser av forekomsten vil jeg derfor fraråde». Det ble imidlertid den gang foreslått at mindre orienterende borhull skulle settes på for å få rede på hvorvidt urangehalten økte mot dypet, og om det var grunnlag for større undersøkelser. Ifølge Skjerlies rapport skal samarskitt være primærmineralet og uranofan sekundærmineralet.

Denne antakelsen (selvom begge mineralene er identifisert) må trekkes noe i tvil. For det første nevnes det at uranofan opptrer langt hyppigere enn samarskitt. Videre vet vi at uranofan holder opptil 65 % U_3O_8 , mens samarskitt er et relativt uranfattig mineral, og er et såkalt refractory mineral. Noe av det innsamlede Kvaløya-materialet ble derfor senere bearbeidet. Materialet ble knust og separert med acetylentetrabromid, og etterpå med Franz magnetseparator. De forskjellige magnetiske frak-

TEKTONISK KARTSKISSE OVER NORGE

0 100 200 km



-  JURA - KRITT
-  PERM
-  KALEDONISERTE BERG.
(I SYDNORGE VESENTLIG U.K. OPPRINNELSE
I NORDNORGE: MYE KALEDONISKE GRANITTER)
-  KAMBROSILUR / KALEDONISERT
-  EOKAMBRIUM / KALEDONISERT
-  POST DALSLANDIUM (GRANITTER)
-  TELEMARKIDER (GOTHIDER)
-  SVEKOFENNIDER - KARELIDER
-  BELOMORIDER OG EVENTUELLT
ELDRE BERGARTER

- X URANFOREKOMSTER
 N = Njallavcci, K = Kvaløya,
 O = Orfjellet, R = Rendalsvik,
 Ø = Øksnuten, S = Skrim,
 M = Modum.

Fig. 1.

sjonene ble så målt radiometrisk, og en fikk tydelig utslag i enkelte fraksjoner. Se fig. 2. Langs absissen er strømstyrken på magnetseparatoren avsatt, langs ordinaten er høyeste målte aktivitet brukt som enhet.

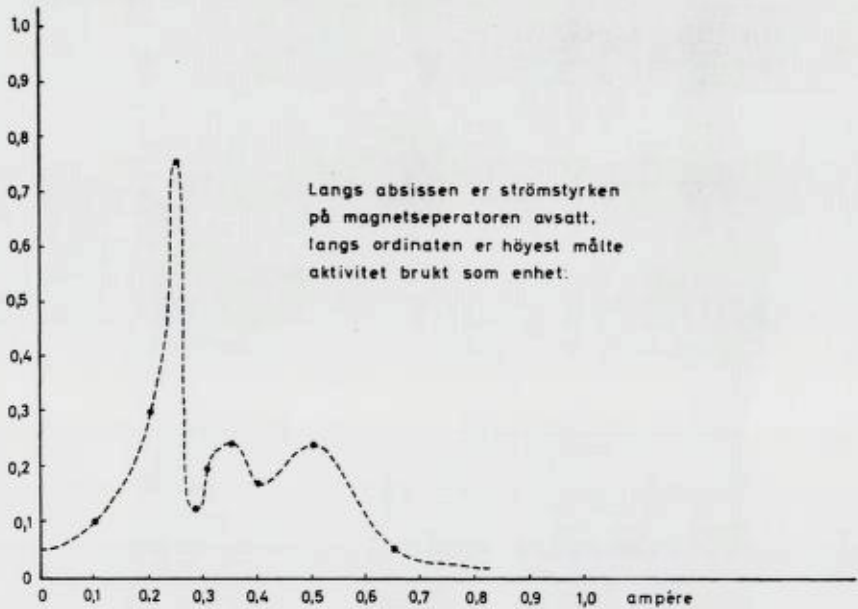


Fig. 2.

Som det fremgår av kurven, har en tydelig en radioaktiv anriktning i fraksjon 0,25 A, videre svake topper i fraksjonen 0,35 A og 0,50 A. Mineralet i fraksjon 0,25 A var lett å plukke ut. Det er ikke metamikt og viste på røntgen uraninittstruktur. At en har uraninitt som primærmineral er også meget mer sannsynlig sålenge en vet at uranofan er sekundærmineral. Mineralet i fraksjon 0,50 A er identifisert som euxenitt. Mineralet er metamikt.

Statsgeolog Sverdrup var sommeren 1958 sammen med daværende statsgeolog Thor Siggerud på Kvaløya og gikk over de radioaktive områdene. De var begge enige med Skjerlie i hans uttalelse om at radioaktiviteten er knyttet til skjærbevegelser i området, og at den radioaktive sonen på Middagsskarshøgda går i retning NNØ — SSV. Sverdrup var derimot ikke enig i at det er en typisk sekundærmineralisering en har på Kvaløya. Det virker mer som en primærmineralisering. Hovedmineralet er uraninitt. Noe euxenitt og samarskitt (Skjerlie) er funnet, videre uranofan (Skjerlie) og kasolitt rundt uraninitten.

Tilslutt kan det nevnes at et svensk selskap har foretatt visse videregående undersøkelser (diamantboringer m. m.), men NGU kjenner ikke resultatene av disse arbeidene.

Njallaavzi, Troms fylke.

