

Teemu Hietanen

LAITOSDATAN VERIFIOINNIN TULOSTEN KÄSITTELY JA  
HYÖDYNTÄMINEN

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma

2018

# LAITOSDATAN VERIFIOINNIN TULOSTEN KÄSITTELY JA HYÖDYNTÄMINEN

Hietanen, Teemu  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Huhtikuu 2018  
Sivumäärä: 43  
Liitteitä: 0

Asiasanat: verifiointi, laitostietokanta, järjestelmä, laitteisto

---

Tämän työn tavoitteena oli esittää ja analysoida Olkiluoto 3 – laitosesikön laitos-tietojen verifiointissa käyttöönotettua menetelmää sekä käsitellä menetelmän käytön kautta syntyneiden verifiointitulosten hyödyntämistä. Työn toimeksiantajana toimi Teollisuuden Voima Oyj.

Työssä käydään läpi yksityiskohtaisesti laitostietokannan verifiointityön vaiheet tiedon keräämisessä kentällä, tulosten käsittely dokumentaatioissa sekä esitetään tapoja hyödyntää saatuja verifiointituloksia laitostietokannan ylläpidossa.

Työhön kuului myös ohjeistuksen laatiminen laitoksella tehtävien tarkastuksien suorittamiseen sekä työn tulosten käsittelyyn. Ohjeistuksen laatimiseen käytettiin pohjana kesällä 2017 toteutettua verifiointin pilottihanketta sekä omakohtaisia kokemuksia työn suorittamisesta esitetyllä tavalla. Työssä on myös esitetty samaisessa pilottihankkeessa muovautuneita ja käytännöllisiksi todettuja toimintatapoja sekä huomioita työtehokkuuden ja saatujen tulosten luotettavuuden varmistamiseksi.

# PROCESSING AND UTILIZATION OF PLANT DATA VERIFICATION RESULTS

Hietanen, Teemu

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical and Automation Engineering

April 2018

Number of pages: 43

Appendices: 0

Keywords: verification, plant database, system, equipment

---

The purpose of this thesis was to present and analyze the new verification method applied in the Olkiluoto 3 – plant unit's plant database verification process, and to observe the verification results provided by the method. The study was executed as an assignment for Teollisuuden Voima Oyj.

This thesis reviews in detail the steps of plant database verification work in the field, documentation of results and ways to utilize the results in maintenance of the plant database.

The thesis includes creating instructions for the verification work conducted in the field and handling of the verification results. Pilot project conducted in the summer 2017, and firsthand experiences during the pilot, were used as a basis for the work instructions. Proven procedures and observations, which were molded during the pilot project, are presented regarding the ensuring of work efficiency and result reliability.

# SISÄLLYS

1	LYHENTEET JA SANASTO.....	6
2	JOHDANTO.....	7
3	YDINVOIMAN KÄYTTÖ SUOMESSA.....	8
3.1	Ydinvoiman tuotannon historiaa.....	8
3.2	Tämänhetkinen tilanne Suomessa.....	8
3.3	Viranomaisvalvonta .....	9
3.4	Teollisuuden Voima Oyj.....	9
3.5	Olkiluoto 3 .....	10
4	LAITOSTIETOKANTA .....	11
4.1	Yleistä .....	11
4.2	Laitostunnusjärjestelmä .....	12
4.2.1	KKS-koodauksen alkuperä.....	12
4.2.2	KKS-tunnuksen muodostuminen.....	13
4.3	KKS-tunnukset OL3 – laitoksella.....	15
4.4	Tiedot laitos-tietokannassa.....	16
4.5	Yksilö- ja eräseuranta .....	17
4.5.1	Laitteiden turvaluokat.....	17
4.6	Laitosdatan verifiointimenetelmät .....	17
4.6.1	Verifiointi valokuvaamalla.....	18
5	KENTTÄVERIFIOINNIN PROSESSI.....	19
5.1	Työn priorisointi ja ajankäyttö.....	19
5.2	Tavoitteet ja deadline .....	20
5.3	Verifiointityön aloitus .....	20
5.3.1	Laitepaikkatietojen tuonti .....	20
5.3.2	Poissuodatettavat laitepaikat .....	21
5.3.3	Verifioitavat laitepaikkaryhmät.....	22
5.4	Valokuvaus laitoksella .....	24
5.4.1	Kuvausjärjestyksen määrittäminen.....	24
5.4.2	Kuvattavien kohteiden määrä .....	25
5.4.3	Kuvattavien kohteiden sijainti.....	25
5.4.4	Huomioitavaa kohteiden valokuvauksessa.....	25
5.4.5	Kuvatun laitepaikan esimerkki .....	26
5.5	Kuvien käsittely ja hierarkia .....	29
5.5.1	Valokuvien käsittely OL3PhotoHandler-ohjelmalla .....	29
5.5.2	OL3PhotoHandlerin keskeiset toiminnot .....	30
5.5.3	Valokuvadokumenttien sijoitus .....	32

6	VERIFIOINTITULOSTEN KÄSITTELY .....	33
6.1	Tulosten käsittely .....	33
6.1.1	Tiedon keräys ja vertailu .....	33
6.1.2	Tulosten lajittelu .....	34
6.1.3	Värikoodien käyttö .....	35
6.2	Tulosten johtaminen.....	35
7	VERIFIOINTITULOSTEN HYÖDYNTÄMINEN .....	36
7.1	Hyödyntäminen laitostietokannassa.....	36
7.1.1	Hyödyntäminen yksilöseurannassa .....	36
7.2	Hyödyntäminen dokumentaatioissa .....	37
7.3	PI-kaaviot.....	37
7.3.1	Hyödyntäminen kaavioissa.....	37
7.4	Hyödyntäminen 3D-mallissa .....	38
8	HAASTEET JA POIKKEAMAT .....	39
8.1	Verifiointityön haasteet.....	39
8.1.1	Haasteet laitostyöskentelyssä .....	39
8.1.2	Työn suunnittelun haasteet .....	39
8.2	Poikkeamat.....	40
8.2.1	Poikkeamat laitostietokannassa .....	40
8.2.2	Poikkeamat kentällä.....	40
9	JATKOTOIMENPITEET .....	41
9.1	Laitostietokannan päivitys .....	41
9.2	Reklamaatiot .....	41
9.3	Verifiointityön jatkaminen.....	41
10	YHTEENVETO .....	42
	LÄHTEET.....	43
	LIITTEET	

## 1 LYHENTEET JA SANASTO

AKS	=	Tehtaan nimeämisjärjestelmä (Anlagenkennzeichnungssystem)
BWR	=	Kiehdutusvesireaktori (Boiling Water Reactor)
CFS	=	konsortio (Areva NP GmbH & NP SAS & Siemens SEF)
CFT	=	Kylmäkokeet (Cold Function Test)
DN	=	Nimellishalkaisija (Diameter Nominal)
EPR	=	Painevesireaktori (European Pressurized Water Reactor)
EYT	=	Ei ydinteknisesti luokiteltu
FH1	=	Hanhikivi 1 – laitousyksikkö
HFT	=	Kuumakokeet (Hot Function Test)
KKS	=	Laitostunnusjärjestelmä (Kraftwerk-Kennzeichensystem)
LATU	=	Teollisuuden Voima Oyj:n laitostietokanta
LO1	=	Loviisa 1 – laitousyksikkö
LO2	=	Loviisa 2 – laitousyksikkö
LP	=	Laitopaikka
NI	=	Reaktoripuoli (Nuclear Island)
OL1	=	Olkiluoto 1 – laitousyksikkö
OL2	=	Olkiluoto 2 – laitousyksikkö
OL3	=	Olkiluoto 3 – laitousyksikkö
PID	=	Putkitus- ja instrumentointikaavio
PN	=	Nimellispaine (Pressure Nominal)
PSS	=	OL3 Project Support System
PTW	=	Työlupa (Permit to Work)
STUK	=	Säteilyturvakeskus
TEM	=	Työ- ja elinkeinoministeriö
TI	=	Turbiinipuoli (Turbine Island)
TVO	=	Teollisuuden Voima Oyj

## 2 JOHDANTO

Olkiluodossa sijaitseva Teollisuuden Voima Oyj:n OL3-laitosyksikkö lähestyy käyttöönottovaihetta ja sen on määrä aloittaa säännöllinen sähköntuotanto toukokuussa 2019. Käyttöönottovaiheen yhteydessä TVO valmistautuu toimimaan laitosyksikön käyttöorganisaationa. Oleellinen osa laitosyksikön käyttöönoton, kunnossapidon ja kaupallisen tuotantokäytön kannalta on ydintietojärjestelmänä toimivan TVO:n laitostietokannan (LATU) sisältämän laitostiedon luotettavuus ja riittävä sisältö.

Tämän työn päätarkoituksena on analysoida ja esittää käyttöönotettu, kentällä valokuvaamalla suoritettava laitteiston laitostietojen varmennus sekä muodostaa ohjenuora kyseisen verifiointimetodin käyttöön. Työssä myös ilmeni mahdollisuus tehdä vertailua laitostoimittajan toimittamien tietojen ja dokumenttien tarkkuudesta sekä tiedon oikeellisuudesta.

Aiemman suoritettujen tutkimusten perusteella tunnistettiin erilaisia tapoja verifioida laitostietokannan tietoja. Tunnistetuista metodeista tarkaksi ja tehokkaaksi tavaksi verifioida laitostietokannan tiedon oikeellisuutta osoittautui verifiointityön suorittaminen kentällä laitepaikkoja valokuvaamalla. Tässä työssä esitetty metodi on vain yksi verifiointiprosessin osa laitostietojen kattavuuden ja luotettavuuden varmistamiseksi.

Laitoksen NI-puolella verifiointia varten tunnistettiin alustavasti noin 800 työn kohteeksi soveltuvaa huonetta, joissa verifiointiin sopivia laitepaikkoja arvioitiin olevan noin 37 000 kappaletta.

Ydinpolttoaineen lataus toimii osittain aikamääreenä kentällä tehtävälle osuudelle työstä. Latauksen jälkeen laitos muuttuu rakennustyömaasta ydintekniseksi laitokseksi, jolloin pääsy kaikkiin verifiointiin soveltuviin tiloihin ei ole säteilysuojelun kannalta mahdollista.

## 3 YDINVOIMAN KÄYTTÖ SUOMESSA

### 3.1 Ydinvoiman tuotannon historiaa

Ydinenergian tuotannollinen käyttö alkoi Suomessa vuonna 1977, kun Loviisassa sijaitseva LO1 – ydinvoimalaitosyksikkö kytkettiin verkkoon. Olkiluodossa ydinenergian kaupallinen tuotanto alkoi vuonna 1979 ensimmäisen ydinvoimalaitosyksikön (OL1) myötä. Ydinenergian käytön laajeneminen jatkui Loviisassa vuonna 1981, kun toinen yksikkö (LO2) aloitti kaupallisen tuotantonsa. Olkiluodon ensimmäinen laitos sai seurakseen toisen laitosisyksikön (OL2) vuonna 1982.

### 3.2 Tämänhetkinen tilanne Suomessa

Tällä hetkellä kaupallinen tuotanto on käynnissä neljässä ydinvoimalaitosyksikössä. Kaksi yksikköä sijaitsevat Eurajoella Olkiluodossa, Teollisuuden Voima Oyj:n laitokset OL1 ja OL2. Toiset kaksi yksikköä sijaitsevat Loviisan Hästholmenissa, Fortum Oyj:n laitokset LO1 ja LO2.

