

RISICOANALYSE VAN EEN COBOTCEL

Een verplicht onderdeel van je RI&E

Hoe bepaal je of
een cobottoepassing
als geheel veilig is voor
werknemers om mee
te werken?
Wij helpen je.



WWW.OLMIA-ROBOTICS.NL

INHOUDSOPGAVE

Inleiding.....	3
Scope	5
1 WAT IS EEN STANDAARD OF NORM?.....	6
1.1 ISO-standaarden collaboratieve robots	6
1.2 NEderlandse Norm	7
1.3 Technische Specificatie	8
1.4 Hoe werkt het?.....	9
2 DE RISICOANALYSE	11
2.1 Wat is een risicoanalyse	11
2.2 Waarom zou je een risicoanalyse uitvoeren?	12
2.3 Het risicoanalyseproces	13
2.3.1 Bepaal het bereik.....	13
2.3.2 Identificeer risico's	13
2.3.3 Schat het risico in.....	14
2.3.4 Evalueer de parameters.....	15
2.3.5 Evalueer het risico.....	16
2.3.6 Is het risico acceptabel?	16
2.3.7 Risicovermindingsproces	17
2.4 Wat is een risicoanalyse voor collaboratieve toepassingen?.....	18
2.4.1 Safety Monitored Stop	18
2.4.2 Handgeleiding	19
2.4.3 Snelheids- en scheidingsbewaking.....	20
2.4.4 Energie- en krachtbeperking	21
2.5 Enkele aanvullende termen mbt cobot risicoanalyses.....	21
2.5.1 Afstand voor een volledige stop	22
2.5.2 Snelheidsvoorwaarden.....	22
2.5.3 Kracht.....	22
2.5.4 Druk	23
2.5.5 Kortstondige en semi-statische krachten	23
2.6 Wie moet een risicoanalyse uitvoeren?	25
3 CERTIFICERING VAN DE FABRIKANT.....	25
3.1 Prestatie-eisen.....	26
3.2 Structurele categorieën	28
Conclusie.....	30
Bronnen	30
Over Olmia Robotics.....	31

INLEIDING

In Nederland houdt het Ministerie van SZW toezicht op de Arbowet. In april 2018 publiceerde het de Staat van arbeidsveiligheid. Hierin staat dat er 4225 ongevalsmeldingen zijn geweest in 2017. In 2016 vielen er 83 slachtoffers per 100.000 banen in de industrie. De Arbowet schrijft voor dat elk bedrijf met werknemers een Risico Inventarisatie en - Evaluatie (RI&E) moet uitvoeren om risico's op het werk te verminderen. Het is de bedoeling dat je als organisatie je RI&E updatet, wanneer er zich een wijziging voordoet. Automatiseer je met robots, dan word je dus geacht je RI&E te updaten. Het ministerie biedt je mogelijkheden om een RI&E zelf uit te voeren en, afhankelijk van een aantal factoren, hoef je dit niet te laten toetsen. Elke branche kent zijn eigen RI&E instrumenten. Aan het eind van dit ebook vind je een aantal linken die verwijzen naar websites die je verder kunnen helpen hiermee. **Wil je direct meer informatie, neem contact met ons op via info@olmia-robotics.nl.**

Met de komst van cobots is het denken over robots op de werkvloer veranderd. Werknemers delen nu de werkvloer met deze cobots en dit wijzigt hoe we werken en wijzigt het idee van veilig werken met robots. Er wordt veel gesproken over cobots, dat je er veilig mee en naast kunt werken, maar hoe veilig is dat dan en waar liggen er wel risico's?

Cobots zijn ontworpen om veilig, zonder veiligheidsbescherming als hekwerken, met mensen te werken. Dit in tegenstelling tot industriële robots, die ontworpen zijn om zware taken uit te voeren of heel snel te bewegen. Bij dit soort robots is het geen goed idee om in het pad te staan van zo'n gigantisch stuk metaal dat, ongeacht zijn omgeving, zijn taak uitvoert.