Under NGU's undersøkelser på Finnmarksvidda sommeren 1955 fant daværende statsgeolog Tore Gjelsvik et område i Njallaavzi som viste radioaktive anomalier. Sommeren 1956 ble det utrustet en ekspedisjon for å fortsette undersøkelsene. Meddelelsene over feltet er basert på Finn Skjerlies rapport (18) skrevet etter disse undersøkelser.

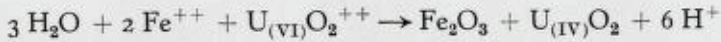
Forekomsten ligger i Njallaavzi mellom Njallaajokkas utløp i dalen og NV for Avzevarri i Troms fylke. Dalen er her meget trang og bratt. I bunnen er det tett bjerkekratt, og dalsidene er dekket av ur. Det er således vanskelig å ta seg frem i dalen.

Uranforekomsten står i nordvestre dalside. Bunnen er fullstendig dekket av løsavleiringer, det er vanskelig eksakt å fastlegge hvor forekomstens sydøstlige grense går. Uranmineraliseringen opptrer i en albitt-karbonatbreksje som faller meget sterkt sydøst. Den uranførende breksje har en utstrekning på ca. 3,5 km. Breksjen er ikke jevnt mineralisert, og gehaltene varierer meget. Breksjens mektighet er ca. 20—30 m. Det er utført laboratoriarbeid på det innsamlede materiale som viser at uraninitt er primærmineralet. Mineralet opptrer som sprekkefylling i den breksierte albittsyenitt. Uraninitten danner colophorm struktur i assosiasjon med hematitt, kloritt og kalkspat. Feltundersøkelsene og utførte boringer viser imidlertid at forekomsten må betraktes som forholdsvis fattig. Det er sannsynlig at gehalten (gjennomsnitt) neppe vil gå over 0,01 % U_3O_8 , eller 100 g U_3O_8 pr. tonn bergart. Forholdet er imidlertid at det bare er forekomstens nordvestlige side som er undersøkt, det er således mulig at uranmineraliseringen er større i de sentrale deler av breksjen. En undersøkelse av dette vil være forbundet med store vanskeligheter og store utgifter. Forekomsten ligger ugunstig til uten land- og sjøverts kommunikasjoner. Det er lite gunstig klima og strenge vintre.

Uranmineraliseringen er tydelig yngre enn albittsyenitten på stedet, da uraninitten opptrer på sprekker i albitt. Dog er det en viss sammenheng mellom mineraliseringen og albittiseringen, idet uraninitt bare opptrer i forbindelse med de grovkornede, røde albittsyenitter. I tillegg til det primært dannede uraninitt er det påvist sekundær uranofan.

Uranmineraliseringens genesis.

Uranmineraliseringen er ifølge Skjerlie en tydelig yngre dannelse enn albittsyenitten. Tross dette er det en sammenheng da uraninitt opptrer i forbindelse med de grovkornede albittsyenitter. Hydrothermalt dannet uran antas å kunne bli transportert som uranyllioner i karbonatrike løsninger. Utfellingen av de primære uranmineraler kan foregå ved en reduksjon. Således kan Fe^{++} virke reduserende på uranyllioner etter ligningen:



Denne reaksjon kan samtidig forklare den utbredte assosiasjon av hematitt og uraninitt.

I Njallaavzi synes det som om uranmineraliseringen best kan forklares med at den har foregått samtidig med karbonatiseringen, idet karbonatrike løsninger var istand til å transportere uranyllioner. Imidlertid støter en her på vanskeligheter, da det bare er en meget liten del av de karbonatrike breksjer som fører uraninitt, og det vil bli vanskelig å forklare forbindelsen mellom uranmineraliseringen og albittsyenittene. Skjerlie mener problemet best løses ved å anta at uranmineraliseringen foregikk like etter dannelsen av albittsyenittene. Uranet ble transportert som uranyllioner i karbonatrike løsninger. Uraninitt ble da utfelt sammen med hematitt og kalkspat på sprekker. Senere fikk vi en storstilt tilførsel av karbonatrike løsninger som førte til dannelsen av de store mengder av karbonatholdige bergarter. I dette tilfelle førte imidlertid ikke løsningene uran. Denne senere tilførsel av kalsium i form av karbonat kan også forårsake dannelsen av det sekundære uranmineral uranotil som er funnet.

Orrefjellet, Salangen, Troms.

I Orfjellet ble det sommeren 1960 foretatt undersøkelser av et mindre granittisert område, som ligger inn mot kambrosiluriske skiferbergarter. Uranet er her anriktet i de deler av granitten som ligger nærmest skifrene. Av radioaktive mineraler er bare uranotil funnet, som må betraktes som sekundært mineral, videre primærmineralet uraninitt. Aktiviteten varierer innen vide grenser. I en enkelt linse, ca. 1 m² stor, er aktiviteten ca. 2000 g pr. tonn, mens rustoner i granitten holder 300—1000 g pr. tonn, og selve bergarten som er den langt overveiende holder ca. 40—130 g pr. tonn, alt regnet som U₃O₈. Det partiet hvor anrikningen er størst, utgjør ca. (10 . 50) m med ca. (200—250) g pr. tonn. (undersøkelsene er utført av statsgeolog Chr. Dick Thorkildsen.)

Øksnanuten, Rogaland.