Toiminnassa olevien laitosten yhteenlaskettu nettosähköteho oli vuonna 2016 noin 2764 megawattia (MW). Laitosten tuotetun sähköenergian yhteenlaskettu määrä samana vuonna oli noin 22,68 TWh, mikä kattaa hieman alle 30 prosentin osuuden kyseisen vuoden sähkönkulutuksesta Suomessa. (Energiateollisuus, 2016)

Ydinenergian kaupallinen käyttö on tällä hetkellä kasvussa. Rakenteilla olevia laitoksia löytyy Olkiluodosta käyttööntöväihettä lähestyvä Teollisuuden Voima Oyj:n OL3-laitosisyksikkö sekä Pohjois-Pohjanmaan Pyhäjoelle vuonna 2024 valmistuvaksi kaavailtu Fennovoima Oyj:n FH1-laitosisyksikkö. Valtioneuvosto ei Hanhikivi 1 – hankkeelle ole vielä myöntänyt ydinvoimalaitoksen rakentamisen edellyttävää rakentamislupaa. Työt kuitenkin työmaalla ovat alkaneet jo vuonna 2015 mittavien maanrakennus- ja infrastruktuuritöiden sekä tukirakennuksien pystyttämisen merkeissä. Fennovoima odottaa valtioneuvoston myöntävän laitoksen rakentamisluvan vuoden 2019 aikana. (Fennovoima, 2017)



OL3-laitosyksikön nimellinen sähköteho on noin 1600 MW ja FH1-laitosyksikön noin 1200 MW. Tulevina vuosina Suomen ydinsähkön osuus sähkön kokonaistuotannossa Suomessa tulee siis kasvamaan. Samalla sähkön kokonaistuotanto kasvaa kohti oma-varaisuutta ja tarve ulkomailta tuodulle sähkölle pienenee.

### 3.3 Viranomaisvalvonta

Ydinenergian tuotantoa ja käyttöä valvovat työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) sekä Säteilyturvakeskus (STUK). Työ- ja elinkeinoministeriön vastuualueeseen kuuluu toimiminen ydinenergia-alan ylimpänä johtona, lupapäätökset, esitykset lainsäädännön kehittämiseksi, ydinjätehuollon suunnittelun ja toteutuksen ohjaus sekä Suomen edustaminen ydinenergia-alan kansainvälisissä asioissa. Säteilyturvakeskuksen vastuualue kattaa ydinturvallisuuden ja säteilyn käytön riippumattoman valvonnan. Tämän valvonnan perustana toimii ydinenergi laki (YVL 11.12.1987/990)

Ydinvoiman käytön keskeisimpänä pohjana toimivat säädetty ydinenergi laki (1987/990), lakiin nojautuva ydinenergia-asetus (12.2.1988/161) sekä ydinturvallisuusohjeet (YVL-ohjeet).

### 3.4 Teollisuuden Voima Oyj

Teollisuuden Voima Oyj (TVO) on vuonna 1969 perustettu listaamaton julkinen osakeyhtiö, jonka tarkoituksena on tuottaa omistajilleen sähköä omakustannushintaan suhteessa omistusosuuksiin. Omistusosuuksien mukainen vastuu koskee myös sähkön tuotannon kustannuksia. Suurimman omistusosuuden omaava taho on Pohjolan Voima Oyj, joka omistaa yhtiöstä yli puolet (58,5 %). TVO on Pohjolan Voima Oyj:n yhteisyritys. Seuraavana listassa on Fortum Power and Heat Oy 25,8 prosentoin omistusosuudella. Muita omistusosuudellisia ovat Oy Mankala Ab (8,1 %), EPV Energia Oy (6,5 %), Kemira Oyj (1 %) ja Loiste Holding Oy (0,1 %).

TVO:lla on Eurajoen kunnassa Olkiluodossa kaksi nimellisteholtaan 880 MW:n laitosyksikköä. Laitosyksiköt, OL1 ja OL2, ovat reaktorityypiltään BWR-tyypin kiehuvesilaitoksia. Näiden kahden laitoksen tuottaman sähkön osuus oli vuonna 2016

noin 17 prosenttia Suomessa käytetystä sähköstä. Laitoksiin on vuosien saatossa tehty modernisointeja laitosturvallisuuden ja tuotannollisen tehokkuuden parantamiseksi. Yhtiöllä on Olkiluodossa myös käyttöönottovaihetta lähestyvä kolmas laitosyksikkö, OL3. (Teollisuuden Voima Oyj, 2017)

### 3.5 Olkiluoto 3

OL3-laitosyksikkö on reaktorityypiltään EPR-tyypin painevesilaitos, jonka kehityksen esikuvina ovat toimineet ranskalainen N4-laitostyyppi ja saksalainen Konvoi-laitostyyppi. Laitostoimittajana on ranskalais-saksalainen AREVA-Siemens konsortio avaimet käteen -periaatteella. Kyseessä on uuden sukupolven laitos, joten aiempaa käytökokemusta johon turvautua ei ole, vaan toimintatavat rakentuivat laitoksen rakentamisen yhteydessä ja jatkavat kehittymistään laitoksen käyttöönoton ja käytön aikana.

Laitosyksikön kaupallinen sähköntuotanto piti alun perin alkaa vuonna 2009, mutta projekti ajautui vaikeuksiin erinäisistä syistä. Laitostoimittajan lokakuussa päivittämän aikataulun mukaan laitosyksikön säännöllinen sähköntuotanto alkaa toukokuussa 2019. (TVO vuosikertomus, 2018)

Olkiluoto 3 - laitoksen koekäyttö on edennyt kuumakokeisiin, jotka alkoivat joulukuussa 2017. Kuumakokeissa reaktori- ja turbiinilaitoksen järjestelmät lämmitetään pääkiertopumppujen tuottaman lämmön avulla oikeisiin käyttölämpötiloihin. (STUK, 2018)

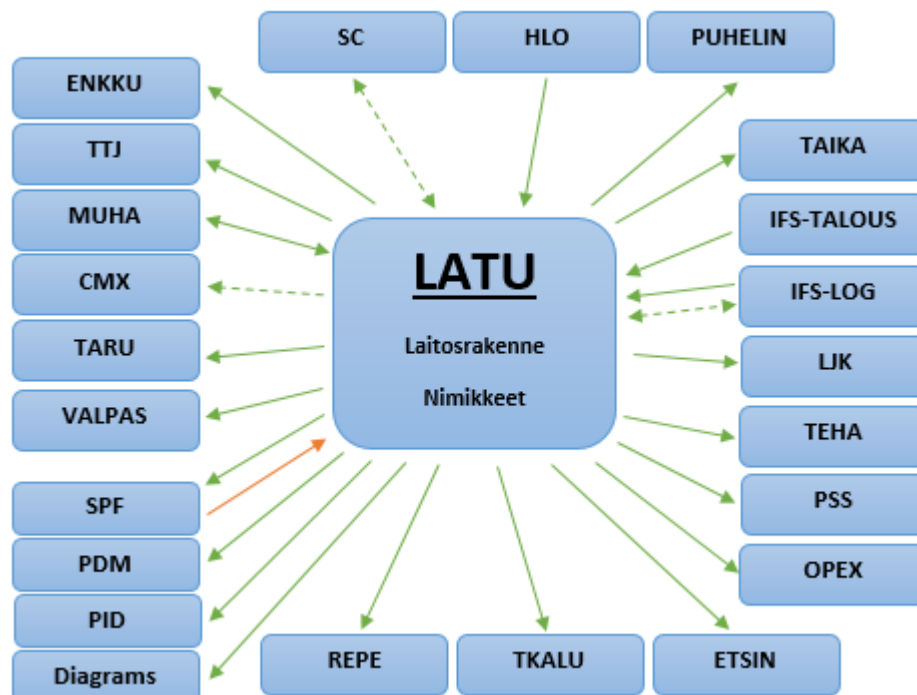
## 4 LAITOSTIETOKANTA

### 4.1 Yleistä

Laitostietokannan tärkein tehtävä on laitosrakenteen ylläpito. Laitosrakenne pitää sisällään tiedon laitoksista, rakennuksista, huoneista, järjestelmistä, laitepaikoista sekä niiden komponenteista, osaluetteloista ja muista teknisistä tiedoista.

LATU on TVO:n kehittämä sovellus, joka toimii master-järjestelmänä muille tietojärjestelmille. Tämä tarkoittaa sitä, että muut tietojärjestelmät lähinnä lukevat LATU:sta toimintojen tarvitseman tiedon. Tällaisia tietojärjestelmiä ovat esimerkiksi työtilaus- ja ennakkohuoltojärjestelmät (TTJ & ENKKU). Monen järjestelmän toimiessa LATU:n pohjalta, on siinä olevan tiedon oltava luotettavaa ja sisältö kattava. (Kaakinen, 2017a)

Laitostietokantaan tietenkin pystyy viemään tietoa esimerkiksi tiedon korjaamista ja päivitystä varten, mutta tähän kykeneviä ohjelmia on hyvin vähän. Kuvassa 1 havainnollistetaan tiedon siirtymistä LATU:n ja muiden tietojärjestelmien välillä.



Kuva 1. Tietojärjestelmien vuorovaikutus

## 4.2 Laitostunnusjärjestelmä

OL3- laitoksella on käytössä standardisoitu yksilöintijärjestelmä, joka auttaa tunnistamaan laitousyksikön, sen rakennukset ja toiminnot. Yksilöintijärjestelmän käyttö mahdollistaa myös suoraan toimintojen tehtävien tyyppin ja sijainnin tunnistamisen. (Kaakinen, 2017b).

KKS-tunnusten käytön etuna on jokaisen komponentin yksiselitteinen identifiointitapa. Ilman laitostunnusjärjestelmän käyttöä saman järjestelmän osajärjestelmissä sijaitsevia, ominaisuuksiltaan identtisten komponenttien erottelu on hyvin haastavaa.

### 4.2.1 KKS-koodauksen alkuperä

KKS-yksilöintijärjestelmä pohjautuu saksalaisen alkuperän omaavasta lämpövoimalaitosten mekaanisten ja elektronisten laitteiden tunnistusjärjestelmästä, joka paremmin tunnetaan lyhenteellä AKS (Anlagenkennzeichnungssystem, tehtaan nimeämisjärjestelmä). Yksilöintijärjestelmän kehittäjänä ja julkaisijana on VGB Powertech, joka on kansainvälinen energiantuotantoyhtiöiden tekninen yhdistys. Yhdistys on myös vastuussa KKS-yksilöintijärjestelmän päivityksestä ja ylläpidosta. (VGB Powertech, 2014)

Käyttökokemuksien kautta VGB Powertech:in työryhmä kehitti AKS:n pohjalta 1970-luvulla järjestelmästä edistyneemmän version, jonka tunnetaan lyhenteestä KKS (Kraftwerk-Kennzeichensystem, laitostunnusjärjestelmä). Kehitystyöryhmään osallistuivat niin valmistajat ja viranomaiset kuin asiantuntijat ja teollisuuden toimijat tasapuolisesti. Kyseinen tapa sisällyttää järjestelmän kehitykseen asiantuntijoita eri tahoilta toi monipuolisia näkökulmia standardin muodostamiseen.

Kokonaisuutena KKS-järjestelmän ohjenuoria käytetään pohjana identifiointijärjestelmän projektikohtaiseen räätälöintiin. Nykypäivänä KKS-järjestelmä on käytössä monissa eri koko- ja tyyppiluokan voimalaitoksissa maailmanlaajuisesti.

