Hogeschool Rotterdam
Minor Procestechnologie & Energietransitie

STUDIEHANDLEIDING

Design of Thorium Reactor

Keuzevak blok 2. Ontwerp een passief veilige gesmoltenzoutreactor op thorium voor de industrie, de scheepvaart of de stad.

Type	Keuzevak blok 2 (alternatief: Floating Wind)
Studiepunten	4 EC
Studielast	112 uur
Periode	Blok 2, zeven lesweken plus toetsweek
Contacttijd	Eén college van 2 uur per week
Groepsgrootte	4 studenten, bewust gemengd over opleidingen
Toetsing	Ontwerprapport (groep, 70%) en presentatie met verdediging (30%)
Voorkennis	Basis thermodynamica en scheikunde is handig, niet verplicht
Locatie	RDM-campus, Rotterdam

Versie november 2026

Inhoud

1. Inleiding 3
2. Plaats in de minor 4
3. Leerdoelen 5
4. Inhoud en lesprogramma 6
5. De opdracht 7
6. Op te leveren producten 8
7. Toetsing en beoordeling 9
8. Herkansing 11
9. Literatuur en hulpmiddelen 12
10. Organisatie en contact 13

1. Inleiding

De energietransitie vraagt om een kritische en open blik op alle CO_2-vrije energiebronnen.

Traditionele kernenergie staat ter discussie vanwege langlevend afval en veiligheidsrisico's. Tsjernobyl (1986) liet zien wat een instabiel reactorontwerp in combinatie met menselijk falen kan aanrichten. Fukushima (2011) toonde hoe kwetsbaar een systeem is dat voor zijn veiligheid afhangt van actieve systemen, zoals stroom voor de koelpompen. Daarna besloten meerdere Europese landen hun kerncentrales te sluiten, met Duitsland als bekendste voorbeeld.

Tegelijk zorgt de urgentie van de klimaatcrisis voor een heroverweging. In Europa is er hernieuwde interesse in kleine modulaire reactoren (SMR's) en in alternatieve brandstofcycli zoals thorium. Een gesmoltenzoutreactor op thorium belooft inherente, passieve veiligheid: als hij te warm wordt, stopt de reactie vanzelf. Bovendien levert hij veel minder langlevend afval op. Ook maritieme bedrijven onderzoeken deze technologie als compacte energiebron voor zware toepassingen.

In dit keuzevak stap je in de wereld van geavanceerde nucleaire engineering. Je werkt in een gemengd team aan een realistisch ontwerpproject waarin chemie, werktuigbouwkunde, elektrotechniek en veiligheidskunde samenkomen.

2. Plaats in de minor

De minor Procestechnologie & Energietransitie (30 EC) bestaat uit vier onderdelen:

Onderdeel	EC	Periode
Kernvak Procestechniek en energietransitie	7	Hele semester
Praktijkopdracht	15	Hele semester
Keuzevak blok 1: Offshore Windfarm Design of Hydrogen and Fuel Cells	4	Blok 1
Keuzevak blok 2: Design of Thorium Reactor of Floating Wind	4	Blok 2

Design of Thorium Reactor behandelt een regelbare, CO_2-vrije bron van warmte en elektriciteit, als aanvulling op wind en zon. Het vak bouwt voort op de warmtewisselaars en stoomcycli uit het kernvak en is volledig zelfstandig te volgen.

3. Leerdoelen

Na afloop van dit vak kan de student:

Nr.	Leerdoel	Getoetst in
1	de nucleaire en chemische stappen van de thoriumcyclus (thorium-232 naar uranium-233) verklaren en de verschillen met de uraniumcyclus benoemen.	Rapport, verdediging
2	het verschil tussen actieve en inherente (passieve) veiligheidssystemen analyseren en beargumenteren.	Rapport, verdediging
3	een processchema (PFD) van een gesmoltenzoutreactor opstellen, met primaire en secundaire lus.	Rapport
4	warmtewisselaars, pompen en leidingen dimensioneren en selecteren voor extreme procescondities.	Rapport
5	regellussen ontwerpen die debiet, druk en temperatuur in het proces stabiel houden.	Rapport, verdediging
6	een HAZOP uitvoeren, een functioneel veiligheidsplan opstellen en het ontwerp presenteren en verdedigen.	Rapport, presentatie

4. Inhoud en lesprogramma

Week	Onderwerp	Activiteit en deadline
1	Introductie en geschiedenis: uranium versus thorium, de thoriumcyclus, actieve versus passieve veiligheid	Groepsindeling, keuze case
2	Chemie van de brandstofketen: splijtingsproducten, zoutchemie en de opzet van het PFD	Eerste PFD
3	Regeltechniek: dynamica van de reactor, instrumentatie en stabiele regellussen	Regellussen op het PFD
4	Thermodynamisch ontwerp: warmtewisselaars, secundaire stoomcyclus, pompen en leidingen	Dimensionering componenten
5	Systeemveiligheid: HAZOP-analyse, industriële veiligheidsnormen en redundantie	HAZOP
6	Risicobeheersing: functioneel veiligheidsplan, inclusief het scenario van een meltdown	Veiligheidsplan
7	Uitloop en consultatie: laatste feedbackronde	Deadline rapport
Toetsweek	Presentatie en verdediging	Presentatie

Kijktip: bekijk voor de eerste les de miniserie *Chernobyl* (HBO). Die geeft een goed beeld van de impact van ketenreacties, veiligheidscultuur en systeemfouten.

