



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

JANNE MÄKELÄ

Esiselvitys valvomon ohjaus- ja indikointiyksiköiden korvaamiseksi

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN
KOULUTUSOHJELMA
2020

Tekijä Mäkelä, Janne	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Joulukuu 2020
	Sivumäärä 50 Liitteitä 0	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Esiselvitys valvomon ohjaus- ja indikointiyksiköiden korvaamiseksi		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma		
<p>Opinnäytetyön tehtiin Teollisuuden Voima Oyj:lle. Työssä selvitettiin mahdollisuudet Olkiluodon ydinvoimalaitoksien OL1 ja OL2 keskusvalvomoissa sijaitsevien käyttöliittymien ohjaus- ja osoitinyksiköiden käytön jatkamiseksi ja/tai korvaamiseksi. Aluksi työssä perehdyttiin nykyisen käyttöliittymän rakenteeseen ja valvomosuunnitteluun liittyviin ohjeisiin, käytäntöihin ja suunnitteluperusteisiin, jonka pohjalta selvitettiin mahdolliset ratkaisuvaihtoehdot. Selvityksestä tehtiin raportti, jota tullaan käyttämään jatko-toimenpiteiden arviointiin.</p>		
Asiasanat automaatiojärjestelmät, käyttöliittymät, suunnittelu, valvomot, ydinvoimala		

Author Mäkelä, Janne	Type of Publication Bachelor's thesis	Date December 2020
	Number of pages 50 Appendices 0	Language of publication: finnish
Title of publication Preliminary study to replace control and indication units in control rooms.		
Degree program Electrical and Automation Engineering		
<p>The thesis was made for Teollisuuden Voima Oyj. The purpose of this thesis was to conduct a research the possibilities of continuing use and/or replacing the control and indicator units, that can be found in the user interfaces located in the main control rooms of the Olkiluoto nuclear power plants OL1 and OL2. At first in the thesis was to familiarize to the construct of the current user interface and guidelines, principals and design basis, on the basis which was used to research the solution options. The preliminary study was used to make a report, which will be used to evaluate the continuation measures.</p>		
<u>Key words</u> automation systems, control rooms, design, user interface, nuclear power plant		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 TEOLLISUUDEN VOIMA OY	8
2.1 Kiehusvesireaktori (BWR - Boiling Water Reactor)	9
3 NYKYINEN JÄRJESTELMÄ.....	10
3.1 Asea.....	10
3.2 Valvomo	10
3.3 Käyttöliittymät	12
3.4 Ohjaustaulut ja -pulpetit.....	12
3.4.1 Kaappien rakenne ja laitteiden sijoittelu.....	12
3.4.2 Pulpettien rakenne ja laitteiden sijoittelu	16
3.5 Mosaiikkijärjestelmä.....	17
3.6 Ohjaus- ja osoitinyksiköt	20
3.6.1 Ohjaus- ja osoitinyksiköt OMGM.....	23
3.6.2 Osoitinyksiköt OSOM.....	25
3.7 Vapautustoiminto	27
3.8 Koulutussimulaattori (OLKS).....	29
4 SUUNNITTELU	30
4.1 Valvonta ja luvitus	30
4.1.1 Ydinturvallisuusohjeet	31
4.1.2 Sovellettavaa ohjeistusta	31
4.1.3 Koulutussimulaattoriin liittyvää ohjeistusta.....	33
4.2 Valvomomuutoksien suunnitteluperiaatteita.....	34
4.2.1 Muutoksen merkittävyys	35
4.3 Human Factors and Ergonomics (HF/E).....	35
4.3.1 Määritelmä	36
4.3.2 Human Factors Engineering (HFE)	36
5 RATKAISUVAIHTOEHDOT.....	38
5.1 Yksiköiden hankkiminen, käytöstä poistuvilta voimalaitoksilta	38
5.1.1 Ylimenovastus.....	39
5.2 Korvaavan järjestelmän hankkiminen simulaattorille.....	40
5.3 Korvaavan järjestelmän hankinta laitoksille ja simulaattorille	40
5.4 Vaihtoehtojen vertailu.....	41
6 MAUELLIN MOSAIKKIJÄRJESTELMÄ	42
6.1.1 Mosaiikkirungon rakenne	43
6.1.2 MI-yksiköt ja I-yksiköt	44

6.2 Kokemuksia	45
6.3 Vertailu.....	45
6.3.1 MI-yksiköt.....	45
6.3.2 I-Yksiköt	46
6.3.3 Yksiköiden kiinnitys	46
6.4 Mauellin yksiköiden sovittaminen Asean järjestelmään.....	47
7 YHTEENVETO	49
LÄHTEET	
LIITTEET	

Lyhenteet

Lyhenne:	Selite:
TVO	Teollisuuden Voima Oyj
OL1/OL2	Voimalaitoksien Olkiluoto 1 ja 2 lyhenteet
BWR	Kiehumisvesireaktori (Boiling water reactor)
OLKS	Olkiluoto koulutussimulaattori
MI-yksikkö	Ohjaus- ja osoitinyksikkö (Manöver- och indikeringsenhet)
I-yksikkö	Osoitinyksikkö (Indikeringsenhet)
STUK	Säteilyturvakeskus
YVL-ohje	Ydinturvallisuusohje
HF/E	Human Factors and Ergonomics
HFE	Human Factors Engineering

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä esiselvitys laitossyksiköiden Olkiluoto 1 ja 2 keskusvalvomoiden mosaiikkijärjestelmän muodostaman käyttöliittymään asennettujen ohjaus- ja osoitinyksiköiden eli MI-yksiköiden käytön jatkamiseksi ja/tai korvaamiseksi. Opinnäytetyössä käsitellään ydinvoimalaitoksien valvomoiden, sekä valvomokäyttöliittymien suunnittelua ja niille asetettuja vaatimuksia.

Esiselvitysraportissa vertaillaan eri ratkaisuvaihtoehtoja nykyisten yksiköiden käytön jatkamiseksi, sekä niiden korvaamiseksi. Ratkaisuvaihtoehtoja tullaan vertailemaan niiden tekniikan, luvituksen, käyttöiän, sekä kustannusten perusteella.

Nykyiset yksiköt ovat laitoksien alkuperäisiä ja niiden valmistus on lopetettu. Yksiköiden alkuperäinen toimittaja on Asea Atom AB, joka on vastannut laitoksien toimitamisesta. Alkuperäiset yksiköt OMGM/OSOM on vuonna 1998 korvattu vastaavalla ABB:n valmistamilla CMHC malleilla, joiden saatavuus on kuitenkin päättynyt vuonna 2014. Laitoksille alkuperäinen suunnitteluperusteena käytetty käyttöikä (40v), päättyi vuonna 2018. Voimayhtiön strategian mukaisesti laitokset on pidetty hyvässä käyttökunnossa uusimalla järjestelmäkokonaisuuksia, jonka johdosta haettiin laitoksille uutta 20v kestävää käyttöilupaa, joka mahdollistaa laitoksien käytön vuoteen 2038 asti. Tästä johtuen yksiköiden varaosasaatavuus tulee taata, sillä nykyisten yksiköiden varaosat ovat mallista riippuen vähissä.

Yhtenä vaihtoehtona on mahdollisuuksien mukaan käytettyjen yksiköiden hankkiminen käytöstä poistuvilta laitoksilta varaosiksi, mutta riippuen näiden saatavuudesta ja kunnosta on tutkittava mahdollisuudet myös yksiköiden korvaamiseksi.

2 TEOLLISUUDEN VOIMA OY

Teollisuuden Voima Oyj eli TVO on vuonna 1969 perustettu energiayhtiö, jonka omistajat ovat suomalaiset voima- ja teollisuusyhtiöt. Eurajoen Olkiluodon ydinvoimalaitoksessa sijaitsevien kahden vuosina 1979 ja 1982 valmistuneilla Olkiluoto 1 ja 2 laitosyksiköillä tuotetaan noin kuudesosa kaikesta Suomessa käytettävästä sähköstä. Sähkö tuotetaan omistajille omakustannushintaan ja sähköstä puolet menee teollisuuden käyttöön, sekä puolet palvelusektorin, maatalouden ja kotitalouksien käyttöön.

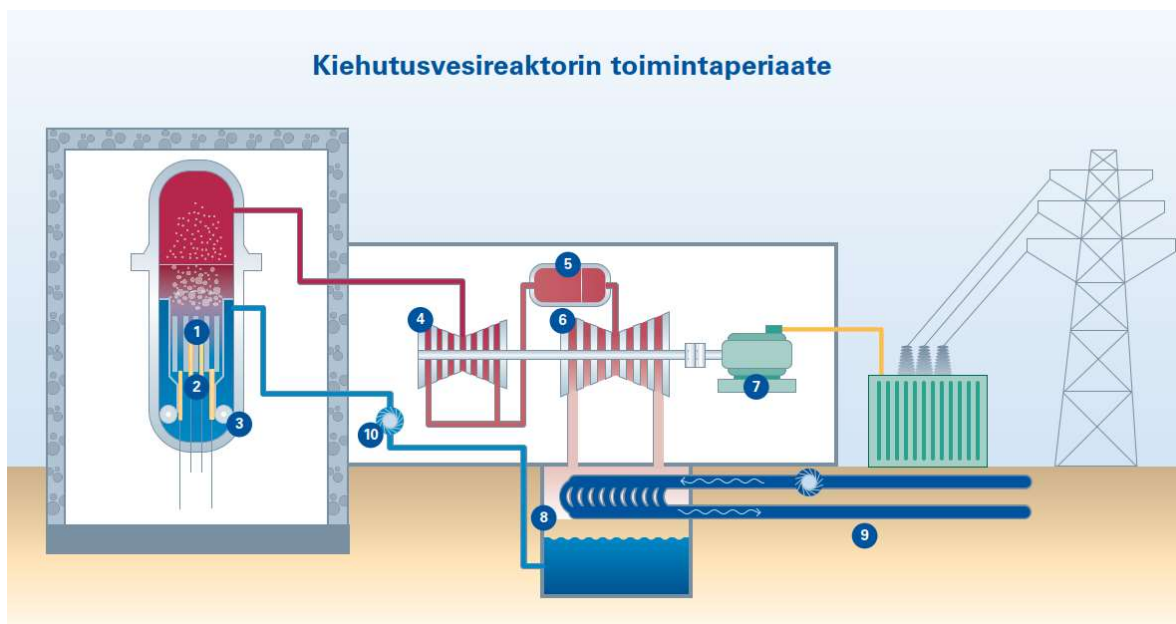
40-vuoden aikana on laitosyksiköiden 1 ja 2 nettosähkötehoa nostettu 660 megawattista 890 megawattiin. Tämä tehoperannus on mahdollistettu turbiinin modernisoinnin avulla, sekä kasvattamalla reaktorin lämpötehoa. Lisäksi laitoksien käyttökerrointa on parannettu ja vuonna 2019 laitoksien yhteinen käyttökerroin oli 94,8 %.

Olkiluotoon on rakenteilla kolmas laitosyksikkö, joka valmistuttuaan nostaa tuotetun sähkön määrän lähes kolmasosaan kaikesta Suomessa tuotetusta sähköstä. Kyseisen laitosyksikön on määrä aloittaa säännöllinen sähköntuotanto vuoden 2022 helmikuussa (TVO www-sivut 2020).



Kuva 1. Olkiluodon ydinvoimalaitokset (TVO, Verkkosivut 2018)

2.1 Kiehumusvesireaktori (BWR - Boiling Water Reactor)



Kuva 2. Kiehumusvesireaktorilaitoksen toiminta periaate (TVO, OL1 ja OL2 Tekninen esite 2007)

Laitosyksiköt OL1 ja OL2 ovat tyypiltään kiehumusvesireaktorilaitoksia. Laitoksen reaktoripaineastiassa vettä kierrätetään polttoaineriippuja muodostavien polttoainesauvojen lävitse (1), jonka johdosta vesi lämpenee ja lopuksi höyrystyy. Reaktorin tehonsäätö tapahtuu paineastian pojassa olevien pääkiertopumppujen (3), sekä säätösauvojen avulla (2). Ennen reaktorissa syntyneen höyryn johtamista turbiinilaitokselle, pitää siitä sen kosteuspitoisuutta alentaa paineastian yläosaan sijoitetun höyrynerottimen ja -kuivaimen avulla. Kuivattua höyryä kutsutaan tuorehöyryksi ja se johdetaan neljää päänhöyryputkea pitkin korkeapaineturbiinille (4), jonka avulla tuotetaan 40 % laitoksen kokonaissähköstä. Tämän jälkeen höyry kuivataan uudelleen, sekä tulistetaan välitulistimessa (5), josta se johdetaan neljälle matalapaineturbiinille (6). Matalapaineturbiineista kukin tuottaa laitoksen kokonaissähköstä 15 %. Turbiinien tehtävänä on pyörittää samalle akselille kytkettyä generaattoria (7), joka puolestaan tuottaa sähköä kantaverkkoon. Turbiineilta tuleva höyry lauhdutetaan meriveden (9) avulla lauhduttimessa (8) takaisin vedeksi, syntynyt lauhdevesi johdetaan lauhdepumpuilla puhdistusjärjestelmän, sekä matalapaine-esilämmittimen kautta syöttövesipumpuille (10). Tämän jälkeen syöttövesi pumpataan korkeapaine-esilämmittimien kautta takaisin reaktoriin. Lauhduttimessa lämmennyt merivesi johdetaan poistokanavaa pitkin takaisin mereen (TVO 2007, 7).

3 NYKYINEN JÄRJESTELMÄ

3.1 Asea

Nykyisen valvomo järjestelmän valmistanut Asea AB perustettiin vuonna 1883 Ruotsin Västeråsissa. Yhtiön tuotteisiin kuuluivat pienemmät sähkölaitteet, raitiovaunut, junat, sekä voimalaitokset. Yhtiön ydinvoimaosasto aloitti vuonna 1962 kehittämään ruotsalaisia kevytvesireaktoreita ja vuonna 1972 aloitti ensimmäinen voimalaitos kaupallisen tuotannon ruotsin Oskarshamnissa.

Olkiluodossa sijaitsevat voimalaitokset Olkiluoto 1 ja 2 on toimittanut Asean tytäryhtiön Asea-Atom yhdessä Stal Laval:in kanssa ja laitokset ovat aloittaneet kaupallisen tuotannon vuosina 1979 ja 1982. Ruotsin kahdestatoista ydinvoimalasta Asea on toimittanut yhdeksän, joista edelleen viisi on käytössä. Vuonna 1988 Asea yhdistyi sveitsiläisyhtiö Brown, Boveri & Cienin kanssa muodostaen ABB groupin ja vuonna 2000 ABB myi ydinvoimalaliiketoiminnasta vastaavan tytäryhtiönsä ABB Atomin yhdysvaltalaiselle Westinghouselle.

ABB groupilla on edelleen useita tytäryhtiöitä, jotka toimivat useissa maissa esim. suomessa toimiva ABB Oy. Yrityksen päätoimialat ovat automaatio- ja sähkövoimatekniikka ja sen tarjonta kattaa mm. sähköistystuotteet, robotit ja liikkeenohjauksen, sekä teollisuusautomaation ja sähköverkkoratkaisut (ABB www-sivut 2020).

3.2 Valvomo

Voimalaitoksissa sijaitsevien valvomoiden päätehtävänä on valvoa ja ohjata laitoksen prosessia. Valvomoissa sijaitsee näyttöpäätteet, sekä ohjaustaulut ja -pulpetit, joita käytetään laitoksen ohjaukseen ja valvontaan. Näiden laitteiden sijoittelu voidaan jakaa kahteen sijoitustapaan keskitettyyn ja paikalliseen.

