

PERINTEISEN JA YDINVOIMALAITOSAUTOMAATIO EROJA

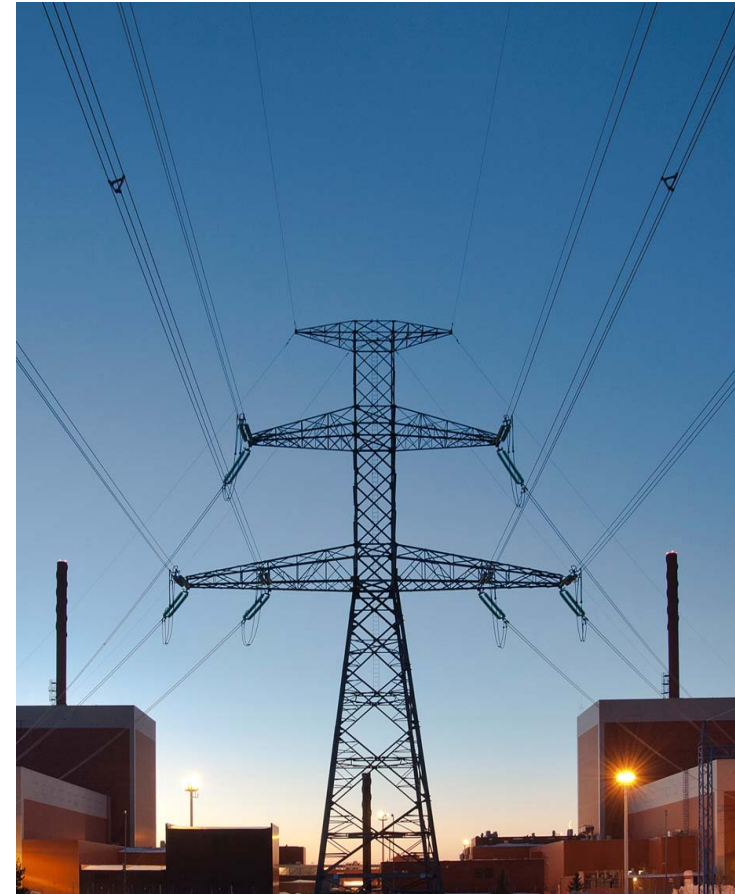
8.12.2011 ASAF teemapäivä 3 - ydinvoimalaitosautomaatio



Aho Marjut

TVO – ALANSA EDELLÄKÄVIJÄ

- Yli 30 vuotta luotettavaa suomalaista sähköntuotantoa, vuosituotanto yli 14 TWh
- Kuudesosa Suomessa käytetystä sähköstä
- 800 ammattilaista, laaja kumppaniverkosto
- Liikevaihto 355 miljoonaa euroa
- Kaikki ydinjätehuolto samalla saarella
- Tytäryhtiö TVO Nuclear Services Oy ja yhteisyritys Posiva Oy



SUURTEN PROJEKTtien VUODET

- OL1 ja OL2 – jatkuvaa parantamista modernisointihankkein
- OL3 – rakenteilla uuden sukupolven laitosyksikkö
- OL4 – kilpailu- ja suunnitteluvaihe käynnissä
- Käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitos rakenteilla



OL1 JA OL2 MUUTOSTÖILLÄ LISÄÄ TURVALLISTA ELINIKÄÄ

Jatkuvan parantamisen periaate

- Maailman huippua olevat käyttökertoimet
- Aina 40 vuotta teknistä käyttöikää jäljellä

