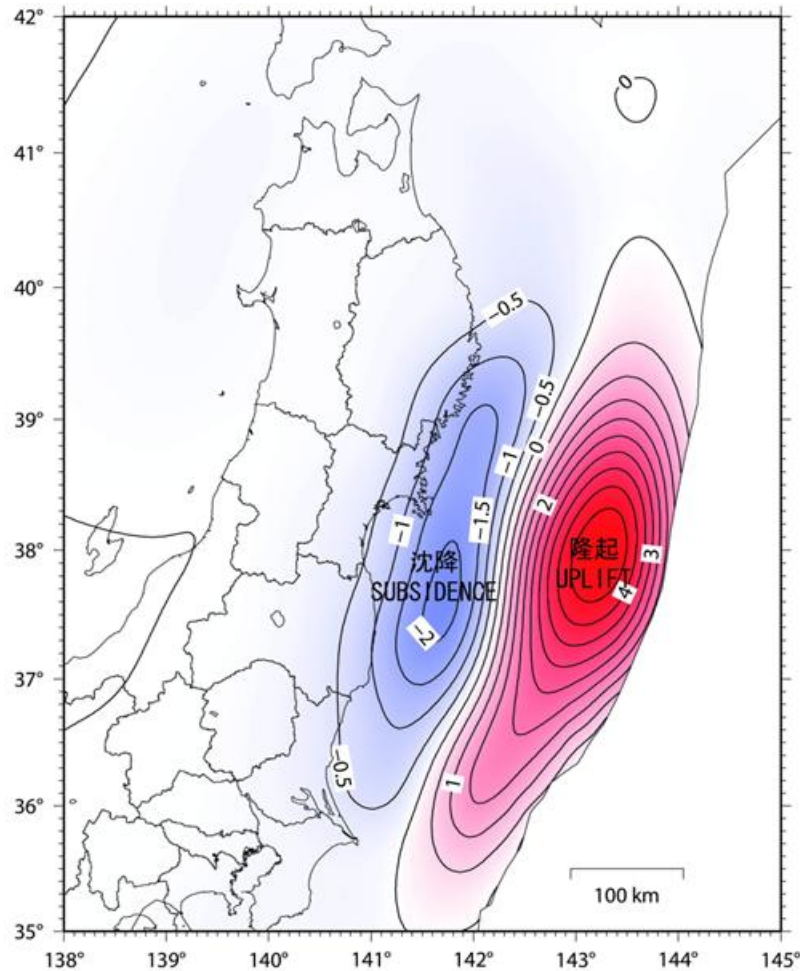


# FUKUSHIMAN JA JAPANIN TAPAHTUMIEN VAIKUTUS YDINTURVALLISUUSSÄÄDÖKSIIN

Keijo Valtonen  
ATS Syysseminaari  
3.11.2011

# Maanjäristys 11.3.2011 klo 14:46 Japanin aikaa



KUVA: Geospatial information authority of Japan

Tyynellä merellä, n. 100 km Japanin itärannikosta tapahtui suuri maanjäristys (9,0 Richterin asteikolla), jonka aiheutti mannerlaattojen reunan pystysuora liikkahdus.

Maanjäristys aiheutti vakavia vaurioita paikalliselle infrastruktuurille:

- kulkuyhteydet
- tietoliikenneyhteydet
- sähköverkot
- vesivoimalaitoksen patomurtuma

# Maanjärstysalueen ydinvoimalaitokset

Kuva:GRS



**Maanjärstyskeskusta lähimpänä oli neljä ydinvoimalaitospaikkaa:**

- Onagawa
- Fukushima Dai-ichi
- Fukushima Dai-ni
- Tokai

- Maanjärstys ei aiheuttanut merkittäviä vahinkoja alueen ydinvoimalaitoksille. Kaikki käynnissä olleet laitosyksiköt pysähtyivät automaattisesti järistysen seurauksena, ja turvallisuusjärjestelmät huolehtivat niiden jälkilämmön poistosta.
- Fukushima Dai-ichin laitos menetti yhteyden valtakunnan sähköverkkoon, joten siellä turvallisuusjärjestelmät siirtyivät varavoimadieselgeneraattorien perään.
- Noin tunti maanjäristysen jälkeen Fukushima Dai-ichin laitospaikalle iski 40 km/h nopeudella 15 metriä korkea hyökyaalto.