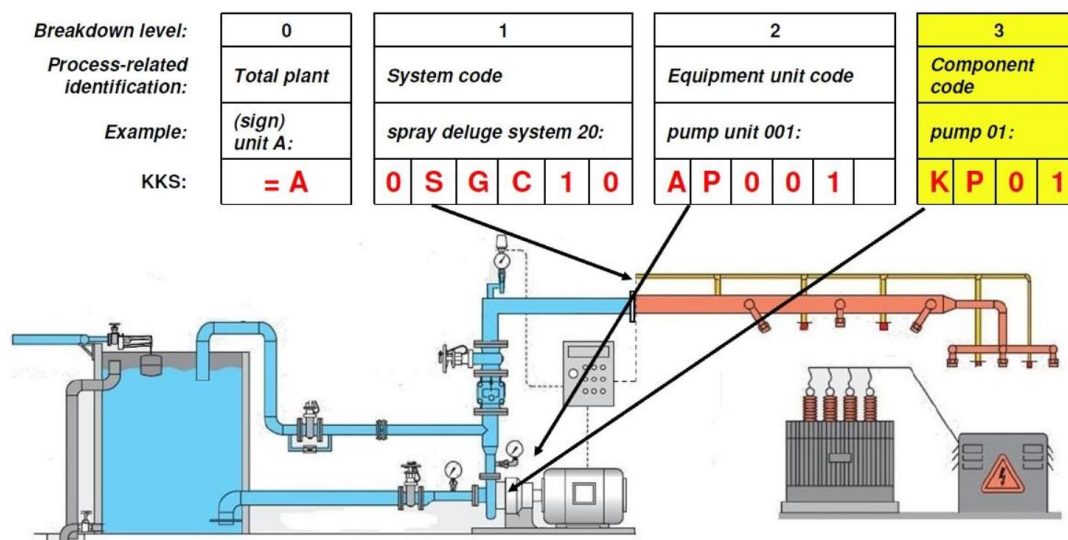
## 4.2.2 KKS-tunnuksen muodostuminen

KKS-tunnus muodostuu, määrittelyn mukaan, taulukossa 1 listatuista osista.

Taulukko 1. KKS-tunnuksen osat

<i>Tunnuksen osa</i>	<i>Määritelmä</i>
Laitostunnusosa	Mahdollistaa eri laitosten ryhmittelyn laitoskokonaisuuksiin. Voidaan jättää huomioimatta pienemmissä käyttökohteissa, joissa ei sijaitse rinnakkaisia laitosyksiköitä.
Järjestelmätunnuksen tunnusosa	Lajittelee eri järjestelmät omiin kategorioihin. Lajittelu mahdollistaa järjestelmän jaon saman järjestelmätunnuksen omaavien osajärjestelmien välillä. Tunnusosa on juokseva numero 0-9 välillä.
Järjestelmätunnus	Kohdistaa KKS-tunnuksen tietylle järjestelmäkokonaisuudelle. Koostuu standardin mukaisesta kirjainosasta ja osajärjestelmään viittavasta numerosta. Esimerkkejä järjestelmätunnuksista (OL3-järjestelmäluettelo, 2016): MKA = Generaattorin jäähdytysjärjestelmä MKY = Generaattorin suojaus ja tahdistus SAC7 = Kytkinlaitoksen ilmastointijärjestelmä SAC71 = Kytkinlaitoksen poistoilma
Laitepaikkatunnus	Ilmaisee tiettyyn järjestelmään kuuluvaa laitteistoa. Tietyissä tapauksissa ilmaisee laitteiston toimintoa, kuten pumppausta. Koostuu standardin määrittelemästä kirjain- ja numerotunnuksesta.
Laitteistotunnuksen tunnusosa	Tarkentaa laitteistotunnusta. Tunnusosaa ei KKS-järjestelmän standardi määrittele, vaan se usein määräytyy tehdasstandardin perusteella.
Komponenttitunnus	Määrittelee laitteen komponentin tyyppin sekä numeron. Koostuu kahdesta standardin mukaisesta kirjaimesta ja kahdesta numerosta.

Tunnus voidaan eritellä myös loogisesti tasoihin. Kuvassa 2 havainnollistetaan KKS-tunnuksen erittely kokonaisuuden tasoittain.



Kuva 2. KKS-tunnuksen tasot (Kronebach, 2014)

Taulukossa 2 on määritelty jokaiselle esitetyle KKS-tunnuksen erittelyn tasolle selite suurimmasta kokonaisuudesta pienimpään.

Taulukko 2. Tasoerittelyn selitteet

<i>Taso</i>	<i>Selite</i>
0	<i>Laitosyksikkökoodi (Plant Unit);</i>  Laitosyksikön tunnus = A
1	<i>Järjestelmäkoodi (System);</i>  Koneiston tunnus = 0 Järjestelmän tunnus = SGC Järjestelmälinjan tunnus = 10
2	<i>Laitteistokoodi (Equipment Unit);</i>  Laitteiston tunnus = AP Laitteistoyksikön numero = 001
3	<i>Komponenttikoodi (Component);</i>  Komponentin tunnus = KP Komponenttiyksikön tunnus = 01

### 4.3 KKS-tunnukset OL3 – laitoksella

Laitostoimittaja on arvioinut OL3-laitosyksikköön tulevan noin 220 000 laitepaikkaa, 300 000 komponenttia ja 30 000 nimikettä. Laitostoimittajan vastuulla on toimittaa laitepaikkoja koskevaa laitosdataa TVO:n määrittelemissä taulukkotiedostoissa useassa ajankohdassa.

KKS-tunnukset laitoksella ovat pääosin 12-merkkisiä, ja muodostuvat lähestulkoon aiemmassa kappaleessa esitetyn standardin mukaisesti. TVO:lla on kuitenkin käytössä myös neljäs vain TVO:lle spesifinen taso, joka ei perustu KKS-järjestelmään. Kyseisellä nimiketasolla voidaan määritellä laitepaikalle esimerkiksi varaosa. Nimike on siis fyysinen tuote, jota ylläpidetään laitostietokannassa.

Taulukossa 3 on esitetty OL3 – laitosyksikössä käytössä oleva modifioitu tasorakenne selitteineen. Tasoerittelyssä on käytetty esimerkkinä laitepaikkatunnusta ”30FAK11AP001” sekä sen komponentti- ja nimiketietoja. Laitepaikan komponentti- ja nimiketiedot on haettu TVO:n laitostietokannan komponentti- ja nimikenäytöistä.

Taulukko 3. Tasot OL3-laitosyksikössä

<i>Taso</i>	<i>Selite</i>
0	<i>Laitosyksikkökoodi (Plant Unit);</i>  Laitosyksikön tunnus = 3 ”Olkiluoto 3 – laitos”
1	<i>Järjestelmäkoodi (System);</i>  Koneiston tunnus = 0 Järjestelmän tunnus = FAK Järjestelmälinjan tunnus = 11 ”Polttoainealtaan jäähdytysjärjestelmä”
2	<i>Laitteistokoodi (Equipment Unit);</i>  Laitteiston tunnus = AP Laitteistoyksikön numero = 001 ”Pumppaus-toiminto”
3	<i>Komponenttikoodi (Component);</i>  Komponentin tunnus = AP Komponenttiyksikön tunnus = 11 ”Laitepaikan keskipakopumppu”
4	<i>Nimikekoodi (Item);</i>  Komponentin nimike = 34180-0766 ”Keskipakopumpun tiiviste”

#### 4.4 Tiedot laitostietokannassa

LATU:ssa on monia erilaisia tietonäyttöjä laitostietojen osalta, esimerkiksi laitepaikka-, komponentti-, huone- ja nimikenäytöt. Laitepaikkänäyttö toimii keskeisenä työkaluna verifointityössä, sillä. Kyseisestä tietonäytöstä löytyvät laitepaikan ja sen komponenttien tekniset arvot, luokitukset, dokumentit sekä sijaintitieto. Kentältä laitepaikoista kerättyä dataa verrattiin ensimmäiseksi laitepaikkänäyttöön, siellä esiintyviin teknisiin tietoihin sekä komponenttitasolla mainittuihin dokumentteihin. Kerätyn datan vertailusta laitostietokannan sisältöön kerrotaan tarkemmin kappaleessa 6.



#### 4.5 Yksilö- ja eräseuranta

Luvanhaltijan on tallennettava laitososien käyttö- ja kunnossapitohistoria. Laitososalla on oltava yksilöseuranta niin, että huolto-, korjaus- ja muutostyöt sekä laitososan kokemat rasitukset ja vikaantumiset ovat jäljitettävissä laitososan käyttöiän ajan. (YVL A.8, 20.05.2014)

Yksilöseuranta määrittelee laitteen tai sen komponentin sijainnin laitoksella, varastossa tai korjaamolla. Yksilöseurannan avulla yhdistetään esimerkiksi siihen määriteltä yksilö sen käyttöhistoriatietoihin.

Sähkö- ja automaatiolaitteiden yksilöseuranta määritellään tapauskohtaisesti niiden turvallisuusmerkityksen perusteella laite- ja tekniikkavastaavien toimesta. TVO:n laitoksilla mekaanisista laitteista yksilöseurattavia ovat siihen määritellyt kokonaiset laitteet sekä turvallisuusluokaltaan 1-2 olevat sisäosat ja luokan 2-3 kalibroittavat laitteistot. Kaikki varoventtiilit ovat yksilöseurannassa.

##### 4.5.1 Laitteiden turvaluokat

Ydinvoimalaitoksen järjestelmät, rakenteet ja laitteet luokitellaan luokkiin 1, 2, 3 ja 4 sekä EYT niille määritellyn ydinturvallisuusmerkityksen mukaan. Korkeimpaan turvallisuusluokkaan 1 määritellään loogisesti laitteet, joilla on suurin ydinturvallisuusmerkitys. Vastaavasti luokkaan EYT (ei ydinteknisesti luokiteltu) määritellään järjestelmät, rakenteet ja laitteet, jotka eivät vaikuta ydinturvallisuuteen. (YVL 2.1)

#### 4.6 Laitosdatan verifiointimenetelmät

Laitostietojen täsmävyuden verifiointia suoritetaan datan eri konfiguraatiopisteiden vaiheissa niin laitostoimittajan kuin -tilaajan puolesta. Laitostiedon konfiguraatiopisteitä voidaan ajatella laitostiedon päivittymisenä vastaamaan asennettua ja käyttöön otettua laitteistoa. Laitostiedon konfiguraation päävaiheet ovat seuraavanlaiset:

”RC 2” = *as designed*

”RC 3” = *as installed/commissioned*

“RC 4” = *as built*

CFS toimittaa laitepaikkoja koskevaa laitosdataa sopimuksen kautta määritellyissä taulukkotiedostoissa. Laitostoimittaja kerää datan useasta eri suunnittelu- ja tietojärjestelmästä sekä samalla varmentaa tiedon oikeellisuuden omalta osaltaan tuottaessaan laitostietoa. Toinen verifiointivaihe CFS:n puolesta tapahtuu tiedon toimituksissa TVO:lle. Toimitetun tiedon virheettömyyden varmistaminen on toimittajan vastuulla.

TVO:n toimesta laitostiedon verifiointia tapahtuu karkeasti kahdessa pääkohdassa; toimittajalta konfiguraatiopisteiden datatoimituksissa saatua tietoa ajettaessa laitostietokantaan ja laitostietokannan tietoja käytettäessä esimerkiksi laitoksen kunnossapidossa, häiriöselvityksissä ja muutossuunnittelussa.