Suuri modernisointihanke 2010-2011

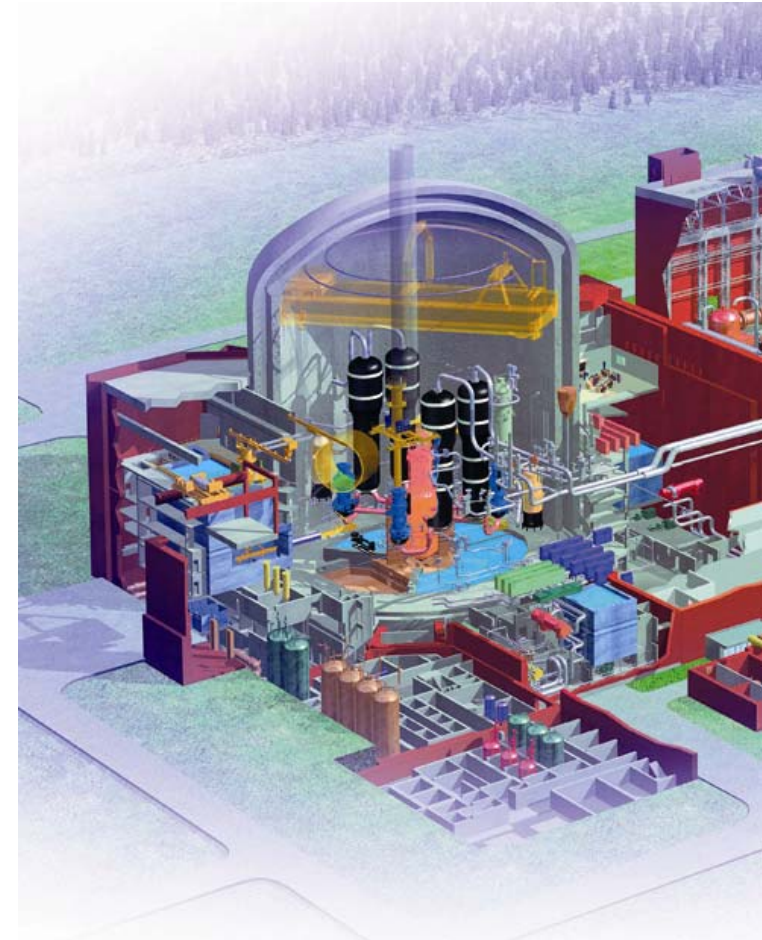
- 160 miljoonan euron investoinnit
- Hyötysuhteen parannuksella 2 x 20 MW tehonkorotukset ilman lisäenergian kulutusta



OL3 - EDISTYKSELLISTÄ TURVALLISUUTTA, MODERNIA TEKNOLOGIAA

Uuden sukupolven edelläkävijä

- Koeteltuun tekniikkaan perustuvaa modernia teknologiaa
- Edistyksellisiä turvallisuusominaisuuksia
- Reaktorityyppi EPR (painevesireaktori)
- Sähköteho n. 1 600 MW
- Laitostoimittaja konsortio AREVA-Siemens



OL4 - ILMASTOYSTÄVÄLLISTÄ SÄHKÖÄ PITKÄLLE TULEVAISUUTEEN

- Kehitteillä olevat globaalit turvallisuusnormit ja suomalaiset YVL-ohjeet täyttävä laitosyksikkö
- Sähköntuotantokapasiteetti 1 450 – 1 750 MW
- Viisi eri laitosvaihtoehtoa
- Tuottaa sähköä vähintään 60 vuoden ajan



OL4 -HANKE KILPAILU- JA SUUNNITTELUVAIHEESSA

- Laitosvaihtoehtojen soveltuvuus TVO:lle ja Olkiluotoon
- Erilaiset hankintamallit ja toteutustavat
- Laitosyksikön valinta
- OL3:sta saadut kokemukset tarjouspyyntöaineistossa
- STUK uudistaa YVL-ohjeistoa

Laitostoimittajat

- Perussuunnittelua Suomeen sovittamista varten
- Alihankkijoiden kartoitus
- Toimitusketjujen rakentaminen



TURVALLINEN REAKTORI

Reaktori on turvallinen, kun polttoaine ei missään olosuhteissa pääse ylikuumenemaan tai sulamaan.

Reaktorin polttoaine ei voi ylikuumentua, jos seuraavat ehdot on täytetty:

1. ketjureaktio on loppunut, reaktori on sammutettu
2. sydän on veden peittämä tai sitä ruiskutetaan vedellä
3. reaktorin paine pysyy säädetyissä rajoissa.

