

## Thorium-reactor

Thorium (Th-232) is niet splijtbaar en dus niet direct als splijtstof te gebruiken in een kernreactor. Het kan echter wel door bestraling met neutronen omgezet worden in het splijtbare uranium-233 (U-233). In dit opzicht is thorium vergelijkbaar met uranium-238, dat na neutronvangst transmuteert in de splijtstof plutonium-239. Alle thorium-brandstofconcepten vereisen daarom dat Th-232 eerst via bestraling wordt omgezet in uranium-233. Dit kan vervolgens chemisch worden afgescheiden en worden gerecycled tot nieuwe brandstof. Dit proces wordt opwerken genoemd. Thorium komt in de natuur vier keer meer voor dan uranium.

Met name vanwege de goede neutroneconomie zijn gesmolten-zoutreactoren (Molten Salt Reactors-MSR) interessant voor in-situ gebruik van thorium. Per splijtingsreactie zijn namelijk ten minste twee neutronen nodig, één voor de transmutatie van Th-232 in U-233 en één voor de kernsplijtingsreactie van het U-233. Gemiddeld komen er bij splijting 2,5 neutronen vrij. Zuinig gebruik van de neutronen is dus op zijn plaats.

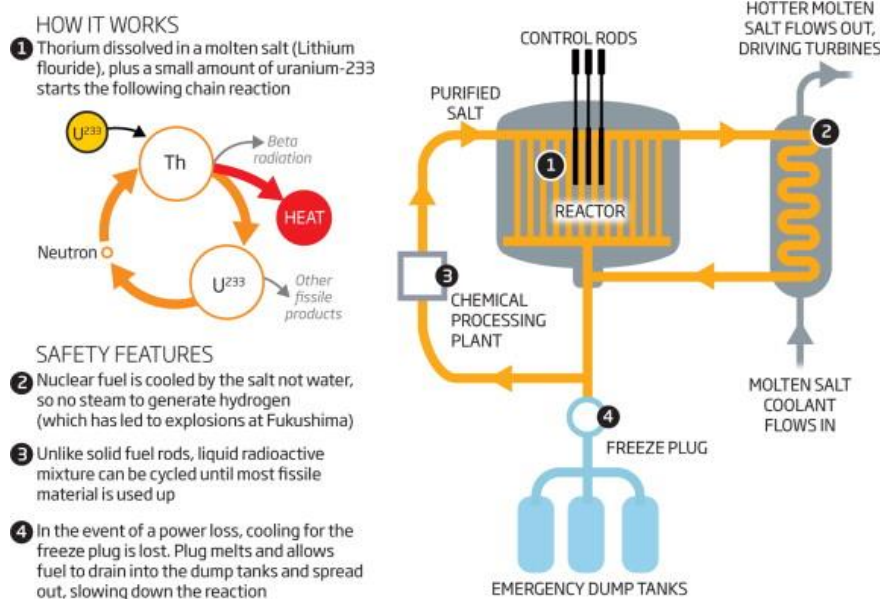
Thorium-reactoren hebben twee belangrijke voordelen:

1. Door naast uranium ook thorium als brandstof voor kerncentrales in te zetten is een effectiever gebruik van de voorraad splijtbaar materiaal in de wereld mogelijk.
2. Het gebruik van thorium maakt het mogelijk de bewaartijd van het hoogradioactieve afval extreem te verkorten.
3. Thorium Molten Salt Reactoren (TMSR) kunnen zeer veilig zijn. Er wordt beweerd dat een meltdown, explosie of verspreiding van radioactief materiaal uitgesloten is. Er zijn echter verschillende typen TMSR in ontwikkeling en er is nog geen ontwerp getoetst door een veiligheidsautoriteit. Potentieel kunnen TMSR's zeer veilig zijn, maar op sommige onderwerpen is nog nader onderzoek nodig.

**Figuur 1: Schematisch overzicht van een thorium-MSR. (Bron: New Scientist 2012)**

### Power from thorium

Nuclear reactors based on thorium - a naturally occurring metal - offer several advantages over their uranium and plutonium-based cousins

