

Opinnäytetyö AMK

Kone- ja tuotantotekniikka | Koneautomaatio

2018

Antti-Pekka Hakola

TXS-POHJAISTEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMIEN KOULUTUSSUUNNITELMA

OPINNÄYTETYÖ AMK| TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Koneautomaatio

2018 | 40 sivua, 2 liitesivua

Antti-Pekka Hakola

TXS-POHJAISTEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMIEN KOULUTUSSUUNNITELMA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää roolikohtainen koulutussuunnitelma Teleperm XS-turva-automaatioalustan käyttäjille Olkiluoto 3 -ydinvoimalassa. Työ suoritettiin Teollisuuden Voima Oyj:n pyynnöstä, ja se toteutettiin automaatiotekniikan(TI) organisaatiossa.

Työn alussa perehdyttiin Teollisuuden Voimaan yrityksenä, jonka lisäksi esitellään sen käyttämät voimalaitokset. Opinnäytetyön aiheen takia oli tarve tutustua tarkemmin valmistuvan Olkiluoto 3-laitoksen automaatioon sekä uuteen Maintenance Training System -arkkitehtuurin, jossa TVO tulee tulevaisuudessa kouluttamaan automaation parissa työskentelevää henkilöstöään.

Koulutussuunnitelman tekemisessä otettiin huomioon sekä TVO:n sisäiset koulutuksen laatimisen ohjeet että sitä määrittelevät ja tukevat ohjeistukset Suomen Säteilyturvakeskus STUK:lta ja kansainväliseltä ydinvoimajärjestöltä International Atomic Energy Agency IAEA:lta.

Opinnäytetyön tavoitteena ollut koulutussuunnitelma toteutettiin tunnistamalla automaation parissa työskentelevät roolit, joiden edustajille suoritettiin opinnäytetyön aikana haastattelu. Haastatteluiden avulla saatiin tarkennettua tulevien koulutuksien vaatimuksia ja sisältöä vastaamaan käyttäjäkunnan tarpeita.

Työn tavoitteisiin päästiin, ja eri työrooleille pystyttiin määrittämään erilaisia tarvittavia koulutuksia. Koulutuksien tarkan sisällön määrittäminen on tarpeellista suorittaa tulevaisuudessa, mutta koulutussuunnitelma luo niiden tekemiselle hyvän pohjan, joiden avulla tarkka koulutuksien määrittäminen on mahdollista. Opinnäytetyön loppuun määritettiin mahdollisia esimerkkejä tulevien koulutuksien harjoitustöistä niiden havainnollistamiseksi.

ASIASANAT:

Koulutussuunnitelma, automaatio, MTS, Teleperm XS

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Machine and production engineering | Machine automation

2018 | 40 pages , 2 appendices

Antti-Pekka Hakola

TRAINING PLAN FOR TXS-BASED AUTOMATION SYSTEMS

The objective of this Bachelor's thesis was to create a training plan for the users of Teleperm XS-safety automation in Olkiluoto 3-nuclear plant. The thesis was commissioned by Teollisuuden Voima Oyj and it was carried out at automation technology (TI) organisation.

First, Teollisuuden Voima Oyj as a company is introduced, as well as the basics of the plants they operate with. This thesis focuses heavily on automation users of the new plant, and therefore it was necessary to explain the automation of Olkiluoto 3-power plant in more detail. Besides the plant itself, the thesis introduces Maintenance Training System-architecture, in which TVO automation personnel will be trained in the near future.

While creating a training plan for the TXS-users, it was necessary to take into account the internal rules for creating trainings in TVO, as well as following the defining and guiding instructions from Finnish Radiation Safety Center STUK and International Atomic Energy Agency IAEA.

The goal of creating a training plan for automation users was effectuated by defining the roles of the TXS users. After defining the roles, a representative of each role was interviewed. The results of the interviews helped defining the requirements and contents of each training to correspond to the needs of the user base.

The goals set for the thesis were achieved, and different trainings were successfully developed for the investigated users. It is necessary in the near future to define the contents of these trainings in more detail, but the plans create a good basis for defining the trainings. At the end of the thesis a few examples of these detailed trainings were designed to demonstrate their concept.

KEYWORDS:

Training plan, automation, MTS, Teleperm XS

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	8
2 TEOLLISUUDEN VOIMA OYJ	9
2.1 TVO	9
2.2 TVO:n omistussuhteet	10
3 LAITOKSEN AUTOMAATIO	11
3.1 Automaation tasot ja järjestelmät	11
3.2 TXS-komponentit	13
3.3 Maintenance Training System MTS	14
4 TXS KOULUTUSSUUNNITELMA	20
4.1 Suunnitelman sisältö	20
4.2 Säteilyturvakeskus ja sen vaatimukset	20
4.3 TVO:n koulutuksien vaatimukset	21
4.4 Roolit	23
4.5 Systematic Approach to Training	25
4.6 Analyysi	26
4.7 Suunnittelu	27
4.8 Koulutukset	28
4.9 Harjoitustyöt	36
5 YHTEENVETO	38
LÄHTEET	39

LIITTEET

Liite 1. Haastattelupohja.

KUVAT

Kuva 1. OL3-automaatioarkkitehtuuri. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 19).....	12
Kuva 2. TXS-toimintaperiaate. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 25).....	13
Kuva 3. MTS-pohjapiirustus (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 23).....	15
Kuva 4. MTS-verkkotopologia. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 23).....	17
Kuva 5. PS-paneeli. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 23).....	18
Kuva 6. TVO:n koulutusten suunnittelu. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 13).....	22
Kuva 7. Henkilöiden koulutus TVO:lla. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 15).....	23
Kuva 8. Systematic Approach to Training kuvana. (IAEA 1996).....	25
Kuva 9. Koulutuksen vaikutukset. (IAEA 1996).	28

TAULUKOT

Taulukko 1. TVO:n omistusosuudet. (Teollisuuden Voima Oyj 2018d).	10
Taulukko 2. MTS-järjestelmät. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 23).	16
Taulukko 3. OL3 Automaatio -peruskoulutus.	29
Taulukko 4. TXS-syventävä -täydennyskoulutus.	30
Taulukko 5. Vianhaku ja diagnostiikka OL3-automaatiojärjestelmissä - täydennyskoulutus.	31
Taulukko 6. Muutossuunnittelun ohjelmistot -täydennyskoulutus.	32
Taulukko 7. Python-perusteet -täydennyskoulutus.	33
Taulukko 8. Määräaikaiskokeet -täydennyskoulutus.	34
Taulukko 9. DIMAS & TXS-admin -täydennyskoulutus.	35

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

ALU	Actuator Logic Unit
APU	Acquisition and Processing Unit
DIMAS	Diagnostics and Maintenance Server
EPR	European Pressurized Reactor
ES	Engineering Station
ESFAS	Engineered Safety Features Actuation System
FDE	Function Diagram Editor
GW	Gateway
HBS	Hardwired Backup System
I&C	Information & Control
I/O	Input/output
IAEA	International Atomic Energy Agency
MSI	Monitoring Service Interface
MTS	Maintenance Training System
PACS	Priority Actuator and Control System
PAS	Process Automation System
PI	Panel Interface
PICS	Process Information and Control System
PS	Protection System
RCSL	Reactor Control, Surveillance and Limitation
SA I&C	Severe Accident Information & Control

SAS	Safety Automation System
SICS	Safety Information and Control System
SSS	Self-Standing System
STUK	Säteilyturvakeskus
TGI	Turbine Generator Instrumentation
TVO	Teollisuuden Voima Oyj
TXP	Teleperm XP
TXS	Teleperm XS
YVL	Ydinvoimalaitos(ohje)

1 JOHDANTO

Olkiluodossa on rakenteilla uusi ydinvoimala, Olkiluoto 3, jonka sähköntuotanto alkaa aikataulun mukaan toukokuussa 2019. Valmistuvassa ydinvoimalassa on käytetty paljon uutta tekniikkaa, jonka tulisi taata laitokselle suuren nettotehon lisäksi laitoksen turvallinen käyttö (Teollisuuden Voima Oyj 2018b). Uusi tekniikka luo monenlaisia haasteita laitoksen käyttöönottoon ja huoltoon, ja näitä tarpeita vastaamaan tarvitaan uutta tekniikkaa hyödyntäviä koulutusmenetelmiä osaamisen varmistamiseksi.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää koulutussuunnitelma Teollisuuden Voima Oyj:n Teleperm XS (TXS) puolelle. Opinnäytetyössä hyödynnetään vahvasti uutta Maintenance Training System (MTS) -arkkitehtuuria, joka on jäljitelmä Olkiluoto 3 -ydinvoimalaitoksen keskeisistä automaatiojärjestelmistä, ja sitä tullaan tulevaisuudessa hyödyntämään automaatiojärjestelmien käyttäjien, suunnittelun ja kunnossapidon kouluttamisessa.

TVO:lla on tarve luoda roolikohtainen koulutussuunnitelma, jossa otettaisiin huomioon automaation käyttäjien tarpeet ja kyettäisiin näiden pohjalta luomaan erilaisia harjoituksia järjestelmien käyttämisestä ja huollosta. Tulevaisuudessa TVO:n on kyettävä itsenäisesti kouluttamaan henkilökuntaansa uuden laitoksen käyttöä varten turvallisessa ympäristössä ennen todellista suorittamista.

MTS-järjestelmä on kirjoitushetkellä vielä valmisteilla ja/tai testauksessa, joten opinnäytetyössä käytettiin pitkälti tulevien käyttäjien palautetta suunnitelmaa laadittaessa. Tavoitteena oli luoda TVO:n käytäntöjen mukainen koulutussuunnitelma, jota kyetään hyödyntämään tulevia koulutuksia kehittäessä ja jossa tehtäville koulutuksille on määritetty selkeästi sisältö, kohderyhmä ja tavoitteet.

2 TEOLLISUUDEN VOIMA OYJ

2.1 TVO

Teollisuuden Voima Oyj (TVO) on vuonna 1969 perustettu osakeyhtiö, joka voittoa tavoittelemattomana yhtiönä tuottaa omistajilleen sähköä Mankala-periaatteen mukaisesti. Mankala-periaatteen mukaan osakkeenomistajat maksavat laitoksista aiheutuvat kulut, kuten huollot ja investoinnit, jonka jälkeen ne voivat hyödyntää omistussuhteen mukaan jaetun sähkön omiin tarpeisiinsa joko hyödyntämällä sen suoraan, tai myymällä sitä eteenpäin (Teollisuuden Voima Oyj 2018c). TVO Oyj:n alaisuudessa työskenteli 779 henkilöä vuoden 2016 lopussa. (Teollisuuden Voima Oyj 2017).

Eurajoella sijaitsevassa Olkiluodossa on tällä hetkellä kaksi käytössä olevaa ydinlaitosyksikköä, ja yksi rakenteilla oleva. Olkiluoto 1- ja Olkiluoto 2 -laitokset ovat kiehutusvesireaktoreita, ja ne molemmat tuottavat 880 megawatin (MW) nettotehon. Ensimmäinen laitos valmistui vuonna 1978 Asea Atom Ab:n toimesta, toinen vuonna 1980 TVO:n rakentamana. Kaupalliseen käyttöön OL1 otettiin vuonna 1979 ja OL2 vuonna 1982. Nykyisen 880 MW:n nettotehon laitokset ovat saaneet vasta myöhemmin modernisointien seurauksena. (Lähde 18.)