YDINVOIMALAITOKSEN AUTOMAATION VAATIMUSTEN MÄÄRÄYTYMINEN

luokittelu (YVL)
deterministisesti toiminnon
tarkoituksen mukaan

ei luokitteluun liittyvää
luotettavuustavoitetta

luotettavuuksia arvioidaan
laitostasolla

vikasietoisuusvaatimukset eivät
pohjaudu luokitteluun vaan
tulevat deterministisesti
toiminnon tarkoituksesta (YVL)

luokittelu (IEC61508)
riskianalyysin perusteella

vaadittu SIL-taso määrää
luotettavuustavoitteen

automaatiotoimintokohtainen
luotettavuustavoite ja arviointi

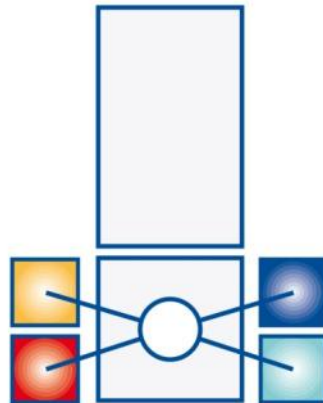
toiminnon arkkitehtuuri
määräytyy SIL-tason
perusteella

YDINVOIMALAITOSTEN TURVALLISUUDEN VARMISTAMINEN (MONINKERTAISUUS)

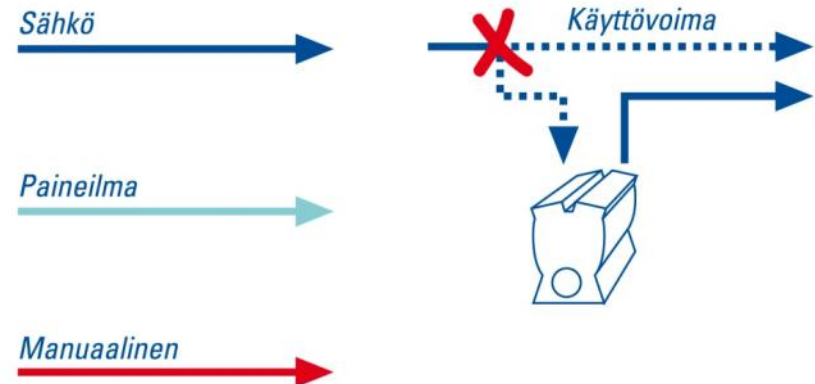
Rinnakkaisuus



Erottelu



Erilaisuus



RINNAKKAISUUS

Moninkertaiset prosessijärjestelmät

- rinnakkaiset mittaukset/toimilaitteet

Rinnakkaiset logiikkaosat;

- yksittäisvikakriteeri tai N+2

Rinnakkaisuus, turvallisuustoimintojen nelinkertaisuus, vähentää satunnaisvikojen vaikutusta. Yhteisviat tulevat merkittäväksi

Lähes aina vain yksi prosessijärjestelmä

- rinnakkaiset mittaukset/toimilaitteet

Tyypillisesti yhteinen logiikkaosa

- laitteiston vikasietoisuus-vaatimusta alennettu itsediagnostiikan ja fail-safe ominaisuuksien avulla