Kun näyttö- ja ohjauslaitteet on sijoitettu keskusvalvomoalueelle, on tällöin kyseessä keskitetty sijainti. Keskusvalvomoalueen muodostaa varsinainen keskusvalvomo, sekä

sen järjestelmiä varten olevat laite- ja tietokonetilat. Keskusvalvomoalue voidaan jakaa pääkäyttöalueeseen sekä ns. valvomontakaosaan. Valvomon pääkäyttöalueelle sijoitetaan kaikki laitoksen toiminnan kannalta tärkeimmät työasemat, ohjaustaulut ja -pulpetit. Valvomon takaosaan sen sijaan on sijoitettuna muita hälytystauluja, sekä laitoksen apujärjestelmiä. Mikäli pääsy keskusvalvomoon jostain syystä estyy, on laitos mahdollista ajaa alas varavalvomosta käsin.



Kuva 3. OL1-laitosyksikön valvomo vuosihuoltojen aikaan (TVO, Uutisia Olkiluodosta 1/2018)

Keskusvalvomon lisäksi on laitoksella useita ns. paikallisvalvomoita, tänne asennettujen valvonta- ja ohjauslaitteiden sijoitustapa on paikallinen. Paikallisvalvomoiden tehtävänä on valvoa ja ohjata erinäisien prosessista riippumattomia osia. Paikallisvalvomoissa olevat hälytykset ohjautuvat viiveettä tai viiveellä keskusvalvomoon, mikäli niitä ei kuitata paikallisvalvomosta käsin, sillä paikallisvalvomot ovat miehitettynä vain tarvittaessa (Järjestelmien 511/512 FSAR 2019, 9-10).

3.3 Käyttöliittymät

Valvomossa sijaitseva prosessin käyttöliittymä koostuu monista automaatiojärjestelmistä, sekä alkuperäisistä ohjaustauluihin ja -pulpetteihin sijoitetusta laitteistosta. Ennen kaikki laitoksen hälytykset on ilmaistu näissä perinteisissä ohjaustauluissa ja -pulpeteissa merkkivalojen tai lippureleiden avulla. Uudistusten myötä osa näistä hälytyksistä on voitu siirtää tietokonepohjaisiin järjestelmiin, jolloin näitä varten olleet pulpetit ja taulut on voitu purkaa.

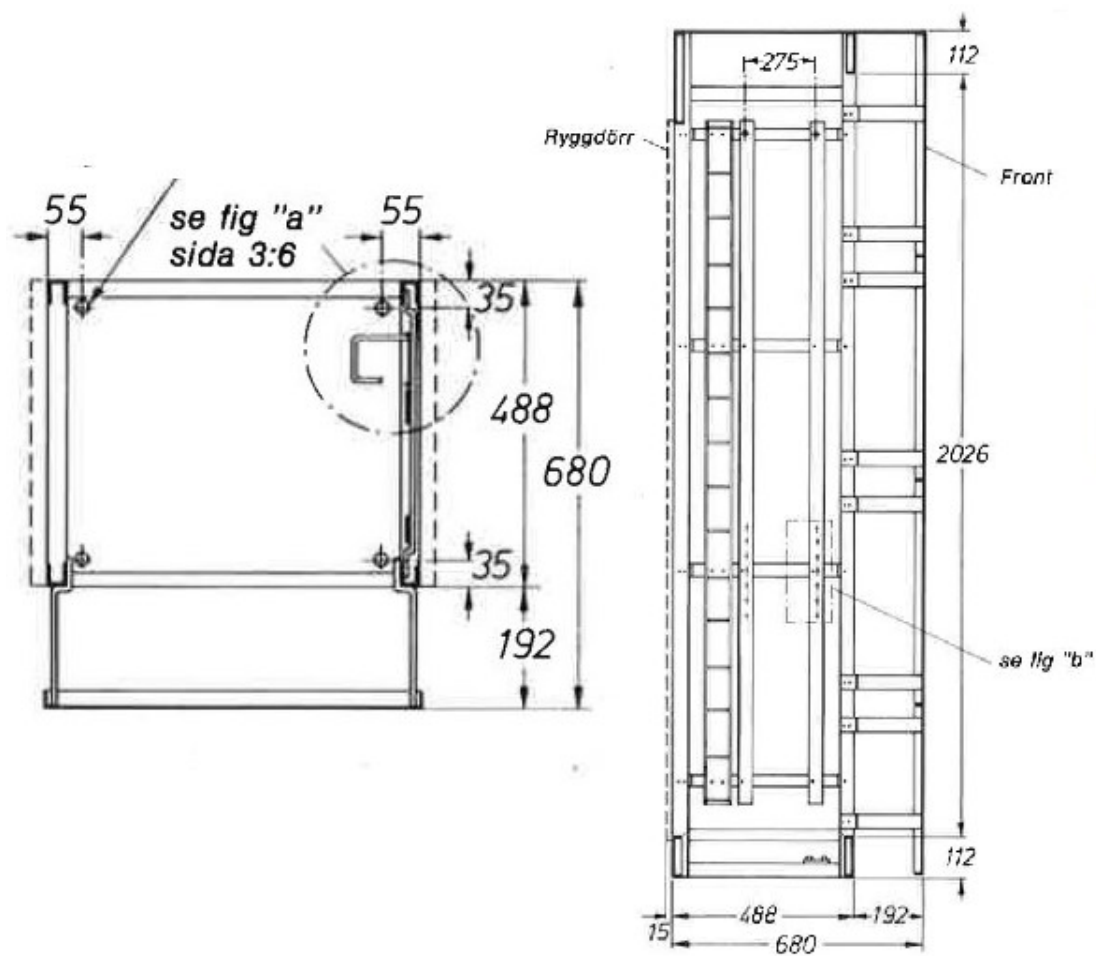
Uudistuksista huolimatta on valvomossa käytössä edelleen useita alkuperäisiä ohjaustauluja ja -pulpetteja, sekä niissä ollut laitteisto. Näiden pulpettien ja taulujen käyttöliittymien uusiminen on haasteellista, sillä niihin sijoitettu laitoksen tärkeitä valvontaja ohjauslaitteita. Lisäksi järjestelmän uusimiseen kuluu huomattavan pitkä aika, joka puolestaan mahdollisesti vaikuttaa huoltoseisokkien pituuteen ja näin ollen suoraan myös työstä aiheutuviin kustannuksiin (Järjestelmien 511/512 FSAR 2019, 15).

3.4 Ohjaustaulut ja -pulpetit

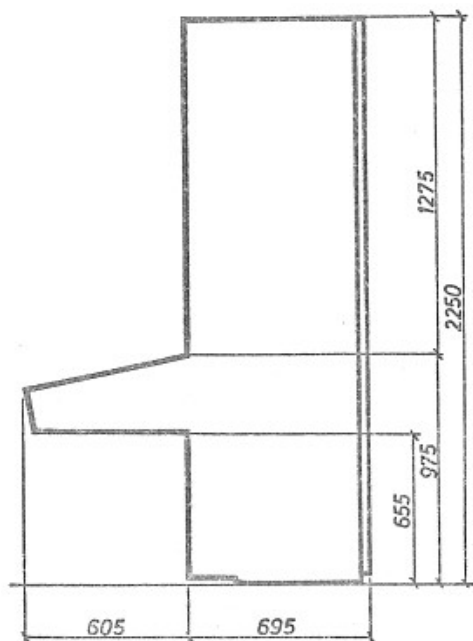
Keskusvalvomon perinteisiin pulpetteihin ja kaappeihin sijoitettu käyttöliittymä koostuu vielä nykyään pääosin alkuperäisestä mosaiikkijärjestelmästä. Näiden pulpettien ja kaappien sijoittelu on toteutettu siten, että ohjaajien normaalisti työskennellessä pulpettien ääressä, pystytään niiden takaa seuraamaan ohjauskaapeissa hälytyksiä varten olevia osoitinyksiköitä.

3.4.1 Kaappien rakenne ja laitteiden sijoittelu

Kaappien mitat ovat 600x2250x680mm (LxKxS) ilman siihen asennettavaa mosaiikkijärjestelmää ja sen kanssa 600x2250x695mm (LxKxS). Tämä johtuu kaapin taakse asennettavasta ovesta, jonka kautta päästään käsiksi mosaiikkitauluun asennettujen laitteiden kytkentöihin. Lisäksi kaappiin voidaan asentaa lisäksi ohjauspulpetti (kuva 5 ja 7), jonka syvyys on 605mm (Segerklev 1974, 1-31).

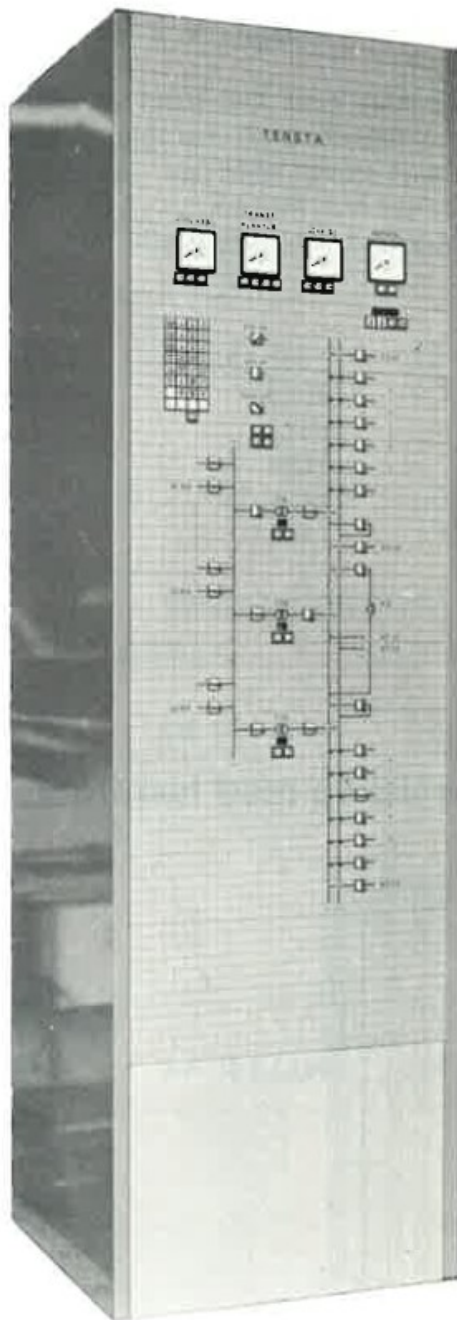


Kuva 4. Mosaiikilla varustetun VTG-kaapin pohjapiirros (Asea, Skåp, tavlor, pulpetter, lådor, ramverk och höljen, 1976)



Kuva 5. Pulpetilla varustetun VTG-kaapin mitat (Asea, Bilaga 7.1, 1973)

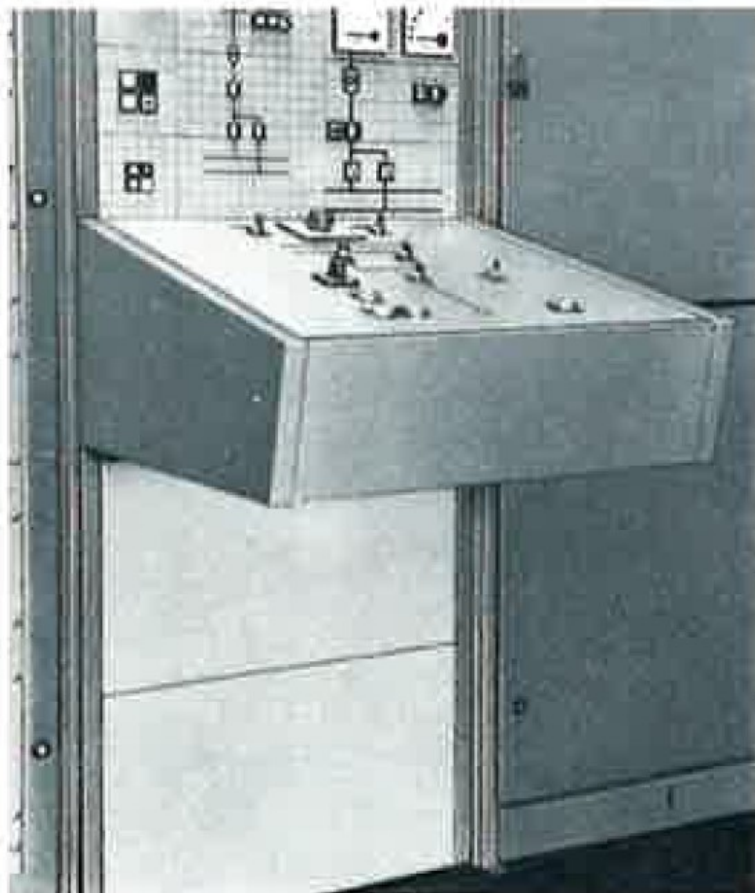
Kaapit, joihin ei ole asennettu pulpettia on järjestetty seuraavalla tavalla:



Kuva 6. Esimerkki pulpetittomasta VTG-kaapista (Asea, Skåp, taylor, pulpeter, lådor, ramverk och höljen, 1976)

Taulun yläosassa sijaitsee järjestelmän hälytyksiä varten olevat ilmoitinyksiköt. Taulun keski- ja alaosassa sijaitsee järjestelmään liittyvä mimiikka ja mittaukset, sekä laitteiden ohjausyksiköt (Segerklev 1974, 1-31).

Pulpetilla varustetut kaapit on järjestetty seuraavasti:

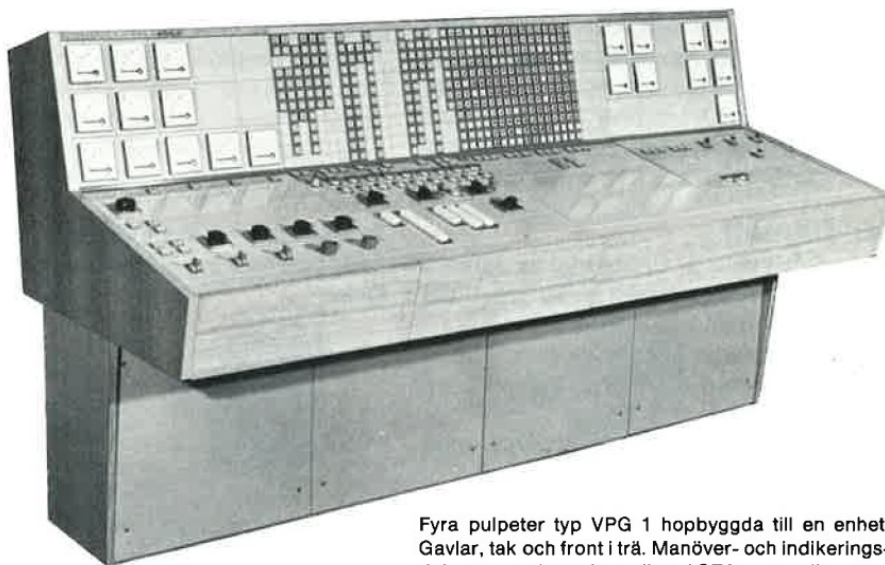


Kuva 7. Ohjauskaappiin asennettava pulpetti (Asea, Skåp, taylor, pulpeter, lådor, ramverk och höljen, 1976)

Yläosassa sijaitsevassa taulussa on järjestelmän hälytyksiä varten olevat ilmoitinyksiköt. Keskiosaan on sijoitettu järjestelmään liittyvät suuremmat mittausyksiköt, sekä kirjoittimet. Alaosaan/pulpettiin on sijoitettu järjestelmän mosaiikki jossa sijaitsee järjestelmään liittyvä mimiikka, ohjausyksiköt, sekä pienemmät mittausyksiköt (Segerklev 1974, 1-31).