Fra en privatmann i Rogaland mottok NGU sommeren 1958 en prøve for radiometrisk undersøkelse. Prøven besto i alt vesentlig av serpentin. Det viste seg at prøven var svakt radioaktiv. Serpentina var gjennomført av kvartsårer og uranmineralet (ukjent) syntes å sitte i kvarts. Senere sendte samme person inn andre prøver, nå av granatholdig, granodiorittisk, sterkt forvitret bergart, som var radioaktiv. Dette førte til at NGU foretok en befaring av området. Det var da satt noen skudd i forekomsten, og i et av skuddene hvor aktiviteten var meget høy, opptrådte store mengder av sekundærmineralet uranotil. Noe primærmineral ble ikke funnet. Ut fra hva en kunne se i dagen, syntes det som om radioaktiviteten var knyttet til kvartsårer og linser og hadde relativt ujevn og sporadisk opptrøden i felt. Det ble likevel rådet til å foreta en diamantboring av feltet for å få klarhet i forholdene (23). For det første kjente vi bare sekundærmineralet uranotil. Videre var overflaten sterkt forvitret, og det var mulig aktiviteten ville øke nedover hvor forvitringen og utlutningen avtok, og endelig var det usikkert ut fra overflaten hvorvidt uranet var bundet til kvarts. Undersøkelsen av borkjerner viste at uranet også mot dypet opptrådte svært sporadisk, og tildels i lavere konsentrasjoner enn i de rikste linsene i dagen. Gjennomsnitt i den rikste sonen i borhullet var ca. 120 g pr. tonn U_3O_8 mens gjennomsnittet for linsene i dagen var ca. 750 g pr. tonn. Bergarten var imidlertid mye friskere mot dypet, og uraninnhold ble påvist. Uraninnhold opptrer i oktaedre opptil 3—4 mm. Mineralet er ikke metamikt. (Forekomsten vil bli behandlet mer detaljert i en senere artikkel.)

Rendalsvik grafittforekomst, Holandsfjord, Nordland.

Rendalsvik grafittforekomst ligger i de kaledonske bergarter på sydsiden av Holandsfjord. Området hvor forekomsten ligger er beskrevet av Skjeseth og Sørensen (NGU 1952) (21). Bergartene stryker Ø-V og er foldet til et antiklinorium med akse fallende svakt mot vest. Bergartene som er granittiserte sedimenter, utgjøres av glimmerskifte med kvarts, grafittlag og kalklag. Grafittlaget har tidligere vært utnyttet økonomisk, men driften ble nedlagt som lite regningssvarende.

Et stort antall prøver er tatt i forbindelse med karteringen av området, og den mineralogiske sammensetning av grafittlaget er utført under ledelse av daværende konservator, dr. philos. Henrich Neumann, Geologisk

museum, Oslo (5), i nært samarbeid med IFA, SI, FF, NTH og NGU.*)

Grafittlagets mineralogiske sammensetning er vist ved tabell under, og er et gjennomsnitt av en rekke kanalprøver. Enkelte prøver kan variere meget fra tabellen.

Kvarts	35 %
Glimmer (mørk)	35 %
Feltspat	15 %
Grafitt	7 %
Ertser	8 %

Ertsfraksjonen utgjøres hovedsakelig av magnetkis. Videre er funnet rutil, spinell, svovelkis, sinkblende og uraninitt. Den umagnetiske del av tungfraksjonen inneholder ca. 0,5 % U. Uraninittkornene opptreer statistisk i bergarten og er såvidt store at friknusing er tilnærmet fullstendig ved nedmaling til — 100 mesh. Uraninnholdet varierer fra ca. 30—200 g pr. tonn. Bestemmelsene er hovedsakelig kjemiske. Beregning av forrådene er vanskelig, dels på grunn av de geologiske forhold, dels på grunn av varierende uraninnhold. Videre kommer det forhold inn at resultatene er forskjellige fra samme prøve analysert ved forskjellige laboratorier.

Dr. Neumann anslår forrådene til å være:

Tonn påvist malm	19,0 (32,5)
Tonn uran sannsynlig malm	70,3 (104,7)
Tonn uran mulig malm	50,1 (88,3)

Tallet i første kolonne er basert på kjemiske analyser og betraktes som minimumsverdier. Tallene i parentes baseres på G.—M.-målinger. Dr. Neumann anser de siste tallene for de mest sannsynlige.

Drivverdigheten av forekomsten vil avhenge av produksjonsomkostningene og videre av de to hovedprodukter glimmermel og grafitt. Uran vil i økonomisk henseende spille liten rolle med de priser som er for uran i dag.

*) IFA Institutt For Atomenergi.
SI Sentralinstitut for Industriell Forskning.
FF Forsvarets Forskningsinstitut.
NTH Norges Tekniske Høgskole.
NGU Norges geologiske undersøkelse.

Uranundersøkelsene ved Knaben Molybdængruber.

Norges geologiske undersøkelse foretok i oktober 1955 en undersøkelse av uranmineraliseringen i Knaben Molybdængruber. Undersøkelsene ble ledet av statsgeolog Thor Siggerud, mens laboratoriarbeidet ble utført ved T. van Autenboer (14).