EROTTELU

Turva- ja käyttöautomaation erillisuus

Syvyysuunnassa riippumattomat

- reaktorisuojausjärjestelmä
- vakavien onnettomuuksien hallintajärjestelmä

Rinnakkaisten osajärjestelmien erotus

- fyysisesti omissa rakennuksissa
- toiminnallisesti erotettu

Turva- ja käyttöautomaation erillisuus

Yleensä vain yksi turvallisuuteen liittyvä järjestelmä

Tyypillisesti yksi automaatiotila

ERILAISUUS

Erilaiset mittaukset

- ohjelmiston (ja laitteiston) yhteisvika tulee merkittäväksi

Erilaiset toiminnot

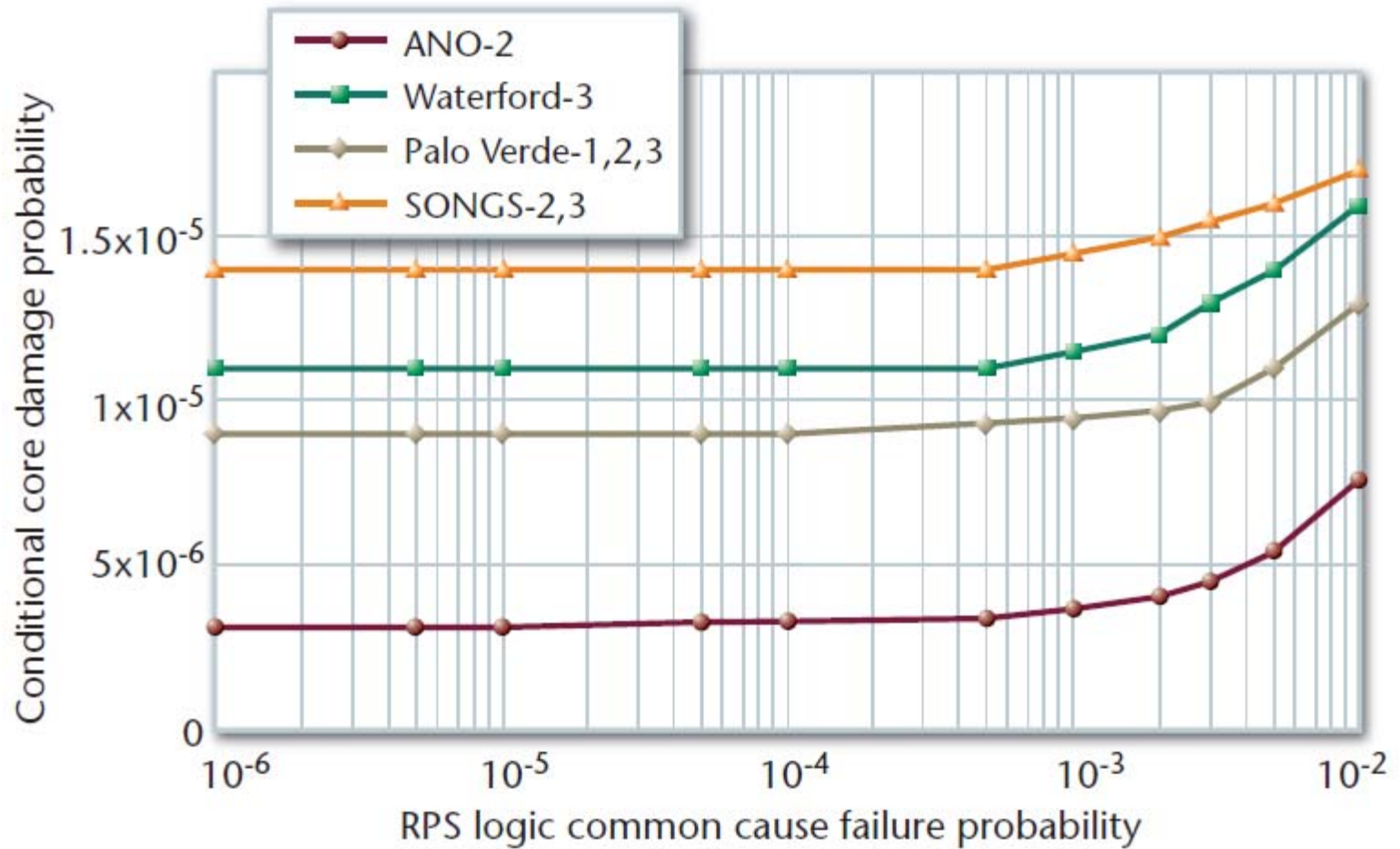
- erilaiset sovellusohjelmat
- perusohjelmiston tai laitteiston yhteisvika?