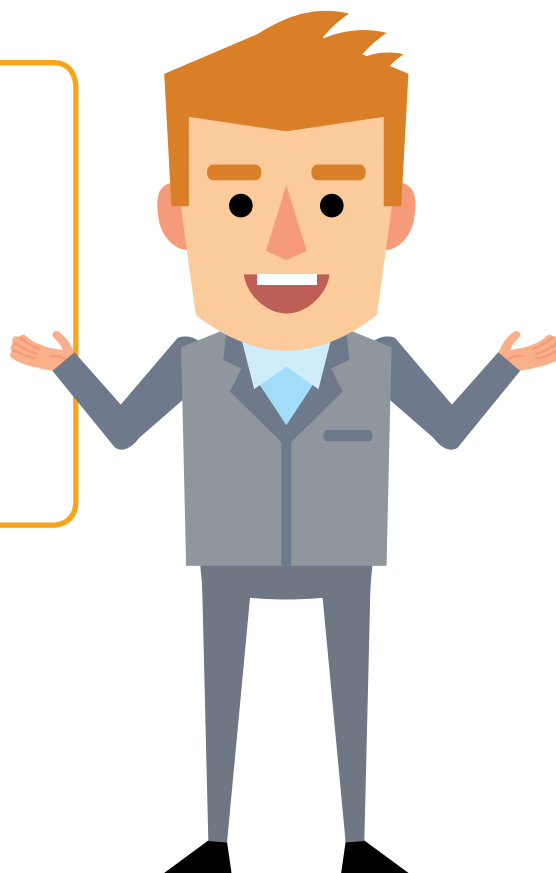
Met al deze nieuwe robots, die toebehoren als collaboratieve grippers en de verschillende normen met betrekking tot robotica, is het thema veiligheid soms een vergeten kindje geworden. Met dit ebook proberen we dit onder de aandacht te brengen, omdat het zeker van belang is. Dat doen we door je

kennis te laten maken met het (laten) uitvoeren van een risicoanalyse op jouw cobotcel. We proberen daarmee te komen tot een bepaald, zeer laag risico dat aanvaardbaar wordt geacht als een cobot zich in dezelfde omgeving bevindt als een werknemer. Dit niveau wordt bepaald door verschillende parameters met betrekking tot de ernst en de waarschijnlijkheid van het optreden van letsel. Het cobotsysteem en zijn omgeving moeten voldoen aan bepaalde niveaus van veiligheid, voordat het veilig genoeg kan worden geacht om het label collaboratief te krijgen.

Merk op uit het voorgaande dat wanneer je gaat werken met een robot die het label collaboratief heeft, de toepassing waarbij je de cobot inzet niet per se collaboratief is. Vandaar de titel van dit ebook: Risicoanalyse van een cobotcel; het gaat om de toepassing en dus ook de omgeving rondom de cobot.

DUS, HOE BEPAAL JE OF DE TOEPASSING ALS GEHEEL VEILIG IS VOOR WERKNEMERS OM MEE TE WERKEN?

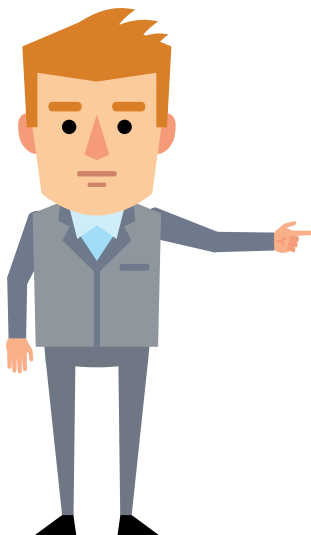
Dat doe je door een risicobeoordeling of risicoanalyse uit te (laten) voeren.



SCOPE

Het doel van dit ebook is om je te helpen het principe te begrijpen en het jargon te leren kennen. Daarnaast bieden we je gereedschappen om een risicoanalyse voor cobots te maken. Voor de duidelijkheid: met cobots bedoelen we de kracht- en snelheid gelimiteerde robot (zie 2.4.4). Aangezien dit soort robots steeds populairder wordt en als veilig wordt verkocht, is het belangrijk om de toch aanzienlijke veiligheidsrisico's te onderkennen. Met dit ebook willen we je de hulpmiddelen geven om de kennis te vergaren, waarmee je met een zeker gevoel cobots op jouw werkvloer kunt introduceren.