Bakgrunnen på Knaben er 0,025 MR/hr, ca. 4—5 ganger det man ellers finner. Aktiviteten i gruben ble funnet fra 0,03—0,015. Store deler av gruben viste 0,05—0,07, mens andre partier viste ca. 0,1 MR/hr. Dette siste svarer til ca. 100 g pr. tonn, forutsatt at all radioaktivitet kommer fra uran (undersøkelsene er foretatt med PRI-scintillometer). Den laveste bakgrunn ble funnet i amfibolitt, høyest i noe kisimpregnert bergart.

Undersøkelser i dagen viser tildels store variasjoner innen samme bergartstype, enkelte ganger større enn mellom forskjellige bergarter.

I slammet fra vaskeriet viser det seg at det blir en anrikning av radioaktivitet fra mineraler i tungfraksjonen. Aktiviteten går opptil 1 MR/hr. Tungfraksjonen ble undersøkt i laboratoriet og følgende radioaktive mineraler ble funnet: uraninitt, monasitt og xenotim.

Uraninitt finnes i små terninger foruten pyrotoedre. Noen terninger inneholder svovelkis i sammenvoksning med uraninitt. Siggerud anser det ikke usannsynlig at uraninitt er utbyttet med svovelkis (pseudomorfose). Monasitt forekommer i avrundete korn ved store inneslutninger. Xenotim opptrer i krystaller. Røntgenundersøkelser viser at i denne uraninitt er den indre struktur noe forskjellig i forhold til en normal uraninitt. Det ble således antatt at uraninitten holdt ca. 10—15 % thorium-oksyd, og om dette er riktig, må en tro en har en mesotermal dannelse.

Selvom hele området er noe mere radioaktivt enn tilsvarende granittområder andre steder i landet, er det lite trolig at de urankonsentrasjoner en kan oppnå vil få noen økonomisk betydning.

Modum — Snarum, Buskerud.

I traktene Modum — Snarum arbeidet i årene 1955—56 et team fra NGU med en undersøkelse over de radioaktive anomalier innen området. Teamet besto av statsgeologene Siggerud og Skjerlie samt assistentene Erikson, Wiik og Van Autenboer. Laboratoriarbeidet ble i all vesentlighet utført av sistnevnte, likeledes den avsluttende rapport (25).

Geologisk hører området til Kongsberg — Bamble-komplekset med bergartstyper som utgjøres av amfibolitter, kvartsitter og forskjellige gneistyper med hovedstrøk N-S. Videre er det en rekke pegmatitter innen området.

Fahlbånd med strøk N-S og steilt fall kan følges på begge sider av Snarum-elven. Den betydeligste av sonene ligger på vestsiden og kan følges i ca. 10 km med en maksimal bredde på 150 m. I denne hovedsone ble det i årene 1776—1898 drevet en intens grubedrift på kobolt.

Radioaktive anomalier ble funnet over hele området, men ingen så store at de har økonomisk interesse.

I fahlbåndsonene er det vanligvis høyere aktivitet enn i omgivende bergart, ca. 5—10 ganger. Lokalt ble det funnet prøver med 0,3 % U. I samme prøve var det også et høyt innhold av kobolt.

Rosenqvist har påvist (11) en avtagende koboltmineralisering mot dypet, og teamet fra NGU kunne påvise det samme for uran.

Radioaktiviteten i fahlbåndene stammer hovedsakelig fra små kubiske uraninitt-krystaller, en mindre andel skyldes nærvær av zircon og monasitt.

Utenom fahlbåndene ble det funnet en rekke smale impregnasjoner som kun er av mineralogisk interesse.

I sprekkefyllinger i grønnskifer ble mineralet brannerite funnet for første gang i Norge, og det er beskrevet av Van Autenboer og Skjerlie (26).

I glimmerrike soner i pegmatitter ble uraninitt og kasolitt funnet.

I sprekkesoner i amfibolitt ble kubiske krystaller av uraninitt funnet, videre ble det i breksierte soner i gneis like ved pegmatitter funnet en radioaktiv anatas.

Undersøkelsene viste at en må skille mellom to mineraliseringsperioder av uran.

Den første fant sted i prekambrium, da pegmatittene ble dannet ved krystallisering av en sen-magmatisk restløsning, samtidig med en hydrotermal fase som er utkrystallisert i sprekker og breksiesoner.

Den andre og betydeligste fant sted i perm, da en Ni-Co-U-mineralisering i svakhetssoner ga opphav til fahlbåndene. Dette skjedde før de overliggende kambrosilurlag som er lite permeable, var fjernet.

Rosenqvist (11) og Vokes (27) mener at mineraliseringen fant sted i prekambrium. I en publikasjon av D. Gammon, som antagelig vil komme ut i 1967 vil det samme syn bli hevdet. (Muntlig meddelelse ved professor Vokes.) Disse tre sistnevnte publikasjoner omhandler ikke uran, som økonomisk er av mindre interesse.

Spendivegg, Kviteseid, Telemark.

Bergartsprøver i samlingene på Geologisk Museum fra de forlenget nedlagte kopper-gruver i Kviteseid, viste en meget svak radioaktivitet. Undersøkelser på de gamle berghaller og i de av gruvene som var tilgjengelige bekreftet en meget svak aktivitet.

Bearbeidelse av disse arkoselignende prøver viste at det foruten gedigent sølv og kopper, malakitt, kopperlazur, kuperitt og bornitt også var små mengder av uranvanadatene carnotitt og tyuyamunit tilstede.