Kolmas ydinvoimala, Olkiluoto 3, valmistuu nykyisen suunnitelman mukaan 2019. Valmistuva laitos on aikaisemmista laitosyksiköistä poiketen painevesireaktorilaitos EPR, ja sen nettoteho 1600 MW lähes tuplaa TVO:n tuottaman sähkön määrän. European Pressurized Reactor-laitoksen toiminta perustuu primääripiirin korkeaan paineeseen, jolloin vesi ei pääse höyrystymään primääripiirin puolella, vaan lämpö johdetaan lämmönvaihtimiin, jossa se muunnetaan höyryksi. Tämän avulla ydinreaktion tuottama radioaktiivisuus kyetään rajaamaan vain primääripiirin sisäiseksi. Höyrystimiksi kutsutuilta lämmönvaihtimilta höyry johdetaan turbiinille, joka akselin välityksellä antaa generaattorille voimaa sähköntuottoon. Laitoksen toimittajina toimivat ranskalainen Areva GmbH sekä saksalainen Siemens AG. (Teollisuuden Voima Oyj 2018b.)

Laitosyksiköiden lisäksi TVO omistaa 1 MW:n tuulivoimalan, joka sijaitsee Olkiluodossa, ja 45 prosentin osuuden Meri-Porissa sijaitsevasta hiilivoimalaitoksesta. (Teollisuuden Voima Oyj 2018a.)

2.2 TVO:n omistussuhteet

Teollisuuden Voima Oyj:n omistaa kuusi eri yhtiötä, ja niiden omistusosuudet vaihtelevat A-, B- ja C-sarjan mukaan. Sarjan A omistajat saavat osansa Olkiluoto 1 (OL1)- ja Olkiluoto 2 (OL2) -laitosten sähköntuotannosta, sarjan B omistajat tulevasta Olkiluoto 3 -laitoksen tuotannosta (OL 3) ja sarjan C omistajat Meri-Porin hiilivoimalaitoksen tuotannosta (Taulukko 1). (Teollisuuden Voima Oyj 2018d.)

	A-sarja	B-sarja	C-sarja	Yhteensä
EPV Energia Oy	6,5	6,6	6,5	6,5
Fortum Power and Heat Oy	26,6	25,0	26,6	25,8
Loiste Holding Oy	0,1	0,1	0,1	0,1
Kemira Oyj	1,9	-	1,9	1,0
Oy Mankala Ab	8,1	8,1	8,1	8,1
Pohjolan Voima Oy	56,8	60,2	56,8	58,5

Taulukko 1. TVO:n omistusosuudet. (Teollisuuden Voima Oyj 2018d).

Opinnäytetyön organisaatio

Opinnäytetyö tehtiin TVO:n Teknisten palveluiden (T) automaatiopuolelle (TI). T-organisaatio on vastuussa teknisestä suunnittelu- ja asiantuntijatyöstä. TI-organisaatio tekee suunnittelu- ja asiantuntijatyötä automaatiosta sekä käyville että valmistuvalle laitokselle.

3 LAITOKSEN AUTOMAATIO

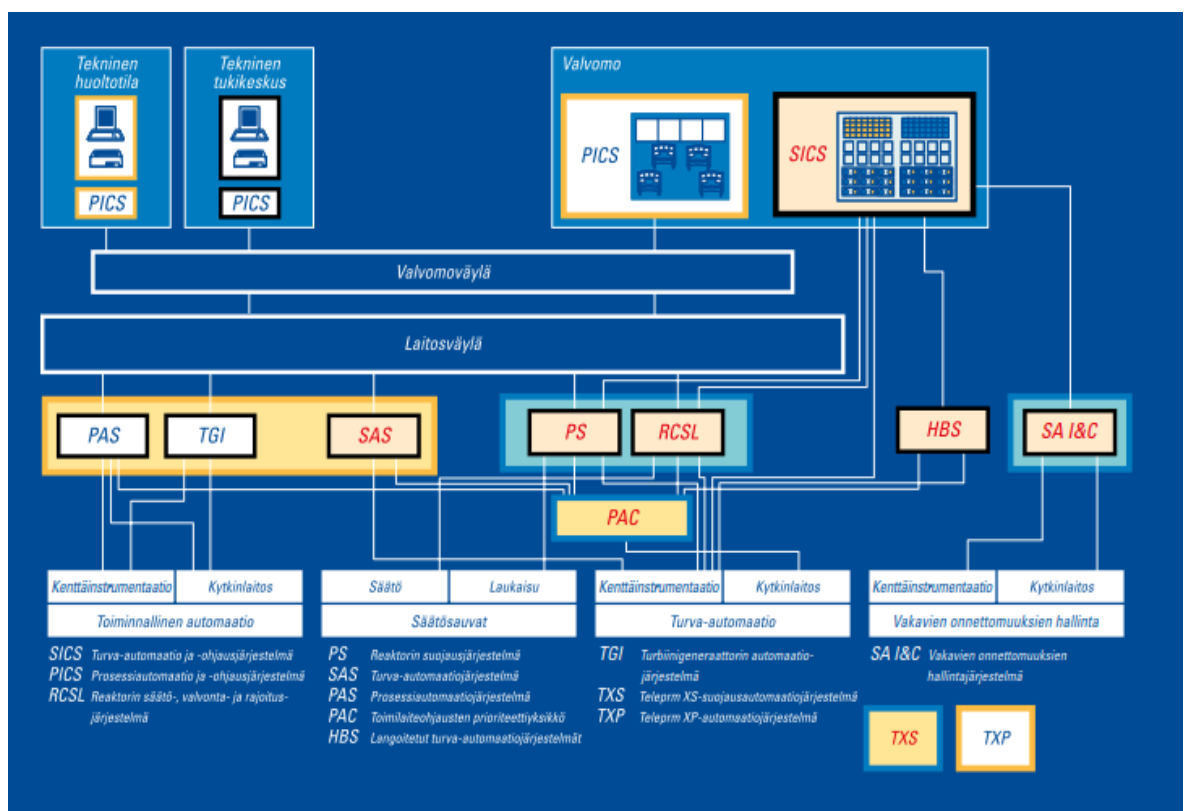
Valmistuvassa laitoksessa on käytetty huomattavasti aiempaa enemmän digitaalisia laitteita, ja suuri osa laitoksen prosessi- ja suojaustekniikasta on laskettu ohjelmoitavien automaatiojärjestelmien varaan. Laitokselta löytyy myös kovalangoitettu tekniikka digitaalitekniikan varmennukseksi. Laitoksen suunnitteluperusteena on, että sen tulee toimia häiriö- sekä onnettomuustilanteissa 30 minuuttia automaation varassa ennen operaattoreiden toimenpiteitä. Ydinvoimalan kenttälaitteet voivat olla koetuksella, sillä niiden toimintaympäristöt vaihtelevia, ja niissä saattaa esiintyä esimerkiksi korkeita lämpötiloja, paineita sekä säteilyä. Järjestelmien toimivuutta on Olkiluoto 3:lla varmistettu järjestelmien moninkertaisella redundanttisuudella, joka varmistaa toimivuuden yhden tai useamman toimilaitteen menetyksen aikana.

3.1 Automaation tasot ja järjestelmät

Olkiluoto 3 ydinvoimalan automaatiojärjestelmät on jaettu viiteen eri toiminnallisuustasoon. Ensimmäiseen tasoon kuuluu normaali prosessiautomaatio, toisessa tasossa laitoksella on rajoitusjärjestelmä, kolmannessa suojausjärjestelmä, neljännessä kovalangoitettu turva-automaatio ja viidennessä vakavien reaktorionnettomuuksien automaatio. Perinteinen prosessiautomaatio hoitaa laitosta normaalin käytön aikana ja pitää huolta arvojen pysymisestä halutulla alueella. Ensimmäisen tason säätöjärjestelmänä sekä ongelmatilanteissa hallinnan ottava rajoitusjärjestelmä RCSL ohittaa perinteisen prosessiautomaation ja pyrkii saattamaan laitoksen takaisin normaalitoimintaan. Mikäli rajoitusjärjestelmän toimenpiteet eivät riitä ja suojausjärjestelmän kynnyksarvot ylittyvät, ottaa suojausjärjestelmä PS vastuun toimenpiteistä. Digitaalisen automaation pettäessä siirtyään käyttämään kovalangoitettua HBS-turva-automaatiojärjestelmää. Vakavien onnettomuuksien seuranta ja hallintaa varten on näiden lisäksi oma automaatiojärjestelmänsä SA I&C.

Suurin osa automaatiojärjestelmistä on jaettu kahden erillisen alustan, Teleperm XP (TXP) ja Teleperm XS:n (TXS) välille, joskin laitoksesta löytyy myös n. 500 kappaletta erillisjärjestelmiä (Self Standing System). Laitosyksikköä hallitaan normaalikäytössä TXP-pohjaisella Process Information and Control System PICS:llä, joka hyödyntää ny-

kyäikaista ohjelmoitavaa automaatiota ja muuntaa tiedot helposti luettavaksi informaatioksi tietokonekäyttöiseltä järjestelmältä, minkä lisäksi se huolehtii tiedon tallentamisesta myöhemmin tarkisteltavaksi. PICS-järjestelmän ja ohjelmoitavan automaation pettämistä varten laitokselta löytyy myös Safety Information and Control System (SICS), joka toimii kovalangoitettuna myös perusautomaation pettäessä. SICS-järjestelmä on toteutettu mosaiikki-tyyppisillä painikkeilla sekä merkkivaloilla, ja sen käyttöön siirrytään, mikäli PICS-järjestelmä todetaan menetetyksi. Normaleissa olosuhteissa käytetään PICS-järjestelmää laitoksen tilasta riippumatta (kuva 1). (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 14, 18, 19.)