# Hyökyaalto tuhosi Fukushima Dai-Ichissä suuren määrän laitteistoa mekaanisen iskun ja tulvimisen kautta

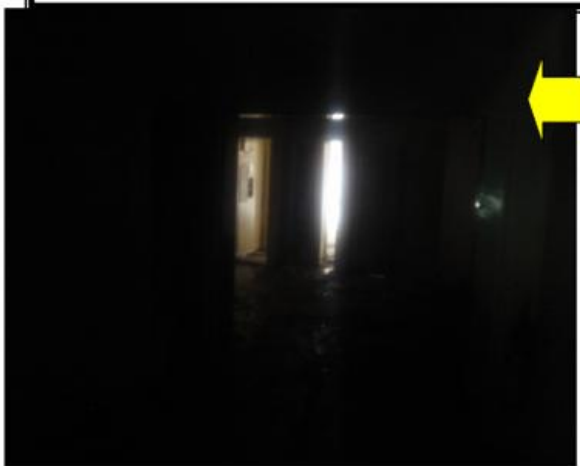


- varavoimadieselgeneraattorit
- polttoaine- ja vesisäiliöitä
- tärkeimmät sähkönjakelulaitteet
- laitoksen mittaus- ja ohjausjärjestelmät

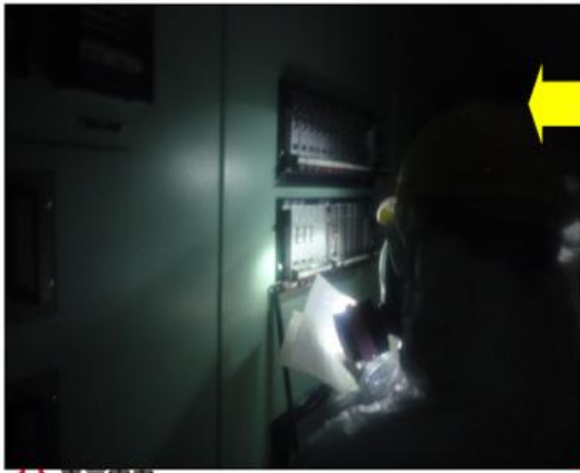
Laitosalue jäi tulvan laskettua rojun peittoon: toiminta laitosalueella hankaloitui merkittävästi.



# Toimintaa täydessä pimeydessä sähkön menetyksen jälkeen. Paikoitellen säteilytaso oli hyvin korkea.



← **Työskentelyä laitoksen sisätiloissa:** Vaikeutena pimeys ja latioilla ollut roju  
**Tilapäinen sähkön syöttö mittalaitteille:** Työntekijät rakensivat sähkölähteen autoista noudetuista akuista.



← **Työskentelyä valvomossa :** Mittalaitteita luettiin taskulampun valossa  
**Vuoropäällikön työpiste:** Vuoropäällikkö tutki ohjeistoa kaasunaamari päässä ja taskulampun valossa

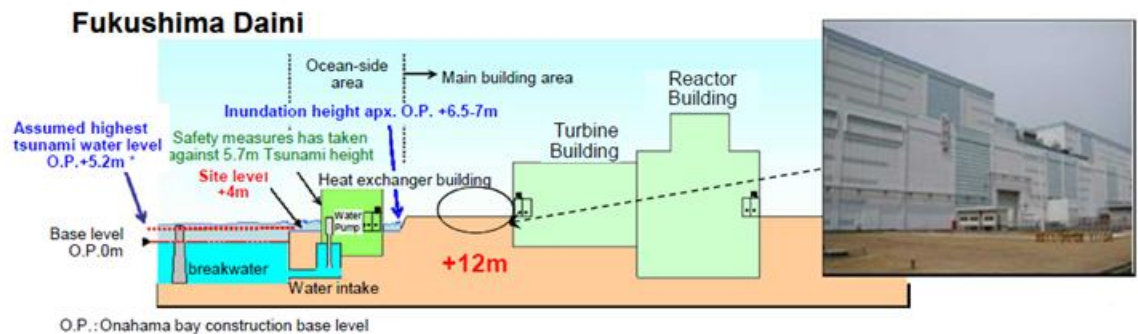
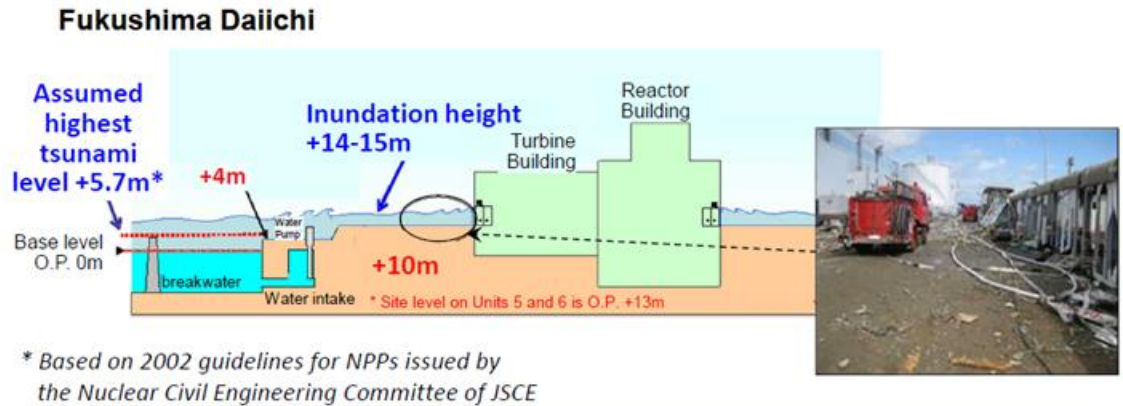