Det er første gang disse to vanadater er funnet i Norge. Bearbeidelsen av materialet er utført av daværende statsgeolog Siggerud og statsgeolog Thorkildsen. En nærmere beskrivelse vil følge.

Sammenstilling.

Setter vi opp skjematisk det vi vet om thorium og uranets opptreden i Norge, finner vi:

1. Thorium.

- a) Thorium opptrer i Oslofeltets syenittiske til nefelinsyenittiske bergarter. De viktigste thoriumholdige mineraler en finner er thoritt ThSiO_4
orangitt, ThSiO_4 (ifølge Goldschmidt Ce-holdig)
I tillegg til dette har en også thoriumholdig zirkon m. m.
- b) Utover dette har en våre feltspat-kvartsforekomster med flere thoriumholdige mineraler, hvorav thoritt og orangitt også her er de langt viktigste.
- c) Vår betydeligste thoriumreserve, som vi kjenner i dag, er Rødberget i nærheten av Ulefoss. Ertsmineralet er her et parisittlignende mineral som opptrer meget finfordelt i karbonatbergarten. Denne bergart holder også ca. 2 % Ce-jordarter og ca. 0,1 % nioboksyd.

2. Uran.

Uran synes sålangt vi i dag vet å være knyttet til følgende bergarter i Norge:

- a) Accessorisk i eruptivbergarter (granitter, gneiser m. m.).
Eksempler: Iddelfjordsgranitten og prekambriske gneiser, f. eks. ved Knaben osv.

- b) Finfordelt i våre kambriske skifre.
- c) Bundet til kvarts og kalkspat i breksierte soner og på sekundære kvartsganger. Sekundære er her å oppfatte sett i relasjon til bergarten. Eksempler: Njallaavzi, Kvaløya, Øksnanuten m. fl.
- d) På pegmatitter.

a) Accessorisk opptreden av radioaktive mineraler i granitt og lignende bergarter er så velkjent at det ikke er grunn til å komme nærmere inn på det her. De mest alminnelige accessoriske mineraler her er i denne forbindelse; uraninitt, monasitt, orthitt, zirkon, euxenittmineraler m. m. Ved de radiometriske undersøkelser av granittfelter må en være klar over at kaligehalten i bergarten spiller en viss rolle. Likeledes graden av overdekke. Det har således vist seg etter radiometriske undersøkelser fra luften over våre bergarter i syenittområdene i Larvik-distriktet, at en kolle av syenitt som stiger opp gjennom overdekke har vist like stor aktivitet i relasjon til bakgrunnsnivået, som et sikkert zirkonanrikt felt viste i forhold til en vanlig syenitt. Dette viser at det er helt nødvendig å foreta en systematisk kontroll og undersøkelse på bakken av hver enkelt anomali registrert fra luften. Med slike radiometriske undersøkelser fra luften må også terrengforholdene forøvrig tas med i vurderingen, da en ved lav flyvning ofte kan motta en stråling fra sidefjellet.

b) Vedrørende våre kambriske skifre er disse såvidt grundig behandlet av andre (Skjelseth, Siggerud) at det er liten grunn til å behandle de mer spesielt her. Det eneste som kan tilføyes er at uran i våre kambriske skifre i det alt vesentlig er knyttet til de umetamorfe skifre innenfor Oslofeltet. Uran er relativt flyktig, og det synes som om svært små regionale forstyrrelser må til før uranet forsvinner.

c) Kvartsførende og breksierte uransoner. Av slike forekomster finnes det flere i Norge. Såvel Njallaavzi i nord som Øksnanuten ved Stavanger, Modum-feltet og et felt nord for Skrim ligger i prekambriske bergarter. (Fig. 1).

Kvaløya og Orfjellet ligger begge i kaledonske gneiser.

Felles for alle disse områdene (også Rendalsvik-feltet) er at de ligger i relativ nær kontakt til kambrosiluriske skifre og endog sannsynligvis til de undre lag av disse. Etter det en vet fra Oslofeltet er uran tydelig anrikt i de kambriske skifre. Videre vet vi at uranet er relativt lett flyktig og under metamorfe prosesser lett forsvinner. Således finner vi ingen uranaktivitet i våre regionalmetamorfe skifre. Vi må ha lov til å tro at

disse skifrene også primært var uranførende. En tanke kunne det derfor være å tro at uranmineraliseringen i de felter som er nevnt over er av kaledonsk alder ved en mobilisering av uranet fra de kambriske skifre under regionalmetamorfosen, og en transport og nyavsetning i «roligere» områder. Om denne tanken er riktig, vil det være en naturlig gang for en videre radiometrisk undersøkelse i Norge, i første rekke å konsentrere seg om randområdene i våre kambrosiluriske bergarter, og spesielt i breksierte områder og kvartsganger, hvor eventuelle uranløsninger lett har kunnet finne frem og blitt avsatt.

d) Pegmatittforekomster. De norske granittpegmatitter er kjent i utlandet, kanskje spesielt p.g.a. sitt innhold av sjeldne mineraler hvorav flere er uranholdige. Under har vi forsøkt å sette opp en liste over samtlige norske uranholdige mineraler, hvorav de langt fleste er funnet på de norske granittpegmatittene. Av spesiell litteratur vil vi her henvide til H. Bjørlykke, N.G.T. 1934 (1), H. Bjørlykke, NGU 1939 (2), I. Oftedal, NGU 1949 (8), T. Sverdrup, NGU Årbok 1959 (22) og H. Neumann, N.G.T. 1959 (6).