Met de introductie van ISO / TS 15066 zijn er heel veel gegevens, berekeningen en methodologieën ontwikkeld om ervoor te zorgen dat jouw collaboratieve robottoepassing veilig is voor gebruik naast en met mensen. De technische specificatie heeft echter geen effect op de certificering van de cobot en de toepassing ervan. Dit is de reden waarom cobotfabrikanten nog steeds derde partijen gebruiken om hun cobots te accrediteren. Dit betekent dat volgens een bepaalde, externe veiligheidsinstantie de cobot onder bepaalde voorwaarden als veilig is gecertificeerd. Dit betekent NIET dat de applicatie automatisch veilig is. De toepassing in zijn geheel vereist dus een risicoanalyse. Daarom moet je, als je een cobot implementeert, kennis opbouwen op het gebied van veiligheid, zodat je ervaringen uit het verleden kunt gebruiken voor nieuwe risicoanalyses bij nieuwe situaties.



Ten slotte: een cobot is gemaakt om flexibel te zijn. Grote kans dus dat jouw cobot andere taken gaat uitvoeren of op een andere plek op de werkvloer wordt ingezet. Daarmee veranderen de applicaties of omstandigheden en dus de veiligheidseisen rond de cobot. Vergeet daarom niet dat een periodieke herziening van je risicoanalyse een noodzaak is.



1 WAT IS EEN STANDAARD OF NORM?

1.1 ISO-standaarden collaboratieve robots

Standaarden of normen zijn richtlijnen die worden bepaald door niet-gouvernementele organisaties in Nederland of internationale organisaties. Vergeet niet dat, als je internationaal handelt, je gehouden bent aan de standaarden die daar gelden. De bekendste organisatie die standaarden ontwikkeld en beheert, is de International Organization for Standardization (ISO). De ISO is samengesteld uit vertegenwoordigers van verschillende nationale normalisatie-instellingen.

Deze organisatie beheert een enorme hoeveelheid standaarden of normen die bijna alles behandelen, van geneesmiddelen tot robotveiligheid. Ze bieden richtlijnen voor het ontwerp, gebruik of de prestaties van materialen, producten, processen, services, systemen en personen. Even een algemene definitie van een standaard voordat we verder gaan:

Een standaard is een consistente systematische methode of procedure waarvan een groep mensen met elkaar heeft afgesproken dat ze hem zullen gebruiken. De afspraken worden vastgelegd in een document, waarin de specificaties staan beschreven.

Veiligheidsstandaarden zijn ontwikkeld om voorschriften te bieden die noodzakelijk of geschikt worden geacht om ongevallen en verwondingen te voorkomen. Daarnaast zijn ze bedoeld om bescherming te bieden tegen blootstelling aan ongezonde milieu- of beroepsfactoren. Verder zijn ze ontwikkeld om zo min mogelijk in te grijpen op de operationele gang van zaken of serviceniveaus te beperken.

Standaarden zorgen voor consistentie van essentiële functies voor goederen en diensten, zoals kwaliteit, ecologie, veiligheid, economie, betrouwbaarheid, compatibiliteit, interoperabiliteit, efficiëntie en effectiviteit. Dus dit is eigen-

lijk een gids die moet worden gevolgd om dingen te produceren binnen de veiligheidsrichtlijnen voor een bepaald product of productieproces. Een standaard is officieel niet juridisch bindend, maar wordt vaak wel zo gevolgd. Hoewel het geen wetten zijn, worden ze gebruikt om wetten aan te vullen en daardoor worden standaarden vaak opgenomen in wetten. Dus als een regerende organisatie een wet uitvaardigt, zal deze waarschijnlijk verwijzen naar een NEN of andere standaard, in plaats van een geheel nieuwe standaard opnieuw uit te vinden. Dit kan dan verschillende bestaande wetten verenigen en de complexiteit van de wet verminderen, omdat dit verwijst naar normen die al worden gevolgd.

1.2 NEDerlandse Norm / CE



In Nederland hebben we te maken met de NEN: de NEDerlandse Norm. De NEN ontwikkelt alle nationale normen en beheert ook alle internationale normen, zoals Europese Norm (EN) en de internationale ISO en IEC normen.

Verder kennen we nog de CE: Conformité Européenne. Deze passen richtlijnen toe voor de hele Europese Unie. De organisatie schrijft geen normen, maar biedt wettelijke richtlijnen voor producten die in EU-landen worden vervaardigd of geïmporteerd. CE-accreditatie wordt uitgevoerd door fabrikanten zelf.

De EN normen moet Nederland verplicht overnemen en hebben de codering NEN-EN. Wanneer Nederland (of Europa) een ISO norm accepteert krijgt het de codering NEN-EN-ISO.