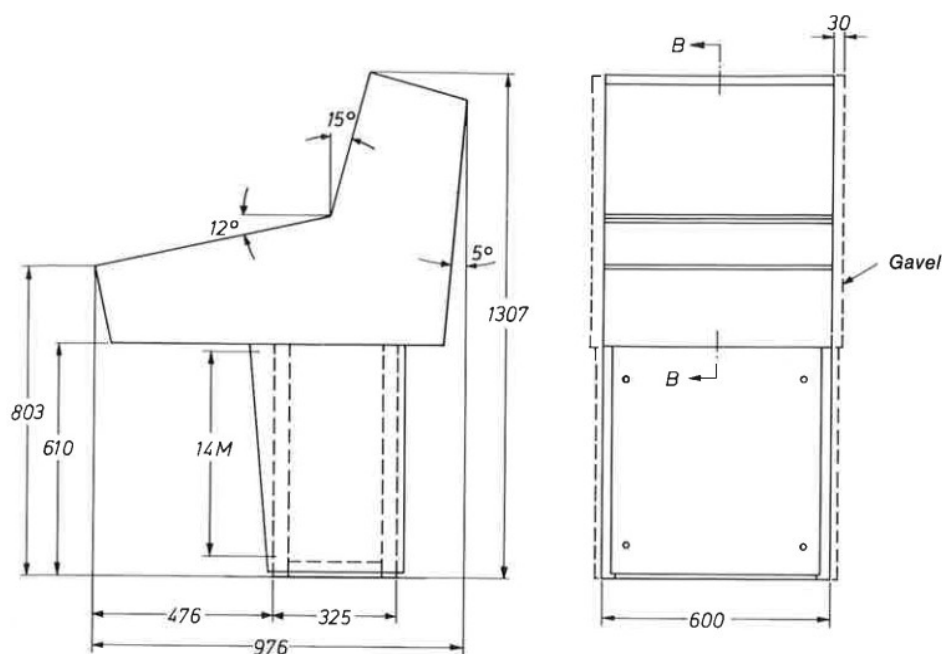
3.4.2 Pulpettien rakenne ja laitteiden sijoittelu

Valvomon pulpettien mitat ovat 600x1307x976mm (LxKxS). Pulpetit on jaettu kolmeen osaan, joista ilmoitinosa on asennettu pulpetin ns. tauluosaan ja ohjausyksiköt pulpettiosaan. Ohjausyksiköille varattu tila on 600mm syvä ja ilmoitinyksiköille on varattu 360mm korkea tila. Pulpetin alaosassa sijaitsee siihen asennetun laitteiston kytkentäkaappi (Segerklev 1974, 1-31).



Fyra pulpeter typ VPG 1 hopbyggda till en enhet. Gavlar, tak och front i trä. Manöver- och indikeringsdelarna uppbyggda enligt ASEAs mosaiksystem

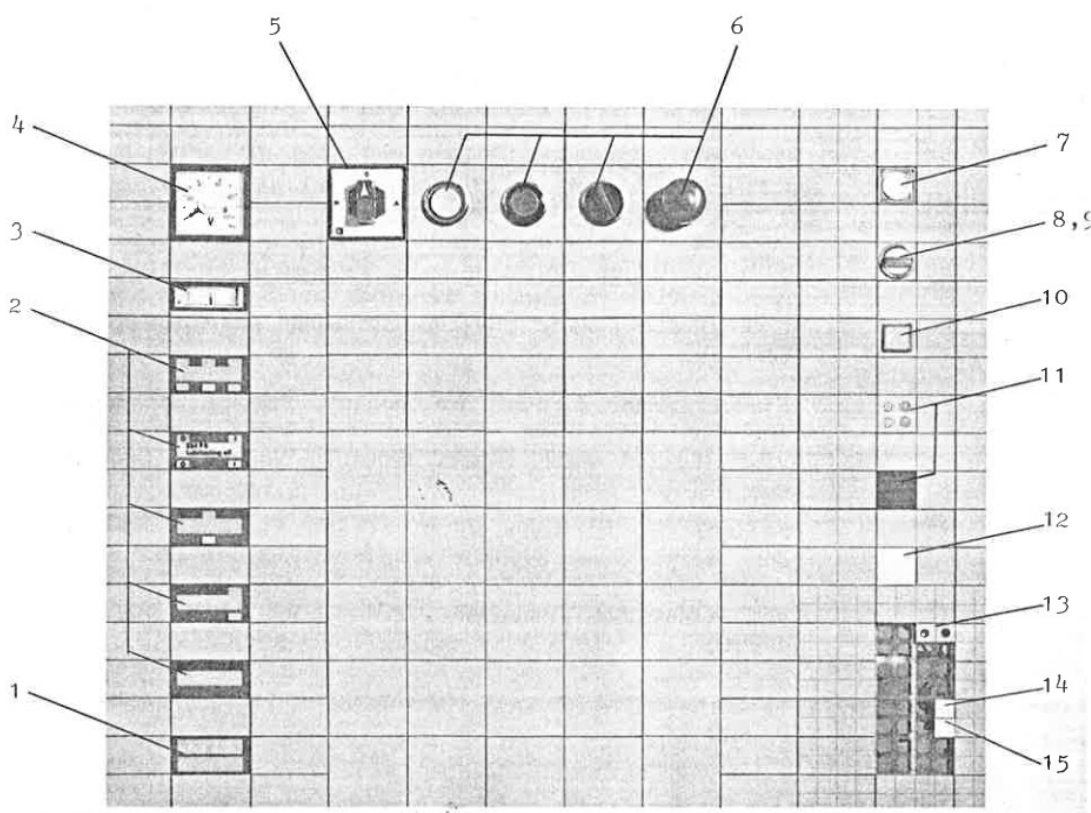
Kuva 8. VPG-pulpetteja mosaikkijärjestelmällä (Asea, Skåp, tavor, pulpeter, lådor, ramverk och höljen, 1976)



Kuva 9. VPG-pulpetin mitat (Asea, Skåp, tavor, pulpeter, lådor, ramverk och höljen, 1976)

3.5 Mosaiikkijärjestelmä

Valvomon ohjaustauluissa ja -pulteissa sijaitseva käyttöliittymä koostuu pääosin edelleen ns. mosaiikkijärjestelmästä, joka rakentuu mosaiikkilaatoista, alumiinisesta rungosta, sekä siihen asennettavista laitteistosta. Tällaisen järjestelmän etuina on sen modulaarisuus, eli siihen asennettavat laitteet ja niiden sijoittelua on helposti muutettavissa. Asean valmistamassa järjestelmässä voidaan käyttää seuraavan kokoisia mosaiikkilaattoja ja laitteita: 12,5x12,5, 25x25, 25x50, 50x50 ja 100x100mm. Prosessitauluissa yleisimmin käytetty laattakoko on 25x50mm, sillä suurin osa siinä käytettävistä laitteistosta on kokoa 25x50mm tai 50x50mm.



Kuva 10. Esimerkki Asean mosaiikkitaulusta ja laitteistosta (Asea, Mosaicsystem och mosaikapparater, 1975)

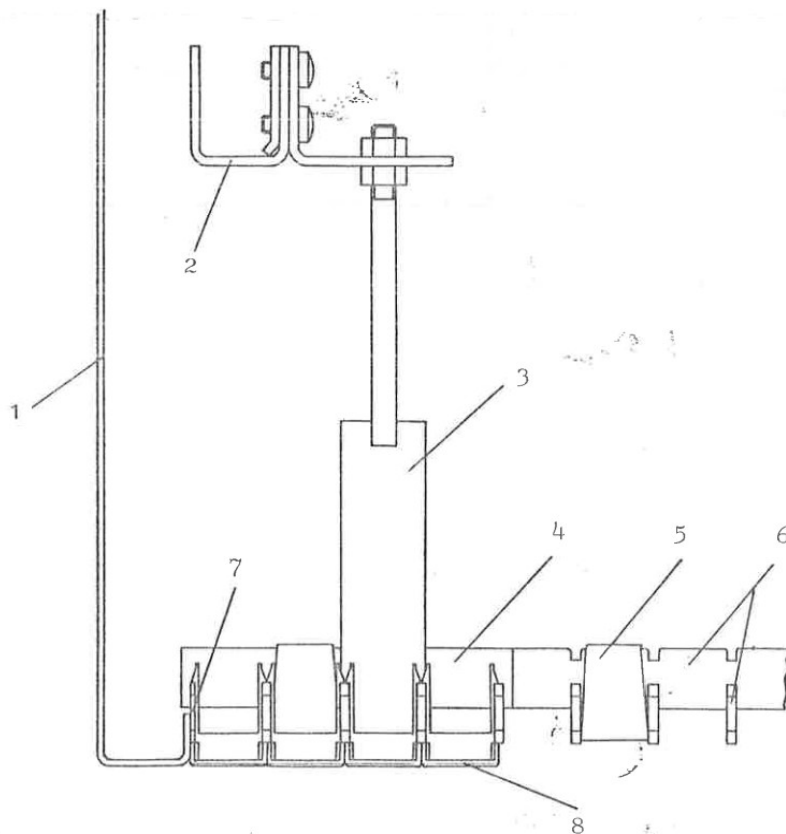
Runko johon mosaiikkilaatat ja siihen tulevat laitteet asennetaan, rakentuu pystyyn ja vaakaan asennettavista erillisistä alumiinikiskoista. Kiskosto voidaan rakentaa tiheimmillään 25x25mm ruudukoksi, riippuen siihen asennettavien laitteiden määrästä ja koosta. Laittepaikkojen kokoa voidaan muuttaa katkomalla tai valitsemalla sopivan pituisia kiskoja, joita on saatavilla 100-1800mm pituisina 50mm jaolla. Mikäli on tarvetta rakentaa pidempiä tai korkeampia tauluja, kuin mitä pisimmän kiskon pituus on,

voidaan kiskoa jatkaa. Tällöin on kuitenkin huomioitava, että kiskojen jatkokohdat eivät tule vierekkäisten kiskojen kanssa samalle kohdalle, jotta taulun tukevuus säilyy.



Valokuva 1. Asea mosaiikkirungon rakentelua

Alumiinikiskoihin on tehty lovet 25mm välein ja kun vaakakiskojen lovet asennetaan pystykiskojen loviin tukevoittavat ne näin toisiaan. Pysty- ja vaakakiskot kiinnitys toisiinsa tapahtuu siihen tarkoitettujen kiinnikkeiden avulla, joita on saatavilla 25mm ja 50mm jaolla oleviin pystykiskoihin. Kiinnikkeissä olevat korvat asennetaan kahden pystykiskon etupuolella oleviin loviin, jonka jälkeen niissä olevan joustava klipsi väännetään kiinnitettävän vaakakiskon taakse. Alumiinirungon pystykiskot kiinnitetään kaappien ja pulpettien runkoihin, tähän tarkoitukseen olevien kiinnikkeiden avulla. Kiinnikkeissä on lovet molemmin puolin ja pystykiskojen lovet asetetaan asettetaan kiinnikkeissä olevien lovien kohdalle, jolloin kiinnike jää kahden pystykiskon väliin, kiinnikkeen leveys on 50mm ja sen kohdalle ei voida asentaa vaakakiskoa.



Kuva 11. Mosaiikkijärjestelmän rakenne ja kiinnitys (Asea, Mosaicsystem och mosaikapparater, 1975)

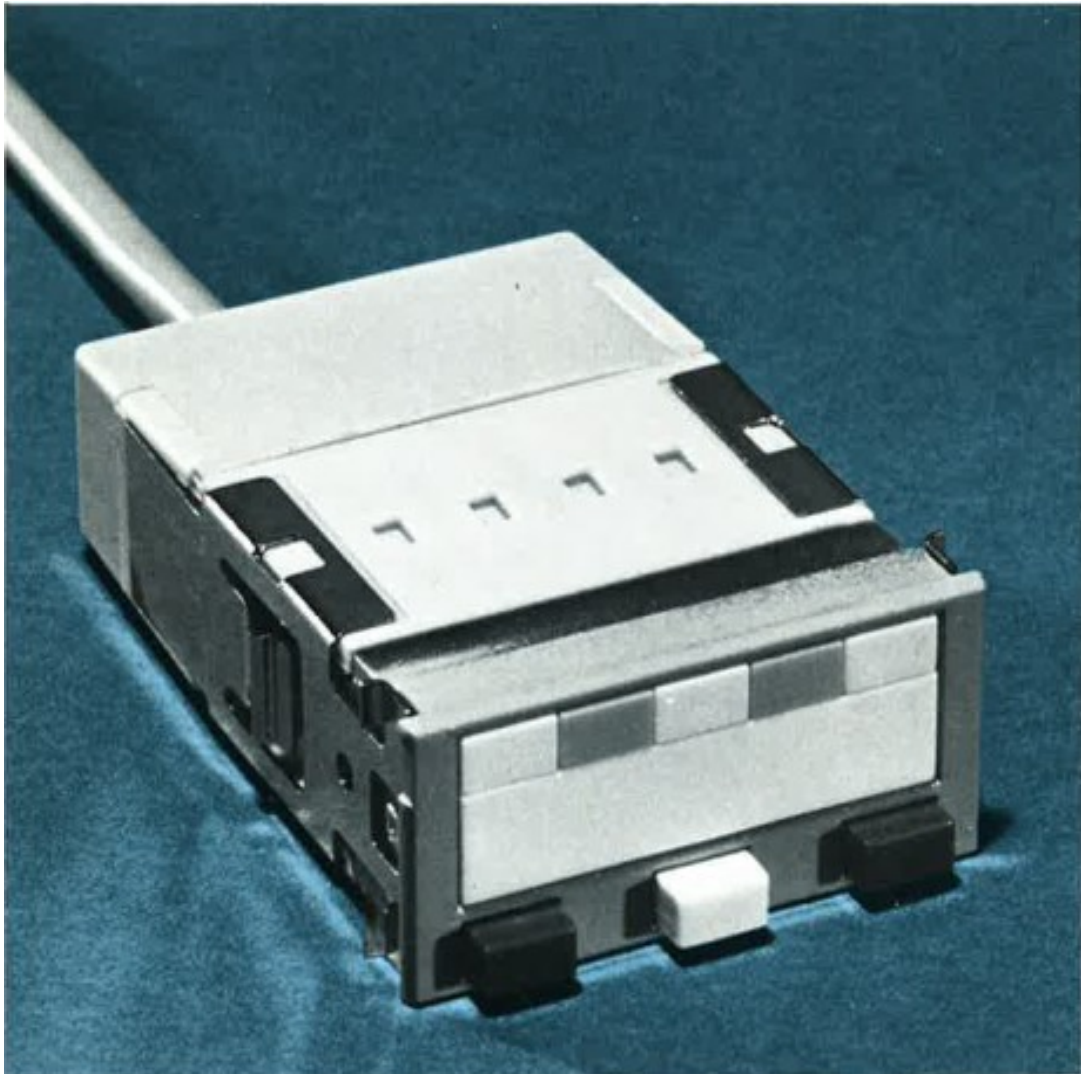
Mosaiikkilaatat kiinnittyvät pystykiskoihin niissä olevien klipsien avulla ja asennus tapahtuu työntämällä ne paikoilleen taulun etupuolelta. Laattoihin on myös voitu toteuttaa ns. mimiikkaa, tällaisissa laatoissa on kaiverrettuna piirrosmerkkejä ja niihin on lisätty värejä selkeyttämään ja erottamaan eri järjestelmät toisistaan. Mimiikan tarkoituksena on esittää siinä olevan järjestelmän piirikaaviota pelkistetystä muodosta ja sitä kautta helpottaa tauluihin ja pulpetteihin asennettujen ohjauksien löytymistä, sekä mahdollisten hälytysten paikannusta (Andersson 1975, 1-21).