#### 4.6.1 Verifiointi valokuvaamalla

Jo käytössä olevien verifiointitapojen lisäksi on tunnistettu uusi tapa varmentaa toimittajan laitepaikoista toimittamaa laitosdataa. Tunnistettuun verifiointitapaan sisältyy tiedon keräämistä valokuvaamalla laitoksella asennetut laitteistot. Tekninen data kerättiin laitepaikkakohtaisesti otetuista valokuvista ja sitä verrattiin laitostietokannan sisältöön, dokumentaatioon ja järjestelmäkaavioihin. Kyseisen metodin on todettu täydentävän verifiointiprosessia jo käytössä olevia laitostiedon verifiointitapojen rinnalla. Käyttöön otetun metodin työprosessista kerrotaan yksityiskohtaisemmin kappaleessa 5.

## 5 KENTTÄVERIFIOINNIN PROSESSI

### 5.1 Työn priorisointi ja ajankäyttö

Laitostietokannan tietojen verifiointia kentällä lähdettiin suorittamaan huonekohtaisesti. Verifiointityö kentällä kohdistettiin huoneisiin määritetyn säteilyluokan perusteella. Prioriteetteina huonekohtaisessa verifiointityössä olivat P- ja O-luokan huoneet. Huoneelle määritetty säteilyluokka perustuu huoneen suunnittelun yhteydessä laskettuun säteilyannosnopeuteen. Säteilyannosnopeuden ilmaisemisen yksikkönä käytetään millisievertiä tunnissa (mSv/h).

TVO:n laitoksilla säteilyluokalliset huoneet jaetaan laitoksella kolmeen päätasoon:

<i>Luokka</i>	<i>Luokan annosnopeusrajat (mSv/h)</i>
<b>P (Punainen)</b>	<b>&gt; 1</b>
<b>O (Oranssi)</b>	<b>0,025 – 1</b>
<b>V (Vihreä)</b>	<b>&lt; 0,025</b>

P-luokkaisten huoneiden priorisointi johtui käytännössä tulevaisuuden näkymästä, jossa laitos muuttuu rakennustyömaasta ydintekniseksi laitokseksi polttoaineen latauksen yhteydessä. P-luokkaisiin huoneisiin ei käyväällä laitoksella mennä ilman pakottavaa tarvetta edes vuosihuoltojen aikana, sillä määritelty säteilyannosnopeus kyseisen luokan omaavissa huoneissa täyttäisi nopeasti laaditut säteilyannosturvarajat.

P-luokkaiset huoneet toimivat työskentelyn pääkohteena, mutta ajankäytön ja työtökkuuden puolesta todettiin järkeväksi kuvata useampi huone kohdetilan ympäriltä jokaisella kentälle jalkautumiskerralla. Syynä tähän oli liikkumiseen kuluva aika projektitoimiston ja laitoksen kohdehuoneen välillä. Työn suorituksen ohella myös todettiin loogiseksi kuvata kohdetilat rakennuksittain taso kerrallaan, priorisoiden P- ja O-luokkaiset tilat. Säteilyluokan lisäksi yhtenä priorisoinnin osa-alueena toimi yksilö-seurantaan määriteltyjen laitteiden ja komponenttien sarjanumeroiden varmennus.

## 5.2 Tavoitteet ja deadline

Laitostietokannan verifiointityön tavoitteena oli saada mahdollisimman kattava otanta laitostietojen tarkistamista varten etenkin P- ja O-säteilyluokan huoneissa sijaitsevista laitepaikoista. Kerättyä dataa voidaan verrata laitostietokannan tietoihin ja muodostaa samalla käsitys kyseisen tiedon ajantasaisuudesta. Samalla laitostoimittajan toimittaman datan oikeellisuus tulee myös tarkistettua. Kehitetyn verifiointityötavan keskeisenä osana toimii laitepaikkojen tietojen vastaavuuden visuaalinen tarkistaminen kentällä ja laitteiston dokumentoiminen.

NI-puolella aikarajana verifiointityön datan keräämiseen kentältä toimii lähestyvä polttoaineen lataus. Polttoaineen lataus myös edellyttää ajantasaisia tietoja ja dokumentaatiota laitoksesta laitostietokannassa sekä näiden vastaavien toteutusten täsmävyyttä kentällä.

## 5.3 Verifiointityön aloitus

Laitepaikkojen visuaalisen verifiointin aloitusta varten tarvittiin tieto huonetunnuksen alla sijaitsevista laitepaikoista, niiden toimintonimistä, komponenteista ja mahdollisista lisätiedoista sekä huonetunnukselle määritetystä säteilyluokasta kappaleessa 5.1 määritellyn priorisoinnin perusteella.

### 5.3.1 Laitepaikkatietojen tuonti

Laitepaikkatiedot tuotiin Excel-tiedostomuodossa BO-järjestelmän InfoView 3.1-ohjelmalla huonekohtaisesti. Kyseisissä Excel-taulukossa listattiin rivitietoina huoneeseen kuuluvan laitepaikan tunnus, toimintonimi, laitepaikkaryhmä, kunnossapitoluokka, laitepaikan komponentit sijaintitietoineen, komponenttinumerot ja -tunnukset, nimiketiedot sekä laitepaikkakohtaiset määritellyt oleelliset lisätiedot.

### 5.3.2 Poissuodatettavat laitepaikat

Osa laitepaikkatunnuksista poistettiin tuoduista huoneiden Excel-taulukoista suodatusoiminnolla tunnuksen laitepaikkaryhmän perusteella. Syitä näiden laitepaikkojen suodatukseen olivat esimerkiksi laitepaikan mahdottomuus verifioida valokuvadokumenttien avulla sekä verifioinnin tarpeettomuus laitepaikkaryhmään kuuluvalla laitteistolle. Taulukossa 3 listataan Excel-taulukoista suodatetut laitepaikkaryhmät aakkosjärjestyksessä. Kyseisestä taulukosta löytyy kirjattuna jokaisen suodatetun laitepaikkaryhmän selitteet englanniksi (OL3 – järjestelmäluettelo 2016, s. 37 – 40) sekä vastaavat käännökset suomeksi.

Taulukko 3. Suodatetut laitepaikkatunnukset

<i>Laitepaikkaryhmä</i>	<i>Selite (englanti)</i>	<i>Selite (suomi)</i>
AB	Isolating elements, airlocks	Eristyselementit, ilmalukot
AE	Turning, driving, lifting and slewing gear (also manipulators)	Sorvaus-, veto-, nosto-, ja kääntölaitteisto (myös manipulaattorit)
AF	Continuous conveyors, feeders (escalators)	Kuljettimet
AG	Generator units	Generaattoriyksiköt
AJ	Size reduction equipment, only as part of process	Koonalennus laitteisto, vain prosessikäyttö
AK	Compacting and packaging equipment, only as part of process	Kompaktointi- ja pakkauslaitteisto, vain prosessikäyttö
AM	Mixers, agitators	Sekoittimet ja agitaattorit
AS	Adjusting and tensioning equipment for non-electrical variables	Ei-sähköisten muuttujien säätö- ja kiristyslaitteisto
AU	Braking, gearbox, coupling equipment, non-electrical converters	Jarrutus, vaihdelaatikko, kytkentälaitteisto, ei-sähköiset muuntimet
AV	Combustion equipment	Polttolaitteisto
AW	Stationary tooling, treatment equipment	Kiinteät työkalut, käsittelylaitteisto
AX	Test and monitoring equipment for plant maintenance	Testi- ja monitorointilaitteisto laitoskunnossapitoon
AZ	Special units	Erikoisyksiköt
B	Mechanical equipment	Mekaaniset kalustot
BE	Shafts (for erection and maintenance only)	Kuilut (Nousu- ja huoltokuilut ainoastaan)
BF	Foundations	Perustukset

BN	Jet pumps, ejectors, injectors	Suihkupumput, ejektorit, suihkutuslaitteet
BQ	Hangers, supports, racks, piping penetrations	Kiinnikkeet, tuet, hyllyt, putkien läpiviennit
BR	Piping, ductwork, chutes	Putkisto, johtokanavat, kourut
BS	Silencers	Vaimentimet
BT	Flue gas catalytic converter modules	Savukaasun katalysaattori-moduulit
BU	Insulation, sheathing	Eristeet, suojaputket
BZ	Special equipment	Erikoiskalustot
CH	Manual input (as manually operated sensor, e.g. fire detector)	Manuaalisyytöt (manuaalikäyttöiset sensorit, palovaroittimet)
F	Opening; round penetration or drillings	Aukot; pyöreät läpiviennit tai kairaukset
H	Subassemblies of main and heavy machinery	Pää- ja raskaskoneiden osakokoonpanot
HA	Machine stationary assembly	Koneiden kiinteät kokoonpanot
HB	Machine rotating assembly	Koneiden pyörivät kokoonpanot
HD	Bearing assembly	Laakerikokoonpanot
SP	Steel platform	Terästatot
T	Opening: Rectangular penetration through wall and slabs	Aukot; suorakulmaiset läpiviennit seinissä ja laatoissa

### 5.3.3 Verifioitavat laitepaikkaryhmät

Verifiointityön keskeiset valokuvausverifioinnin kohteet ovat taulukossa 4 listatut laitepaikkaryhmät. Taulukossa ei ole listattuna kaikkia verifiointiin sopivia KKS-järjestelmän laitepaikkaryhmiä niiden suuren määrän takia. Sen sijaan taulukosta löytyy laitoksen verifioinnin kannalta yleisimmät laitepaikkaryhmät selitteineen englanniksi (OL3 – järjestelmäluettelo 2016, s. 37 – 40) sekä vastaavat käännökset suomeksi.

Taulukko 4. Verifioitavia laitepaikkaryhmiä

<i>Laitapaikkaryhmä</i>	<i>Selite (englanti)</i>	<i>Selite (suomi)</i>
AA	Valves, dampers, etc., incl. actuators, also manual, rupture disc equipment	Venttiilit, pellit, jne., mukaan lukien toimilaitteet; myös manuaaliset, murtumisuojat
AC	Heat exchangers, heat transfer surfaces	Lämmönvaihtimet, lämmönvaihtopinnat

AH	Heating, cooling and air conditioning units	Lämmitys-, jäähdytys- ja ilmastointiyksiköt
AN	Compressor units, fans	Kompressoriyksiköt, puhaltimet
AP	Pump units	Pumppuyksiköt
AT	Cleaning, drying, filtering and separating equipment	Puhdistus-, kuivaus-, suodatus- ja separaattoriyksiköt
BB	Storage equipment (vessels, tanks)	Varastointilaitteisto (säiliöt, tankit)
BP	Flow restrictors, limiters, orifices (not metering orifices)	Virtausrajoittimet, rajoittimet, kuristuslaipat (ei mitauslaipat)
C	Direct measuring circuits	suorat mittapiirit
CB	Radiation variables, e.g. thermal radiation, flame monitoring	Säteilymuuttajat; esimerkiksi terminen säteily ja liekinvalvonta
CD	Density	tiheys
CE	Electrical variables (e.g. current, voltage, power, electrical frequency)	Sähkötekniset muuttajat (virta, jännite, teho, taajuus)
CF	Flow, rate	Virtausnopeus
CG	Distance, length, position, direction of rotation	etäisyys, pituus, asento, pyörimissuunta
CJ	Power (mechanical, thermal)	Teho; mekaaninen, termien
CK	Time	Aika
CL	Level (also for diving line)	Taso
CM	Moisture, humidity	Kosteus, ilmankosteus
CP	Pressure	Paine
CQ	Quality variables (analysis, material properties other than CD, CM or CV)	Laadulliset muuttajat (analyysi, muut materiaalin ominaisuudet kuin kohdissa CD, CM, tai CV määritellyt)
CR	Radiation variables	Säteilymuuttajat
CS	Velocity, speed, frequency (mechanical), acceleration	Nopeus, vauhti, taajuus; mekaaninen, kiihtyvyyys
CT	Temperature	Lämpötila
CU	Combined and other variables	Yhdistetyt ja muut muuttajat
CV	Viscosity	viskositeetti
CW	Weight, mass	Paino, massa
CX	Neutron monitoring	Neutronivalvonta
CY	Vibration, expansion	Värähtely, laajeneminen
D	Closed loop control circuits	Suljetut ohjauspiirit
DT	Temperature	Lämpötila (esim. termostaattit)
GK	Information display and operator control equipment for process computers and automation systems	Informaationäytöt ja operaattorin ohjauslaitteisto prosessitietokoneille ja automaatiojärjestelmille
GT	Transformer equipment	Muuntajat

## 5.4 Valokuvaus laitoksella

Käsitelty Excel-taulukko tietoineen tulostettiin dokumentointikuvausta varten laitoksella. Tämä nopeutti työskentelyä kentällä ja varmisti, että jokainen huoneessa sijaitseva, verifiointiin sopiva laitepaikka saatiin systemaattisesti dokumentoitua.