# Tsunamin vaikutus muilla laitoksilla

**Fukushima Dai-niin** iskenyt aalto oli matalampi ja laitos oli paremmin suojattu aaltoa vastaan kuin Fukushima Dai-ichi.

Tsunami tuhosi sielläkin valtaosan diesel-generaattoreista ja osan muistakin turvallisuusjärjestelmistä, mutta laitos onnistuttiin saamaan turvalliseen tilaan säilyneen ulkoisen verkkoyhteyden avulla.

**Onagawan** laitos oli suojattu 14,8 metrin tsunamia vastaan, joten siellä ei tapahtunut merkittävää tulvimista, vaikka laitospaikka siirtyi maanjäristyksessä metrin alaspäin.



Kuva: Naoto Sekimura / US. Academy of Sciences

# Ydinvoimalaitosonnettomuuksien vaikutus säädöstöön

Ydinvoima onnettomuus	Onnettomuuden vaikutus säädöstöön
TMI	Vakavat onnettomuudet, Syvyysuuntainen puolustusperiaate
Chernobyl	Vakavat onnettomuudet, reaktiivisuuden hallinta , turvallisuuskulttuuri
Fukushima Dai – ichi	Ulkoiset uhat , yhteisviat

# Fukushimassa erityispiirteet ja tehdyt muutokset

- Täydellisen vaihtosähkön menetyksen varalle
  - Fukushima Dai-ich 1:llä käynnistyslauhduutin (eristyslauhduutin)
  - Kaikilla laitosyksiköillä on turpiinikäyttöiset syöttövesipumput
- TMI:n jälkeen tehdyt muutokset
  - Suojarakennusten inertointi (Mark 1)
  - Suojarakennuksen paineen hallinta
  - Mahdollisuus pumpata vettä sekä reaktoriin että suojarakennukseen suojarakennuksen ulkopuolisista yhteistä.



# Fukushiman opetukset

## Laitosturvallisuutta (mm. ydinturvallisuussäädöksen) kehittämistä vaativat alueet (1/2)

Turvallisuusvaatimusten taso ja niiden muutostarve vaihtelee maakohtaisesti. Esille tulleita parannuskohteita ovat :

- ulkoiset uhat, esim. äärimmäiset sääilmiöt, seismiset ilmiöt
- riittävän toiminta-ajan varmistaminen häiriöissä ja onnettomuuksissa ilman laitoksen ulkoisia yhteyksiä
- turvallisuustoimintojen osajärjestelmien ja eri syvyysuuntaisen puolustusperiaatteen tasojen fyysistä ja toiminnallista erottelu
- turvallisuustoimintojen yhteisvikojen hallinta aidolla diversifioinnilla
- pitkäaikainen vaihtosähkön menetys
- suojarakennuksen ylipainesuojaus
- käytetyn polttoainealtaan jäähtytys
- vakavat onnettomuudet ja niiden ohjeisto
- valmiustoiminta

# Fukushiman opetukset

## Laitosturvallisuutta (mm. ydinturvallisuussäädöksen) kehittämistä vaativat alueet (2/2)

- epätodennäköiset ilmiöt, joiden seurausvaikutukset ovat merkittävät, otettava huomioon
- organisaatioiden toimintamahdollisuuksien parantaminen
  - valvomossa työskentelyn turvaaminen kaikissa tilanteissa
  - valmiusviestinnän varmistaminen laitoksen ja muiden toimijoiden välillä
  - tarveaineiden ja laitteistojen varmistaminen mukaan lukien suojaruustus säteilyä vastaan
  - laitteistot jätteiden käsittely.