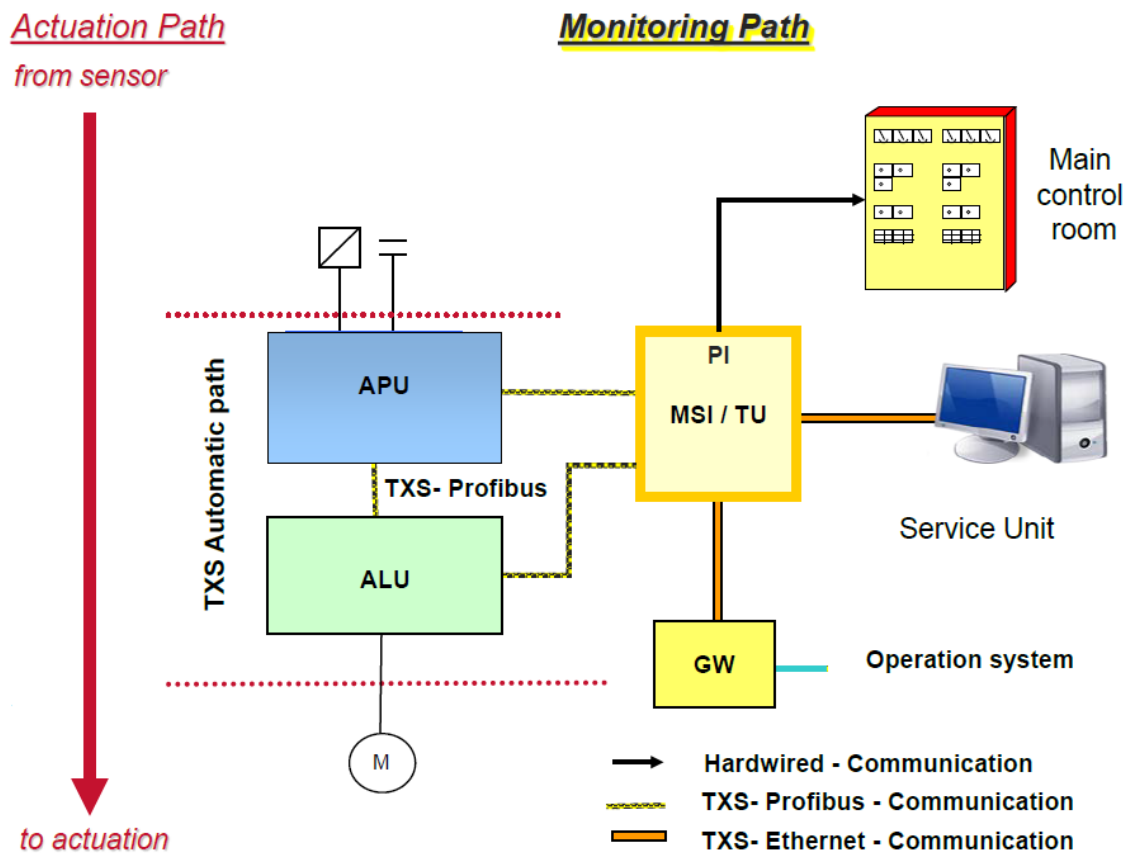


Kuva 1. OL3-automaatioarkkitehtuuri. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 19).

Teleperm XP on Siemens AG:n kehittämä järjestelmälusta, joka hoitaa suurimman osan laitoksen normaalista prosessiautomaatiosta. Sen järjestelmiä ovat prosessiautomaatiojärjestelmä PAS, turbiinigeneraattorin automaatiojärjestelmä TGI ja turva-automaatiojärjestelmä SAS. Näiden hallintaan käytetään PICS-järjestelmää.

Teleperm XS on Areva NP:n kehittämä järjestelmälusta, joka perustuu pitkälti ohjelmoitavaan modulaariseen logiikkaan, joka vastaanottaa ja lähettää signaaleja, monitoroi tie-

tojen luotettavuutta sekä kommunikoi logiikkayksiköiden kesken. Poikkeuksena ohjelmoitavaan logiikkaan on HBS-järjestelmä, joka toimii kovalangoitetusti eikä ole ohjelmoitavissa. Alusta on suunniteltu ydinvoimaloihin käytettäväksi, jossa sitä käytetään laitoksen suoja-automaatiassa. TXS:n järjestelmät ovat monelta osin suunniteltu redundanttiksi. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 25, 26.)



Kuva 2. TXS-toimintaperiaate. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 25).

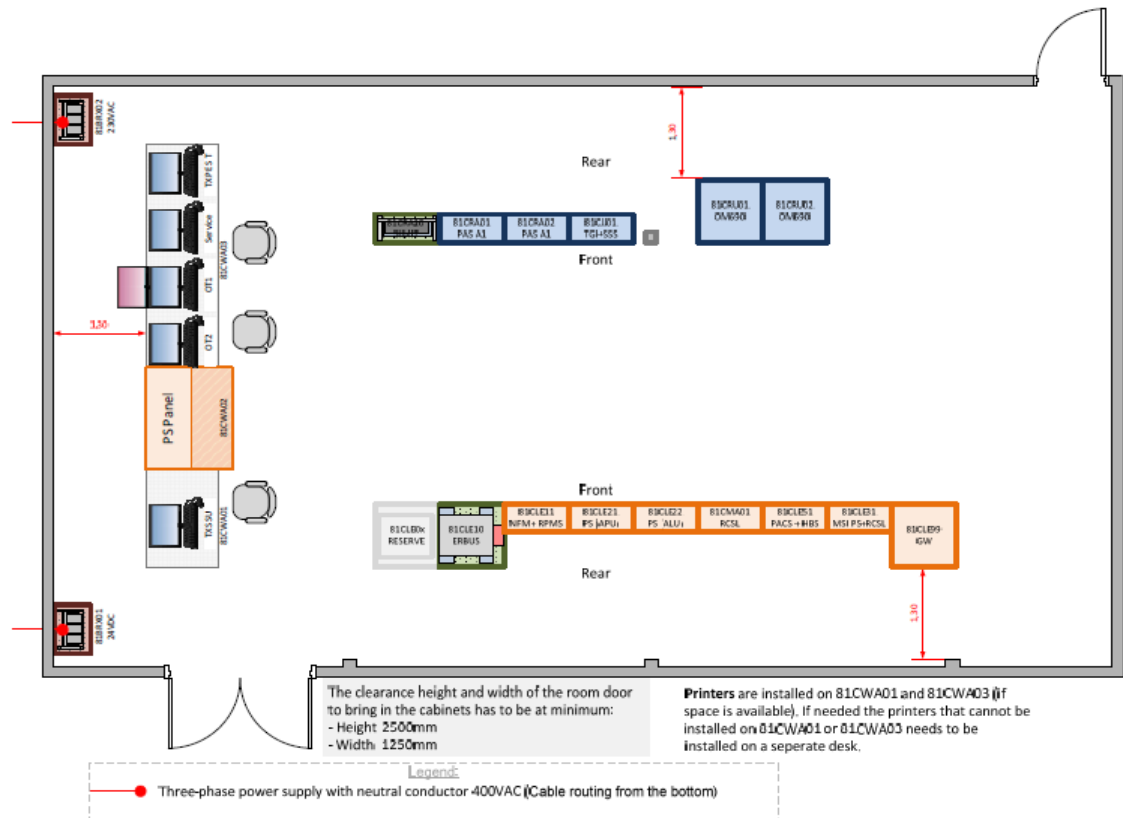
3.2 TXS-komponentit

Komponentit ovat TXS-järjestelmissä asetettu erillisiin kaappeihin, joita on laitoksella useissa eri divisioonissa. Kaappien sisältö on muokattavissa moduulien avulla projektin tarpeisiin. Tietoja vastaanotetaan ja lähetetään kenttälaitteille I/O korteilla, joiden tyyppi

vaihtelee signaalin ollessa joko digitaalinen tai analoginen. Tietoja jaetaan tarpeen mukaan eri kaappien välillä profibus-verkossa, jonka lisäksi informaatiota annetaan ja vastaanotetaan MSI:n avulla tarvitsijoiden käytettäväksi. TXS-alustan järjestelmissä useimmiten käytettäviä moduuleja ovat esimerkiksi SVE2-prosessointitietokone tietojen prosessointiin ja vertailuun, SL22-kommunikointimoduuli prosessorien kommunikaatioon ja SLM2 linkkimoduuli signaalin muuntamiseen elektronisesta optiseksi esimerkiksi kaappien välisessä kommunikoinnissa. Tämän lisäksi kaapeissa on moduuleja esimerkiksi virransyötölle ja vikatarkkailulle (kuva 2).

3.3 Maintenance Training System MTS

MTS-järjestelmä on Areva NP:n toteuttama projekti, jonka tarkoitus on luoda sopiva harjoitus- ja testiympäristö automaation parissa työskentelevälle henkilöstölle. Se on sijoitettu TVO:n monitoimikeskukseen, koulutustilojen välittömään läheisyyteen. Henkilöstöä pystytään MTS-ympäristössä harjoittamaan alkuperäisidean mukaan mm. moduulien asennuksissa, diagnostiikan testauksissa, ohjelmistojen asennuksissa, parametrien vaihdoissa, testien suorittamisessa ja korjauksien harjoittelussa (kuva 3). (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 23.)



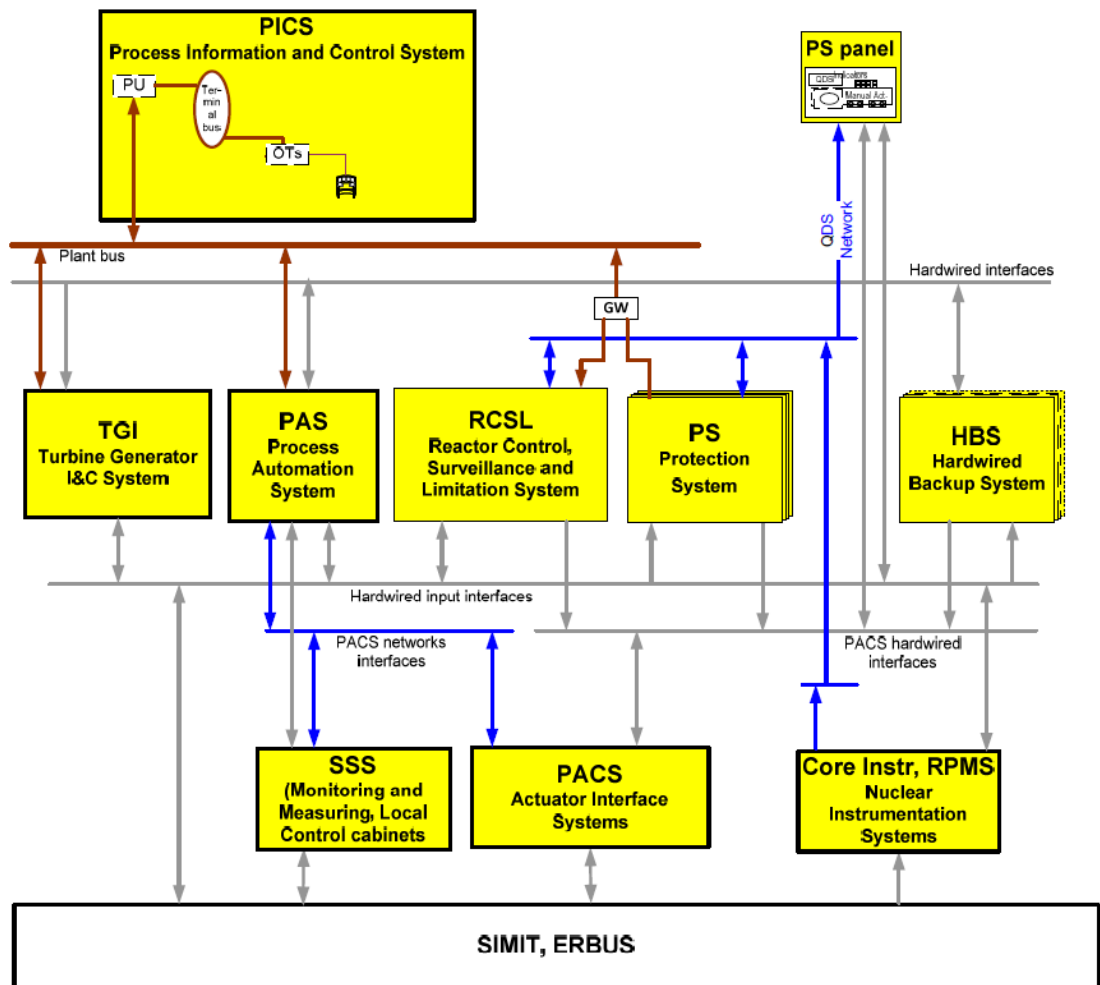
Kuva 3. MTS-pohjapiirustus (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 23).