### 5.4.1 Kuvausjärjestyksen määrittäminen

Jatkokäsittelyn helpottamiseksi ja käsittelytyön tehostamiseksi oli kannattavaa muodostaa standardinomainen tapa kuvata laitepaikat. Työtä suoritettaessa hyväksi todettu kuvausjärjestys oli seuraavanlainen:

1. Kuva laitteen KKS-tunnuksesta kentällä
2. Kokonaisuuskuva(t) laitepaikan ja sen komponenttien asennuksista
3. Kuvat laitepaikan tyyppikilvistä, merkinnöistä ja muusta teknisestä tiedosta

Laitopaikalla olevan tunnuksen kuvaaminen ensimmäiseksi auttoi erittelemään laitepaikkojen kuvat toisistaan ja selkeytti käsittelyä. Kuvamäärä vaihteli laitepaikkakohtaisesti. Määrään vaikutti pääasiassa laitepaikan tiedon saatavuus kentällä, sen komponenttien kompleksisuus, kuvausolosuhteet, kuten ahtaat ja pimeät tilat sekä laitepaikkojen tyyppikilpien ja merkintöjen kunto.

Käsittelyn tehostamisen kannalta oli myös hyvä eritellä eri huoneissa kuvatut laitepaikat. Kun laitepaikat huoneesta saatiin kuvattua, otettiin ns. ”välikuva”, jolla suoraan erotettiin eri huonetunnuksen omaavissa tiloissa kuvatut laitepaikat jo kameran muistissa. Tämän ansiosta valokuvat oli helppo erotella huonekohtaisesti toisistaan sekä inhimillisen virheen todennäköisyys kyseisessä työvaiheessa redusoitui.



#### 5.4.2 Kuvattavien kohteiden määrä

Verifioitavien laitepaikkojen huonekohtainen määrä oli vaihteleva. Osassa verifiointiin tunnistetuista tiloista löytyi soveltuvia laitepaikkoja vain muutama kappale. Toisissa suuremmissa tiloissa reaktoripuolella noin 150 kappaletta. Pilottihankkeen aikana kuvatuista huoneista saatiin keskiarvo kentällä tehtävään verifiointiin soveltuvista laitepaikkojen määrästä huoneissa. Keskiarvolliseksi määräksi muodostui noin 24 laitepaikkaa huonetta kohden.

Laitoksen reaktoripuolen rakennusten tiloissa tunnistettiin verifiointityöhön soveltuvia laitepaikkoja noin 37 000 kappaletta.

#### 5.4.3 Kuvattavien kohteiden sijainti

Laitoksella kuvattaessa todettiin huoneeseen merkittyjen laitepaikkojen sijainnin vaihtelevan. Tarkkaa sijaintia laitepaikoille itse huoneen sisällä ei määritetty laitepaikan tiedoissa. Kuvattava huone käytiin kentällä järjestelmällisesti läpi alusta loppuun, kunnes kaikki löydetyt laitepaikat saatiin dokumentoitua tai pystyttiin toteamaan, ettei jokin laitepaikka ole löydettävissä tai valokuvaamalla saavutettavissa.

KKS-tunnusten sisältämää järjestelmätietoa hyödynnettiin laitteiden paikantamiseksi huoneessa. Tieto auttoi löytämään helposti esimerkiksi ilmastointi- ja jäähdytysjärjestelmiin kuuluvat toimilaitteet ja komponentit.

#### 5.4.4 Huomioitavaa kohteiden valokuvauksessa

Verifioitavaksi valituissa kohteissa huomioitiin, mitkä tiedot olivat hyödyllisiä laitos-tietokannan laitepaikkatiedon verifiointissa. Esimerkiksi toimilaitteissa ja moottoreissa kuvattavat tiedot kuten valmistaja, tyyppinumero, sarjanumero, nimellisteho, nimellisvirta sekä tehokerroin ( $\cos \varphi$ ) olivat tarpeellisia verifiointin kannalta. Venttiileiden sekä muiden mekaanisten osiin kylkeen stanssatut tai niiden kilvessä ilmoitetut

tiedot, kuten valmistaja, tyyppi, nimelliskoko ja –paine (DN, PN), mahdolliset merkityt piirrosnumerot ja luokitukset pyrittiin kuvaamaan samasta syystä. Saatavilla olevat lisätiedot, kuten sähkömoottorien käyttöpään ja akselittoman pään laakereiden tyyppi- ja huoltotiedot, pyrittiin myös kuvaamaan. Kaikista verifiointin piirissä olleista laitepaikoista otettiin myös vähintään yksi kokonaisuuskuva.

Kuvasarjassa 3-6 esitetään esimerkki verifiointikuvista pilottihankkeen aikana laitoksella kuvatusta laitepaikasta ”30FAK11AP001”. Kuvissa havainnollistetaan laitepaikan kokonaisuus, siihen kuuluvat komponentit (sähkömoottori 115 kW ja keskipakopumppu) sekä niiden tyyppikilvet.

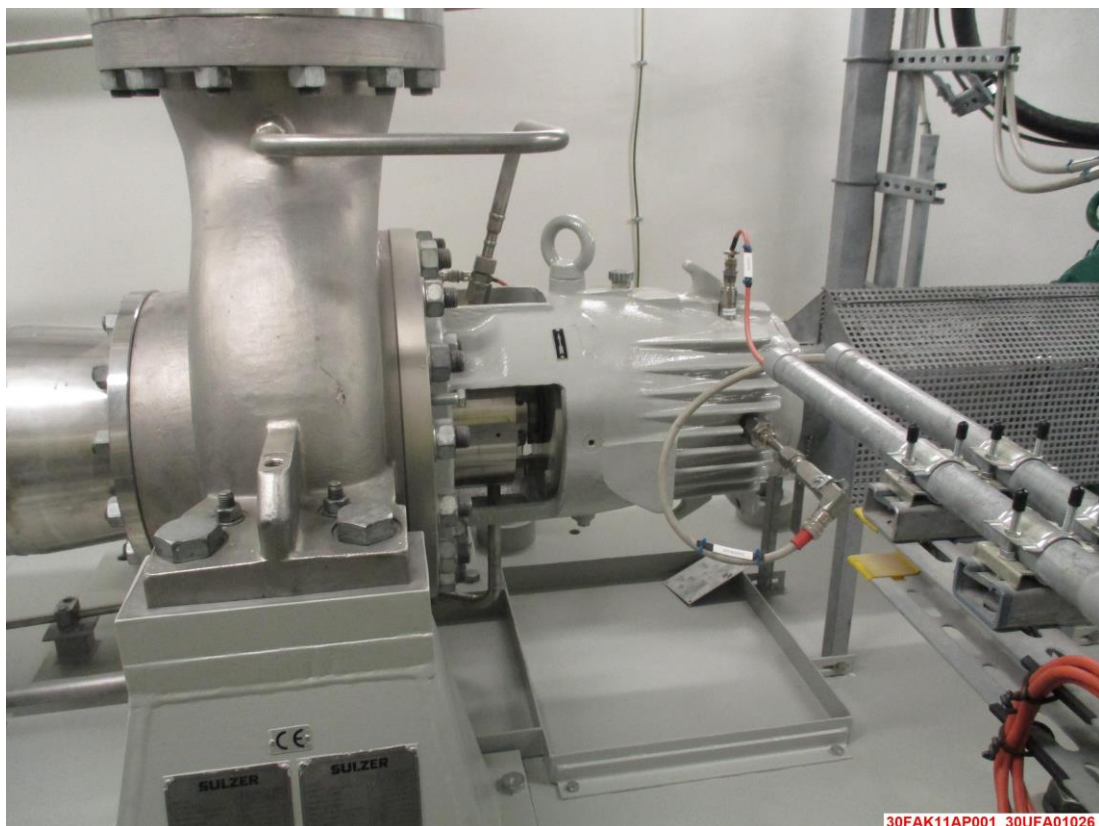
#### 5.4.5 Kuvatun laitepaikan esimerkki



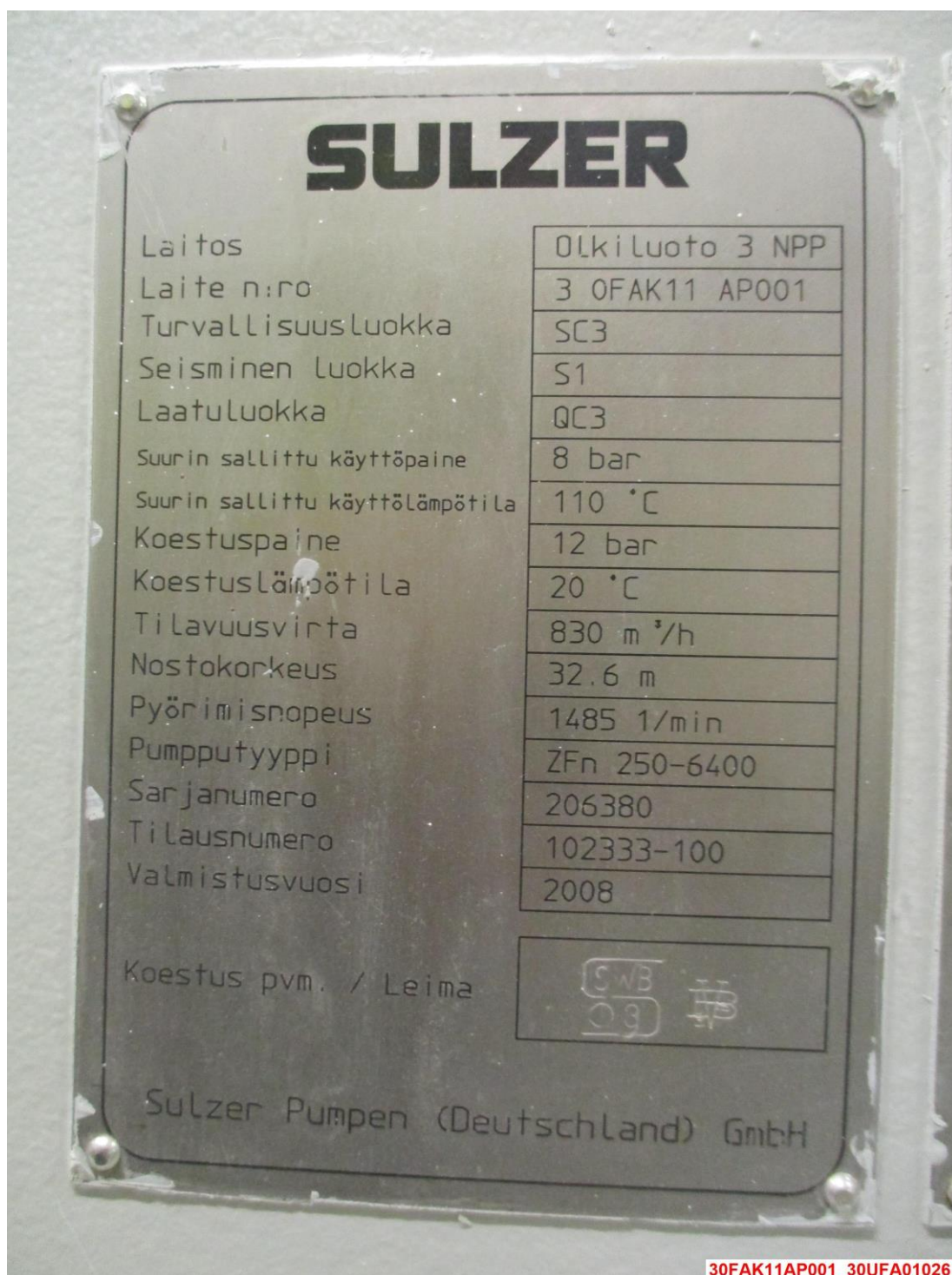
Kuva 3. Kokonaisuuskuva laitepaikasta



Kuva 4. Moottorin tyyppikilpi (-M01)



