

To milliarder år før Tjernobyl

Resterne af en naturlig atomreaktor afslører, hvordan radioaktive gasser kan opfanges og radioaktivt affald kan opbevares på en mere sikker måde, end det sker i dag

Af Carsten Christophersen, carsten@kiku.dk



Ruwenzori bjergkæden - eller Månebjergene – rejser sig på grænsen mellem Uganda og Den Demokratiske Republik Congo (tidligere Zaire). Fra bjergene er der udsigt over den enorme Ituri-regnskov, der i det meste af året er utilgængelig pga. de store regnmængder. Det må ligne området, der omgav den gamle reaktor.

Foto: Carsten Christophersen

I Gabon i Vestafrika ligger resterne af et forstenet kernekraftværk. Det fungerede for 2 mia. år siden i en kort periode på omkring 150.000 år. Reaktoren nåede at omsætte over 5 tons uran og producerede omkring 15 GW-år. Reaktoren var tændt i perioder på en halv time afløst af 2,5 times hvilepause. Den genererede kun omkring 100 kW pr. cyklus, hvilket kan sammenlignes med effekten fra en lille forsøgsreaktor.

Sådan virkede den

For 2 mia. år siden var indholdet af ^{235}U -isotopen omkring 3% i naturligt uran. Det er nok til, at en kernereaktion kan starte. Det vil aldrig mere ske i naturen, fordi halveringstiden for ^{235}U er 713 mio. år, og der er nu spaltet så meget, at indholdet i naturligt uran er mindsket til 0,72%. Det er for lidt til at holde en kernereaktion i gang.

Den aktive isotop udsender hurtige neutroner. For at indlede en kernereaktion skal neutronernes hastighed dæmpes vha. moderatorer. De dæmpede neutroner indfanges af atomer og starter en kædereaktion, hvor den frigjorte energi hovedsageligt omdannes til varme. Så er der risiko for en nedsmeltning som i Tjernobyl-reaktoren, og alt kan ende i et stort brag. Men det skete ikke for 2 mia. år siden.

Vand i kraftværket

Hvorfor endte naturens kernereaktion så ikke i en atombombe dengang? Så længe neutronerne ikke påvirkes af en moderator, farer de lige igennem materialet og spredes i rummet. Men området i Oklo er tropisk regnskov, og aflejringen af uran blev dækket med vand, måske fra en flod. Vand har den egenskab, at det bremser neutronerne til en hastighed, hvor de lader sig indfange og starter kernereaktioner. Efter en halv time er hele området så hedt, at alt vand er fordampet, og reaktoren går i stå af mangel på moderator. Efter to en halv times afkøling er hele formationen kølet så meget ned, at vandet igen er flydende. Så gentager hele forestillingen sig. Mekanismen er som den, der kendes fra geysere.

Xenon sladrer

Hvor ved man nu alt det fra? Dr. Alex Meshik og medarbejdere fra Washington University, St. Louis, analyserede bjergarter fra området vha. en metode, der ved beskyddning med en laser, kan frigøre de enkelte bestanddele i et mineral. Metoden kan analysere områder, der er mindre end de små mineralkorn i prøverne, og kan derved skaffe oplysning fra hvert mineral. De frigjorte atomer eller molekyler analyseres i et massespektrometer, der kan bestemme forholdet mellem isotoper med stor nøjagtighed.

I materiale fra Oklo finder forskerne et komplekst mineral, der består af lanthan-cesium-strontium-calcium-aluminiumhydroxylfosfat. Det virker som en svamp for produkter fra kernesplætningen. Mineralet indeholder ikke uran, men findes som korn i uranoxidminerale fra stedet. Mens uranfasen kun indeholder mindre end 1% af det oprindeligt dannede xenon, så in-

60.000 fra Carlsbergs Mindelegats Scholarship til nanokemistuderende

Nanokemistuderende Morten Foverskov ved Kemisk Institut og Nano-Science Centret ved Københavns Universitet har modtaget Carlsbergs Mindelegats Scholarship på 60.000 kr. Stipendiet er givet i støtte til Mortens specialeprojekt med titlen »Metal-forstærket fluorescens«.

