Pasi Mäkelä

POSIVA OY, KAPSELOINTILAITOKSEN AUTOMAATION PERUSTEET JA AUTOMAATIOARKKITEHTUURI

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
2012

samk
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

POSIVA OY, KAPSELOINTILAITOKSEN AUTOMAATION PERUSTEET JA AUTOMAATIOARKKITEHTUURI

Mäkelä, Pasi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Syyskuu 2012
Ohjaaja: Suvela, Timo SAMK, Vuorio, Petteri POSIVA
Sivumäärä: 55

Asiasanat: kapselointilaitos, ydinjätteet, automaatio, vaatimustenhallinta

---

Tämän opinnäytetyön aihe oli määritellä Posiva Oy:n käytetyn ydinjätteen kapselointilaitoksen prosessiautomaation perusteet selvittämällä siihen liittyvät ja sen suunnittelussa, hankinnassa, toteutuksessa ja käytössä noudatettavat lait ja asetukset, standardit ja YVL-ohjeet. Lisäksi työ sisälsi kapselointilaitoksen automaatioarkkitehtuurin määrittämisen. Työn tarkoitus oli saada Posivan käyttöön esisuunnitelmadokumentti kapselointilaitoksen prosessiautomaatiojärjestelmien jatkosuunnittelun pohjaksi.

Aineistona käytettiin Posiva Oy:n esitysaineistoa, Säteilyturvakeskuksen (STUK) valmisteilla olevia uusia YVL-ohjeita, SFS-EN-standardeja, KTA-, ISO-, ANSI- ja IEC-standardeja, ISA ja IEEE-ohjeita sekä aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja julkaisuja. Lisäksi käytettiin Posiva Oy:n suunnitteluun, laadunhallintaan ja hankintaan liittyvää materiaalia.

Opinnäytetyö sisältää perusteet kapselointilaitoksen jatkosuunnittelulle, sisältäen luettelon noudatettavista laeista, asetuksista, standardeista ja ohjeista sekä automaatioarkkitehtuurin kuvauksen.

POSIVA OY, AUTOMATION BASES AND THE AUTOMATION ARCHITECTURE OF THE CAPSULATION PLANT

Mäkelä, Pasi
Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Automation Engineering
September 2012
Supervisor: Suvela, Timo SAMK, Vuorio, Petteri POSIVA
Number of pages: 55

Keywords: capsulation plant, nuclear waste, automation, requirements management

---

The purpose of this thesis was to define the basis of the automation for the capsulation plant processes and the automation architecture. The main target was to investigate and make the list of the requirements of the relevant laws, standards, instructions and most important the still reforming engineering requirements of the Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK), which Posiva needed obey planning the capsulation plant. The meaning of this thesis was to be preliminary planning document for the automation planning in the future.

Material used in this thesis were Posiva's representation material, STUK's YVL-guides being still reforming, SFS-EN-standards KTA-standards, ISO-standards, ANSI-standards, IEC-standards, ISA-instructions, IEEE-instructions and the relevant literature and publications. Also the Posiva's material for the planning, the quality control and the purchasing were used.

This thesis consist the basis of extension planning for the capsulation plant including the list of laws, adjustments, standards and the instructions to obey and the description of the automation architecture.

SISÄLLYS

SYMBOLIT JA LYHENTEET

Lyhenne	Selite
ANSI	Amerikkalainen stardardointijärjestö (American National Standards Institute)
DCS	Hajautettu ohjausjärjestelmä (Distributed Control System, DCS)
EN	Eurooppalainen standardi (European Standard)
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä (Enterprise Resource Planning ERP)
EYT	Ei ydinteknistä luokitusta
FSAR	Lopullinen turvallisuusanalyysi (Final Safety Analysis Report)
HMI	Käyttöliittymä (Human Machine Interface)
HW/SW	Tietokonelaitteisto/Ohjelmistot (Hardware/Software)
IAEA	Kansainvälinen atomienergiajärjestö (International Atomic Energy Agency)
IEC	Kansainvälinen sähköalan standardi (International Electrotechnical Comission)
IEEE	Kansainvälinen tekniikan alan järjestö (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
ISA	Kansainvälinen automaatioyhteisö (International Society of Automation)
ISO	Kansainvälinen standardointijärjestö (International Organization for Standardization)
KTA	Saksalainen ydinturvallisuusstandardi, The Nuclear Safety Standards Commission (Kerntechnischer Ausschuss - KTA)
MES	Tuotannonohjausjärjestelmä (Manufacturing Execution System MES)
MUHA	Posivan muutostenhallintajärjestelmä
PLC	Ohjelmoitava logiikka (Programmable Logic Controller, PLC)
PSAR	Alustava turvallisuusanalyysi (Preliminary Safety Analysis Report)
SAHARA	Periaate, jossa tavoitellaan niin korkeaa turvallisuustasoa kuin käytännössä on mahdollista (Safety As High As Reasonably Achievable)
SCADA	Valvomo-ohjelmisto (Supervisory Control And Data Acquisition)
SFS	Suomen standardisoimisliitto SFS ry
STUK	Säteilyturvakeskus
TCP/IP	Usean Internet-liikennöinnissä käytettävän tietoverkkoprotokollan yhdistelmä (Transmission Control Protocol / Internet Protocol)

TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö
TL1-3	Ydinteknillinen turvallisuusluokka 1-3
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
TVO	Teollisuuden Voima Oyj
VAHA	Posivan vaatimustenhallintajärjestelmä
VNa	Valtioneuvoston asetus
YEL	Ydinenergialaki
YVL	Ydinvoimalaitosohjeet, STUK:n laatimat ohjeet

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä on tarkoitus selvittää Posiva Oy:n käytetyn ydinpolttoaineen kapselointilaitoksen prosessiautomaatioon liittyviä lakeja ja asetuksia, standardeja ja Säteilyturvakeskuksen ydinturvallisuusohjeita automaation perusteiden määrittämiseksi. Lisäksi työssä kuvataan laitoksen automaation arkkitehtuuri. Työtä on tarkoitus käyttää apuna laadittaessa Posiva Oy:n rakentamislupahakemusta, joka jätetään vuoden 2012 lopulla valtioneuvostolle.

Työssä luetellaan kapselointilaitoksen automaatioon liittyvät lait ja asetukset, standardit ja YVL-ohjeet, joilla on vaikutuksia automaatiojärjestelmien eri elinkaarivaiheissa. Lisäksi, koska kapselointilaitoksessa on useita eri järjestelmiä joihin liittyy näitä ohjaavia automaatiojärjestelmiä, tarvitaan koko automaation kuvaamiseksi sen arkkitehtuurin kuvaamista. Arkkitehtuurissa kuvataan riittävällä abstraktiotasolla koko automaation rakenne. Kuvaamiseen käytetään ns. kerrosarkkitehtuuria.

Koska tämän tyyppinen kapselointilaitos ja sen automaatio on ensimmäinen laatuaan maailmassa, ei vertailukohdetta ole. Lisäksi ohjeet ja standardit on tehty pääsääntöisesti ydinvoimalaitoksille, joten ohjeita ja standardeja joudutaan soveltamaan viranomaisten kanssa yhteistyössä laadittujen periaatteiden mukaan. Kapselointilaitos on kuitenkin ydinlaitos, jossa käsitellään säteilevää ydinmateriaalia, tulee toiminnot toteuttaa niin, ettei ihmisille ja ympäristölle aiheuteta säteilyn vaaraa. Tämä tarkoittaa sitä, että toiminnot toteutetaan tärkeimmiltä osiltaan etävalvottuina automaatiojärjestelmien avulla.

2 YDINJÄTEHUOLTO SUOMESSA

Vuonna 1994 tuli voimaan ydinenergialain muutos, jonka mukaan Suomessa tuotettu ydinjäte pitää käsitellä, varastoida ja loppusijoittaa Suomeen. Muista maista ei saa tuoda ydinjätteitä Suomeen. (Ydinenergialaki (990/87) / Laki ydinenergialain muuttamisesta 29.12.1994 6a§ ja 6b§)-

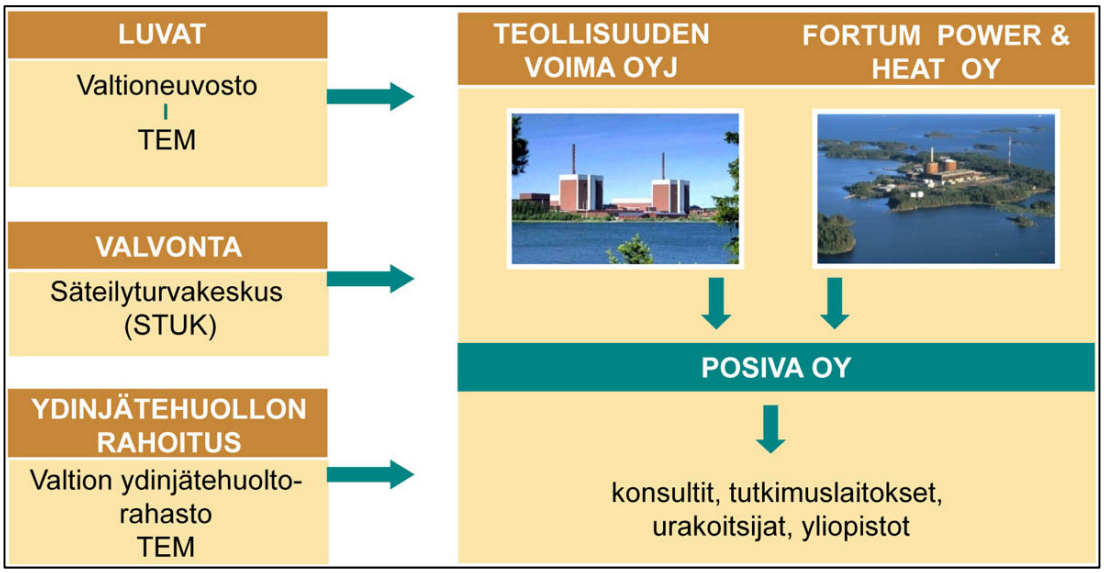
Suomessa ydinvoimayhtiöt ovat vastuussa ydinjätteistään, niihin liittyvistä huoltotoimista ja kaikista näihin liittyvistä kustannuksista. Vastuu jatkuu siihen asti, kun ydinjäte on hyväksytysti pysyvästi loppusijoitettu.

2.1 Vastuu jätehuollosta

Kansainväliseen Atomienergiajärjestöön, IAEA:han kuuluvien maiden allekirjoittaman ydinjätekonvention periaatteen mukaisesti valtio, josta ydinjäte on peräisin myös loppusijoittaa sen omaan maahansa. Tässä tapauksessa vastuu kuuluu, Teollisuuden Voima Oyj:lle ja Fortum Power and Heat Oy:lle, joiden vastuu kattaa kaikki toimenpiteet aina siihen asti kunnes ydinjäte on pysyvästi loppusijoitettu (Posiva Oy:n www-sivut 2012.)

”Vastuu ydinjätehuollon periaatteista, turvallisuusvaatimuksista sekä säädösten noudattamisen valvonnasta on Suomen viranomaisilla. Lupien ja säädösten osalta vastuuviranomainen on työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) ja turvallisuusvalvonnan osalta Säteilyturvakeskus (STUK).” (Posiva Oy:n www-sivut 2012.)

Teollisuuden Voima Oyj:n ja Fortum Power and Heat Oy:n yhdessä perustama Posiva Oy vastaa omistajiensa tuottaman käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen kehitystyöstä ja käytännön toteutuksesta (kuva 1). Voimayhtiöt sen sijaan hoitavat itse voimalaitosjätteensä, voimalaitostensa purkujätteensä ja käytetyn ydinpolttoaineen välivarastoinnin.



Kuva 1: Ydinjätehuollon vastuut (Posiva Oy.n www-sivut 2012).

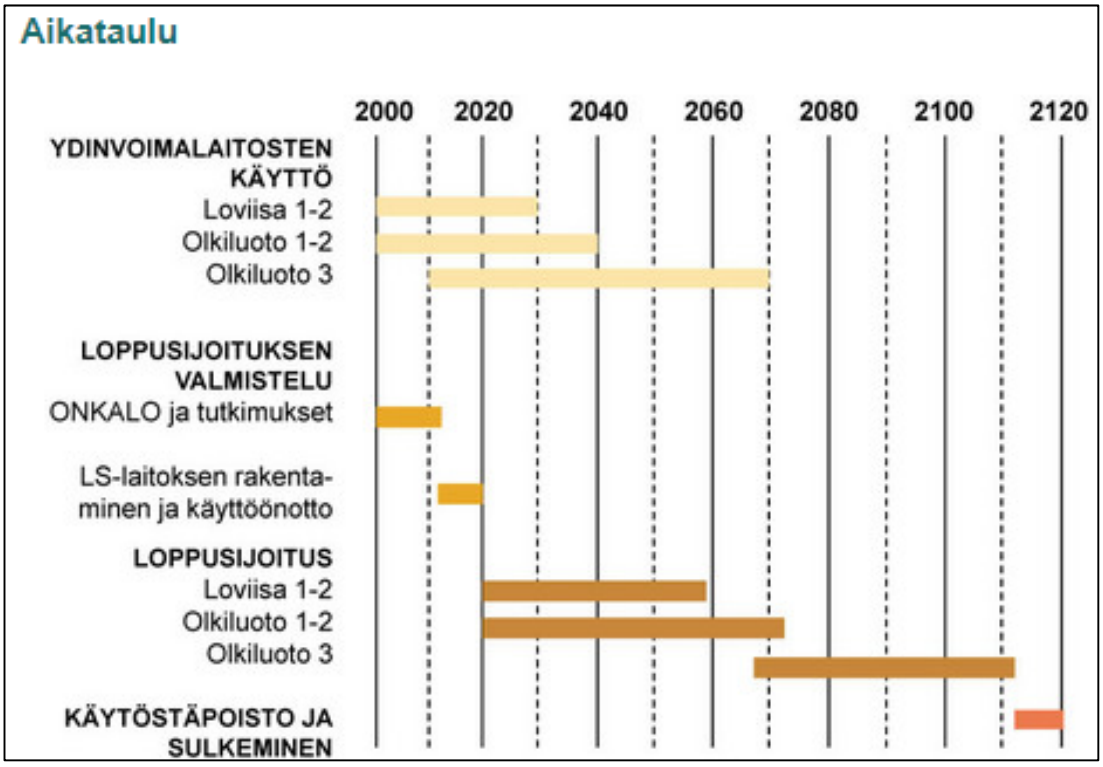
2.2 Posiva Oy

Posiva Oy asiantuntijaorganisaatio, joka on perustettu vuonna 1995 ja sen päätarkoitus on vastata omistajiensa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta, sekä tähän liittyvistä tutkimuksista. Posivasta 60%:n osuuden omistaa Teollisuuden Voima Oyj ja 40%:n osuuden Fortum Power and Heat Oy. Yhtiö toimii Eurajoen Olkiluodossa. Vuonna 2010 henkilöstömäärä oli noin 90 ja yhtiön liikevaihto oli 61 MEUR.

3 YDINJÄTTEEN LOPPUSIJOITUS

”Käytetystä ydinpolttoaineesta on huolehdittava niin, ettei siitä aiheudu vaaraa elolliselle luonnolle. Teollisuuden Voima Oyj:n ja Fortum Power and Heat Oy:n ydinvoimaloiden käytetty ydinpolttoaine loppusijoitetaan kuparikapseleissa Olkiluodon peruskallioon noin neljänsadan metrin syvyyteen.” (Posiva Oy:n www-sivut 2012.)

Loppusijoituksen aikataulu ulottuu tällä hetkellä aina vuoteen 2120 (kuva 2) ja mikäli Posiva Oy:n omistaja rakentavat lisää voimaloita siirtyy loppusijoituksen päättyminen vastaavasti.



Kuva 2: Loppusijoituksen aikataulu (Posiva Oy.n www-sivut 2012).