Voor robots hebben we te maken met de normen voor de machineveiligheid zoals NEN-EN-ISO 12100 of NEN-EN-ISO 10218. Deze zijn ontwikkeld vooral met aandacht voor traditionele industriële robots. Daarom is er in 2016 een TS uitgebracht, specifiek voor cobots. Voor cobots is dit de ISO/TS 15066 specificatie. Deze is uitgebracht door de ISO/TC 299 technische commissie. Nederland is in deze commissie vertegenwoordigd via het NC 380299 'Robotics' inspraakplatform.

1.3 Technische Specificatie

Een TS (Technical Specification) wordt opgesteld voor voorlopige toepassing. De technische stand van zaken of de consensus is nog onvoldoende om een norm uit te brengen. Ook kan de Technical Specification worden gebruikt voor snelle tussentijdse publicatie van de resultaten van een normontwikkelingstraject.

Er is nu een TS voor cobots en nog geen ISO, omdat meer applicatiekennis en -gegevens moeten worden geanalyseerd voordat het als standaard wordt geaccrediteerd. Ofwel, het is nog steeds een werk in uitvoering. Belangrijke gegevens, zoals aanvaardbare pijnniveaus en lichaamsdeel inertie, moeten worden overwogen bij het ontwikkelen van toekomstige normen die krachts-, energie- en snelheidslimieten voor collaboratieve robots vaststellen.

ISO / TS 15066 VERDUIDELIJKT VIER VERSCHILLENDE TYPEN VAN SAMENWERKING:

- Veiligheidsstop
- Handgeleiding
- Snelheid & scheidingsbewaking
- Energie & kracht begrenzing

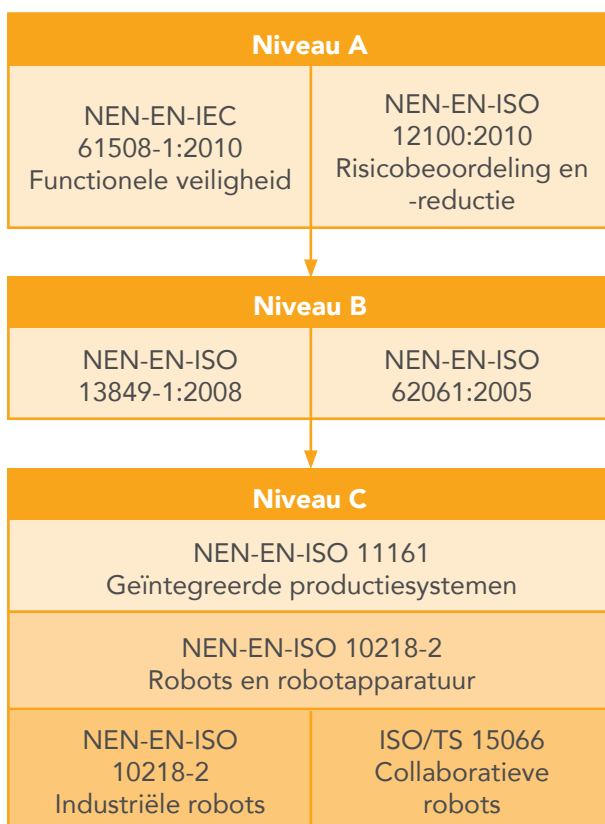


Omdat deze verschillende vormen van samenwerking al aanwezig waren in ISO 10218, verduidelijkt de nieuwe technische specificatie met name de maximale snelheid en maximale druk- en krachtwaarden, die voor een veilige mens-robotsamenwerking kunnen worden aangehouden.

1.4 Hoe werkt het?

ISO-normen beginnen met een Top Niveau-standaard. Naarmate je verder gaat met het standaardniveau, kom je op een meer specifieke veiligheidsnorm terecht die van toepassing is (in dit geval) op robots of robotapparaten.

SAMENHANG NORMERINGEN



A-Niveau-normen zijn de hoogste standaard. Ze zijn van toepassing op fundamentele veiligheidskennis, elementaire ontwerpkenmerken en algemene machineaspecten.

B-Niveau-normen zijn specifiek voor bepaalde apparaten die op verschillende soorten machines kunnen worden gevonden. Het is nog steeds een algemene norm, maar het gaat over specifieke veiligheidsvoorzieningen.