MTS:ään on koottu valmistuvan laitoksen järjestelmiä ja komponentteja hyödyntävä harjoitusympäristö, joka kykenee simuloimaan tulevia ja lähteviä signaaleja. Kaikilla MTS-arkkitehtuurin järjestelmillä on rajoitettu toimivuus verrattuna OL 3-laitokselle asennettuihin järjestelmiin, mutta arkkitehtuurissa käytettävät järjestelmäohjelmistot ja komponentit vastaavat kuitenkin laitoksella olevia. Rajatusta toimivuudesta huolimatta ne sisältävät tarpeeksi laitteistoa toimivan harjoitus- ja testiympäristön luomiseen. Arkkitehtuuriin on valittu seuraavat järjestelmät:

Teleperm XS	Teleperm XP	S7
Rod Position Monitoring System RPMS	Process Automation System PAS	Self-Standing System for HVAC and Chilled Water System QKA
Priority Actuator and Control System PACS	Process Information and Control System PICS	
Protection System PS	Turbine Generator Instrumentation TGI	
Reactor Control, Surveillance and Limitation System RCSL		
Excore/Incore Nuclear Instrumentation		
Hardwired Backup System HBS		

Taulukko 2. MTS-järjestelmät. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 23).

Suurin osa järjestelmistä on omissa kaapeissaan, mutta jotkut niistä jakavat saman kaapin. Useat järjestelmät kommunikoivat tietoja keskenään. Järjestelmien tuloja ja ulostuloja simuloidaan TXS puolella ERBUS:lla, TXP puolella SIMIT:llä. Tämän lisäksi omat kaappinsa on mm. virranjakelulle ja palvelimille. Järjestelmiä hallitaan joko tietokonepääteiltä PICS-käyttöjärjestelmällä, tai vaihtoehtoisesti PS Paneelilta, johon on siirretty osa SICS paneelin toiminnoista. Tiedonvaihto tapahtuu PICS:ltä normaalilla Ethernet-yhteydellä, HBS-järjestelmältä ja PS-paneelilta kovalangoitetusti. PS-paneelin QDS-näyttö saa tarvittavan infon omalla yhteydellä. Järjestelmät käyttävät sisäisessä kommunikaatiossa Profibus-verkkoa (kuva 4).

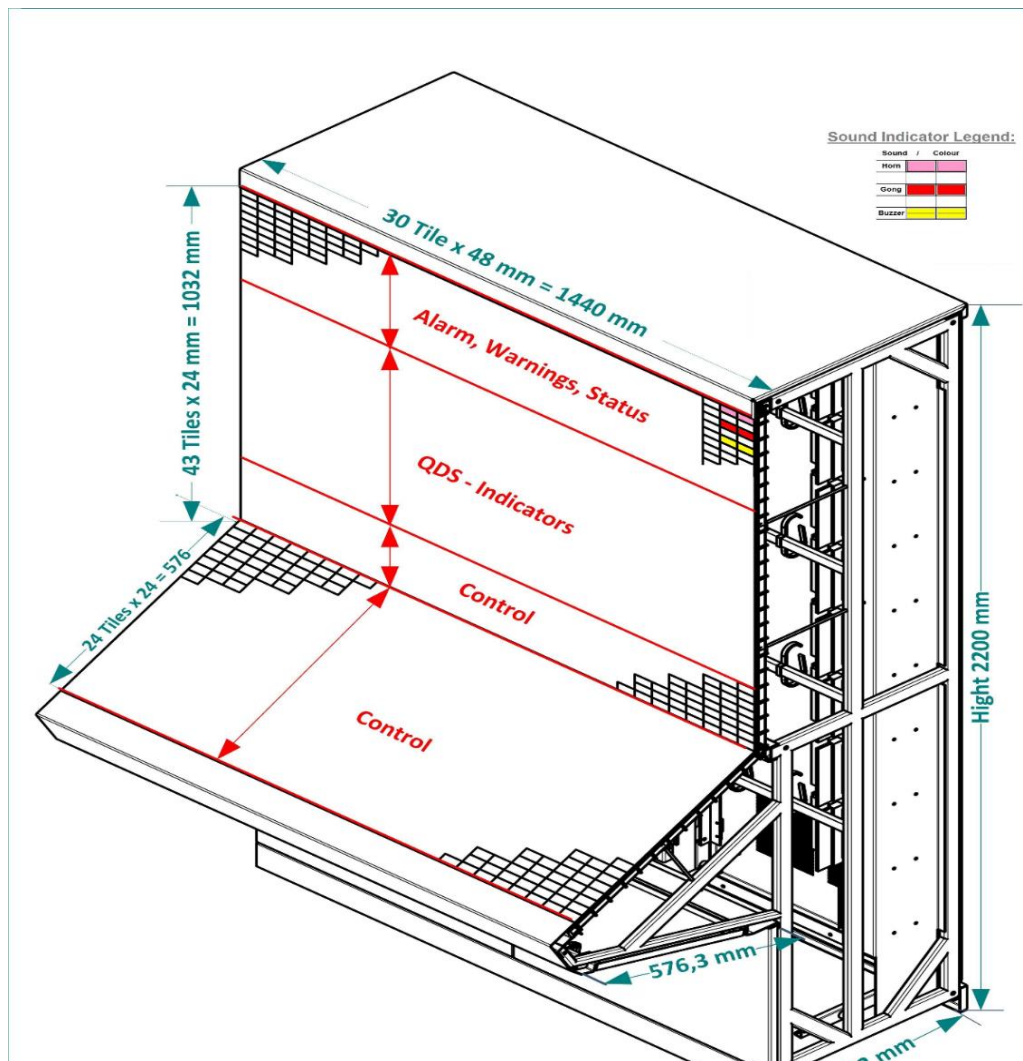


Kuva 4. MTS-verkkotopologia. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 23).

PICS-järjestelmä tulee suunnitelman mukaan MTS-arkkitehtuurissa sijaitsemaan PS-paneelin vieressä. Järjestelmälle on varattu 2-4 monitoria PICS:iä käyttävien operaattorien käyttöön näyttämään simuloituja toimilaitteita ja informaatiota. Tämän lisäksi järjestelmään kuuluu tulostin. Järjestelmä ei kykene laitoksesta poiketen tallentamaan dataa pitkäaikaiseen tarkkailuun. Huoneesta löytyy myös TXP Engineering Station-tietokone sekä TXS Service Unit-tietokone, joita käytetään järjestelmien muokkauksessa ja seurannassa. Engineering-tietokoneiden lisäksi huoneessa on huoltokäyttöön kannettavia tietokoneita.

Service Unit-tietokoneelta voidaan hyödyntää Diagnostic and Maintenance Server (DIMAS)-palvelinta. DIMAS kommunikoi eri TXS-järjestelmien kanssa, ja sille on luotu erilaisia sovelluksia, jotka voivat esittää esimerkiksi signaalien kulkemisen tai prosessorien tilan käyttäjän tarkasteltavaksi. Normaalisti DIMAS myös kirjaa tapahtumat lokiin käyttäjää varten. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 22.)

TXS- ja TXP-kaapeille lähtevät signaalit simuloidaan joko ERBUS:lla tai SIMIT:llä. Simulaattoreille harjoituksien parametrit sisältävä informaatio määritetään TXS-puolella Service Unit-tietokoneelta, TXP-puolella Engineering Station-tietokoneelta. Molemmille koneille on asennettu tarpeelliset ohjelmistot simulaattoreiden ohjaamiseksi. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 23.)



Kuva 5. PS-paneeli. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 23).

PS paneeli jäljittelee osaa SICS-järjestelmän toiminnoista. Paneeli on kytketty kovalan-
goitetusti, joten se vastaa OL3:en varajärjestelmää, ja se on toimintaperiaatteellisesti
laitoksella olevaa järjestelmää vastaava. Paneeliin tullaan asentamaan valopaneelit hä-
lytyksille, Qualified Display System-näyttö, analogiset mittarit sekä järjestelmän hallitse-
miseen tarvittavat näppäimet (kuva 5). (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 23.)

4 TXS KOULUTUSSUUNNITELMA

4.1 Suunnitelman sisältö

Organisaatiokohtaisen koulutussuunnitelmien sijaan TVO pyrkii tulevaisuudessa selvittämään koulutuksien tarpeellisuuden eri roolien perusteella, joka luo tarpeen roolien osaamisen ja osaamistarpeiden selvittämisestä. Koulutussuunnitelman tekeminen aloitettiin selvittämällä TXS-alustan kanssa työskentelevät roolit. Roolien keräyksen jälkeen luotiin haastattelupohja tavoiteltujen tietojen saamiseksi, jonka jälkeen eri roolien edustajia kutsuttiin haastateltaviksi.

Tavoitteena oli luoda haastatteluiden perusteella tarpeellinen materiaali koulutustarpeista ja nykyisestä osaamistasosta, jonka perusteella pyrittiin suunnittelemaan tulevien koulutusten pohjat. MTS-järjestelmä on tulossa TVO:lle uutena koulutuskeinona, joten sen taustoihin tutustumisen lisäksi oli tarpeellista määrittää sen hyödyntämismahdollisuudet eri rooleja koulutettaessa.

Lopullinen sisältö koulutukselle luodaan koulutuksen tavoitteen pohjalta, ja siihen vaikuttaa määritetty aihe, sen luonne ja kohderyhmä. Koulutuksien tulisi mahdollisuuksien mukaan tukea toisiaan kuitenkin välttämättä sisällön toistoa. Koulutuksen arviointi valitaan tason mukaisesti, jolloin myös sen kriteerit ja hyväksymisraja määritetään. Standardina TVO:lla pidetään 70 %:n hyväksymisrajaa. Koulutuksen luonteesta riippuen arviointi voidaan toteuttaa kokeilla, suorituksilla tai välitehtävillä. Yleensä asia sovitaan kouluttajan kanssa. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 13.)