Tabelloversikt over uran- og thoriumholdige mineraler funnet i Norge.

I minerallisten er de U- og Th-holdige mineraler med et innhold av radioaktivt element $> 0,1$ tatt med. Endel av disse mineraler er sjeldne, og de er merket med stjerne.*

De kjemiske formler følger stort sett Strunz: Mineralogische Tabelle, 3. Auflage. For de fysiske egenskaper er det nyttet data fra E.Wm. Henrich: Mineralogy and Geology of Radioactive Raw Materials; MacGrawHill 1958. Klockmann's Lehrbuch der Mineralogie, 11. Auflage og G. Zeschke, Prospektion von Uran und Thorium-Erzen, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung 1956.

I siste kolonne i tabellen er angitt den første omtale av vedkommende mineral. For litteratur publisert før 1948 henvises videre til Oversikt over Norges Mineraler av Ivar Oftedal, og Feltspat V av Harald Bjørlykke hvor en rekke litteraturreferanser er oppgitt.

Navn	Formel	UO ₃ %	ThO ₂ %	H	Sp.-vekt	Glans	Farge	Fore-komst-type	Litteratur og eventl. bemerkn.
Allanitt									Engelsk betegnelse for ortitt.
Alvitt									Zirkon-variant med opptil 16 % HfO ₂ Hevesy and Jantsen (1924) Z. anorg. und allgem. Chem. 133: 113-118
Ancyllitt*	(Ce, La) ₄ (Sr, Ca) ₃ (CO ₃) ₇ (OH) ₄ · 3 H ₂ O	0,2	4,5	3,95			Brun-gulgrønn		(6) i litteraturlisten
Bastnäsitt*	(Ce, La)F · CO ₃	<0,5	0,4	4-4,5	4,8-5,2	Glass-rav	Voks-gul Pneurod brun lytisk.		Sverdrup, Bryn, Sebo (1959), NGT, Bd. 59.
Betafitt	(Ca, Ce, Y, U)(Nb, Ti, Ta) ₂ (O, OH) ₇	21	→1,3	4	3,8-5,3		Svart brun grønn		(1) i litteraturlisten
Blomstrandin	(Y, Ce, Th, Ca, U)(TiNb, Ta) ₂ O ₆								Var. av euxenitt. Brøgger (1906) Vid.-Ak. Skr. 1, Nr. 6.
Branneritt*	(U, Ca, Th, Y)(Ti, Fe) ₂ O ₆	27-43	4,4	4-5	4,5-5,4	Glass-aktig	Svart mørkebrun	Pegm.	(25) i litteraturlisten
Brøggeritt		70	14	5-6	8,80		Svart mørkegrå		Th-rik uranitt. (4) i litteraturlisten

Carnofitt	$K_2(UO_2 \cdot VO_4)_2 \cdot 3 H_2O$	63-65	2-3	4,5	Gul, gul-grønn	Arkose	Neumann og Bergstøl (1963) N. G. T. Bd. 43
Cerianitt*	(Ce, Th)O ₂	5,1	3,2				(22) i litteraturlisten
Clarkeitt	Na ₂ U ₂ O ₇	70-80	4-4,5	6,4	Mørk rød-brun	Sek. min.	(7) i litteraturlisten
Cleveitt							Var. av uranitt med opptil 10 % sjeldne jordarter.
Cyrtolitt							Eldre betegnelse for rad. metamikt zircon. Si erstattes av (OH) (Se alvitt).
Daviditt	(FeII, sj. jord, U, Ca) (TiIV, FeIII, VIII) ₃	20	0,1	5-6	Mørke-brun svart	Pegm.	Neumann og Sverdrup (1960) NGT Bd. 40
Euxenitt	(Y, Ce, U) (Nb, Ta, Ti) ₂ (O, OH) ₆	14	5	5,5-6,5 4,6-7,5	Svart mørke-brun	Pegm.	$\frac{TiO_2}{Nb_2O_5 + Ta_2O_5} \leq 3$ (12) i litteraturlisten
Ellsworthitt*		12				Karbo-natitt	Uranholdig pyroklor. (28) i litteraturlisten.
Fergusonitt — Formanitt	Y(Nb, Ta) ₄ O ₄ - VTaO ₄	8,2	5	5,5-6,5 4,2-5,8	Brun svart	Pegm.	Brogger (1906) Vid.-Ak. Skr. 1, Nr. 6.