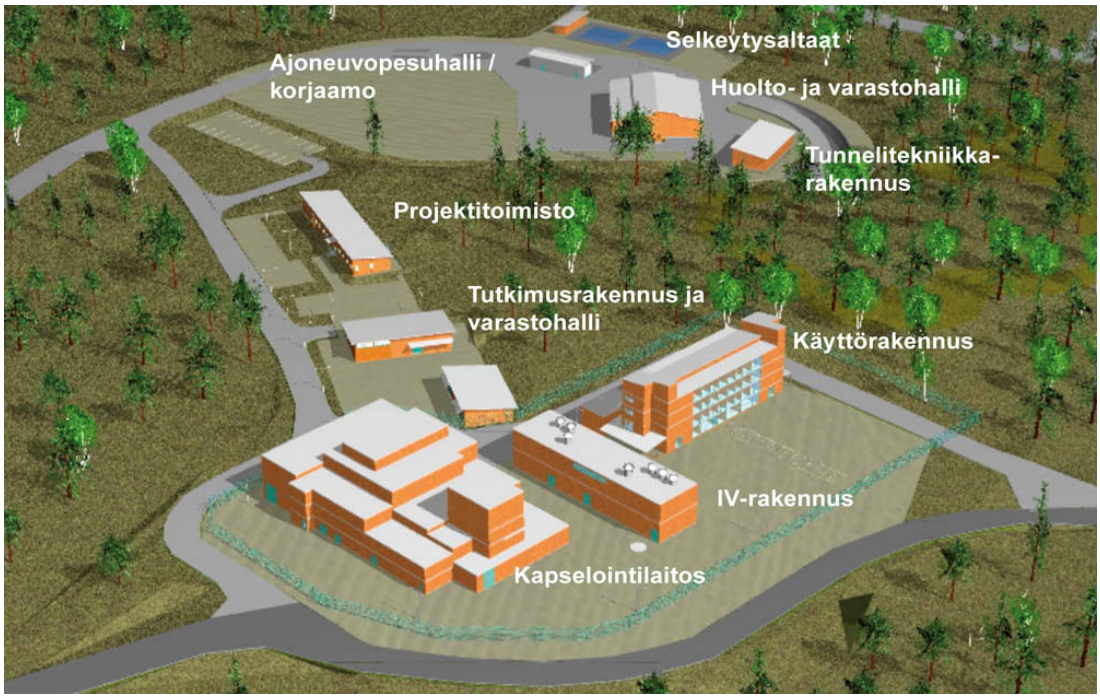
Posiva Oy rakentaa Eurajoen Olkiluotoon käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen. Laitoskokonaisuus käsittää maanalaisen loppusijoituslaitoksen, kapselointilaitoksen, sekä apu- ja oheistoimintoja varten maan päälle sijoittuvat ilmanvaihto- ja nostinlaiterakennukset, tunnelitekniikkarakennuksen sekä tutkimusrakennuksen ja tarvittavat varasto- ja korjaamotilat.

3.1 Loppusijoituslaitos

Kapselointilaitoksessa käytetyt ydinpolttoaineniput kapseloidaan, jonka jälkeen ne sijoitetaan pysyvästi ja turvallisesti loppusijoituslaitoksen kallioperään.

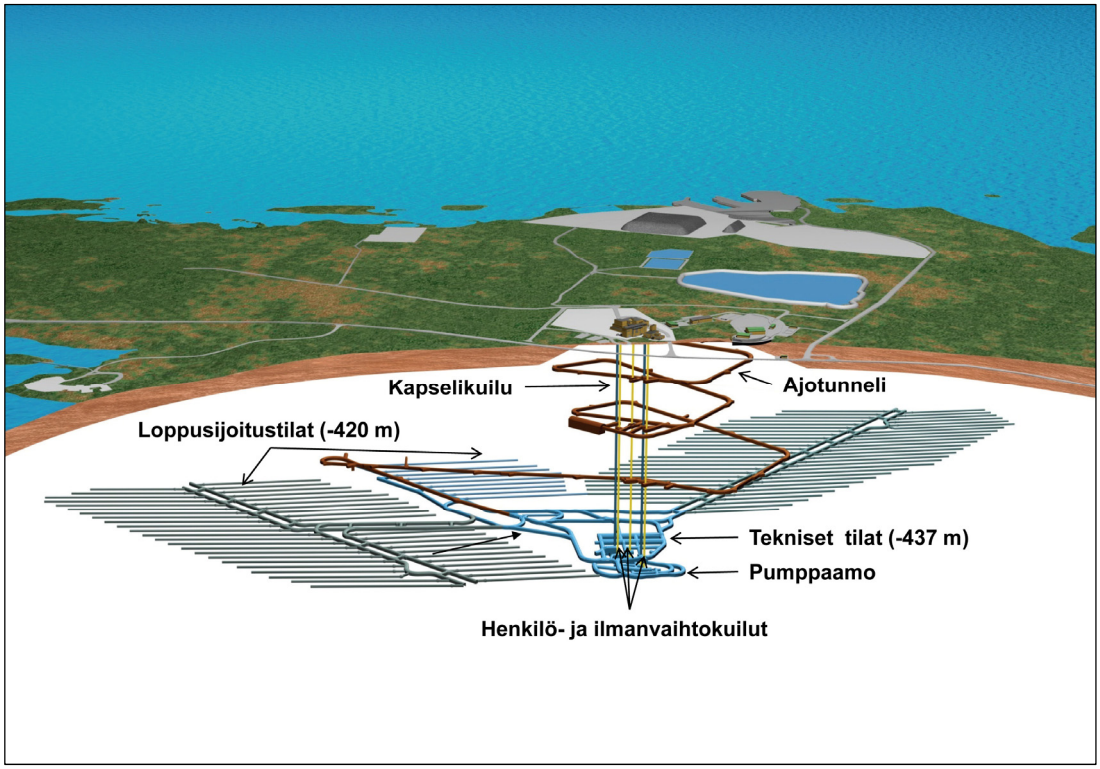
Posiva Oy:n laitoskokonaisuus (kuva 3) on jaettu kahteen osaan, toinen osa on maan päällä ja toinen maan alla kalliotiloissa.

Kapselointilaitos sijaitsee maan päällä, jonne käytetty ydinpolttoaine tuodaan ja jossa se kuivataan ja pakataan loppusijoituskapseleihin, jonka jälkeen kapselit kuljetetaan hissillä tai vaihtoehtoisesti ajotunnelia pitkin loppusijoitustiloihin.



Kuva 3: Havainnekuva laitosalueesta (maanpäälliset tilat). (Posiva Oy.n www-sivut 2012).

Maan alla, noin 420 metrin syvyydellä, sijaitsevat loppusijoitustilat (kuva 4), joista tärkeimmät ovat varsinaiset loppusijoitustunnelit. Loppusijoitustunneleihin sijoitetaan kapselit niitä varten porattuihin ja bentoniitillä vuorattuihin reikiin. Kun kaikki kunkin loppusijoitustunnelin kapselit on sijoitettu reikiinsä, tunneli täytetään. Lisäksi maan alla sijaitsevat toiminnan kannalta tarpeelliset tekniset tilat sekä tarvittavat turvatilat.



Kuva 4: Havainnekuva loppusijoituslaitoksesta (maanalaiset tilat). (Posiva Oy.n www-sivut 2012).

Tässä raportissa ei käsitellä loppusijoitustiloja vaan ainoastaan kapselointilaitosta. Loppusijoitustiloihin tullaan asentamaan vastaavanlaisia automaatiojärjestelmiä ja laitteita kuin kapselointilaitoksessa. Näissä järjestelmissä ja laitteissa tulee käyttää samoja periaatteita kuin kapselointilaitoksessa.

3.2 Kapselointilaitos

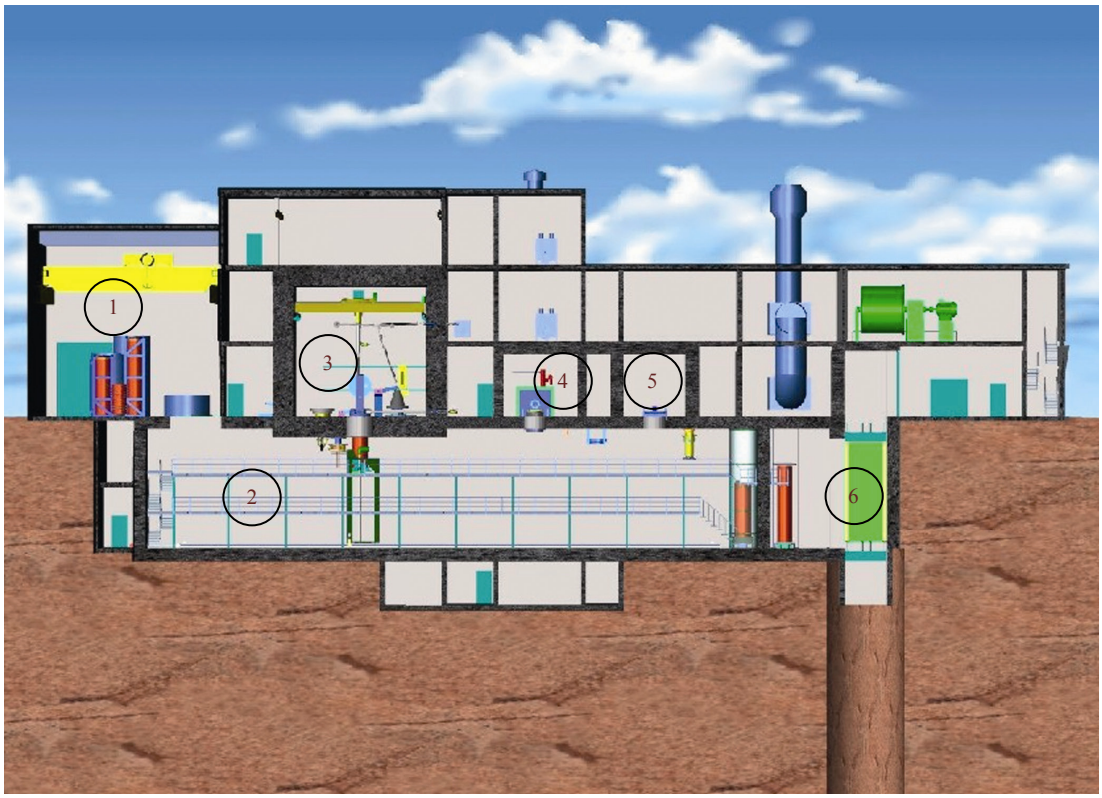
Ydinjätteen loppusijoituksen yhtenä tärkeänä osana on ydinjätteen kapselointi. Kapselointi suoritetaan tätä varten rakennettavassa kapselointilaitoksessa. Kapselointilaitos rakennetaan Eurajoen Olkiluotoon, Teollisuuden Voima Oyj:n ydinvoimalaitosten läheisyyteen.

Kapselointilaitoksessa voimalaitoksilla tuotettu käytetty ydinpolttoaine kuivataan ja pakataan loppusijoituskapseleihin, jonka jälkeen kapselit kuljetetaan hissillä tai vaihtoehtoisesti ajotunnelia pitkin loppusijoitustiloihin. Käytetty ydinpolttoaine kuljete-

taan kapselointilaitokselle voimalaitosten käytetyn polttoaineen varastoista tätä varten rakennetulla siirtosäiliössä.

3.3 Kapselointilaitoksen toiminnan yleiskuvaus

Kapselointilaitoksen poikkileikkauksesta (kuva 5) selviää periaate kapselin kulusta laitoksen sisällä. Käytetty ydinpolttoaine vastaanotetaan kapselointilaitokselle siirtosäiliössä. Vastaanottotilaan (1) toimitetaan myös tyhjät loppusijoituskapselit.



Kuva 5: Pituusleikkaus kapselointilaitoksesta (Posiva Oy:n www-sivut 2012).

Loppusijoituskapseleita on kolmea eri versiota, kutakin suomalaista reaktorityyppiä, Olkiluoto 1 ja 2, Olkiluoto 3 sekä Loviisa 1 ja 2, varten. Loppusijoituskapseli käsittää sisemmän valurautaisen sisäosan kansineen ja ulomman kuparisen kapselin kansineen. Kuparikapselin seinämävahvuus on 50 millimetriä. Loppusijoituskapselin halkaisija on noin 1 metri ja versiosta riippuen pituus 3,4–4,8 metriä. Loppusijoituskapselin kokonaismassa, sisältäen käytetyn ydinpolttoaineen, on versiosta riippuen noin 18600–29100 kg.

Vastaanottotilasta sekä siirtosäiliö että loppusijoituskapseli siirretään omien siirtovaunujensa avulla siirtokäytävää (2) pitkin polttoaineen käsittelykammioon (3) telakointia varten. Siirtosäiliö ja loppusijoituskapseli telakoidaan käsittelykammioon, jonka jälkeen käytetty ydinpolttoaine nostetaan siirtosäiliöstä kuivausasemaan ja edelleen kuivauksen jälkeen siirrettäväksi loppusijoituskapseliin. Kun kaikki pakattavaksi tarkoitetut ydinpolttoaineniput ovat sijoitettu loppusijoituskapseliin, imetään loppusijoituskapseli tyhjöön, jonka jälkeen se täytetään argon-kaasulla ja suljetaan sisäosan teräskannella.

Käsittelykammio on ydinturvallisuusmielessä laitoksen tärkein tila, koska se on ainoa tila, jossa käytettyä ydinpolttoainetta käsitellään paljaana ilmassa.

Käsittelykammiosta loppusijoituskapseli siirretään hitsausasemalle (4) ja siirtosäiliö siirretään takaisin vastaanottotilaan poiskuljetettavaksi. Loppusijoituskapselin kansi asennetaan kapseliin ja hitsataan kiinni elektronisuihkuhitsauksella.

Hitsauksen jälkeen loppusijoituskapseli siirretään tarkastusasemaan (5) hitsatun sauman tiiveyden ja laadun tarkastamista varten. Kuitenkin tätä ennen, kapselin yläpinta työstetään siirtovaunussa tasaiseksi tarkastuksen mahdollistamiseksi. Hitsaussaumalle tehdään useita tarkastuksia, jotka ovat; visuaalinen, ultraääni, pyörrevirtatarkastus ja röntgenkuvaus.

Tarkastuksessa hyväksytyt kapselit siirretään siirtotrukilla, joko kapselihissillä (6) alas loppusijoitustiloihin, tai vaihtoehtoisesti kapselivarastoon, odottamaan loppusijoitustiloihin siirtämistä.

4 LAITOKSEN AUTOMAATIOON LIITTYVÄT VAATIMUKSET

Tässä luvussa listataan kapselointilaitoksen automaatioon liittyviä lakeja, asetuksia, standardeja ja ohjeita, joita tulee soveltaen noudattaa. Tarkemmin käsittelyyn on otettu vain YVL-ohjeet luvussa 4.5. Ohjeissa on vaatimuksia rakentamislupavaiheeseen huomioon otettavaksi.

4.1 Yleiset suunnitteluvaatimukset

Kapselointilaitoksen suunnittelun tulee perustua soveltuvin osin sekä kansallisiin että kansainvälisiin sähkölaitestandardeihin, ydinteknisiin standardeihin ja viranomaisohjeisiin. Lisäksi suunnittelun tulee perustua sekä deterministisiin että todennäköisyyspohjaisiin arviointimenetelmiin. Deterministiset menetelmät perustuvat syy-seuraustarkasteluihin, jossa valittujen alkutapahtumien vaikutukset laitoksen turvallisuuteen huomioidaan suunnittelussa.

4.2 Noudatettavat lait, asetukset

Kapselointilaitoksen suunnittelulle ja toiminnalle asettaa yleisiä vaatimuksia mm. Ydinenergialaki 11.12.1987/990, Valtioneuvoston asetus ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta 27.11.2008/733 ja Valtioneuvoston asetus ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuudesta 27.11.2008/736.

