

Ulykkene i Tsjernobyl og Fukushima Teknologi og sikkerhet i moderne reaktorer

Kan det skje igjen?

Håkan Matsson, Astrid Liland

Steinkjer, 11. april 2011

www.nrpa.no



Kjernekraft

Energien kommer fra fisjon – spalting av uranatomer

Naturlig uran:

99.3% U-238

0.7% U-235

Lavt anriket uran

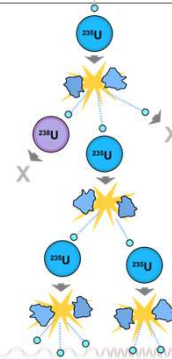
(Kjernebrensel)

3 - 5% U-235

Høyenriket uran

(Atombombe)

90% U-235



www.nrpa.no



Kjernebrensel til reaktorer



UO₂
Pellet

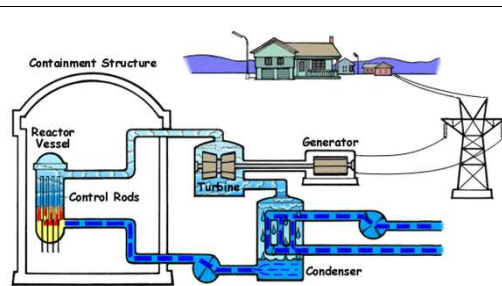
Fuel
Rod

Fuel
Assembly

www.nrpa.no



Kokvannsreaktor



www.nrpa.no



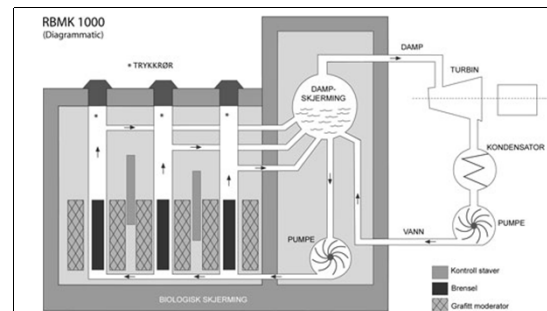
Ulykken i Tsjernobyl - 26. april 1986

- Tsjernobyl i 1986
 - Fire RBMK-1000 reaktorer i drift
 - Reaktor 1 og 2 tatt i drift 1970 og 1977, 1000 MW
 - Reaktor 3 og 4 tatt i drift 1983, 1000 MW
 - Reaktor 5 og 6 under konstruksjon
- RBMK reaktorer har designmessige svakheter
 - Konstruert for å tillate bytte av brensel under drift (for å produsere våpengrads plutonium)
 - Fisjonsprosessen fortsetter og tiltar i styrke dersom kjølevannet forsvinner
 - Mangelfull inneslutning

www.nrpa.no



RBMK reaktor



www.nrpa.no



Tsjernobyl – Ulykkesforløp for reaktor 4

- 25 april
 - Planlagt nedstenging for vedlikehold
 - Gjennomføring av test for å se hvor lenge hovedturbinen kunne levere strøm etter et strøbrudd
 - Flere sikkerhetssystemer ble avstengt før testen

www.nrpa.no



Tsjernobyl – Ulykkesforløp for reaktor 4

- 26 april
 - 01:23:04
 - Testen startet
 - 01:23:43
 - Temperaturen økte kraftig
 - Brenselet begynte å smelte, trykket økte.
 - Kjedereaksjonen gikk ikke å stanse

www.nrpa.no



Tsjernobyl - Ulykkesforløp

- 26 april
 - 01:24 Flere hydrogenekspløsjoner
 - Brensel og bygningsmaterial ble kastet ut av reaktoren
 - Eksplonasjonene førte til flere branner
 - Brannen førte fisjonsprodukter 1 km opp i luften
 - Vinden førte til spredning på store avstander
 - 01:28 – Første brannmennene ankommer
 - 06:35 – Alle branner utenom reaktor 4 slukket
 - Reaktor 4 fortsatte brenne i flere dager, 5000 tonn bor, dolomitt, sand, leire og bly ble brukt i slukningsarbeidet
 - Reaktor 4 ble senere støpt i betong for å forhindre fortsatte utslipp

www.nrpa.no



RBMK reaktorer i dag

- Totalt har 17 RBMK-reaktorer blitt bygget på fem steder.
- Idag er 11 RBMK i drift. Alle i Russland.
- Nærmest ligger fire reaktorer ved Leningrad kjernekraftverk.
- Bygging pågår av to trykvannsreaktorer i Leningrad.
 - Planlegges å ta i drift 2013 og 2016.
 - Kan evt. medføre stenging av RBMK-reaktorene.