Valokuva 2. Esimerkki käytetystä mimiikasta (Mäkelä, 2020)

3.6 Ohjaus- ja osoitinyksiköt

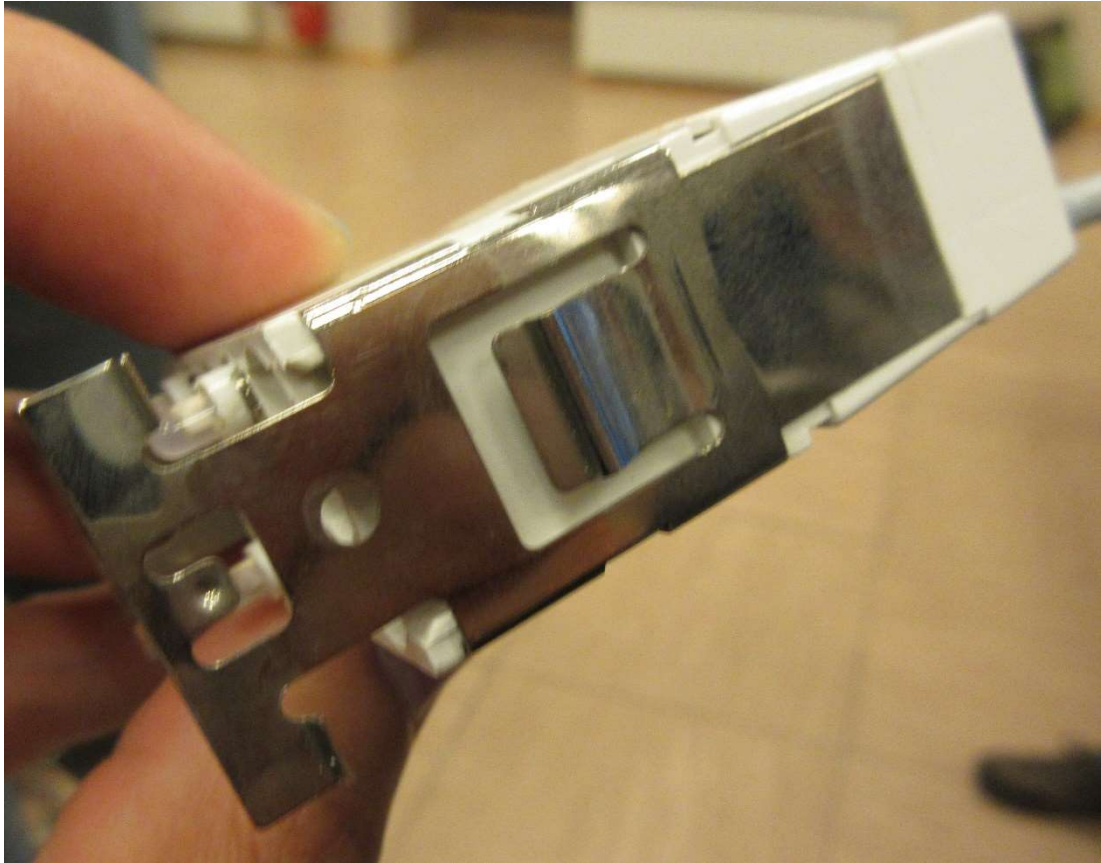
Nykyiset MI-yksiköt (Manöver- och indikeringsenheter) ovat laitokset toimittaneen Asean valmistamia ohjaus- ja osoitinyksiköitä. Nämä yksiköt ovat osa valvomon ohjaustaulussa ja -pulteissa sijaitsevaa mosaiikkijärjestelmää. MI-yksiköt ovat standardikokoisia, eli 25x50mm ja niitä käytetään erilaisten kohteiden kuten moottoreiden ja venttiilien ohjaamiseen, sekä kohteiden hälytyksien ja olotietojen osoittamiseen.



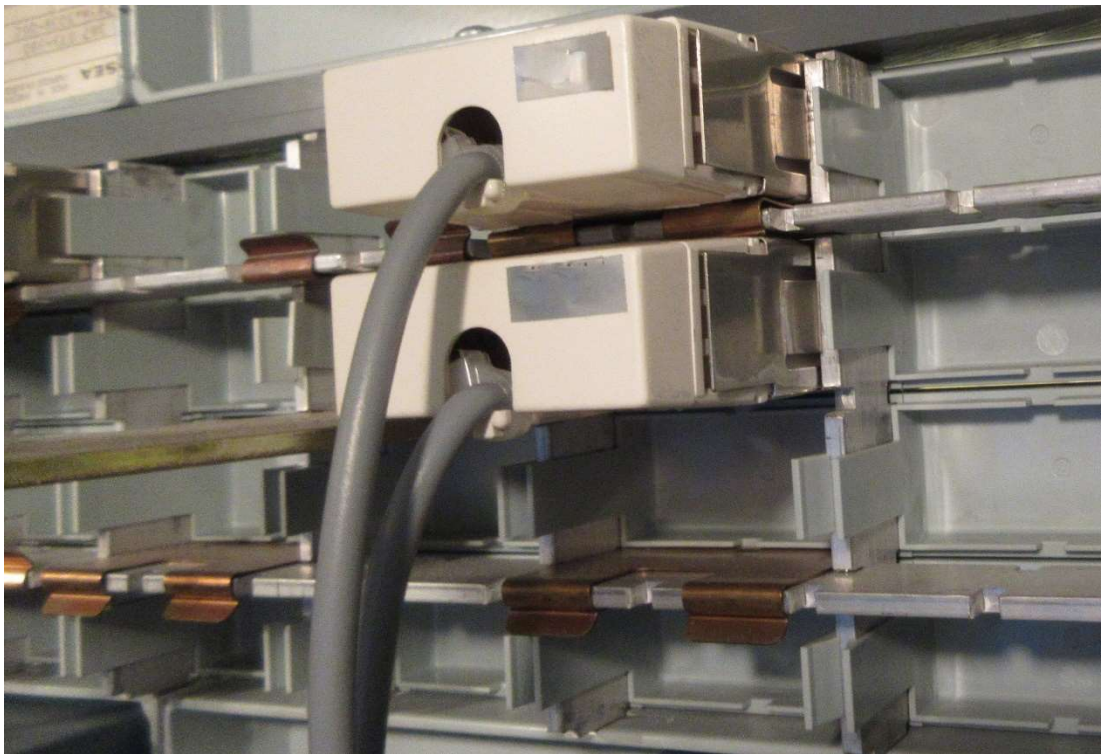
Kuva 12. Asean valmistama MI-yksikkö (Asea, Mosaicsystem och mosaikapparater, 1975)

Osa Asean alkuperäisistä yksiköistä on korvattu uudemmillä ABB:n valmistamilla yksiköillä, jotka on mahdollista erottaa yksiköiden mustasta kehyksestä, mutta myös näiden yksiköiden valmistus on päätynyt. Koska vuonna 2018 laitoksille on myönnetty jatkoa niiden käyttöluville vuoteen 2038 asti, on yksiköille tarvetta tulevaisuudessa tehtävissä huolto- ja muutostöissä.

Yksiköt asennetaan mosaiikkitauluun työntämällä ne taulun etupuolelta ja ne kiinnitetyvät mosaiikkijärjestelmän alumiinirunkoon metallisten kiinnikkeiden avulla. Kaaprien ja pulpettien sisällä yksiköiden kaapelien liittäminen automaatiojärjestelmään tapahtuu RTXG-moninapaliittimien avulla (Andersson 1975, 33).



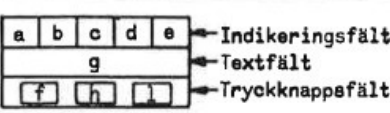
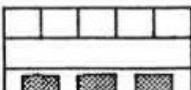
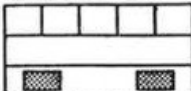
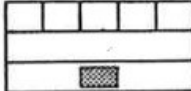
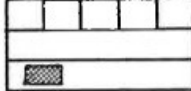
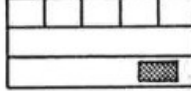
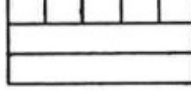
Valokuva 3. Asea MI- ja I-yksiköiden kiinnike (Mäkelä, 2020)



Valokuva 4. Asea MI- ja I-yksiköt kiinnitys (Mäkelä, 2020)

3.6.1 Ohjaus- ja osoitinyksiköt OMGM

Ohjaus- ja osoitinyksiköitä on kahta eri tyyppiä, joiden erona on sen että toinen on varustettu valaistuilla painonapilla. Tämän lisäksi yksiköitä on useita eri malleja, jotka eroavat painonapin määrän ja niiden sijoituksen osalta toisistaan.

Manöver-indikeringsenhet OMGM			
	Antal tryckknappar	Typ OMGM 1 Med belysta knappar Beställningsnr	Typ OMGM 2 Ej belysta knappar Beställningsnr
	3	SK 618 001-A	SK 618 002-A
	2	SK 618 001-B	SK 618 002-B
	1	SK 618 001-C	SK 618 002-C
	1	SK 618 001-D	SK 618 002-D
	1	SK 618 001-E	SK 618 002-E
	ingen		SK 618 002-F

Kuva 13. Alkuperäinen ohjaus- ja osoitinyksiköiden mallitaulukko (Asea, Mosaicsystem och mosaikapparater, 1975)

Yksiköiden etupaneeli voidaan jakaa kolmeen osioon, joista ylimpänä on osoitinosa, keskellä tekstiosa ja alimpana on painonappiosa. Osissa olevat painikkeet ja tekstiosat on valmistettu läpinäkyvästä muovista ja niitä on saatavilla useissa väreissä. Toiminnaltaan painikkeet ovat sulkeutuvia koskettimia.

Osoitinosa on jaettu vielä viiteen pienempään osioon, jotka on varustettu merkkilampuilla. Näiden avulla voidaan indikoida esim. laitteen eri tiloja ja/tai hälytyksiä. Tekst-

tiosio taas on yhtenäinen ja siinä ilmoitetaan yleensä yksikköä vastaavan laitteen tunnus. Tekstiosan alla sijaitsee viisi lamppua ja mallista riippuen näiden avulla tekstiosio voidaan jakaa kahdesta viiteen pienempään osaan, sillä valaistuilla painonapeilla varustetut yksiköt käyttävät osan näistä lamppuista, painonappien valaisuun.

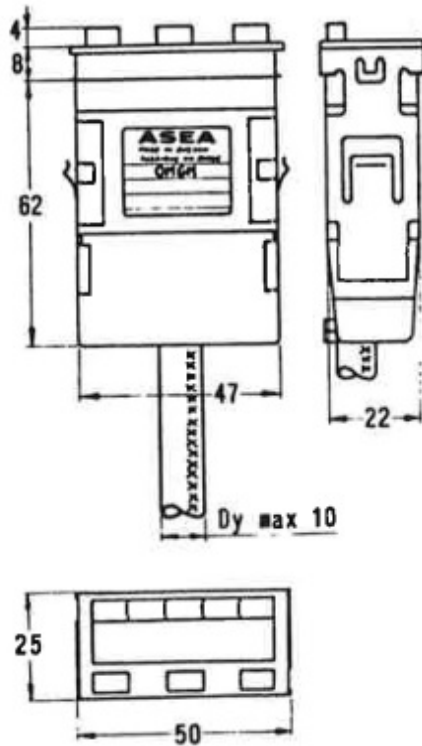
Mallista riippuen yksikkö on varustettu joko ilman painonappeja tai halutuista toiminnoista riippuen siinä voi olla yhdestä kolmeen painonappia. Lisäksi alkuperäistä yhdellä painonapilla varustettua mallia löytyy kolmea erilaista, joissa painike on sijoitettu joko painikeosan keskelle tai jompaankumpaan reunaan. Nämä kolme mallia on kuitenkin voitu korvata yhdellä ABB:n mallilla, jossa painonappi sijaitsee painikeosan keskellä (Andersson 1975, 33-34).

Kolmella painonapilla varustettuja yksiköitä käytetään mm. moottoriventtiilien (esim. Auma) ajoon, tällöin reunoissa olevilla painikkeilla ajetaan venttiiliä auki tai kiinni ja keskimmaisella painikkeella voidaan pysäyttää ajo. Ajon käynnistyttyä alkaa painike vilkkua indikoiden ajon olevan kesken/päällä. Venttiilin ollessa auki tai kiinni syttyy ilmoitin osassa oleva valo tilan mukaisesti.

Kahdella painonapilla varustettuja yksiköitä käytetään mm. laitteiden kytkemiseksi päälle ja pois. Laitteen vaihtaessa tilaansa syttyy ilmoitinosassa olevat valot tilan mukaisesti. Painonapittomia yksiköitä käytetään lähinnä eri kohteiden olotilojen ilmaistamiseen.

Mikäli yksiköllä ohjattavassa tai tarkasteltavassa kohteessa aktivoituu hälytys, alkaa tekstikentän merkkivalo vilkkua. Kuittauksen jälkeen merkkivalo jää palamaan vilkkumatta, kunnes hälytys poistuu ja valo sammuu. Vian kuittaus tapahtuu pulpettiin asennetun kuittaus painikkeen avulla.

OMGM Vikt 0.07 kg



Kuva 14. Asea ohjaus- ja osoitinyksiköiden tekniset tiedot (Asea, Mosaicsystem och mosaikapparater, 1975)

3.6.2 Osoitinyksiköt OSOM

Osoitinyksiköitä on kahta mallia, joka on varustettu joko yhtenäisellä tai kahdella erillisellä tekstiosalla. Osoitinyksiköt on myös voitu korvata vastaavilla ABB:n valmistamilla malleilla. Molemmat mallit on varustettu kahdessa rivissä olevilla kymmenellä lampulla, joiden avulla tekstiosat voidaan jakaa kahteen, neljään tai kymmeneen pienempään osaan. Yksiköissä olevien tekstiosat ns. ikkunat on valmistettu läpinäkyvästä muovista ja niitä on saatavilla useissa väreissä (Andersson 1975, 35).

Indikeringsenhet OSOM

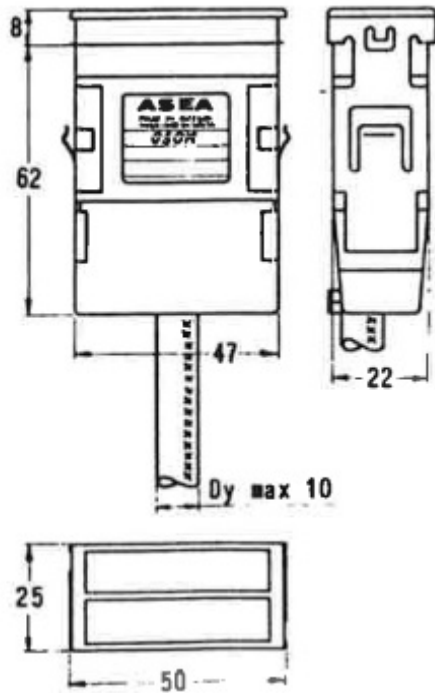
m	Textfält m	Typ OSOM Beställningsnr
n	Textfält n	
		SK 618 003-A
		SK 618 003-B

Kuva 15. Asea osoitinyksikkö mallitaulu (Asea, Mosaicsystem och mosaikapparater, 1975)

Yksiosaisia osoitinyksiköitä käytetään eri kohteiden hälytysten ilmaisussa. Kun hälytys aktivoituu alkaa sitä ilmaisevassa tekstikentässä vilkkumaan valo ja kun vika kuittataan jää valo palamaan, kunnes hälytys poistuu.