Navn	Formel	UO ₂ %	ThO ₂ %	H	Sp.-vekt	Glans	Farge	Fore-komst type	Litteratur og event. bemerkn.
Fourmarieritt	$8(\text{UO}_2)(\text{OH}_2) \cdot 2\text{Pb}(\text{OH})_2$	78	0	3-4	6,05		Rød, red-gulbrun	Rød, red-gulbrun	(22) i litteraturlisten
Gadolinit	$\text{Y}_2\text{FeBe}_3(\text{O}, \text{SiO}_4)_3$	4,0	1,7	6,5-7	4,5		Svart brun-svart	Pegm.	Brogger (1906), Vid.-Ak. Skr. 1, Nr. 6.
Gummitt	Pb, Ca, Ba, U, Th,	82	3	2,5	3,9-6,4		Orange-red-brun	Sek.	En betegnelse som ble brukt tidligere for en rekke uidentifiserte vannholdige uranoksyder.
Kasolitt*	$\text{Pb}(\text{UO}_2)(\text{SiO}_4) \text{H}_2\text{O}$	49		4-5	5,9		Oker gul	Pegm.	(19) i litteraturlisten
Lanthanitt*	$(\text{La}, \text{Dy}, \text{Ce})_2(\text{CO}_3)_3 8\text{H}_2\text{O}$					Perle-mor	Hvit-	Pegm.	Sæbo (1961) NGT Bd. 41.
Malakon									Metamikt zirkon, hydrodret. Scheerer (1844).
Mikrolitt*	$(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Ta}, \text{Nb}, \text{Ti})_2 \text{O}_6(\text{OH}, \text{F}, \text{O})$	1-15	6	4	6,5		Gul-brun		Ta-rik pyroklor. Brogger (1906) Vid.-Ak. Skr. 1, Nr. 6.
Monazitt	$(\text{Ce}, \text{La}) \text{PO}_4$	→0,5	<15	5-5,5	4,8-5,5	Rav-lign.	Rød gul brun	Pegm.	Brogger (1906) Vid.-Ak. Skr. 1, Nr. 6.
Ortitt	$(\text{Ca}, \text{Ce}, \text{La})_2(\text{Al}, \text{Fe})_3(\text{O}, \text{OH})(\text{SiO}_4)_3$	0,06	3,2	5,5	3-4,2	halv met. Fett-akt	Beksv. brun rust-brun	Aks. i gran. og pegm.	Kjerulf (1879). Udsigt over det sydlige Norges geologi.

Parisitt*	$\text{CaCe}_2\text{F}_2(\text{CO}_3)_4$	0,63	spor	4,5	4,35	Brun- gul -filla	Pegm. Zeitschr. Krist. 16	Brogger (1890)
Polykraas								TiO_2 — > 3 $\text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5$ Se euxenitt
Polymignitt						Halv- met. Fett- akt.	Nef. sy. pegm.	Zr-holdig priotitt. Berzelius (1824). Vit.- Ak. Stockh. 338
Prioritt							Gran. pegm.	Se blomstrandin.
Pyroklor	$(\text{Na}, \text{Ca})_2(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti})_2\text{O}_6$ (OH, F, O)	1-15	8	4	6,5	Brun- gul	Nef. sy. pegm.	Org. beskr. Wöhler (1826). Pogg. Ann. 7, 417.
Risoritt*							Pegm.	Ti-rikt ledd i Fergu- sonitt-Formanitt- rekken.
Samarskitt	$(\text{Y}, \text{Er})_4(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_{7,3}$	17	4	5-6	5,4-6,2	Halv. met. mørke- brun	Pegm.	Brogger (1906) Vid.- Ak. Skr. 1, Nr. 6.
Stillwellitt	$(\text{Ce}, \text{La})\text{BeSiO}_5$		0,5			Brun gul		Neumann, Bergstol, Nilssen (1966) NGT Bd. 46.
Synchesitt*	$\text{CaCe}(\text{F}, \text{CO}_3)_2$		0,30					(24) i litteraturlisten
Tengeritt	$\text{CaY}_3(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$					Hvit	Sek.	Forvittringsprodukt på gadolinit og thalenitt.

Navn	Formel	UO ₂ %	ThO ₂ %	H	Sp.-vekt	Glans	Farge	Fore-komst type	Litteratur og event. bemerkn.
Thalenitt	Y ₂ Si ₂ O ₇	1	12	4,5-5	4,1-6,4	Glass-aktig	Gronn gul	Pegm.	Vogt (1922), Vid.-Ak. Skr. 1 nr. 1, p. 19.
Thoritt	ThSiO ₄	5	49-75	4,5-5	4,1-6,3	Glass-M.rod aktig	M.rod brun svart	Pegm.	Berzelius og Esmark, Vit. Ak. Handl. Stockholm. 1829, 1.
Tuyamunitt	Ca ₃ (UO ₂)(VO ₄) ₂ · 5-8 1/2 H ₂ O	57-58		2-3	3,7-4,3		Gronnl. Arkose gul		
Tysonitt	(Ce, La)F ₃			4,5-5	6,1		Lys voksgul redd-brun		Sverdrup, Sebo, Bryn (1965), NGT. Bd. 45.
(Uranbekerts) Uraninitt	(U, Th)O ₂	65-80	10	4-6	6-8	Halv-met. bekkakt. koks-lign.	Brun svart gra	Pegm. Hydro-tem. gan-ger	Scheerer 1897, Pogg. Ann. 77, 570
(Uranotil) Uranofan	Ca(H ₂ O) ₂ (UO ₂)(SiO ₄) ₂ · 3 H ₂ O	66		2,5	3,8		Hon-ningsgul	Sek.	(19) i litteraturlisten
Xenotim	YPO ₄	0-3,5	0-3,3	4-5	4,5-5,1	Fettgl.	Gul	Pegm.	Brogger (1906) Vid.-Ak. Skr. 1, nr. 6.
Yttrialitt		1	6-10	5-5,5	4,6	Glass-akt.	Gronn gul	Pegm.	Th-holdig Thalinitt

Yttriofluoritt	(Ca, Y) F _{2-2,33}			Spor	4	3,6-5,1		Pegm.	Th. Vogt (1911) Centralblatt Min. 373.
Yttrioantalitt	Y ₄ (Ta ₂ O ₇) ₂	17	4	5-5,5	5,4-5,9	Glass-aktigt tett grå	Svart mørk- grå	Pegm.	Brogger (1906) Vid.- Ak. Skr. 1, nr. 6.
Yttrioitanitt	(Ca, Y, Ce) Ti ₂ SiO ₅			<0,1				Aks. og pegm.	Erdmann, Scheerer (1844)
Zircon	ZrSiO ₄	→ 3	→ 5	7,5	3,0-4,8		Brun- rød brun gulak- tig	Aks. min.	Brogger (1890) Zeitschrift Krist. 16

Litteratur.