4.2 Säteilyturvakeskus ja sen vaatimukset

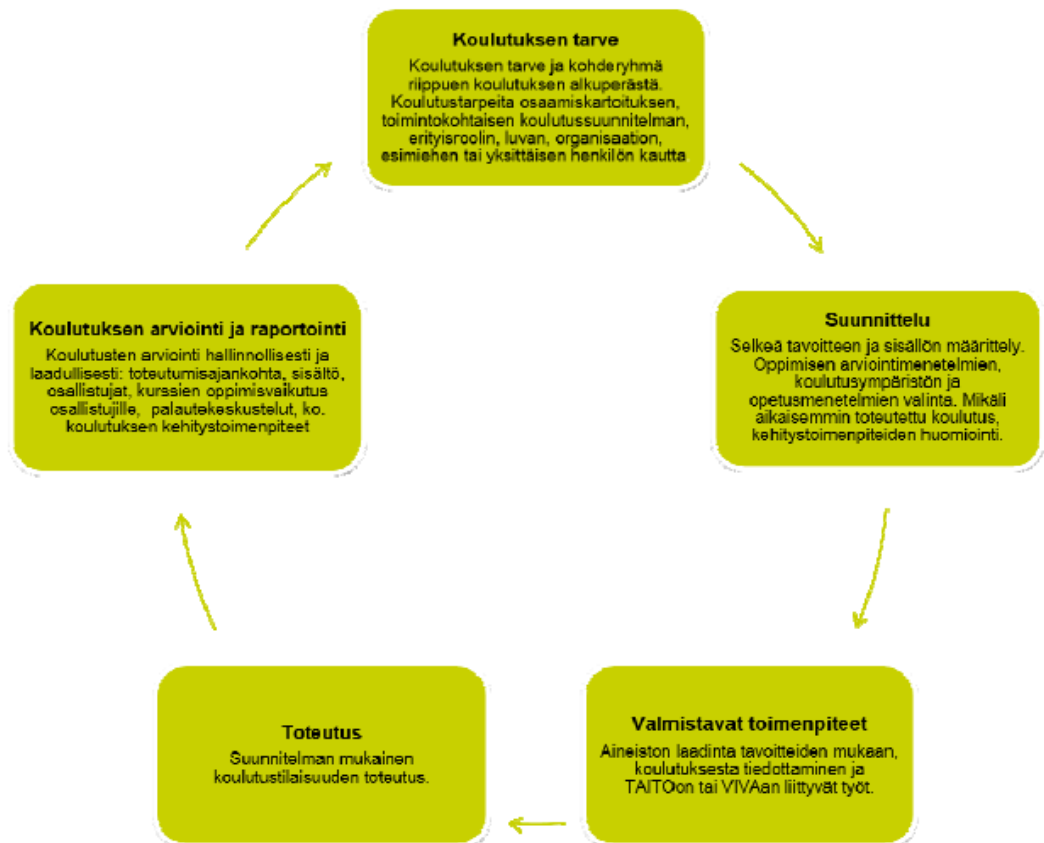
Suomessa ydinvoimaloiden turvallisuutta valvoo Säteilyturvakeskus (STUK), joka tekee valvontansa perustuen vuonna 1987 julkaistuun ydinenergialakiin. Ydinvoimaloiden lisäksi STUK toimii säteilyä valvovana viranomaisena myös muiden alojen, kuten terveydenhuollon, teollisuuden, koulutuksen ja tutkimuksen parissa. STUK suorittaa ympäristövaikutusta tarkkailua säteilyn esiintymisestä ympäristössä, ja valvoo erilaisten säteilylaitteiden säteilyturvallisuutta. Suomen lainsäädännön velvoitteiden lisäksi STUK noudattaa monia kansainvälisiä yleissopimuksia, ja on mukana monien kansainvälisten järjestöjen toiminnassa. (Säteilyturvakeskus 2017.)

STUK valvoo laitoksia suunnitteluvaiheesta lähtien, jonka lisäksi se suorittaa aktiivista valvontaa tarkastuksilla. Olkiluoto 3 – projektissa STUK suoritti tarkastelua esimerkiksi laitoksen käyttöönottotarkastuksien valmisteluun sekä käyttövaiheessa tarvittavien ohjeiden valmiuteen. Tarkastelun lisäksi STUK suoritti vuoden 2017 alkupuolella Tuotantoon valmistautuminen -osaprojektin, jonka tuloksena STUK korosti perehdytyksen ja esimiestyön tärkeyttä. Ydinturvallisuusohjeessa (YVL) todetaan, että ”Koulutukseen käytettävien tilojen on oltava riittävät, ja niiden on tuettava oppimista ja sovelluttava koulutettaviin aiheisiin. Koulutusmateriaalien ja -välineiden ja oltava koulutettavan aiheen kannalta tarkoituksenmukaisia ja ajantasaisia” (Säteilyturvakeskus Ydinturvallisuusohje A.4. 340/ 2014).

TVO:n tulee ennen laitoksen käynnistämistä kyetä osoittamaan, että sillä on edellytykset laitoksen turvalliseen käyttöön. Turvallisen käytön edellytyksiksi nähdään mm. koulutettu ja pätevä henkilöstö, asianmukaiset ohjeet ja selkeä kunnossapito-ohjelma. Käyttölupa laitokselle saadaan vasta, kun STUK on varmistunut hankkeen turvallisuudesta sekä TVO:n organisaation valmiudesta uuden laitoksen käyttöönottoon. (Säteilyturvakeskus 2015, 2018.)

4.3 TVO:n koulutuksien vaatimukset

TVO soveltaa koulutuksissaan Säteilyturvakeskuksen ja International Atomic Energy Agency (IAEA) periaatteita ja vaatimuksia. TVO:n koulutuksien suunnittelu alkaa määrittämällä koulutuksen tarve, tavoite ja kohderyhmä. Erityisesti tavoitteen määrittelyyn kiinnitetään huomiota, ja siitä pyritään tekemään mahdollisimman selkeä koulutuksen sisällön ohjaamiseksi.



Kuva 6. TVO:n koulutusten suunnittelu. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 13).

Organisaation sisäiset koulutukset on jaettu kolmeen eri luokkaan ja tasoon. Luokkia ovat peruskoulutus, joka antaa perustiedot työskentelystä ydinvoimalassa, kertauskoulutus, joka kerta ja täydentää tietoja, sekä täydennyskoulutus, joka tuo henkilölle uutta tietoa ja osaamista. Tason 1 koulutukset tähtäävät koulutettavien asioiden muistamiseen ja ymmärrykseen, tason 2 koulutukset tietojen soveltamiseen ja analysointiin, ja tason 3 koulutukset informaation kriittiseen arviointiin sekä uuden tiedon tuottamiseen (kuva 6).



Kuva 7. Henkilöiden koulutus TVO:lla. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 15).

Ydinlaitosten henkilöstöltä vaaditaan riittävää tietoa, taitoa ja teknistä ymmärrystä omien tehtäviensä turvalliseen hoitamiseen, ja koulutusympäristön tulee tukea koulutuksen tavoitteita. Taitojen opettelu käy parhaiten aidossa tai sitä vastaavassa työympäristössä, kun taas tietoja oppii parhaiten normaalista poikkeavasta ympäristössä (kuva 7). (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 15,13.)

4.4 Roolit

Koulutuksien rajauksen pitää olla tarkasti määritelty, jota korostettiin myös haastatte- luissa. TXS-puolen käyttäjiksi tunnistettiin useita eri rooleja, joille pyrittiin määrittämään tarvittava osaamistaso työnkuvan mukaan. Tunnistettuja rooleja olivat:

Järjestelmävastaavat ovat vastuussa järjestelmästä, sen teknisistä ratkaisuista, toiminnasta sekä kehityksestä, ja heidän osaamistasonsa laitoksen automaatiosta tulee olla

korkea, jolloin he kykenevät toimimaan vastuualueensa asiantuntijoina. Järjestelmävas-
taavat keskittyvät järjestelmien pitkän aikavälin käytettävyyteen, ja ovat usein vastuussa
kyseisen järjestelmän koulutuksesta muille henkilöille. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde
24.)

Laitevastaavat toimivat laitekokonaisuuksien asiantuntijoina. Heidän tulee tuntea laittei-
den ominaisuudet ja tekniset tiedot, joiden lisäksi laitteiden toimintakunnon seuraami-
nen, kunnossapitotoimenpiteet ja niiden valvonta sekä laitteiden kehitykseen osallistu-
minen ovat heidän vastuullaan. Laitevastaavaan vastuut keskittyvät yleensä lähiajan toi-
menpiteisiin ja toimivuuteen, joten esimerkiksi varaosat ovat heidän vastuullaan. Heillä
tulee olla laaja kuva laitteisiinsa liittyvistä järjestelmistä ja laitoksen yleisestä automaati-
osta. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 16.)

Pääinsinöörit työskentelevät laajasti eri TXS-järjestelmäkokonaisuuksien kanssa. He
myös ohjaavat sekä tarvittaessa tukevat järjestelmä- ja muutostyövastaavien projekteja.
Pääinsinöörin tuntemuksen laitteistosta tulee olla laaja, ja heidän pitää ymmärtää muu-
tossuunnittelun työkaluja osallistuakseen muutosprosesseihin.

Työnjohtajat osallistuvat päivittäiseen kunnossapitoon ja määräävät kunnossapitore-
surssien käytöstä, osallistuvat muutos- ja vuosihuoltosuunnitteluun sekä osallistuvat eri
työryhmien toimintaan, joten heidän osaamisvaatimuksensa on laaja skaala eri auto-
maatio- ja prosessijärjestelmiä ja laitteita, joiden lisäksi heillä tulee olla peruskäsitys
muutossuunnittelun työkaluista.

Kunnossapitoinsinöörin tehtävänä on vastata laitoksen yleisestä kunnossapidosta, jonka
takia heillä tulee olla hyvä yleiskuva laitoksen järjestelmistä ja laitteista. Laitteiston yleis-
kuvan lisäksi kunnossapitoinsinöörin tulee ymmärtää suunnittelun perusteet. Mahdolliset
laitevastuut lisäävät koulutusvaatimuksia.

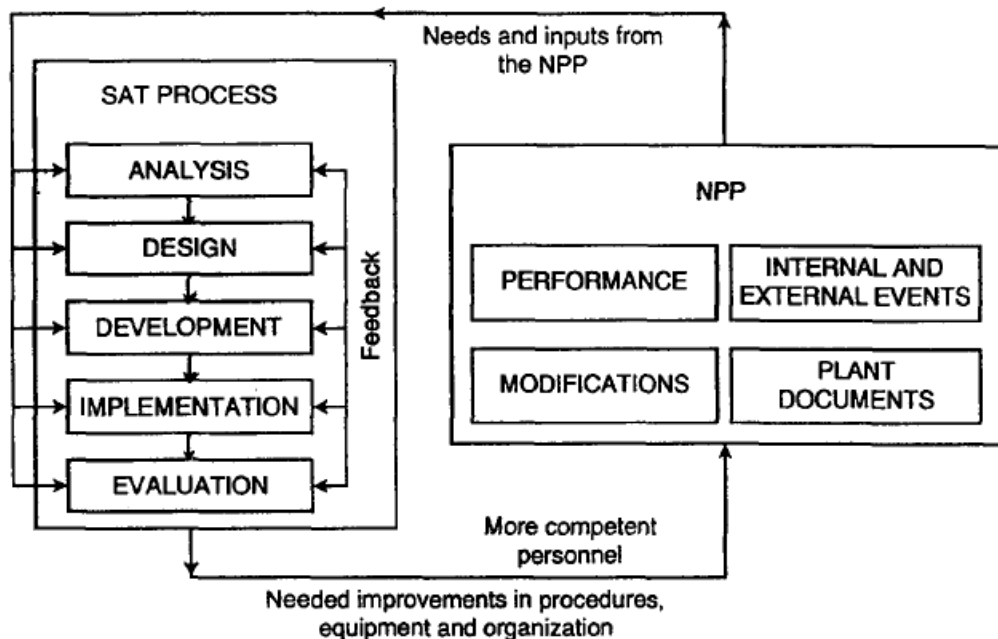
Muutossuunnittelijat vastaavat järjestelmien suunnittelu- ja muutostyömenpiteistä. Muu-
tossuunnittelijoiden tulee tuntea muokattava järjestelmä ja sen laitteisto, jonka lisäksi
heidän tulee hallita erillisiä ohjelmointityökaluja eri järjestelmistä tuotettavan dokumen-
taation tekemiseksi.