Kaksiosaisia osoitinyksiköitä käytetään mm. tankeissa olevien ylä- ja alaraja hälytysten ilmaisuun. Kaksiosaisien yksiköiden hälytykset ja niiden kuittaus toimii samalla tavalla, kuten yksiosaisissa yksiköissä.

OSOM Vikt 0.07 kg



Kuva 16. Asea osoitinyksiköiden tekniset tiedot (Asea, Mosaicsystem och mosaikapparater, 1975)

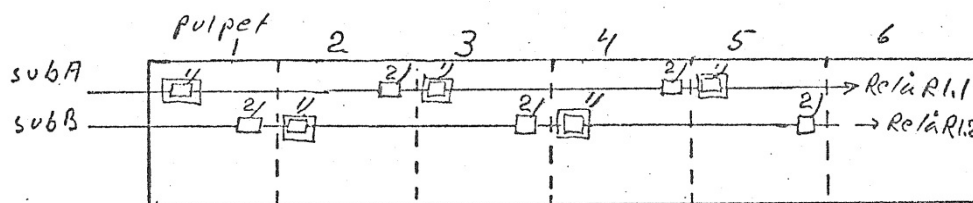
3.7 Vapautustoiminto

Valvomossa oleva ohjauslaitteisto on suunniteltu siten, ettei esimerkiksi kaapelitilaan päätynyt vesi tai tulipalosta johtuva korkea lämpötila aiheuta valvomon kaapeissa tai ohjauspulpeteissa laitteiston suunnittelematonta toimintaa. Tämä on toteutettu niin sanotun vapautustoiminnon avulla.

Vapautustoiminto perustuu siihen, että laitteiden ohjauspainiketta on painettava samanaikaisesti pulpetissa olevan vapautuspainikkeen kanssa, tätä kutsutaan ns. kahden käden käyttöperiaatteeksi. Vapautuspainiketta painettaessa lähtee vapautussignaali eteenpäin automaatiossa sitä varten olevalle releelle, joka mahdollistaa ohjaussignaalin vapautumisen/toiminnan.

Vapautustoiminnan virheellisen käsiohjausten estämiseksi, on sen kaapelointi suojattu eristetyn kupariputken sisään, joka suojaa kaapelia kohdistuvalta mekaaniselta rasitukselta, sekä hidastaa kaapelin sulamista esim. tilanteessa, jossa kaapin sisälle syttyy tulipalo. Tulipalotilanteita varten on vapautussignaali suojattu lämpösulakkein, jotka palavat lämpötilan saavuttaessa 58 asteen lämpötilan, eli ennen kuin kaapelointi ehtii vaurioitumaan korkeasta lämpötilasta johtuen. Sulakkeen palaessa vapautussignaalia varten olevan releen pitopiiri laukeaa, jonka johdosta signaalin eteneminen automaatiojärjestelmään estyy. Samalla pitopiiriin lauetessa aiheutuu siitä hälytys. Pulpetin vapautustoiminto ei toimi, ennen kuin lämpösulake on vaihdettu ja pitopiiri palautettu.

Signaaleja varten olevat sulakkeet on asennettava siten, että jokaisessa kaapissa on oltava sulake jokaista sen sisällä/läpi kulkevaa signaalikaapelia kohden ja vapautuspainikkeelle tulevan kaapelin sulake asennetaan vapautuspainikkeen läheisyyteen. Tämän lisäksi kahdella erillisellä syötöllä varustettujen ryhmien kaapeissa tulee sulakkeet asentaa siten, että ne ovat 30cm päässä toisistaan.

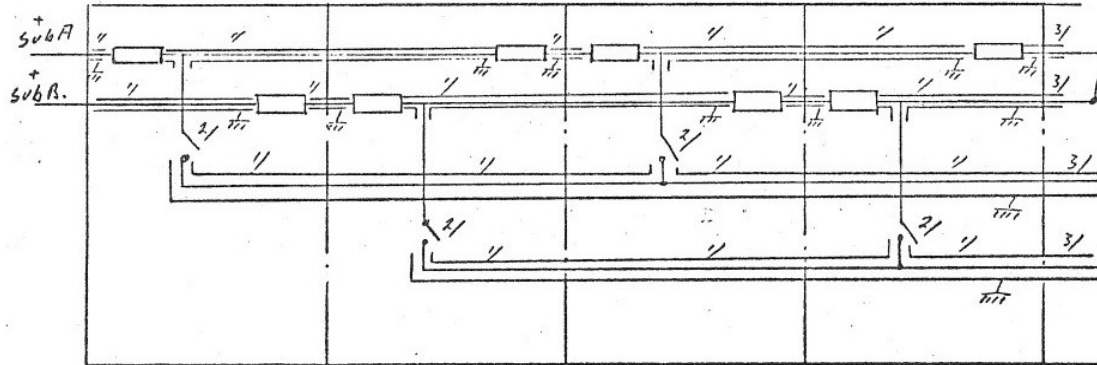


Kuva 17. Sulakkeiden asennus (Asea, AKF för system 512 (KSA74-242), 1974)

Erottelu periaatteen mukaisesti, on valvomon ohjaustaulut ja -pulpetit jaettu ryhmiin, näihin ryhmiin kuuluu yleensä 1-6 kaappia ja/tai pulpettia. Pienemmät kaappiryhmät saavat vapautussignaalin yksittäisestä osajärjestelmästä eli ns. subista, näihin ryhmiin on yleensä sijoitettu laitoksen kannalta tärkeät turvallisuustoiminnot. Suuremmissa ryhmissä vapautussignaali tulee kahdesta erillisestä osajärjestelmästä, joiden kaapelien tulee kulkea kaappien sisällä vähintään 3cm päässä toisistaan.

Kahdella vapautussignaalilla varustetuissa ryhmissä vuorottelevat niiden painikkeet siten, että jokaista kaappia sekä pulpettia kohden on yksi painike ja kahdessa peräk-

käisessä painikkeessa ei ole samasta osajärjestelmästä tulevaa syöttöä. Tämä mahdollistaa sen, että toisen syötön vikaantuessa on toinen vielä käytettävissä (Coster 1974, 1-6).



Kuva 18. Vapaustoiminnon periaatekuva (Asea, AKF för system 512 (KSA74-242), 1974)

3.8 Koulutussimulaattori (OLKS)

Olkiluodossa sijaitsevassa koulutuskeskuksesta löytyy valvomon koulutussimulaattori. Simulaattorin tarkoituksena on varmistaa valvomossa työskentelevien ohjaajien säännöllinen ja riittävä kouluttaminen. Koulutussimulaattorin laitteisto vastaa ulkoisesti ja kalustukseltaan laitoksien keskusvalvomoissa olevaa laitteistoa. Simulaattoria päivitetään samalla, kun laitoksille suoritetaan muutostöitä tai uudistusprojekteja. OL1 ja OL2 keskusvalvomoiden välillä on vain vähäisiä eroja, jonka vuoksi simulaattorin referenssi valvomona toimii OL1 keskusvalvomo.

Ennen varsinaisten muutosten toteuttamista laitoksilla, tulisi ne toteuttaa ensin koulutussimulaattorilla. Tällä tavoin voidaan varmistaa, että käyttöhenkilöstö saa riittävän koulutuksen ja totuttautumisen muutokseen liittyen. Samalla myös saadaan kerättyä käytännön kokemusta muutostyön onnistumisesta, sekä sen vaikutuksista mm. valvomon ergonomisiin tekijöihin.

4 SUUNNITTELU

Koska laitospuiköt OL1 ja OL2 on rakennettu 1970-luvulla ja niiden keskusvalvomot, sekä niissä oleva laitteisto on edelleen suurimmaksi osaksi alkuperäistä, jonka vuoksi ovat ne myös suunnittelultaan tuolloin voimassa olleiden standardien mukaisia.

Ajan myötä osa valvomon vanhoista käyttöliittymistä on mahdollisuuksien mukaan modernisoitu ja näyttölaitteiden sijoittelua uudelleen arvioitu modernisointien yhteydessä. Näitä uudistuksia tehtäessä on pyritty noudattamaan laitoksen alkuperäisiä suunnitteluperusteita, sekä sovellettu uudempia valvomosuunnittelua koskevaa ohjeistusta.

Valvomomuutoksia suunniteltaessa on niiden suunnittelussa otettava huomioon järjestelmäkohtaiset ja valvomoon yleisesti liittyvät ohjeet, suunnitteluperusteet ja määräykset. Lisäksi kaikilla muutoksilla, joilla on mahdollisesti vaikutusta valvomoon ja siellä työskentelevien ohjaajien työhön, tulee ne käsitellä myös valvomon kehitysryhmän eli VALKE-ryhmän toimesta.

VALKE-ryhmä kokoontuu noin kolme kertaa vuodessa tai aina tarvittaessa. Ryhmän tehtävänä on arvioida mahdollisten muutoksien vaikutusta valvomoon ja siellä työskentelyyn, sekä antaa suosituksia muutoksien suunnitteluun ja toteuttamiseen liittyvistä menettelyistä (TVO-ohje (133145) 2019, 2-3).

4.1 Valvonta ja luvitus

Säteilyturvakeskus eli STUK on sosiaali- ja terveysministeriön hallinnon alla toimiva viranomainen, jonka tehtävänä on valvoa säteily- ja ydinturvallisuutta Suomessa. Ydinturvallisuudenvalvonnassa on STUK:n tavoitteena varmistaa ydinlaitosten turvallisuus siten, ettei niiden käytöstä aiheudu terveyttä vaarantavia säteilyhaittoja siellä työskenteleville, muulle väestölle tai muuta vahinkoa ympäristölle tai omaisuudelle.

Laitosten turvallisuuden varmistamiseksi STUK valvoo laitoksia aina suunnittelusta niiden käytöstä poistoon asti. Tämä valvonta koskee laitosten teknistä toimintakuntoa,

organisaation toimintaa, ydinmateriaaleja ja syntyneitä ydinjätteitä. Valvonnan kohteisiin kuuluu mm. laitosten käyttötapahumat, vuosihuollot, ikääntymisen hallinta, säteilyturvallisuus, valmius- ja turvajärjestelyt, henkilökunnan pätevyys ja koulutus, sekä johtamis- ja laadunhallintajärjestelmät (STUK www-sivut 2020).

4.1.1 Ydinturvallisuusohjeet

Ydinenergian käyttöön liittyvät turvallisuusvaatimukset on esitetty STUK:n ydinturvallisuusohjeissa eli YVL-ohjeissa. Nämä ohjeet pitävät sisällään voimalaitosten turvallisuuteen vaikuttavat tekijät ja toiminnot: suunnittelun, käytön, laitoksen ja sen ympäristön turvallisuuden, ydinmateriaalit ja jätteet sekä rakenteet ja laitteet. Suomessa turvallisuustason varmistaa laitoksille asetetut korkeat turvallisuusvaatimukset, jotka ovat ajan tasaisia, sekä kansainvälisesti verraten tiukkoja.

STUK:n päivittäessä tai julkaistessa uusia YVL-ohjeita eivät ne muuta ennen julkaisua tehtyjä päätöksiä, näiden soveltamisesta käytössä tai rakenteilla oleville laitoksille päätetään erikseen vasta kun STUK on kuullut asianomaisia. Mikäli luvanhaltia kykenee vakuuttavasti osoittamaan, että eriävä menettelytapa tai ratkaisu toteuttaa laissa vaaditun turvavallisuustason, voi STUK sen hyväksyä (STUK www-sivut 2020).

4.1.2 Sovellettavaa ohjeistusta

Valvomon käyttöliittymien ja automaation muutossuunnittelua ja käyttöä koskevaa ohjeistosta löytyy mm. seuraavista YVL-ohjeista:

- YVL A.8 Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta

Ohje käsittelee ikääntymisen hallintaa, johon kuuluu käyttökokemuksien hyödyntäminen siten, että niiden avulla voidaan arvioida ja tarvittaessa ottaa käyttöön toimintatapoja, joiden avulla on mahdollista hidastaa ikääntymismekanismien syntyä tai etenemistä laitososissa.

Ohje myös edellyttää luvanhaltijaa säännöllisesti arvioimaan kunnossapitoon tarvittavien varaosien riittävyttä ja kuntoa. Lisäksi on luvanhaltijan selvitettävä säännöllisesti varaosien, sekä teknisentuen saatavuutta. Mikäli näiden ennakoitua päättyvän, tulee luvanhaltijan aloittaa toimenpiteet korvaavan ratkaisun löytämiseksi siten, ettei puutteita näiden osalta pääse syntymään. Lisäksi on järjestelmällisesti seurattava laitoksen fyysistä ja teknologista ikääntymistä, sekä tunnistettava näistä aiheutuvat muutostöiden tarpeet (YVL A.8 2019).

- YVL B.1 Ydinvoimalaitoksen turvallisuussuunnittelu

Ohjetta sovelletaan laitoksen ja sen turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien suunnittelussa. Ohjetta sovelletaan laitoksen rakennusvaiheen suunnittelussa, sekä tehtäessä muutossuunnittelua sen järjestelmiin. Tässä ohjeessa käsitellään mm. suunnitteluratkaisujen perustelua, sekä järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden kelpuutusta, sekä inhimillisten tekijöiden huomioonottamista (YVL B.1 2019).

- YVL B.2 Ydinlaitoksen järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden luokittelu

Käyttöliittymiä ajatellen ohjeen oleellimmat kohdat koskevat ydinlaitoksen järjestelmien, sekä järjestelmään kuuluvien laitteiden turvallisuusluokitteluun. Turvallisuusluokat on ohjeessa jaettu ydinturvallisuus merkittävyytensä kannalta neljään turvallisuusluokkaan 1, 2, 3 ja EYT (ei ydinteknisesti turvallisuusluokiteltu), merkitykseltään luokka 1 on merkittävin ja luokan EYT merkitys on pienin. Sähkö- ja automaatiojärjestelmät kuuluvat pääsääntöisesti turvallisuusluokkiin 3 ja EYT (YVL B.2 2019, 6-8).

- YVL E.7 Ydinvoimalaitoksen sähkö- ja automaatiolaitteet

Ohjeen vaatimuksia sovelletaan ydinlaitoksen jokaisessa vaiheessa elinkaaren aikana sen sähkö- ja automaatiolaitteihin sekä kaapeleihin. Ohjeessa esitellään näitä koskevia yksityiskohtaisia turvallisuusvaatimuksia, sekä STUK:n valvontaan ja tarkastuksiin liittyvät menettelyt. Tämä ohjeen vaatimukset koskevat luvanhaltioita ja -hakijoita, sekä laitteiden ja kaapelien toimitusketjuun kuuluvia valmistajia ja laitostoimittajia.

Ohjeessa käsitellään mm. sähkö- ja automaatiojärjestelmien laitteiden ja kaapelien soveltuvuuden arviointia, kelpuutusta ja laadunhallintaa. Lähtökohtaisesti sähkö- ja automaatiojärjestelmien laitteet ja kaapelit tulee kelpoistaa, mikäli ei voida perustella, miksei kelpoistuksen tekemiselle ole tarvetta.