Erilainen teknologia

- esim. langoitettu varajärjestelmä

Ohjelmiston yhteisvika usein merkityksetön muihin vikataajuuksiin verrattuna

ESIMERKKI TURVAJÄRJESTELMÄN LOGIIKKAOSAN YHTEISVIAN VAIKUTUKSESTA (USA)



Lähde: J. Bickel, Digital I&C is safe enough, Nuclear Engineering International, December 11, 2009

YDINVOIMALAITOKSEN TURVALLISUUSTASOT

Ehkäisevät toimenpiteet: häiriöihin varautuminen ja niiden ehkäisy

- laitossyksiköiden jatkuva parantaminen
- turvallisuuskulttuuri, henkilöstön kouluttaminen
- jatkuvat riskiarviot ja -analyysit

Suojaustoimenpiteet: pahimpaan varautuminen

- kattavat suojaus- ja valvontajärjestelmät
- valmiit toimintamallit

Seurausten lieventämistoimenpiteet: pahimman hallitseminen

- hätäjärjestelmät ja onnettomuuksien hallintajärjestelmät
- valmiit toimintamallit ja harjoittelemine
- radioaktiivisten aineiden eristäminen ympäristöstä ja pysyvien haittojen estäminen

OL3 AUTOMAATION TOIMINNALLISET TASOT

Automaatiojärjestelmien turvallisuusajattelun mukaiset toiminnalliset tasot



VAATIVA MUTTA PIENI MARKKINA

434 ydinlaitosyksikköä [3]
viimeisen kahden vuoden aikana:

- 18 rakentaminen aloitettiin
- 10 uutta valmistui
- 14 suljettiin

60 % analogiatekniikkaa [1]

450 painelähetintä/a [2] (UK)

**9019 paperi/kartonki- ja
4961 sellutehdasta**
**kymmeniä tuhansia
kemiantehtaita**

hiilivoimala/vko (Kiina)

**digitaalinen, väylät, älykkäät
kenttälaitteet, hajautettu,
integroitu...**

1,8 milj. painelähetintä/a [2]

[1] Annex 5 of the Nuclear Technology Review issued for the 2008 IAEA General Conference – Instrumentation and Control (I&C) Systems in Nuclear Power Plants: A Time of Transition

[2] Tom Nobes, Smart instruments in safety instrumented systems, InTech, July 2009

[3] IAEA, <http://www.iaea.org/programmes/a2/>, 11.12.2011

KANSALLINEN LUOKITTELU JA VAATIMUKSET

Table 1: A comparison of different classification systems [1]

National or International Standard	Classification to the Importance to Safety				
IAEA	Systems Important to Safety			Systems Not Important to Safety	
	Safety System	Safety Related System			
IEC 61226	Category A		Category B	Category C	Unclassified
France N4	1E		2E	IFC/NC	
European Utility Requirements	F1A (Automatic)		F1B (Automatic and Manual)	F2	Unclassified
Russia	Class 1 (beyond DBA*)		Class 2 (Safety System, DBA)	Class 3	Class 4
UK	Category 1			Category 2	Unclassified
USA (IEEE)	1E		Non-nuclear Safety		

IEC61508 SIL

* DBA = design basis accident

[1] Annex 5 of the Nuclear Technology Review issued for the 2008 IAEA General Conference – Instrumentation and Control (I&C) Systems in Nuclear Power Plants: A Time of Transition

COTS LAITTEIDEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

Älykkäät kenttälaitteet eivät kestä säteilyä

Soveltuvuus käyttötarkoitukseen

- IEC 61508 mukainen fail-safe –toimintaperiaate sopii turvatoimintoihin, rajoitustoimintoihin ja komponenttien suojauksiin
- ydinvoimalaitoksessa turvallisuuteen liittyvä toiminto voi olla myös jatkuvatoiminen, kuten säätö

Ohjelmiston systemaattinen vika

- Olemassa olevan analogisen laitteen korvaaminen ohjelmoitavalla voi luoda yhteisvikamahdollisuuden, joka aiemmin on voitu sulkea pois

COTS LAITTEIDEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

Turvallisuusluokan 2 ja 3 laitteet tulee kelpoistaa

- IEC 61508 sertifikaattia voidaan käyttää osana kelpoistusevidenssiä
- turvallisuusluokassa 2 arvioitava lisäksi ydinteknisten standardien vaatimusten täyttyminen