1. Bjørlykke, H. (1934): The Mineral Paragenesis and Classification of Granite Pegmatites of Iveland, Setesdal, Southern Norway. N. G. T. 14, 211.
2. Bjørlykke, H. (1939): Feltpat V. De sjeldne mineraler på de norske granittiske pegmatittganger. NGU nr. 154.
3. Bjørlykke, H. (1952): Norske Uranforekomster. Vi Vet. Tiden Norske Forlag.
4. Blomstrand, C. W. (1883): Om et uranmineral från trakten av Moss samt om de nativa uranarterna i allmänhet. Geol. För. Förh. VII.
5. Neumann, H. (1959): Uran i Rendalsvik. Bergarkivet nr. 1761, NGU.
6. Neumann, H. (1959): Contributions to the Mineralogy of Norway No. 1. An introduction. N. G. T. Bd. 39.
7. Nordenskiöld, A. E. (1878). Cleveite, et nytt yttro-uranmineral från Garta feltpatsbrott nära Arendal. Geol. För. Förh. IV.
8. Oftedal, I. (1949): Oversikt over Norges mineraler. NGU nr. 170.
9. Ramsay, (1895): Jour. Chem. Soc. Vol. 67:1107.
10. Rosenquist, I. Th. (1948): Uranforekomster i Norge. Tidsskrift for Kjemi. Bergvesen og Metallurgi. 8. årg.
11. Rosenquist, I. Th. (1949): Noen observasjoner og refleksjoner omkring Modum koboltgruver I. N. G. T. Bd. 28.
12. Scheerer, Th. (1840): Über den Euxenit, eine neue Mineralspecies. Pogg. Ann. B. 40.
13. Siggerud, T. (1955): Om alunskiferens uraninnhold og noen momenter for vurdering av alunskiferen som uranmalm. Bergarkivet nr. 3117, NGU.
14. Siggerud, T. (1955): Undersøkelse av radioaktiviteten i avgang fra oppredningsverket ved Knaben Molybdængruber. Bergarkivet nr. 3378, NGU.
15. Siggerud, T. (1956): Uran og uranleting. Småskrifter nr. 6, NGU.
16. Siggerud, T. (1959): Uranundersøkelser i Trøndelag. Årbok 1958, NGU nr. 205.
17. Siggerud, T. (1961): Radioaktivitetsundersøkelse av bergartsprøver i magasinene på Mineralogisk-Geologisk Museum, Universitetet i Oslo. Årbok 1960, NGU nr. 213.
18. Skjertlie, F. J. (1956): Rapport fra uranseksjonens undersøkelser på Finnmarksvidda, Troms fylke. Bergarkivet nr. 3115, NGU.
19. Skjertlie, F. J. (1957): Geologisk undersøkelse på Middagsskardshøgda, S-Kvaløy, Troms. Bergarkivet nr. 3067, NGU.
20. Skjeseth, S. (1958): Uran i kambriske alunskifre i Oslofeltet og tilgrensende områder. Årbok 1957, NGU nr. 203.
21. Skjeseth, S. and Sørensen, H. (1952): An example of Granitization in the Central Zone of the Caledonides of Northern Norway. NGU nr. 184.
22. Sverdrup, T. L. (1960): The Pegmatite at Rømteland. A description of the minerals and a discussion of the mineralparagenesis, especially within the system (Fe,Mn)O - TiO₂ - Y₂O₃ - (Nb, Ta)₂O₅ - SiO₂. Årbok 1959. NGU nr. 211.
23. Sverdrup, T. L. (1960): Ad. diamantboringer for undersøkelse av radioaktivt område på Øksnanuten ved Stavanger. Bergarkivet nr. 3788, NGU.

24. *Sæbø, Per Chr. and Neumann, H. (1961): Contributions to the Mineralogy of Norway. No. 10. On synchisite in Norway. N. G. T. Bd. 41.*
25. *Van Autenboer, T. (1957): The Radiometric Survey of the Modum Area. Bergarkivet, nr. 2802, NGU.*
26. *Van Autenboer, T. and Skjerlie, F. J.: Brannerite, a new mineral in Norway. Årbok 1956, NGU nr. 200.*
27. *Vokes, F. M. (1958). Metallogenic Provinces and Epochs in Norway. Tidsskr. f. Kj., Bergv. og Met., 18. årg.*
28. *Walka, T. L. and Parsons, Al. (1923): Univ. of Toronto Studies. Geol. Ser. No. 16. Contrib. to Canad. Min. (Se også Chem. Abs. Vol. 17, 1928).*