Tampereen yliopisto

PLITE
OPTIMAALISTA LISÄARVOA TEKNOLOGIASTA

Saku Pöysäri

# Teollisuusrobotiikan turvallisuusstandardit SFS-EN ISO 10218-1&2:2025

## Merkittävimpiä muutoksia päivittyneissä standardeissa

2025

PIRKANMAA COUNCIL OF TAMPERE REGION
ETELÄ-POHJANMAAN LIITTO Regional Council of South Ostrobothnia
Euroopan unionin osarahoittama

# 1. JOHDANTO

SFS-EN ISO 10218 teollisuusrobotiikan turvallisuusstandardit koskevat teollisuusrobotteja, ja ne on laadittu huomioiden teollisuusympäristöissä roboteista aiheutuvat tavanomaisimmat vaarat. Standardit eivät koske esimerkiksi palvelu- tai terveydenhuollon robotteja eivätkä kotitalouskäyttöön tarkoitettuja robotteja, kuten robottimureita, vaan ne käsittelevät yksinomaan teollisuuden robottiturvallisuutta.

Standardit huomioivat merkittävimmät vaarat, vaaratilanteet ja vaaralliset tapahtumat, kun robotteja käytetään ennalta tarkoitetulla tavalla sekä valmistajan kohtuudella ennakoitavissa olevissa määritellyissä väärinkäyttötilanteissa. Robottisovellukseen mahdollisesti liittyvän valmistusprosessin ominaiset riskit arvioidaan robottisovelluksen suunnittelun ja mahdollisten muutoksien yhteydessä. Standardit eivät huomioi teollisuusroboteille kohdistuvia vaaroja, jotka ovat teollisuudelle tavanomaisuudesta poikkeavia. Näin ollen standardit eivät kata käyttötilanteita, joissa robottia käytetään esimerkiksi räjähdysalttiissa tilassa tai ionisoivan säteilyn ympäristössä. Standardit eivät myöskään huomio liikkumiseen liittyviä vaaroja, kun robotti on asennettuna liikkuvan mobiilialustan päälle. Näissä tilanteissa noudetaan ISO 10218 standardien ohella muiden oleellisten standardien vaatimuksia turvallisuuden takaamiseksi.

Standardisarja on tarkoitettu useammalle eri sidosryhmälle. Erityisesti standardit koskevat teollisuusrobottien ja robottisolujen valmistajia, integroijia sekä työterveys- ja turvallisuusorganisaatioita, jotka ovat vastuussa valmistettavista, integroitavista ja käytössä olevista robottijärjestelmistä. Standardit koskevat myös soveltuvin osin teollisuusrobottien ja -sovellusten käyttäjiä ja palveluntarjoajia, kuten kunnossapitohenkilöstöä. ISO 10218 sarjan standardit ovat ISO 12100 standardin mukaisia tyypin C-standardeja, joiden määräykset ovat ensisijaisia koneissa, jotka on suunniteltu ja valmistettu sen mukaisesti. Mikäli C-standardien vaatimukset poikkeavat ylempien tasojen tyyppien A- tai B-standardien määräyksistä, nämä vaatimukset ovat ensisijaisia.

Standardisarja on jaettu kahteen osaan, joissa on eri painotukset:

- ISO 10218-1:2025 Robotics. Safety requirements. Part 1: Industrial robots
- ISO 10218-2:2025 Robotics. Safety requirements. Part 2: Industrial robot applications and robot cells

Ensimmäinen osa (ISO 10218-1) sisältää vaatimukset robotin käsivarren turvallisuudelle eli turvallisen rakenteen suunnittelulle, riskien vähentämistoimenpiteille sekä käyttöön liittyville tiedoille, kun robottia käytetään teollisessa ympäristössä. Tällöin käsitellään robottia osittain valmiina koneena, koska robottia ei ole vielä integroitu teolliseen sovellukseen. Toinen osa (ISO 10218-2) sisältää vaatimukset henkilöstön suojaamiseksi teollisuusrobottisovellusten ja -solujen integroinnin, käyttöönoton, ohjelmoinnin, testauksen, käytön, kunnossapidon ja korjauksen aikana. Aiemmin näiden standardien rinnalla kulki ISO/TS 15066:2016 tekninen spesifikaatio, joka käsitteli yhteistoiminnallisten robottisovellusten turvallisuutta. Tämän teknisen spesifikaation sisältö on kuitenkin sisällytetty soveltuvin osin ISO 10218 standardisarjaan standardien päivittämisen yhteydessä alkuvuodesta 2025 korvaten näin ollen standardien aiemman version vuodelta 2011.

ISO 10218 standardisarjan päivittymisen seurauksena tässä selvityksessä esitellään muutamia merkittävimpiä muutoksia, mitä standardien päivittyminen on tuonut tullessaan. Tarkoituksena ei ole verrata standardisarjan vanhoja ja päivitettyjä osia toisiinsa pykälä pykälältä tai nostaa esille kaikkia muutoksia, koska standardien pituudet ovat kaksinkertaistuneet päivittymisen yhteydessä. Tarkoituksena ei ole myöskään toistaa standardien sisältöjä ja tehtyjä muutoksia seikkaperäisesti, vaan näiden selvittäminen standardeista jätetään lukijan tehtäväksi tämän selvityksen lukemisen jälkeen. Selvitys pyrkii esittelemään suurimpia ja olennaisimpia muutoksia, joilla on vaikutusta käytännön operatiiviseen toimintaan valmistavassa teollisuudessa, oli kyseessä sitten robottivalmistaja, robotti-integroija tai loppukäyttäjä.

Merkittävimpiä muutoksia, joita käsitellään tässä selvityksessä seuraavissa luvuissa:

- Luku 2: Turvallistamisen periaatteet
    - Painopisteen siirtyminen entistä vahvemmin robottijärjestelmistä robottisovelluksiin ja näiden turvallistamiseen
- Luku 3: Yhteistoiminnalliset sovellukset
    - Yhteistoiminnallisia robottisovelluksia koskevat muutokset terminologiassa ja toteutustavoissa
- Luku 4: Toiminnallinen turvallisuus
    - Ohjausjärjestelmien turvallisuusosien merkityksen kasvaminen turvatoimintojen toteuttamisessa ja vaikutukset robottiturvallisuuteen
- Luku 5: Kyberturvallisuuden vaatimukset
    - Riskin arviointi ja toimenpiteet luvattoman pääsyn estämiseksi
- Luku 6: Muita päivittyneitä suunnitteluvaatimuksia
    - Esimerkkejä uudistuneista vaatimuksista ja täydennyksistä muun muassa mekaniikkasuunnittelulle ja pysäytyskategorioille

# 2. TURVALLISTAMISEN PERIAATTEET

Kenties merkittävin muutos päivittyneissä robotiikan turvastandardeissa on painopisteen siirtyminen robottijärjestelmästä ja sen teknisestä toteutuksesta ja turvallistamisesta entistä selkeämmin ja painokkaammin robottisovelluksen toteuttamiseen ja turvallistamiseen. Vaikka standardien uusissa versioissa annetaan edelleen selkeitä teknisiä vaatimuksia itse robotin ja robottijärjestelmän turvallisuuden toteuttamiseksi ja takaamiseksi, taustalla on aistittavissa laajentunut painoarvo robottisolun ja sillä toteutettavan työvaiheen tai prosessin kokonaisvaltaiseksi turvallistamiseksi. Eri prosesseille on erilaisia vaaroja ja riskejä – osalla lukumäärällisesti näitä on enemmän ja osalla vähemmän, osalla vaarat ovat toteutuessaan vaikutuksiltaan haitallisempia kuin toisilla ja osalla vaarat ovat todennäköisempiä kuin toisilla.