”Common position of European nuclear regulators for the licensing of safety critical software for nuclear reactors”, EUR 19265, 2000 –julkaisun vaatimukset tulee huomioida soveltuvin osin suunniteltaessa automaatiojärjestelmiä ja –laitteita.

4.3 Noudatettavat standardit

Seuraavassa on listattuna tärkeimmät ydinlaitoksen automaatioon liittyvät kansalliset ja kansainväliset standardit. Osasta kansainvälisistä standardeista on laadittu vastaava kansallinen standardi, kuten esimerkiksi SFS-EN 61508-1/ IEC 61508, 2010.

4.3.1 Kansalliset standardit

Kapselointilaitoksen tapauksessa noudatettavat kansalliset standardit ovat SFS-EN-standardeja, joista tärkeimpiä ovat sähkö- ja automaatiolaitestandardit kuten SFS-EN 61508-1 ”Sähköisten/elektronisten/ohjelmoitavien elektronisten turvallisuuteen liittyvien järjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Osat 0-7”, SFS-EN 62061 ”Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvien sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus” ja SFS 6000 ”Pienjännitesähköasennukset” sekä koneturvallisuusstandardit kuten SFS-EN ISO 13849-1 ”Koneturvallisuus, turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat, osa 1 ja 2”.

4.3.2 Kansainväliset standardit

Kansainvälisistä standardeista tärkeimmät, sovellettavin osin noudatettavat standardit, ovat ydinteknisiä standardeja.

IAEA (International Atomic Energy Agency)

- Safety Standards Series NS-G-1.3 2002 ”Instrumentation and control systems important to safety in nuclear power plants, Safety Guide”
- Series No. NS-G-1.1 2000 “Software for Computer Based Systems Important to Safety in Nuclear Power Plants, Safety Guide”

IEC (International Electrotechnical Commission)

- IEC 42010, 2011, ”Systems and Software Engineering - Architecture description” (kts. luku 6.1)
- IEC 60780, 1998, ”Nuclear Power Plants – Electrical equipment of the safety systems – Qualification”
- IEC 60880, 2006, “Nuclear power plants - Instrumentation and control systems important to safety - Software aspects for computer-based systems performing category A functions”
- IEC 60987, 2007, ” Nuclear power plants - Instrumentation and control important to safety - Hardware design requirements for computer-based systems”
- IEC 611131-3, 2011, “Programming Industrial Automation Systems” (kts. luku 6.1)

- IEC 61226, 2009, ” Third edition, Nuclear power plants - Instrumentation and control important to safety - Classification of instrumentation and control functions”
- IEC 61499, 2005, “Function blocks – Part 1: Architecture” (kts. luku 6.1)
- IEC 61508, 2010, “Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-related Systems” (vrt. SFS-EN 61508)
- IEC 61513, 2011, “Nuclear power plants – Instrumentation and control for systems important to safety – General requirements for systems”
- IEC 62138, 2004, ”Nuclear Power Plants – Instrumentation and Control important for safety – Software aspects for computer-based systems performing category B or C functions”
- IEC 62264-1, 2012, “Enterprise-control system integration – Part 1: Models and terminology”

ISO-standardit (International Organization for Standardization)

- ISO 10007:2003 “Quality management systems -- Guidelines for configuration management”

KTA (Kerntechnischer Ausschuss - KTA) (Erityisesti ydinpolttoaineen nostolaitteen automaatiolaitteisiin liittyvä standardi)

- KTA 3902 (6/99) “Design of Lifting Equipment in Nuclear Power Plants”,
- KTA 3903 (6/99), “Inspection, Testing and Operation of Lifting Equipment in Nuclear Power Plants”
- KTA 2201.4 (6/00) “Design of Nuclear Power Plants against seismic events; Part 4: Requirements for procedures for verifying the safety of mechanical and electrical components against earthquakes”

IEEE-standardit (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

- IEEE 830-1998 “Recommended Practice for Software Requirements Specifications
- IEEE 828-2012”Standard for Software Configuration Management Plans”
- IEEE 15288-2008 “Systems and Software Engineering - System Life Cycle Processes”

Kansainväliset standardit ja ohjeet on laadittu ydinvoimalaitoksia silmälläpitäen, joten Posivan tapauksessa standardeja ja ohjeita sovelletaan viranomaisten (STUK) kanssa yhteistyössä sovitulla tavalla.

4.4 Noudatettavat YVL-ohjeet

Yksityiskohtaisempia vaatimuksia asetetaan Säteilyturvakeskuksen (STUK) ydinvoimalaitosohjeissa (YVL-ohjeet), joissa kuvataan ydinenergian käyttöä koskevat turvallisuusvaatimukset.

YVL-ohjeet ovat uudistettavana ja tässä raportissa viitataan uusiin YVL-ohjeisiin, olkoonkin, että ne ovat vielä luonnosvaiheessa. Kapselointilaitoksen yhteydessä STUKin kanssa on sovittu tästä käytännöstä. Viiteluettelossa on esitetty uudet YVL-ohjeet. Arkkitehtuurin kannalta tärkeimpänä ohjeena voidaan pitää STUKin YVL-ohjetta B.1 ”Ydinvoimalaitoksen turvallisuussuunnittelu” ja varsinkin sen liitettä B ”Ydinlaitosten automaatiojärjestelmille asetettavat erityisvaatimukset”.

Ohjeessa B.1 täsmennetään valtioneuvoston asetuksessa 733/2008 (VNA) annettuja suunnitteluvaatimuksia. Ohje asettaa vaatimuksia ydinlaitoksen turvallisuussuunnittelulle turvallisuusluokiteltujen järjestelmien suunnittelua varten (YVL E.7).

Ohjeessa E.7 esitetään yksityiskohtaisempia turvallisuusvaatimuksia ydinlaitoksen sähkö- ja automaatiolaitteita ja kaapeleita koskien sekä näitä koskevat STUKin valvontaan ja tarkastuksiin liittyvät menettelyt. Lisäksi ohjeessa määritellään laitteiden kelpuutukseen ja kelpoistukseen liittyvät toimenpiteet.

”Ydinvoimalaitoksen automaatioarkkitehtuuri koostuu ydinvoimalaitoksen automaatiojärjestelmistä, kullekin järjestelmälle määritellyistä toiminnoista ja toimintaparametreista, järjestelmien välisistä vuorovaikutuksista ja niihin liittyvästä hierarkiasta sekä järjestelmien vuorovaikutuksesta ulkoisen ympäristön kanssa.” (YVL B1 / Liite B ”Ydinlaitosten automaatiojärjestelmille asetettavat erityisvaatimukset” STUK).

Kapselointilaitoksen automaatio- ja sähköjärjestelmien suunnittelu, testaus, valmistus ja käyttö, tulee turvallisuusluokasta (kts. 4.5.2) riippuen, perustua suomalaisiin ja kansainvälisiin automaatio- ja sähkölaitestandardeihin sekä soveltuvin osin ydinteknisiin standardeihin ja ohjeisiin (YVL B.1).

”Ydinjätelaitoksen järjestelmät, rakenteet ja laitteet on luokiteltava sen perusteella, mikä merkitys niillä on laitoksen käyttöturvallisuuden tai loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuden kannalta. Kultakin luokiteltavalta kohteelta edellytettävän laadun sekä sen todentamiseksi tarvittavien tarkastusten ja testausten on oltava riittävät kohteen turvallisuusmerkitykseen nähden” (VNa 736/2008, 7a§.) Kapselointilaitoksen järjestelmät, rakenteet ja laitteet luokitellaan YVL B.2 ”Ydinlaitosten järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden luokittelu” mukaisesti eri ydinturvallisuusluokkiin.

4.5 YVL-ohjeiden asettamia vaatimuksia

Seuraavaksi on koottu rakentamislupavaiheessa huomioitavia YVL-ohjeiden asettamia vaatimuksia.

4.5.1 Ydinlaitosten automaatioarkkitehtuurille asetettavat vaatimukset

”Ydinvoimalaitoksen automaatioarkkitehtuuri koostuu ydinvoimalaitoksen automaatiojärjestelmistä, kullekin järjestelmälle määritellyistä toiminnoista ja toimintaparametreista, järjestelmien välisistä vuorovaikutuksista ja niihin liittyvästä hierarkiasta sekä järjestelmien vuorovaikutuksesta ulkoisen ympäristön kanssa” (YVL B.1, Liite B, 31).

”Ydinvoimalaitoksen automaatioarkkitehtuurin suunnittelussa on erityisesti tarkasteltava (YVL B.1, Liite B, 32.):

- järjestelmien välisiä yhteyksiä,
- arkkitehtuurille asetettuja toiminnallisia ja laatuvaatimuksia sekä
- laitoksen järjestelmien elinkaaren ja systeemisuunnittelun integrointia siten, että pyritään riippumattomuuteen yksittäisestä teknologiasta ja varaudutaan laitteiden vaihtotarpeisiin ja teknologisiin murroksiin”

Arkkitehtuuria suunniteltaessa ja toteutettaessa tulee käyttää korkeimman turvaluokituksen mukaisia suunnittelu- ja laadunhallintamenetelmiä. Arkkitehtuurin dokumentoinnista on ulkopuolisen tahon voitava varmistaa suunnittelun perusteet suhteessa vaatimuksiin. (YVL B.1, Liite B, 32.)

4.5.2 Turvallisuusluokitukset

Kapselointilaitoksen järjestelmät ja laitteet luokitellaan turvallisuusluokkiin YVL B.2, ”Ydinlaitoksen järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden luokittelu” mukaisesti. Tämä tarkoittaa järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden luokittelua niiden ydinturvallisuusmerkityksen kannalta, joita niillä on laitoksen käyttöturvallisuuden tai loppusijoituslaitoksen turvallisuuden kannalta (VNa 736/2008, 7§).

Pääosa kapselointilaitoksen järjestelmistä, rakenteista ja laitteista kuuluvat ydinturvallisuusluokkaan TL 3 tai EYT (ei ydinturvallisuusmerkitystä). Turvallisuusluokitukset esitetään STUK:n hyväksyttäväksi toimitettavassa luokitusasiakirjassa.

Luokan TL 3 järjestelmiä ja laitteita ovat mm. seuraavat:

- polttoaineen käsittelykammion rakenteet
- käytetyn polttoaineen käsittelylaitteet
- loppusijoituskapselien käsittelylaitteet
- kapselien kuljetussäiliöiden vastaanottotilan nosturi
- nestemäisen jätteen käsittelyjärjestelmät
- valvonta-alueen poistoilmastointi
- kapselien puskurivaraston jäähdytysjärjestelmä
- aktiivisuusmittausjärjestelmät

4.5.3 Vaatimusmäärittely

Luvanhaltijan tulee esittää kapselointilaitoksen vaatimusmäärittelyssä yhteenveto turvaluokitellun laitteen tai järjestelmän vaatimuksista käyttöpaikan ja sen olosuhtei-

den suhteen. Lisäksi yhteenvedossa tulee esittää vaatimukset laadun, laadunhallinnan, turvallisuustason, dokumentaation ja kelpoistukseen liittyvistä vaatimuksista (YVL E.7, 2011, 5).

YVL-ohjeiden ja standardien asettamien vaatimusten lisäksi pitää huomioida myös ydinlaitoksen yleiset sekä käyttöpaikkakohtaiset vaatimukset. Tätä varten Posivalla on systemaattinen vaatimustenhallintajärjestelmä VAHA, jonka sisältää menettelytavat vaatimusmäärittelyjen laatimiseksi ja niiden toteutumisen varmentamiseksi koko laitteen tai järjestelmän elinkaaren aikana.

Vaatimusmäärittelyssä tulee pyrkiä yhtenäisyyteen, selkeään jaotteluun, jotta vaatimusten hallinta on ristiriidatonta ja yksiselitteistä. Vaatimuksenhallinnassa tärkeää on jäljitettävyys ja selkeä ylläpidettävyys.

4.5.4 Muutostenhallinta

Muutostenhallinnassa tulee määritellä yksiköt, joita muutetaan, tunnistetaan muutostarpeet, hallitaan muutokset sekä toiminnassa että tuotannossa. Muutostenhallinnan tulee sisältää myös tarvittavat menettelytavat auditointien ja katselmointien suorittamiseksi (YVL E.7, 6).

Posiva Oy:n toimintojen tulee sisältää asianmukaiset muutostenhallintamenettelyt, jotka kuvataan muutostenhallinnan suunnitelmassa. Suunnitelmassa määritellään miten muutostenhallinta Posiva Oy:ssä toteutetaan. Tätä varten Posiva Oy:llä on käytössä MUHA muutostenhallintajärjestelmä, joka tukeutuu TVO:n muutostenhallintatietokoneohjelmistoon.

4.5.5 Laadunhallinta

Ydinlaitoksen johtamisjärjestelmälle ja laadunhallinnalle asetetaan yleisiä vaatimuksia ohjeessa YVL A.3. Järjestelmätasolla noudatettavista laadunhallintaa koskevista menettelyistä, asetetaan vaatimuksia ohjeessa YVL B.1 (YVL E.7, 10).

Luvanhaltijan laadunhallinnan järjestämisestä tulee laatia yleiset menettelyohjeet koskien turvallisuusluokiteltujen sähkö- ja automaatiolaitteita ja -kaapeleita koko niiden elinkaarta silmällä pitäen. Menettelyt tulee sisältää suunnittelun, hankinnan, valmistuksen, testauksen, vastaanoton, asennuksen ja käyttöönoton ja käytöstä poiston (YVL E.7, 10).

Posiva Oy:llä on yleiset laadunhallinnalliset ohjeistot. Lisäksi Posiva Oy laatii erilliset ohjeet sähkö- ja automaatiolaitteiden ja -kaapeleiden laadunhallinnan järjestämisestä.

4.5.6 Kelpoistaminen ja kelpuutus

Kapselointilaitoksen sähkö- ja automaatiolaitteet sekä kaapelit tulee soveltua käyttötarkoitukseensa ja -paikkaansa. Tämän vuoksi ne on kelpoistettava (YVL E.7, 11).

”Kelpoistuksella (qualification) osoitetaan, että suunnittelun ja laadunhallinnan mukainen lopputuote (esimerkiksi järjestelmä tai laite) täyttää kaikilta osin tuotteelle asetetut vaatimukset. (ISO 9000 standardissa tällä termillä tarkoitetaan pätevöintiä.” (YVL B.1. 2011, 2.)

”Kelpoistuksella (qualification) osoitetaan viranomaiselle, että tuote täyttää kaikissa suhteissa turvallisuuteen liittyvät vaatimukset” (YVL E.7. 2011, 2.)

Luvanhaltijan on laadittava turvallisuusluokan 3 laitteiden, järjestelmien ja kaapeleiden kelpoistamiseksi erillinen kelpoistussuunnitelma (YVL E.7, 11).

”Kelpuutuksella (validation) tarkoitetaan objektiiviseen näyttöön perustuvaa varmistumista siitä, että tietyn tuotteen käyttöä tai soveltamista koskevat vaatimukset on täytetty.” (YVL B.1. 2011, 2.)

”Kelpuutus on objektiiviseen näyttöön perustuva varmistuminen siitä, että tuote täyttää tiettyä käyttöä tai soveltamista koskevat vaatimukset. Kelpuutusvaiheita ovat tyypillisesti erilaiset tyyppitestit, tehdas- ja laitoskokeet.” (YVL E.7. 2011, 2.)