5. De opdracht

De basisopdracht is voor alle groepen gelijk: ontwerp een functionele thoriumcyclus en verantwoord het systeem op basis van chemie, energietechniek, regeltechniek en veiligheid. Elke groep kiest of krijgt in week 1 een van drie cases:

1. **Industriële SMR.** Een kleine modulaire reactor van 100 MW thermisch op basis van gesmolten zout, die warmte en elektriciteit levert aan een chemisch cluster. De nadruk ligt op flexibele regeling bij een wisselende stoomvraag.
2. **Maritiem werkplatform.** Een ultracompacte, schokbestendige reactor voor de energievoorziening van een offshore constructie- en hefschip. De nadruk ligt op passieve veiligheid bij hellingshoeken en op bestendigheid tegen zoutcorrosie.
3. **Stadswarmte.** Een reactor gekoppeld aan een stedelijk warmtenet en het elektriciteitsnet. De nadruk ligt op een geoptimaliseerde stoomcyclus (warmtekrachtkoppeling) en een sluitend veiligheidsplan in dichtbevolkt gebied.

6. Op te leveren producten

Product	Vorm	Moment
Ontwerprapport	Rapport, max. 25 pagina's plus bijlagen (groep)	Week 7
PFD en regelschema	Processchema met regellussen en HAZOP-tabel (groep)	Week 7, als bijlage
Presentatie en verdediging	Presentatie van 15 minuten plus vragen (groep en individueel)	Toetsweek
Peer assessment	Individueel	Week 7

7. Toetsing en beoordeling

Het eindcijfer is het gewogen gemiddelde van het ontwerprapport (70%) en de presentatie met verdediging (30%). Voor beide onderdelen heb je minimaal een 5,5 nodig. In de verdediging stelt de docent ook individuele vragen; met het peer assessment wordt de individuele bijdrage getoetst.

Ontwerprapport (70%)

Criterium	Weging	Onvoldoende (< 5,5)	Voldoende (5,5–7)	Goed (7,5–10)
Chemische en technologische basis	25%	Thoriumcyclus onvolledig of fout beschreven.	Thoriumcyclus correct; PFD functioneel maar beperkt uitgewerkt.	Sterk inzicht in zoutchemie; professioneel PFD met onderbouwde koppeling tussen de lussen.
Werktuigbouwkundig en thermodynamisch ontwerp	25%	Berekeningen ontbreken of bevatten grove fouten.	Componenten gedimensioneerd met basisformules; logische stoomcyclus.	Gedetailleerde berekeningen met realistische aannames en materiaalkeuze.
Regeltechnische architectuur	20%	Regelschema's ontbreken of leiden tot een instabiel proces.	Sensoren, actuatoren en basisregelingen logisch toegepast.	Robuuste regeling; dynamische interacties geanalyseerd en onderbouwd.
Veiligheidsanalyse en veiligheidsplan	15%	HAZOP oppervlakkig; geen realistisch noodscenario.	Correcte HAZOP op hoofdlijnen; logische passieve stopprocedure.	Diepgaande HAZOP; sluitend defense-in-depth-plan.
Structuur en professionaliteit	15%	Ongestructureerd, bronnen ontbreken.	Logisch opgebouwd, correcte bronvermelding.	Kwaliteit van een professioneel ontwerprapport.

Presentatie en verdediging (30%)

Criterium	Weging	Onvoldoende (< 5,5)	Voldoende (5,5–7)	Goed (7,5–10)
Inhoud en structuur	40%	Geen rode draad; samenhang ontbreekt.	Belangrijkste keuzes helder toegelicht.	Sterke verhaallijn; complexiteit goed teruggebracht tot de kern.
Presentatievaardigheden en visuele ondersteuning	30%	Overvolle slides, onvoorbereid.	Duidelijke schema's en grafieken, professioneel gepresenteerd.	Visueel overtuigend, goede tijdsbewaking en interactie.

Criterium	Weging	Onvoldoende (< 5,5)	Voldoende (5,5–7)	Goed (7,5–10)
Verdediging	30%	Vragen over eigen ontwerp niet beantwoord.	Vragen correct beantwoord op hbo-niveau.	Diepe reflectie op beperkingen; keuzes sterk verdedigd.

8. Herkansing

Is het rapport onvoldoende, dan verbetert de groep het op basis van de feedback en levert het opnieuw in tijdens de herkansingsweek. Is de presentatie of de individuele verdediging onvoldoende, dan volgt een nieuw presentatiemoment in de herkansingsweek.

9. Literatuur en hulpmiddelen

Het lesmateriaal (slides en datasheets) staat op Brightspace. Aanbevolen:

- T.J. Dolan (red.), *Molten Salt Reactors and Thorium Energy*, Woodhead Publishing.
- R. Hargraves, *Thorium: Energy Cheaper than Coal*.

Software: draw.io of vergelijkbaar voor PFD en regelschema's, Python of Excel voor de berekeningen. AI-hulpmiddelen mag je gebruiken als ondersteuning; je blijft zelf verantwoordelijk voor de juistheid en verantwoordt het gebruik in je rapport.

10. Organisatie en contact

Alle informatie, het lesmateriaal en de inleverpunten staan op Brightspace. Per groep levert één student het werk in.

Rol	Bereikbaar via
Modulehouder	Brightspace (berichten of discussieforum van het vak)
Docenten	Tijdens de colleges en via Brightspace