Omat haasteensa robotisoitujen tuotantosolujen turvallistamiselle asettavatkin erilaiset robottisovellukset, joissa kullakin on erilaiset riskit. Vaikka itse robottijärjestelmät olisivat teknisesti identtiset (käytössä samat robotit, robotin työkalut, kuljettimet, kiinnittimet, osien syöttölaitteet jne.), mutta näitä käytettäisiin eri sovelluksiin, ovat järjestelmien riskit erilaiset eri sovellusten takia. Esimerkiksi jos solua käytetään toisessa yrityksessä kevyiden pahvilaatikoiden siirtelyyn ja toisessa teräväreunaisten teräslevyjen siirtelyyn ovat riskit täysin erilaiset ja täten myös turvallistamistoimet voivat olla erilaiset.

Teollisuusrobottien ja robottisovellusten turvallistamiseen käytetään ISO 10218-1&2 standardeja, mutta itse riskien arviointiin käytetään ISO 12100 standardia. Sekä vanhassa että uudessa versiossa ISO 10218-1 standardia vain mainitaan, että teollisuusrobotin riskin arviointi tulee toteuttaa ISO 12100 standardin vaatimusten mukaisesti. Aiemmassa versiossa standardia (ISO 10218-2) painopisteenä riskin arviointia käsittelevissä luvuissa on ollut kuvauksessa, kuinka riskin arviointi toteutetaan ISO 12100 standardin mukaisesti, kun taas uudistetussa standardissa vain kerrotaan, että riskin arviointi tulisi toteuttaa ko. standardin mukaisesti. Tämän sijasta päivitetyssä standardin toisessa osassa tuodaan vahvemmin ja selkeämmin esille teollisuusrobottisovellusten erikoispiirteitä ja kuinka nämä tulisi huomioida riskin arvioinnissa. Entistä näkyvämmin korostetaan miten riskit tulisi huomioida läpi teollisuusrobottisovelluksen elinkaaren (muun muassa asennus, käyttöönotto, käyttö, käytöstä poisto) ja miten erilaisia riskejä voi olla erilaisissa robottisovelluksissa (muun muassa riskit liittyen työkappaleen vaihtamiseen, virheidenkäsittelyyn, huoltoon ja pysäytyksiin). Lisäksi on selkeämmin tuotu esille, kuinka riskin arvioinnissa tulisi erityisesti huomioida yhteistoiminnallisissa sovelluksissa mahdolliset törmäykset operaattorin ja robotin välillä.

Kuten aiemmassakin versiossa ISO 10218-2 standardia, niin myös uudistetussa versiossa standardia on liitteessä A ei-tyhjentävä luettelo mahdollisista merkittävistä vaaroista, jotka voivat olla relevantteja robottisovelluksille. Uudessa standardissa on uutena lisäyksenä lisätty oma taulukkonsa A.2, jossa tuodaan esille robotin työkaluihin liittyviä yleisimpiä riskejä robottisovelluksissa. Koska tiettyyn robottisovellukseen voi liittyä myös muita vaaroja, on erittäin suositeltavaa käyttää myös standardia ISO 12100 mahdollisesti relevanttien lisävaarojen tunnistamiseen ja arviointiin. Tämän korostamiseksi ISO 10218-2 standardin päivitetyssä versiossa on uusi liite B, joka tarjoaa melko laajan yleiskuvan teollisuusympäristöissä esiintyvistä vaaroista.




***Kuva 1.*** *Teollisuusrobottisovellusten riskien seurauksia*

Robottisovelluksen riskin arviointia toteutettaessa olisikin hyödynnettävä ISO 10218-2 standardin huomioita robottisovelluksen ominaispiirteistä, jotka tulee ottaa huomioon riskin arviointia toteutettaessa. Tässä apuna ovat standardin liitteet A ja B. Standardissa mainitaan, että robottisovelluksen riskin arvioinnin toteuttaa robottisovelluksen integraattori, mutta tässä tulisi hyödyntää loppukäyttäjää, koska heillä on tyypillisesti paras käsitys robotisoitavasta prosessista ja robottisovelluksen käytöstä. Osallistamalla loppukäyttäjä riskin arviointiin tunnistetaan laajemmin itse robottisovellukseen käyttöön liittyviä vaaroja ja riskejä.

# 3. YHTEISTOIMINNALLISET SOVELLUKSET

### Muutokset terminologiassa

Kuten edellisessä luvussa mainittiin, uudistuneissa teollisuusrobottien turvallisuusstandardeissa painopiste on siirtynyt selkeämmin ja korostetummin itse robottijärjestelmästä robottisovelluksen turvallistamiseen. Yksi osa tätä muutosta on ollut yhteistyörobotin (engl. collaborative robot, cobot) poistuminen virallisesta robotiikan terminologiasta. Syynä tähän muutokseen on havainnot teollisuudesta yhteistyörobottien, ja muutoinkin ihmisen ja robotin yhteistyösovellusten, yleistymisen seurauksena.

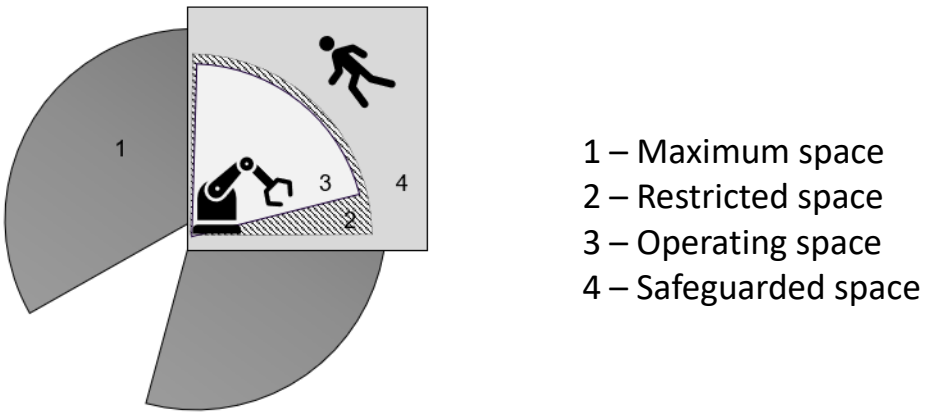
Termi ”yhteistyörobotti” on johtanut paikoitellen virheelliseen käsitykseen teollisuusrobottien turvallisuudesta. Vaikka robotti olisikin yhteistyörobotti, eli erilaisilla turvaominaisuuksilla varustettu robotti (esim. rajoitetut liikenopeudet, pyöristetyt ja pehmustetut käsivarret, törmäyksen tunnistus), niin tämä itsessään ei takaa, että ihmisen ja robotin yhteistyö olisi turvallista. Näitä turvaominaisuuksia on käytettävä oikein ja soveltuvasti yhdessä muiden turvalaitteiden ja -järjestelmien kanssa varmistamaan operaattorin turvallisuus ihmisen ja robotin yhteistyössä.