4.6 Järjestelmäkuvaukset

Rakentamislupahakemuksen yhteydessä Säteilyturvakeskukselle toimitetaan, osana alustavaa turvallisuusarviota (PSAR), kaikista kapselointilaitoksen järjestelmistä erilliset järjestelmäkuvaukset, joissa määritellään tarkemmin kutakin järjestelmää koskevat suunnitteluperusteet ja vaatimukset, sekä sen miten vaatimukset on huomioitu ja miten niihin on vastattu. Samassa yhteydessä laaditaan ehdotus kunkin järjestelmän ydinturvallisuusluokasta, joka määrittelee tulevat kelpoistus- ja kelpuutusvaatimukset. Järjestelmäkuvaukset pidetään ajan tasalla koko laitoksen rakentamisen ja käytön ajan ja ne ovat osana laitoksen lopullista turvallisuusarviota (FSAR).

4.7 Automaation turvallisuusperiaatteet

”Ydinenergian käytön turvallisuus on pidettävä niin korkealla tasolla, kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista SAHARA-periaatteen (Safety As High As Reasonably Achievable) mukaisesti. Korkea turvallisuustaso saavutetaan luotettavilla turvallisuustoiminnoilla ja radioaktiivisten aineiden liikkumista rajoittavilla peräkkäisillä rakenteellisilla esteillä, jotka täyttävät niille asetetut laatuvaatimukset.” (YEL muutos 342/2008, 7a§.)

”Turvallisuustoimintojen varmistamisessa on ensisijaisesti käytettävä hyväksi suunnitteluratkaisuin saavutettavissa olevia luontaisia turvallisuusominaisuuksia.” (VNa 733/2008, 14§, 1 mom.)

”Jos turvallisuustoiminnon varmistamisessa ei voida käyttää hyväksi luontaisia turvallisuusominaisuuksia, on ensisijaisesti käytettävä järjestelmiä ja laitteita, jotka eivät tarvitse ulkoista käyttövoimaa tai jotka käyttövoiman menetyksen seurauksena asettuvat turvallisuuden kannalta edulliseen tilaan” (VNa 733/2008, 14§, 2 mom.)

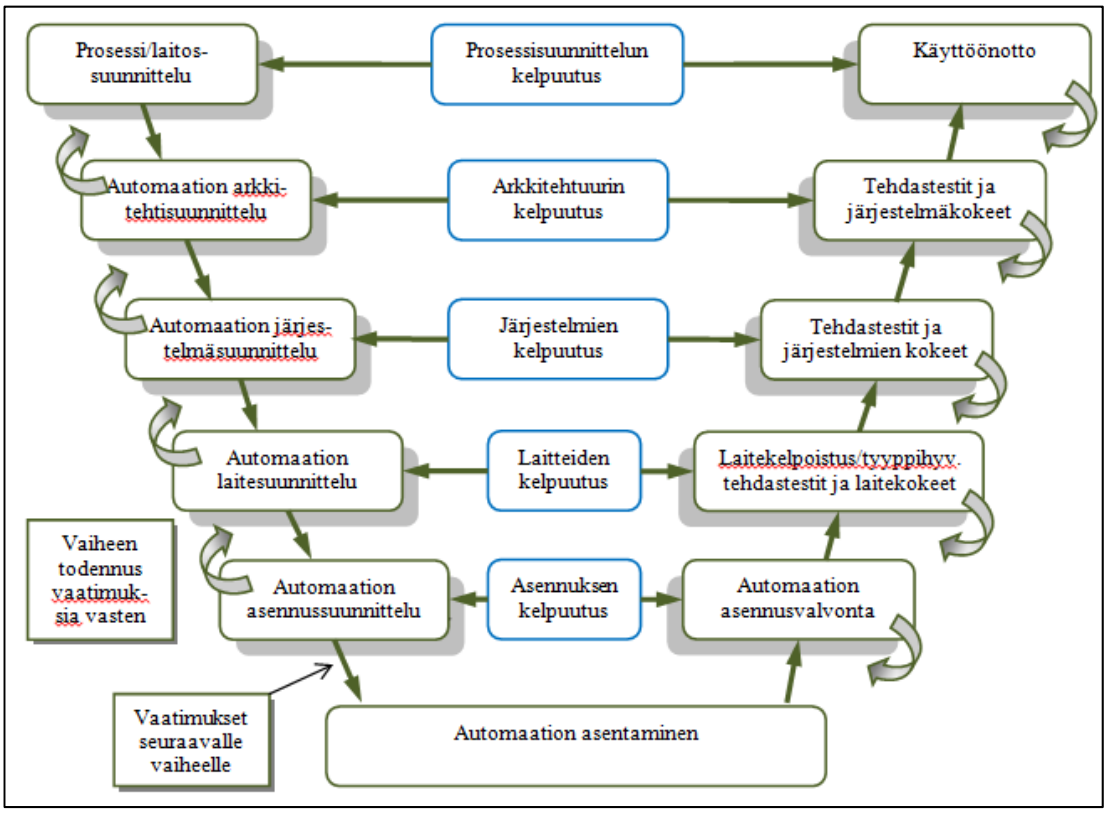
”Ydinvoimalaitoksessa on oltava automaattiset järjestelmät, jotka käynnistävät turvallisuustoiminnot tarvittaessa sekä ohjaavat ja valvovat niiden toimintaa käyttöhäiriöiden ja onnettomuuksien aikana. Automaattisten järjestelmien on kyettävä pitämään laitos hallitussa tilassa niin kauan, että ydinvoimalaitoksen ohjaajille jää riittävästi harkinta-aikaa oikeiden toimenpiteiden tekemiseksi” (VNa 733/2008, 19§.)

Tämä koskee sovellettuna myös ydinlaitoksia, eli myös kapselointilaitosta ja sen suojausautomaatiota. Kapselointiprosessi on kuitenkin luonteeltaan sellainen, että lähtökohtaisesti automaatioita ei tarvita laitoksen saattamiseksi turvalliseen tilaan.

5 SUUNNITTELUPERUSTEET

5.1 Yleiset suunnitteluperusteet

Suunnitteluprosessin tulee olla hallittua sisältäen systemaattisen vaatimusten- ja konfiguraationhallinnan sekä verifiointi- ja validointiprosessit. Kuvassa 6 on esitetty esimerkki prosessiautomaation suunnitteluprosessista ja siitä miten valvonta sekä viranomaisaineisto liittyvät toisiinsa.



Kuva 6: Esimerkki prosessiautomaation suunnitteluprosessista ja sen yhteyksistä valvontaan sekä viranomaisaineistoon (Wahlström, 2011, s. 17).

Suunnittelussa tulee pyrkiä yksinkertaisuuteen ja siinä on huomioitava mahdollisuuksien mukaan vikasietoisuus. Suunnittelussa tulee käyttää menetelmiä, joilla vältetään ja havaitaan mahdolliset virheet. Samoin suunnittelussa tulee ottaa huomioon teknologian kehittyminen vaikka ydinlaitoksen automaatiossa pitää käyttää toimivaksi ja luotettavaksi todettua tekniikkaa.

Kapselointilaitos jaetaan valvonta- ja valvomattomiin alueisiin. Valvonta-alueella tarkoitetaan alueita, joissa halutaan valvoa säteilytasoja. Näitä alueita ovat muun muassa polttoaineen vastaanottotila, kapselin ja kuljetussäiliön siirtokäytävät, dekontaminointikeskus, polttoaineen käsittelykammio, käsittelykammion ohjaamo, kapselien puskurivarasto sekä korjaamo. Valvomattomaan alueeseen kuuluvat muun muassa valvomo, sähkö- ja automaatiotilat sekä tuloilmakeskus. Järjestelmien ja laitteiden ydinturvallisuusluokka määräytyy niiden turvallisuusmerkityksen mukaan. Posiva toimittaa STUK:lle hyväksyttäväksi erillisen luokitusasiakirjan, jossa luokitukset on tarkemmin esitelty.

Kapselointilaitos tulee suunnitella niin, ettei normaalissa käytössä mahdollisesti esiintyvä laite- tai rakennevika, aiheuta merkittäviä käyttöhäiriötä. Laitoksesta ei saa päästä ympäristöön haitallisia määriä radioaktiivisia aineita toiminnallisesta viasta, inhimillisestä erehdyksestä tai tahallisen toiminnan seurauksena onnettomuuden seurauksena. Järjestelmät tulee suunnitella niin, että ne ovat luontaisesti turvallisia ja niitä suunniteltaessa on huomioitava virheelliset käyttö- ja toimintatilanteet. Automaatiolaitteiden toimimattomuus ei saa aiheuttaa onnettomuutta.

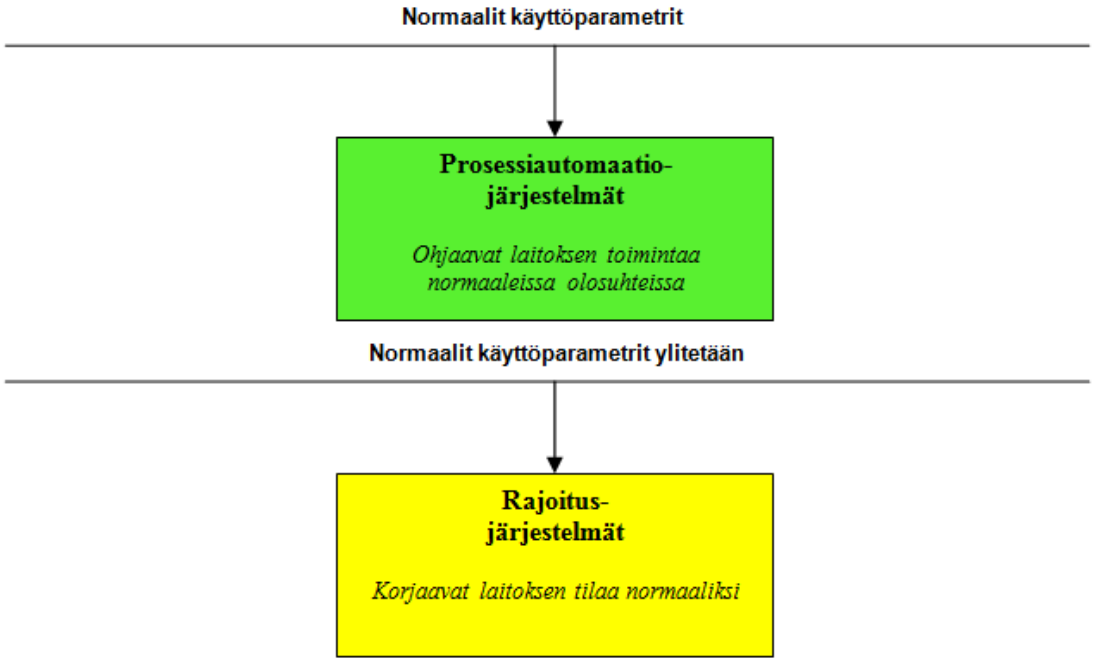
Sähkö- ja automaatiojärjestelmien tulee ohjata prosessia niin, että laitteiden tulee aina poikkeustilanteessa pysähtyä turvalliseen tilaan. Automaatiojärjestelmien tulee sisältää tarvittavat vikadiagnostiikkatoiminnot. Sähkö- ja automaatiojärjestelmien tulee kestää riittävissä määrin yli- ja alijännitteitä sekä niiden tulee olla sähkömagneettisesti yhteensopivia ympäristönsä kanssa. Automaatiolaitteiden tulee soveltua käyttöympäristönsä olosuhteisiin.

Järjestelmien laitteiden pitää olla prosessin muiden laitteiden kanssa yhteensopivia ja laitteiden laadunhallintamenetelmien pitää vastata ydinteknistä turvallisuusluokkaa.

5.2 Syvyyspuolustus automaatiossa

Syvyyspuolustuksessa yhden linjan pettäminen ei vielä aiheuta turvatoimintojen menettämistä, vaan seuraava turvalinja varmistaa edellisen. Kapselointilaitoksen automaatiossa tasoja on kaksi, jotka on esitetty kuvassa 7.

Laitoksen automaatio perustuu syvyyssuuntaiseen turvallisuusperiaatteeseen. Automaatio jaetaan normaaliin käyttöautomaatioon (prosessiautomaatio), joka toimii ensimmäisenä linjana ja turva-automaatioon (rajoitusjärjestelmään), joka toimii toisena puolustuslinjana ennen kolmantena linjana toimivaa suojausjärjestelmää.



Kuva 7: Automaatiojärjestelmien turvallisuusajattelun mukaiset toiminnalliset tasot

Ensimmäinen taso (Prosessiautomaatiojärjestelmät) toimii ennalta ehkäisevänä tasona, joka pyrkii pitämään laitoksen normaalissa tilassa. Tämä varmistetaan korkeaa laatua vastaavalla suunnittelulla, laitteiden ja järjestelmien valmistuksella, asennuksella ja käyttö- ja huoltotoiminnoilla.

Toinen taso (Rajoitusjärjestelmät) toimii suojaavana tasona, mikäli normaalin tilan määrittelevät parametrit ylitetään. Tämä varmistetaan varustamalla laitos sellaisilla järjestelmillä, jotka havaitsevat mahdolliset häiriötilanteet ja pyrkivät estämään häiriöiden kasvamisen vakavaksi.

5.3 Turvatoimintojen toteutustavat

Ydinlaitoksen tärkeimpien turvajärjestelmien pitää pystyä hoitamaan niille kuuluvat toiminnot yksittäisen laitteen vioittuessa, vaikka samanaikaisesti tähän toimintoon liittyvä muu yksittäinen laite vioittuu tai on huollossa (YVL B.1 luku 4). Tätä vaatimusta kutsutaan yksittäisvikakriteeriksi, joka koskee mitä tahansa yksittäistä vikaa.

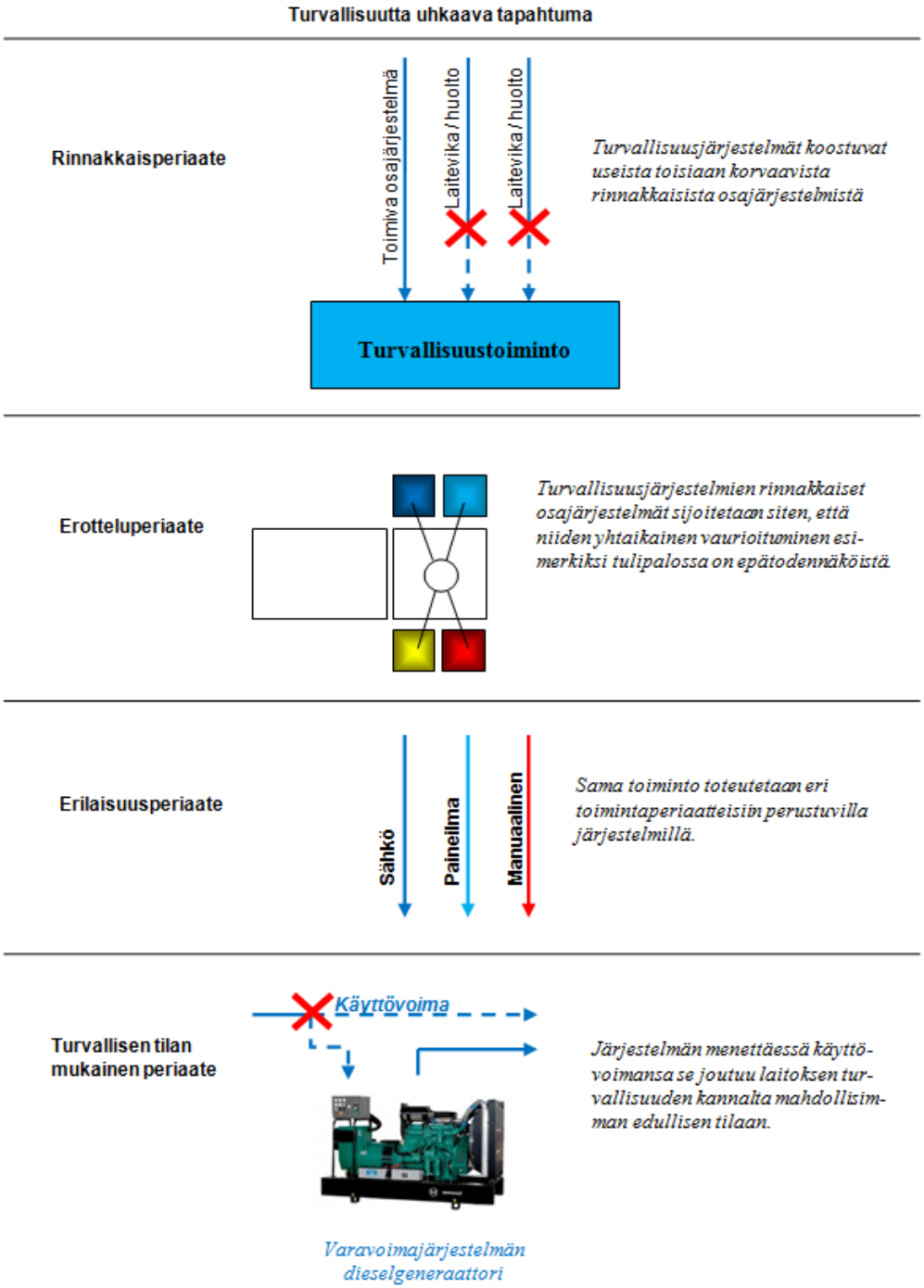
Erikseen määriteltyjen järjestelmien laitteet kahdennetaan ja tällöin molemmille laiteryhmille toteutetaan myös oma automaatiolaitteisto.