www.nrpa.no



Fukushima Daiichi

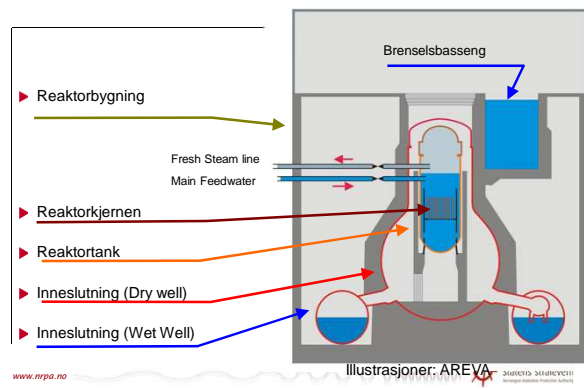
- Reaktor 1 - kokvannsreaktor (460 MW), i drift siden 1971
- Reaktor 2-5 - kokvannsreaktorer (784 MW), i drift siden 1974-78
- Reaktor 6 - kokvannsreaktor (1100 MW), i drift siden 1979



www.nrpa.no

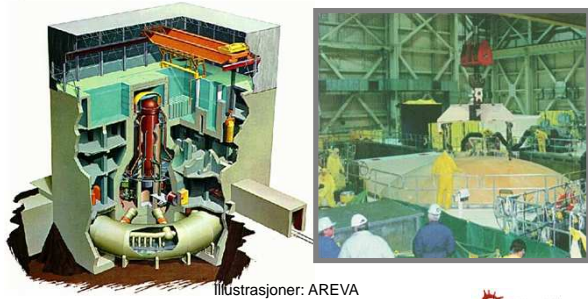


Fukushima Daiichi



www.nrpa.no

Fukushima Daiichi



Illustrasjoner: AREVA

www.nrpa.no



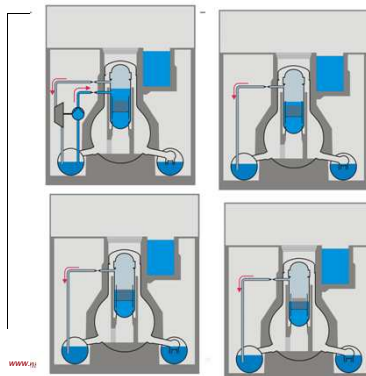
Fukushima Daiichi - Ulykkesforløp

- 11.3.2011 14:46 – Jordskjelv
- Reaktorene relativt uskadd
- Reaktorene stanset umiddelbart
- Strømbrydd. Reservestrom fra dieselgeneratorer startet.
- 11.3. 15:41 Tsunami
 - Reaktorene designet å klare en tsunami på 6,5 m.
 - Denne tsunamien hadde en høyde på 14 meter. Høyeste på 1000 år i Japan.
 - Dieselgeneratorer utslått. Strøm fra batteri startet og var i drift i 1-3 dager.
 - Brenselet kunne ikke kjøles → temperatur og trykk økte

www.nrpa.no



Fukushima Daiichi - Ulykkesforløp



Varmeproduksjon pga radioaktivt henfall av fisjonsprodukter (restvarme):