Otetaan esimerkiksi kaksi kuvitteellista yhteistoiminnallista sovellusta, joissa hyödynnetään yhteistyörobotteja. Ensimmäisessä sovelluksessa pakataan isoja, mutta kevyitä, nenäliinapaketteja kuljettimelta lavalle, jota operaattori käy vaihtamassa säännöllisesti. Toisessa sovelluksessa robotti ruuvaa pieniä itseporautuvia ruuveja kokoonpantavaan tuotteeseen samassa tilassa ihmisen kanssa, joka on ensin koonnut tuotteen robotille ruuvattavaksi. Kummassakin tilanteessa on täysin eri riskit, jotka tulee huomioida riskin arvioinnissa ja riskien hallinnassa. On aivan eri tilanne, jos robotti törmäisi operaattoriin kevyellä nenäliinapaketilla, kuin että robotti törmäisi operaattoriin terävällä ja pistävällä ruuvilla tai ruuvaimen kärjellä. Kummassakaan tapauksessa ei voida olettaa, että yhteistyörobotti itsessään tekisi sovelluksesta turvallisen, vaan turvallistamiseen tarvitaan myös muita turvatoimintoja.

Yhteistoiminnalliset sovellukset voidaan toteuttaa yhteistyörobottien sijasta myös tavanomaisilla teollisuusroboteilla, joita ei ole erityisesti suunniteltu ihmisen ja robotin yhteistyöhön toisin kuin yhteistyörobotteja. Tällöin yhteistoiminnan turvallisuus on toteutettu muilla turvaratkaisuilla. Tässä kohdin yhteistyörobotiikka terminä on ongelmallinen, koska yhteistoiminnallisuus on toteutettu muilla turvaratkaisuilla kuin yhteistyöroboteilla. Huomataan, että ihmisen ja robotin yhteistyö pohjautuukin itse robotisoituun sovellukseen eikä pelkästään robottiin itseensä. Yhteistoiminnallisen sovelluksen turvatoiminnot

voidaan toteuttaa erillisillä turvalaitteilla, robotin turvaominaisuuksilla (esimerkiksi tehon ja voiman rajoituksella) tai näiden yhdistelmällä.

Uudistuneissa standardeissa ei enää käytetä myöskään termejä ”yhteistoiminto” (engl. collaborative operation) eikä ”yhteinen työtila” (engl. collaborative workspace). Yhteistoiminnolla on tarkoitettu toiminnallista järjestelmän tilaa, jossa tähän tarkoitukseen suunnitellut robotit työskentelevät ihmisten kanssa välittömästi yhteistyössä määritetyssä työtilassa. Vastaavasti yhteisellä työtilalla tarkoitetaan turvaratkaisuilla varustettua työskentelyaluetta, jossa robotti ja ihminen voivat suorittaa tehtäviä samanaikaisesti tuotannon aikana. Nämä termit on osittain korvattu ”yhteistoiminnallisen sovelluksen” (engl. collaborative application) ja ”yhteistoiminnallisen työtehtävän” (engl. collaborative task) termeillä. Näistä ensimmäinen tarkoittaa robottisovellusta, jossa on yksi tai useampi yhteistoiminnallinen työtehtävä, joka puolestaan tarkoittaa robotin työsekvenssin osuutta, jossa operaattori on robottisovelluksen kanssa samassa suojatussa tilassa.




***Kuva 2.*** *Robottisovelluksen eri tilat havainnollistettuna. Huomioitavaa ettei yhteistä työtilaa ole enää olemassa (mukaillen lähdettä ISO 10218-2).*

Ihmisen ja robotin yhteistyö voi olla hyvin monimuotoista, jolloin vanhentuneiden standardien mukainen yhteistoimintojen määritteleminen on haastavaa, koska miten määritellä mikä toiminto toteutetaan ihmisen kanssa tai missä kohtaa solua ihminen työskentelee. Turvallisuuden kannalta varsinaista yhteistyötä ei robottissolussa tarvitse olla, sillä pelkästään jo ihmisen esteetön pääsy yhteiseen työtilaan tekee sovelluksesta yhteistoiminnallisen. Samaten yhteisen työtilan määrittelemiselle on omat vaikeutensa. Robotilla on aina rajattu työskentelyalue (vähintään robotin maksimiulottuvuuden mukainen (mukaan lukien robotin työkalu ja käsiteltävä työkappale)), mutta ihmisellä ei tällaista ole. Robotille ja ihmiselle voidaan määrittää yhteistyöalue, mutta kuinka varmistetaan, että yhteistyö toteutetaan ko. alueella. Ja vaikka itse yhteistyö toteutettaisiin ko. alueella, niin tulisi myös huolehtia, kuinka ihminen pääsee turvallisesti siirtymään sinne ja sieltä pois.

## ISO/TS 15066 sisällyttäminen ISO 10218 standardeihin

Terminologiaan liittyvien muutosten ohella standardien päivittyminen on tuonut mukanaan muitakin muutoksia yhteistoiminnallisille sovelluksille. Teollisuusrobotiikan turvallisuusstandardien rinnalla on aiemmin kulkenut ISO/TS 15066 tekninen spesifikaatio, joka on antanut ohjeita ihmisen ja robotin yhteistyön toteuttamiseen, kun robottijärjestelmä ja ihmiset jakavat saman työtilan. Tämä tekninen spesifikaatio on kuitenkin ISO 10218-1&2 standardien päivittymisen yhteydessä sisällytetty kokonaisuudessaan uudistettuihin standardeihin.

Käytännössä muutos tarkoittaa ISO/TS 15066:n sisältämien teollisuusrobottien yhteistoiminnallisiin sovelluksiin tarkoitetuille roboteille asetettujen turvallisuusvaatimusten sisällyttämistä päivitettyihin standardeihin. Pääasiassa muutokset on lisätty ISO 10218-2 standardiin, koska yhteiskäyttöä koskevat vaatimukset koskevat enemmän robottisovellusta kuin robottia itseään. Poikkeuksena ovat yhteistoiminnallisuuden vaatimukset käsin ohjaamiselle, nopeuden ja etäisyyden valvonnalle ja tehon ja voiman rajoittamiselle, joita käsitellään myös ISO 10218-1 standardissa. Näiden yhteistoiminnallisuuden muotojen käsittely on välttämätöntä, koska ne sisältävät robotin turvatoiminnoille vaatimuksia, joita käsitellään tarkemmin tämän luvun loppupuolella. Muutoin teknisen spesifikaation nostot yhteistyösovellusten erityispiirteistä, turvallisuusvaatimukset yhteistoiminnallisille sovelluksille ja näiden suunnittelulle, yhteistoiminnallisuuden toteutusmuodoille ja erityispiirteille on siirretty suurimmilta osin standardin toisen osan (ISO 10218-2) lukuun 5. Standardin liitteissä on puolestaan esitelty, kuinka määritetään vähimmäisetäisyys robotin ja operaattorin välillä nopeuden ja etäisyyden valvonnassa (Liite L) sekä rajat törmäysvoimille (Liite M) sekä uutena menetelmä törmäysvoimien ja -paineiden validoimiseksi (Liite N) tehon ja voiman rajoituksessa, mitä ei ole ollut aiemmissa standardeissa eikä teknisessä spesifikaatiossa.