Toiminnan varmistamiseksi käytetään kuvan 8 mukaisia turvatoimintoja, joita ovat rinnakkais-, erottelu-, erilaisuus-, ja turvallisen tilan periaate.

Rinnakkaisperiaatteen mukaisessa järjestelmässä (redundanttinen / moninkertaisuusperiaate) rinnakkaiset yksiköt pystyvät toteuttamaan vaaditun toiminnan, vaikka yksi yksikkö olisi vikaantunut ja toinen yksikkö huollossa. Turvajärjestelmät koostuvat kahdesta osajärjestelmästä, jossa yksi osajärjestelmä pystyy toteuttamaan vaaditun turvatoiminnon. Tämä tunnetaan 2x100 % järjestelmänä.

Erotteluperiaatteen mukaisessa järjestelmässä turvajärjestelmät sijoitetaan fyysisesti niin, etteivät ne, esimerkiksi tulipalotilanteessa vaurioidu samanaikaisesti. Järjestelmät sijoitetaan joko samaan tilaan riittävän etäisyyden päähän tai eri paloalueelle. Ydinlaitoksessa tärkeimmän turvajärjestelmät sijoitetaan erilleen laitoksen muista järjestelmistä.

Erilaisuusperiaatteen mukaisessa järjestelmässä (diversiteettinen) turvajärjestelmät toteutetaan niin, että sama toiminto toteutetaan erilaisella periaatteella toimivalla järjestelmällä. Esimerkkinä toteutuksesta voidaan mainita muun muassa mäntäpumppu ja keskipakopumppu, ohjelmoitu toiminto ja kovalangoitettu toiminto, sähköinen ohjaus ja pneumaattinen ohjaus sekä eri valmistajien eri tuoteperheet.



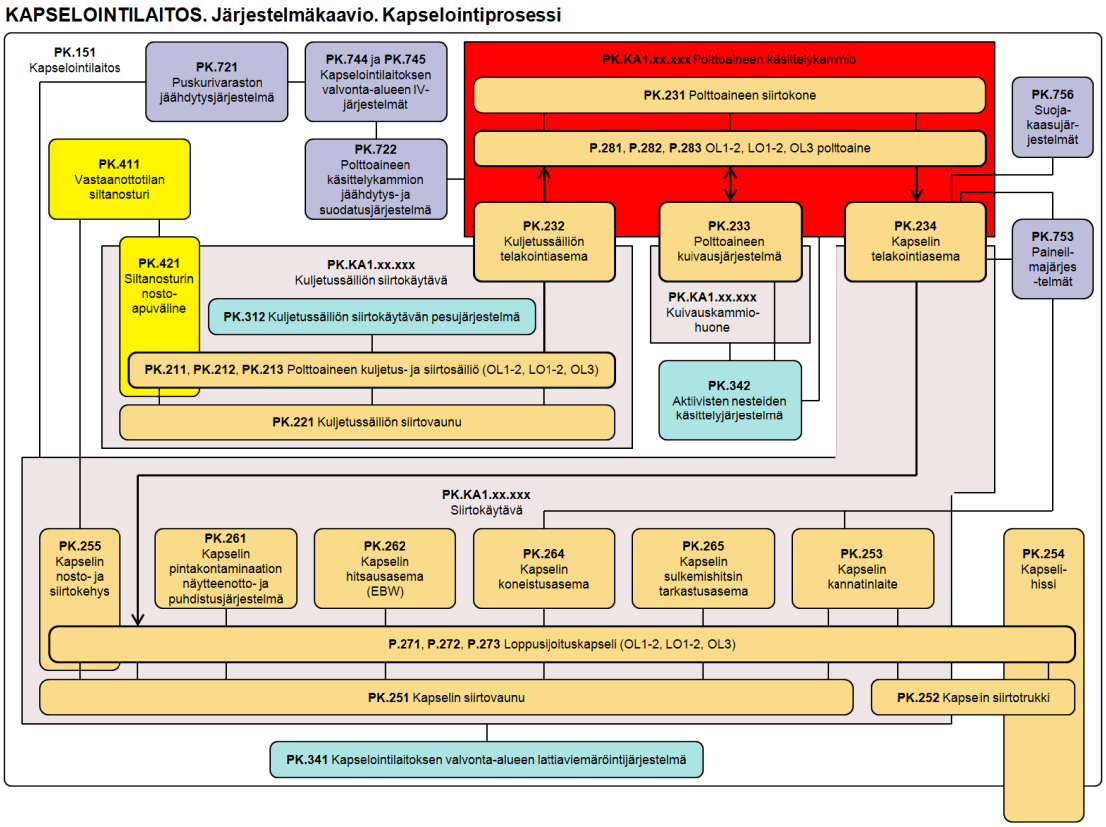
Kuva 8: Turvatoimintojen toteutustavat (muokattu TVO 2007, s. 35).

Turvallisen tilan periaatteen mukaisessa järjestelmässä laite tai järjestelmä joutuu laitoksen turvallisuuden kannalta turvalliseen tilaan, eli mahdollisimman edulliseen tilaan, jos se menettää käyttövoimansa. Esimerkkinä voidaan mainita turvajärjestelmän sähkösyötön menetys käynnistää automaattisesti dieselgeneraattorin. Kapselointilaitoksessa käytetään kaikkia edellä mainittuja turvatoimintoja. Esimerkkinä voidaan mainita muun muassa turvallisuustoimintoja varmentavien järjestelmien säh-

könsyötön ja turva-automaatiotiedonsiirtoverkon kahdennus sekä käsittelykammion kahdennettujen ilmastointikoneiden ohjausautomaatiojärjestelmä. Järjestelmiin sovelletaan myös erotteluperiaatetta, jolloin toisen vaurioituminen esimerkiksi tulipalotilanteessa ei vaikuta toisen toimintaan. Käsittelykammion ilmanvaihto kuuluu oleellisena osana turvallisuustoimintoon, jolla estetään mahdollisen säteilyn leviäminen käsittelykammion ulkopuolelle. Lisäksi polttoainenippujen ja loppusijoituskapselien käsittelyjärjestelmien ohjausjärjestelmät, polttoaineen kuivausjärjestelmän lämpötilan mittaukset sekä laitoksen säteily- ja päästövalvontainstrumentointi suunnitellaan yksittäisvika huomioonottaen.

6 KAPSELOINTILAITOKSEN AUTOMAATIO

Kapselointilaitoksen automaatiojärjestelmien ja -laitteiden avulla varmistetaan laitoksen turvallinen ja tehokas toiminta niin, että asetetut tavoitteet kapseloinnin osalta saavutetaan. Automaation avulla varmistetaan sekä laitoksen turvallisuus että ympäristön turvallisuus niin ettei päästöjä pääse leviämään käsittelykammion ulkopuolisiin tiloihin. Kuvassa 9 on esitetty kapselointilaitoksen kapselointiprosessi.



Kuva 9: Kapselointiprosessin järjestelmäkaavio (Posiva, Kronodoc, 2012).

Kapselointilaitoksen automaatiojärjestelmät koostuvat, suurelta osalta, laitoksen fyysisen rakenteen mukaisten prosessijärjestelmien omista automaatiojärjestelmistä. Tärkeimpiä järjestelmiä ovat mm:

- Käytetyn polttoaineen vastaanottojärjestelmien ohjausjärjestelmät
- Polttoaineen käsittelykammion järjestelmien ohjausjärjestelmät
- Kapselin siirtovaunujärjestelmien ohjausjärjestelmä
- Kapselin sulkemis- ja tarkastusjärjestelmien ohjausjärjestelmät

- Kapselitarraimen ohjausjärjestelmä
- Valvonta-alueen ilmanvaihdon ohjausjärjestelmä
- Säteilymittausjärjestelmät
- Tiedonkeruujärjestelmät
- Kulunvalvontajärjestelmät
- Ohjaamo
- Valvomo

Kapselointilaitoksen automaatiojärjestelmät jaetaan kolmeen toiminnalliseen osaan, jotka ovat ohjaamo/valvomo, käyttöautomaatio ja turva-automaatio.

6.1.1 Ohjaamo ja valvomo

Kapselointilaitoksessa sijaitsee sekä ohjaamo että valvomo. Varsinaista kapselointiprosessia seurataan ja ohjataan kapselointiprosessin ohjaamosta, joka sijaitsee kapselin käsittelykammion ja hitsauskammion yhteydessä. Ohjaamo on miehitettynä vain kapselointiprosessin ajan. Kapselointiprosessin toimintaa voidaan ohjaamon lisäksi valvoa ja tietyin osin myös ohjata kapselointilaitoksen valvomosta, josta suoritetaan myös muiden kapselointilaitoksen prosessien valvontaa ja ohjausta. Valvomo on miehitettynä aina kun kapselointilaitoksessa suoritetaan jotain toimintoja.

Kapselointiprosessin ohjaamosta käsin seurataan kapselointiprosessin etenemistä ja automaatiotoiminnot tarkoittavat sitä, että automaatio ajaa prosessin toiminnot ensin tiettyyn rajaan asti, jonka jälkeen loppu ohjaus toteutetaan operaattorin käsiohjauksena ja automaation avulla valvotaan ohjauksen etenemistä ja tarvittaessa estetään operaattorin virhetoiminnot.

Kapselointilaitoksen valvomosta käynnistetään ensisijassa eri osaprosessien työvaiheiden toiminnot, siltä osin kun ne eivät automaattisesti jatku edellisen prosessin tultua valmiiksi. Valvomosta ei järjestelmiä siis varsinaisesti ajeta vaan ohjaamosta käsin voidaan tarvittaessa muuttaa erikseen määriteltyjä muuttujia ja parametreja, joiden perusteella kukin järjestelmän ohjausjärjestelmä suorittaa sille kuuluvia tehtäviä. Ohjaamossa ja valvomossa on tarvittavat ohjaus- ja seurantalaitteet, kuten ohjauspul-

petti/-paneeli, prosessinäytöt, hälytysnäytöt, hälytyskirjoitin. Lisäksi ohjaamossa ja valvomoon sijoitetaan ohjelmointityöasema, jolla tarvittavat muutokset ja päivitykset ohjelmiin tehdään. Ohjaamoon ja valvomoon pääsevät vain määrätyt henkilöt, joilla on valtuudet työskennellä siellä.

Kapselointiprosessin ohjaamo on ulospäin tietoliikenteen osalta hyvin tarkasti rajoitettu, mikä tarkoittaa sitä, että tiedonsiirto pääsääntöisesti on yksisuuntaista kapselointilaitoksen valvomoon. Ohjaamosta siirtyy valvomoon vain määritellyt prosessitiedot ja kapselointilaitoksen valvomosta voidaan suorittaa vain määrätyt turvatoiminnot, lähinnä prosessin pysäytys.

Posivan alueelle rakennetaan myös kaksi muuta valvomoa, joihin johdetaan jälleenantona valvonnan kannalta tärkeimmistä suureista hälytykset ja osoitukset. Toinen näistä valvomoista toimii loppusijoituslaitoksen valvomona ja ohjaamona 24/7 mutta kapselointilaitoksen osalta se toimii vain monitorointia varten, eikä sieltä käsin voida suorittaa mitään prosessiin vaikuttavia ohjaustoimenpiteitä, lukuun ottamatta erikseen tarkasti määriteltyjä hätäpysäytystoimintoja. Toinen valvomo toimii pelkästään varavalvomona.

6.1.2 Käyttöautomaatio

Käyttöautomaation avulla toteutetaan eri järjestelmien varsinaiset liikkeet ja toiminnot. Järjestelmässä tulee olla riittävä määrä antureita liikkeiden ja toimintojen toteuttamiseksi luotettavasti.

Ohjaamo- ja valvomojärjestelmän kautta operaattorit saavat tarvittavat tiedot eri prosessien toiminnoista, joiden mukaan he voivat tarvittaessa ohjata niiden toimintoja tai pysäyttää toiminnot hätä-seis-painikkeilla. Järjestelmät suunnitellaan siten, että ohjaamon ja valvomon operaattoreiden virhetoiminnot eivät saa aiheuttaa onnettomuutta, joka voi aiheuttaa päästön käsittelykammion ulkopuolelle.

Kapselointilaitoksen prosessien automaatio perustuu ohjelmoitavaan logiikkaan eli PLC ohjaa kutakin järjestelmää/laitetta. Ohjausjärjestelmät tulee olla riittävästi antu-

roitu luotettavien automaattisten liikkeiden toteuttamiseksi. Kukin järjestelmä/laite pystyy toimimaan itsenäisesti suorittamalla ohjausjärjestelmänsä antamat tehtävät ilman, että toimintoja tarvitsee ohjata ohjaamosta. Tosin ohjaamosta tai valvomosta voidaan toiminto tarvittaessa keskeyttää ja erikseen määriteltyjä parametreja voidaan tietyissä rajoissa muuttaa. Ohjausjärjestelmät rajaavat tilannekohtaisesti tehtävien suorittamiseksi vaaditut toiminnot pyrkien estämään operaattoria tekemästä käyttövirheitä.

Turvallisuusluokan TL3 ohjausjärjestelmät anturoidaan niin, että ne estävät operaattoria ajamasta järjestelmää tilaan, jossa se ei ole tarkoitettu toimimaan. Samoin sallitut liikkeet tulee varmistaa tarvittavin lukituksin, kuten polttoaineen noston ja laskun aikana nostimen sivuttaisliikkeet ovat estetty. Kunkin laitteen ja järjestelmän ohjausjärjestelmä sisältää oman ohjaimen, jolla ohjelmamuutokset ja ohjelmien päivitykset pääsääntöisesti hoidetaan.

6.1.3 Turva-automaatio

Turva-automaation tehtävänä on saattaa järjestelmät/laitteet turvalliseen tilaan kaikissa mahdollisissa järjestelmän käytön poikkeustilanteissa. Turvallinen tila tarkoittaa järjestelmän saattamista energiattomaan tilaan hallitusti. Liikkeen pysähtyminen tulee tapahtua mahdollisimman nopeasti. Järjestelmä tai laite ei saa mennä energiattomaksi ennen kuin se on turvallisessa tilassa. Turvajärjestelmän tehtävänä on myös estää odottamaton käynnistys.

Turva-automaatiojärjestelmille asetettuja vaatimuksia ovat:

- Turva-automaatiojärjestelmän tulee olla käyttöautomaatiosta riippumaton.
- Järjestelmän suunnittelussa on otettava huomioon prosessin luonteen ja vaarallisuuden kannalta riittävä luotettavuus.
- Järjestelmän ja siihen liittyvien laitteiden turvallisuus, luotettavuus ja soveltuvuus kohteeseen on kyettävä osoittamaan sekä arvioimaan.
- Ensisijaisesti on käytettävä turvallisuuskäyttöön tyyppihyväksyttyjä laitteita.