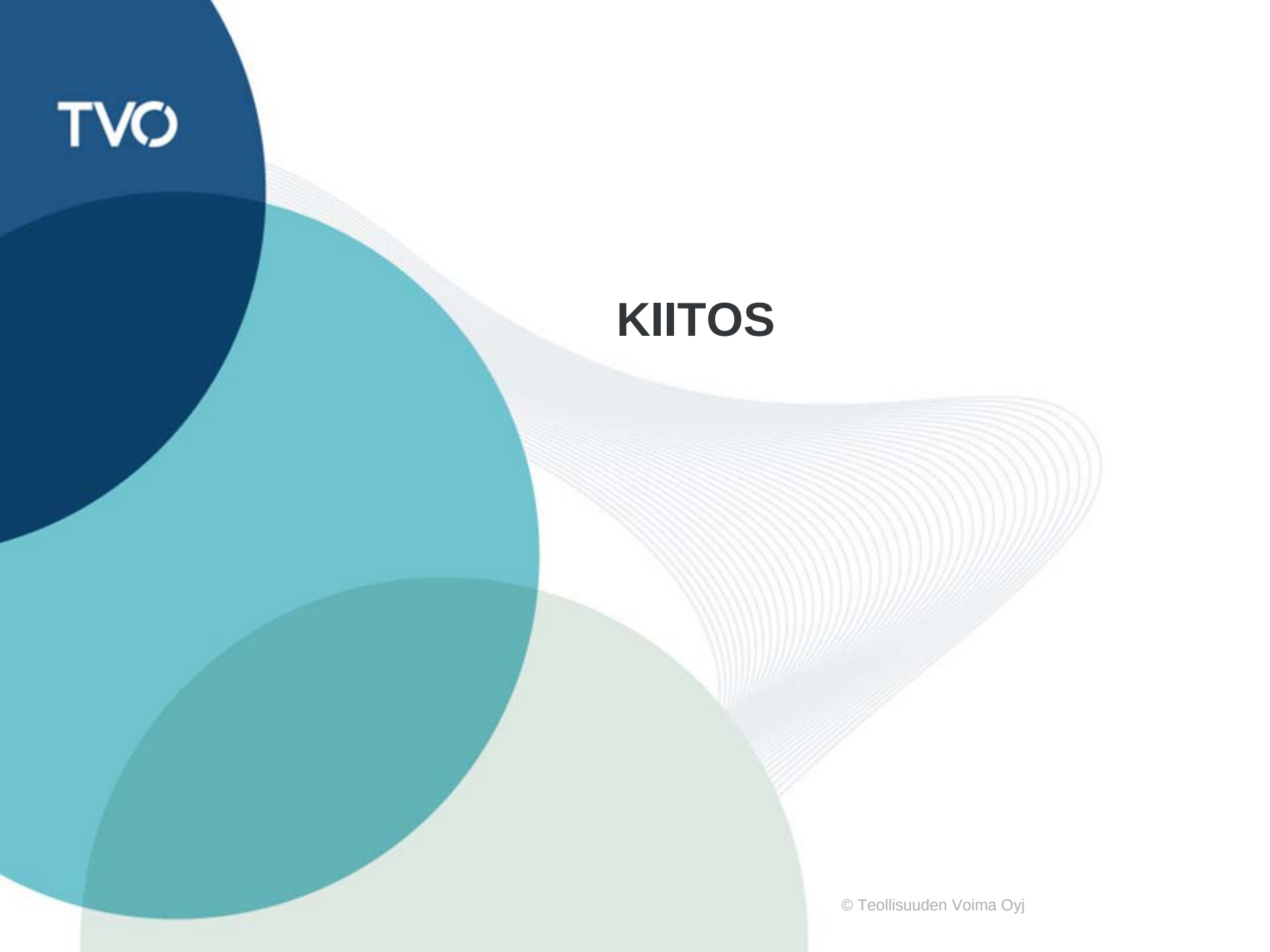
Haasteita

- Olemassa olevien sertifikaattien taso
- Arviointiin tarvittavan tiedon saatavuus
- Arvioidun ja ydinlaitokselle asennettavan komponentin vastaavuus

Kustannukset [1]

- NISI WG arviointi: 50 k£-100 k£ per laite

[1] R.T. Pearce, Get smart, Nuclear Engineering International, 20 September 2011



TVO

KIITOS