## Yhteistyön toteuttamisen vaihtoehdot

Standardien aiemmissa versioissa ihmisen ja robotin yhteistyöhön annettiin neljä (4) erilaista toteutusvaihtoehtoa:

- ~~Turvaluokiteltu valvottu pysäytys (engl. Safety-rated monitored stop)~~
- Käsin ohjaaminen (engl. Hand guiding)
- Nopeuden ja etäisyyden valvonta (engl. Speed and separation monitoring)
- Tehon ja voiman rajoittaminen (engl. Power and force limiting)

Päivittyneissä standardeissa turvaluokiteltu valvottu pysäytys on kuitenkin poistettu yhtenä erillisenä mahdollisena toteutusvaihtoehtona. Standardeissa terminologiaa on muutettu, jolloin turvaluokiteltu valvottu pysäytys on muuttunut muotoon ”valvottu pysäytys” (engl. monitored-standstill) ja se on samalla määritetty turvatoiminnoksi (engl. safety function). Valvotussa pysäytyksessä estetään robotin tarkoituksettomat liikkeet käyttövoiman ollessa edelleen kytkettynä.



***Kuva 3.*** *Yhteistyön toteuttamisen vaihtoehdot vasemmalta oikealle: käsin ohjaaminen, nopeuden ja etäisyyden valvonta sekä tehon ja voiman rajoittaminen (mukaillen lähdettä Teollisuuden robotiikka 2025).*

Vaikka valvottu pysäytys on poistettu yhtenä erillisenä keinona yhteistoiminnallisuuden mahdollistajana, sitä edelleen hyödynnetään turvatoiminnon muodossa muiden toteutustapojen toteuttamisessa. Tämä on pakollinen turvatoiminto käsin ohjaamisessa, jossa robotin tulee olla valvotussa pysäytyksessä ennen käsin ohjauksen mahdollistamista ja robotin tulee siirtyä valvotun pysäytyksen tilaan, kun käsin ohjaus lopetetaan, ellei tähän käytetä muiden yhteistoiminnallisuuden toteuttamistapojen (nopeuden ja etäisyyden valvonta tai tehon ja voiman rajoittaminen) turvatoimintoja. Valvottu pysäytys vaaditaan myös tehon ja voiman rajoittamisessa, mikäli tämä toteutetaan turvatoiminnoilla. Tällöin robotin on voiman tai tehon ylittyessä pysähdyttävä, liikuttava asentoon, jossa raja-arvot eivät ylity ja siirryttävä valvotun pysäytyksen tilaan. Vaihtoehtoisesti sama toiminnallisuus voidaan toteuttaa ilman valvottua pysäytystä, joko suorittamalla ainoastaan suojapysäytys tai pysäyttämällä robottijärjestelmä ja pitämällä asemansa, minkä jälkeen robotti siirtyy automaattisesti voimattomaan ja momentittomaan tilaan.

Valvottua pysäytystä hyödynnetään myös nopeuden ja etäisyyden valvonnassa varmistamaan turvallinen automaattisen toiminnan jatkaminen turvapysäytyksestä, kun nopeuden ja etäisyyden valvonnan vaatima turvaetäisyys on säilytetty eikä ihmisiä ole enää turvatulla alueella (engl. safeguarded space). Valvottua pysäytystä voidaan hyödyntää myös robottisolun saattamiseen ja pitämiseen turvallisessa tilassa, kun operaattori on robotin työskentelyalueella.

# 4. TOIMINNALLINEN TURVALLISUUS

Päivittyneissä standardeissa otetaan enemmän kantaa ohjausjärjestelmien toiminnallisen turvallisuuden toteuttamiseen. Aiemmissa standardien versioissa toiminnallinen turvallisuus käsiteltiin suppeasti, mutta päivitetyissä standardeissa tämä on otettu laajemmin esille ohjausjärjestelmillä toteutettavien turvatoimintojen yleistyessä teollisuudessa.

### Suoritustasot teollisuusrobotiikassa

Osoituksena tästä on ensinnäkin standardin ensimmäisen osan (ISO 10218-1) liitteen C taulukko C.1, jossa esitellään teollisuusrobottien turvatoimintoja mainiten, onko turvatoiminto pakollinen, ehdollinen vaiko vapaaehtoinen, mikä tekijä saa turvatoiminnon aktivoitumaan ja mikä on turvatoiminnon lopputulema. Pakollisia turvatoimintoja ovat esimerkiksi hätäpysäytys ja manuaalitilan aktivointi, ehdollisia asennonpidon valvonta (engl. position holding monitoring), ja vapaaehtoisia tietyin rajoituksin pysäytysajan ja pysäytysmatkan rajoittaminen (engl. stopping time limiting, stopping distance limiting).

Standardin toisessa osassa (ISO 10218-2) on puolestaan liitteessä C kattava taulukko C.1 teollisuusrobottisovellusten turvatoiminnoista, joille on määritetty vaadittava suoritustaso (engl. required performance level, $PL_r$). Tämä helpottaa robottisovellusten suunnittelua toiminnallisen turvallisuuden osalta, kun suunnittelija voi valita turvatoiminnon standardista ja samalla saa vähimmäissuoritustasovaatimuksen turvatoiminnolle. Tämä myös standardoi ja vakiinnuttaa turvatoimintojen suoritustasoja robotiikassa.

Robottisovellukset kuitenkin kattavat hyvin laajan kirjon erilaisia käyttötilanteita. Siksi ei ole aina mahdollista tai edes järkevää hyödyntää ennalta määritettyjä suoritustasovaatimuksia. Esimerkiksi jos kahdella identtisellä järjestelmällä toisella siirrellään pehmeitä ja kevyitä paketteja ja toisella isoja ja teräviä teräslevyjä ovat riskit aivan erilaiset. Tästä syystä ISO 10218-2 standardin taulukossa C.1 määritellyt vaadittavat suoritustasot eri turvatoiminnoille voivat olla sovellukseen nähden sopimattomia (liian korkeita tai liian matalia). Ongelman ratkaisemiseksi päivitetyn standardin liitteen C osa C.2 tarjoaa vaihtoehtoisen tavan soveltuvan suoritustason määrittämiseen. Se sisältää menetelmän riskiparametrien yhdenmukaistamiseksi. Tämä yhdenmukaistaminen varmistaa, että kun riskiparametreja sovelletaan johonkin riskin arviointimenetelmään, tuloksena saatava suoritustaso on soveltuva riippumatta menetelmästä, kunhan menetelmä täyttää standardin ISO 12100 vaatimukset. Käytettävät parametrit on esitetty taulukossa 1.