- Järjestelmän on toimittava riittävän suurella todennäköisyydellä virheettömästi myös sellaisessa vaaratilanteessa, joka voi sattua vain kerran laitoksen koko elinkaaren aikana.
- Järjestelmä ei saa aiheuttaa prosessia ja turvallisuutta vaarantavia tarpeettomia pysäytyksiä tai alasajoja.
- Laitteiden tulee olla mahdollisimman huoltovapaita ja helposti huollettavia sekä koestettavia.
- Prosessissa tulee olla järjestelmästä riippumaton käsin pysäytyksen mahdollisuus.
- Häiriötilanteessa toimilaitteet jäävät tai siirtyvät ennalta määritettyyn turvalliseen tilaan.

(TUKES www-sivut, viitattu 27.4.2012,)

6.1.4 Muut automaatioon liittyvät järjestelmät

Kapselointilaitoksen automaatiojärjestelmään liittyy oleellisesti myös muun muassa sähköjärjestelmät, tietoliikenneverkot, videovalvontajärjestelmä, säteilymittausjärjestelmä, kulunvalvontajärjestelmä, aluevalvontajärjestelmä, paloilmoitinjärjestelmä, hälytys- ja kuulutusjärjestelmät sekä valvotun alueen ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmät. Lisäksi kapselointilaitoksen valvomattoman alueen LVI-järjestelmiä ohjataan ja valvotaan erillisellä rakennusautomaatiojärjestelmällä. Näitä järjestelmiä ei erikseen käsitellä tässä työssä. Niiden vaatimukset ja määrittelyt kuvataan kunkin järjestelmän järjestelmäkuvauksessa.

7 AUTOMAATIOARKKITEHTUURI

Automaatio elää voimakasta muutoskautta. Analogiaviesteistä ollaan siirtymässä digitaaliseen viestiin, jolloin nykyisin käytettävä ohjelmoitava logiikka, PLC (Programmable Logic Controller) voidaan ohittaa ja jättää pois, kun PLC:n ohjaus- ja mittaustoiminnot voidaan suoraan ohjelmoida älykkäisiin toimilaitteisiin. Toimilaitteina tullaan enenevissä määrissä käyttämään älykkäitä toimilaitteita, jolloin laitteen ohjaustoimenpiteet suoritetaan tässä yksikössä eikä, kuten aiemmin erillisessä ohjaimessa. Tämä taas vaikuttaa tiedonsiirtoon, johon virta- tai jänniteviestin kuljettamiseen tarvittavat kaapeloinnin sijaan tarvitaan väylätekniikkaan tai Ethernet-tiedonsiirtoverkkoon perustuvaa tekniikkaa.

Samoin yhä enemmän halutaan yhteensopivuutta eri valmistajien tuotteiden kesken. Yhteensopivuus mahdollistaisi eri laitteiden liittämisen osaksi järjestelmää huolimatta valmistajasta. Tämä tarkoittaa laitteiden ja komponenttien lisäksi myös rajapintojen kuten ohjauskonseptien yhteensovittamista. Tämä taas vaatii standardointia ja valmistajien yhteistyötä, joka saattaa olla haasteellista varsinkin valmistajien puolelta.

Teollisen tuotannon tärkeimpiä järjestelmiä on nykyään automaatio- ja tietotekniset järjestelmät. Ilman toimivaa automaatiota ei yksikään tuotantolaitos pysty nykypäivänä toimimaan. Eritoten tuotannon tehokkuus, tuotteiden laadun tasaisuus ja turvallisuus vaativat entistä enemmän automaatiolta ja tietojärjestelmiltä.

Automaatiojärjestelmät saattavat tarkoittaa hyvinkin monimutkaisia ja laajoja järjestelmiä kenttälaitteista, ohjauslaitteista, niiden välisestä tiedonsiirrosta aina tehtaan tietoliikenneverkkoihin asti. Vastaavasti se voi tarkoittaa vain yksittäisen laitteen ohjausta. Jotta monimutkaisetkin järjestelmät voidaan hallita, määritellään automaatiojärjestelmän rakenne eli automaatioarkkitehtuuri.

7.1 Automaatioarkkitehtuurin perusteet

Automaatiojärjestelmän arkkitehtuuri tarkoittaa organisaation automaatiojärjestelmän rakenteen kuvaamista yleisellä tasolla. Rakenteessa kuvataan eri toimintatasot ja järjestelmät sekä niiden väliset rajapinnat.

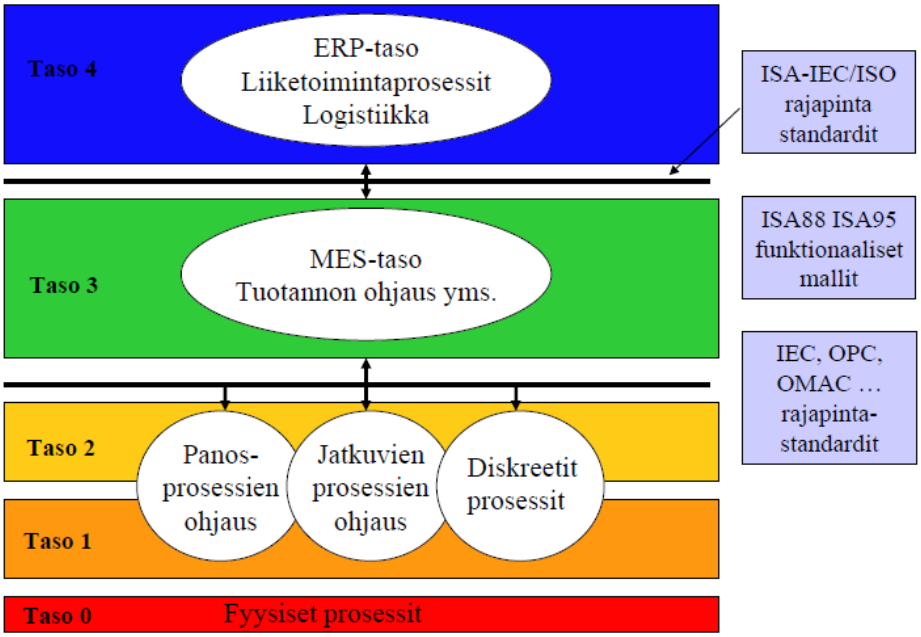
Automaatioarkkitehtuurimalli pitää laatia koko tuotantojärjestelmän elinkaarta silmälläpitäen. Automaatiojärjestelmän tulee integroitua kokonaisuuteen koko elinkaaren aikana usealla eri rajapinnalta (Asmala ym. 2005, 7).

Pääosin kirjallisuudesta ja muista lähteistä löytyvät ohjeet ja standardit käsittelevät ohjelmistoarkkitehtuurisuunnittelua. Tässä raportissa pyritään kuvaamaan järjestelmän kokonaisuus, ei niinkään ohjelmasuunnittelua.

Arkkitehtuurin mallintamisessa voidaan apuna käyttää tätä varten kehitettyjä mallinnusmenetelmiä, kuten UML (Unified Modeling Language) mallinnuskielellä. Toki malli voidaan koota hyvinkin yksinkertaisilla työkaluilla, kuten tässä työssä tehdään.

7.2 Kerrosarkkitehtuuri

Automaatiossa yleiseksi viitekehykseksi ja malliksi on hyväksytty ANSI/ISA-95.00.01-210 (IEC 62264-1 MOD) mukainen viisitasoinen kerrosarkkitehtuurimalli (kuvat 10 ja 11) , joissa eri tasot ja rajapinnat määritellään tasoilla 3 ja 4 (ANSI/ISA95, Koivisto 2006). Näillä tasoilla määritellään toiminnan ohjausjärjestelmät ERP (Enterprise Resource Planning) ja tuotannon ohjausjärjestelmät MES (Manufacturing Execution System).

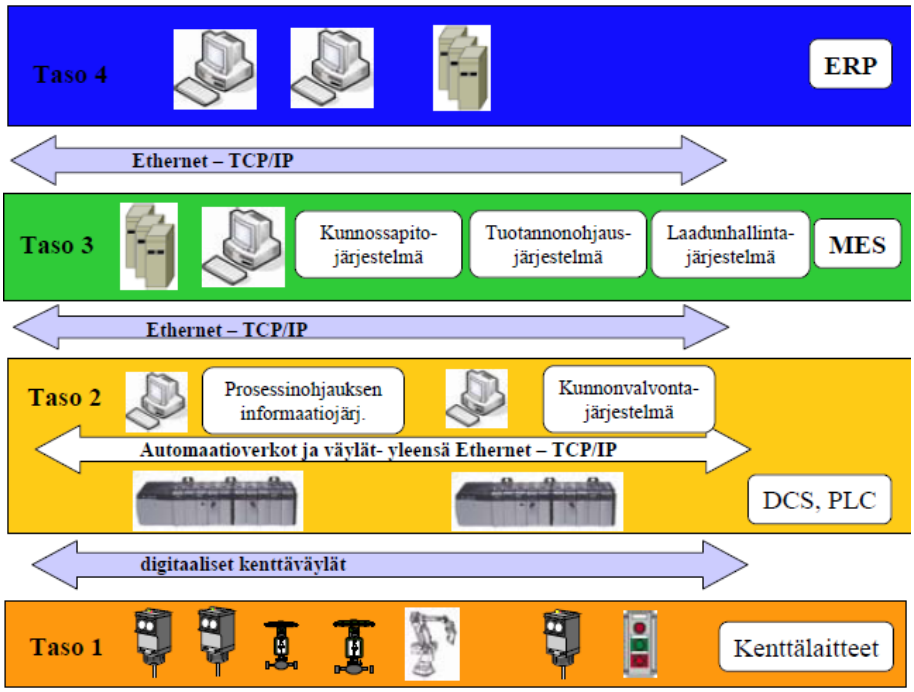


Kuva 10: Automaatiojärjestelmän tasot, yleisesti hyväksytty malli (Koivisto 2006, s. 3).

Kerrosarkkitehtuurissa jokaisella tasolla on vastuualueensa. Kunkin tason abstraktiotaso nousee tasolta ylöspäin noustaessa. Alempi taso ”palvelee” ylempää tasoa, joka esittää ”palvelupyynnön” alemmalle tasolle. Tästä aiheutuu taas se, että ylempi taso on riippuvainen alemmasta tasosta, jota alempi taso taas ei ole.

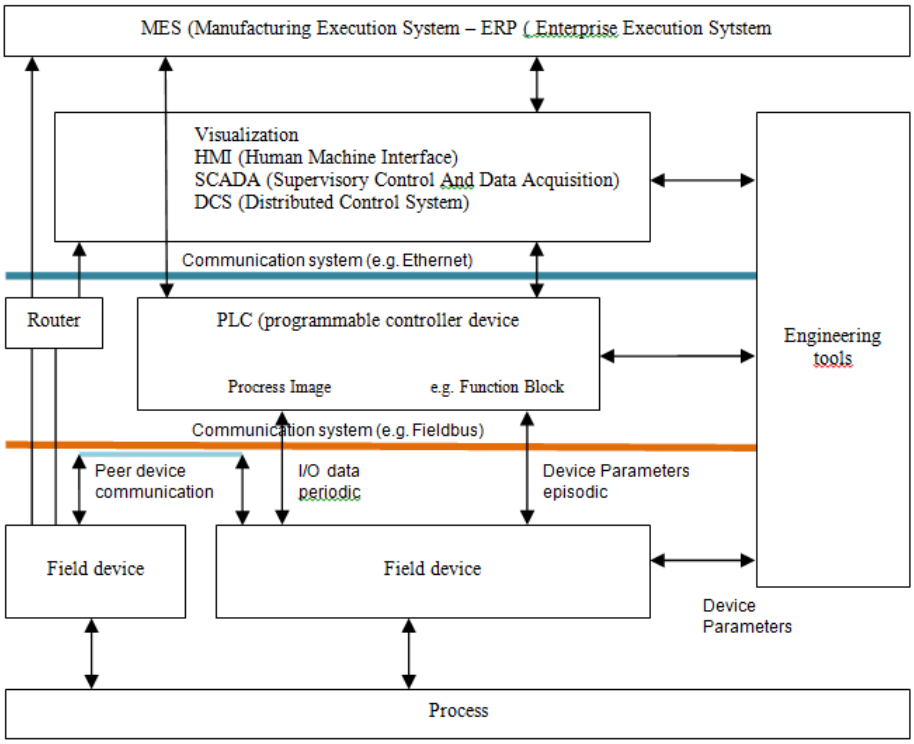
Tasojen 2 ja 3 ja niiden välisen rajapinnan mallintamisessa voidaan apuna käyttää ohjausjärjestelmien arkkitehtuuria varten laadittuja standardeja kuten IEEE ISO/IEC 42010:2011, ”Systems and Software Engineering - Architecture description”, jossa määritellään järjestelmän perusorganisaatio sisältäen järjestelmän osat, niiden väliset suhteet, osien suhteen ympäristöön mukaan lukien myös järjestelmän suunnittelua ohjaavat periaatteet.

Lisäksi ohjausjärjestelmien standardeja on ohjelmoitaville logiikoille (Programmable Logic Controller, PLC) tarkoitettu standardi IEC 611131-3 sekä hajautettuja järjestelmiä (Distributed Control System, DCS) varten oleva standardi IEC 61499.



Kuva 11: Automaatiojärjestelmän tasot (Koivisto 2006, s. 3).

Kerrosarkkitehtuurimallia käytetään yleisesti myös ohjausjärjestelmien suunnittelussa. Kuvassa 12 on esitetty tyypillinen ohjausjärjestelmän hierarkia.



Kuva 12: Ohjausjärjestelmän tyypillinen hierarkia (muokattu Pyyskänen 2007, s. 129).

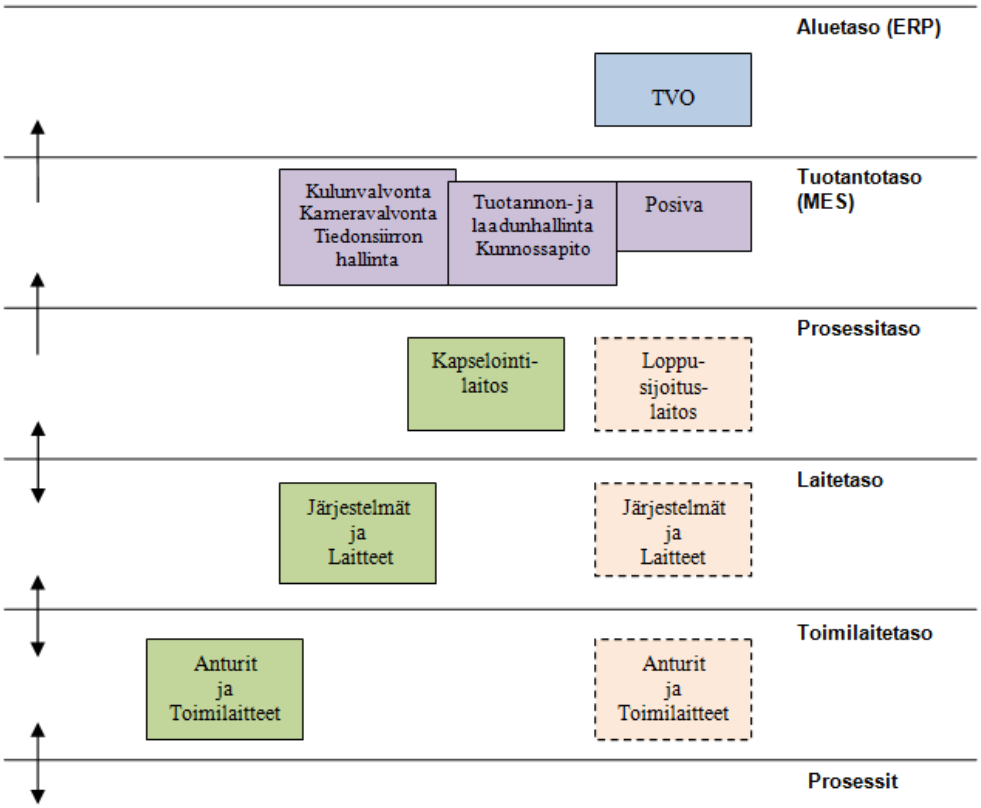
Tässä raportissa myös tasojen 1 - 3 ja niiden välisen rajapinnan mallintamisessa sovelletaan kerrosarkkitehtuurimallia sen selkeyden takia ja sen, ettei se vaadi erillisiä mallinnusohjelmia. Arkkitehtuurin kuvaaminen antaa lähtötiedot varsinaisten ohjausjärjestelmien suunnittelemiseksi.