Työsuunnittelijat ovat vastuussa töiden määrittämisestä ja suunnittelusta, joten heillä tu-
lee olla laaja yleiskuva laitoksen automaatiolaitteista ja järjestelmistä. Tämän lisäksi
työsuunnittelijoilla voi olla erinäisiä laitevastuita, jotka lisäävät koulutusvaatimuksia.

Asentajat ovat vastuussa laitoksessa suoritettavasta aktiivisesta kunnossapidosta ja määräaikaikokeiden suorittamisesta. Asentajien pitää kyetä paikantamaan ja korjaamaan vikoja, jonka lisäksi heidän tulee tuntea laitoksessa käytettävä laitteisto ja osattava toimia sen kanssa.

4.5 Systematic Approach to Training

Koulutussuunnitelma tehtiin IAEA:n julkaiseman Systematic Approach to Training (SAT) -periaatetta mukaillen. TVO sekä muut ydinvoima-alan yritykset hyödyntävät usein periaatetta koulutuksiansa suunnittelussa. SAT koostuu viidestä eri vaiheesta: analyysivaiheesta, jossa osaamisen, töiden ja osaamisvaatimusten arvioidaan. Suunnitteluvaiheesta, jossa analyysia hyödynnetään koulutuksien, niiden tarvitsijoiden ja vaatimusten määrittelyssä. Kehitysvaiheesta, jossa luodaan tarvittava koulutusmateriaali ja metodit koulutuksien suorittamista varten. Implementointivaiheesta, jossa kehitetyt koulutukset suoritetaan käytännössä. Viimeisenä vaiheena on arviointivaihe, jossa koulutuksien vaikutuksia arvioidaan. Arvioinnin perusteella koulutuksia ja niiden toteutusmetodeja pyritään kehittämään. Opinnäytetyössä keskitytään ensimmäiseen kahteen vaiheeseen (kuva 8). (International Atomic Energy Agency 1996.)



Kuva 8. Systematic Approach to Training kuvana. (IAEA 1996).

4.6 Analyysi

Analyysivaihe toimii pohjana muille vaiheille. Analyysin tarkoituksena on kerätä tietoa työn suorittajista, heidän tämänhetkisestä osaamisestaan ja tehtävistään sekä tunnistaa osaamisvaatimukset eri rooleille. Osaaminen ja työn perusluonne TXS-käyttäjillä selvitetiin ennalta valmistellun haastatteluaineiston avulla. Haastattelut äänitettiin, ja äänityksistä luotiin paperille haastattelupohja. Haastatteluiden avulla työtehtävistä ja niiden vaatimuksista pyrittiin saamaan pätevä yleiskuva, jota kyettiin hyödyntämään suunnitteluvaiheessa.

Haastateltaviksi valittiin ihmisiä eri organisaatioista ja rooleista riittävän tietopohjan saamiseksi. Kaikki haastateltavat tekivät töitä automaation laitteiden ja järjestelmien kanssa. Haastatteluja pidettiin yhteensä kahdeksan kappaletta, ja niiden keskimääräinen kesto oli noin 25 minuuttia. Vain kaksi haastateltavista oli ollut TVO:lla töissä alle 2 vuotta, ja suurin osa haastateltavista oli työskennellyt OL3-projektissa jo pidempään. Haastatteluiden perusteella tehtiin kooste asioista, joita ihmiset painottivat tärkeiksi osaamisen kannalta. Koosteessa korostuneiden teemojen perusteella kyettiin hahmottamaan koulutuksen kannalta tärkeät seikat.

Haastateltavien järjestelmä- ja laitevastuut vaihtelivat suuresti, joka osaltaan luo tarpeen eritasoisten koulutuksien laatimisesta vaatimustarpeiden mukaisesti. Tehtäväkuvat laitoksella olivat jokaisella haastateltavalla muuttuneet laitoksen edistyessä, ja vasta laitostavastuun siirtyessä Arevalta TVO:lle pääsee esimerkiksi kunnossapito suorittamaan normaaleja tehtäviään täyspäiväisesti.

Haastatteluissa tuli selväksi, että OL3:n järjestelmäkoulutus on vajavaista, ja käytännössä kaikki haastateltavat korostivat laitoksen käyttöönoton aikana tullutta kokemusta osaamisensa pohjana. Arevan Teleperm XS:n kanssa työskentelevät ovat saaneet yleiskoulutuksen Arevalta TXS:n peruseriaatteista, mutta järjestelmäkohtaisia koulutuksia ei ole pidetty, joten OL3 spesifistä osaamista ei koulutuksista ole saatu.

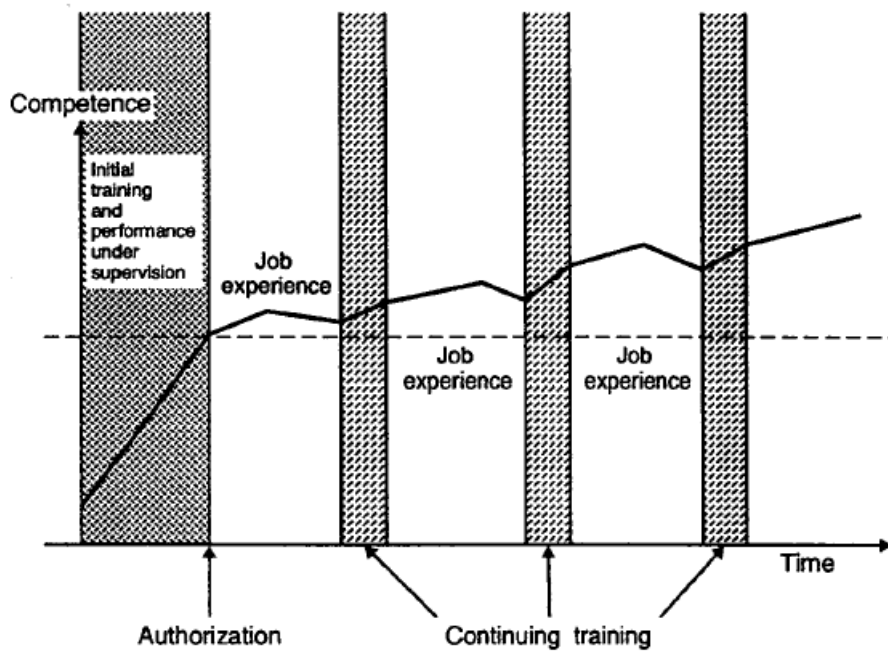
MTS-arkkitehtuuri nähtiin hyvänä lisänä teoriapuolen tukemiseen, mutta monet haastateltavat korostivat sillä suoritettavien harjoitusten olevan erittäin roolikohtaisia, ja niiden

suorittamiseen tulisi olla hyvät perusteet. Roolikohtaisuuden lisäksi myös koulutuksien osaamisvaatimukset voivat vaihdella suuresti, ja esimerkiksi asentajille ei ole tarvetta antaa suunnittelutason koulutusta järjestelmien muokkaamisesta. Arkkitehtuurin hyödyntämisessä korostettiin nimenomaan ohjelmistotason osaamista, eikä käytännön harjoittelua vaikkapa I/O korttien vaihdosta korostettu kovinkaan paljoa asentajien aiemman osaamisen takia. Toisaalta esimerkiksi nimenomaan korttien vaihto nähtiin hyvänä harjoituskohteena kertaluontoisessa harjoitteessa, jonka avulla voitaisiin antaa yleispätevyys vastaaviin töihin.

Käytännön normaalitehtävien harjoittelun sijasta lähes kaikissa haastatteluissa tärkeäksi nähtiin poikkeavien tehtävien, kuten ohjelmistomuutosten ja vianhaun, suorittaminen laitosta vastaavassa ohjelmisto-ympäristössä, ja mahdollisesti käytännön tehtävien sitominen näihin kursseihin ns. koulutuspaketteina. Moni haastateltava korosti määräaikaistestien harjoittelun tärkeyttä, johon MTS-arkkitehtuuri olisi optimaalinen ympäristö ennen laitoksella suorittamista.

4.7 Suunnittelu

Suunnitteluvaiheen tarkoituksena on haastatteluista kerättyjen tietojen perusteella tunnistaa eri ryhmien osaamistarpeet, ja luoda niiden perusteella ryhmille tarvittavia koulutus- ja arviointimetoja määritettyjen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tämän lisäksi koulutuksien vaatimukset eri ryhmille määritellään: osa koulutuksista on peruskoulutuksia, osa jatko- ja kertauskoulutuksia. Tavoitteisiin pääsemisen arvioinnin tapa on osa SAT:in suunnitteluvaihetta, ja se voidaan suorittaa eri keinoin, kuten palautteella tai testisuorituksilla. Standardina voidaan pitää tasoa, joka tekijän pitää saavuttaa suorituksen hyväksymiseksi (kuva 9).



Kuva 9. Koulutuksen vaikutukset. (IAEA 1996).

Suunnitteluvaiheeseen kuuluu myös harjoitusympäristön valinta, joka on tässä tapauksessa MTS-arkkitehtuuri tai koulutustila. Tarpeiden mukaan koulutuksia pitää hankkia myös ulkopuolisilta tahoilta riittävän osaamisen saamiseksi esimerkiksi tuleville koulutajille. Harjoitusympäristössä toimimisen tulee vastata mahdollisimman hyvin aitoa tilannetta, ja koulutuksien suunnittelussa tulee ottaa huomioon käyvällä laitoksella tapahtuvan toiminnan aiheuttamat muuttujat, kuten järjestelmien eri tilat ja käytettävät työkalut. (IAEA 1996.)

4.8 Koulutukset

Haastatteluiden ja pidettyjen kurssien tutkimisen perusteella tunnistettiin koulutettavien tarpeet, joiden perusteelta luotiin tarvittavien kurssien pohja. Kurseille pyrittiin määrittämään yleisellä tasolla sisältö, koulutusmuoto ja tavoitteet osallistujille. Koulutuksissa olevat tarvisijat ovat valittu siten, että määritetyille tarveryhmillä koulutus olisi välttämätön.