***Taulukko 1.*** *Esimerkkejä riskiparametrien määrittämiseksi (mukaillen mukaillen lähdettä ISO 10218-2).*

| ***Vamman vakavuus*** | ***Altistuminen vaaralle*** | ***Toteutumisen todennäköisyys*** | ***Mahdollisuus välttää tai rajoittaa vahinkoa*** |
|---|---|---|---|
| ***S1 – Vähäinen***<br>*Vähäinen vamma, joka ei vaadi hoitoa tai vaatii ainoastaan yksinkertaista ja yleisesti saatavilla olevaa ensiapua eikä välttämättä koulutetun henkilöstön apua.* | ***E1 – Alhainen***<br>*Altistuminen on harvinaista ja kumulatiivinen kesto on lyhyt (< 1/20 kokonaiskäyttöajasta).* | ***O1 – Alhainen***<br>*Vaaralliset tapahtumat, jotka johtavat oletettuun vahinkoon (vammaan), ovat harvinaisia eivätkä ennakoitavissa.* | ***A1 – Vältettävissä***<br>*Olosuhteet, jotka mahdollistavat vahingon välttämisen, ovat lähes aina olemassa, esim. ammattitaitoiset työntekijät, hyvin hitaat liikkeet, harvinainen puuttuminen, matalan monimutkaisuuden prosessit sekä ei äkillisiä tai odottamattomia liikkeitä suurella kiihtyvyydellä.* |
| ***S2 – Kohtalainen***<br>*Vammat, jotka voidaan hoitaa paikan päällä ensiapuvälinein koulutetun henkilöstön avulla.* | ***E2 – Korkea***<br>*Altistuminen on toistuvaa tai kumulatiivinen kesto on pitkä.* | ***O2 – Keskisuuri***<br>*Vaaralliset tapahtumat, jotka johtavat oletettuun vahinkoon (vammaan), ovat harvinaisia mutta ennakoitavissa.* | ***A2 – Kohtuullisesti vältettävissä***<br>*Osa olosuhteista, jotka mahdollistavat vahingon välttämisen, on olemassa mutta ei aina, esim. ammattitaitoiset työntekijät, hitaat liikkeet, harvinainen puuttuminen, matalan monimutkaisuuden prosessit sekä ei äkillisiä tai odottamattomia liikkeitä suurella kiihtyvyydellä.* |
| ***S3 – Vakava***<br>*Vammat, jotka vaativat terveydenhuollon ammattilaisen hoitoa, mutta eivät johda pysyvään haittaan, tai vammat, jotka johtavat kehon osien menetykseen tai pysyvään vaurioon (ei kuitenkaan täydelliseen menetykseen) ja joiden lääketieteellinen tila on palautuva.* | | ***O3 – Korkea***<br>*Vaarallisten tapahtumien, jotka johtavat oletettuun vahinkoon (vammaan), odotetaan tapahtuvan.* | ***A3 – Ei vältettävissä***<br>*Vahingon välttäminen on lähes mahdotonta vaaratilanteen havaitsemisen tai tiedostamisen puutteen vuoksi, esim. nopeat vaaralliset tapahtumat, riittämätön tila väistämiseen, monimutkaiset prosessit ja/tai rutiinin vaikutus vaaratietoisuuteen.* |
| ***S4 – Katastrofaalinen***<br>*Vammat, jotka johtavat:*<br>*- yhden tai useamman henkilön kuolemaan; tai*<br>*- sairaalahoitoa vaativiin vammoihin, jotka voivat johtaa vähintään yhteen seuraavista:*<br>*• pysyvä haitta*<br>*• kehon osien, raajojen tai aistien/toimintojen menetys*<br>*• merkittävä kasvojen pysyvä epämuodostuminen.* | | | |

ISO 10218 standardien vanhentuneissa versioissa on yksiselitteisesti määrätty turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien osien suoritustasoksi *PL d* standardin ISO 13849-1 mukaisesti. Uudessa standardissa suoritustasoon on annettu poikkeuksia esittelemällä uusi robottien luokkajaottelu. Jatkossa teollisuusrobotit kuuluvat joko luokkaan I (engl. Class I) tai luokkaan II (engl. Class II). Luokan II ”raskaansarjan” robotit on edelleen suunniteltava lähtökohtaisesti suoritustason *PL d* mukaisesti, mutta robottisovellus voi vaatia tätä korkeamman suoritustason (*PL e*). Luokan I robotit voivat kuitenkin poiketa tästä vaatimuksesta standardin (ISO 10218-2) liitteen C mukaisesti ollen kuitenkin vähintään tasoa *PL b*. Lisäksi standardin liitteessä C on taulukossa C.2 (sekä osin taulukossa C.1) tuotu esille erillisiä robottien turvatoimintoja, joilla suoritustaso voi olla alle *PL d* - esimerkiksi hätäpysäytyksellä vaadittu suoritustaso on *PL c*.

Uudistetuissa standardeissa on lisäksi muitakin täydennyksiä toiminnallisen turvallisuuden osalta. Standardin toisen osan (ISO 10218-2) liite D antaa esimerkin, kuinka turvatoiminnot tulisi dokumentoida, koska jokaisen turvatoiminnon osalta on muun muassa esitettävä turvatoiminnon nimi, toiminnallisuus ja suoritustaso. Saman standardin liite E puolestaan esittää esimerkkejä turvatoimintojen suoritustasojen määrittämiseksi. Robotin turvatoimintojen parametrisointi on toteutettava ohjelmistopohjaisesti ja sitä on käsiteltävä osana turvallisuuteen liittyvää ohjausjärjestelmää. Turvatoimintojen asetuksia ei saa muuttaa automaattiajon aikana, ja muutokset edellyttävät aina robotin uudelleenkäynnistystä sekä mahdollisuuden tunnistaa asetusten muutokset. Muita mainittavia muutoksia ovat täysin uudet tietoturva- ja kommunikointivaatimukset (IEC 62280), mikäli turvatoiminnot sisältävät tiedonsiirtoa.

### Luokat I & II

Päivitetyssä ISO 10218 -sarjan standardeissa robotit luokitellaan jatkossa joko luokkaan I (engl. Class I) tai luokkaan II (engl. Class II). Aiemmissa ISO 10218 -standardeissa robotteja ei ollut jaoteltu eri luokkiin, mutta se on lisätty päivitettyyn versioon toiminnallisen turvallisuuden vaatimuksia varten. Muutoksen taustalla on ollut huomiot teollisuudesta ja turvallisuusajattelun kehittymisessä. Teollisuuden sovellukset ovat hyvin erikokoisia: on isoja ja raskaita sovelluksia sekä pienempiä kevyempiä sovelluksia. Tällöin yhtenäisen turvallisuustason vaatiminen ei ole ollut perusteltua, minkä takia on päädytty robottien luokitteluun kahteen ryhmään: luokan I ”kevyempiin pienemmän riskin” robotteihin ja luokan II ”raskaampiin suuremman riskin” robotteihin.

Luokkaan I kuuluvat robotit on suunniteltu niin, että ne ovat jo fyysisiltä ominaisuuksiltaan ”vähemmän” vaarallisia, jolloin ne on helpompi ottaa käyttöön ilman raskaita toiminnalli-

sen turvallisuuden turvatoimia. Vastaavasti luokkaan II kuuluville taas määrätään tiukemmat turvallisuus- ja toiminnallisen turvallisuuden vaatimukset. Uudella luokittelulla pyritään myös varmistamaan, että ISO 10218-1 ja ISO 10218-2 standardit tukevat toisiaan: ensin luokitellaan robotti mekaanisen suorituskyvyn perusteella robottia suunniteltaessa ja sitten arvioidaan sovelluskohtainen riski robottia integroitaessa robottijärjestelmään.

Luokituksen tarkoituksena ei siis ole riskinarvioinnin ja/tai yhteistyösoveltuvuuden määrittäminen, vaan se toimii ensisijaisesti teknisenä perusteena robotin toiminnallisen turvallisuuden vaatimuksille. Luokkajaottelun perusteella luokan I robottien tulee olla suoritustasoltaan vähintään *PL b* ellei robottisolun riskinarviointi edellytä korkeampaa suoritustasoa. Luokan II robottien tulee olla suoristustasoltaan aina vähintään *PL d* ellei robottisovellus vaadi korkeampaa suoritustasoa.