Kuva 5. Kokonaisuuskuvat laitepaikan keskipakopumpusta (AP11)



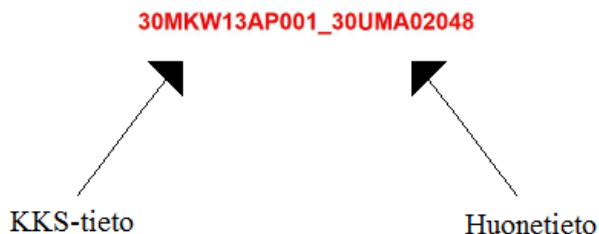
Kuva 6. Keskipakopumpun tyypikilpi (AP11)

## 5.5 Kuvien käsittely ja hierarkia

### 5.5.1 Valokuvien käsittely OL3PhotoHandler-ohjelmalla

Työn aloitusvaiheessa sovittiin, että laitoksella otetut kuvat tulee käsitellä kuvankäsittelyohjelmalla. Työvaiheen todettiin helpottavan laitepaikkojen verifiointikuvien datan keräämistä, helpottavan laitepaikkojen kuvien löytämistä serveriltä sekä mahdollistavan laitepaikkojen järjestelmäkohtaisen läpikäynnin.

Käytettävänä kuvankäsittelyohjelmana toimi Teollisuuden Voima Oyj:n OL3PhotoHandler johtuen sen tuomasta nopeasta tyylistä käsitellä suuria määriä kuvia tarkasti. Valitun ohjelman etuna oli myös tarvittu leimausominaisuus, joka standardisoitiin ilmoittamaan kuvan oikeassa alareunassa laitepaikan tunnus sekä huonetunnus, jossa laitepaikka sijaitsee. KKS- ja huonetieto erotettiin alaviivalla. Kuvassa 7 havainnollistetaan erään turbiinirakennuksessa sijaitsevan tiivisteöljyjärjestelmän pumpun leimaus käsitellyissä verifiointikuvissa.



Kuva 7. Esimerkki leimauksesta verifiointikuvassa

Kooltaan pieniin laitteisiin saatettiin leimata kuva laitteiston kokonaisuudesta useammalla KKS-tunnuksella, mikäli yksittäisen laitekokonaisuuden kuvaaminen ei ollut mahdollista. Tällaisia kokonaisuuksia olivat esimerkiksi tiiviisti asennetut solenoidiventtiilit.

### 5.5.2 OL3PhotoHandlerin keskeiset toiminnot

OL3PhotoHandler-ohjelmistoon sisältyvät toiminnot ovat seuraavanlaiset:

1. *”Select Photo Source Folder”*

Valintapainike, jolla viitataan käsittelemättömien valokuvien lähdekansioon. Valitussa kansiossa sijaitsevat kuvatiedostot tulevat näkyviin painikkeen alla olevaan kenttään rivitietoina. Ohjelma luo automaattisesti lähdekansioon alikansion nimeltä ”output”.

2. *”Source Photo Directory”*

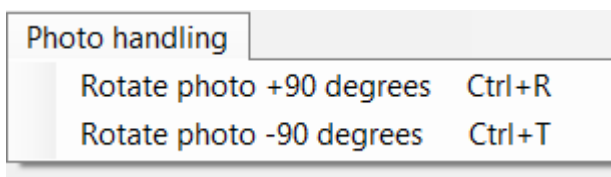
Tekstikenttä, johon lähdekansion valokuvat siirtyvät nimen perusteella rivitietoina.

3. *”Photo MetaData”*

Kohta, joka sisältää kaksi tekstilaatikkoa. Vasemmanpuoleiseen tekstilaatikkoon (KKS-code) tulee laitepaikan KKS-tunnus sekä huonetunnus aiemmassa kappaleessa määritetyn standardin mukaan. Oikeanpuoleinen tekstilaatikko (Additional information) toimii laitepaikan lisätietokenttänä, johon voi lisätä esimerkiksi huomioita laitepaikasta.

4. *”Photo Handling”*

Valikko, josta löytyy yksinkertainen valokuvien kääntötyökalu. Antaa mahdollisuuden kääntää valittua valokuvaa  $\pm 90$  astetta. Kuvassa 8 esitetään kuvankaappaus avatusta valikosta.



Kuva 8. Valikko-näkymä

5. *”Save Photo to Output Directory”*

Valintapainike, jolla lopetetaan yksittäisen valokuvan käsittely. Valokuvalla Photo MetaData-kohdan vasemmanpuoleiseen kenttään annettu tieto siirtyy painettaessa myös valokuvatiedoston nimeksi sekä muodostaa kuvaan aiemmin määritellyn leimauksen. Ohjelma tallentaa valitun valokuvan ”output”-kansioon samalla poistaen sen lähdekansion rivitiedoista. Uudelleen nimetyt valokuvat siirtyvät rivitiedoiksi ”Output Photo Directory”-laatikkoon.

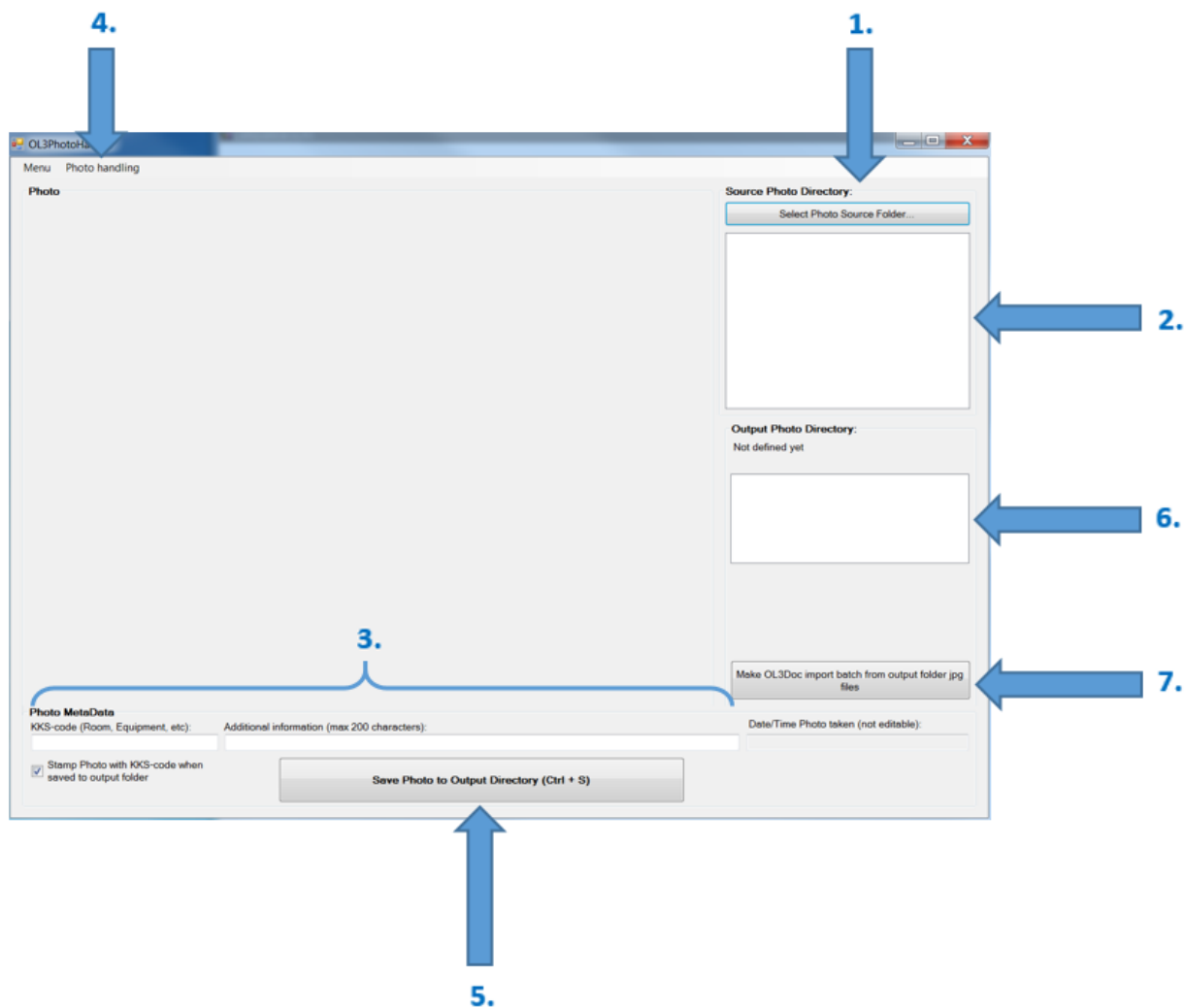
6. *”Output Photo Directory”*

Tekstikenttä, johon käsitellyt valokuvat siirtyvät rivitiedoiksi.

7. *”Make OL3Doc import batch from output folder jpg files”*

Valintapainike, jolla viimeistellään valokuvajoukon käsittely. Toiminto luo käsiteltyjen kuvien metadatat Excel-taulukon, jossa esitetään valokuvien tekniset tiedot. Exceliin sisältyviä teknisiä tietoja ovat esimerkiksi kuvaushetken päivämäärä ja aika, laitepaikka- ja huonetunnus, valokuvadokumenttiin syötetyt lisätiedot sekä käsittelyhetken päivämäärä.

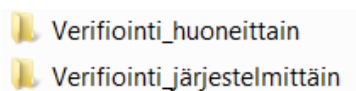
Kuvassa 9 havainnollistetaan OL3Photohandler – ohjelmiston toimintoja yleisnäkymässä. Kuvassa on merkitty listattujen toimintomääritelmien numerointia vastaavat kohdat ohjelmiston toimintonäkymässä.



Kuva 9. OL3PhotoHandlerin yleisnäkymä

### 5.5.3 Valokuvadokumenttien sijoitus

Photohandler-ohjelmalla käsitellyt valokuvat sijoitettiin alustavasti OL3-serverille kahteen erilliseen kansioon laitepaikkojen sijainti- sekä järjestelmäkokonaisuuden perusteella. Kansiot nimettiin ”Verifiointi huoneittain” ja ”Verifiointi järjestelmittain”. Lajittelu tehtiin helpottamaan laitepaikkojen kuvien läpikäyntiä ja mahdollista siirtoa järjestelmä- ja tilakokonaisuuksittain jatkokäsittelyssä. Kuvassa 10 on esitetty kansio-näkymä OL3-serverillä.