8 KAPSELOINTILAITOKSEN AUTOMAATIOARKKITEHTUURI

Kapselointilaitoksen arkkitehtuurimallissa on sovellettu kuvien 10 ja 11 mukaista kerrosarkkitehtuurimallia, jossa malli jaetaan toiminnallisiin hierarkiatasoihin. Arkkitehtuurin kuvaamiseen kerrosmallilla päädyttiin, koska malli soveltuu erittäin hyvin laiteohjauksen kerrosten välisen tiedonsiirron kuvaamiseen.

8.1 Posivan automaatioarkkitehtuuri

Posivan automaation yleinen arkkitehtuurimalli on kuvan 13 mukainen. Mallista selviää eri hierarkiatasot ja niihin liittyvät elementit. Kullakin tasolla on omat tehtävät ja toiminnot sekä ohjaustasot. Tasot pyritään määrittämään niin, että eri tasot ovat mahdollisimman riippumattomia toisten tasojen toteutuksesta. Ylemmän tason (ERP) määrittelyt on tehty TVO:n toimesta ja Posivan toiminnot liittyvät tältä osin TVO:n valmiisiin järjestelmiin TVO:n ohjeiden mukaisesti, eikä tätä sen vuoksi käsitellä tässä raportissa.



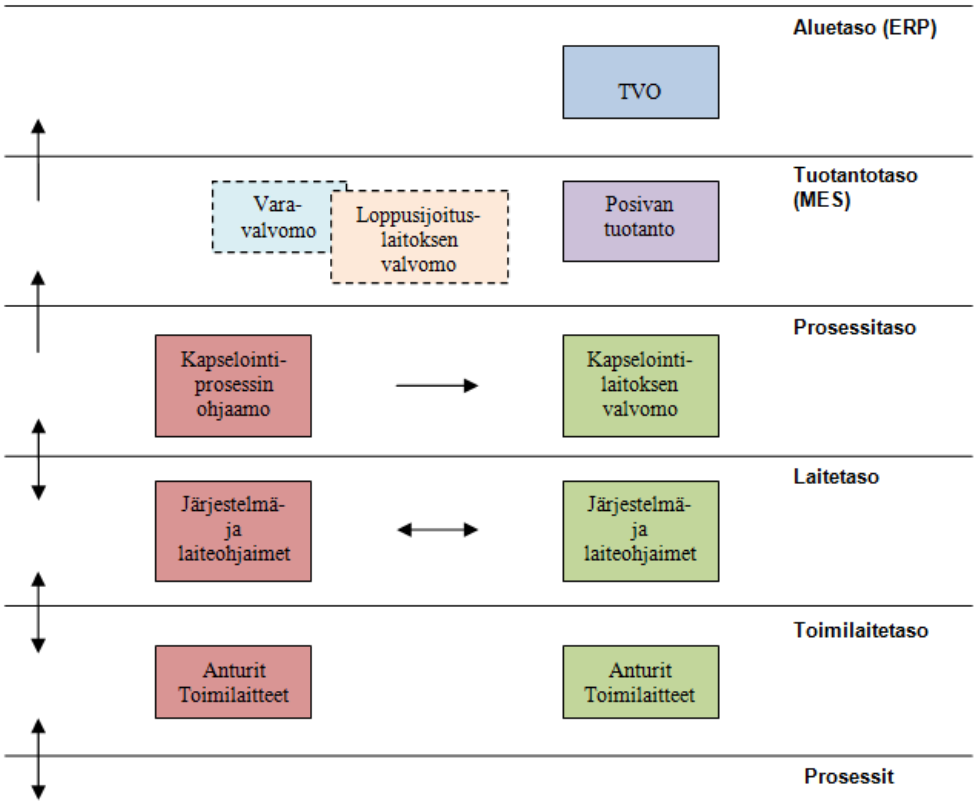
Kuva 13: Posivan automaatioarkkitehtuurin yleismalli

Kuvasta ilmenee myös tasojen välisen tiedonsiirron yleisperiaate. Alemmilla, niin kutsutuilla, prosessitasoilla tiedonsiirto on kaksisuuntaista ja ylemmillä tasoilla tiedonsiirto on vain yksisuuntaista. Yksisuuntaisessa tiedonsiirrossa ylemmät tasot voivat vain lukea alemman tason dataa. Näin estetään, ettei ylemmiltä tasoilta voida suorittaa ei-toivottuja toimintoja.

8.2 Arkkitehtuurin tasot ja elementit

Koska kapselointilaitoksen koko toimintaprosessi koostuu useasta eri osaprosessista ja niiden ohjausjärjestelmistä, kerrosarkkitehtuurimalli (kuva 14) soveltuu hyvin jaettaessa järjestelmää pienempiin osiin. Nämä osat voidaan toteuttaa erilaisilla HW/SW-laitealustoilla. Ensisijaisesti tulee käyttää kuitenkin tunnettuja laitevalmistajia ja heidän omia standardin mukaisia laitealustoja.

Tasojen elementit on jaettu kullekin tasolle ominaisiin elementteihin, jotka suorittavat niille kuuluvia toimintoja, kuten tuotantotason ohjaus- ja kontrollitoiminnot tai toimilaitetason anturi- ja laitetoiminnot.



Kuva 14: Kapselointilaitoksen automaatioarkkitehtuurin yleismalli

Arkkitehtuurimallissa ei oteta kantaa ohjausjärjestelmien fyysiseen toteutukseen eikä siinä pyritä määrittelemään ohjauksissa tarvittavien tietoliikennemekanismien toteutusta, ainoastaan tasojen välillä siirtyviä tietoja. Yhteydet tasojen välillä perustuvat tarkasti määriteltyyn kommunikaatioon, jolloin kyseinen rajapinnan tietoliikenne määrittää osaltaan alemman tason elementtien toiminnallisuuden.

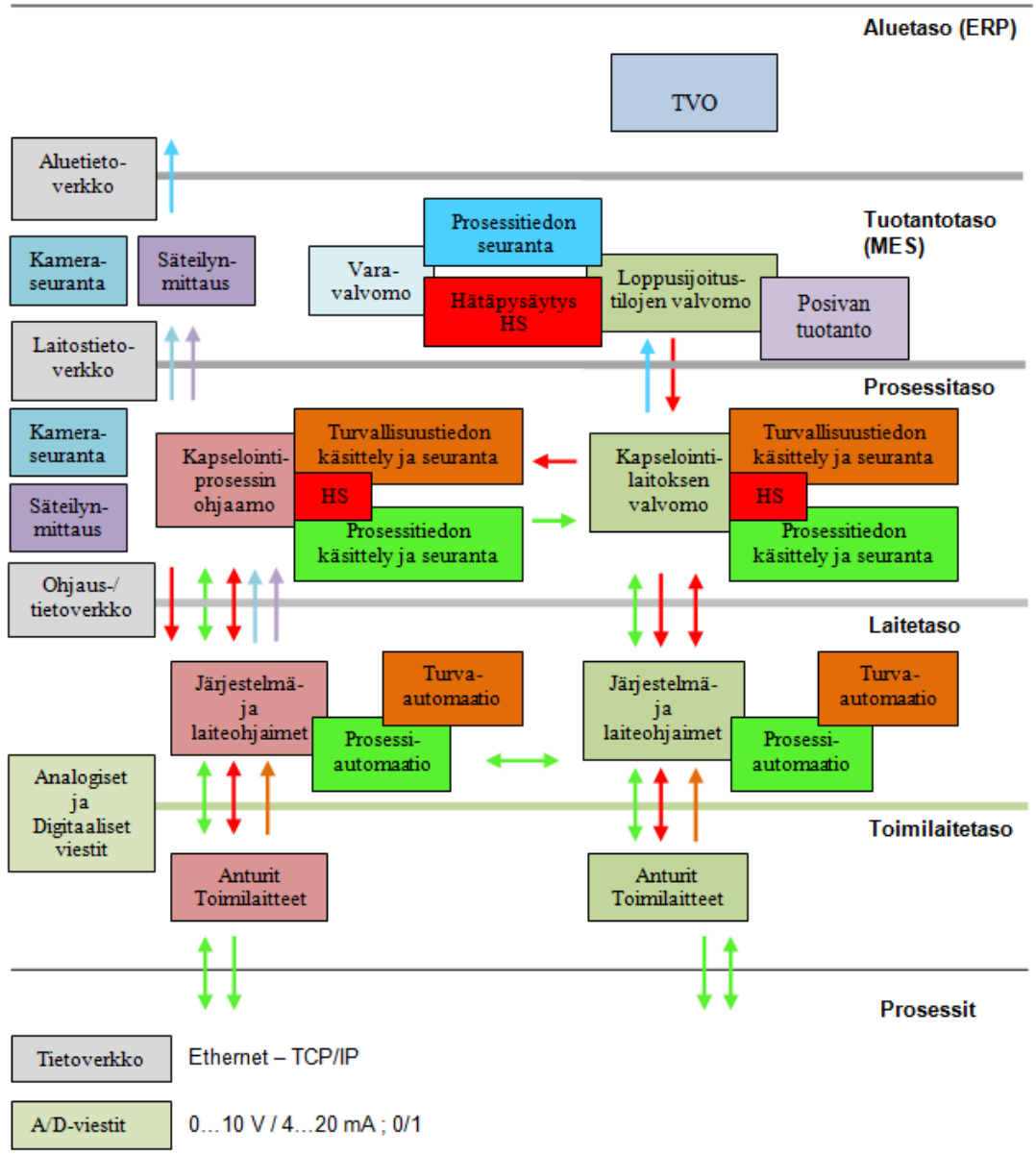
8.3 Arkkitehtuurin rajapinnat

Pääperiaatteena on, että ylemmältä tasolta viestitetään alemmalle tasolle tieto halutusta toiminnosta, jonka alempi taso suorittaa, toisin sanoen mallissa alempi taso toimii ylemmän tason palvelijana toteuttaen ylemmän tason pyynnöt. Suorituksen onnistumisesta saadaan paluuviestillä tieto ylemmälle tasolle. Arkkitehtuurissa käytetään niin kutsuttua ”black-box”-tyyppistä arkkitehtuuria, jossa tietojen välitys on ”tietoista” ja kerroksilla on erillinen rajapinta. Tällöin ylemmällä tasolla oleva elementti pyytää alemmalta tasolta palvelua, jonka jälkeen alempi taso ”palvelun tarjoaja” siirtää tiedon rajapintaan ylemmän tason käytettäväksi. Molemmat tasot osallistuvat aktiivisesti tiedonsiirtoon. Ylemmän tason tulee myös olla riittävissä määrin tietoinen alemmalla tasolla suoritettavien tehtävien tilasta, jotta saadaan selville järjestelmän/laitteen toiminnallinen status. Tämä on tärkeää varsinkin häiriötilanteissa, joista palautuminen, niin kutsuttuun normaalitilaan, on riippuvainen statuksesta.

Yhteys ohjaamo/valvomo- ja ohjausjärjestelmän välillä toteutetaan Ethernet-tiedonsiirtoverkolla, jotta ratkaisulla on mahdollisimman pitkä elinkaari. Samoin yhteydet alue- ja tuotantotason sekä tuotanto- ja prosessitason välillä toteutetaan Ethernet-tiedonsiirtoverkolla.

Kommunikaation toimivuus kapselointiprosessin ohjaamon ja ohjausjärjestelmän välillä on kriittinen, jonka vuoksi järjestelmät tulee kahdentaa.

Kapselointilaitoksen automaatioarkkitehtuurin rajapinnat on kuvattu kuvassa 15.



Kuva 15: Kapselointilaitoksen automaatioarkkitehtuurin rajapinnat

Kapselointiprosessissa toimintoja ohjataan automaatiotoimintojen lisäksi tarpeen mukaan myös operaattoreiden toimesta. Operaattoreiden on voitava seurata riittävällä tarkkuudella kapselointiprosessia. Tämän takia ohjaamo sijaitsee käsittelykammion yhteydessä, jolloin ohjaamosta on näköyhteys käsittelykammioon, jonka lisäksi toimintojen seurantaan voidaan käyttää kameravalvontaa.

Kommunikaation toiminta kapselointilaitoksen valvomon välillä taas ei ole kriittistä, koska järjestelmien ja laitteiden ohjausjärjestelmien täytyy kyetä toimimaan ilman jatkuvaa ohjausta valvomosta. Jos kommunikaatio valvomon ja ohjausjärjestelmän

välillä katkeaa, niin tieto järjestelmän tilasta katoaa. Tällöin täytyy olla toinen tapa nähdä, mitä laitteistossa tapahtuu, esim. kamerajärjestelmä, jonka perusteella operaattori voi päättää, annetaanko laitteiston hoitaa tehtävänsä loppuun vai keskeytetäänkö laitteiston toiminta esim. hätä-seis-painikkeella.

Turvajärjestelmien ja järjestelmä-/laiteohjausjärjestelmien välisessä kommunikaatiorajapinnassa on tärkeää, että ohjausjärjestelmä tietää turvajärjestelmän tilan. Turvajärjestelmät pyytävät tarpeen mukaan ohjausjärjestelmää pysäyttämään liikkeet tai ajamaan ne turvalliseen tilaan ja katkaisemaan energiansyötöt ohjausjärjestelmän ohjaamille toimilaitteille. Mikäli ohjausjärjestelmä ei tätä jostain syystä pysty tekemään, tulee turvajärjestelmän olla sellainen, että se joka tapauksessa pystyy pysäyttämään liikkeet tai ajamamaan järjestelmän turvalliseen tilaan. Turva-automaation tulee perustua yksittäisvikasietoisuuteen. Turva-automaation kommunikaation tulee olla varmennettua, joten tiedonsiirtoverkko tältä osin tulee olla kahdennettu. Myös sähkönsyötön tulee olla varmennettu.