Kelpoistuksessa pyritään selvittämään laitteiden ja kaapelien soveltumista niiden käyttötarkoitukseen ja -paikkaan. Kelpoistus on suoritettava alustavalla, sekä lopullisella soveltuvuusarviolla. Jos laitteiden ja kaapelien tulee toimia onnettomuusolosuhteissa, on kelpoistuksen yhteydessä tunnistettava näiden maksimi varastointi- ja käyttöikä (YVL E.7 2019, 18-27).

4.1.3 Koulutussimulaattoriin liittyvää ohjeistusta

Ydinvoimalaitoksien ohjaajien kouluttamista varten on oltava käytössä laitosidenttinen ja täysmittakaavainen koulutussimulaattori. Simulaattorin on toiminnaltaan katettava laitoksen normaali toiminta, odotettavissa olevat käyttöhäiriöt ja suunnitteluperusteena olevat onnettomuustilanteet sekä mahdollisuuksien mukaan oletettujen onnettomuuksien laajennukset ja vakavat onnettomuudet.

Voimalaitoksen luvanhaltijan tulee osoittaa kelpoisuus käyttötarkoitukseensa. Tämä tapahtuu laatimalla simulaattorille kuvaus teknisestä toteutuksesta, testiohjelmalla ja sen tulosraportilla, joka sisältää analyysin mahdollisten poikkeamien vaikutuksista koulutukseen. Näiden laadinnassa on huomioitava alalla käytössä olevat standardit.

Ydinvoimalaitoksen ja koulutussimulaattorin välistä identtisyyttä sekä mahdollisia poikkeamia laitoksesta on valvottava järjestelmällisin menettelyin ja säännöllisesti tehtävin arvioinnein. Tehtäessä laajempia muutoksia simulaattorille on niiden yhteydessä osoitettava simulaattorin kelpoisuus käyttötarkoitukseensa testiohjelmalla. Laitosmuutosten kouluttamiseksi valvomon vuoropäälliköille ja muille ohjaajille on luvanhaltijalla oltava järjestelmälliset menettelyt.

Mikäli laitosmuutoksella on olennaista merkitystä valvomotyöskentelyyn, tulee se mallintaa ja harjoitella simulaattorilla. Lisäksi tulee tehdä työtaidon osoittamiskoe, mikäli tehdään laajoja valvomotyöskentelyyn vaikuttavia muutostöitä (YVL A.4 2019, 14-15, 40).

4.2 Valvomomuutoksien suunnitteluperiaatteita

Valvomomuutoksen merkittävyyden ja laajuuden perusteella, tulee arvioida erillisen ergonomiaohjelman tarpeesta. Ohjelman tarkoituksena on huolehtia siitä, että muutostyön jälkeen valvomokokonaisuus täyttää sille asetetut ergonomiavaatimukset. Valvomomuutoksien onnistumisen kannalta on välttämätöntä, että operaattorit osallistuvat sen suunnitteluun sekä toteutukseen. Tällä tavoin pystytään etukäteen huomioimaan vaikutukset, joita muutostyö valvomotyöskentelylle mahdollisesti aiheuttaa.

Muutoksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon valvomon järjestelmäteknikkaa koskevat alkuperäiset, sekä uuden tekniikan mukana tuomat suunnitteluperusteet ja noudatettava niitä soveltuvilta osin. Lisäksi käyttöliittymiä suunniteltaessa on mahdollisuuksien mukaan noudatettava samoja suunnitteluperusteita kuin jo valmiiksi olemassa olevissa järjestelmissä. Tavoitteena käyttöliittymäsuunnittelussa on järjestelmistä saatavan informaation keskittäminen tavalla, jolla käyttöliittymien määrä saadaan minimoitua.

Useimmiten kun kyseessä on merkittäväksi luokiteltava muutostyö tai modernisointi, on sillä vaikutuksia valvomon toimintoihin ja/tai operaattoreiden työskentelyyn. Tämän kaltaisten muutosten suunnitteluun kuuluu tarvittaessa riippumattoman asiantuntijan suorittama arviointi, jonka avulla varmistetaan, että suunnittelussa on otettu huomioon kaikki valvomokonseptiin, ergonomiaan ja operaattoreiden työskentelyyn liittyvät asiat. Lisäksi merkittävät muutostyöt ja modernisoinnit tulisi toteuttaa ensin laitossimulaattorilla mikäli mahdollista. Näin voidaan varmistaa operaattorien riittävä koulutus, käyttöohjeiden riittävyys, sekä huomioida paremmin mahdolliset tekniikkaan ja/tai ergonomiaan liittyvät puutteet ja korjata ne ennen kuin muutokset toteutetaan laitoksilla (TVO-ohje (133145) 2019, 3).

4.2.1 Muutoksen merkittävyys

Valvomoihin tehtävät muutokset jaetaan muutoksien merkittävyyden mukaan kolmeen eri ryhmään: merkittävä, kohtalainen ja vähäinen. Valvomoon tehtävien muutoksien yhteydessä on huomioitava valvomo kokonaisuutena ja että jo yksittäiseen järjestelmään tai sen osaan tehdyllä muutoksella saattaa olla vaikutuksia valvomokokonaisuuteen ja operaattorien työskentelyyn.

Merkittävänä muutostyönä voidaan pitää muutostöitä ja modernisointeja, joilla on selkeä vaikutus valvomon operointikonseptiin, valvomoympäristöön tai sen ergonomiaan. Esimerkkinä tällaisista muutoksista on pulpettien uusiminen tai uusien käyttöliittymien asennus.

Kohtalaisiksi muutostöiksi lasketaan työt, jotka tuovat valvomoon uusia laitteita tai toimintoja siellä valmiiksi oleville käyttöliittymille ja joilla on vaikutusta ohjaajien tehtäviin tai valvomoergonomiaan.

Vähäisiä muutostöitä ovat työt, joilla on vähäinen vaikutus valvomoon tai sen ergonomiaan. Esimerkkinä tällaisesta muutostyöstä on mittapisteen lisääminen työaseman näytölle tai vastaavasti pieni lisäys ohjauspulpettiin tai -kaappiin (TVO-ohje (133145) 2019, 3).

4.3 Human Factors and Ergonomics (HF/E)

Määritelmän historia ulottuu 1940-luvulle, jolloin tapahtui nopeaa teknologista kehitystä. Lentokoneonnettomuuksien yleistyessä huomattiin niiden tapahtuvan riippumatta lentäjien kokemuksesta tai taidoista, tämän pääteltiin johtuvan ihmisten sopeutumattomuudesta uuteen ja nopeasti kehittyneeseen tekniikkaan. Lisäksi aikaisemmin koneita ja laitteita ei suunniteltu ihmislähtökohtaisesti, jonka vuoksi oli ihmisen sopeuduttava koneisiin. Suurimmat kehitysaskeleet tutkimuksissa johtuivat aluksi lähinnä sotateollisuuden ja erityisesti ilmavoimien tarpeista, aina ensimmäisestä maailmansodasta lähtien. Myöhemmin 1970-luvun lopulla, alkoivat myös siviililentoyhtiöt panostaa yhä enemmän näihin tutkimuksiin. Nykyisin asiaa tutkitaan ja kehitetään

alasta riippumatta lähes kaikissa laitteissa ja kohteissa, joiden kanssa ihminen on vuorovaikutuksessa mm. puhelimet, tietokoneet, autot, lentokoneet, sekä automaatiojärjestelmien käyttöliittymät.

4.3.1 Määritelmä

Human Factors and ergonomics on tutkimusala ja suunnittelukäytäntö, jonka pyrkimyksenä on ottaa huomioon inhimilliset tekijät ja työergonomia tilanteissa, jossa ihminen on vuorovaikutuksessa esim. koneen, käyttöliittymän tai erilaisten järjestelmien kanssa. Tarkoituksena on parantaa systeemin suorituskykyä eli sen tuottavuutta, turvallisuutta, sekä hyvinvointia, tämä tapahtuu hyödyntämällä tietoa ihmisen kyvyistä, sekä niitä rajoittavista tekijöistä. Näitä inhimillisiä ja ergonomisia tekijöitä voidaan tarkastella jakamalla ne kolmeen kategoriaan: Fyysiset, kognitiiviset, sekä organisaationaaliset tekijät.

- Fyysistä ergonomiaa ja tekijöitä arvioitaessa tarkastellaan seuraavia tekijöitä: työasentoja, fyysistä kuormittavuutta, laitteiston sijoittelua, terveyttä, sekä turvallisuutta.
- Kognitiivisen ergonomian tarkastelussa otetaan huomioon seuraavat tekijät huomioon: havainnointikyky, muisti, päättelykyky, motoriset taidot, ihminen-tietokonevuorovaikutus, psyykinen kuormitus, päätöksenteko ja koulutus.
- Organisaationaaliset tekijät voidaan jakaa tarkastelua varten seuraavasti: menettelytavat, tiimityöskentely, uudet työmallit, sekä organisaatio kulttuuri (TVO-ohje (133145) 2019, 3).

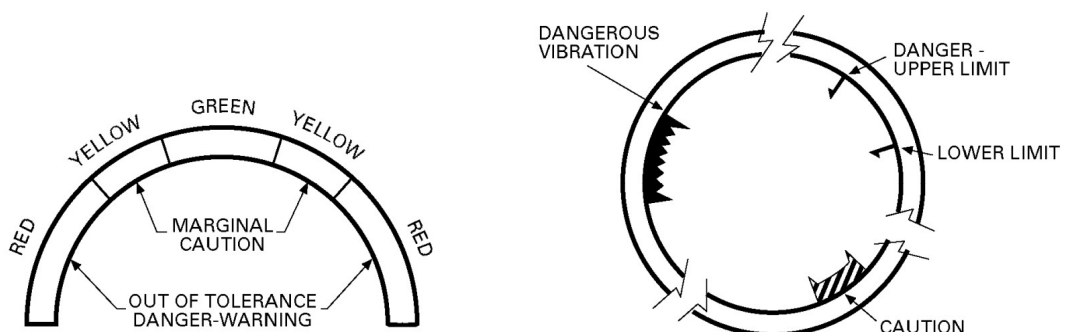
4.3.2 Human Factors Engineering (HFE)

Valvomoiden käyttöliittymät, tulee suunnitella ihmislähtökohtaisesti. Näiden suunnittelussa tulee miettiä, mm. millaisia laitteita käytetään ilmaisemaan ja ohjaamaan esim. prosessia tai sen osia, sekä miten ja mihin nämä laitteet sijoitetaan. Tällaisen suunnit-

telun avulla pyritään varmistamaan riittävän yksinkertainen ja selkeä käyttöliittymärakenne, jonka tarkoituksena on minimoida inhimillisen virheen syntymisen mahdollisuutta.

Aluksi tulisi miettiä voidaanko jotkin ohjaukset tai tehtävät automatisoida vai tarvitaanko niiden suorittamiseksi inhimillistä päättely- ja/tai harkintakykyä. Tämän jälkeen on arvioitava voidaanko valvonta tai käyttötoimenpiteet suorittaa valvomosta käsin, eli onko esim. käyttötoimea suorittavan henkilön välttämätöntä ja/tai turvallista valvoa ja suorittaa käyttötoimenpidettä kohteessa. Valvontaan liittyen tulee myös arvioida pitääkö tai voidaanko laitteiston valvonta ja mahdollisten mittauksien seuranta toteuttaa valvomosta käsin, eli onko kohdetta ja sen arvoja ja/tai tilaa pystyttävä seuraamaan valvomosta vai tuleeko niiden valvonta hoitaa esim. mahdollisten laitoskierroksien aikana.

Valvomon käyttöliittymiä suunniteltaessa tulee arvioida niihin asennettavien laitteiden sijoitusta ja esim. painikkeiden kokoa, väriä, sekä niiden mahdollista valaisua. Osoitinlaitteissa ja mittareissa tulee miettiä miten niillä mitattavat arvot, sekä laitteiden tilat saadaan ilmaistua riittävän selkeästi esim. kuinka tarkasti arvo tulee ilmaista, eli millaista asteikkoa niissä tulee käyttää, sekä miten normaali tai siitä poikkeava arvo on helpointa havaita ts. millaisessa asennossa osoitin näissä tilanteissa on ja tarvitaanko erilaisia merkintöjä parantamaan/lisäämään havainnointia. Lisäksi asteikko voidaan jakaa eri alueisiin tekstin, kuvituksen tai värien avulla, jolloin mahdollisesti poikkeuksellisen matalat tai korkeat arvot ovat helpommin ja nopeammin havaittavissa.



Kuva 19. Esimerkkejä mittariston aluemerkinnoistä (U.S.NRC, Human-System Interface Design Review Guidelines, 2020)

Hälytyksien ilmaisussa tulee pohtia minkälaisia valoja ja/tai ääniä käytetään niiden ilmaisuun, esim. minkä värisiä valoja käytetään ja tuleeko niiden vilkkua. Hälytysäänien suunnittelussa tulee miettiä, tarvitaanko ns. melodisia hälytyksiä. Näiden avulla pyritään erottelemaan eri järjestelmien, prosessin osien tai paikallisvalvomoiden hälytykset toisistaan. Tämä puolestaan mahdollistaa hälytyksien nopeamman paikantamisen. Hälytysäänien tulee kuitenkin olla riittävän yksinkertaisia ja selkeästi erotettavissa toisistaan, eivätkä ne tällöin saisi sisältää liian montaa säveltä (J.M. O'Hara & S. Fleger 2020, 185-245).

5 RATKAISUVAIHTOEHDOT

Koska nykyisiä yksiköitä ei ole enää valmistajalta saatavana ja niiden varaosat ovat vähissä tai osittain loppu, tulee yksiköitä mahdollisuuksien mukaan hankkia varaosiksi esim. käytöstä poistuvilta laitoksilta. Toisena vaihtoehtona on uusia jokin kokonaisuus nykyisestä järjestelmästä joko laitokselta ja/tai simulaattorilta, jolloin käytöstä poistuneet yksiköt on mahdollista hyödyntää varaosiksi.

Uusien yksiköiden sovittaminen nykyiseen järjestelmään ei kuitenkaan ole teknisesti suoraan mahdollista, johtuen yksiköiden kiinnitysratkaisujen eroista nykyiseen, jonka vuoksi pitää koko mosaiikkijärjestelmä halutusta kokonaisuudesta uusia. Vaihtoehtoisena ratkaisuna ollaan selvittämässä mahdollisuuksia Mauellin kanssa sen valmistamien yksiköiden rungon muokkaamista siten, että uudet yksiköt olisi mahdollista asentaa suoraan Asean mosaiikkiin. Tätä vaihtoehtoa ei ole otettu mukaan vertailuun, sillä mahdollisuudet sen toteuttamisesta ja kustannuksista ei ole vielä kyetty varmistamaan.

5.1 Yksiköiden hankkiminen, käytöstä poistuvilta voimalaitoksilta

Nykyisessä käytössä olevien yksiköiden hankkiminen suljetuilta voimalaitoksilta saattaisi olla mahdollista esim. Ruotsin Barsebäckin voimalaitoksilta. Kuitenkin riippuen mahdollisesti saatavilla olevien yksiköiden määrästä ja kunnosta on syytä arvioida tar-

vetta uusien yksiköiden hankkimiseksi, sillä kyseiset yksiköt ovat pääsääntöisesti iältään yhtä vanhoja tai vanhempia kuin olkiluodon laitoksilla tällä hetkellä käytössä olevat yksiköt. Ratkaisuvaihtoehtona tämä on kuitenkin selkeästi edullisin ja nopein tapa hankkia yksiköitä lähitulevaisuuden vuosihuoltoja ajatellen.