Kuva 10. Kansio-asetelma



## 6 VERIFIOINTITULOSTEN KÄSITTELY

### 6.1 Tulosten käsittely

Laitokselta kerätty tieto lisättiin aiemmin InfoView 3.1 – ohjelmalla tuotuihin huonekohtaisiin Excel-taulukkoihin.

#### 6.1.1 Tiedon keräys ja vertailu

Tiedon keräys verifiointikuvista tehtiin laitepaikkakohtaisesti. Tiedonkeruu valokuvista suoritettiin vasta kuvien käsittelyn jälkeen. Käsitellyt kuvat järjestyivät kansiossa selattavaksi samanlaisesti kuin huonekohtaisten Excel-taulukkojen rivitiedot laitepaikoista. Tämän todettiin nopeuttavan datan kirjaamista ylös ja vähentävän virheiden syntymisen mahdollisuutta kyseisessä vaiheessa. Excel-taulukkoihin lisättiin laitepaikkojen rivitietojen perään kolme saraketta, joihin valokuvista saatava data kirjattiin.

Verifiointikuvista kerättiin taulukkoon lisätyihin sarakkeisiin kaikki laitepaikasta ja sen komponenteista kuvatut ja kuvista nähtävät tekniset tiedot. Keskeisimmät kerätyt tekniset tiedot olivat valmistaja, valmistajan tyyppi, laitostoimittajan määrittelemä tyyppi, sarjanumero sekä nimellishalkaisija ja –paine (DN, PN). Toimilaitteissa ja moottoreissa huomioitiin myös sähkötekniset kilpiarvot, kuten nimellisteho, nimellisvirta ja tehokerroin. Teknisten tietojen lisäksi sarakkeisiin mainittiin alustavasti mahdolliset visuaaliset huomiot laitepaikasta.

Laitepaikkojen valokuvista kerättyä dataa verrattiin laitostietokannan laitepaikkänäytön sisältämiin teknisiin arvoihin, kuten määriteltyihin sähköteknisiin nimellisarvoihin, ominaisuuksiin sekä laitepaikan sisältämiin komponenttitason tietoihin. Komponentteihin viitattut tiedot, kuten piirrosnumero tai kokoonpanopiirros, tarkistettiin vertaamalla kerättyä dataa viitattun dokumentin sisältöön.

### 6.1.2 Tulosten lajittelu

Huonekohtaisissa Excel-taulukoissa oli järkevää työn seurannan, raportoinnin ja jatkokäsittelyn kannalta lokeroida jokaisen laitepaikan datan vertailun tulos omaan kategoriaansa. Kattegoria-tieto lisättiin Excel-taulukkoon aiemmin lisättyjen kolmen tietosarakkeen viimeiseen kohtaan. Laitostiedon vertailujen tulokset lajiteltiin seitsemään kategoriaan:

<b>Kategoria</b>	<b>Määritelmä</b>
<i>”Tiedot täsmäävät”</i>	Kentältä kerätyt tiedot täsmäävät LATU:n tietoihin.
<i>”Tiedot eivät täsmää”</i>	Kentältä kerätyt tiedot tai yksittäinen tietolaji ei täsmää LATU:n kanssa, esimerkiksi kokoluokka tai tyyppi eri.
<i>”Ei tietoa tietokannassa”</i>	Laittepaikasta ei ole riittävää teknistä tietoa LATU:ssa vertailun suorittamiseksi.
<i>”Ei tietoa kuvissa/kentällä”</i>	Laittepaikan tietojen kerääminen kentällä ei onnistu, esimerkiksi laitepaikan komponentit korkealla, laitteen päällä suojaeriste, koteloitu tai kerättävää tietoa ei ole.
<i>”Ei tietoa kummassakaan”</i>	Laittepaikan teknisten tietojen kerääminen kentällä ei onnistu sekä laitepaikan tietoja ei riittävästi ajettuna LATU:ssa vertailun suorittamiseksi.
<i>”Ei pysty vertailemaan”</i>	Kerätyn teknisen datan ja LATU:n tiedot välillä eriävyyksiä tietotyypissä. Laittepaikalla on kentällä mainittuna esimerkiksi laitevalmistajan määrittelemä tyyppinumero,

mutta LATU:ssa on tietona toimittajan määrittelemä tyyppinumero.

*”Ei löytynyt huoneesta”*

Laitepaikkatunnuksen omaavaa laitetta ei löytynyt huoneesta.

### 6.1.3 Värikoodien käyttö

Excel-taulukkojen luettavuuden helpottamiseksi käytettiin värikoodeja laitepaikkariiveillä määriteltyjen kategoriatietojen perusteella. Kuvassa 11 havainnollistetaan verifiointityössä käytettyjä värikoodeja kategorioittain. Saman värin käyttö kolmessa kategoriassa johtui yhteneväisyydestä jatkokäsittelyn sekä vertailukelpoisuuden suhteen.

	Tiedot täsmäävät
	Tiedot eivät täsmää
	Ei tietoa tietokannassa
	Ei tietoa kuvissa/kentällä
	Ei tietoa kummassakaan
	Ei pysty vertailemaan
	Ei löytynyt huoneesta

Kuva 11. Värikoodit

## 6.2 Tulosten johtaminen

Tulokset laskettiin Excel-taulukoista laitepaikoille annettujen kategoriatietojen määrän mukaan erilliseen tulostaulukkoon. Taulukkoon lasketuista määristä pystyttiin muodostamaan käsitys tiedon täsmävyyydestä ja kuvatuista laitepaikkamääristä laitoksen rakennus-, kerros- ja huonekohtaisesti. Tuloksista nähdään myös kerätyn datan ja laitostietokannan välisen vertailun prosentuaaliset osuudet jokaisen määritellyn kategorian osalta. Tulosten pohjalta jatkokäsittely, kuten tiedon korjaaminen ja täydennys laitostietokantaan sekä datan ristiriitojen selvittäminen, on yksinkertaisempaa kohdentaa.

## 7 VERIFIOINTITULOSTEN HYÖDYNTÄMINEN

### 7.1 Hyödyntäminen laitostietokannassa

Verifiointityön tuloksien keskeisimpänä käyttökohteena toimii laitostiedon ja asennettun laitteiston täsmävyuden varmennus. Laitteista otetuista valokuvista saadaan luotettavaa dataa niiden teknisistä arvoista ja ominaisuuksista. Saatu data on ajantasaisuudeltaan parhaimmillaan ”*As built*” – tasoa, mikäli laitteistoon ei ole tehty muutoksia esimerkiksi laitoksen koekäytön aikana. Samalla laitepaikalle ja sen fyysisille komponenteille, esimerkiksi mittapiirien sensoreille ja lähettimille, määritellyt sijaintitiedot laitostietokannassa saadaan tarkistettua. Laitostiedon laitepaikkojen komponentteihin viitatut dokumentit pystytään verifioimaan vertaamalla niitä kentältä kerättyyn tekniseen dataan sekä valokuviin. Saatu tekninen data varmistaa laitostiedon ajantasaisuuden ja datan vertailusta saatujen tulosten perusteella pystytään muodostamaan kokonaiskuva laitostietokannan ajantasaisuuden tilanteesta.

Valokuvadokumentit auttavat selventämään laitepaikan tiedon todellisen tilanteen kentällä. Mikäli toimittajalta saadussa laitostiedossa havaitaan puutteita tai ristiriitaisuuksia, voidaan kerättyä dataa käyttää kyseisen tiedon täydentämiseen tai selventämiseen.

#### 7.1.1 Hyödyntäminen yksilö seurannassa

Verifiointikuvista saatua dataa voidaan hyödyntää aiemmin mainitussa laitteiden, osien ja varaosien yksilö- ja erä seurannassa. Yksilö seuranta edellyttää tarkkaa tietoa laitteen sarjanumerosta laitostietokannassa, joten sarjanumeron valokuvaaminen on pätevä tapa varmentaa kyseinen tieto laitteistosta kentällä. Samalla saadaan myös arvioitua toimittajan toimittamien sarjanumerotietojen täsmävyyttä ja varmennettua kyseinen tieto omalta osalta.

Verifiointityötä voidaan kohdentaa yksilösurantaan määriteltyjen sähkö- ja automaatiolaitteiden, kuten moottorien, toimilaitteiden ja mittauslähettimien malli- ja sarjanumeroiden varmennukseen. Kohdentaminen vaatii listan yksilösurantaan määritellyistä KKS-tunnuksista, jotka voidaan lajitella huonetunnuksen perusteella tarkastuslistoiksi systemaattista kenttätarkistusta ja valokuvaamista varten.

## 7.2 Hyödyntäminen dokumentaatioissa

Verifiointityöstä saatua dataa voidaan hyödyntää CFS:n toimittaman dokumentaation täsmävytyden varmennuksessa. Kerättyä dataa voidaan verrata toimittajalta viimeisimmässä tiedon konfiguraatiopisteen tiedon toimituksiin. Samalla paljastuu mahdolliset tiedon tuottamisen prosessissa tapahtuneet virheet toimittajan osalta.

## 7.3 PI-kaaviot

Putkitus- ja instrumentointikaavio (Piping and Instrumentation Diagram) on prosessi- ja energiateollisuudessa käytetty standardisoitu piirustustyyppi. Kaavioissa visualisoidaan prosessilaitteistojen järjestelmäkokonaisuuksia standardisoitujen piirrosmerkien avulla suurpiirteisesti. Nämä piirroskokonaisuudet koostuvat esimerkiksi säätöpiireistä, mittauspisteistä, venttiileistä ja putkituksista. PI-kaavio esittää prosessin kulun sekä komponenttien sijainnin prosessissa toisiinsa nähden. (PSK 3603, 2012)

### 7.3.1 Hyödyntäminen kaavioissa

Laitoksen järjestelmäkokonaisuuksista kentältä kerättyä dataa voidaan hyödyntää lisävarmennuksena laitoksen NI-puolen PI-kaavioiden ajantasaisuuden ylläpidossa. Mikäli kerätyn datan, laitostiedon ja dokumentoinnin välillä esiintyy ristiriitaisuuksia, on

mahdollinen virhe myös järjestelmän teknisissä kaavioissa. Muutostöiden suunnittelussa PI-kaavion on oltava ajantasalla, jotta tehty suunnitelma on turvallinen toteuttaa, eikä aiheuta häiriöitä toteutuksen jälkeen.

Verifiointityön prosessissa tehtyä verifiointikuvien jaottelua järjestelmittäin voidaan hyödyntää teknisissä kaavioissa käytettyjen piirrosmerkkien ja kokomerkkintöjen oikeellisuuden tarkastamisessa järjestelmäkohtaisesti. Täydellinen yksittäisen järjestelmäkokoisuuden tarkastaminen valokuvien avulla vaatii kaikkien järjestelmän prosessilaitteiston laitepaikkojen valokuvaamista. Valokuvien käyttö tiedon varmennuksen tukena kuitenkin edesauttaa kaavioiden ajantasaisuuden ylläpitoa jo niiltä osin, kun järjestelmän laitepaikoista on valokuvia saatavilla.

#### 7.4 Hyödyntäminen 3D-mallissa

Verifiointissa tuotettuja valokuvadokumentteja voidaan hyödyntää laitoksen 3D-mallin ylläpidossa ja päivityksessä. Kuvia voidaan käyttää lisätietolähteenä esimerkiksi tilanteessa, jossa järjestelmän komponentin valmistaja on tiedossa, mutta on epäselvyyttä minkälaisia asennetut osat tarkalleen ovat. Valokuvien avulla voidaan valita katalogista oikeat osat 3D-mallissa käytettäväksi.