# Fukushiman vaikutus kansainvälisiin ydinturvallisuussäännöksiin

- Kansainvälisiä ja kotimaisia ydinturvallisuusvaatimusten parantaminen aloitettu jo ennen Fukushimaa onnettomuutta
- YVL ohjeiden uudistus
  - Uusissa ohjeissa otetaan paremmin huomioon syvyysuuntainen puolustusperiaate
    - vanhaan ohjeistoon lisätty oletettujen onnettomuuksien laajennus, DEC (Design extension condition, liittyy monimutkaisiin vikayhdistelmiin ja yhteisvikojen hallintaan)
- IAEA:n uusi ohje ”SSR 2.1, *Safety of Nuclear Power Plants: Design*” korvaa vanhan ohjeen NS-R-1
  - Ohjeessa syvyysuuntaista puolustusperiaatetta täydennetty myös DEC :llä
  - Suomalaisesta käytännöstä poiketen vakavat reaktorionnettomuudet osa DEC:ä
- WENRA vaatimukset uusille ydinvoimalaitoksille
  - Sama sisältöisiä muutoksia kuin IAEA:n ohjeissa
  - Määritelty uusia aihekohtaisia vaatimuksia (position papers) mm. severe accidents, multiple failures, independence of systems, external and internal hazards)

# Syvyysuuntainen puolustusperiaate (WENRA, IAEA)

Level 1	Prevention of Abnormal operation and failure
Level 2	Control of Abnormal operation and failure
Level 3a	Control of accident to limit radiological releases and prevent escalation to core damage conditions
Level 3 b	Control of accident to limit radiological releases and prevent escalation to core melt conditions
Level 4	Practical elimination of situation that could lead to early or large release of radioactive materials Control of accidents with core melt to limit of-site release
Level 5	Mitigation of radiological consequences of significant releases of radioactive materials (Off-site emergency response)

# Syvyysuuntaisen puolustusperiaatteen tasot , tapahtuma luokat ja niiden taajuudet (uusissa suomalaisissa vaatimuksissa)

taso 1	Normaali toiminta (DBC 1)	
taso 2	Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt (DBC 2)	$f > 10^{-2}/a$
taso 3a	Suunnittelun perustana käytettävät onnettomuudet Luokka 1 (DBC 3)	$10^{-2}/a > f > 10^{-3}/a$
	Suunnittelun perustana käytettävät onnettomuudet Luokka 2 (DBC 4),	$f < 10^{-3}/a$
taso3b	Oletettujen onnettomuuksien laajennus (DEC)	Monimutkaiset vikayhdistelmät- DEC A –yhteisviat DBC2 / DBC3 DEC B – monimutkaiset vikayhdistelmät ja harvinaiset sääliμιöt
taso 4	Vakavat onnettomuudet	Turvallisuustavoite <b>CDF &lt;10<sup>-5</sup>/a, LRF &lt; 5.7x10<sup>-7</sup>/a</b>



# Design Extension Conditions (DEC) (1)

- DEC A
  - Ryhmään A kuuluvina oletetun onnettomuuden laajennuksina käsitellään tapahtumia, joissa käyttöhäiriön tai luokan 1 oletetun onnettomuuden alkutapahtumaan liittyy turvallisuusjärjestelmissä esiintyvä yhteisvika.
  - Esimerkkejä luokan A oletetun onnettomuuden laajennuksena käsiteltävistä tapahtumista ovat
    - ATWS
    - Täydellinen sähkönmenetys
    - täydellinen syöttövedenmenetys
    - primääripiirin pieni vuoto, jonka yhteydessä yksi reaktorin hätäjähdytysjärjestelmistä ei toimi (esim. korkea- tai matalapainehätäjähdytysjärjestelmä)
    - reaktorin välijähdytyspiirin menetys
    - reaktorin normaalin jälkilämmönpoistojärjestelmän menetys
    - lopullisen lämpönielun menetys
  - Analyseissa käytetään realistisia oletuksia paitsi
    - yksittäisvikaa sovelletaan turvallisuustoimintoihin

## Design Extension Conditions (DEC) (2)

- DEC B
  - Ryhmään B kuuluvina oletetun onnettomuuden laajennuksina käsitellään monimutkaisia vikayhdistelmiä ja harvinaisia ulkoisia tapahtuma
  - Esimerkkejä monimutkaisista vikayhdistelmistä ovat
    - Usean höyrystimen lämmönsiirtoputken katko (~10)
    - äärimmäiset sääilmiöt
    - suuren matkustajalentokoneen törmäys
  - Analyseissa käytetään realistisia oletuksia (ei vikakriteeriä)

## Suomen johtopäätökset

- Välitöntä tarvetta muuttaa uusia laitoksia koskevia turvallisuusvaatimuksia ei ole
- Kuitenkin tietyillä alueilla on tarvetta tehdä parannuksia (koskee sekä olemassa olevia että uusia laitoksia) . Näistä keskeisimpiä ovat:
  - laitospaikkakohtaisten uhkien tarkempi huomioonotto (riittävien varmuusmarginaalien varmistaminen)
  - turvallisuustoimintojen diversifioinnin tehostaminen