Käytettyjen yksiköiden kunto tulee varmistaa niiden vastaanoton yhteydessä, jolloin vältytään valmiiksi huonokuntoisten yksiköiden varastointi ja saadaan parempi kokonaiskuva uusiokäyttöön kelpaavien yksiköiden määrästä. Tätä varten on kehitettävä sarjatyöhön sopiva järjestelmällinen menetelmä ja menettelyohje.

5.1.1 Ylimenovastus

Ikääntyvissä sähkölaitteissa ja liitoksissa esiintyy usein ylimenovastusta. Tällä tarkoitetaan liitoksien, kaapeloinnin ja kytkinpinnoissa esiintyvää resistiivistä impedanssia, joka on riippuvainen laitteiston iästä, käyttömäärästä ja -ympäristöstä, sekä tehdyistä materiaalivalinnoista. Mikäli virtapiirissä olevat liitokset löystyvät tai liitoksien ja kytkinpintojen materiaalit ikääntymisen, sekä ulkoisten tekijöiden johdosta oksidoituvat, aiheuttavat ne piirissä impedanssin kasvua. Impedanssin kasvaessa myös piirin jännitealenema kasvaa aiheuttaen mahdollisen riskin esim. ohjaustoimintojen menettämisestä, mikäli automaation sisääntulopiirin vaatima kynnysjännite ei ylity.

Impedanssin kasvua on mahdollista ehkäistä tekemällä liitoksista varmempi ja tarkistamalla ne säännöllisesti. Kytkinpinnoissa tapahtuva oksidoituminen on mahdollista ehkäistä mm. kytkimien säännöllisellä käytöllä. Erityisen tärkeää tämä on niiden kytkimien kohdalla, joiden käyttöaste on muutoin alhainen.

Hankittaessa yksiköitä käytöstä poistuvilta laitoksilta, on niiden yleiskunto ja niissä esiintyvä ylimenovastus syytä tarkistaa vastaanoton yhteydessä. Lisäksi käytössä olevien yksiköiden toiminnan varmistamiseksi, huoltavana toimenpiteenä voisi yksiköiden painikkeita painella säännöllisesti ilman vapauspainiketta esim. vuosihuoltojen yhteydessä.

5.2 Korvaavan järjestelmän hankkiminen simulaattorille

Hankittaessa korvaava järjestelmä simulaattorille on sen etuina, ettei tällöin uudelle järjestelmälle tarvitse suorittaa turvallisuusmerkityksen arviointia ja sen mukaista kelpoistusta. Samalla simulaattorilta purettavat yksiköt on myös mahdollista käyttää laitoksien varaosiksi, jolla saadaan mahdollisesti pidennettyä laitoksien nykyisen järjestelmän käyttöikä. Tehtäessä tämän kaltaisia muutoksia simulaattorille on kuitenkin arvioitava muutostyön vaikutuksia laitosvastaavuuteen.

Toteutettaessa muutostyö ensin simulaattorilla pystytään näin reagoimaan tarvittaviin lisämuutoksiin, joka puolestaan antaa kokemusta muutostyön toteuttamisesta ja vähentää tarvittavien muutoksien tekemistä, mikäli vastaava muutostyö päätetään toteuttaa myöhemmin laitoksilla. Lisäksi näin voidaan varmistaa, että ohjaajille syntyy mahdollisimman vähän henkistä kuormitusta, sekä pienentää mahdollisuutta inhimillisen virheen syntymiselle johtuen totuttautumisesta uuteen järjestelmään.

Korvaavien yksiköiden tulee kuitenkin muistuttaa ulkonäöltään ja toiminnaltaan mahdollisimman paljon nykyisiä yksiköitä, jotta simulaattori pysyy mahdollisimman identtisenä laitosten kanssa. Ratkaisuna tämä on todennäköisesti kalliimpi, kuin nykyisten yksiköiden hankkiminen käytöstä poistuvilta laitoksilta, mutta kuitenkin halvempi kuin muutostyön toteuttaminen laitoksilla.

5.3 Korvaavan järjestelmän hankinta laitoksille ja simulaattorille

Toteutettaessa muutostyö laitoksilla on se vaihtoehtona kallein, mutta mahdollistaa sen, että saadaan uusia yksiköitä myös laitoksille ja varaosiksi. Tämä vaihtoehto kuitenkin vaatii laajat muutostyöt, kun otetaan huomioon järjestelmälle tehtävä turvallisuusarviointi ja sen mukainen kelpoistus. Koska muutostyö vaatii kaapin/pulpetin mosaiikkijärjestelmän uusimista kokonaisuudessaan on tällöin huomioitava myös laitos-tilanne, sillä muutostyön aikana kohteiden ohjaaminen ja niiden indikoinnit eivät ole toiminnassa.

Muutostyö tulisi kuitenkin toteuttaa ensin simulaattorilla. Tämän avulla pystytään huomioimaan paremmin tarvittavat ergonomiset ja tekniset lisämuutostarpeet, ennen

varsinaisen muutostyön toteuttamista laitoksilla. Samalla voidaan aloittaa ohjaajien koulutus ja totuttaminen uuteen järjestelmään, jonka avulla saadaan vähennettyä ohjaajille syntyvää kuormitusta sekä pienentää inhimillisen virheen syntymisen mahdollisuutta. Kun muutostyö toteutetaan simulaattorilla ja laitoksilla, säilyy tällöin niiden välinen identtisyys.

5.4 Vaihtoehtojen vertailu

Yksiköiden hankkiminen, käytöstä poistuvilta voimalaitoksilta:

- + Ei tarvetta nykyisen järjestelmän muutostöille, eikä tarvetta muutossuunnittelulle
- + Selkeästi edullisempi vaihtoehto, kuin järjestelmän uusiminen
- + Ei tarvetta viranomaiskäsitteilylle
- + Ei aiheuta muutoksia järjestelmän ulkonäköön tai käyttöön
- Yksiköiden ja järjestelmän osien saatavuus ei ole varmaa
- Kasvava kunnossapidon tarve

Uuden järjestelmän hankinta simulaattorille:

- + Edullisempi vaihtoehto kuin järjestelmän hankinta laitoksille
- + Ei tarvetta järjestelmän kelpoisuudelle tai luvitukselle
- + Purettavat yksiköt mahdollista käyttää varaosiksi
- + Saatava kokemus muutostyöstä ja laitteiston käytöstä
- Kalliimpi vaihtoehto kuin käytettyjen yksiköiden hankkiminen
- Mahdollisesti pieniä eroja laitoksen ja simulaattorin ulkonäköön

Uuden järjestelmän hankinta laitoksille ja simulaattorille:

- + Yksiköiden ja järjestelmän varaosien saatavuus voidaan taata
- + Moderni järjestelmä; kunnossapidon tarve vähenee
- Vaatii laajan muutostyön toteuttamisen, johon kuluu paljon aikaa
- Uuden järjestelmän hinta, lisäksi viranomaiskäsitteilystä syntyy kustannuksia
- Vaatii järjestelmän viranomaiskäsitteilyn
- Järjestelmän ulkonäkö tulee muuttumaan

Hankkimalla yksiköitä käytöstä poistuvilta laitoksilta on nopein ja kustannustehokkain ratkaisuvaihtoehto, koska yksiköt ovat vastaavia kuin laitoksien nykyiset yksiköt eikä niille tällöin tarvitse suorittaa erillistä kelpoistusta. On kuitenkin huomioitava, että yksiköiden kuntoisuus on tarkistettava vastaanoton yhteydessä.

Uutta järjestelmää hankittaessa täytyy huomioida myös viranomaiskäsitteystä syntyvät kustannukset, sekä työn toteuttamiseksi tarvitaan huomattavan paljon suunnittelua, asennustyötä, sekä järjestelmän käyttöönotto. Uuden järjestelmän hankkiminen vähentää tarvetta kunnossapidolle mm. vähentyneen hehkulamppujen vaihdon seurauksena ja samalla ledit vähentävät energiankulutusta vanhoihin hehkulamppuihin verrattuna. Uudistetun järjestelmän myötä voidaan myös taata järjestelmälle pidempi elinikä, tekninen tuki ja varaosasaatavuus. Hankittaessa uusi järjestelmä simulaattorille tulee pyrkiä mahdollisimman laitosidenttiseen toteutukseen, jottei muutoksella olisi suuria vaikutuksia koulutukseen.

6 MAUELLIN MOSAIKKIJÄRJESTELMÄ

Potentiaalisin vaihtoehto korvaavan järjestelmän toimittajaksi on vuonna 1957 perustettu Saksalainen Mauell GmbH, joka on Euroopan johtava ohjaus- ja visualisointijärjestelmien valmistaja. Yritys valmisti alun perin ositin-/merkinantoreleitä, mutta jo vuonna 1961 yhtiö patentoi ensimmäisen mosaiikkijärjestelmänsä ja myöhemmin vuonna 1966 Mauell toi markkinoille ensimmäisen elektronisen ohjaus- ja merkinantojärjestelmän DIGIMATIC:in. Vuonna 2010 Mauell toimitti Florida Power & Light Companylle maailman suurimman mosaiikki ohjaustaulun, joka oli kokonaisuudessaan 52m leveä, 5,80m korkea ja se koostui noin 450 000 mosaiikkilaatasta (Mauell GmbH www-sivut 2020).

6.1.1 Mosaiikkirungon rakenne

Mauellilla on tällä hetkellä tarjolla kolme erityyppistä mosaiikkijärjestelmän runkoa, joita on saatavilla useilla eri ruutuajaoilla. Kaikkiin järjestelmiin on saatavilla mosaiikkilaattoja, joiden paksuus on joko 3mm tai 6,5mm. Lisäksi järjestelmät on mahdollista rakentaa pyöreiksi ja/tai kaareviksi, sekä asennuskehyksen avulla on ne mahdollista upottaa.



M-sarja: Mauellin M-sarjan mosaiikkijärjestelmä koostuu metallirungosta, joka rakentuu T:n ja ristin muotoisista paloista ja se kasataan yhteen välikappaleiden ja ruuvien avulla. Järjestelmää on saatavilla 18, 24 ja 48mm ruuduilla, joka mahdollistaa kaiken kokoisten laitteiden ja laattojen asentamisen järjestelmään.

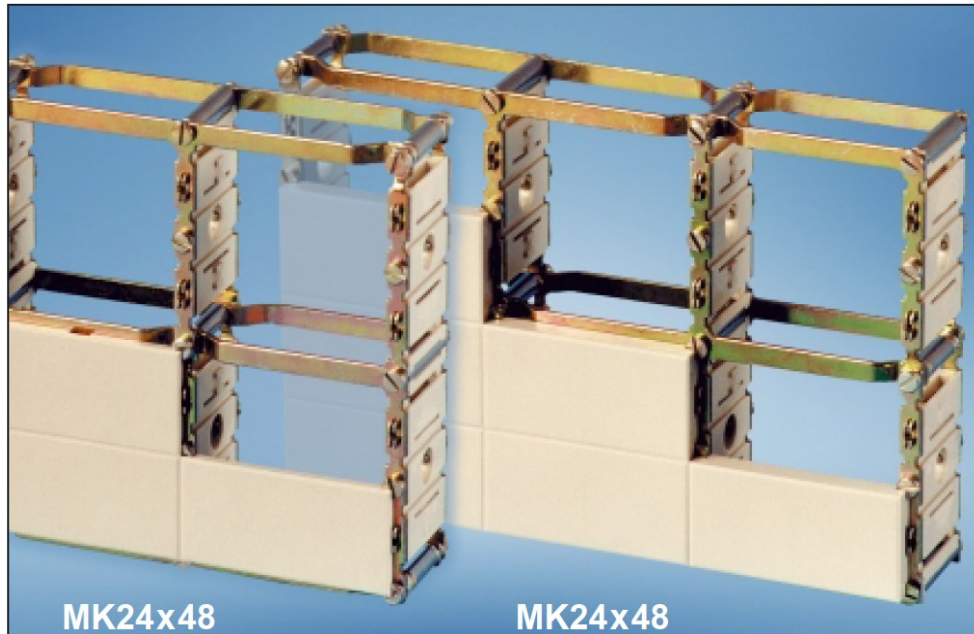
Kuva 20. Mauell M-sarjan mosaiikki runko (Mauell, Mosaicsystems 2020)



T-sarja: Mauellin T-sarjan mosaiikkijärjestelmä koostuu muovisista runkopaaloista, jotka kiinnitetään toisiinsa niissä olevien liitoskohtien avulla. Järjestelmää on saatavilla 24, 48, sekä 24x48mm ruuduilla.

Kuva 21. Mauell T-sarjan mosaiikki runko (Mauell, Mosaicsystems 2020)

MK-sarja: Mauellin MK-sarja muistuttaa rakenteeltaan pitkälti M-sarjaa, mutta sitä on saatavilla vain 24x48 ja 48mm ruudukoilla. 24x48mm järjestelmä kuitenkin koostuu 48x48 ruudusta, joka voidaan jakaa pystysuunnassa kahteen osaan. Tällöin 24x48mm laitteiden kiinnitys tapahtuu ruudun sivuille asennettavilla muovisilla asennuspaloilla. Tähän sarjaan ei ole kuitenkaan mahdollista asentaa 24x24mm laattoja (Mauell 2020, 2-3).



Kuva 22. Mauell MK-sarjan mosaiikki runko (Mauell, Mosaicsystems 2020)

6.1.2 MI-yksiköt ja I-yksiköt

Mauellin ohjaus- ja osoitinyksiköt on mahdollista muokata muistuttamaan Asea/ABB:n valmistamia yksiköitä. Selkeänä etuna Mauellin valmistamassa yksiköissä on se, että siinä olevien painonappien, tekstikenttien, sekä indikointiosien valaistus on toteutettu led-lampuilla perinteisten hehkulamppujen sijaan. Tämän johdosta tarve lamppujenvaihdolle vähenee, joka alkuperäisiin yksiköihin on todettu olevan jokseenkin haastavaa, sillä uuden lampun ollessa väärässä asennettaessa asennettaessa johtaa se yleensä sulakkeen laukeamiseen. Mauellin osoitinyksiköt on myös muokattavissa siten, etteivät ne juurikaan ulkonäöllisesti eroa Asean valmistamista yksiköistä. Mauellin ja Asean valmistamien yksiköiden ulkonäköä ja kiinnitystä on vertailtu kappaleessa 6.3.

6.2 Kokemuksia

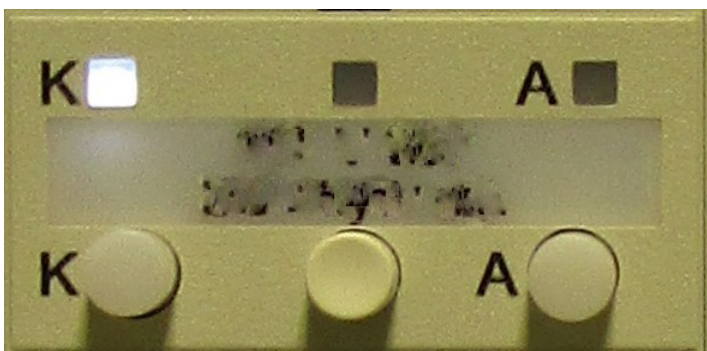
Mauellin mosaiikkijärjestelmistä on kokemusta OL1 ja OL2 varavalvomoista, sekä OL3 valvomoista. Lisäksi kokemusta Mauellin järjestelmistä löytyy myös monilta ydinvoimalaitoksilta ympäri maailmaa mm. Ruotsin Ringhalsista.

6.3 Vertailu

Kuten Asean/ABB yksiköt myös Mauellin yksiköt ovat standardikokoisia eli 25x50mm, mutta yksiköiden asentaminen Asean mosaiikkijärjestelmään ei suoraan onnistu johtuen kiinnitysratkaisujen ja yksiköiden fyysisistä eroista. Pääsääntöisesti Mauellin mosaiikkijärjestelmät valmistetaan ns. räätälöimällä. Tämä tarkoittaa, että järjestelmään kuuluvia osia ja laitteita voidaan muokata asiakkaan toiveiden mukaisesti, mikäli tämä on teknisesti mahdollista. Tästä johtuen, eroaa esim. Olkiluodon laitosyksiköillä OL1/OL2 ja OL3 käytetyt yksiköt jonkin verran toisistaan.

6.3.1 MI-yksiköt

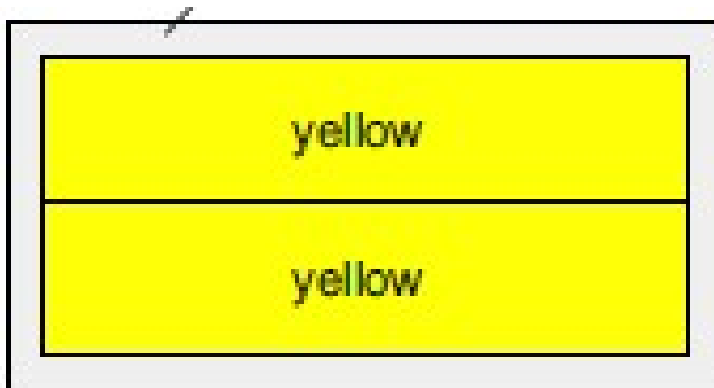
Vaikka varavalvomoissa käytettyjen yksiköiden painikkeet ovat pyöreitä, niin Mauellilta on saatavissa yksiköitä myös muun muotoisilla painikkeilla. Asean ja ABB:n valmistamia MI-yksiköitä ja niiden ulkonäköä on käsitelty kappaleessa 3.6.1.



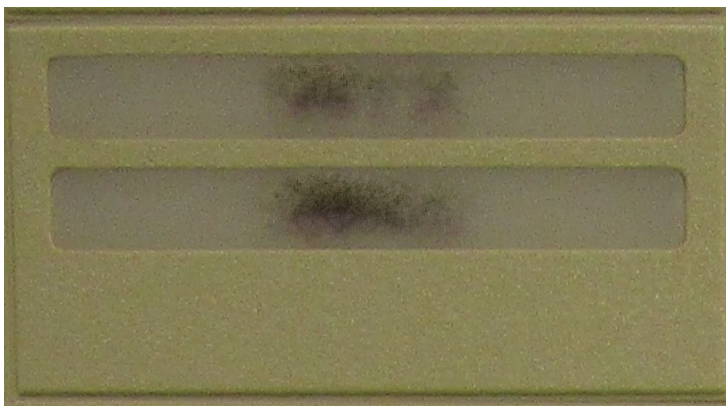
Valokuva 5. Esimerkki OL1/OL2 varavalvomoissa käytetyistä Mauellin MI-yksiköistä

6.3.2 I-Yksiköt

Kuten Mauellin MI-yksiköt on myös I-yksiköt muokattavissa ja niitä on saatavana erin kokoisilla, muotoisilla ja värisillä tekstikentillä. Laitosyksiköllä OL3 käytössä olevat yksiköt, ovat ulkonäöltään hyvin samankaltaisia Asean/ABB:n valmistamien I-yksiköiden kanssa toisin kuin OL1 ja OL2 varavalvomoissa käytetyt I-yksiköt. Asean ja ABB:n valmistamia I-yksiköitä ja niiden ulkonäköä on käsitelty kappaleessa 3.6.2.



Kuva 23. Esimerkki OL3:lla käytetyistä Mauellin I-yksiköistä



Valokuva 6. Esimerkki OL1/OL2 varavalvomoissa käytetyistä Mauellin I-yksiköistä

6.3.3 Yksiköiden kiinnitys

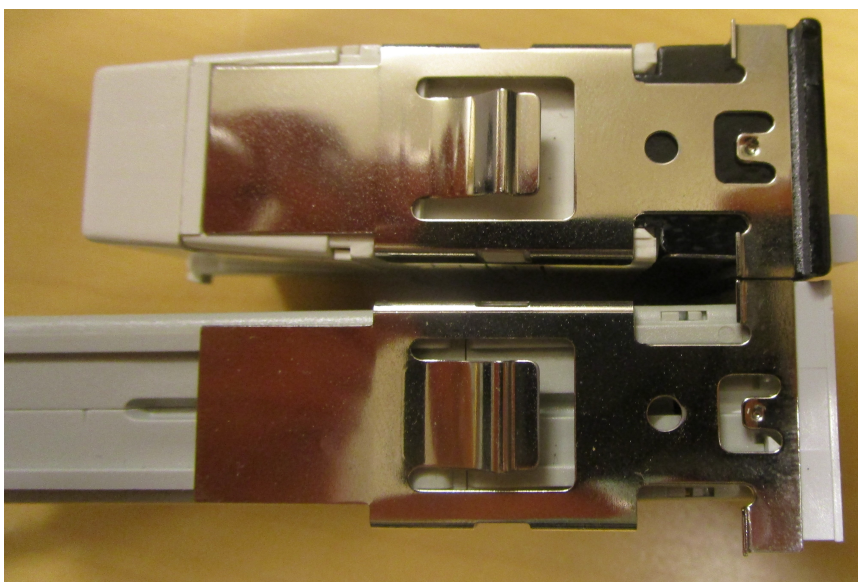
Mauellin yksiköiden kiinnitys mosaiikkirunkoon tapahtuu erillisten asennuspalojen avulla. Yksiköiden asennus tapahtuu työntämällä ne mosaiikkitaulun etupuolelta, kunnes ne lukittuvat paikoilleen. Asean valmistamien yksiköiden kiinnitystä mosaiikkirunkoon on esitelty kappaleessa 3.6 löytyvissä valokuvissa 3 ja 4.



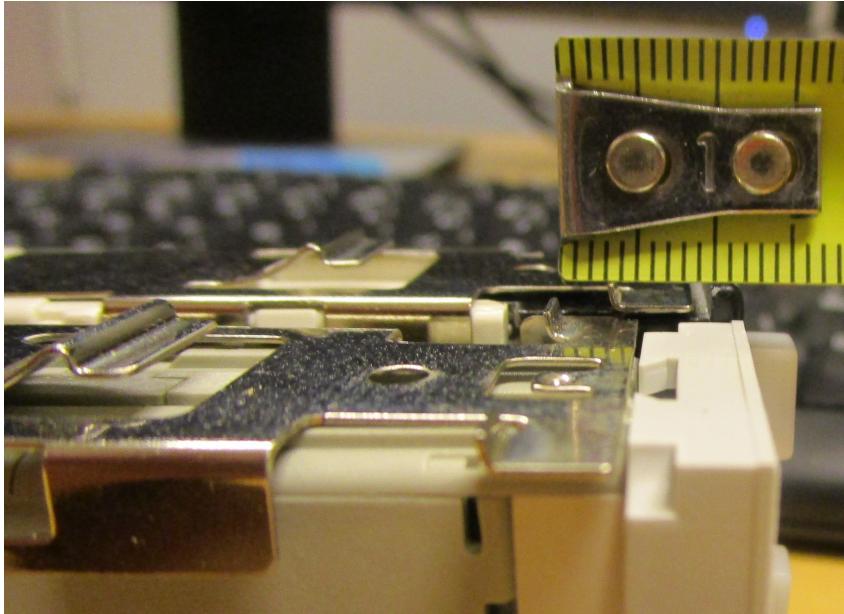
Valokuva 7. Mauellin yksiköiden kiinnitys MK24x48 mosaiikkirunkoon

6.4 Mauellin yksiköiden sovittaminen Asean järjestelmään

Mauellin yksiköiden sovittamista Asean mosaiikkiin selvitetään valmistajan kanssa. Vaihtoehto vaatii kuitenkin räätälöityjen osien valmistamista, kuten uuden rungon valmistamista yksiköille ja Asean kiinnikkeiden muokkaamista.



Valokuva 8. Asean kiinnikkeen sovittamista Mauellin yksikköön (Mäkelä, 2020)



Valokuva 9. Asean kiinnikkeen sovittamista Mauellin yksikköön (Mäkelä, 2020)



Valokuva 10. Asean kiinnike ja Mauellin yksikkö (Mäkelä, 2020)

Yllä olevissa valokuvissa 8, 9 ja 10 on esitetty Asean kiinnikkeen soveltumista Mauellin yksikköön. Kuvista voidaan kuitenkin nähdä, että Mauellin yksikön rungosta on tehtävä paksumpi, mutta runko on myös hieman kapeampi. Lisäksi kiinnikettä on muokattava, jotta yksiköiden mosaiikkilaatta on kiinnitettävissä. Yksiköiden mosaiikkilaatat kiinnittyvät normaalisti Mauellin mosaiikkirunkoon, eikä niitä saada kiinnitettyä suoraan Asean mosaiikkirunkoon. Tämän vuoksi tarvitaan myös tapa kiinnittää ne joko yksiköiden runkoon tai vaihtoehtoisesti yksiköiden kiinnikkeeseen.

7 YHTEENVETO

Esiselvitystyöstä tehtiin raportti ja sen perusteella voidaan todeta, ettei nykyisten yksiköiden käytön jatkaminen ilman toimenpiteitä ei ole mahdollista ja pahimmillaan se voi johtaa sähköntuotannon lopettamisen. Tästä johtuen jo pelkästään varaosatarpeiden tyydyttämiseksi tulisi yksiköitä hankkia käytöstä poistuvilta laitoksilta, jonka avulla mahdollistetaan yksiköiden riittävyys lähivuosien tulevissa vuosihuolloissa. Tällöin tulee kuitenkin yksiköiden kunto tarkastaa osana vastaanottoa, jotta vältytään viallisten yksiköiden varastoinnilta, asennukselta ja samalla saadaan parempi kokonaiskuva uusiokäyttöön kelpaavien yksiköiden määrästä.

Vaikka Asean valmistamia yksiköitä saataisiin hankittua käytettynä varaosiksi, tulee järjestelmän korvaamista tulevaisuuden kannalta vakavasti harkita. Vaikkakin simulaattorilla olevan järjestelmän osittainenkin korvaaminen on kallista verrattuna yksiköiden hankkimiseksi käytettynä, mahdollistaa se varautumisen tulevaisuudessa syntyville tarpeille. Kun muutostyö toteutetaan simulaattorilla, voidaan sieltä purettavia yksiköitä mahdollista hyödyntää myös varaosina laitoksille.

Kokonaisuudessaan yksiköiden ja mosaiikkijärjestelmien korvaaminen laitoksilla tulee kaikkiaan olemaan pitkä ja kallis projekti, mutta ensimmäinen askel on vähintään järjestelmän osittainen korvaaminen simulaattorilla. Tämä mahdollistaa turvallisemman ja tehokkaamman muutostyön toteuttamisen laitoksilla, koska tällöin voidaan tehdä tarvittavat tekniset ja ergonomiset muutokset muutossuunnitelmaan ennen niiden toteuttamista laitoksilla. Lisäksi samalla saadaan kerättyä uuden laitteiston käyttöön liittyvää kokemusta. Laitoksilla toteutettavat muutostyöt tulisi suunnitella toteutettavaksi tulevien mahdollisesti pidempien vuosihuoltojen aikana.

Mikäli Mauellin yksiköiden runko on mahdollista muokata siten, että ne saadaan sopimaan suoraan Asean runkoon, ei tällöin tarvitse mosaiikkijärjestelmää uusia kokonaisuudessaan. Jos tällaista ratkaisua ei valmistajalla valmiiksi ole tarjolla, on soviteen tai rungon valmistaminen todennäköisesti kallista. Rungosta voitaisiin tehdä Olkiluodossa TVO:n toimesta prototyyppi esim. 3D-tulostamalla, johon on mahdollista

asentaa Asean yksiköiden jousikiinnike. Tämä ei kuitenkaan ratkaise kaikkia kiinnitykseen liittyviä ongelmia, sillä nykyinen kiinnike ei sellaisenaan sovellu Mauellin yksiköiden kiinnittämiseen. Lisäksi yksiköiden eteen ja mosaiikkirunkoon asennettavan mosaiikkilaatan kiinnittämiseksi olisi kehitettävä soveltuva ratkaisu.

Muutostöiden suunnittelu ja toteuttaminen on syytä aloittaa riittävän aikaisin varsinkin, mikäli laitoksien käyttöluvalle on tarkoitus hankkia jatkoa vielä vuoden 2038 jälkeen. Tuolloin on erittäin epätodennäköistä, että tällä hetkellä käytössä olevia yksiköitä olisi saatavana edes käytettynä, sillä monilla laitousyksiköillä Asean/ABB:n valmistamat mosaiikkijärjestelmät on jo uusittu tai ne ollaan todennäköisesti uusimassa lähitulevaisuudessa.

LÄHTEET

ABB:n www-sivut 2020. <https://new.abb.com/fi>

Andersson, A. 1975. Mosaicsystem och mosaikapparater, ASEA, SK 618-102.

Costner, L. 1974. Allmänna konstruktionsförutsättningar för system 512. Funktionen frigivningssignal i pulpeter och tavla KA och KB, ASEA, KSA74-242. (128426)

Järjestelmän 511/512 FSAR 2019. 511/512 - OL1/OL2 - Instrumenttitaulut ja pulpetit - lopullinen turvallisuusseloste.

Mauell GmbH www-sivut. de.mauell.com

Mauell Mosaicsystems, 2020. <https://www.mauell.de/wp-content/uploads/2020/02/mosaik2020internet.pdf>

O'Hara J.M. & Fleger S. 2020. Human-System Interface Design Review Guidelines (NUREG-0700, Revision 3) <https://www.nrc.gov/docs/ML2016/ML20162A214.pdf>

Segerklev I. 1974. Allmänna konstruktionsförutsättningar för kontrollanläggninge-
noch systemet 511 och 512 ASEA, KSD73-210 (128442)

Säteilyturvakeskuksen www-sivut. <https://www.stuk.fi/>

Säteilyturvakeskus, 2019. YVL-ohje A.4 Ydinlaitoksen organisaatio ja henkilöstö.
<https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLA-4>

Säteilyturvakeskus, 2019. YVL-ohje A.8 Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta.
<https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLA-8>

Säteilyturvakeskus, 2019. YVL-ohje B.1 Ydinvoimalaitoksen turvallisuussuunnit-
telu. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLB-1>

Säteilyturvakeskus, 2019. YVL-ohje B.2 Ydinlaitoksen järjestelmien, rakenteiden ja
laitteiden luokittelu. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLB-2>

Säteilyturvakeskus, 2019. YVL-ohje E.7 Ydinlaitoksen sähkö- ja automaatiolaitteet.
<https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLE-7>

TVO-ohje 2019. Valvomoon liittyvien muutostöiden suunnittelu ja toteutus olkiluo-
don ydinvoimalaitoksilla. (133145)

Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut 2020. <https://www.tvo.fi>

TVO, OL1 ja OL2 Tekninen esite 2007. [https://www.tvo.fi/uploads/File/yksikot-OL1-OL2\(1\).pdf](https://www.tvo.fi/uploads/File/yksikot-OL1-OL2(1).pdf)