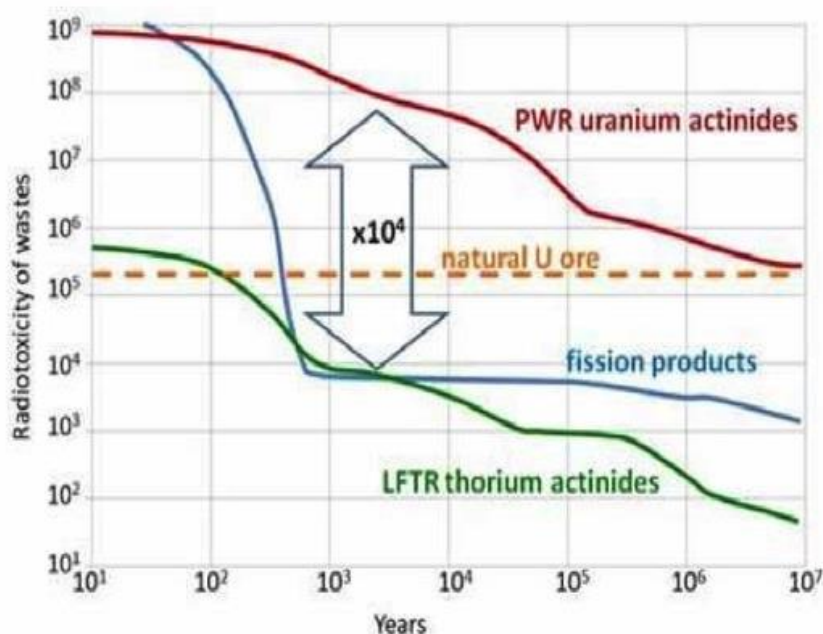


Het gebruik van thorium als nieuwe primaire energiebron is al jaren een verleidelijk vooruitzicht. Het op een kosteneffectieve manier ontginnen van de latente energiewaarde blijft een uitdaging en vereist aanzienlijke O&O-investeringen. Dit gebeurt op dit moment vooral in China en de VS, maar ook in Europa.

### Bewaartijd van het hoogradioactieve afval verkorten

Aanvankelijk werden er thoriumreactoren ontwikkeld om zuiniger om te gaan met uranium. Hierbij te noemen zijn MSRE te Oak Ridge (USA), Shippingport (USA), Fort Saint Vrain (USA) en de THTR300 (Duitsland). In deze reactoren werd thorium in combinatie met uranium gebruikt.

Met name in de USA en de EU is er nieuwe interesse in thoriumreactoren, vanwege de mogelijkheid de radiotoxiciteit van het kernafval substantieel te verkleinen. Dit kan alleen door gebruik van thorium in de MSR. De volgende figuur geeft hierin inzicht. In deze figuur wordt de radiotoxiciteit, d.w.z. het schadelijke effect van de vrijkomende straling, uitgezet tegen de bewaartijd van het afval. In de loop van de tijd neemt de radiotoxiciteit af door radioactief verval. Ter vergelijking is in de figuur ook de radiotoxiciteit van het oorspronkelijke erts weergegeven. Het oorspronkelijke erts straalt nauwelijks en vormt geen risico voor mens of dier. Wanneer de toxiciteit van het kernafval vervalt onder de waarde van het oorspronkelijke erts, vormt het geen risico meer voor de omgeving.



**Figuur 2: De radiotoxiciteit van kernafval als functie van tijd. In een thorium-MSR (LFTR: Liquid Fluoride Thorium reactor) worden aanzienlijk minder langlevende actiniden gevormd, waardoor de radiotoxiciteit van het kernafval al na 300 jaar sterk afneemt. (Bron: Thorium MSR foundation)**

Het kernafval uit een kernreactor bestaat uit de brokstukken van de splijtingsreactie, de kernsplijtingsproducten, en actiniden zwaarder dan uranium. Deze actiniden ontstaan doordat uranium, thorium en plutonium neutronen invangen, zonder dat er een splijtingsreactie plaats vindt. De radiotoxiciteit van het kernafval wordt gedurende de eerste decennia bepaald door de splijtingsproducten, maar na circa honderd jaar door de actiniden. In vergelijking met 'gewone'

kerncentrales, worden in een thorium-MSR aanzienlijk minder langlevende actiniden gevormd, waardoor de radiotoxiciteit al na 300 jaar onder de radioactiviteit van het oorspronkelijke erts komt. De opgebrande splijtstof van de kerncentrale in Borssele wordt chemisch opgewerkt en het uranium en plutonium worden gedeeltelijk hergebruikt. Daardoor bevat het Nederlandse kernafval, behalve kleine hoeveelheden americium en andere elementen, geen actiniden.

### **Beschikbaarheid commerciële Thorium-reactoren**

Het is onzeker dat de thorium-MSR al op grote schaal kan bijdragen aan de Nederlandse energievoorziening in 2050. Om het risico te verkleinen dat in 2050 de klimaatdoelen niet behaald worden, is het advies eerst een nieuwe generatie lichtwaterreactoren te bouwen en de actiniden uit het kernafval af te scheiden en op te slaan. Deze zouden vervolgens in thorium-MSR-en bijgemengd kunnen worden en worden vernietigd.