OL3 Automaatio Peruskoulutus, Taso 1	
Tarvitsijat	Kaikille automaation kanssa tekemisissä oleville
Vaatimukset	-
Sisältö	<ul style="list-style-type: none"> - Automaatioarkkitehtuuri yleisesti - TXP-järjestelmät - TXS-järjestelmät - Sydäninstrumentointi - PICS - SICS - Järjestelmien peruskomponentit
Tavoitteina	Koulutustavoitteena on laitoskohtainen automaation peruskoulutus, jossa käytäisiin läpi OL3:en automaatiojärjestelmien ja niiden komponenttien perusteet läpi sekä teoriassa, että mahdollisuuksien mukaan MTS-arkkitehtuurissa. Kurssin tulisi antaa pätevän peruskuvan sekä TXP-, että TXS-järjestelmäalustoista, niissä toimivista järjestelmistä ja yleisimmistä laitekomponenteista.
Koulutustapa	Teoriapohjainen koulutus opetustilassa, järjestelmiä mahdollista esitellä MTS-arkkitehtuurissa.
Arviointi	Ei tarvetta kokeelle. Palaute koulutukseen osallistujilta, vaikutuksen arviointi sen perusteella.

Taulukko 3. OL3 Automaatio -peruskoulutus.

TXS-syventävä Täydennyskoulutus, Taso 2	
Tarvitsijat	Järjestelmävastaavat, laitevastaavat, työnjohtajat, pääinsinöörit, kunnossapitoinsinöörit, muutossuunnittelijat
Vaatimukset	OL3 Automaatio
Sisältö	<ul style="list-style-type: none"> – TXS-järjestelmät – Rajapinnat muihin järjestelmiin – TXS-komponentit – SPACE-perusteet – Suunnittelutyökalujen perusteet – DIMAS – FDE
Tavoitteina	Kurssin tavoitteena tulisi olla käyttäjän tietotaidon syventäminen järjestelmissä käytettävistä komponenteista ja niiden funktioista, järjestelmien toiminnoista ja niissä käytettävistä ohjelmistotyökaluista. Tämän lisäksi käyttäjän tulisi hallita alustan suunnittelu- ja vianhakutyökalujen perusteet.
Koulutustapa	Teoriapohjainen koulutus opetustilassa, järjestelmiä mahdollista demonstroida MTS-arkkitehtuurissa.
Arviointi	Teoriakoe. Palaute koulutukseen osallistujilta, vaikutuksen arviointi sen perusteella.

Taulukko 4. TXS-syventävä -täydennyskoulutus.

Vianhaku ja diagnostiikka OL3-automaatiojärjestelmissä Täydennyskoulutus, Taso 1	
Tarvitsijat	Asentajat, järjestelmävastaavat, laitevastaavat, työnjohtajat, kunnossapitoinsinöörit, työsuunnittelijat
Vaatimukset	OL3 Automaatio
Sisältö	<ul style="list-style-type: none"> – TXS- ja TXP diagnostiikka – Vianhaku järjestelmistä – Asennukset järjestelmiin – Käytännön harjoitukset vianhausta – Käytännön harjoitukset vian korjaamisesta – Käytännön harjoitukset ohjelmistojen muutoksista ja asennuksista – Käytännön harjoitukset parametrien hallinnasta
Tavoitteina	Tavoitteena tulisi olla antaa riittävä tietotaito diagnostiikkatyökalujen käyttöön ja hyödyntämiseen, parametrien muuttamiseen ja valvontaan, ongelmien tunnistamiseen, paikantamiseen ja korjaamiseen sekä ohjelmistojen asentamiseen ja päivitykseen.
Koulutustapa	Kurssi olisi hyvä toteuttaa MTS-arkkitehtuurissa teoriapohjustamisen jälkeen, ja esimerkiksi vianhausta tai ohjelmistopäivityksistä voitaisiin tehdä pätevä koulutuspaketti käytännön suorituksia hyödyntäen, jolloin myös moduulien vaihtoa voitaisiin harjoitella.
Arviointi	Ei tarvetta kokeelle, mahdollinen käytännön suoritus. Palaute koulutukseen osallistujilta, vaikutuksen arviointi sen perusteella.

Taulukko 5. Vianhaku ja diagnostiikka OL3-automaatiojärjestelmissä -täydennyskoulutus.

Muutosuunnittelun ohjelmistot Täydennyskoulutus, Taso 1	
Tarvitsijat	Muutosuunnittelu
Vaatimukset	OL3 Automaatio, TXS-syventävä
Sisältö	<ul style="list-style-type: none"> – TXS-suunnitteluohjelmistot – QDS-suunnitteluohjelmistot – Modbus-suunnitteluohjelmistot – HBS-suunnitteluohjelmistot – SPACE-suunnitteluohjelmistot – LabVIEW-suunnitteluohjelmistot – WAGO-suunnitteluohjelmistot – SikonTool-suunnitteluohjelmistot – Mahdolliset muut suunnitteluohjelmistot
Tavoitteina	Muutosuunnittelu tulee tulevaisuudessa tarvitsemaan TXS-alustaa varten erilaisia ohjelmointi- ja kaavio-työkaluja, joita järjestelmän muut käyttäjät eivät välttämättä tarvitse. Koulutuksessa keskityttäisiin ohjelmistojen käyttöön, ja luotaisiin tarvittava osaaminen erityisesti muutosuunnittelijoille ja vastaavia ohjelmistoja hyödyntäville.
Koulutustapa	Teoriapohjustus, asioiden läpikäynti ja harjoittelu käytännössä tietokonehuokassa. Ohjelmiston suuren määrän takia tulee tarve jakaa pienempi koulutuspaketteihin tarpeiden mukaan.
Arviointi	Ei tarvetta kokeelle. Harjoitusten / jälkitehtävien hyödyntäminen. Palaute koulutukseen osallistujilta, vaikutuksen arviointi sen perusteella.

Taulukko 6. Muutosuunnittelun ohjelmistot -täydennyskoulutus.

Python-perusteet Täydennyskoulutus, Taso 1	
Tarvitsijat	Järjestelmävastaavat, laitevastaavat, pääinsinöörit, kunnossapitoinsinöörit, muutos-suunnittelijat
Vaatimukset	OL3 Automaatio
Sisältö	<ul style="list-style-type: none"> – Python-ohjelmointikieli – Python skriptat – Vikatilanteet – Käytännön harjoitukset ohjelmointikielen käytöstä – Käytännön harjoitukset skriptojen tekemisestä
Tavoitteina	Python-ohjelmointi on osa TXS-alustaa, ja sen osaaminen on tärkeää järjestelmästä, laitteistosta tai muutoksista vastaaville. Koulutuksen tulisi antaa pohja Python-ohjelmointikielen ymmärtämiseen ja käyttöön
Koulutustapa	Teoriapohjustus, asioiden läpikäynti ja harjoittelu käytännössä tietokonehuokassa.
Arviointi	Ei tarvetta kokeelle. Harjoitusten / jälkitehtävien hyödyntäminen. Palaute koulutukseen osallistujilta, vaikutuksen arviointi sen perusteella.

Taulukko 7. Python-perusteet -täydennyskoulutus.

Määräaikaiskokeet Täydennyskoulutus, Taso 1	
Tarvitsijat	Asentajat, työnohtajat, kunnossapitoinsinöörit, laitevastaavat
Vaatimukset	OL3 Automaatio, Vianhaku ja diagnostiikka OL3-automaatiojärjestelmissä
Sisältö	<ul style="list-style-type: none"> – Määräaikaiskokeiden ohjelmistot – Määräaikaiskokeiden laitteisto – Käytännön harjoitukset ohjelmiston käytöstä – Käytännön harjoitukset laitteiston käytöstä – Vikatilanteet
Tavoitteina	Määräaikaiskokeita on laitoksella paljon, eikä niitä jokaista voida harjoitella MTS-arkkitehtuurissa etukäteen. Kokeista tulisi koostaa yleispaketti, jossa käytäisiin läpi testejä eri laitteistoilla ja ohjelmilla, jolloin testien suorittajille tulisi hyvä pohja laitoksella tehtävästä työstä. Arkkitehtuurissa kyettäisiin harjoittelemaan ennakkoon ohjelmistojen ja laitteiden toimivuutta todellisuutta vastaavalla laitteistolla, jolloin mahdollisiin epäkohtiin kyettäisiin reagoimaan ennakkoon.
Koulutustapa	Teoriapohjustus, määräaikaiskokeitten suorittamista tulisi kouluttaa käytännön harjoittein MTS-arkkitehtuurissa.
Arviointi	Ei tarvetta kokeelle, mahdollinen käytännön suoritus. Palaute koulutukseen osallisuilta, vaikutuksen arviointi sen perusteella.

Taulukko 8. Määräaikaiskokeet -täydennyskoulutus.

DIMAS & TXS-admin koulutus Täydennyskoulutus, Taso 2	
Tarvitsijat	Järjestelmävastaavat, kunnossapidosta määritetyt henkilöt, automaatioimistosta määritetyt henkilöt
Vaatimukset	OL3 Automaatio, TXS-syventävä, Python-perusteet
Sisältö	<ul style="list-style-type: none"> – Linux käyttöjärjestelmä – Ohjelmien hallinnointi – Ohjelmien asennukset – Service Unit – DIMAS-administroidi – Käytännön harjoitukset ohjelmien käytöstä
Tavoitteina	Kurssin jälkeen käyttäjien tulisi kyetä hallinnoimaan TXS-alustan Service Unitia, sen ohjelmistoa ja hallinnoimaan käyttäjäpohjaa. Tämän lisäksi käyttäjä hallinnoisi DIMAS:in käyttäjiä, kykenisi parametrien hallintaan sekä pystyisi hyödyntämään erilaisia skriptoja.
Koulutustapa	Teoriapohjainen koulutus koulutustiloissa, asioiden läpikäynti ja harjoittelu käytännössä.
Arviointi	Teoriakoe. Palaute koulutukseen osallistujilta, vaikutuksen arviointi sen perusteella.

Taulukko 9. DIMAS & TXS-admin -täydennyskoulutus.

4.9 Harjoitustyöt

Opinnäytetyöhön päätettiin lopuksi lisätä esimerkkejä tulevien koulutuksien mahdollisista harjoitustöistä. MTS-arkkitehtuurin keskeneräisyyden takia suoritettavia harjoitustöitä ei kyetty testaamaan käytännössä, ja niiden toteuttaminen on suunniteltu pitkälti saadun koulutuksen ja tehdyn tutkimuksen pohjalta.