Luokan I roboteille on annettu myös muilta osin vapauksia turvallisuusvaatimuksista verrattuna luokan II robotteihin. Esimerkiksi luokan I robotit on suunniteltava siten, että ennakoitavissa olevat tehtävät (esim. huolto, vianetsintä ja muut tehtävät) voidaan suorittaa turvallisesti ilman kolmiasentoista sallintalaitetta. Mutta jos luokan I robotti ei pysty suorittamaan ennakoitavissa olevia tehtäviä edellä vaaditusti, kolmiasentoista sallintalaitetta on käytettävä. Luokan I robottien liikkeen rajoittaminen on myös valinnaista, mikä taas on luokan II roboteille pakollista.

Päivitetyn standardin mukaan robotti luokitellaan joko luokkaan I tai luokkaan II manipulaattorin maksimikyvykkyyden perusteella. Luokan määritys perustuu kolmeen suureeseen:

- Manipulaattorikohtaiseen massaan (*M*),
- Suurimpaan saavutettavissa olevaan nopeuteen, ja
- Manipulaattorikohtaiseen suurimpaan voimaan ($F_{MPM}$),

Suureista manipulaattorikohtainen massa *M* tarkoittaa robotin käsivarren ja siihen kiinnitetyn työkalun, työkappaleen jne. yhteismassaa ilman robotin kiinteän liikkumattoman jalustan massaa, ellei robotti liiku jalustallaan, esim. lineaariradalla, jolloin myös robotin jalustan ja lineaariradan kelkan massa tulee myös huomioida massan *M* määrittämiseksi. Suurin saavutettava nopeus tarkoittaa robotin maksiminopeutta ilman robotin tai muiden turvalaitteiden rajoituksia. Manipulaattorikohtainen suurin voima $F_{MPM}$ määritetään puolestaan ISO 10218-1 liitteen E mittausmenetelmän mukaisesti, jolloin määritetään robotin tuottamat suurimmat pystysuuntaiset (alaspäin) ja vaakasuuntaiset (sivuttaiset) puristusvoimat. Jos suurempia voimia voi syntyä muilla liikkeillä ja liikesuunnilla, kyseiset liikkeet on kuvattava ja niistä aiheutuvat voimat on esitettävä.

***Taulukko 2.*** *Robottien luokkajaottelu (mukaillen lähdettä ISO 10218-1).*

| ***Luokka*** | ***Manipulaattorikohtainen massa (M) [kg]*** | ***Manipulaattorikohtainen suurin voima ($F_{MPM}$) [N]*** | ***Suurin saavutettavissa oleva nopeus [mm/s]*** |
|---|---|---|---|
| ***I*** | *10 kg tai alle* | *50 N tai alle* | *250 mm/s tai alle* |
| ***II*** | *Yli 10 kg* | *Yli 50 N* | *Yli 250 mm/s* |

Taulukossa *2* määritetään, kuinka robotit jaotellaan eri luokkiin. Mikäli kaikki arvot alittavat luokan I rajat ($M \leq 10$ kg, nopeus ≤ 250 mm/s ja $F_{MPM} \leq 50$ N), robotti kuuluu luokkaan I; muutoin se luokitellaan luokkaan II.

# 5. KYBERTURVALLISUUDEN VAATIMUKSET

Päivitetyissä ISO 10218 standardeissa on tuotu ensimmäistä kertaa selkeä ja erillinen vaatimus kyberturvallisuuden arvioinnista. Tätä vaatimusta ei ole standardien vuoden 2011 versioissa, joissa kyberturvallisuuteen liittyviä näkökulmia ei ole käsitelty lainkaan, koska tuolloin ne eivät olleet vielä niin merkityksellisiä kuin nykypäivänä. Vuoden 2025 versiossa edellytetään, että robottivalmistajan sekä robotti-integraattorin on tehtävä kyberturvallisuusarviointi ja toteutettava asianmukaiset suojaustoimenpiteet, jos arvioinnissa havaitaan riskejä, jotka voivat vaikuttaa robotin tai sen ohjausjärjestelmän turvalliseen toimintaan. Kyberturvallisuuden huomiointi on eurooppalaisen koneasetuksen mukanaan tuoma vaatimus.

Kyberturvallisuustoimenpiteiden tavoitteena on estää luvaton pääsy robotin ohjausjärjestelmään, laitteistoon, ohjelmistoihin, sovelluksiin ja niiden konfiguraatiotietoihin. Standardi antaa esimerkkejä konkreettisista ratkaisuista luvattoman pääsyn estämiseksi, kuten

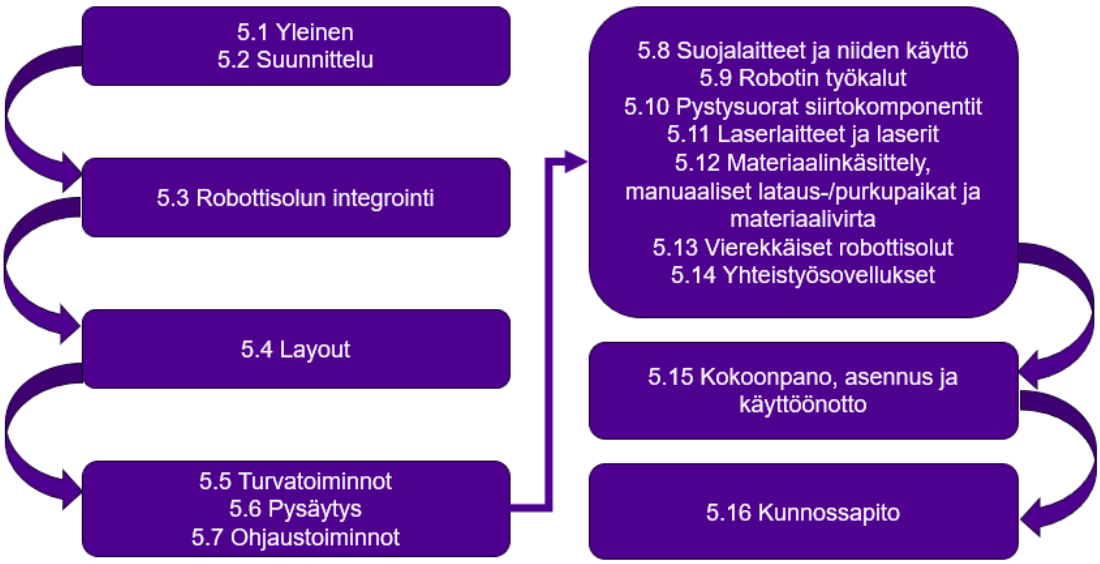
- Viestintäporttien sulkeminen tai porttinumeroiden muuttaminen
- Turvallisuuskonfiguraation todennettu suojaus
- Oletusasetusten (käyttäjänimet, salasanat, IP-osoitteet) muuttaminen sekä
- Salattujen ja todennettujen protokollien käyttö.

Lisäksi standardit viittaavat useisiin muihin kansainvälisiin ohjeistuksiin ja teknisiin spesifikaatioihin, jotka tukevat IT- ja kyberturvallisuuteen liittyvää riskien hallintaa (ISO/TR 22100-4:2018), toiminnallisen turvallisuuden näkökulmia (IEC TS 63074:2023) sekä järjestelmätason turvallisuusarvioinnin vaatimuksia (IEC 62443-3-2:2020).

Uusi kyberturvallisuusvaatimus osoittaa, että teollisuusrobotiikan turvallisuusstandardit reagoivat selvästi teollisuusrobotiikan toimintaympäristön muutoksiin, joissa digitaalinen uhkaympäristö ja siihen liittyvät riskit ovat kasvaneet merkittävästi verrattuna vuoden 2011 tilanteeseen. On myös hyvä huomioida, että uusi B-tyypin standardi ”*EN 50742 koneiden turvallisuus. Suojaus tietojen turmeltumista vastaan”* on tekeillä ja tulee lähivuosien aikana voimaan, mikä voi asettaa aikanaan lisävaatimuksia kyberturvallisuusuhkilta suojautumiselle myös teollisuusrobotiikassa.

# 6. MUITA PÄIVITTYNEITÄ SUUNNITTELUVAATIMUKSIA

ISO 10218 standardien päivittyminen on tuonut lisävaatimuksia ja tarkennuksia teollisuusrobottien ja teollisuusrobottisovellusten suunnittelulle, mistä suorana osoituksena on standardien pituuksien kaksinkertaistuminen. Robotit ja robottijärjestelmät tulee edelleen suunnitella ISO 12100 standardin periaatteiden mukaisesti, mutta siinä missä vanhoissa ISO 10218 standardeissa lisävaatimukset suunnittelulle on annettu osin suppeasti, on uudistetussa standardissa lisävaatimuksia annettu huomattavasti enemmän ja yksityiskohtaisemmin. Lisääntyneet suunnitteluvaatimukset heijastuvat puolestaan laajentuneisiin vaatimuksiin validoinnin ja dokumentoinnin osalta. Tässä selvityksessä ei ole tarkoituksena käydä lävitse kaikkia muutoksia ja tarkennuksia suunnitteluvaatimuksiin, vaan nostaa esille muutamia esimerkkejä tehdyistä muutoksista.




***Kuva 4.*** *ISO 10218-2: Luvun 5 suunnitteluvaatimukset on esitetty päivitetyssä standardissa selkeämmin ryhmiteltynä (mukaillen lähdettä ISO 10218-2).*

Vanhentuneissa standardeissa pääpainopisteenä on ollut robottien ja robottijärjestelmien ohjaus – luonnollisesti, koska teollisuusrobotti on lopulta vain uudelleenohjelmoitavissa oleva automaattinen käsivarsi halutun työtehtävän suorittamiseksi. Aiemmista standardin versioista poiketen uudistuneissa standardeissa on entistä enemmän annettu painoarvoa mekaniikkasuunnittelulle ja siihen liittyville turvallisuusvaatimuksille. Päivitetyssä standardissa painotetaan, että teollisuusrobottien ja niitä käyttävien robottisolujen suunnittelussa tulisi jatkossa kiinnittää entistä enemmän huomiota robotin elinkaaren eri

vaiheiden tuomiin vaatimuksiin, käytettäviin materiaaleihin (esimerkiksi kestäviä, särkymättömiä, korroosion kestäviä jne.) sekä järjestelmässä olevien terävien reunojen ja kulmien määrän rajoittamiseen. Myös robotin ja robottisolun komponenttien mekaaninen lujuus ja kestävyys tulee suunnitella riittäväksi huomioiden esimerkiksi robotin kohtuullisen staattisen ja dynaamisen ylikuormituksen. Uudistuneessa standardissa on lisäviittauksia standardeihin, joita tulee noudattaa roboteissa käytettäville sähkö-, pneumatiikka- ja hydrauliikkakomponenteille.

Aiemmissa standardien versioissa robotilta ja robottijärjestelmältä vaadittiin ainoastaan suojauspysäytystä (engl. protective stop) ja hätäpysäytystä (engl. emergency stop). Uudessa standardissa näiden kahden rinnalle on lisätty vaatimus normaalille pysäytykselle (engl. normal stop). Taulukko 3 esittää vertailun eri luokan pysäytyksille.

***Taulukko 3.*** *Pysäytystoimintojen vertailu (muokattu taulukosta F.1 ISO 10218-2:2025)*

| ***Parametri*** | ***Hätäpysäytys*** | ***Suojapysäytys*** | | ***Normaalipysäytys*** |
|---|---|---|---|---|
| | | ***Suojalaitteen laukaiseva pysäytys*** | ***Riskin pienentäminen rajoittavilla turvatoiminnoilla*** | |
| ***Tarkoitus*** | *Hätätilanne* | *Suojaus* | *Toimintojen rajoittaminen riskien pienentämiseksi* | *Pysäyttäminen, pois päältä* |
| ***Vaikutus*** | *Koneen toimintojen turvallinen pysäyttäminen ja energian poisto* | *Suojattujen vaarojen turvallinen hallinta* | *Koneen suorituskyvyn turvallinen rajoittaminen, mikä yleensä pienentää vamman vakavuutta ja/tai lisää välttämisen todennäköisyyttä* | *Koneen turvallinen pysäyttäminen täydellisesti, mukaan lukien kaikki koneen toiminnot, ja sen jälkeen energiansyötön katkaisu* |
| ***Käynnistyselimen sijainti*** | *Käyttäjällä on nopea ja esteetön pääsy* | *Sijainti määritetään vähimmäisetäisyyksien kaavojen (ISO 13855) tai SSM-vähimmäiserotusetäisyyden mukaisesti* | *Ohjausjärjestelmän sisäinen* | *Jokaisella ohjauspaikalla* |
| ***Käynnistys*** | *Hätäpysäytyslaitteen manuaalinen aktivointi* | *Manuaalinen, automaattinen tai turvallisuuteen liittyvien I/O-signaalien tai turvallisuustoimintojen käynnistämä* | *Automaattinen turvallisuuteen liittyvien I/O-signaalien tai turvallisuustoimintojen käynnistämä* | *Normaalipysäytyslaitteen manuaalinen aktivointi* |
| ***Pysäytysluokka*** | *0 tai 1* | *0, 1 tai 2* | *0, 1 tai 2 (vaihtelee)* | *0 tai 1* |
| ***Kuittaus*** | *Manuaalisesti vapautettava* | *Manuaalinen tai automaattinen Vaihtelee laukaisevan turvatoiminnon mukaisesti* | | *Ei sovellettavissa* |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ***Uudelleen-käynnistys*** | *Erillinen manuaalinen käynnistys* | *Varmista, ettei vaara-alueella ole havaitsematonta läsnäoloa; muutoin tarvitaan lisätarkoituksellisia toimenpiteitä* | *Vaihtelee turvatoiminnon mukaisesti* | *Ei sovellettavissa* |
| ***Käyttötiheys*** | *Harvoin* | *Vaihteleva; jatkuvasta (esim. robotin sisäiset turvatoiminnot, sovelluksen komponenttien turvatoiminnot) harvoin tapahtuvaan* | | *Usein* |
| ***Estää odottamattoman käynnistymisen*** | *Kyllä* | *Kyllä* | *Kyllä* | *Ei* |

Uudistuneessa ISO 10218 standardin toisessa osassa painopisteenä on entistä vahvemmin itse robottisovellus ja sen turvallistaminen siten, ettei operaattorille aiheudu vaaraa robottisovelluksen käytöstä. Tätä tarkoitusta silmällä pitäen varsinaisten määräävien suunnitteluvaatimusten ohella standardiin on lisätty useampia informatiivisia liitteitä näiden vaatimusten toteuttamiseksi. Esimerkiksi liitteessä I on käsitelty erillään robotin työkaluja (engl. end-effector), pääsääntöisesti erilaisia tarttujia, ja niiden ominaispiirteitä riskin hallinnan kannalta. Esimerkiksi alipainetarttujille suositellaan redundantteja tai monikanavaisia tyhjiöjärjestelmiä, joissa jokainen kanava pystyy yksinään kannattelemaan työkappaletta estääkseen työkappaleen putoamisen tehon menetyksen seurauksena. Vastaavasti hitsausjärjestelmille suositellaan, että hitsauslankaa voidaan vain syöttää vain valitussa hitsauspolttimen asennossa, jotta vältetään tarpeeton ja vaarallinen hitsauslangan syöttö operaattorin silmään.

Standardin toisen osan Liite J korostaa, että manuaaliset lataus- ja purkuasemat tuovat käyttäjän lähelle robottisovelluksen vaaroja, minkä vuoksi niiden suunnittelu on perustuttava huolelliseen riskinarviointiin ja monitasoiseen suojaamiseen. Tavoitteena on estää tahaton ja tahallinen pääsy vaaravyöhykkeille, estää robotin käynnistyminen käyttäjän ollessa suojatussa tilassa sekä varmistaa turvallinen toiminta myös silloin, kun käyttäjä työskentelee aseman läheisyydessä. Tämä saavutetaan yhdistämällä rakenteelliset esteet, suojaetäisyydet, lukitut suojukset ja kosketuksettomat turvalaitteet (esim. valoverhot ja laserskannerit), tarvittaessa dynaamisella rajoittamisella ja läsnäolon valvonnalla. Erityistä huomiota kiinnitetään ergonomiaan, kiipeämisen ja ryömimisen estämiseen sekä siihen, että mahdollinen tunkeutuminen havaitaan luotettavasti ja johtaa turvalliseen pysäytykseen. Liitteessä J annetaan lukuisia käytännönesimerkkejä, kuinka manuaalisten lataus- ja purkuasemien turvallisuus voidaan toteuttaa. Standardissa on myös

edelleen Liite K, jossa esitellään keinoja materiaaliensiirtojärjestelmien syöttö- ja poistumispisteiden materiaalivirtojen turvallistamiseksi, ettei operaattori pääse näitä pitkin sisälle robottisoluun (aiemmassa standardin versiossa Liite C).

# 7. YHTEENVETO

ISO 10218 standardisarja määrittää teollisuusrobottien ja robottisovellusten turvallisuusvaatimukset teollisessa ympäristössä. Standardien päivitys vuodelta 2025 korvaa aiemman vuoden 2011 version ja tuo mukanaan merkittäviä muutoksia, jotka heijastavat teollisuusrobotiikan teknologista kehitystä, sovellusten monipuolistumista sekä muuttunutta turvallisuusympäristöä. Tässä selvityksessä esiteltiin osa standardien (ISO 10218-1 ja ISO 10128-2) merkittävimmistä muutoksista.

Keskeisin muutos päivitetyissä standardeissa on painopisteen siirtyminen robottijärjestelmän teknisestä turvallistamisesta robottisovelluksen kokonaisvaltaiseen turvallistamiseen. Turvallisuutta tarkastellaan entistä vahvemmin sovellus- ja prosessikohtaisesti huomioiden robottisovelluksen koko elinkaari aina asennuksesta käytöstä poistoon. Riskien arviointi perustuu edelleen ISO 12100 -standardiin, mutta ISO 10218-2 korostaa teollisuusrobottisovelluksille ominaisia erityispiirteitä ja tarjoaa laajennetut liitteet (A ja B) vaarojen tunnistamisen tueksi. Riskinarvioinnin toteuttaminen edellyttää tiivistä yhteistyötä robotti-integraattorin ja loppukäyttäjän välillä.

Yhteistoiminnallisten robottisovellusten osalta terminologia ja lähestymistapa ovat muuttuneet merkittävästi. Termi ”yhteistyörobotti” on poistettu, ja turvallisuuden katsotaan perustuvan ensisijaisesti sovellukseen eikä yksittäiseen robottiin. Erillinen ISO/TS 15066 -tekninen spesifikaatio on sisällytetty osaksi ISO 10218 -standardisarjaa, mikä yhdenmukaistaa vaatimukset ihmisen ja robotin yhteistyölle. Yhteistyö toteutetaan käsin ohjaamisen, nopeuden ja etäisyyden valvonnan sekä tehon ja voiman rajoittamisen avulla, ja valvottu pysäytys on määritelty näitä tukevaksi turvatoiminnoksi.

Toiminnallisen turvallisuuden merkitys on kasvanut huomattavasti. Standardit sisältävät nyt kattavat vaatimukset turvatoiminnoille sekä niiden vaadituille suoritustasoille ($PL_r$). Uutena elementtinä robotit luokitellaan luokkaan I ja II mekaanisen suorituskyvyn perusteella, mikä mahdollistaa sovelluskohtaisesti perustellut poikkeamat aiemmasta yhtenäisestä *PL d* -vaatimuksesta. Tämä parantaa vaatimusten suhteuttamista todellisiin riskeihin erityisesti kevyemmissä robottisovelluksissa.

Vuoden 2025 päivityksessä kyberturvallisuus on nostettu ensimmäistä kertaa eksplisiittiseksi vaatimukseksi. Robottivalmistajien ja -integraattorien on arvioitava kyberturvallisuusriskit ja toteutettava suojaustoimenpiteet, mikäli digitaaliset uhat voivat vaikuttaa turvatoimintoihin. Tämä kuvastaa teollisuusrobotiikan kasvavaa verkottuneisuutta ja digitaalista haavoittuvuutta.

Lisäksi standardeihin on lisätty laajasti uusia ja täsmennettyjä suunnitteluvaatimuksia, jotka koskevat muun muassa mekaniikkasuunnittelua, pysäytystoimintoja, robotin työkaluja sekä manuaalisia lataus- ja purkuasemia. Informatiiviset liitteet tukevat käytännön toteutusta ja ohjaavat turvallisuuden huomioimista yksityiskohtaisemmin kuin standardin aiemmassa versiossa.

Kokonaisuutena SFS-EN ISO 10218-1&2:2025 -standardisarja edustaa merkittävää askelta kohti sovelluslähtöisempää, riskiperusteisempaa ja kokonaisvaltaisempaa teollisuusrobottien turvallisuusajattelua. Muutokset vaikuttavat suoraan robottivalmistajien, integraattorien ja loppukäyttäjien käytännön toimintaan sekä turvallisuusratkaisujen suunnitteluun valmistavassa teollisuudessa. Tämän selvityksen luettua lukijaa ohjeistetaan tilaamaan standardit ja perehtymään yksityiskohtaisemmin tehtyihin muutoksiin. Kuten sanottua, standardien pituudet kaksinkertaistuivat ja tämän selvityksen tarkoituksena ei ollut avata yksityiskohtaisesti tehtyjä muutoksia, vaan ohjata lukijan huomio muutamiin merkityksellisiin muutoksiin.