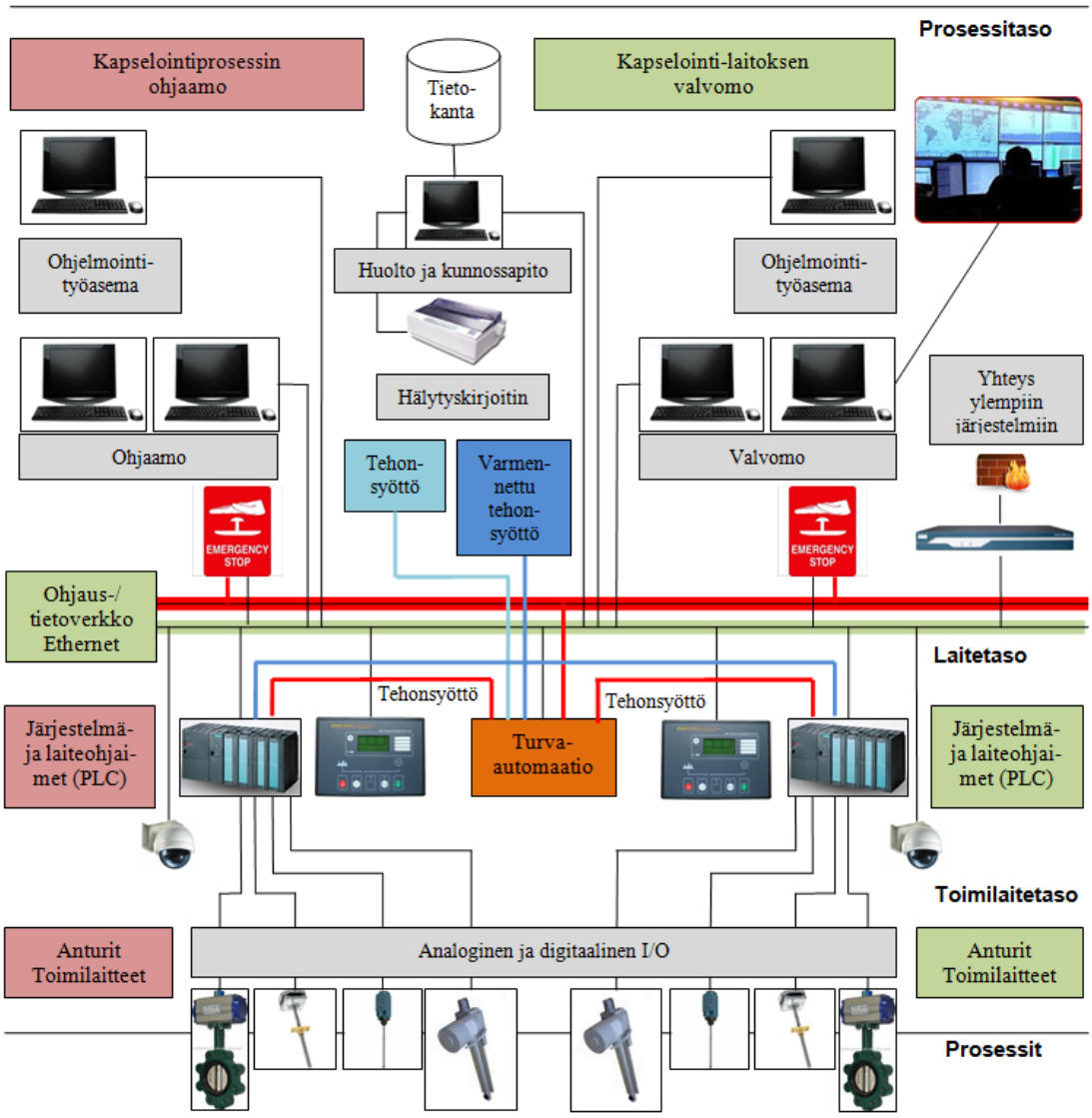
Eri tasoilla saattaa olla myös saman tason järjestelmien/laitteiden välisiä tiedonsiirtorajapintoja, joilla varmistetaan tiettyjen toimintojen loppuun saattaminen, ennen seuraavan toiminnon alkamista. Nämä tilatiedot saattavat tarvita hyväksynnän ohjaamosta tai valvomosta ennen toiminnan jatkumista, jossa esimerkiksi kameravalvonnan avulla voidaan varmistaa turvallisen toiminnan jatkuminen.

Eri järjestelmien ja laitteiden sisäiset tiedonsiirtoprotokollat tulee perustua ydinlaitoksille hyväksyttyihin standardeihin ja niiden tulee olla keskenään yhteensopivia riittävällä tasolla.

Toimilaitetasolta tiedonsiirto laitetasolle on jännite- tai virtaviestinä tapahtuvaa analogista tiedonsiirtoa tai digitaalista 0/1-bitteihin perustuvaa tiedonsiirtoa. Koska järjestelmissä tulee käyttää tekniikkaa, josta on pidempi aikainen käyttökokemus, ei kenttäväylärakennetta pidetä, tässä vaiheessa, hyväksyttävänä vaihtoehtona tällä tasolla.

8.4 Ohjausjärjestelmät

Tässä osiossa kuvataan mitä Kapselointilaitoksen eri tasojen ohjausjärjestelmien tulee sisältää. Kuvassa 16 esitetään ohjausjärjestelmien yleiskuvaus.



Kuva 16: Ohjausjärjestelmien yleiskuvaus

8.4.1 Ohjaamo ja valvomo

Kapselointiprosessin ohjaamossa tulee olla riittävät laitteet toimintojen turvallisen ohjaamisen varmistamiseksi. Kapselointilaitoksen valvomossa tulee olla riittävät laitteet toimintojen turvallisen valvomisen ja tarpeellisten ohjausten varmistamiseksi.

Tämä tarkoittaa sitä, että ohjaamo ja valvomo varustetaan riittävillä ohjaus-, valvonta- ja näyttölaitteilla. Käytännössä tämä tarkoittaa sekä ohjaamoon että valvomoon omaa valvomo-ohjelmistoa (SCADA), joka on varta vasten tätä käyttöä varten suunniteltu ja toteutettu ja jolla tarvittavia toimintoja voidaan luotettavasti hallita. Valvomo-ohjelmistot tulee toteuttaa ydinlaitoksia koskevia sekä muita liittyviä standardeja noudattaen.

Lisäksi ohjaamossa ja valvomossa tulee olla tarpeelliset, erilliset turvajärjestelmien toimi- ja näyttölaitteet.

Ohjaamossa ja valvomossa tulee olla erillinen ohjelmointityöasema ohjelmistojen muutosten ja päivitysten tekemiseksi. Valvomo varustetaan lisäksi huolto- ja kunnossapitopäätteellä, johon on liitetty hälytyskirjoitin.

8.4.2 Järjestelmät ja laitteet

Järjestelmät ja laitteet varustetaan kyseistä järjestelmää ja laitetta varten tehdyillä PLC-pohjaisilla ohjausjärjestelmillä, joiden käyttö hoidetaan käyttäen tätä varten toteutettua käyttöliittymää (HMI). Ohjausjärjestelmät ja käyttöliittymät tulee tehdä ydinlaitoksia koskevia standardeja noudattaen. Käyttöliittymien tarkemmat määrittelyt, vaatimukset ja kuvaukset laaditaan myöhemmin.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tulosta tulee arvioida työn tilaajan Posiva Oy:n kannalta. Tarkoituksena oli saada koottua perusteet osana loppusijoituslaitosta rakennettava käytetyn ydinpolttoaineen kapselointilaitoksen automaationjärjestelmien suunnittelulle ja määritellä arkkitehtuurimalli, joita täydentämällä laitoksen automaation liittyvä, tarvittava aineisto, voidaan toimittaa osana Posivan rakentamislupahakemusta ja automaationjärjestelmien jatkosuunnittelun perusteeksi.

Työssä määritellään kapselointilaitoksen automaation perusteet, yleiset vaatimukset ja automaation arkkitehtuurimalli, joten siltä osin työlle asetetut vaatimukset tulivat täytettyä ja työtä voidaan käyttää pohjana tarkemman automaatiosuunnittelun jatkamiselle.

Työlle asetettu aikataulu ei toteutunut, koska työn tekeminen normaalin päivätyön ohessa oli omien töiden määrästä johtuen huomattavasti haastavampaa kuin alun perin oli ajatus. Työhön liittyvän aineiston laajuus yllätti omalta osaltaan, eikä tätä osattu huomioida aikataulua laadittaessa. Se, ettei opinnäytetyötä pystynyt tekemään työaikana aiheutti sen, että yhteistyö TVO:n automaatiosuunnittelusta ja -järjestelmistä vastaavien henkilöiden kanssa jäi turhan pieneksi.

Opinnäytetyössä haasteena on pitää aihe riittävän suppeana. Tässäkin työssä aihe on erittäin laaja, jolloin käsiteltävän aineiston määrä on todella iso. Ydinlaitoksen automaatioon kohdistuu valtavasti erilaisia vaatimuksia, jotka taas ovat pohjana automaation arkkitehtuurin määrittämiselle. Tämän takia opinnäytetyön sisältö on suurelta osin juuri näiden vaatimusten koostamista. Suurimmat vaatimukset asettaa ymmärrettävästi laadukas turvallinen toiminta, joka tulee varmentaa kaikissa tapauksissa. Turvalliselle toiminnalle taas esitetään vaatimuksia muun muassa lainsäädännön, standardien ja viranomaisohjeiden taholta. Vaatimusten hallinta ja laadun varmistaminen ja muutosten hallinta kaikilla eri tasoilla ovat avainkysymyksiä Posivan toiminnassa. Vaatimukset tulee olla dokumentoituna ja jäljitettävyys pitää varmistaa.

Posivan loppusijoitustoimintaa ei voi suoraan verrata ydinvoimalaitoksen toimintaan ja koska viranomaismääräykset on pääasiassa tehty ydinvoimalaitoksia silmälläpitäen, tulisi viranomaismääräysten osalta saada erilliset soveltamisohjeet ajatellen Posivan toimintoja.

LÄHTEET

Aho M. 2009. Diplomityö: Konfiguraatiohallinta automaatiojärjestelmäprojekteissa. Tapereen teknillinen yliopisto. Viitattu 14.4.2012, http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/opinnaytteet/_files/82922197019001103/default/aho_mikko_konfiguraationhallinta.pdf

Asmala H. Koskinen K. Koskela M. Mätäsniemi T. Soini A. Strömman M. Tommila T. Valkonen J. 2005. Automaatiosovellusten ohjelmistokehitys - Suunnittelun työtavat, välineet ja sovellusarkkitehtuurit. Helsinki, Suomen automaatioseura ry.

Hilliard R. 2000. Esityskalvot: IEEE-Std-1471-2000 Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems. Viitattu 14.4.2012. http://www.enterprise-architecture.info/Images/Documents/IEEE%201471-2000.pdf

Koivisto H. 2006. TUDA luento: Teollisuusautomaation integraatio. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 14.4.2012, http://koti.mbnet.fi/asaf/1Koivisto.pdf

Laine H. 2000. Esityskalvosarja: Ohjelmistoarkkitehtuurit, Kerrosarkkitehtuuri. Helsinki, HY/TKTL. Viitattu 14.4.2012. http://www.cs.helsinki.fi/u/laine/arkki/k00/jarkki2d.pdf

Posiva, Kronodoc, 2012, Kapselointiprosessin ohjausjärjestelmän yleisperiaatteet, 27.8.2012, PLD-002819.

Posiva Oy:n www-sivut. Viitattu 14.4.2012. http://www.posiva.fi/

Pyyskänen S. 2007. Teollisuuden laiteverkot – Johdatus väylätekniikkaan. Helsinki, Suomen automaatioseura ry.

Seppänen J-M. 2010. Opinnäytetyö: Ohjelmistoarkkitehtuurit. Saimaan ammattikorkeakoulu. Viitattu 14.4.2012. https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/7061/Seppanen_Juha-Matti.pdf?sequence=1

(TUKES www-sivut, viitattu 27.4.2012, http://www.tukes.fi/Tiedostot/kemikaalit_kaasu/Turva-automaatio_prosessiteollisuudessa.pdf

TVO esite 2007. Ydinvoimalaitosyksiköt Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2. Eura Print. Viitattu 14.4.2012. http://www.tvo.fi/www/page/julkaisut_pdf/

Wahlström Kim (STUK) esitys, 18.2.2011, Lahti. Viitattu 14.4.2012. http://www.lahtimechatronics.fi/filebank/1865-02_Kim_Wahstrom_esitys_Lahti_%5BYhteensopivuustila%5D.pdf

Työhön liittyvät lait ja asetukset:

Ydinenergialaki 11.12.1987/990.
http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1987/19870990

Valtioneuvoston asetus 27.11.2008/733 ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta. http://www.edilex.fi/stuklex/fi/lainsaadanto/20080733

Valtioneuvoston asetus 27.11.2008/736 ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuudesta.
http://www.edilex.fi/stuklex/fi/lainsaadanto/20080736

EUR 19265, 2000, Common position of European nuclear regulators for the licensing of safety critical software for nuclear reactors.
http://ec.europa.eu/energy/nuclear/studies/doc/other/eur19265.pdf

Työhön liittyvät, uudistettavana olevat, YVL-ohjeet:

YVL A.1, Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta
YVL A.11, Ydinlaitoksen turvajärjestelyt, 2011, luonnos 4
YVL B.1, Ydinlaitoksen turvallisuusjärjestelmien suunnittelu, 2012, luonnos 4
YVL B.2, Ydinlaitoksen järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden luokittelu
YVL C.1, Ydinlaitoksen rakenteellinen säteilyturvallisuus ja säteilymittaukset, 2012, luonnos 4
YVL C.3, Ydinlaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöjen rajoittaminen ja valvonta, 2011, luonnos 4
YVL C.4, Ydinlaitoksen ympäristön säteilyvalvonta, 2011, luonnos 4
YVL E.7, Ydinlaitoksen sähkö- ja automaatiolaitteet, 2012, luonnos 2
YVL E.11, Ydinlaitoksen nosto- ja siirtolaitteet
Viitattu 14.10.2012. https://ohjeisto.stuk.fi/YVL/

Työhön liittyvät standardit:

IAEA Safety Standards Series, Safety Guide, No. NS-G-1.3. Instrumentation and control systems important to safety in nuclear power plants. 2002. http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1116_scr.pdf

IAEA Safety Standards Series, Safety Guide, No. NS-G-1.1. Software for Computer Based Systems Important to Safety in Nuclear Power Plants. 2000. http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1095_scr.pdf

IEC 42010. Systems and Software Engineering - Architecture description. 2011. First edition.

IEC 60780. Nuclear Power Plants – Electrical equipment of the safety systems – Qualification. 1998. Second edition.

IEC 60880. Nuclear power plants - Instrumentation and control systems important to safety - Software aspects for computer-based systems performing category A functions. 2006. Second edition.

IEC 60987. Nuclear power plants - Instrumentation and control important to safety - Hardware design requirements for computer-based systems. 2007. Second edition.

IEC 611131-3. Programming Industrial Automation Systems, 2011. Second edition.

IEC 61226. Nuclear power plants - Instrumentation and control important to safety - Classification of instrumentation and control functions. 2009. Third edition.

IEC 61499. Function Blocks for Embedded and Distributed Control Systems Design. 2012. Second edition.

IEC 61508. Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-related Systems. 2010. Second edition.

IEC 61513. Nuclear power plants – Instrumentation and control for systems important to safety – General requirements for systems.2011. Second edition.

IEC 62138. Nuclear Power Plants – Instrumentation and Control important for safety – Software aspects for computer-based systems performing category B or C functions. 2004.First edition.

IEC 62264-1. Enterprise-control system integration – Part 1: Models and terminology. 2012. Second edition.

IEEE 830. Recommended Practice for Software Requirements Specifications. 1998. Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE.

IEEE 828. Standard for Software Configuration Management Plans. 2012. Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE.

IEEE 15288. Systems and Software Engineering - System Life Cycle Processes. 2008. Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE.

ISO 10007. Quality management systems -- Guidelines for configuration management. 2003. Second edition.

KTA 3902. Design of Lifting Equipment in Nuclear Power Plants. 1999. Edition (6/99).
http://www.kta-gs.de/e/standards/3900/3902-e.pdf

KTA 3903. Inspection, Testing and Operation of Lifting Equipment in Nuclear Power Plants. 1999. Edition (6/99).
http://www.kta-gs.de/e/standards/3900/3903e.pdf

KTA 2201.4. Design of Nuclear Power Plants against seismic events; Part 4: Requirements for procedures for verifying the safety of mechanical and electrical components against earthquakes. 2000. Edition (6/00).
http://www.kta-gs.de/e/standards/2200/2201_4e.pdf

SFS 6000. Pienjännitesähköasennukset. suomen. 2007. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS

SFS-EN 61508 osat 1-7. Sähköisten/elektronisten/ohjelmoitavien elektronisten turvallisuuteen liittyvien järjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS

SFS-EN 62061. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvien sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus. 2006. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS

SFS-EN ISO 13849 osat 1 ja 2. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS