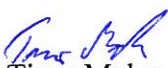




Automaatiouusintojen turvallisuus konejärjestelmissä

Kirjoittajat: Timo Malm & Outi Venho-Ahonen
Riskien hallinta ja käyttövarmuus

Markku Vanhala
VTT Expert Service Oy

Luottamuksellisuus: Julkinen

Raportin nimi Automaatiouusintojen turvallisuus konejärjestelmissä		
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Työsuojelurahasto	Asiakkaan viite TSR hanke nro 108308	
Projektin nimi Automaatiouusintojen turvallisuus konejärjestelmissä	Projektin numero/lyhytnimi 30520/AUTUUS	
Raportin laatija(t) Timo Malm, Outi Venho-Ahonen ja Markku Vanhala	Sivujen/liitesivujen lukumäärä 52/	
Avainsanat Modernisointi, modernisointiprojekti, turvallisuus, automaatiouusinta, koneturvallisuus	Raportin numero VTT-R-04369-10	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Suomen teollisuudessa toteutetaan koneiden muutoksia enemmän kuin uusinvestointeja. Erityisesti automaatiota ja ohjausjärjestelmiä uusitaan pari kolme kertaa teollisen järjestelmän elinaikana. Ohjelmistomuutoksia tehdään vielä useammin. Alakohtaiset erot ovat kuitenkin suuria. Uusille koneille on olemassa paljon eritasoisia vaatimuksia, esimerkiksi koneasetus ja sitä tukevat harmonisoidut standardit. Muutoksia tehtäessä nojaututaan tyypillisesti pikeminkin käyttöön liittyviin vaatimuksiin kuin uusien koneiden vaatimuksiin. Käyttöasetus esittää koneiden ja laitteiden turvallisuusvaatimukset, jotka eivät ole niin yksityiskohtaiset kuin uuden koneen vaatimukset. Käytännössä käyttöasetus antaa koneasetusta hieman suuremman mahdollisuuden vaikuttaa turvallisuuteen toimintatavoilla kuin koneasetus. Olennainen ero on kuitenkin vaaditussa dokumentoinnissa.</p> <p>Ohjausjärjestelmien turvallisen toiminnan osalta tärkeä kysymys on luokittelu. Uudet turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmät ja niiden käyttökohteet on luokiteltu turvallisuuden eheystasoihin (SIL) tai suorituskyvyn tasoihin (PL). Luokittelu ei ole pakollinen vanhoille järjestelmille, mutta tehdyn haastattelun mukaan kohteita ja ohjausjärjestelmiä on helpompi tarkastella (määrittely, suunnittelu ja validointi), kun ne on luokiteltu.</p> <p>Kokonaisuutena automaation modernisoinnista tai uudistamisesta voidaan todeta, että järjestelmällinen eteneminen vaihe vaiheelta auttaa hyvän toteutuksen aikaansaamisessa. Modernisointiprojektit poikkeavat toisistaan enemmän kuin uusinvestoinnit. Tähän vaikuttaa se, että järjestelmään jätetään vaihteleva määrä vanhaa ja se, että toteutus joudutaan tekemään osittain vanhan järjestelmän ehdoilla. Modernisoinnin osapuolilla on eri vaiheissa turvallisuuteen liittyviä tehtäviä, joiden toteutuksessa tarkastuslistat ovat apuna. Hankkeessa todettiin, että vaikka työnantaja vastaakin työpaikan turvallisuudesta, hyvä toteutus edellyttää turvallisuusasioista sopimista.</p>		
Luottamuksellisuus	Julkinen	
Tampere 26.8.2010 Laatija	Tarkastaja	Hyväksyjä
 Timo Malm Erikoistutkija	 Outi Venho-Ahonen Tutkija	 Helena Kortelainen Teknologiapäällikkö
VTT:n yhteystiedot VTT, PL 1300, FI-33101 Tampere; email: etunimi.sukunimi@vtt.fi		
Jakelu (asiakkaat ja VTT) Vapaa VTT:n internet sivuilla.		
<p>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</p>		

Kanteen on koottu kuva, joka koostuu mm. Metso Automaation ja Metso Paperin toimittamista valokuvista.

Alkusanat

Tämä konejärjestelmien automaatiouusintojen turvallisuuden kehittämiseen tarkoitettu opas on toteutettu Työsuojelurahaston tuella. Hankkeen johtoryhmässä ovat olleet mukana Helena Kortelainen (VTT), Reijo Laine, Jukka Alatalo, Eero Suomi (Metso Paper), Mika Kontio (Siemens), Pekka Röpelinen (Ruukki), Kenneth Johansson (Työsuojelurahasto) ja Matti Sundquist (Sundcon Oy). Hankkeen toteutuksessa ovat olleet mukana VTT:ltä Timo Malm, Outi Venho-Ahonen, Marita Hietikko ja Markku Vanhala (VTT Expert Service Oy). Lisäksi hankkeeseen on osallistunut suuri joukko lähinnä suunnittelijoita ja projektipäälliköitä lukuisissa haastattelutilaisuuksissa.

Tampere 27.8.2010
Timo Malm

Sisällysluettelo

Alkusanat.....	1
1 Johdanto.....	3
2 Modernisointiin liittyviä vaatimuksia.....	5
3 Uusinnan ajoittaminen	8
3.1 Modernisoinnin syitä	8
3.1.1 Vaikutus turvallisuuteen	12
4 Toiminnallisen turvallisuuden luokittelu	14
5 Modernisointiprosessi	18
5.1 Esiselvitys	19
5.2 Tarjouspyyntö	20
5.3 Tarjous.....	21
5.4 Tilaus	21
5.5 Sopimus.....	21
5.6 Suunnittelu	22
5.7 Toteutus.....	23
5.8 Käyttöönotto.....	23
5.9 Käyttö.....	24
6 Automaatiouusintojen turvallisuushaasteet	25
6.1 Tyypillisiä automaatiomuutokseen liittyviä turvallisuushaasteita	25
6.2 Rajapintoihin liittyviä riskejä	28
6.3 Turvallisuushaasteiden pohdintaa.....	28
7 Yhteenveto	30
Lähdeviitteet	31
Liite A: Huomioita käyttöasetuksesta 403/2008	
Liite B: Valinta SFS-EN ISO 13849-1:n ja SFS EN 62061:n välillä	
Liite C: Tyypillisiä automaation testaustoimenpiteitä - Esimerkki	

1 Johdanto

Teollisuuden kunnossapidon volyymi oli vuonna 2005 3,5 miljardia euroa ja tästä modernisoinnin osuus on ollut n. miljardin luokkaa [5]. Teollisuuden kiinteät investoinnit olivat tuona vuonna noin neljä miljardia euroa [1]. Tästäkin merkittävä osa on modernisointeja, joissa ei rakenneta koko tuotantoa uudestaan, vaan sitä uudistetaan. Tuotannon modernisointeja tehdään siis paljon. Modernisoinneilla pystytään saavuttamaan monia tavoitteita (esim. automaattiset toiminnat ja ajanmukainen turvallisuus) edullisemmin kuin uusimalla järjestelmä kokonaan. Tuotannon modernisointiin on olemassa kuitenkin vain vähän ohjeita ja vaatimuksia verrattuna uusinvestointiin (mm. koneasetus ja siihen liittyvät lukuisat standardit). Tällä hetkellä aiheen ajankohtaisuutta Euroopassa lisää se, että uudet koneiden turvallisuutta koskevat säädökset ovat astuneet voimaan vuonna 2009 (koneasetus 400/2008 ja käyttöasetus 403/2008).

VTT:llä toteutettiin vuosina 2005-2006 Työsuojelurahaston rahoittama "Turvallisuustietoinen koneen modernisointiprosessi" –hanke (MODERNIPRO) [8]. Hankkeessa kehitettiin yleispätevä toimintamalli koneiden ja konejärjestelmien modernisointiin. Malli soveltuu erikokoisiin ja eri alojen järjestelmiin ja sen vuoksi siinä on pitänyt tehdä paljon yleistyksiä. Yhtenä merkittävänä syynä modernisointiin oli tutkimuksen mukaan automaatioon kohdistuvat tarpeet (mm. varaosien puute, vanhan järjestelmän osaaminen, ominaisuuksien lisäämistarpeet, yhteensopivuus muihin järjestelmiin, puutteellinen turvallisuus ja tuotantokapasiteetti). Monet koneet pysyvät mekaanisesti hyvässä kunnossa pitkään, mutta automaation kehityssykli on niin nopea, että jo muutamassa vuodessa koneen ohjausjärjestelmä voi näyttää joltain osin vanhentuneelta.

Automaatiouusinnoissa vaikutetaan tyypillisesti konejärjestelmän käyttöön ja toimintatapaan (esim. manuaali- ja automaattikäyttö). Tämän vuoksi pitää suunnittelussa kiinnittää huomiota turvallisuuteen ja käytettävyyteen, koska juuri niihin tulee usein muutoksia.

Ohjausjärjestelmien vaatimukset muuttuvat nopeasti. Suunnittelijan pitää harkita, mitä uusia vaatimuksia pitää noudattaa. Toisaalta myös ostaja voi esittää vaatimuksia tavoitteenaan mm. toimituksen selkeys ja arvioitavuus. Ohjausjärjestelmien toiminnallisen turvallisuuden luokitteluun ja arviointiin on viime vuosina ilmestynyt uusia standardeja, kuten SFS-EN 62061 ja SFS-EN ISO 13849-1. Näiden vaatimusten soveltaminen vanhoihin järjestelmiin on hieman ristiriitaista niiden työläyden vuoksi, mutta kokonaan uusittavissa ohjausjärjestelmissä niiden soveltaminen taas on toivottavaa. Yleisiä ohjausjärjestelmän turvallisuusluokittelun etuja ovat mm. seuraavat asiat:

- ohjausjärjestelmien vertailu helpottuu (mm. ostajan kannalta),
- voidaan tilata tiettyyn luokkaan sopivia osia,
- ohjausjärjestelmän kokonaisuuden riskin arviointi nopeutuu, kun käytetään valmiiksi luokiteltuja osia ja
- luokittelun menetelmät ovat määriteltyjä, joten tulosten pitäisi olla vertailukelpoisia.

Luokittelun yleisenä vaikeutena ovat sen työläys ja saatavan tiedon puute. Siksi luokittelua ei kannata tehdä kaikille vanhoille järjestelmille. Toisaalta luokittelematta jättäminenkin on kannanotto järjestelmän riskeihin. Tätä problematiikkaa on pohdittu tarkemmin luvussa 4.

Tähän raporttiin liittyvässä hankkeessa tutkittiin koneiden automaatiuusintojen prosessia ja järjestelmän turvallisuutta. Automaation ja ohjausjärjestelmien uudistamiseen ja erityisesti turvallisuuteen liittyy mm. toiminnot, järjestelmien toiminnallinen turvallisuus, turvalaitteet, turvallisuusperiaatteet, vaatimukset, toiveet ja toimintatavat. Olennaisia tutkimuskysymyksiä hankkeessa ovat: uusinnan ajoittaminen (uusinnan syiden arvottaminen), vaatimusmäärittely (tavoite, toive, reunaehto, vaatimus), turvallisuushaasteiden tunnistaminen ja toimintamalli automaatiuusinnalle (vrt. VTT tied. 2359).

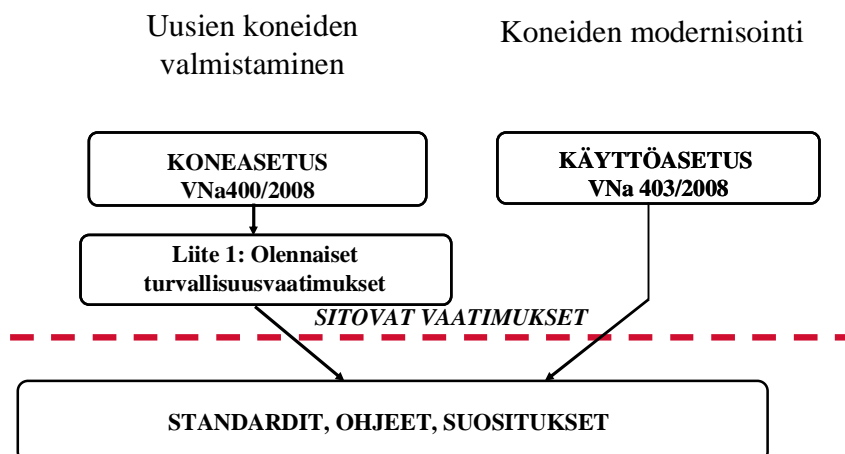
2 Modernisointiin liittyviä vaatimuksia

Vuoden 2005 alussa voimaan astuneessa konelaisissa (1016/2004) määritellään yleiset periaatteet turvallisille uusille koneille. Tarkemmat vaatimukset on esitetty koneasetuksessa. Vuoden 1995 alusta lähtien konedirektiivin soveltamisalaan kuuluvien koneiden on pitänyt olla konedirektiivin ja sen liitteessä 1 olevien olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukaisia.

EU:n konedirektiivi 98/37/EC korvattiin 29.12.2009 uudella konedirektiivillä 2006/42/EC ilman siirtymäaika. Tällöin loppui direktiivin vanhan version 98/37/EC ja vastaavan konepäätöksen (VNp 1314/1994) soveltaminen. Direktiivi on saatettu Suomessa voimaan koneasetuksella (VNa 400/2008). Direktiivi asettaa vaatimuksia pääasiassa konevalmistajille. Koneasetuksen soveltamisalaan kuuluva konetta voivat koskea muutkin määräykset, esimerkiksi EMC-direktiivin ja pienjännitedirektiivin mukaisten kauppaja- ja teollisuusministeriön päätösten vaatimukset.

Työturvallisuuslaki 738/2002 antaa yleiset, periaatteelliset vaatimukset koneen turvalliselle käytölle. Yksityiskohtaisemmat vaatimukset ovat EU:n työvälineitä koskevassa direktiivissä (89/655/EEC) ja sen lisäyksissä (95/63/EC, 2001/45/EC). Suomessa vuoden 2009 alusta voimaantullut käyttöasetus (VNa 403/2008) kattaa nämä vaatimukset.

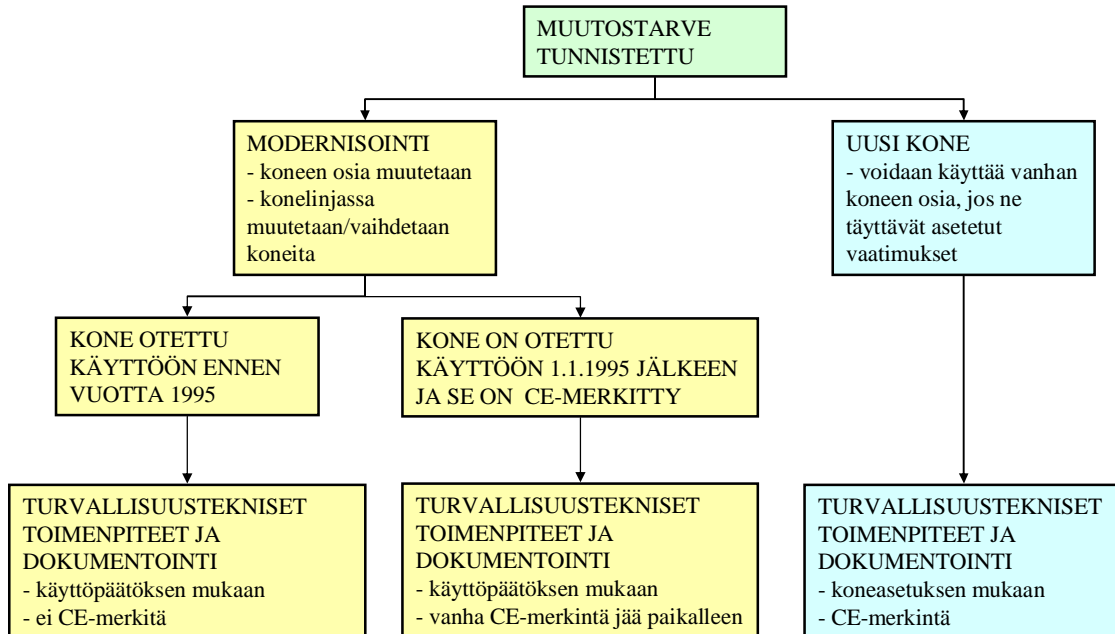
Kuva 1 esittää uusien koneiden valmistusta ja käytössä olevien koneiden modernisointia koskevien säädösten järjestyksen. Koneasetuksessa on konevalmistajia koskevia vaatimuksia ja se on voimassa siihen asti kunnes kone otetaan käyttöön. Käyttöasetus on koneen käyttöä varten ja voimassa koko koneen käyttöajan. Koneasetuksessa on myös vaatimuksia koneen koko elinkaaren osalta mukaanlukien esimerkiksi käytöstäpoisto.



Kuva 1. Koneturvallisuuksäädökset

Kun vanhassa koneessa todetaan muutostarpeita, on ensin tehtävä päätös siitä, hankitaanko uusi kone vai modernisoidaanko vanhaa. Hankittaessa tai valmistettaessa uusi kone voidaan käyttää myös vanhan koneen osia, mikäli niitä käyttämällä voidaan täyttää koneasetuksen vaatimukset. Kuva 2 esittää tähän valintaan

liittyviä kysymyksiä. Vastaavasti, kun konelinjaan tulee muutostarpeita, voidaan päätyä uuteen konelinjaan tai vanhan modernisointiin. [8]



Kuva 2. CE-merkintä ja lainsäädäntö.

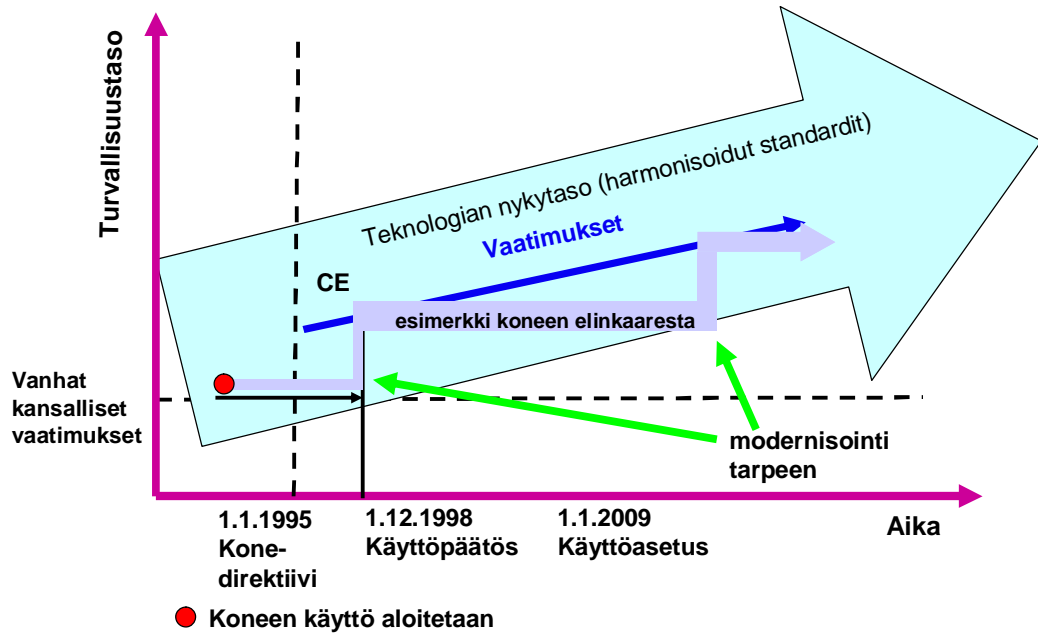
Koneasetuksen ja käyttöasetuksen vaatimuksia on vaikea verrata, koska koneasetuksessa ja yhdenmukaistetuissa standardeissa asiat on ilmaistu perusteellisemmin ja käyttöasetuksessa on enemmän harkinnan varaa ja työpaikan olosuhteet otetaan huomioon. Yhdenmukaistetut standardit kuvaavat tekniikan nykytasoa ja konepäättöstä tulkitaan niiden avulla.

Käyttöasetuksen (VNa 403/2008) määräykset on kohdistettu työnantajille. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisussa: ”Käyttöasetuksen soveltamissuosituksia” esitetään käyttöasetuksen soveltamisesta seuraavasti [6]:

Käyttöasetusta sovelletaan vain työturvallisuuslain soveltamisalalla ja sitä sovelletaan kaikkiin työvälineisiin. Siten käyttöasetuksen soveltamisalueeseen kuuluvat kaikki koneet, välineet ja muut tekniset laitteet sekä niiden asennetut yhdistelmät. Työväline voi olla ja usein onkin kone, mutta kaikki työvälineet eivät ole koneita.

Asetusta sovelletaan työvälineen käyttöön laajasti. Työvälineen käyttö tarkoittaa kaikkea työvälineeseen liittyvää toimintaa työssä, kuten työvälineen valintaa, asentamista, kuljetusta, käynnistämistä, pysäyttämistä, puhdistusta, käyttöä, huoltoa, korjausta, muuntamista ja tarkastamista.

Käyttöasetusta sovelletaan työpaikoilla riippumatta siitä, onko työväline otettu käyttöön ennen asetuksen voimaan tuloa (1.1.2009) vai sen jälkeen [6].



Kuva 3. Turvallisuustason ja vaatimusten kehittyminen

Käyttöasetuksessa korostetaan työnantajan yleistä velvoitetta huolehtia työvälineen sopivuudesta työhön. Käyttöasetuksen vaatimukset ovat osittain samansisällisiä kuin koneasetuksen uusille koneille asetetut terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Käyttöasetuksessa vaatimuksia on kuitenkin vähemmän ja eräät niistä ovat yleisluontoisia. Liitteeseen A on koottu huomioita käyttöasetuksesta.

VTT:llä toteutettiin vuosina 2005-2006 Työsuojelurahaston rahoittama "Turvallisuustietoinen koneen modernisointiprosessi" –hanke (MODERNIPRO), jonka raportin luvussa 2 on läpikäyty myös muiden direktiivien nojalla annettuja koneisiin liittyviä säädöksiä [8].

3 Uusinnan ajoittaminen

Automaatiouusinta voidaan aloittaa, kun syyt ovat tarpeeksi pakottavia ja on tuotannollisesti sopiva hetki. Käytettävissä oleva aika saattaa rajoittaa modernisointia.

3.1 Modernisoinnin syitä

Modernisoinnin syyt on tässä jaettu neljään ryhmään: pakottavat syyt, aineettomat syyt, tuotantoon liittyvät syyt ja suorat taloudelliset syyt. Taulukko 1 kuvaa tarkemmin näitä syitä.

Modernisoinnin syyt voivat pahimmillaan olla toimintaa rajoittavia, jolloin vanhaan järjestelmään liittyvä pakottava syy tai rajoitus hankaloittaa tai jopa kokonaan estää tuotannon jatkamisen vanhalla järjestelmällä. Tyypillisesti tällainen syy on varaosien saatavuuden heikentyminen, mikä onkin usein ensimmäinen heräte toimijan alkaessa pohtia modernisoinnin ajankohtaisuutta. Elinkaarianalyysia voidaan hyödyntää arvioidessa varaosien saatavuutta ja tämän pohjalta voidaan arvioida modernisointitarvetta. Varaosien saannin ongelmat voivat heijastua välillisesti myös muihin saman toimijan järjestelmiin, kun halutaan niiden olevan keskenään yhteensopivia; usein yrityksillä on varaosia ostettuna varastoon ja laajan varaston pitäminen on vaikeaa ja kallista. Rungas eri-ikäisten järjestelmien kirjo tuokin haasteita sekä kunnossapidolle (varaosahallinta, osaajat) että turvallisuudelle (erilaisesta automaatioasteesta johtuvat erilaiset toimintatavat).

Modernisoinnilla on vaikutuksia joko suoraan tuotantoon, jolloin hyödyt ovat välittömästi laskettavissa tai tuotteen tai tuotantovälineen ominaisuuksiin, jolloin hyödyt ovat välillisiä. Automaation modernisointi ei kaikissa tapauksissa välttämättä vaikuta tuotantonopeuteen, sillä mekaniikka ja prosessi ovat rajoittavampia tekijöitä. Joitain säästöjä voidaan kuitenkin saada. Tuotantokapasiteetti lisääntyy myös, koska hylkyyn menevän tuotannon osuus pienenee; järjestelmäintegroinnin myötä sekunda voidaan ”merkitä” ja ohjata tuotannosta sivuun. Tuotantolaitoksesta riippuen voi tuotannosta sivuun menevän osuuden väheneminen olla merkittävä kustannussäästö myös kaatopaikkamaksujen osalta.

Merkittävä modernisoinnin aiheuttama vaikutus on usein käytettävyyden paraneminen. Laajan useisiin koneisiin kohdistuvan modernisoinnin myötä koneiden käytettävyys ja työntekijän tehokkuus kasvaa, sillä käyttäjä voi käyttää useita koneita, jotka ovat käyttöliittymältään ja periaatteiltaan samanlaisia.

Mahdollisuus jatkossa itse lisätä uusia tuotteita, ajotapoja jne. on myös haluttu modernisoinnin myötä aikaansaatu ominaisuus. Diagnostiikan paranemista osaa arvostaa lähinnä kunnossapito, kun viat saadaan paikallistettua tehokkaammin. Diagnostiikka mahdollistaa usein myös merkittäviä kustannussäästöjä. Taulukko 1 ja Taulukko 2 esittävät modernisointipäätökseen vaikuttavia syitä.

Taulukko 1. Modernisointipäätökseen vaikuttavia syitä.

Modernisoinnin syy	Esimerkki tai tarkennus
Rajoittava syy; pakottava syy tai rajoitus	
Varaosien saatavuus	Varaosat pysyvästi loppu tai vähissä; voi heijastua muihinkin järjestelmiin yhteensopivuusongelmina
Vakavan tapaturman riskin pieneminen	Vakava tapaturma (samalla alalla) "läheltä piti" –tilanne lähipiirissä riskin tunnistaminen arvioinnilla turvakirjeet, joissa tiedotetaan mahdollisista riskeistä vierekkäisten koneiden erilaisesta automaatioasteesta johtuva riski
Tiedostetun merkittävän riskin poistaminen	Löydetään uusi merkittävä riski, viranomaisvalvonta. Riski voi olla taloudellinen tai liittyä laitteistoon, ympäristöön, ihmisiin tai muuhun tekijään.
Laitetta koskeva osaaminen	Vanhan järjestelmän osaajien väheneminen aiheuttaa hankaluuksia tuotantoon ja järjestelmän kunnossapitoon, vieressä olevat koneet on saatettu jo uusia. Uutta tekniikkaa käyttämällä osaajien saaminen helpottuu. Ihmiset eivät halua opetella vanhenevaa tekniikkaa.
Ominaisuuksien paraneminen	Riittävätkö vanhan laitteen ominaisuudet; tarkkuus, yhteensopivuus, nopeus jne.
Vanhan koneen rikkoutuminen	Kone tai sen osa menee rikki. Tämä saattaa olla sopiva ajankohta pikaiselle modernisoinnille.
Ympäristömääräysten täyttyminen	
Työturvallisuusmääräysten täyttyminen	
Tuotantokatkos	Vaikuttaa lähinnä uusinnan ajoittamiseen, kun modernisointipäätös on tehty. Modernisointi on toteutettava tuotantokatkoksen aikana.
Aineettomat syyt	
Käytettävyyden ja ergonomian paraneminen	Käytettävyyden määritelmä (EN 12100-1): koneen ominaisuus olla helposti käytettävissä mm. niiden ominaisuuksien tai piirteiden ansiosta, jotka tekevät sen toiminnan (toimintojen) ymmärtämisen helpoksi.
Järjestelmien samankaltaisuuden lisääntyminen	Runsas eri-ikäisten järjestelmien kirjo tuo haasteita <ul style="list-style-type: none"> - kunnossapidolle (varaosahallinta, osaajat), - turvallisuudelle (erilaisesta automaatioasteesta johtuvat erilaiset toimintatavat)
Tuotevariaatioiden mahdollistuminen	Mallivariaatioiden lukumäärän muutos, uudet tuotteet.
Uusien tuotteiden aiheuttamien vaatimusten täyttyminen	Tuotteen uudet ominaisuudet saattavat edellyttää uutta järjestelmää.
Tuotteiden laadun paraneminen	
Muunneltavuuden lisääntyminen	
Yhteensopivuuden lisääntyminen muiden järjestelmien kanssa	
Prosessin reaaliaikaisen datan saatavuuden paraneminen	Reaaliaikaisen tiedon saanti prosesseista.

Modernisoinnin syy	Esimerkki tai tarkennus
Diagnostiikan paraneminen	Vikojen paikallistaminen nopeutuu.
Uuden teknologian / uusien menetelmien hyödyntäminen	
Imagoarvon paraneminen	Ympäristö, energia, edelläkävijä, automaatioaste jne.
Tuotantoon liittyvät syyt (ei suorat kustannustekijät)	
Ylläpidon helpottuminen	Aikojen kuluessa vanhaan järjestelmään on tehty niin paljon huonosti dokumentoituja muutoksia, että hallittavuus hankalaa.
Järjestelmän tuntemiseen koulutetun henkilöstön määrän tarpeen pieneneminen	
Automaatioasteen kasvattaminen	
Tuotannon nopea reagointi tarpeeseen	
Kapasiteetin lisääntyminen	
Saatavuus - järjestelmä käytävissä (availability)	Järjestelmä voi olla poissa käytöstä monista eri syistä esim.: <ul style="list-style-type: none"> - rikkoutuminen - häiriö - ei osaavaa henkilökuntaa - ei materiaalia
Luotettavuuden paraneminen - luottamus järjestelmään	Luotettavuuden määritelmä (EN 12100-1): koneen tai sen osan tai laitteen kyky suorittaa vaadittu toiminto vikaantumatta määritellyissä olosuhteissa ja annetun ajan.
Häiriötiheyden pieneneminen (ei rikkoutuminen)	
Energiankulutuksen väheneminen	Mahdollisuus käyttää akkuja, pienemmät kaapelit, pienemmät energiavarastot.
Raaka-aineen kulutuksen väheneminen (imagoarvo)	
Varaosia toiseen järjestelmään	Varaosat ovat kokonaisuudessaan vähissä, mutta muuten ei ole suurta automaation parantamisen tarvetta. Varaosia saadaan toiseen järjestelmään purkamalla yksi järjestelmä (modernisointi).
Havaitut ongelmat	Nykyisen järjestelmän toimimattomuus tai ongelmat.

Taulukko 2. Muistilista uusittuun ja vanhaan järjestelmään liittyvistä kustannustekijöistä.

Kustannustekijät - muistilista	
Ylläpitokustannukset	Tehostetulla diagnostiikalla viat löytyvät nopeammin.
Energiankulutus	
Raaka-aineen kulutus	
Kaatopaikkamaksut	
Tuotannon nopeutuminen (yksittäinen kone)	
Kapasiteetin lisääntyminen (järjestelmän kasvaminen)	
Saatavuus (availability)	Järjestelmä on käyttäjien käytettävissä enemmän aikaa.
Luotettavuuden paraneminen	
Häiriötiheyden väheneminen	
Häiriöiden merkityksen väheneminen	Häiriöiden merkitykseen liittyy mm. <ul style="list-style-type: none"> - häiriöiden laajuus ja mahdollisuus laajeta isompaan järjestelmään - järjestelmän automaattinen häiriöstä toipumiskyky - häiriön mahdollisuus aiheuttaa vahinkoa ja tuotantokatkoksia.
Häiriöiden aiheuttaman sekundatuotannon väheneminen	
Automaatioasteen kasvattaminen	
Tuottavuus / hlö paraneminen - henkilöstöä tarvitaan vähemmän	
Havaitut ongelmat	Nykyisen järjestelmän toimimattomuus tai ongelmat

3.1.1 Vaikutus turvallisuuteen

Turvallistamistarpeiden perustelu päätöksenteossa on usein vaikeaa. Turvallisuusmääräysten täytyminen on melko abstrakti käsite ja turvallisuusasioiden konkretisoiminen on tarpeen. Yksi tapa on arvioida tapaturman suoraan ja välillisesti aiheuttamia kustannuksia yritykselle ja yhteiskunnalle (Taulukko 3). Yksiselitteisen kustannuksen määrittely on kuitenkin usein vaikeaa ja lisäksi joudutaan pohtimaan, onko eettisesti oikein asettaa työntekijän loukkaantumiselle rahallista arvoa.

Taulukko 3. Tapaturman kustannukset [2].

<p>Henkilöön liittyviä kustannuksia aiheuttavat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kuolema, loukkaantuminen tai shokki - pelastamiseen käytetty aika - hoitomaksut, kuten lääkäri, hoitajat, sairaala ja ambulanssimaksut - loukkaantuneen työkyvyttömyysmaksut - kuntouttamiseen liittyvät maksut, jotka johtuvat loukkaantumisesta sekä henkisten tai fyysisten taitojen menettämisestä - hautauskulut - eläkemaksut loukkaantuneelle, leskeksi tulleelle puolisolle tai huollettaville - taitojen, kokemuksen ja koulutuksen menettäminen - uuden työntekijän kouluttaminen ja kokemuksen puute - muun henkilökunnan kuten johdon, työsuojeluhenkilöstön tai PR-henkilöstön menetetty työaika. 	<p>Korjaavien toimenpiteiden aiheuttamat kustannukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tapaturmatutkimus ja raportointi - tapaturmaan johtaneiden syiden poistaminen - tuotannon hidastuminen ennen tapaturman syiden selvittämistä ja korjaavia toimenpiteitä
<p>Laitteisiin ja materiaaliin liittyviä kustannuksia aiheuttavat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pelastamiseen liittyvän kaluston käyttö - pelastuskaluston menetykset - tapaturmassa vahingoittuneiden laitteiden ja koneiden korvaaminen - vahingoittuneen muun omaisuuden korvaaminen - vanhentuneen laitteiston vaikea korvattavuus 	<p>Muita kustannuksia aiheuttavat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tuoteturvallisuus ja -vastuu - työnantajan vastuu - toiminnan, tuotannon tai tulojen menetykset - kasvaneet vakuutusmaksut - luottamuksen menetys - kunnian ja arvovallan menetys - työmoraalin heikentyminen

Automaatiouusintoihin liittyviä turvallisuutta parantavia tekijöitä on kerätty taulukkoon (Taulukko 4).

Taulukko 4. Automaatiouusinnan turvallisuutta parantavia tekijöitä.

Turvallisuutta parantava tekijä	Esimerkkejä ja tarkennuksia
Ohjausjärjestelmän parempi toiminnallinen turvallisuus - luokittelu	Ohjausjärjestelmän turvallisuustaso vastaa tarkemmin tarvetta.
Parempi vikojen hallinta - diagnostiikka, toiminta vikatilanteissa	Tunnistetaan viat ja annetaan käyttäjälle tietoa jatkotoimenpiteistä.
Vähemmän häiriöitä	Tapaturmat ovat tavallisempia häiriötilanteissa
Turvalaitteet vaarakohtiin	Valoverhot, rajakytkimet, toimintaan kytketyt suojukset, laser-skannerit, turvareunat, turvamatot
Vaarakohdan eristäminen	Aidat, kotelointi, säteily suojaus, pölytiiviyys, hygieenisuus, melusuojaus yms.
Odottamattoman tai vahinkokäynnistymisen eston parempi hallinta	Käynnistysehdot, tarvittaessa pysäytystilan valvonta, näkyvyys kohteeseen
Hätäpysäytyksen, pysäytyksen ja energian katkaisun parempi hallinta	Pysäytyksen ehdot, pysäytyksen nopeus / hallinta, luotettava kaikkien energiamuotojen hallinta
Hallintalaitteiden tarkoituksenmukainen sijoittelu	Käytettävyys, luoksepäästävyys, ergonomia, vaaditut turvaetäisyydet, kaksinkäsin laukaisulaitteet ...
Manuaalisten, vaarallisten työvaiheiden automatisointi	Materiaalin syöttö ja purku koneeseen, työkalun vaihto, toiminnan valvonta, puhdistaminen
Turvallisempi kunnossapito	Kunnossapidettävien kohteiden sijainti kunnossapidon tarve ja määrä, kunnossapidon ajoitus.
Tarkoituksenmukaiset kulkureitit	Ohjauspaikat ja huoltokohteet, materiaalin tuonti ja vienti järjestelmään, turvallinen läpikulku

4 Toiminnallisen turvallisuuden luokittelu

Toiminnallisen turvallisuuden luokitteluun on nykyään olemassa kaksi eri standardiperhettä: IEC:n 61508-sarja, jolla on myös alakohtaisia sovellusstandardeja (kuten SFS EN 62061) sekä ISO:n 13849-1 [9]. IEC:n standardit liittyvät SIL-luokitukseen (safety integrity level = turvallisuuden eheystaso). ISO:n standardeissa viitataan usein PL-tasoon (performance level = suorituskyvyn taso). Myös SFS-EN 954-1 mukainen luokka tai kategoria on käytössä 31.12.2011 asti.

Standardin SFS-EN 954-1 mukainen luokittelu perustuu arkkitehtuuriin ja vikakäyttäytymiseen. Siinä ei oteta huomioon ohjelmoitavia järjestelmiä, vaan niitä tarkastellaan niitä järjestelmätasolla ikään kuin mustina laatikkoina. Käytännössä kategorian 3 ja 4 järjestelmät ovat kahdennettuja. Kategoria 1 liittyy mekaanisiin ylimitoitettuihin rakenteisiin, joiden lasketaan kestävän odotettavissa olevan käytön helposti. [9]

Standardin SFS-EN ISO 13849-1 mukainen luokittelu käsittää yhtenä osatekijänä myös kategorian, mutta siinä otetaan huomioon lisäksi keskimääräinen vaarallisten vikojen väli (MTTFd), diagnostiikan kattavuus (DC) sekä monia muita kuhunkin PL-tasoon liittyviä vaatimuksia ja rajoituksia. Standardissa käsitellään myös ohjelmoitavia järjestelmiä, mutta erityisesti PL=e tason vaatimuksissa viitataan paljon IEC 61508 standardiperheeseen.

Standardin SFS EN 62061 mukainen luokittelu on tarkoitettu ohjelmoitaviin järjestelmiin ja niissä erityisesti järjestelmäsovelluksiin. Luokittelu perustuu vaarallisen vian todennäköisyyteen, mutta siinä on lisäksi monia kuhunkin SIL-tasoon liittyviä vaatimuksia ja rajoituksia. [11]

IEC 61508 standardiperhe käsittelee laajalti kaikenlaisia ohjelmoitavia järjestelmiä. Se soveltuu mm. sulautettujen järjestelmien, korkean tason ohjelmointikielien tarkasteluun sekä erityisen kriittisiin kohteisiin. [2]

Standardeja SFS EN 62061 ja SFS-EN ISO 13849-1 voidaan käyttää ristiin siten, että muutamat järjestelmän osat käsitellään ensimmäisellä ja loput toisella standardilla. Siten esim. hydraulikka ja pneumatiikka voidaan käsitellä 13849-1 mukaan ja elektroniikka 62061:n mukaan. Taulukko 5 esittää PL-tasojen, SIL-tasojen ja kategorioiden vastaavuuden. Kategorioiden osalta vertailu on suuntaa antava.

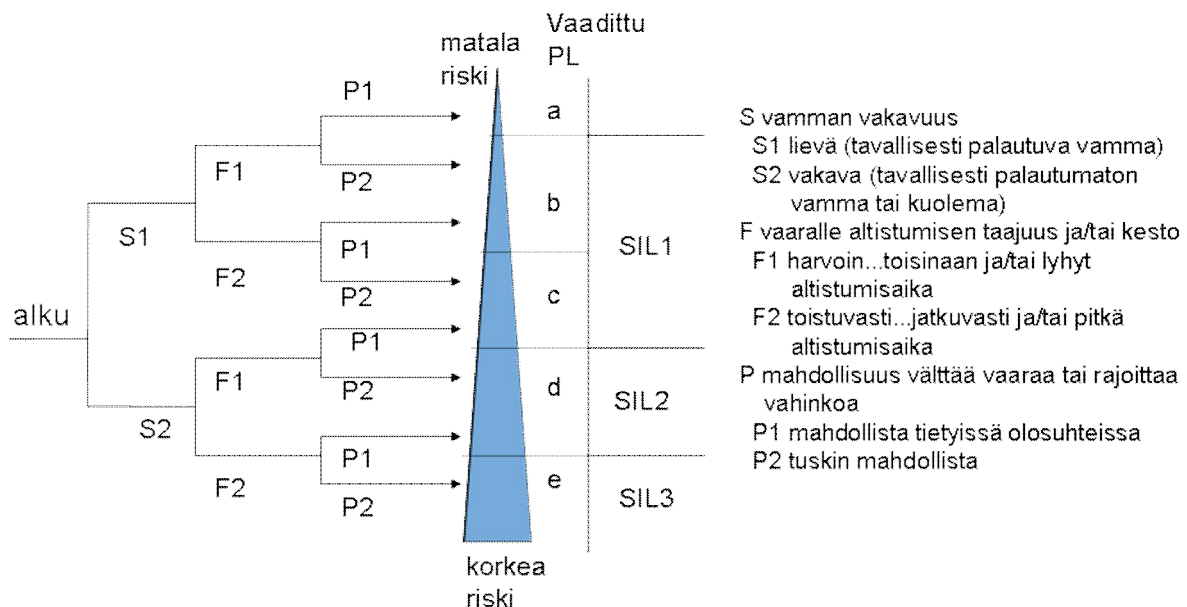
Taulukko 5. Suoritustason PL, turvallisuuden eheyden tason SIL sekä luokan vastaavuus.

Suoritustaso (PL)	Luokka (kategoria)	Keskimääräinen vaarallisen vian todennäköisyys tunnissa (1/h)	Vastaavuus eheystasoihin (SIL)
a	B	$10^{-5} \leq PFH_d < 10^{-4}$	ei
b	1-2	$3 \cdot 10^{-6} \leq PFH_d < 10^{-5}$	1
c	1-3	$10^{-6} \leq PFH_d < 3 \cdot 10^{-6}$	1
d	3	$10^{-7} \leq PFH_d < 10^{-6}$	2
e	4	$10^{-8} \leq PFH_d < 10^{-7}$	3

Ohjausjärjestelmältä vaadittava toiminnallisen turvallisuuden taso saadaan joko likiarvona suoraan standardista tai sitten riskin arvioinnin perusteella. Monet konekohtaiset ISO standardit määrittelevät nykyään vaadittavan PL-tason turvatoiminnoille. Määrittely kuvaa kuitenkin keskimääräistä tapausta ja siitä voi poiketa kun on hyvät perusteet. Soveltajan pitää kuitenkin arvioida, onko standardin arvio kyseiseen kohteeseen sopiva. Jos standardeista ei löydy turvatoiminnoille PL-tasoa, pitää päätös tehdä riskin arvioinnin perusteella. SFS-EN ISO 13849-1 esittää riskin arvioinnin perustaksi riskigraafia (ks. Kuva 4). Menetelmässä vaadittava PL-taso saadaan määriteltyä kolmella kysymyksellä:

- Mikä on vamman vakavuus?
- Mikä on vaaralle altistumisen taajuus (tai kesto)?
- Onko mahdollista välttää vaara tai pienentää vahinkoa?

Menetelmä on tarkoitettu PL-tason arviointiin ja se ei sovellu hyvin jäännösriskin arviointiin.



Kuva 4. Standardin SFS-EN ISO 13849-1 mukainen riskigraafi.

Standardissa SFS EN 62061 esitetään riskin arviointiin ja SIL-tason määrittämiseen matriisiin perustuva menetelmä. Siinä arvioidaan seurausten vakavuutta, tajuutta, todennäköisyyttä ja vältettävyyttä. Menetelmässä lasketaan saadut pisteet (ei vakavuus) yhteen ja taulukosta katsotaan kyseisen vakavuuden ja saavutetun pistemäärän perusteella vaadittu SIL-taso.

Seuraukset	Vakavuus Se	Luokka Ci				
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
Kuolema, näön tai käden menetys	4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
Palutumaton, sormen menetys	3			SIL 1	SIL 2	SIL 3
Palautuva, sairaanhoito	2				SIL 1	SIL 2
Palautuva, ensiapu	1					SIL 1
Taajuus ja kesto Fr	Vaarallisen tapahtuman todennäköisyys, Pr		Vältettävyys Av.			
<= 1 tunti	5	Erittäin todennäköinen		5		
> 1 t - <=päivä	5	Todennäköinen		4		
>1 päivä - <=2 viikkoa	4	Mahdollinen		3	Mahdoton 5	
>2 vko - <=1 vuosi	3	Harvoin		2	Mahdollista 3	
> 1 vuosi	2	Ei huomioitava		1	Todennäköistä 1	

Kuva 5. Standardin SFS EN 62061 esittämä menetelmä vaadittavan SIL-tason määrittämiseksi.

Ohjausjärjestelmän luokittelu on melko työlästä ja siksi kannattaa pohtia onko se tarpeellista. Taulukko 6 esittää arvioin luokittelun hyvistä ja huonoista puolista.

Taulukko 6. Onko ohjausjärjestelmän luokittelu tarpeen.

Puolesta	Vastaan
<ul style="list-style-type: none"> - Ohjausjärjestelmän valinta luokittelun jälkeen helpompaa - Kaupalliset komponentit on luokiteltu. Komponentteja ostettaessa luokitteluun otetaan kuitenkin kantaa. - Riskin arviointi on tehtävä kuitenkin, jotta saadaan perusteet ohjausjärjestelmän valinnalle. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ei pakollista - Luokittelu ja riskin arviointi on työlästä. - "Tehdään niin kuin ennenkin". - Muutokset pieniä. - Riskit voidaan ilman erityistä arviointia katsoa niin korkeiksi, että kaikkiin funktioihin käytetään samaa korkean SIL/PL-tason järjestelmää. - Jos ohjausjärjestelmiin liittyviä riskejä ei löydetä, niitä ei tarvitse arvioida.

Periaatteessa ohjausjärjestelmän turvatoimintojen luokittelu voidaan tehdä SFS-EN ISO 13849-1, SFS EN 62061, SFS EN 954-1 tai IEC 61508 standardin mukaan. Standardien SFS-EN ISO 13849-1 ja SFS EN 62061 alussa on esitetty taulukko valintaa varten (ks. liite B) Valintaa tehtäessä kannattaa ottaa ainakin seuraavat asiat huomioon:

- Onko turvatoiminnon luokittelu jo tehty soveltuvien standardien mukaisesti.
- Löytyykö turvatoiminnolle luokittelu jostain konekohtaisesta (C-tyypin) standardista.

- Käytetäänkö ohjausjärjestelmässä korkean tason ohjelmointikieliä, sulautettua elektroniikkaa tai kohde on turvallisuuden kannalta erityisen kriittinen (ks. IEC 61508).
- Käytetäänkö järjestelmässä ohjelmoitavaa ohjausjärjestelmää, joka koostuu sovellusohjelmistosta ja kyseiseen SIL-tasoon soveltuvasta kehitys- ja toteutusympäristöstä (ks. IEC 62061).
- Koostuuko järjestelmä hydraulikasta, pneumatiikasta, peruselektroniikasta ja sähkötekniikasta tai järjestelmällä tavoitellaan korkeintaan PL=d tasoa ks. ISO 13849-1.
- ISO 13849-1 on nopeampi soveltaa, mutta sen soveltaminen voi rajatapauksissa johtaa pieneen turvallisuuden ylimitoitukseen.

Hankkeen osapuolille tehdyn haastattelun perusteella luokittelu on tarpeen. Tähän vaikuttaa se, että jos automaatiota muutetaan, ostajan pitää tietää minkä tason järjestelmä pitää hankkia. Jos valitaan luokittelematon järjestelmä, se tarkoittaa sitä, että riskit eivät ole kovin suuria tai ne pystytään hoitamaan muilla keinoilla.

Vastuu luokittelun tekemisestä on työnantajalla/ostajalla. Ostajan pitää määritellä minkä tasoinen järjestelmä on tarpeen. Toimittaja ja toteuttaja tekevät järjestelmän asetettujen vaatimusten mukaisesti. Jos suunnittelija huomaa, että kohteeseen on tulossa turvallisuuden kannalta riittämätön järjestelmä, pitää siitä informoida ostajaa.

Luokittelu olisi hyvä tehdä jo tarjousta pyydettyäessä, jotta toimittaja pystyy hinnoittelemaan toimituksen. Monissa tapauksissa toimittajalla saattaa olla enemmän osaamista luokitteluprosessista, mutta ostajalla taas järjestelmän käytöstä. Jos luokitusta ei ole tiedossa, pitää määritellä kuka ottaa siitä vastuun.

5 Modernisointiprosessi

Tässä luvussa esitetään vaiheittain modernisointiprosessin malli, joka on laajalaisesti ohjausjärjestelmien muutostöihin ja uusintoihin sopiva. Sitä voivat soveltaa modernisointiprojektin tärkeimmät osapuolet. Tässä mallissa otetaan huomioon erityisesti automaation turvallisuuteen liittyviä tekijöitä. Yleisempi modernisointimalli tarkempine selityksineen on esitetty raportissa: "Turvallisuustietoinen koneiden ja tuotantolinjojen modernisointiprosessi" [8]. Tämä yleinen malli on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 6).



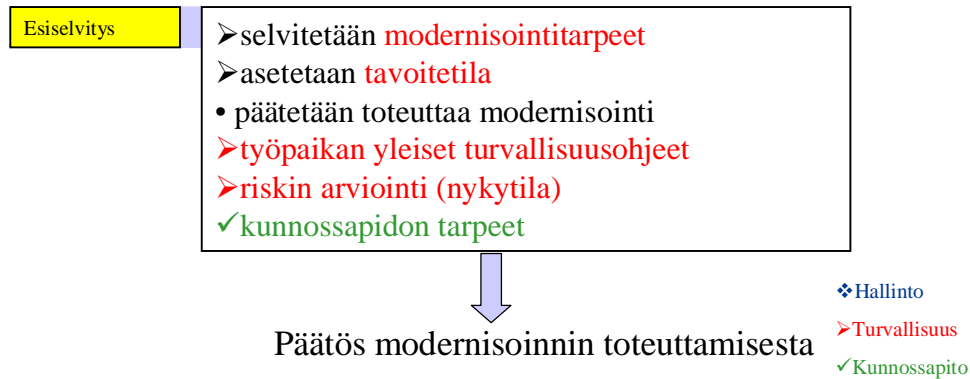
Kuva 6. Yleinen modernisointimalli [8].

Mallissa toimittajalla (myyjä) tarkoitetaan osapuolta, joka toimittaa ja toteuttaa modernisoinnin. Tilaajalla (asiakas, työnantaja) tarkoitetaan osapuolta, joka ottaa käyttöön modernisoidun järjestelmän. Varsinkin isommissa projekteissa vastuuta jaetaan edelleen aliurakoihin.

5.1 Esiselvitys

Tavoite: Vastata kysymyksiin ”Tarvitseeko modernisoida” ja ”Miksi modernisoidaan?”

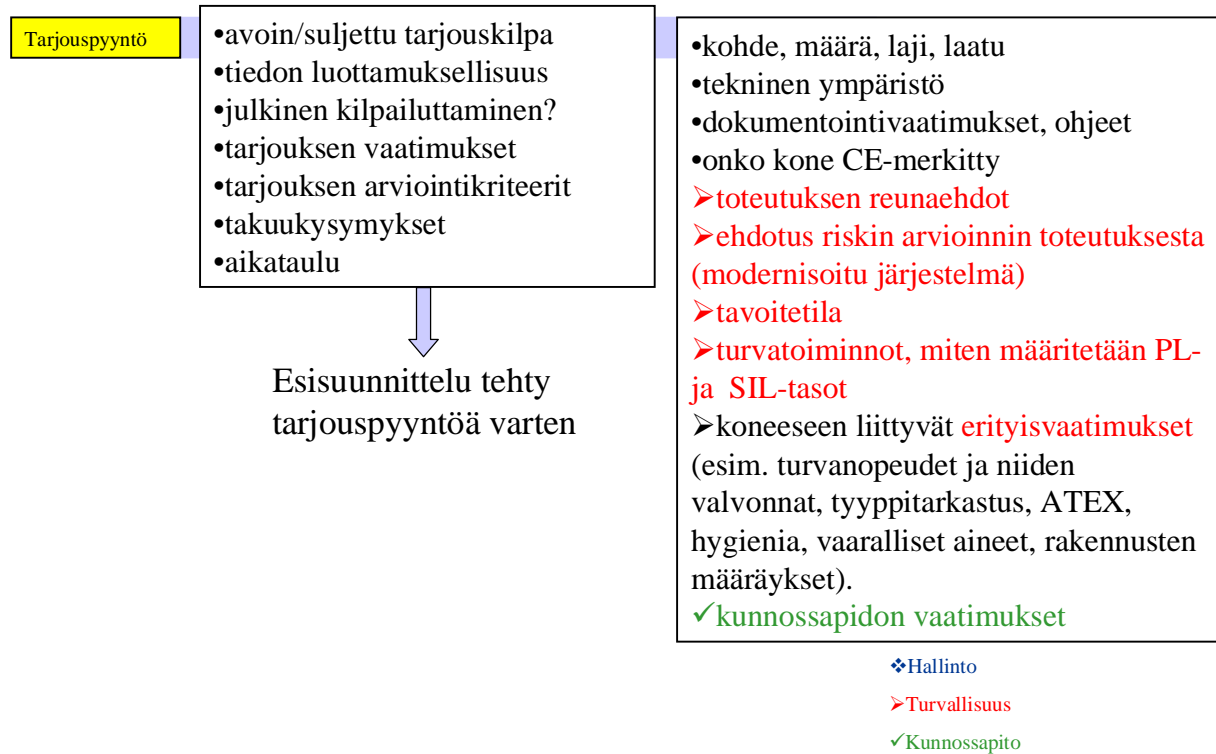
Toteutus: Asiakas.



Kuva 7. Modernisointimalli: Esiselvitys

Esiselvityksen tavoitteena on se, että asiakas tekee päätöksen modernisointitarpeesta. Toimittajan apua tarvitaan yleensä jo alkuvaiheessa. Asiakas kertoo ongelman ja toimittaja kertoo vaihtoehtoista. Tämä vaihe on tilaajan sisäinen asia eivätkä tarjoajat välttämättä ole siinä mukana. Toisaalta esiselvitysvaiheessa ulkopuolinen apu on usein tarpeen tukemaan päätöksen tekoa. Tilaajan pitää nimetä hankkeelle vastuuhenkilö, joka pystyy toteuttamaan hankkeen. Jo esiselvitysvaiheessa on hyvä pohtia onko automaation luokittelu tarpeen. Jos aiheesta ei ole riittävästi omaa tietoa, asiantuntijoilta tulisi pyytää apua. Esiselvitysvaiheessa on kuitenkin varottava liian tiukkaa määrittelyä, jos aiheesta ei ole riittävästi tietoa. Lähes kaikkiin toiminnan vaiheisiin liittyen voidaan todeta, että asioista pitäisi päättää ajoissa, mutta toisaalta liian vähillä tiedoilla tehdyt päätökset saattavat olla huonoja. Tämä pätee erityisesti prosessin alkuvaiheisiin.

5.2 Tarjouspyyntö



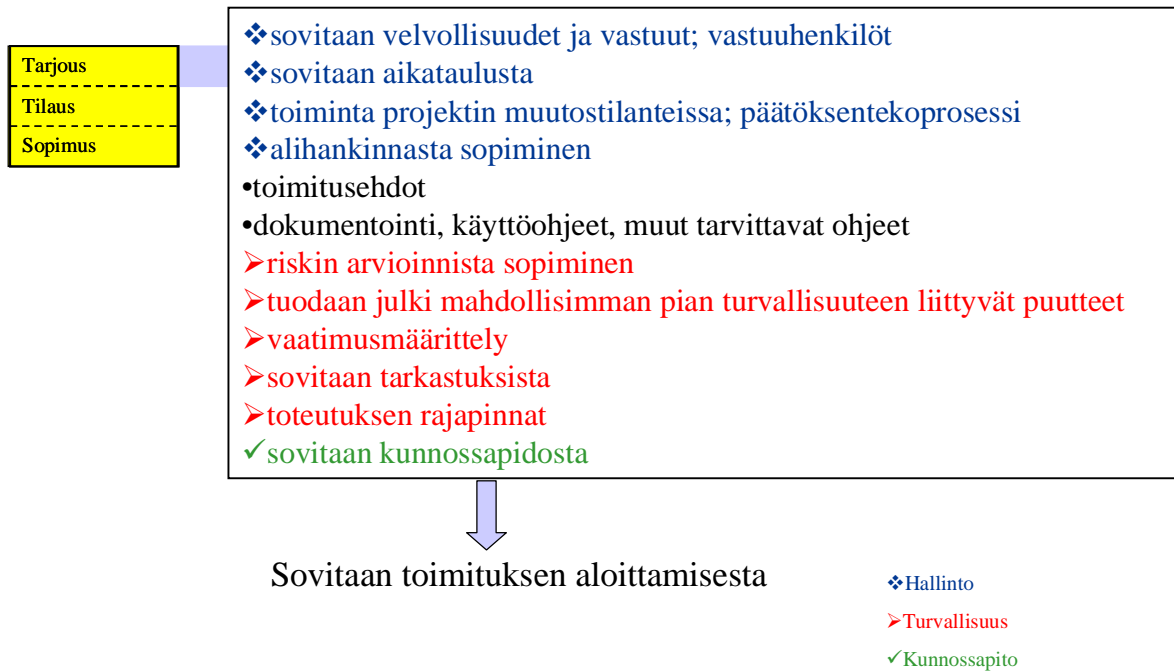
Kuva 8. Modernisointimalli: Tarjouspyyntö

Tarjouspyynnön on oltava mahdollisimman tarkka ja yksityiskohtainen, jotta tarjoaja ei joudu esittämään korkeaa hintaa sen takia, että katsoo toimitukseen tarvittavan lisäyksiä tarjouspyyntöön verrattuna. Tarjouspyynnössä on myös määriteltävä mahdolliset erityisvaatimukset; esimerkiksi tarve tiettyyn tekniikkaan tai mahdolliset tehdasstandardit. Toisaalta asiakas saattaa haluta mahdollisimman monenlaisia ratkaisuehdotuksia, mikä saavutetaan, kun ei sidota tarjoajia liian tarkkoilla etukäteismäärittelyillä.

5.3 Tarjous

Tavoite: Yksilöidä riittävän tarkasti, mitä luvataan tehdä ja millä ehdoilla sekä vastata tarjouspyynnössä esitettyihin pyyntöihin.

Toteutus: Toimittaja.



Kuva 9. Modernisointimalli: Tarjous, tilaus ja sopimus

Tarjousvaihe on kiinteässä yhteydessä tilaus ja sopimusvaiheeseen. Projektin koosta riippuen vaiheet voivat toistua projektin edetessä ja isoissa hankkeissa voidaan aluksi tehdä myös aiesopimuksia. Tässä vaiheessa sovitaan toimitusrajoista ja laajuudesta samoin kuin vanhojen osien käytöstä.

5.4 Tilaus

Tavoite: Tilaus on dokumentti, jolla luvataan toteuttaa tilaajan velvoitteet.

Toteutus: Asiakas.

5.5 Sopimus

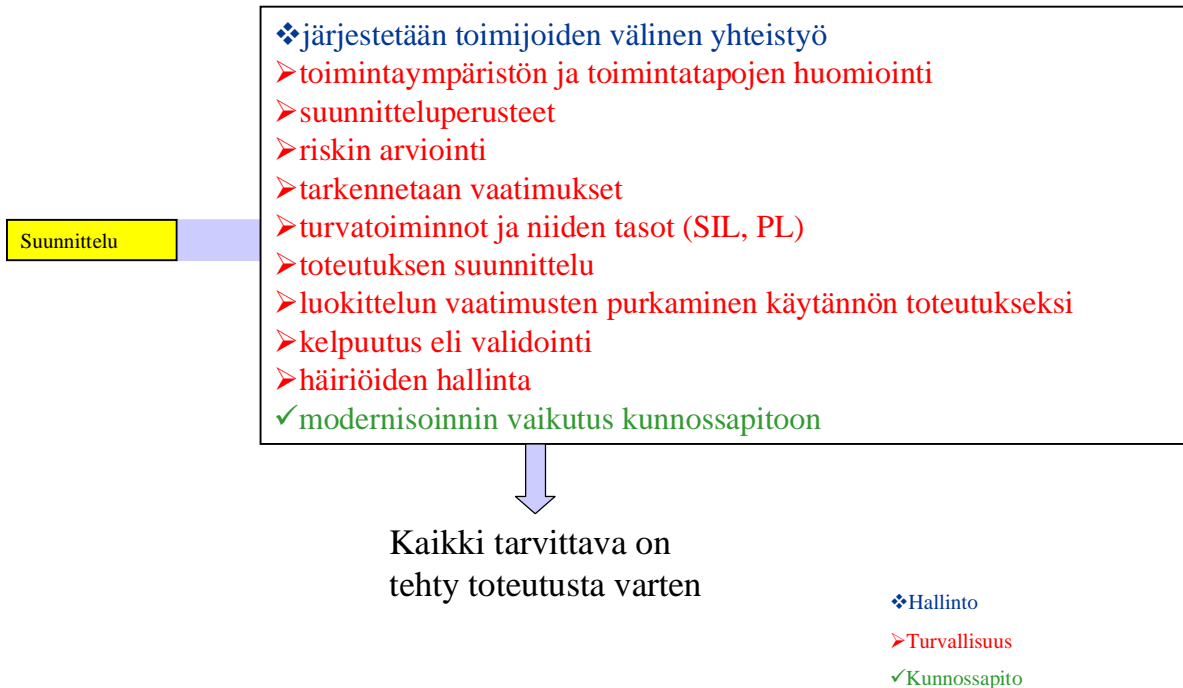
Tavoite: Sopimuksessa ilmaistaan osapuolten velvollisuudet ja vastuut. Päävastuu on työnantajalla. Oma vastuunsa on myös muutoksen osalta muutoksen tekijällä ja alkuperäisen koneen valmistajalla koneen alkuperäiseltä osuudelta.

On tyypillistä, että modernisointiprojektin kuluessa tulee esille asioita, joita ei ole huomioitu määrittelyvaiheessa. Sopimuksessa onkin tärkeä sopia suunnitelmien jäädytyspäivä, jonka jälkeen havaitut puutteet tai muutostarpeet maksaa tilaaja. Kustannusten jakautumisesta voidaan sopia myös muulla tavalla.

5.6 Suunnittelu

Tavoite: Suunnittelu dokumentoidaan kirjallisesti ja siinä ilmaistaan toteutuksessa tarvittavat tiedot.

Toteutus: Toimittaja.



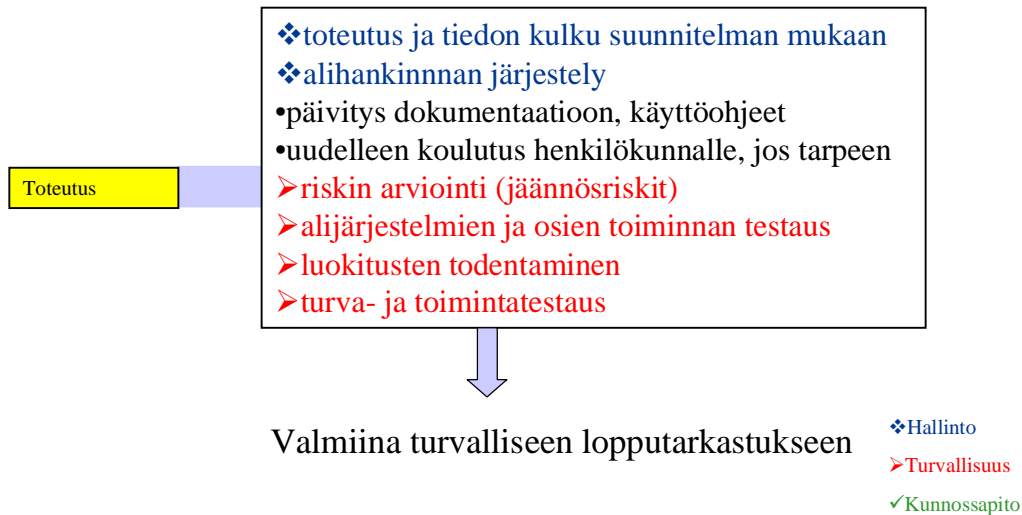
Kuva 10. Modernisointimalli: Suunnittelu

Suunnittelua tehdään monessa eri vaiheessa ja usein eri tahoilla. Aluksi sovitaan projektin toimintatavoista, ellei niitä ole sovittu jo aiemmin. Tämän jälkeen sovitaan, mitä kukin vaatimus tarkoittaa toimittajan toteuttamana ratkaisuna sekä luodaan kuvaukset rajapinnoista, liittynöistä ja sovitusta menettelyistä. Määrittelyjen hyväksymisen jälkeen tapahtuvat muutospyyntö tuottavat toteutuessaan lisäkustannuksia asiakkaalle. Vanhoista dokumentoinneista tehdään uudet kuvat, joihin voidaan myöhemmin tehdä toteutetut muutokset. Myös purkusuunnitelma on tarpeen tehdä. Dokumenttien päivittämisestä ja puuttuvien dokumenttien laatimisesta pitää sopia tarjousvaiheessa, koska dokumenttien laatiminen on usein työlästä.

5.7 Toteutus

Tavoite: Muutostyö toteutetaan ja dokumentoidaan sekä järjestetään tarvittaessa henkilökunnalle koulutus.

Toteutus: Toimittaja.

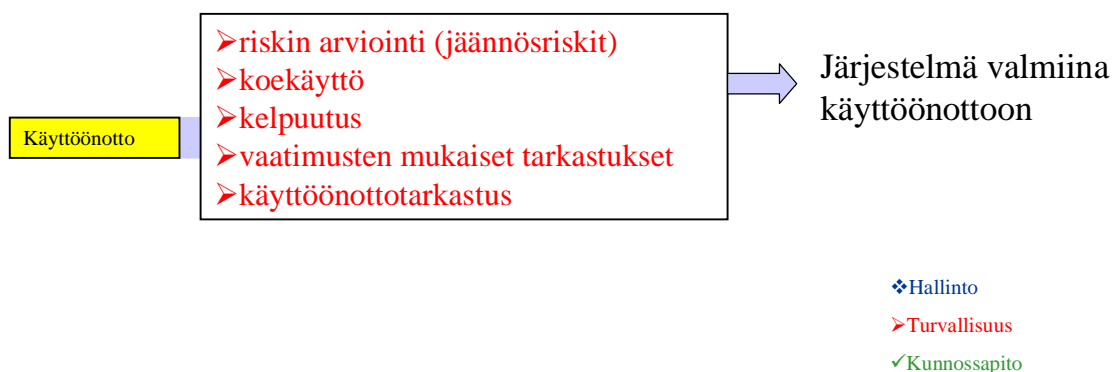


Kuva 11. Modernisointimalli: Toteutus

5.8 Käyttöönotto

Tavoite: Tarkastaa, että kone on valmis otettavaksi käyttöön. Varmistetaan siitä, että kone on turvallinen ottaa käyttöön. Tarkastus tulee dokumentoida kirjallisesti.

Toteutus: Asiakas ja toimittaja.



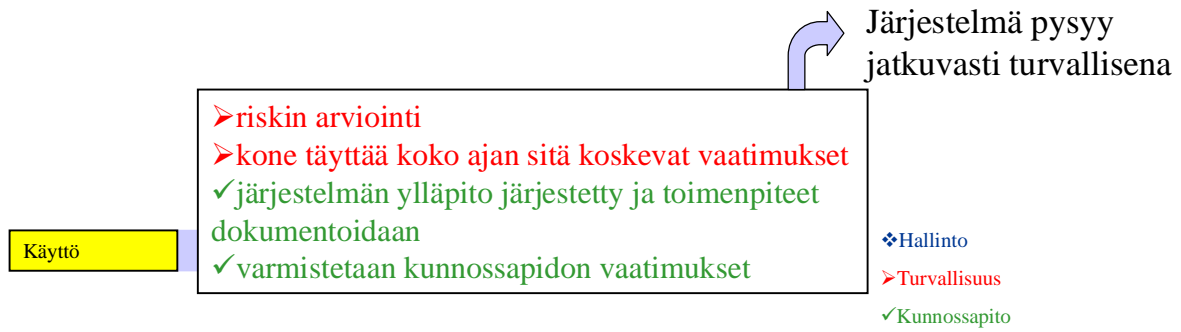
Kuva 12. Modernisointimalli: Tarkastus

Jo sopimusvaiheessa on pitänyt sopia todentamisen minimitaso. Kiire ja kustannusten kertyminen saattavat aiheuttaa sen, että juuri testauksessa ”oikaistaan”. Koneasetus viittaa yhtenäisiin yrityskohtaisiin toimintatapoihin. Ohjeiden tulisi olla yrityksen laatujärjestelmässä. Testaus tulee myös dokumentoida yrityksen linjaamalla tasolla. Toimittaja tarkastaa järjestelmän ensin ja sitten asiakas tekee oman tarkastuksen. Tässä voidaan tehdä sopivasti yhteistyötä. Tarvittaessa tehdään tyyppitarkastus (vrt. koneasetuksen liite 4).

5.9 Käyttö

Tavoite: Käytön aikana työnantajan tulee koko ajan varmistaa, että kone on turvallinen käyttää. Käytön aikana pidetään kirjaa huoltotoimenpiteistä ja tarkastuksista.

Toteutus: Asiakas.



Kuva 13. Modernisointimalli: Käyttö

6 Automaatiouusintojen turvallisuushaasteet

Tähän lukuun on kerätty yritysten haastatteluissa esiin tulleita automaation muutoksiin liittyviä turvallisuushaasteita. Haastattelut toteutettiin viidessä yrityksessä ja haastateltavina oli yhteensä n. 15 henkilöä.

6.1 Tyypillisiä automaatiomuutokseen liittyviä turvallisuushaasteita

- Modernisoinnissa käytettävissä oleva aika saattaa rajata sitä, mitä voidaan toteuttaa ja miten paljon voidaan säilyttää vanhaa järjestelmää. Tässä yhteydessä on tärkeää tarkastella ja varmistaa että tehtävä muutos on tarkoituksenmukainen.
- Yleensä mitä enemmän uusitaan, sitä helpompi toimintoja on testata (poislukien aivan pienet muutokset). Turvallisuuteen liittyvissä järjestelmissä on syytä pyrkiä uusimaan kokonaisuuksia. Tämä helpottaa rajapintojen tarkastelua kaikissa elinkaaren vaiheissa.
- Joitain järjestelmiä uusitaan siirtymällä vanhasta järjestelmästä modernisoituun tuotannon ollessa käynnissä samaan aikaan kuin muutoksia tehdään. Turvallisuus tällaisen siirtymävaiheen aikana on suuri haaste, sillä turvallisuuden taso vaihtelee ja tilanne muuttuu koko ajan. Turvallisuustaso on erilainen jokaisen muutoksen jälkeen ja kunkin vaiheen turvallisuus joudutaan tarkastelemaan erikseen.
- Vanhan järjestelmän dokumentaation taso on usein ongelma, sillä se ei välttämättä ole ajan tasalla. Järjestelmää uusittaessa saattaa tulla yllätyksenä, ettei uusittu järjestelmä olekaan sellainen kuin mitä dokumentaation perusteella pitäisi olla. Pahimmassa tapauksessa tämä tulee esille vasta modernisoidun järjestelmän testausvaiheessa. Muutostenhallintaan on kiinnitettävä huomiota, jotta automaatiojärjestelmään aikaansaatu turvallisuutta ei vahingossa hävitetä modernisointien ja muiden muutosten yhteydessä. Muutostenhallintaprosessi on kuvattava osana yrityksen prosesseja ja selkeä vastuunjako nimettyjä henkilöitä myöten on tarpeen.
- Automaatiouusinnat toteutetaan useimmiten alihankintoina, jolloin vastuiden jakautuminen muodostaa oman haasteensa. Hankkeissa on tyypillistä, että eri toimijat ovat samanaikaisesti sekä ostajia että myyjiä, jolloin vastuut voivat kadota. Usein ongelmat johtuvat siitä, ettei vastuuasioita ole kunnolla sovittu.

Muutoksenaikaiset riskit

- Modernisoinnin kohteena olevasta järjestelmästä saattaa paljastua piileviä riskejä, jotka eivät ole tulleet esille riskinarviointityössä. Muutosvaiheen aikana tuotteeseen tai laitteeseen syntyvä vika saattaa olla vaikea paikantaa ja poikkeustilanteissa käytettävät huolto- ja tarkastuskohteet on vaikea määrittellä ennakolta. Vian etsiminen käynnissä olevan prosessin keskeltä saattaa aiheuttaa merkittävän turvallisuusrisikin.
- Hyvin usein modernisoinnin ajaksi joudutaan rakentamaan tilapäisjärjestelyjä kuten poikkeuskulkureittejä ym. Tämä on haaste erityisesti ahtaassa paikassa, jossa ihmiset ovat tottuneet kulkemaan tiettyä reittiä. Myös pelastusteiden (palontorjunta, sairaankuljetus) esteettömyys on taattava myös modernisointitilanteessa.
- Haasteena on myös modernisoinnin aikaisten poikkeusjärjestelyjen tiedotuksen tehokkuus erityisesti lomalta tai vuorojärjestelmän takia pitkältä vapaalta töihin palaavien henkilöiden osalta.

Modernisointihankkeessa esille tulevia sudenkuoppia ja haasteita:

- Turvallisuudenhallintajärjestelmä ei ole kunnossa: vastuunjako on epäselvä tai vastuut ovat liian alhaalla.
- Ei tunneta nykyaikaisten standardien vaatimuksia ja niiden käyttämistä apuna modernisoinnissa.
- Tehdään huonoja sopimuksia tilaajien, toteuttajien ja alihankkijoiden kesken:
 - o hyvät sopimukset vaativat yhteistyötä: nyrkkisääntönä 20 % juridiikkaa, 80 % tekniikkaa,
 - o ennakoiva sopimuskäytäntö,
 - o sopimuksessa on eriteltävä tarkoin kaikki mitä on suunniteltu tehtävän, sillä muutoin eri osapuolten käsitykset eivät kohtaa.
- Järjestelmän alkuperäinen SIL/PL-taso ei ole tiedossa tai se on väärä.
- Kuvat vanhoista järjestelmistä ovat puutteellisia.
- Liika luottaminen toimittajien osaamiseen saattaa tuoda erityisesti hankkeen loppuvaiheessa ongelmia. Toimittaja voi luvata liikaa. Kokonaisvastuuta halutaan antaa toimittajalle, mutta tämä edellyttää tilaajalta tiukkaa valvontaa.
- Tilaaja ja toimittaja ovat käsittäneet uusintahankkeen laajuuden eri tavalla.
- Kohteesta etukäteen tehdyn riskinarvioinnin puuttuminen tai puutteellisuus voi johtaa suunnitelmien muutoksiin.
- Puutteelliset rajapintamäärittelyt, lähtötiedot, muutostenhallinta määrittelyt ja prosessitiedon välittämisen tiedot voivat johtaa väärinkäsityksiin.
- Huolimaton testaus tai sen tekemättä jättäminen voivat johtaa viallisen järjestelmän käyttöönottoon.
- Aikataulupaineet ja tuotantopaineet voivat johtaa vaikeaan modernisoinnin toteutukseen. On järjestelmiä, joilla seisokit eivät ole mahdollisia ja niissä haasteet ovat erityisen suuria.
- Vanhan järjestelmän turvallisuuteen liittyvien tietojen siirtäminen uuteen järjestelmään voi olla vaikeaa. Tässä yhteydessä on hyvä tietää miksi mikäkin ratkaisu on tehty.

Ohjelmistovirheiden aiheuttamia skenaarioita

- Jos ohjelmistossa on virhe eikä ohjelman tekijää ole enää käytettävissä, ohjelmiston korjaus voi olla vaikeaa.
- Ohjelmia korjaillaan tai paikkaillaan jälkikäteen, jolloin sekavuus vain lisääntyy entisestään ja virheiden mahdollisuus kasvaa.

Modernisoinnin aiheuttamia uusia riskejä

Modernisoidussa järjestelmässä esiintyviä uusia riskejä on kuvattu seuraavassa taulukossa (Taulukko 7).

Taulukko 7. Modernisoinnin aiheuttamat uudet riskit.

Riski	Tarkennuksia, esimerkkejä
Toteutuksen aikaiset riskit	- Kiireen takia turvatoiminnot otetaan käyttöön vasta myöhemmin - Kulkureitit, pelastustiet Vaihteleva turvallisuuden taso - Siirtymävaiheen huolto- ja korjaustoimenpiteiden turvallisuus - Muutoksista tiedottamisen riittävyys
Yhteensopivuus vanhoihin järjestelmän osiin	PNP-ohjaukset, NPN-ohjaukset, jännitteet, pysäytyslogiikka, AC/DC, väylätekniikka ...
Ero uusien ja vanhojen järjestelmien toimintaperiaatteessa	
Ero vierekkäisten järjestelmien toimintaperiaatteessa	
Erot järjestelmien tai työpisteiden turvallisuustasossa ja -periaatteissa	
Erot hallintalaitteiden selkeydessä ja yhdenmukaisuudessa	
Tilanpuutteen takia turvaetäisyydet jäävät pieniksi	
Uuden järjestelmän osaamisen puute	Uuden järjestelmän koulutukseen ei usein ole riittävästi aikaa, koulutuksia hankala järjestää työajan ulkopuolella. Koulutuksen riittävyyden todentaminen.
Odottamaton käynnistyminen	Manuaalinen toiminto muutettu automaattiseksi.
Pysäytysalueiden muuttuminen	Jos pysäytysalueet muuttuvat, tämä saattaa aiheuttaa käyttäjien väärinkäsityksiä.
Automaattisia toimintoja	Huonot toteutukset voivat aiheuttaa mm. koneiden väärinkäyttöä.

6.2 Rajapintoihin liittyviä riskejä

Uuden ja vanhan järjestelmän rajapintaan liittyy erityisriskejä, koska: vastuu saattaa olla epäselvä ja molemmista järjestelmistä tarvitaan tietoa ja osaamista. Rajapintoihin liittyviä riskejä ei kuitenkaan haastatteluissa tuotu erityisenä ongelmana esiin, koska niihin kuitenkin pitää panostaa. Rajapintoihin liittyvät riskit ovat muuttuneet viime vuosina hieman, koska aiemmin vaihdettiin pienempiä osia ja nykyään pyritään vaihtamaan järjestelmästä kokonaisuuksia. Tämä helpottaa rajapintojen hallittavuutta. Toisaalta myös aivan pienissä modernisoinneissa uuden ja vanhan järjestelmän rajapintojen määrä saadaan usein minimoitua. Tähän on kerätty erityisesti rajapintoihin liittyviä huomioita:

- Tyypillisesti esimerkiksi anturointi ja kaapelointi jätetään järjestelmässä ennalleen, samoin kuin toimilaitteet sekä erilaiset oheislaitteet. Sen sijaan käyttöliittymiä uusitaan paljon. Laajojen kokonaisuuksien osalta usein yhdistetään ja uusitaan ohjaamoja tai valvomoja. Perusperiaatteena on, että rajapinoista pyritään tekemään mahdollisimman yksinkertaisia.
- Ongelmana järjestelmän osittaisessa päivittämisessä on se, miten vanha ja uusi järjestelmä sopivat yhteen. On huomioitava, että jokainen muutos saattaa tuoda mukanaan virheitä. Esimerkiksi hydrauliiikan tai pneumatiikan rajapintoihin voi jäädä tunnistamattomia toiminnallisuuksia, jotka selviävät vasta testauksessa.
- Rajapinnat ovat haastavia myös kunnossapidon osalta. Mitä enemmän niitä on, sitä vaikeampi kunnossapidon on hallita niitä. Rajapintojen määrä tulisi minimoida. Käytännössä modernisoitaessa joudutaan aina jättämään vanhaa, mutta paremman hallittavuuden vuoksi rajapintojen tulisi ainakin olla keskenään samanlaisia. Mitä enemmän järjestelmässä on uutta, sitä paremmin turvallisuus on yleensä hallinnassa (poislukien aivan pienet muutokset), kun päästään testaamaan suurempia kokonaisuuksia.

6.3 Turvallisuushaasteiden pohdintaa

Automaatiuusinta suoritetaan monella alalla isoissa tuotantolaitoksissa lähes aina muusta syystä toteutetun tuotantokatkoksen yhteydessä, jolloin aikataulupaine on kova. Seisokkiaikana menetetty tuotanto saattaa näissä tapauksissa olla arvokkaampi kuin uusintaprojektin hinta. Uusinta toteutetaan tapauksesta riippuen joko rakentamalla olemassa olevan, vanhan järjestelmän viereen, jolloin säilytetään valmiudet palata takaisin vanhaan järjestelmään tai purkamalla ensin vanha järjestelmä ja korvaamalla se uudella. Mikäli vanha järjestelmä on purettu, perääntymismahdollisuutta ei ole.

Usein asennukselle ja erityisesti testaukselle varattu aika jää liian lyhyeksi. Erityisesti monesti viimeiseksi jätetty turvatoimintojen testaus saattaa jäädä liian vähälle huomiolle. Lisäksi testaukseen vaadittavaa aikaa saattaa olla hankala arvioida etukäteen. Sekä toteutuksen aikaiset riskit että järjestelmään mahdollisesti jäävien virheiden mahdollisuus kasvavat kiireessä, joten huolellinen etukäteissuunnittelu on olennaisen tärkeää. On tapauksia, joissa järjestelmä on jouduttu aikataulupaineiden takia ottamaan modernisoinnin jälkeen käyttöön ilman kaikkia turvalaitteita, ja järjestelmä laitetaan turvallisuuden osalta kuntoon jälkeinpäin, sillä turvaparien todentaminen nykyisissä sovelluksissa on haastavaa ja aikaa vievää.

Modernisoinnin haastavuus kasvaa, mikäli määrittelyvaiheessa on tapahtunut virheitä ja toimintoja on sen takia jäänyt toteuttamatta. Perussuunnittelun tekemiseen, katselmointiin ja hyväksyntään tuleekin olla systemaattinen menettelytapa. Toteutus on jaettava riittävän pieniin kokonaisuuksiin, jotka voidaan testata (SAT-testit = site acceptance tests) ja todentaa. Kokonaisuus täytyy silti pitää hallinnassa, vaikka hanke jaettaisiin osiin.

Dokumentaation tasoon on kiinnitettävä huomiota. Esimerkiksi jokaisesta turvatoiminnosta on syytä tehdä kattava suunnitteludokumentti, jossa kuvataan mm. turvatoiminnon toiminta, toteutus, luokitus ja liitynnät, jotta voidaan paremmin hallita automaatiouusinnan toteutuksenaikaisia odottamattomia haasteita ja kiirettä. Usein on myös kannattavaa eriyttää turvallisuussuunnittelu, jotta varmistetaan riittävä asiantuntemus, resurssit ja osaamisen ylläpitäminen.

7 Yhteenveto

Modernisoinnit ovat yleistyneet sitä mukaan kun investointien takaisinmaksuajat ovat käyneet kriittisemmiksi tekijöiksi. Varsinkin automaation uusimisella saadaan usein paljon uusia ominaisuuksia ilman suuria layoutin muutoksia.

Hyvään modernisoinnin toteutukseen tarvitaan järjestelmällisiä toimintatapoja ja tarkastuslistoja. Pelkkään kokemukseen ja heuristiseen käyttäytymiseen perustuva toimintatapa voi johtaa joidenkin tärkeiden seikkojen laiminlyöntiin tai kannattavien mahdollisuuksien hyödyntämättä jättämiseen. Erityisen tärkeää on sopia mm. tehtävistä, vastuista, alihankinnasta, aikatauluista ja projektin hallinnosta.

Automaation uusiminen tuo paljon mahdollisuuksia vaikuttaa myös turvallisuuteen. Turvallisuus paranee usein luonnostaan, kun voidaan automatisoida vaarallisia työvaiheita. Myös tarkoituksenmukaisten turvalaitteiden käyttö voi parantaa sekä tuottavuutta että turvallisuutta.

Automaation lisääminen tuo mukanaan usein myös uusia riskejä. Näistä tavallimmat liittyvät odottamattomaan käynnistykseen ja huonoihin turvallisuustekniisiin ratkaisuihin, jotka voivat johtaa vaarallisiin työtapoihin. Jälkimmäiseen voi olla syynä mm. vanhaan järjestelmään huonosti soveltuva tekniikka ja toisaalta puutteelliset turvallisuustekniset ratkaisut. Yleisiä ohjeita on vaikea antaa, koska muutoksen kohteena olevat järjestelmät poikkeavat toisistaan paljon. Hyvänä apuna voivat olla esim. tämän raportin listat ja toisaalta oman alan esimerkilliset toteutukset.

Vanhoista järjestelmistä on joka tapauksessa luovuttava jossain vaiheessa ja siksi kannattaa harkita missä vaiheessa ja kuinka laajoja muutoksia kannattaa tehdä. Alussa tehtävään päätöksentekoon tarvitaan riittävästi tietoa, jotta päätöksiä ei tehtäisi liian vähäisen tiedon perusteella. Monilla aloilla on todettu, että juuri alussa tehdyt suunnittelu- ja määrittelyvirheet ovat kalliimpia ja vaikeammin korjattavissa kuin myöhemmässä vaiheessa tehdyt virheet.

Lähdeviitteet

- [1] Elinkeinoelämän keskusliitto. Investointitiedustelu kesäkuu 2008. http://www.ek.fi/www/fi/tutkimukset_julkaisut/2008/investointitiedustelu_kesakuu2008.pdf
- [2] Hammer, Willie. 1972. Handbook of system and product safety. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 351 p. ISBN 0-13-382226-5.
- [3] IEC 61508-1 1998. Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 1: General requirements. 1998-12-15 ed. Geneva: International Electrotechnical Commission. 115 s.
- [4] Koneasetus 400/2008. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta. 56 s.
- [5] Kunnossapito Suomen kansantaloudessa. 2007. Kunnossapitoyhdistys. http://www.promaint.net/general/Uploads_files/Kunnossapito_2007_180407.pdf 24 s.
- [6] Käyttöasetuksen soveltamissuosituksia. Sosiaali- ja terveysministeriö, Työsuojeluosasto. Työsuojelujulkaisuja nro 91. Tampere 2009. 121 s.
- [7] Käyttöasetus 403/2008. Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisuudesta käytöstä ja tarkastamisesta. 14 s.
- [8] Timo Malm & Vesa Hämäläinen. 2006. Turvallisuustietoinen koneiden ja tuotantolinjojen modernisointiprosessi. VTT Tiedotteita 2359. 36 s. + liitt. 15 s.
- [9] SFS-EN 954-1 1997. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 65 s.
- [10] SFS-EN ISO 13849-1, 2006. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. SFS. 177 s.
- [11] SFS-EN 62061, 2005. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvien sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus. SFS. 197 s.
- [12] Työvälineiden turvallinen käyttö – soveltamissuosituksia. Sosiaali- ja terveysministeriö, Työsuojeluosasto. Työsuojelujulkaisuja nro 32. Tampere 2004. 38 s. + liitt. 32

Liite A: Huomioita käyttöasetuksesta 403/2008

Perusteita

- Neuvoston direktiivi 89/655/ETY, (95/63/EC, 2001/45/EC) annettu 30 päivänä marraskuuta 1989, työntekijöiden työssään käyttämille työvälineille asetettavista turvallisuutta ja terveyttä koskevista vähimmäisvaatimuksista (toinen direktiivin 89/391/ETY 16 artiklan 1 kohdassa tarkoitettu erityisdirektiivi)
- Annettu työturvallisuuslain 738/2002 nojalla
- Käyttöasetus astui voimaan 1.1.2009

Työvälineen käyttöohjeet

- Työnantajan on huolehdittava, että työvälineen asennuksessa, käytössä, kunnossapidossa, tarkastuksessa ja muussa siihen liittyvässä toiminnassa otetaan huomioon valmistajan antamat ohjeet.
- Jos valmistajan ohjeet eivät ole riittävät tai niitä ei ole saatavilla, niitä tulee täydentää tai laatia tarvittaessa uudet ohjeet. Tarvittaessa ohjeiden laadinnassa on käytettävä ulkopuolista asiantuntijaa.
- Ohjeet on pidettävä ajan tasalla

Vaaran arviointi ja poistaminen

- Työnantajan on järjestelmällisesti selvittävä ja arvioitava työvälineen turvallisuus. Erityisesti tämä on tehtävä tuotannon ja työmenetelmien muutosten yhteydessä. Arvioinnissa on kiinnitettävä huomiota mm. työvälineen automaattisten toimintojen aiheuttamiin vaaroihin ja haittoihin.
- Jos työvälineen käyttö aiheuttaa vaaraa tai haittaa, työnantajan on ryhdyttävä vaaran tai haitan poistamiseksi tarvittaviin toimenpiteisiin välittömästi. Ensisijaisesti vaara tulee poistaa työvälineen rakenteeseen tai sen ympäristöön liittyvillä teknisillä toimilla, kuten vaara-alueelle pääsyn estävillä tai vaarallisten osien liikkeen ennen vaara-alueetta pysäyttävillä laitteilla.

Työvälineen toimintakunnon varmistaminen

- Ohjausjärjestelmän ja turvalaitteiden tulee toimia virheettömästi
- Työvälineen oikea asennus ja turvallinen toimintakunto tulee erityisesti selvittää ennen käyttöönottoa ja turvallisuuteen vaikuttavan muutoksen jälkeen.
- Työnantajan on jatkuvasti seurattava työvälineen toimintakuntoa tarkastuksilla, testauksilla, mittauksilla ja muilla sopivilla keinoilla. Työvälineen toimintakunnon varmistamiseksi tehtävän tarkastuksen ja testauksen saa tehdä työvälineen rakenteeseen ja käyttöön perehtynyt pätevä henkilö.

Suojusten ja turvalaitteiden vaatimukset

- 1) ovat rakenteeltaan vankkoja;
- 2) eivät aiheuta lisävaaraa;
- 3) eivät ole helposti poistettavissa tai tehtävissä toimimattomiksi;
- 4) sijaitsevat riittävän kaukana vaara-alueesta;
- 5) eivät tarpeettomasti rajoita näkyvyyttä työvälineen toiminta- alueelle; sekä

6) sallivat 12 §:ssä tarkoitetut toimenpiteet

Varoituslaitteet ja merkinnät

- Työvälineessä on oltava työntekijöiden turvallisuuden varmistamiseksi tarpeelliset varoituslaitteet sekä varoitukset ja merkinnät. Varoitusten ja merkintöjen on oltava yksiselitteisiä, helposti havaittavia ja ymmärrettäviä.

Hallintalaitteet ja ohjausjärjestelmät

- Hallintalaitteiden on sijaittava vaara-alueiden ulkopuolella lukuun ottamatta sellaisia hallintalaitteita, joiden käyttö vaara-alueella on välttämätöntä. Tällöin on muilla toimenpiteillä huolehdittava siitä, ettei niiden käyttö aiheuta vaaraa. Hallintalaitteet tulee suojata siten, ettei niiden tahaton käyttö ole mahdollista.
- Ohjausjärjestelmien on oltava luotettavia, ja ne on mahdollisuuksien mukaan varmistettava siten, ettei niiden vikaantuminen tai energiatilan muutos aiheuta vaaraa. Ne on valittava ottaen huomioon suunnitelluissa käyttöoloissa todennäköisesti ilmenevät puutteet, häiriöt ja rajoitukset.

Työvälineen käynnistäminen

- Työvälineen käynnistäminen ei saa olla mahdollista muuten kuin käyttämällä tietoisesti siihen tarkoitukseen varattua hallintalaitetta.
- Ennen kuin työväline käynnistetään, käyttäjän on voitava varmistua ohjauspaikalta, ettei vaara-alueilla ole ketään. Jos tämä ei ole mahdollista, järjestelmän on automaattisesti annettava ennakolta tunnetuksi saatetulla tavalla luotettava ja kuultavissa tai nähtävissä taikka muutoin havaittavissa oleva varoitussignaali aina ennen kuin työväline käynnistyy. Tällöin työntekijällä on oltava riittävästi aikaa poistua vaara-alueelta tai mahdollisuus välttää työvälineen käynnistymisestä tai pysähtymisestä aiheutuvat vaarat.

Työvälineen pysäyttäminen ja hätäpysäytys

- Työvälineessä on oltava hallintalaitte sen pysäyttämiseksi täydellisesti ja turvallisesti.
- Jokaisessa työpisteessä on oltava pysäytyslaitte, jolla työväline tai kaikki työvälineet voidaan pysäyttää turvalliseen tilaan. Pysäytyslaitteella tulee olla ensisijainen asema käynnistyslaitteisiin nähden. Kun työväline tai sen vaaralliset osat ovat pysähtyneet, energiansyötön kyseisiin laitteisiin on lakattava.
- Mahdollisuuksien mukaan ja työvälineeseen liittyvistä vaaroista ja sen normaalista pysähtymisajasta riippuen työvälineessä on oltava hätäpysäytyslaitte.

Energialähteestä erottaminen

- Työväline on varustettava selvästi tunnistettavien ja tarvittaessa lukittavien laittein, joilla se voidaan erottaa kaikista energialähteistään.
- Energiansyötön katkaisun jälkeen työvälineeseen varastoitunut energia on voitava poistaa ilman, että se aiheuttaa vaaraa.

Kunnossapitotyön turvallisuus

- 1) vaaraa aiheuttava kaasun ja nesteiden paine ja virtaus on katkaistu;
- 2) sähköjännite on katkaistu;
- 3) taakka on varmistettu siten, ettei nostolaitteen vikaantuminen aiheuta vaaraa;
- 4) korjattavien työvälineiden käynnistäminen on estetty luotettavalla tavalla korjaustyön aikana silloin, kun työntekijä on vaara-alueella;
- 5) tarpeeton pääsy vaara-alueelle on estetty.

Käyttöönottotarkastus

- Käyttöönottotarkastus on tehtävä ennen työvälineen ensimmäistä tai turvallisuuden kannalta merkittävän muutoksen tai uuteen paikkaan asentamisen jälkeistä käyttöönottoa tai jos laite otetaan uudelleen käyttöön sen oltua pitkään käyttämättömänä.
- Käyttöönottotarkastuksessa varmistetaan, että työväline on asennettu 3 §:ssä säädettyjen ohjeiden mukaisesti oikein ottaen huomioon työvälineen käyttötarkoitus, sen kulkuteiden ja hoitotasojen asianmukaisuus sekä hallinta- ja turvalaitteiden oikea toiminta.

Määräaikaistarkastus

- Määräaikaistarkastus on tehtävä vuoden välein ensimmäisen käyttöönottotarkastuksen jälkeen tai, jollei työvälineelle ole tehtävä käyttöönottotarkastusta, vuoden välein siitä ajankohdasta, kun työnantaja otti työvälineen käyttöön.
- Tarkastusväliä voidaan pidentää, jos työvälineen käyttö on vähäistä ja olosuhteet erityisen vähän työvälinettä rasittavat. Tarkastusväliä on vastaavasti lyhennettävä, jos työvälineen käyttö tai käyttöolosuhteet ovat työvälineen toimintakuntoa erityisesti rasittavat tai jos turvallisen toimintakunnon varmistamiselle on muu erityisen tärkeä syy.

Määräaikaistarkastukset kunnonvalvontajärjestelmän osana

- Työnantaja voi korvata määräaikaistarkastukset asiantuntijayhteisön hyväksymällä kunnonvalvontajärjestelmällä, jos se vaikutukseltaan vastaa määräaikaistarkastuksia. Asiantuntijayhteisön on arvioitava vähintään kolmen vuoden välein kunnonvalvontajärjestelmän toimivuutta.
- Kunnonvalvontajärjestelmästä on tehtävä kirjallinen kuvaus, joka on oltava työpaikalla nähtävissä. Sen tulee sisältää 5 §:ssä säädetty seurantamenetelmät ja välineet sekä huoltotoimenpiteet kustakin sen piiriin kuuluvasta työvälineestä sekä järjestelmän toimintaan osallistuvien henkilöiden tehtävät, vastuut ja pätevyysvaatimukset. Siitä tulee ilmetä tehdyt toimenpiteet. Toimenpiteiden määrässä, sisällössä ja ajankohdissa on otettava huomioon tarkastuskohteen riskeistä, käytöstä ja tarkastuksista saadut tiedot.

Liikkuvan työvälineen turvallisuus

- Liikkuvassa työvälineessä, joka liikkuessaan voi aiheuttaa vaaraa työntekijälle, on oltava:
 - 1) laitteet, joiden avulla asiaton käynnistäminen voidaan estää;
 - 2) laitteet, jotka lieventävät työvälineen mahdollisen törmäyksen seurauksia;
 - 3) jarrutus- ja pysäytyslaite; turvallisuuden sitä vaatiessa työväline on voitava pysäyttää helpokäyttöisellä tai automaattisesti toimivalla varalaitteella, jos varsinainen laite joutuu epäkuntoon.
- Jos kauko-ohjattu työväline tavanomaisessa käytössään voi törmätä työntekijään tai työntekijä voi jäädä puristuksiin, työväline on varustettava törmäykseltä ja puristukselta suojaavin laittein, jollei vaaran hallitsemiseksi ole muita asianmukaisia laitteita. Kauko-ohjatun työvälineen on pysähdyttävä automaattisesti sen joutuessa ohjausalueen ulkopuolelle.

Liite B: Valinta SFS-EN ISO 13849-1:n ja SFS EN 62061:n välillä

Taulukko 8. Standardien IEC 62061 ja ISO 13849-1 soveltamissuositus (SFS EN 62061).

	Turvallisuuteen liittyvien ohjaustoimintojen toteutuksessa käytettävä teknologia	ISO 13849-1	IEC 62061
A	Muut kuin sähköiset, esim. hydrauliset	OK	Ei käsitellä
B	Sähkömekaaniset, esim. releet tai yksinkertainen elektronikka	Rajoitettu nimettyihin rakenteisiin (ks. huomautus 1), enintään suorituskyvyn tasolle PL = e	Kaikki rakenteet, enintään turvallisuuden eheyden tasolle SIL = 3
C	Monimutkainen elektronikka, esim. ohjelmoitavat järjestelmät	Rajoitettu nimettyihin rakenteisiin (ks. huomautus 1), enintään suorituskyvyn tasolle PL = d	Kaikki rakenteet, enintään turvallisuuden eheyden tasolle SIL = 3
D	A yhdessä B:n kanssa	Rajoitettu nimettyihin rakenteisiin (ks. huomautus 1), enintään suorituskyvyn tasolle PL = e	Ks. ISO 13849-1
E	C yhdessä B:n kanssa	Rajoitettu nimettyihin rakenteisiin (ks. huomautus 1), enintään suorituskyvyn tasolle PL = d	Kaikki rakenteet, enintään turvallisuuden eheyden tasolle SIL = 3
F	C yhdessä A:n kanssa tai C yhdessä A:n ja B:n kanssa	Monimutkainen elektronikka: käytetään nimettyjä rakenteita standardin EN ISO 13849-1 (uusittavana) mukaisesti suorituskyvyn tasolle PL = d asti tai mitä tahansa rakennetta standardin IEC 62061 mukaisesti.	Ks. ISO 13849-1

Liite C: Tyypillisiä automaation testausmenpiteitä - Esimerkki

Seuraavalle listalle on perustana SFS 10218-2 luonnos. Tästä on rakennettu yleinen koneille ja järjestelmille (systeemeille) sopiva testausesimerkki.

Taulukko C1. Testausesimerkki automaattikoneelle (esim. robottijärjestelmä).

A= visuaalinen tarkistus
 B= käytännön koe
 C= mittaukset
 D= käytönaikainen havainnointi
 E= piirikaavioiden tutkiminen
 F= ohjelmiston toimilohkojen ja/tai ohjelmiston dokumentaation tutkiminen
 G= tehtäväkohtaisen riskin arvioinnin tutkiminen
 H= layout-piirustusten ja relevanttien dokumenttien tutkiminen

Aihe	Vaatus	kommentit	Validointi-metodi(t)
Turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän PL-taso (laitteisto/ohjelmisto)	Laitteen saavuttama suoritustaso (PL) tulee ilmaista selkeästi käyttöä koskevissa tiedoissa.		F
Muut ohjausjärjestelmän suorituskriteerit			F
Järjestelmä			
Ympäristöolosuhteet	Koneen tulee sietää oletettavat toiminta- ja ympäristöolosuhteet		A,F
Hallintalaitteiden sijainti	Hallintalaitteet ja välineet tulee sijoittaa suojatun tilan ulkopuolelle	Erityisesti, jos käsiksi pääsemistä vaaditaan automaattisen toimintot aikana	A,F
Käynnistys (kauko-ohjaus)	Systeemin ei saa reagoida ulkopuolisiin käskyihin tai olosuhteisiin, jotka voivat aiheuttaa vaaratilanteen		B,D,F
Tehovaatimukset	Systeemissä tulee mieluiten olla yhdestä paikasta kaikki energiat katkaiseva laite.	Kaikille energiatyypeille	A,E,F
	Pysäytyksen vaikutusalue kullekin koneelle tulee olla selkeästi merkitty	Merkintä tulee olla virrankatkaisun hallintalaitteen läheisyydessä	A
Maadoitus-vaatimukset	Suojajohdinpiirin tulee vastata IEC 60204-1:2005 lauseita 8.1-8.2		A,C

Aihe	Vaatus	kommentit	Validointi- metodi(t)
Energioiden eristäminen	Vaarallisten energioiden eristämiseksi tulee järjestää keinot		A,B
	Eristämiskeinot tulee kyetä lukitsemaan ja/tai sulkemaan (ainakin energiattomassa tilassa)		A,B
Varastoidun energian hallinta	Varastoituneen energian vaarasta tulee ilmoittaa kyltillä		A,B
Pysäytystoiminnot	Jokaisella systeemillä tulee olla suojaava seis-toiminto ja itsenäinen hätäseis-toiminto		A,E,F
Hätäseis-toiminto	Jokaisella ohjauspaikalla, joka on kykeneväinen aloittamaan systeemin liikkeen tai muun vaaratilanteen, tulee olla manuaalinen hätäpysäytystoiminto.		A,B,D,E,F,G
	Hätäpysäytystoiminnon tulee vastata vähintään järjestelmälle soveltuvassa C-tyyppin standardissa esitetyjä vaatimuksia.	Poikkeus: Jos riskianalyysin perusteella muut suorituskriteeritöt katsotaan sopiviksi, sovelletaan niitä.	E,F,G
	Hätäpysäytystoiminto ei saa olla yhdistettynä pysäytystoimintoon, joka voidaan ohittaa.		B,D,E,F,G
Suojauspysäytys	Tarkista C-tyyppin standardista suojauspysäytyksen käyttö.	Poikkeus: Jos riskianalyysin perusteella muut suorituskriteeritöt katsotaan sopiviksi, sovelletaan niitä	B,D,E,F,G
Liitännäislaitteiden pysäytys	Liitännäislaitteiden pysäyttäminen ei saa johtaa vaaratilanteeseen		B,D,G
Hätätilanteesta palautumisen menettelytavat	Käyttöohjeiden tulee sisältää yksityiskohtaiset ohjeet systeemin palautumiselle hätätilanteen jälkeen.	Jos merkit tai kylttejä vaaditaan, ne tulee kiinnittää tai antaa ohjeet niiden kiinnittämiseen.	A,B,D
Varoitusmerkit	Varoitusmerkkien ollessa näkymättömissä tulee käytössä olla muita yhtä tehokkaita varoitustapoja		A

Aihe	Vaatus	kommentit	Validointi- metodi(t)
Valaistus	Tehtäväkohtainen valontarve tulee määrittää käyttöohjeissa.	Suunnittele kone siten, että se tarjoaa tarvittavan valon, esim. välttä varjoja, ärsyttävää valoa tai stroboskooppisia ilmiöitä.	F
Systeemin vapaa tila	Riskinarvioinnissa tulee määrittää mahdolliset puristumis- ja ansaan jäämiskohdat.		G
Systeemin vapaa tila (käytännön ohje)	Vapaan tilan tulee olla vähintään 0,5m paikoissa, joissa tehtäviä täytyy suorittaa manuaalisesti isoilla nopeuksilla.		C,G
Rajoittaminen			
Aluetta ympäröivä suojaus	Aluetta ympäröivä suojaus tulee olla tarkoituksen mukainen ja vastata aitoja ja turvalaitteita koskevia vaatimuksia.	Käyttäjien ei tule päästä vaaran ulottuville tai vaara tulee saattaa turvalliselle tasolle ennen vaara-alueelle pääsyä.	A,B,C,D,E,F,G
Koneen liikkeen rajoittamisen keinot	Liikkeenrajoittimen tulee olla kykeneväinen pysäyttämään liike senhetkisellä kuormalla ja ohjelmoidulla nopeudella.	Laitteet tulee suunnitella pysäyttämään liike vahingossa tapahtuvan törmäyksen sattuessa.	A,B,C,E,F
Rajoittavat laitteet	Onko rajoittavat laitteet oikein säädetty.		A,B,D,G
Rajoittavat laitteet - mekaaniset pysäyttimet	Mekaaniset pysäyttimet ovat säädettäviä ja kykenevät pysäyttämään koneen. Isoissa koneissa on käytettävä muita turvallisuustoimenpiteitä.		A,B,C
Rajoittavat laitteet - vaihtoehtoiset tavat	Vaihtoehtoisten rajoittavien laitteiden tulee saavuttaa vähintään sama turvallisuuden taso kuin mekaanisilla pysäyttimillä (poislukien isot koneet).		A,B,C,G

Aihe	Vaatus	kommentit	Validointi- metodi(t)
Rajoittavat laitteet - ohjausjärjestelmät	Ohjausjärjestelmien tulee saavuttaa ISO 13849-1:2006:n mukainen suoritustaso d, luokka 3 tai IEC 62061:2005:n mukainen SIL 2, vikasietoisuus = 1		A,B,C,E,F
Layout			
Aluetta ympäröivä suojaus	Voidaan tehdä suojuksilla tai läsnäolon tunnistavilla turvalaitteilla	Suojaavien laitteiden valinnassa tulee huomioida: -odotettava käyttökuormitus -käsittävän materiaalin vaikutukset -muut relevantit ulkoiset vaikutukset	A,B,C,D,E,F,G
Suojauksen sijoittelu	Turvaetäisyydet tulee olla ISO 13852, ISO 13853 ja ISO 13855 mukaisia		A,B,C,G
	Työtehtävät tulee suorittaa suojatun tilan ulkopuolelta.		A,D,G
	Kulkureitit eivät saa altistaa koneenkäyttäjiä vaaralle	vaara-analyysissä tulee ottaa huomioon myös liukastuminen, kompastuminen ja kaatuminen	A,C,D,G
Asettelu (layout)	Koneiden ulottuma-alueen ja esteiden välille tulee varata riittävästi tilaa.	Mikäli tilaa ei ole mahdollista varata riittävästi, tulee riskianalyysin avulla kartoittaa tarvittavat suojaavat toimet	A,B,C,G
	Osien lastaus ja purku tulee ottaa huomioon systeemin järjestelyissä.	Toteutetaan joko: -tarjoamalla lastauskoneet, jolloin käyttäjän ei tarvitse mennä vaara-alueelle, tai -tarjoamalla sopivat suojaustekniset toimet manuaaliseen tekemiseen	A,B,C,G
	Vierekkäisten järjestelmien välistä järjestelmän sisäistä kulkua tulisi välttää		A,B,C,D,H
	Kulutiet tulisi sijoittaa ohjainten ja hallintalaitteiden läheisyyteen		A,B,C,H
Materiaalin käsittely	Materiaalien ulos- ja sisäänmenokohdissa suojatulla alueella tulee huolehtia siitä, ettei henkilöitä pääse huomaamatta vaara-alueelle	Näiden toimien avulla tulee joko estää henkilöitä joutumasta vaaran vaikutuksen alaiseksi tai saattaa vaara turvalliselle tasolle ennen kuin vaaraan voidaan päästä käsiksi.	A,B,C,G

Aihe	Vaatus	kommentit	Validointi- metodi(t)
Prosessin tarkkailu	Erillinen toimintamuoto tarvitaan, jos prosessin tarkkailu voidaan suorittaa vain suojatun tilan sisäpuolella.	Tämän tilan tulee taata riittävä turvatekninen taso turvaamaan prosessin tarkkailua suorittavaa käyttäjää vaarallisilta tilanteilta	A,B,G
	Prosessin tarkkailu tulee suorittaa suojatun tilan ulkopuolelta.	Tämän saavuttamiseksi voidaan käyttää koroitteita, asemasilloja, lavoja, kameroita jne.	A,D,G
	Turvallinen pääsy ja paikka tarvitaan, jos toiminto joudutaan suorittamaan solun sisällä		A,B,C,D,G
Prosessille ominaiset vaarat	Järjestelmien kytkeminen yhteen tulee ottaa huomioon.	Liitântävaatimusten tulee seurata valmistajien antamia ohjeistuksia.	A,B,C,D,G
Toimintatilat			
Muiden laitteiden aiheuttamat vaarat	Riskinarvioinnissa tulee ottaa huomioon myös muiden kuin itse systeemin aiheuttamien vaarojen johdosta tarvittavat toimenpiteet.	Systeemin ulkopuoliset laitteet, jotka ovat suojatulla alueella (tuovat materiaalia suojatulle alueelle tai toimittavat sitä sieltä pois), voivat aiheuttaa lisävaaroja. Näiden osalta tarvitaan lisää riskin alentamistoimia riskin saattamiseksi hallintaan.	A,B,C,D,E,F,G
Tilan valinta	Luvaton tai tahaton tilan vaihto tulee estää sopivin toimenpitein	Luvaton tai tahaton tilanvalinta voidaan estää esimerkiksi avainkäyttöisellä kytkimellä, käyttäjätunnuksella jne.	A,B,E
Tilan valinnan keinojen toimivuus	Toimien tulee mahdollistaa vain valittu tila ja tilan vaihto ei saa aiheuttaa vaarallista tilannetta.	Vaarallisen toiminnon aloittamisen tulee vaatia erillinen aktivointi (käynnistys).	A,B,D,E,F,G
Valitun tilan ilmaiseminen	Valittu tila tulee osoittaa yksiselitteisesti	Osoittamiseen voidaan käyttää esim. kytkimen asentoa tai valo-osoitinta	A,B,C
Automaattisen tilan aloittaminen	Automaattinen tila tulee olla käynnistettävissä suojatun tilan ulkopuolelta		A,B,E,F
Automaattisen operaation valinta	Jos automaattinen operaatio pystytään valitsemaan käsipaneelista, tulee suojatun tilan ulkopuolelta antaa erillinen käsky automaattisen tilan käynnistämiseksi.		A,B,E,F

Aihe	Vaatus	kommentit	Validointi- metodi(t)
	Automaattinen operaatio ei saa syrjäyttää tai resetoida turvaavia pysäytyksiä tai hätäpysäytys tiloja		B,E,F
Automaattisen tilan poistaminen käytöstä	Automaattisesta tilalta pois siirtymisen pitäisi aiheuttaa turvaava pysähdys.		B,D,E,F
Suojaus automaattisen tilan vallitessa	Suojatulle alueelle menemisen tulee aiheuttaa kaikkien vaaraa aiheuttavien laitteiden turvaava pysähdys.		A,B,D,E,F,G
Odottamaton käynnistyminen	Henkilöstö tulee suojata odottamattomalta käynnistyksestä heidän ollessaan suojatulla alueella.	Kts. ISO 14118 odottamattoman käynnistykseen vaatimuksia. Vrt. C-tyyppin standardi.	B,E,F,G
Käynnistyksen ja uudelleen käynnistyksen kytkentälaitteet	Käynnistyksen ja uudelleen käynnistyksen tulee edellyttää, että tarpeelliset turvatoiminnot ja suojaavat toimet ovat toimivia.		A,B,E,F
Käynnistyksen ja uudelleen käynnistyksen hallintalaitteet	Manuaalisesti käytettävät käynnistys- ja uudelleen käynnistysohjaimet tulee sijoittaa suojatun alueen ulkopuolelle, eikä niitä tule voida käyttää alueen sisältä.		A,B,C,D
Käynnistyksen ja uudelleen käynnistyksen hallintalaitteiden sijainti	Käynnistyksen- ja uudelleen käynnistyksen ohjaimilta tulee olla esteetön näkyvyys suojatulle alueelle.	Käyttäjän tulee pystyä varmistamaan jokaisesta hallintapaikasta, ettei suojatulla alueella ole ketään.	A,B,C,D
	Jos yllä mainittu esteetön näkyvyys ei onnistu, tulee ohjausjärjestelmä suunnitella ja valmistaa siten, että suojatulla alueella on käynnistämisen estävä henkilöhavaintin		A,B,D,E,F

Aihe	Vaatus	kommentit	Validointi- metodi(t)
	<p>Jos edellä mainitut esteetön näkymä tai henkilötunnistin ei ole mahdollinen, tulee järjestää ääneen ja/tai visuaalisuuteen perustuva varoitusjärjestelmä uudelleen käynnistämisen ilmoittamiseksi.</p> <p>Käynnistyksen ja uudelleenkäynnistyksen tulee tässä tapauksessa alkaa viiveellä siten, että henkilöillä on aikaa poistua suojatulta alueelta tai estää käynnistyminen vaivattomasti tavoitettavissa olevalla pysäyttimellä. Tällaisten pysäyttimien tulee syrjäyttää kaikki käynnistys ja uudelleenkäynnistys käskyt.</p>		A,B,C,D,E,F
Uudelleenkäynnistymisen esto	Vaaraa aiheuttavan liikkeen tai prosessin uudelleenalkaminen henkilöiden ollessa suojatulla alueella tulee estää täydentävillä suojaavilla toimenpiteillä.	Valittaessa sopivia lisäsuojaukstoimenpiteitä, systeemin suunnittelijan tulee soveltaa standardia ISO 12100-1.	A,B,E,F,G
Manuaalisten hallintalaitteiden sijoittelu	Aina kun mahdollista, tulisi hallintalaitteet sijoittaa siten, että käyttäjän on niiltä mahdollista tarkkailla työ-/vaara-alueita.		A,B,D
Pysäytyslaitteiden sijainti	Pysäytyslaite tulee sijoittaa jokaisen käynnistyslaitteen läheisyyteen.		A
Ohjaus yhdestä paikasta	Systeemi tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että kun systeemi on asetettu paikallisen ohjauksen alaisuuteen, sen käynnistys ja ohjauksen säätö muilta ohjauspaikoilta tulee estää.		A,B,E,F
Kunnossapito			
Ylläpito ja korjaus	Systeemi tulee suunnitella siten, että se sisältää proseduurin tarkastukselle ja kunnossapidolle.	Valmistajan suositukset tulee ottaa huomioon tarkastus- ja kunnossapito-ohjelmien laadinnassa.	A,C

Aihe	Vaatus	kommentit	Validointi- metodi(t)
	Käyttöä koskevien tietojen tulee sisältää vaatimukset turvallisuuteen liittyvien osien säännöllisestä testaamisesta tavanomaisen käytön osalta	Esim. hätäseis, sallintalaitteet	
Suojaustekniikan kunnossapito suojatussa tilassa	Vaarallisten energioiden eristämistä ja hallintaa varten tulee tarjota paikallisia keinoja.	Esim. pääkatkaisija, energian eristämissesteemi.	A,B
	Käyttöä koskevien tietojen tulee sisältää yksityiskohdat kunnossapidon tehtäviä koskien.	Tehtävät, jotka vaativat energioiden hallintaa ja eristämistä. Tehtävät, jotka voidaan olettaa suoritettavan ilman energian eristämistä.	
	Tehokkaita vaihtoehtoisia suojaustoimenpiteitä kunnossapitoa varten suojatulla alueella, kun virta on käytettävissä.	Esitetään erityinen toimintatapa.	A,B,D
Kauko-ohjaus			
Kauko-ohjaus	Systeemin suunnittelulla tulee estää kauko-ohjattavat toiminnot, jotka saattavat aiheuttaa vaaratilanteita.		B,E,F,G
Hätäpysäytyksen hallinta	Systeemissä tulee olla yksi pysäytyspiiri tai yhteenliitetyt pysäytystoiminnot.	Ohjauksen vaikutusalueen tulee olla ISO 11161 mukainen (vrt. C-tyyppin standardi).	B,E,G
	Tulee vastata vähintään C-tyyppin standardin vaatimuksia elleivät riskianalyysin perusteella muunlaiset suorituskykyvaatimukset ole tarkoituksenmukaisia	Käytettäessä turvatoimintona.	B,E
Laitteen käynnistäminen	Käynnistäminen ei saa aiheuttaa lisävaaroja tai odottamatonta käynnistymistä	-	B,E
Tilan valinta	Toimintatila ei saa vaihtua yksittäisellä input-signaalilla.	-	B,E
Lisälaitteen hallinta	Manuaaliliitassa lisälaitteiden aktivointi ei saa aiheuttaa odottamattomia vaaroja.	Kaikkien turvallisuuden liittyvien outputtien tulee vastata C-tyyppin standardien vaatimuksia ellei riskin arviointi muuta osoita.	B,E,G

Aihe	Vaatus	kommentit	Validointi- metodi(t)
Alueisiin jakaminen	Tulee määrittää layout- vaiheessa ja tarkastella ris- kien arvioinnissa.	Suojaustoimenpiteiden tulee olla ISO 11161 mukaisia Alueiden rajapinnat tulee määrittää selke- ästi.	A,G
Systeemin vapaa tila	Systeemin rakenteiden vä- lissä olevan alueen tulee olla vähintään 0,5m ellei riskinarvioinnissa muuta arvoa määritellä. Jos vähimmäisväli ei täyty, täytyy olla yksi tai useampia suojausteknisiä toimenpitei- tä lisäksi.		A,B,C,D,G
Käynnistys ja uudelleen- käynnistys	Henkilökunnan tulee olla suojattu tahattomalta käyn- nistymiseltä/ uudelleen- käynnistymiseltä	Jos automaattisia ha- vainnointilaitteita ei ole käytössä, tulee käyttää vaihtoehtoisia mene- telmiä	B,E,F
Suojaustekniikka			
Suojusten yleiset vaati- mukset	Riskien arviointi määrittää oikeat suojaustekniset lait- teet	Riskin arvioinnin avulla voidaan määritellä, millaisia suojaustekni- siä toimenpiteitä on syytä ottaa huomioon työprosessissa ja eri koneiden välisessä vuorovaikutuksessa. Tämä voidaan tehdä layout-piirrosten ja pii- rikaavioiden suunnitte- lulla sekä suoritusmit- tauksilla.	A,C,E,G
Aluetta ympäröivä suoja- us	Aluetta ympäröivää suoja- usta tai läsnäolon tunnist- avia laitteita tulee käyttää.	Irronneiden osien sekä vaarallisten materiaali- en (purku ja lastaus) hallinta täytyy validoida käytännön testeillä. Melu ja säteilevät ma- teriaalit tulee validoida mittauksin.	A,B,C,D

Aihe	Vaatus	kommentit	Validointi-metodi(t)
Turvavälit	Kaikki suojaustekniset laitteet tulee asentaa ja sijoittaa turvallisesti sellaiselle etäisyydelle, että työntekijät pysyvät vaaran ulottumattomissa.	Ks. suojukset ISO 13857 Ks. turvalaitteet ISO 13855	A,C,D,G
Suojusten yleiset vaatimukset	Suojusten ja niiden sijainnin sekä kytkentälaitteiden tulee täyttää ISO 12100-2, ISO 14120 ja ISO 14119 asettamat vaatimukset.	Tarkista vaatimukset kiinteille suojuksille, avattaville suojuksille, avattaville ja mekaanisesti lukituille suojuksille, ympäröivän suojauksen avattaville suojuksille.	A,B,C
Läsnäolon tunnistavat laitteet (PSD)	Läsnäolon tunnistavia laitteita käytetään yleensä, kun koneiden toiminnot vaativat toistuvaa pääsyä kohteeseen. Niiden tulee täyttää ISO 13856, C-tyypin standardin, ISO 13849-1 ja IEC 61496 vaatimukset	Tarkista vaatimukset PSD:n käytölle -pysäytyssignaalina -käynnistyksen estona -läsnäolon tunnistavan laitteen käynnistymiseen.	A,C,E,F
Suojaustekniset toimenpiteet manuaalisilla lastaus-, purku- ja käsittely- asemilla	Manuaalisten lastaus ja purkupaikkojen tulee olla suojattu suojausteknisillä laitteilla.	Varmista koneen ja ihmisen erottaminen.	A,C,D,E,G
Koskettamatta tunnistavat turvalaitteet (ESPE) materiaalin käsittelyssä ja materiaalivirtalaitteissa.	Tunnistaako menettely kaikki materiaalit ja kappaleet? Pääseekö ihminen järjestelmään materiaalivirran mukana?		A,C,D,E

Aihe	Vaatus	kommentit	Validointi-metodi(t)
Kunnossapitopisteiden pääsysteiden suojaustekniset toimenpiteet	Suojatulla alueella paikkoihin, joihin täytyy päästä kunnossapidon ja korjauksen vuoksi, pääsykohdat pitää olla suojattu turvalaittein.	<p>Jos käytössä on toimintaankytkettyjä suoja, niiden tulee saavuttaa vähintään PL d, (ISO 13849-1), tai SIL 2 (IEC 62061)</p> <p>Jos käytössä on läsnäolontunnistimia, niiden tulee vastata tyyppiä 2 IEC 61496:n mukaisesti.</p> <p>PL d:n verifiointiseksi täytyy tehdä riskianalyysi ja piirikaaviot tulee tutkia.</p>	A,C,D,E,F
Useiden vierekkäisten solujen suojaustekniset toimenpiteet	Esteetön kulku "yksiköstä" toiseen tulee estää, jos systeemi koostuu useista eri yksiköistä tai soluista.		A,C
Työkalun vaihdon suojaustekniset toimenpiteet	Työkalut tulee suunnitella siten, ettei sähköisen, hydraulisen, pneumaattisen tai alipaineisen energian menettäminen tai energiatilan vaihtuminen aiheuta vaaraa.		A,C
Passivointi	Passivointi on turvallisuuden liittyvien ohjausjärjestelmän osien aikaansaama turvatoiminnon tilapäinen automaattinen keskeyttäminen	Passivointia voidaan käyttää yhdessä minkä tahansa suojausteknisen laitteen kanssa, joka on yhteydessä suojaavaan pysähdykseen.	A,D,F
Ihminen-kone yhteistyö			
Koneen ja ihmisten yhteinen työpiste	Selkeästi määritetty ja merkitty	Lattiamerkinnät, kyltit, käyttöohjeet	A,C,D,H
Automaattinen tilanmuutos	Kone ei saa aiheuttaa vaaraa muutoksen aikana		A,B,C,D
	Kone pysähtyy, käyttäjä toimii	Kone pysähtyy turvallisesti henkilön ollessa työtilassa	B,C,D
	Käyttäjän ohjaama liike	Käsiohjaimet olemassa koneen ohjaamiseksi	A,B,D
	Kone liikkuu automaattisesti	Ei henkilöä yhteisellä työalueella	A,D,H

Aihe	Vaatus	kommentit	Validointi- metodi(t)
	Kone liikkuu itsenäisesti alennetulla nopeudella	Kone hidastaa vähintään alennetulle nopeudelle, jos henkilö saapuu yhteiselle työalueelle	A,B,C,D,H
	Kone turvallisella alennetulla nopeudella säilyttäen etäisyyden käyttäjään	Kone muuttaa nopeuttaa välimatkan henkilöön muuttuessa Turvapysäytys tapahtuu, jos välimatka käy liian pieneksi	A,B,C,D,H
Solun suojaustekniset toimenpiteet	Henkilöiden siirtyminen yhteiseltä työalueelta vaara-alueelle tulee estää.	Henkilöitä tarkkaillaan yhteisellä työalueella	A,D,H
Erikoistilanteet			
	Tilapäisiä suojausteknisiä toimenpiteitä tarvitaan tunnistettuja vaaroja vastaan	Tarvittaessa käytetään laitteita, joilla ilmaistaan turvalaitteiden ja vaara-alueen olemassaolo. Myös väliaikais-suojukset voivat olla tarpeen.	A,D,G
Alkukäynnistys	Tulee laatia tarkka menetelytapa suojaamaan alkukäynnistuksen aikana tapahtuvaa työtä.	Tarvittavat tarkastuslistat ja proseduurit on määritetty.	A,D,H

Seuraavat tarkastettavat asiat on kerätty standardista SFS 60204-1. Tarkempaa läpikäyntiä varten asiat pitää tarkastaa standardista.

Taulukko C2. Sähkölaitteiden tarkastus (SFS 60204-1).

Todentamisen laajuus tietyille konetyypeille esitetään niille tarkoitetuissa tuotestandardissa. Jos koneelle ei ole sille tarkoitettua tuotestandardia, todentamisen on sisällettävä aina kohdat a), b) ja f) ja se saattaa sisältää yhden tai useamman kohdista c)...e):

- a) todennetaan, että sähkölaitteisto on teknillisen dokumentaation mukainen
- b) kun kosketusjännitesuojaus toteutetaan syötön automaattisella poiskytkennällä, sille asetetut ehdot on todennettava kohdan 18.2 mukaisesti
- c) eristysresistanssimittaus (ks. 18.3)
- d) jännitekoe (ks. 18.4)
- e) suojaus jäännösjännitteiltä (ks. 18.5)
- f) toiminnalliset testit (ks. 18.6).

Seuraava varmennustarkastus liittyy usein rakennuksiin, mutta isojen koneiden yhteydessä se saattaa olla tarpeen koneillekin.

Taulukko C3. Varmennustarkastus.

<p>varmennustarkastus</p>	<p>Varmennustarkastus on tehtävä:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Uudelle luokan 1d, 2b, 3a ja 3b sähkölaitteistolle suojaavan ylivirtasuojan nimellis- tai asetteluvirrasta riippumatta ja -Uudelle luokan 1a, 1b, 2c, 2d ja 3c laitteistolle -Varmennustarkastusta ei tarvitse suorittaa uudelle sähkölaitteistolle, joka on muodostunut, kun olemassa oleva ja aikaisemmin tarkastettu laitteisto on jaettu useammalla haltijalle kuuluviin osiin ilman varmennustarkastusta edellyttäviä asennusmuutoksia. -Muutetulle luokan 1a, 1b, 1d, 2b laitteistolle, kun muutostyön $U_n \leq 1000$ V ja muutosaluetta suojaava ylivirtasuojan on 35 A suurempi
	<ul style="list-style-type: none"> -Muutetulle luokan 2c, 2d ja 3c laitteistolle, kun muutostyön $U_n \leq 1000$ V ja muutosaluetta suojaava ylivirtasuojan on 250 A suurempi -Muutetulle luokan 3a laitteistolle, lukuun ottamatta vähäistä muutostyötä, josta ei ole tarpeen laatia käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa (ks. KTMp (517/1996) 4§2) -Muutetulle luokan 3b leikkaussalin laitteistolle, lukuun ottamatta vähäistä muutostyötä, josta ei ole tarpeen laatia käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa ja -Muutetulle luokan 3b muulle laitteistolle, kun muutostyön $U_n \leq 1000$ V ja muutosaluetta suojaava ylivirtasuojan on 35 A suurempi lääkintätiloissa, joissa ei tehdä yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä toimenpiteitä

Verkkodokumentti:

Turvatekniikan keskus (TUKES) (2004). TUKES-ohje S4-2004. saatavilla:

<http://www.tukes.fi/fi/Palvelut/TUKES-ohjeet/1Sahko-ja-hissit/S4-04-Sahkolaitteistot-ja-kayton-johdajat/>. Viitattu 27.7.2009.

Seuraavat automaation muutosten jälkeiset tarkastukset on kerätty standardista SFS EN 62061.

Taulukko C4. Automaation muutosten menettelytavat standardin SFS EN 62061 mukaan [11].

Muutosten menettelytavat	
.	Pyyntö turvallisuuteen liittyvän sähköisen ohjausjärjestelmän muuttamisesta voi tulla esimerkiksi seuraavista syistä: <ul style="list-style-type: none"> -turvallisuusvaatimusten erittely on muuttunut -todelliset käyttöolosuhteet -”läheltä-piti” -tapatumista tai tapaturmista saadut kokemukset -käsiteltävän materiaalin muuttuminen -koneen tai sen toimintatapojen muutokset
	Turvallisuuteen liittyvän sähköisen ohjausjärjestelmän muuttamiseksi tehdyn pyynnön syyt on dokumentoitava ja analysoitava, jotta saadaan selville vaikutukset (toiminnalliseen) turvallisuuteen. Analyysi on dokumentoitava.
	Kaikki asiaankuuluvat dokumentit on muutettava, parannettava ja tuotettava uudelleen vastaamaan uutta tilannetta. Muutettujen dokumenttien perusteella on valmistettava ja dokumentoitava täydellinen toimintasuunnitelma ennen minkään muutoksen toteuttamista.

	Kokoonpanon hallinnan menettelytapa
	<p>Kokoonpanon hallinnan menettelytapa on otettava käyttöön standardin mukaisesti (SFS EN 62061 kohta 4.2.1). Seuraavat kohdat tulee ottaa huomioon:</p> <p>a) jokaisen muutosprosessin suunnitelma b) päätöksentekoprosessin ja jokaiseen turvallisuuteen liittyvään sähköiseen ohjausjärjestelmään kuuluvan päätöksen dokumentaatio c) ajan mukaan etenevä dokumentaatio (esimerkiksi lokikirja) muutoksen pyynnön menettelytavoista mukaan lukien</p> <ul style="list-style-type: none"> • tunnistetut vaarat, joihin muutoksella voi olla vaikutusta • muutospyynnön kuvaus (laitteisto tai ohjelmisto) • syyt muutospyyntöön (ks. myös kohta 9.2.1) • tehdyt päätökset (ja jokaisen päätöksen valtuutus) • vaikutusanalyysi • uudelleen todentaminen (jokaisessa vaiheessa) ja uudelleen kelpuus • kaikki dokumentit, joihin muutospyynnön aiheuttamat toimenpiteet vaikuttavat • kaikki toimenpiteet, jotka on toteutettu muutosprosessin aikana ja henkilöt tai yhteisöt, jotka ovat niistä vastuussa <p>d) myöhemmin tehtävien auditointien mahdollistamiseksi seuraavien tietojen dokumentointi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kokoonpanon tila • muutoksen julkistamisen vaihe • kaikkien muutosten perustelut ja hyväksyntä • muutosten yksityiskohdat.
	<p>Muutoksenhallinnan prosessin menettelytavoissa olisi otettava huomioon seuraavat vaatimukset:</p> <p>a) menettelytavat turvallisuuteen liittyvän sähköisen ohjausjärjestelmän jokaisen version yksilöllisen peruskokoonpanon määrittämiseksi b) peruskokoonpanon rakenteen kaikkien yksityiskohtien määrittäminen. Tähän on otettava mukaan vähintäänkin seuraavat kohdat</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) turvallisuusvaatimusten analyysi ja erittely 2) asiaankuuluvat suunnitteludokumentit 3) laitteiston ja ohjelmiston moduulit 4) testaussuunnitelmat ja -tulokset 5) todentamisen ja kelpuutuksen raportit 6) aikaisemmin valmistetut ohjelmistokomponentit, jotka on tarkoitus yhdistää turvallisuuteen liittyvään sähköiseen ohjausjärjestelmään 7) suunnitteluun ja testaukseen käytettävät työkalut ja kehittämissympäristöt 8) turvallisuuteen liittyvän sähköisen ohjausjärjestelmän eheyden säilyttämiseksi tarvittavan kokoonpanon kaikkien yksityiskohtien ainutkertaisten tunnistustietojen tarkka ylläpito 9) muutoksen hallinnan menettelytavat: <ul style="list-style-type: none"> • ilman valtuuksia tehtävien muutosten estämiseen • muutospyyntöjen dokumentointiin • ehdotetun muutospyynnön vaikutuksen analysointiin ja pyynnön hyväksymiseen tai hylkäämiseen • kaikkien hyväksytyjen muutosten yksityiskohtien ja valtuutuksien dokumentointiin • peruskokoonpanon määrittämiseen laitteiston tai ohjelmiston kehittämisen sopivissa kohdissa ja (osittaisen) yhdistämisen testaukseen perustuvan peruskokoonpanon dokumentointiin • laitteiston ja ohjelmiston peruskokoonpanon yhdistämiseen ja rakenteen varmistamiseen (mukaan lukien aikaisempien peruskokoonpanojen uusiminen). 10) vaikutusanalyysi, jolla olisi arvioitava jokaisen muutospyynnön vaikutus. Tähän analyysiin on otettava mukaan myös soveltuva vaara-analyysi ja turvallisuuteen liittyvän sähköisen ohjausjärjestelmän kaikki muutkin muutostoimenpiteet.

	<p>11) palaaminen turvallisuuteen liittyvän sähköisen ohjausjärjestelmän laitteiston tai ohjelmiston sopivaan suunnitteluvaiheeseen (esimerkiksi erittely, suunnittelu, yhdistäminen, asennus, käyttöönotto ja kelpuus) kaikissa hyväksytyissä muutoksissa, joilla on vaikutusta turvallisuuteen liittyvään sähköiseen ohjausjärjestelmään. Sen jälkeen kaikki sitä seuraavien muutosten vaiheet on toteutettava tämän standardin mukaisesti.</p> <p>12) kaikkien tarpeellisten toimenpiteiden toteuttaminen sen osoittamiseksi, että vaadittu turvallisuuden eheyden taso on saavutettu</p> <p>13) vaaditun muutospyynnön toteuttamiseen tarvittavan valtuutuksen on oltava riippuvainen vaikutusanalyysin tuloksista.</p>
	<p>Muutoksen hallinnan dokumentoinnin minimivaatimukset:</p> <p>a) jokaisen muutosprosessin suunnitelma</p> <p>b) jokaisen edellä mainitun organisatorisen vaatimuksen ja menettelytavan dokumentaatio</p> <p>c) päätöksentekoprosessin ja jokaisen turvallisuuteen liittyvään sähköiseen ohjausjärjestelmään liittyvän päätöksen dokumentaatio</p> <p>d) ajan mukaan etenevä dokumentaatio (lokikirja) muutospyynnön menettelytavoista mukaan lukien</p> <ul style="list-style-type: none">• tunnistetut vaarat, joihin muutoksilla voi olla vaikutusta• muutospyynnön kuvaus (laitteisto ja ohjelmisto)• syyt muutospyyntöön (ks. myös 9.2.1)• tehdyt päätökset (ja jokaisen päätöksen valtuutus)• vaikutusanalyysi• uudelleen todentaminen (jokaiselle vaiheelle) ja uudelleen kelpuus• kaikki dokumentit, joihin muutospyynnön toimenpiteet vaikuttavat• kaikki toimenpiteet, jotka on toteutettu muutosprosessin aikana, ja niistä vastuussa olevat henkilöt sekä yksiköt <p>e) seuraavien tietojen dokumentaatio, joka tekee mahdolliseksi tulevat auditoinnit:</p> <ul style="list-style-type: none">• kokoonpanon vaihe• valmistumisen vaihe• kaikkien muutosten perustelut ja hyväksyntä• muutoksen yksityiskohdat.