Fluorescens anvendes til at studere og analysere moleky-lære strukturer og kemiske reaktioner og er meget anvendt inden for analytisk kemi, biokemi og bioteknologi. Teknikken er meget

præcis og følsom, men dog prisgivet stoffers fluorescerende evne. Til trods for dens præcision har teknikken altså sine begrænsninger. Morten Foverskov ønsker derfor at undersøge mulighederne for at styrke teknikken ved at forstærke fluorescensintensiteten hos visse stoffer. Helt præcist er hans mål at give en kvantitativ karakteristik af den fluorescensforstærkende effekt af nanosølvpartikler. Morten Foverskovs undersøgelser vil foregå hos lektor Niels Harrit ved Nano-Science Centret, Københavns Universitet og hos Prof. J. Hofkens, Katholieke Universiteit, Leuven, Belgien.



Uran i Gabon

I 1972 finder forskere en forstenet reaktor i Oklo-uranminen i Gabon. Landet er 267.667 km² stort (Danmark er 43.080 km²) og har en befolkning på 1,4 mio. (Danmark 5,3 mio.). Af denne befolkning er 8% smittet med HIV/AIDS, og befolkningens forventede levealder er 56 år. Gabon er en tidligere fransk koloni, der blev selvstændig i 1960. Indkomsten pr. indbygger er fire gange så stor som almindeligt i Afrika syd for Sahara. Det skyldes, at dette tropiske, varme og fugtige land bugner af ressourcer som masser af olie, mineraler (mangan, guld, jern, uran) og planter.

deholder fosfatet den højst kendte Xe-koncentration i naturen og er derfor langt den bedste kilde til information om blandingen af flygtige forbindelser fra spaltningsprocesserne.

Blandt de isotoper, der blev analyseret, fandt forskerne, at ¹³⁶Xe var til stede i meget lille mængde. Det er ikke underligt, da ¹³⁶Xe er den første isotop, der viser sig ved kernereaktionerne, og derfor har størst chance for at forsvinde, før de andre xenon isotoper viser sig i større mængde. I modsætning til ¹³⁶Xe dannes ¹³⁰Xe ikke direkte ved spaltningen, men ved henfald af en radioaktiv iod-isotop. Ved at regne på forholdet mellem Xe-isotoperne og andre isotoper finder forskerne nu, at kun en model med en pulserende reaktoraktivitet stemmer med de fundne værdier. Målingerne viser sig med rimelig nøjagtighed at afsløre intervaller for aktivitet og nedkøling af reaktoren.

Aluminiumfosfat holder på informationer

Hvis hele området blev udsat for temperaturer, hvor vandet kogte væk mellem afkølingscyklerne, hvorfor fordampede ¹³⁶Xe så ikke? Det er fordi, mineralet udfælder i løbet af reaktorens aktive periode, og indeslutter spaltningsprodukterne i krystalgitteret, hvor de sidder godt beskyttet de næste 2 mia. år. De store mængder ¹³⁰Xe dannes direkte ved henfald af inkluderet radioaktivt iod i mineralkrystallernes gitter. De temperaturer, der er nødvendige for at krystallerne slipper de inkluderede atomer løs, er højere end dem, der opstår i løbet af en puls i reaktoren.

Fosfatmineralernes enestående evne til at suge radioaktive stoffer, selv gasser som Xe, til sig og indkapsle dem åbner nye interessante muligheder ved problemer med at opsamle radioaktive gasser fra atomreaktorer. Og måske endnu mere ved sikker opbevaring af radioaktivt affald. Det er meget sandsynligt, at det radioaktive affald i fremtiden med fordel kan lagres i mineraler af denne type.

Kilder
A. P. Meshik, C. M. Hohenberg og O. V. Pravdivtseva *Physical Review Letters* 2004, bind 93, nummer 18, side 182302-1 til 182302-4. Record of Cyclic Operation of the Natural Nuclear Reactor in the Oklo/Okelobondo Area in Gabon.