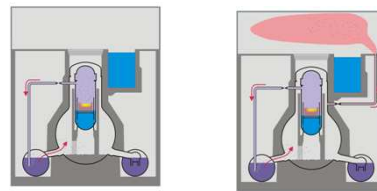
Etter stans
~6%
Etter 1 dag
~1%
Etter 5 dager
~0.5%

www.nrpa.no



Fukushima Daiichi - Ulykkesforløp

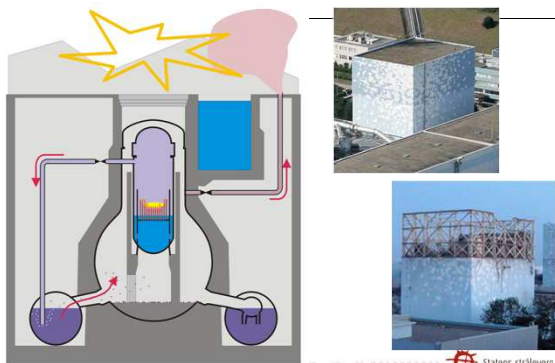
- Danning av hydrogen inne i reaktortanken ($Zr + 2H_2O \rightarrow ZrO_2 + 2H_2$)
- På grunn av høy trykk ble man nødt til å ventilere ut hydrogenet



www.nrpa.no



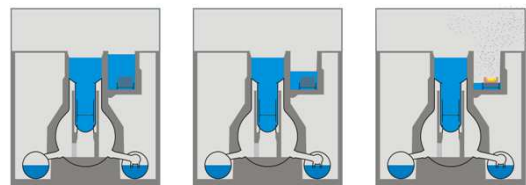
Fukushima Daiichi – Ulykkesforløp



www.nrpa.no



Fukushima Daiichi – Brenselsbassenger



- Utenfor inneslutningen
- Avhengig av kontinuerlig kjøling
- Mulighet for store utslipp når brenselet blottlegges

www.nrpa.no



Siste oppdatering

- Ekstern strøm tilkoblet til alle reaktorene
- Oversvømmelse i flere bygg – problem å starte pumper og annet elektrisk utstyr
- Store mengder radioaktivt vann i flere bygninger. Ikke tilstrekkelig med lagringsmuligheter.
- Det minst radioaktive vannet er sluppet ut til havet for å frigjøre plass i lagringstanker til mer høyaktivt vann

www.nrpa.no

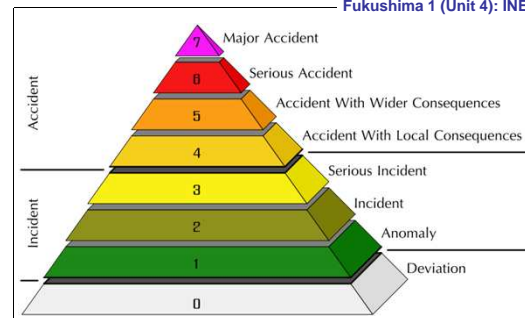


INES Skalaen

Tsjernobyl: INES 7

Fukushima 1 (Unit 1-3): INES 5

Fukushima 1 (Unit 4): INES 3



www.nrpa.no



Kan det skje igjen?

- Ulykker kan skje, også de usannsynlige
- Eldre reaktorer har gjennomgått forbedrende tiltak ift sikkerhet, men ikke alt kan ettermonteres
- Nye reaktorer bygges svært sikre, skal tåle at en jumbojet kræsjer inn i reaktoren
- Generelt fokus på bedre sikkerhetskultur blant operatører og ansatte
- Det fins mange reaktorer i våre naboland, noen av eldre type
- Det fins bevegelige reaktorer (atomubåter, isbrytere, flytende kjernekraftverk)
- Reproseseringsanlegg for brukt kjernebrensel inneholder store lagre med avfall som kan gi utslipp til luft ved en ulykke

www.nrpa.no



Kan det skje igjen?

- Ulykker kan skje, også de usannsynlige
- Eldre reaktorer har gjennomgått forbedrende tiltak ift sikkerhet, men ikke alt kan ettermonteres
- Nye reaktorer bygges svært sikre, skal tåle at en jumbojet kræsjer inn i reaktoren
- Generelt fokus på bedre sikkerhetskultur blant operatører og ansatte
- Det fins mange reaktorer i våre naboland, noen av eldre type
- Det fins bevegelige reaktorer (atomubåter, isbrytere, flytende kjernekraftverk)
- Reproseseringsanlegg for brukt kjernebrensel inneholder store lagre med avfall som kan gi utslipp til luft ved en ulykke

J A

www.nrpa.no