Moduulin vaihto

Ensimmäiseksi harjoitustyöksi valittiin TXS-moduulin vaihtaminen MTS-arkkitehtuurissa. Tehtävässä hyödynnetään eri järjestelmiä varten laadittuja huoltomanuaaleja, joiden perusteella voidaan valita tarvittavat toimenpiteet. Moduulien tyyppillä on merkitystä vaihdon aikaan, sillä tiettyjä I/O kortteja kytetään ns. "hot swap"-menetelmällä vaihtamaan jännitteisinä. Mikäli moduuli ei ole määritelty jännitteisenä vaihdettavaksi, on tilanteesta riippuen laitteesta tai koko kaapista kytkettävä virrat pois. Ennen uuden moduulin vaihtamista paikalleen on varmistettava, että uuden laitteen kytkimet/parametrit ovat samat kuin aiemmassa. Joidenkin komponenttien parametrisointi onnistuu vasta asennuksen jälkeen virtojen ollessa kytkettynä. Asennuksen ja moduulin toimivuuden tarkastuksen jälkeen voidaan kuitata vioittuneen moduulin sekä avatun oven aiheuttamat hälytykset ja jatkaa normaalia toimintaa. Mikäli kaappi oli tarve sammuttaa, suoritetaan normaalit käynnistystoimenpiteet, jonka jälkeen kuitataan syntyneet hälytykset ja varmistetaan uuden moduulin toimivuus.

Verkkokaavion luominen

Toiseksi esimerkiksi valittiin verkkokaavion laatiminen Function diagram editor (FDE)-ohjelmalla. Harjoituksessa käyttäjän tulisi laatia toimiva verkkokaavio, josta löytyvät tarvittavat komponentit ja yhteydet niiden välillä. Käyttäjän tulisi päättää ja määrittää eri moduulit sekä niille tarvittavat tiedot kuten sijainti, numerointi, lähtevät ja tulevat signaalit. Lähtökohtana harjoituksessa tulisi olla määriteltynä tarvittavat toiminnot ja kaapit, joiden perusteelta käyttäjä tekisi työnsä. Esimerkkitapaukseksi voitaisiin määrittellä kolmen analogisignaalin vastaanotto ja käsittely APU:ssa, jonka jälkeen lähetys ALU:lle, toiminnosta 2/3 äänestys master/slave periaatteella ja tuloksen mukainen digitaalinen lähtö toimilaitteelle. Lisävaateeksi voitaisiin määrittellä esimerkiksi signaalit sekä APU- että ALU-yksiköistä MSI-kaapille. Harjoitusta voi laajentaa tarvittaessa esimerkiksi lisäämällä tiedonvaihtoa MSI-kaapilta eteenpäin.

Vian etsintä ja korjaus

Kolmanneksi esimerkiksi valittiin vian diagnosointi ja korjaaminen simuloimalla vika MTS-arkkitehtuurissa. Vika voidaan simuloida eri laitteisiin, joka luo tarvittavaa vaihtelua harjoituksiin. Vian etsiminen toteutetaan Service Unit-tietokoneelta käyttämällä DIMAS:in tarjoamia sovelluksia. TXSStatus-ohjelma näyttää prosessorien tilat. Simuloidun vian parempi tarkastelu voidaan toteuttaa fdview-sovelluksessa, jossa pystytään seuraamaan signaalien polkuja ja toteamaan viallisen moduulin sijainti. Tämän lisäksi voidaan hyödyntää EventLog-sovellusta, joka näyttää järjestelmän tärkeitä ja poikkeuksellisia tapahtumia. Vian paikallistamisen jälkeen voidaan edetä normaalien huoltotoimenpiteiden mukaan, joihin tässä tapauksessa kuuluu vikaa näyttävälle kaapille meneminen ja vikojen poissulkeminen huolto-ohjeiden mukaisesti. (Teollisuuden Voima Oyj. Lähde 20.)

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda koulutussuunnitelma TXS-alustan käyttäjäkunnalle roolikohtaisesti. Samassa pyrittiin huomioimaan valmistuva MTS-arkkitehtuuri ja ottamaan huomioon sen mahdollistamat koulutukset. Koulutussuunnitelman aihealue edellytti laitoksen automaatioarkkitehtuuriin tutustumista ja järjestelmien tuntemista. MTS-arkkitehtuurin tutustumista helpotti osaltaan sen perustuminen rakentuvan laitoksen automaatiolle, jolloin järjestelmiä ja laitekantaa kykeni opettelemaan TVO:n sisäisestä tietokannasta teoriassa sekä käytännössä MTS-arkkitehtuurin käyttöönottoon osallistuksessa.

Työn aloittaminen vaati paljon taustatutkimusta OL3-järjestelmistä ja MTS-arkkitehtuurista, joista ei juuri aiempaa kokemusta ollut. Järjestelmiin tutustumisen jälkeen piti tunnistaa niiden kanssa tekemisissä olevat roolit ja määrittää niille koulutukset. Roolien määrittelyssä sain tukea pitkään projektissa olleilta työntekijöiltä. Roolikohtaisten koulutuksien määrittämiseksi oli tarve tutustua TVO:n sisäisiin ohjeistuksiin koulutuksien laatimisesta. Sisäisten ohjeiden lisäksi oli tarve tutustua Säteilyturvakeskuksen ja IAEA:n asettamiin vaatimuksiin ja ohjeisiin, joista erityisesti SATia hyödynnetään opinnäytetyössä laajasti. Haastatteluiden aikana saatiin hyvä kuva eri työrooleista ja niissä tarvittavasta osaamisesta sekä palautetta MTS-arkkitehtuurin hyödyntämismahdollisuuksista. Nämä otettiin huomioon eri koulutus pohjia luodessa.

Mielestäni opinnäytetyön tavoitteisiin päästiin hyvin. Koulutussuunnitelmassa otettiin huomioon TVO:n toivomus roolikohtaisista koulutuksista, ja pohjissa pyrittiin huomioimaan haastatteluiden perusteella ilmi tulleet tarpeet osaamisesta. Myös uuden MTS-arkkitehtuurin tarkastelu on tehty hyvin, ja sen luomia mahdollisuuksia tulevaisuuden koulutuksissa on pyritty hyödyntämään koulutuksia suunnitellessa. Jatkossa on tarve määrittää koulutuksien tarkka toteutus, ja uskon, että kehitetyt pohjat toimivat hyvinä esimerkkeinä koulutuksien materiaalin laatimisessa.

LÄHTEET

International Atomic Energy Agency 1996. Nuclear Power Plant Personnel Training and its Evaluation. Viitattu 27.2.2018. <https://www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/5714/Nuclear-Power-Plant-Personnel-Training-and-its-Evaluation>

Säteilyturvakeskus 2014. Ydinlaitoksen organisaatio ja henkilöstö, Ydinturvallisuusohje A.4, 340. Annettu Helsingissä 2.6.2014. Viitattu 22.2.2018. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLA-4>

Säteilyturvakeskus 2015. Organisaation toiminnan valvonta. Viitattu 21.2.2018. <http://www.stuk.fi/stuk-valvoo/ydinturvallisuus/stukin-ydinturvallisuusvalvonnan-tehtavat/organisaation-toiminnan-valvonta>

Säteilyturvakeskus 2015. STUKin ydinturvallisuusvalvonnan tehtävät. Viitattu 21.2.2018. <http://www.stuk.fi/stuk-valvoo/ydinturvallisuus/stukin-ydinturvallisuusvalvonnan-tehtavat>

Säteilyturvakeskus 2015. Ydinturvallisuus. Viitattu 21.2.2018. <http://www.stuk.fi/stuk-valvoo/ydinturvallisuus>

Säteilyturvakeskus 2017, STUKin tehtävä on valvoa säteilyturvallisuutta Suomessa. Viitattu 19.4.2018. <http://www.stuk.fi/tietoa-stukista/stukin-tehtava-on-valvoa-sateilyturvallisuutta-suomessa>

Säteilyturvakeskus 2018. Olkiluoto 3. Viitattu 21.2.2018. http://www.stuk.fi/stuk-valvoo/ydinturvallisuus/stukin-kolmannesvuosiraportointi/rakentamisen_aikainen_valvonta

Teollisuuden Voima Oyj 2017. Teollisuuden Voima Oy:n osavuosikatsaus 1.1.–30.9.2017. Viitattu 13.2.2018 <https://www.tvo.fi/news/1927>

Teollisuuden Voima Oyj 2018a. Muu tuotanto. Viitattu 13.2.2018. <https://www.tvo.fi/muutuotanto>

Teollisuuden Voima Oyj 2018b. Olkiluoto 3. Viitattu 13.2.2018. <https://www.tvo.fi/OL3>

Teollisuuden Voima Oyj 2018c. Talous ja rahoitus. Viitattu 13.2.2018. <https://www.tvo.fi/talousrahoitus>

Teollisuuden Voima Oyj 2018d. TVO-konserni. Viitattu 13.2.2018 <https://www.tvo.fi/tvokonserni>

Teollisuuden Voima Oyj. Sisäisen koulutuksen suunnittelu, toteutus, seuranta ja arviointi. Sisäinen materiaali. 13

Teollisuuden Voima Oyj. Description of the I&C System PICS. Sisäinen materiaali. 14

Teollisuuden Voima Oyj. sisäinen materiaali. Henkilöstön kehittämisen ja koulutustoiminnan suuntaviivat. Sisäinen materiaali. 15

Teollisuuden Voima Oyj. sisäinen materiaali. Laitevastuun sisältö. Sisäinen materiaali. 16

Teollisuuden Voima Oyj. sisäinen materiaali. OL1 ja OL2 Laitostuntemuksen perusteet. Sisäinen materiaali. 17

Teollisuuden Voima Oyj. OL3 Laitostuntemuksen jatkokurssi, OL3 automaatiojärjestelmät. Sisäinen materiaali. 18

Teollisuuden Voima Oyj. OL3 laitostuntemuksen perusteet. Sisäinen materiaali. 19

Teollisuuden Voima Oyj. Protection System - Equipment Operation and Maintenance Manual. Sisäinen materiaali. 20

Teollisuuden Voima Oyj. Protection System System Description. Sisäinen materiaali. 21

Teollisuuden Voima Oyj. Service Unit & DIMAS introduction. Sisäinen materiaali. 22

Teollisuuden Voima Oyj. System Description for Maintenance Training System. Sisäinen materiaali. 23

Teollisuuden Voima Oyj. Tekniikka-, Järjestelmä- ja Laitostoimintovastaavien toimintaohje. Sisäinen materiaali. 24

Teollisuuden Voima Oyj. Teleperm XS System architecture. Sisäinen materiaali. 25

Teollisuuden Voima Oyj. Teleperm XS System data. Sisäinen materiaali. 26

Haastattelupohja

Haastattelu nro

Nimi

Päivämäärä

1. Kerro itsestäsi lyhyesti
2. Organisaatio ja rooli
3. Onko vastuussa jostain järjestelmästä tai laitteistosta?
4. Mistä normaalit käytännön työtehtävät pääasiassa koostuvat?
5. Muuttavatko työtehtävät laitoksen käynnistyessä?
6. Järjestelmät, joiden kanssa olet tekemisissä normaalisti?
7. Ovatko OL3:n järjestelmät tulleet kaikki uutena asiana?
8. Jos pitää suorittaa joku tehtävä mistä ei ole aiempaa kokemusta, mistä haet tietoa ensimmäisenä?
9. Tulisiko suorituksen demonstroidin käytännössä olla vaatimus ennen laitoksella suoritettavaa työtä?

10. Minkälaiset asiat olisivat mielestäsi hyviä harjoiteltavaksi käytännön harjoitteluna?

11. Onko tämänhetkinen teoriakoulutus järjestelmistä riittävä?

12. Muuta