## 8 HAASTEET JA POIKKEAMAT

### 8.1 Verifiointityön haasteet

Verifiointityön suorittamista ja suunnittelua laitoksella vaikeuttaneita asioita huomattiin olevan kourallinen. Tunnistetut haasteet perustuvat työn suunnittelun ja sen suorittamisen ohella vastaan tulleisiin haasteisiin ja havaintoihin.

#### 8.1.1 Haasteet laitostyöskentelyssä

Kentällä työskentelyssä oli haasteita. Esimerkiksi puutteelliset tai epäselvät tiedot KKS-tunnuksien merkinnöissä laitepaikoilla hidastivat työskentelyä. Kyseinen hidaste johtui lähinnä vielä pilottihankkeen aikana laitteissa olleista väliaikaisista KKS-merkinnöistä.

Laitapaikkojen sijainti todettiin muutamissa järjestelmissä olevan valokuvauksen kannalta ongelmallinen. Laitepaikan laitteiston tai komponentin asennuksen sijainti korkealla hankaloitti teknisen tiedon saantia esimerkiksi ilmastointijärjestelmiin kuuluvien toimilaitteiden kohdalla.

#### 8.1.2 Työn suunnittelun haasteet

Työn suunnittelun suurimpana haasteena toimivat lähinnä epävarmuus laitepaikkojen valokuvauksen onnistumisesta tiloissa. Vaikuttavia tekijöitä tiloissa olivat rakennustöiden, kuten maalaus- ja telinetöiden aiheuttama este, järjestelmien käyttöönottoesteistä johtuvat tilojen pääsykiellot sekä yksinkertaisesti lukitun oven takana olevat kohdetilat.

Ajankäytön suunnittelua työssä hankaloitti epävarmuus avainten tarpeesta huonetiloihin, sillä lukitun tilan avaimen noutoon kului moninkertainen määrä aikaa valokuvaukseen nähden. Kokonaisuutena vain murto-osa kohdetiloista vaati avaimen noudon laitoksen PTW-toimistolta.

## 8.2 Poikkeamat

### 8.2.1 Poikkeamat laitostietokannassa

Laitostietokannan tiedot OL3-laitosyksikön osalta perustuvat pääosin CFS:n toimittamaan RC 2 – konfiguraatiopisteen suunnitteludataan sekä saatuihin laitepaikkojen muutoksien datan toimituksiin. Valokuvaamalla kerätyn datan vertailukohteena käytetty tämänhetkinen laitostieto ei siis ole tasoltaan ”As built” – konfiguraatiopisteen dataa. Tämä on yksi mahdollinen syy mahdollisille vertailussa ilmeneville poikkeamille, koska alkuperäiseen suunnitteludataan on voinut tulla laitepaikkatietojen kohdalla teknisiä muutoksia vaatimuksiin esimerkiksi järjestelmätestien kautta. Laitteiden tekniset tiedot päivittyvät ajantasaisiksi tiedon konfiguraatiopisteen edetessä kohti ”As built” – tason dataa.

### 8.2.2 Poikkeamat kentällä

Verifiointityön kautta ilmenneitä poikkeamia oli pääasiassa muutamaa tyyppiä. Osa vastaan tulleista poikkeamista kohdentui kentällä havaittuihin laadullisiin seikkoihin, esimerkiksi laitteiston kilpitietojen ja stanssauksien merkintöjen epäselvyyksiin.

Valokuvatuissa tiloissa saattoi tulla vastaan laitepaikkoja, jotka kuuluivat verifiointin piiriin, mutta ei löytynyt kyseisen tilan laitepaikkaluettelosta. Laitteet kuvattiin muun laitteiston tapaan, merkittiin valokuvien käsittelyssä normaalisti ja kirjattiin huoneen laitepaikkalistan loppuun lisätietona. Lisätietoihin mainittiin mihin huonesijaintiin löydetty laitepaikka oli laitostietokannassa merkitty.



## 9 JATKOTOIMENPITEET

### 9.1 Laitostietokannan päivitys

Datan vertailussa vastaan tullutta virheellistä laitostietoa tullaan systemaattisesti korjaamaan laitostietokantaan. Mikäli kentältä kerätty tieto täsmää toimittajalta saatuja uusimman revision dokumentteihin, mutta on ristiriidassa laitostietokannan kanssa, tulee tieto päivittää ajantasaiseksi.

### 9.2 Reklamaatiot

Verifiointityössä vastaan tulevien laitepaikkojen poikkeamien syyt selvitetään, niin dokumentaation kuin asennuksien osalta. TVO:n tehtäviin kuuluu laitostoimittajan toimittaman datan läpikäynti. Jos ristiriitaisuuksia toimitetussa tiedossa ilmenee läpikäynnin aikana, havaitut virheet ja puutteet dokumentaatioissa selvitetään sekä reklamoidaan laitostoimittajalta.

Työn suorittamisessa vastaan tulleet laadulliset epäkohdat kentällä dokumentoidaan ja reklamoidaan laitostoimittajalta korjaavia toimenpiteitä varten. Laitostiedon ja kentältä kerätyn datan vertailussa ilmenneet ristiriidat selvitetään ja mahdollinen virhe tarkistetaan myös toimittajan uusimmasta tiedon toimituksesta.

### 9.3 Verifiointityön jatkaminen

Pilottihankkeen avulla todettiin työn suorittamisen jatkaminen olevan hyödyllistä laitostiedon ylläpidon kannalta ja täydentävän jo käytössä olevia verifiointimetodeja. Laitostiedon verifiointi on elintärkeä osa laitostietokannan ylläpidon kannalta, sillä mahdollinen virheellinen laitostieto tulee viimeistään vastaan sitä käytettäessä laitoksen ylläpidossa.

Tässä työssä esitetty tapa verifioida laitostietoa jatkaa kehittymistään datan tarpeen mukaan. Verifiointityötä jatketaan esitetyn metodin pohjalta alkuvuoden 2018 aikana.

## 10 YHTEENVETO

Kokonaisuutena kentällä tehtävä verifiointityö on erinomainen tapa saada varmuus asennetun sähkö- ja automaatiolaitteiston sekä mekaanisten laitteiden täsmävydestä laitostiedon kanssa. Toimittajan toimittama dokumentaation yhteneväisyys asennuksiin laitoksella saadaan samalla varmennettua. Laitapaikkojen visuaalinen tarkistaminen ja dokumentointi valokuvaamalla olivat suorituksena hyvin suoraviivainen ja osoittautui täydentävän muita käytössä olevia verifiointimenetelmiä erinomaisesti. Kentälle jalkautuminen vaatii resursseja, mutta data laitepaikoista on suhteellisen yksinkertaista kerätä kentältä sekä se on laadultaan hyvää ja luotettavaa. Kentältä saatu tieto tukee laitostiedon tason siirtymistä kohti ”As built” – tasoa sekä edesauttaa karSIMaan mahdollisen virheellisen tiedon laitepaikka- ja komponenttitasolla laitostietokannassa. Kun verifioitavia laitteita on määrällisesti paljon sekä useaa eri tyyppiä, on metodin käyttö systemaattisesti toteutettuna järkevää, mutta vaatii panostusta henkilöresursseihin.

Tuotetut valokuvadokumentit antavat selvän kuvan laitteiston tilanteesta kentällä. Järjestelmällisesti toteutettuna metodi on nopea tapa saada täysi varmuus laitteiston teknisen tiedon suhteen. Valokuvadokumenttien etuna on myös niiden monipuolinen hyödyntämisen mahdollisuus, esimerkiksi laitoksen yksilöseurantaan kohdistettujen moottorien tai solenoidiventtiilien sarjanumeron varmennuksessa sekä 3D-mallin ylläpidossa.

Työ oli aihepiirinä erittäin mielenkiintoinen suorittaa. Se antoi mahdollisuuden perehtyä laitostiedon käsittelyyn ja kasvatti ymmärrystä laitosrakenteen ylläpidon tärkeydestä ja laitostiedon roolista ydinvoimalaitoksen laitoskokonaisuudessa.

Laitostiedon verifiointi on elintärkeä osa laitoskokonaisuuden toimivuuden ja ylläpidon kannalta. Mahdollinen virheellinen laitostieto tulee viimeistään vastaan sitä käytettäessä laitoksen ylläpidossa, kuten laitosyksikön kunnossapidon yhteydessä, hidastaen mahdollisia häiriöselvityksiä sekä suunniteltuja muutostöitä.

Laitapaikkojen verifiointia valokuvaamalla jatketaan tässä insinööriyössä esitetyn metodin pohjalta alkuvuodesta 2018.

## LÄHTEET

Energiateollisuus, sähkötase 1970-2016. www-sivut. [https://energia.fi/ajankoh-taista\\_ja\\_materiaalipankki/materiaalipankki/sahkotase\\_1970-2016.html](https://energia.fi/ajankoh-taista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/sahkotase_1970-2016.html). Luettu ja viitattu 2.11.2017.

Fennovoima Oy, www-sivut. <https://www.fennovoima.fi/hanhikivi-1>. Luettu ja viitattu 4.12.2017.

Kaakinen A., laitostietokannan peruskäyttäjäkoulutus 2017a. PowerPoint TVO:n järjestelmässä. Luettu 2.11.2017.

Kaakinen A., KKS-koulutus 2017b. PowerPoint TVO:n järjestelmässä. Luettu ja viitattu 3.11.2017.

Kronebach, process-related identification. Verkkojulkaisu. <http://www.kronebach.com/kks/e/index-e.html>. Luettu ja viitattu 10.12.2017.

OL3 – järjestelmäluettelo 2016, s. 37-40. Luettu ja viitattu 11.11.2017.

PSK 3603, PI-kaavion esitystapa ja merkitsemisohje. 19 s. 2012, PSK Standardisointiyhdistys ry. Helsinki: PSK. Luettu ja viitattu 2.2.2018.

STUK, OL3 kolmannesvuosiraportti, verkkojulkaisu. [http://www.stuk.fi/stuk-valvoo/ydinturvallisuus/stukin-kolmannesvuosiraportointi/rakentamisen\\_aikainen\\_valvonta](http://www.stuk.fi/stuk-valvoo/ydinturvallisuus/stukin-kolmannesvuosiraportointi/rakentamisen_aikainen_valvonta). Luettu ja viitattu 27.1.2018.

Teollisuuden Voima Oyj, www-sivut. <http://www.tvo.fi/laitosyksikot>. Luettu ja viitattu 3.12.2017.

TVO vuosikertomus 2017, verkkojulkaisu. <http://vuosikertomus.tvo.fi/toimintaymparisto2017>. Luettu ja viitattu 1.3.2018.

Työ- ja elinkeinoministeriö, www-sivut. <http://tem.fi/ydinenergia>. Luettu ja viitattu 15.12.2017.

VGB PowerTech, www-sivut. <http://www.vgb.org/>. Luettu ja viitattu 16.11.2017.

Ydinenergia-asetus 12.2.1988/161, verkkojulkaisu. <https://www.stuklex.fi/fi/ls/19880161>. Luettu ja viitattu 18.12.2017.

YVL A.8, 20.5.2014, verkkojulkaisu. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLA-8>. Luettu ja viitattu 5.1.2018.

YVL 11.12.1987/990, verkkojulkaisu. <https://www.stuklex.fi/fi/ls/19870990>. Luettu ja viitattu 16.12.2017.

YVL 2.1, Ydinvoimalaitosten turvallisuusluokitukset, verkkojulkaisu. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVL2-1>. Luettu ja viitattu 28.2.2018.