C-Niveau-normen zijn specifieke veiligheidseisen voor een specifiek soort machine, bijvoorbeeld een robot. Naarmate je het schema naar

beneden volgt, worden de richtlijnen steeds meer verfijnd voor producten of processen.

NEN-EN-ISO 12100 - Veiligheid van machines bepaalt bijvoorbeeld verschillende basisconcepten, zoals risicobeoordelingen en risicoreductie voor alle typen machines. NEN-EN-ISO 10218 - Robots en robot apparatuur is specifiek geschreven in termen van robotica en gebruikt robotachtige voorbeelden voor het beschrijven van veiligheidseisen voor industriële robots.

Beide standaarden bieden vrijwel dezelfde functie, d.w.z. machineveiligheid. Maar aangezien NEN-EN-ISO 10218 specifiek is voor robots, is dit een meer directe manier van communiceren. NEN-EN-ISO 13482 is uitgegeven in 2014 en is specifiek voor persoonlijke servicerobots, die een nauwe menselijke robotinteractie en zelfs menselijk robotcontact mogelijk maakt. Dit is een totaal andere categorie robots dan die worden gebruikt in de maakindustrie, maar het is volledig mogelijk dat de verschillende categorieën elkaar (gaan) overlappen in functionaliteit en in de praktijk.

De herziene NEN-EN-ISO 10218 standaardonderdelen 1 en 2 en de ISO / TS 15066 technische specificatie definiëren de veiligheidseisen op het gebied van robots en specifiek, collaboratieve robots. Naast de robot zelf, omvat de collaboratieve robot in deze context:

- De eendeffector; (gereedschap dat is bevestigd aan de robotarm waarmee de robot taken uitvoert)
- De objecten die erdoor worden bewogen
- Zijn omgeving
- Al zijn potentiële interacties

Nauw of direct contact tussen de collaboratieve robot en de operator geeft per definitie de mogelijkheid van een botsing. De risicobeoordeling van de robotfabrikant moet daarom ook betrekking hebben op de beoogde industriële werkplaats. De basis voor deze risico beoordeling is NEN-EN-ISO 10218 delen 1 en 2, evenals de machinerichtlijn.

Gaat de cobot ook samenwerken met andere machines op de werkvloer, dan heb je te maken met de volgende norm: NEN-EN-ISO 11161: geïntegreerde productiesystemen (IMS).

Deze internationale norm legt veiligheidseisen vast voor geïntegreerde productiesystemen (IMS), die bestaan uit minimaal twee onderling verbonden machines voor specifieke toepassingen. Hij geeft eisen en aanbevelingen voor een veilig ontwerp, de beveiliging en de informatie voor het gebruik van een dergelijk IMS. Deze norm is niet bedoeld voor de veiligheidsaspecten

van de afzonderlijke machines en uitrusting. Die worden behandeld in normen die daar specifiek voor bedoeld zijn. Deze behandelt alleen die veiligheidsaspecten, die van belang zijn voor een veilige samenstelling van machines en componenten. Als machines van een geïntegreerd productiesysteem gescheiden of afzonderlijk worden bediend en de beschermende maatregelen voor de beveiliging voor geïntegreerde productie afwezig zijn, zijn de voor die machines en uitrusting relevante normen van toepassing.

2 DE RISICOANALYSE

2.1 Wat is een risicoanalyse?

Een risicoanalyse kan je definiëren als:

De identificatie, evaluatie en inschatting van de risiconiveaus (ernst) die een situatie met zich meebrengt, de vergelijking ervan met benchmarks of standaarden en de vaststelling van een aanvaardbaar risiconiveau.

In de robotwereld wordt een risicoanalyse gebruikt om potentiële risico's te evalueren - en deze vervolgens te verminderen om aanvaardbare niveaus te bereiken - van het potentiële risico van letsel bij werknemers tijdens de werking van een robotsysteem.

Om aan de NEN-EN-ISO-norm te voldoen, moeten alle machines een risico-beoordeling doorlopen om te controleren of het veilig is. Zoals geciteerd in voorgaande paragrafen, zijn sommige apparaten al goedgekeurd door hun fabrikanten of een derde partij en dit vereenvoudigt het risicobeoordelingsproces omdat je het veiligheidsniveau van bepaalde onderdelen, bijvoorbeeld de robotactuator, niet hoeft te verifiëren.

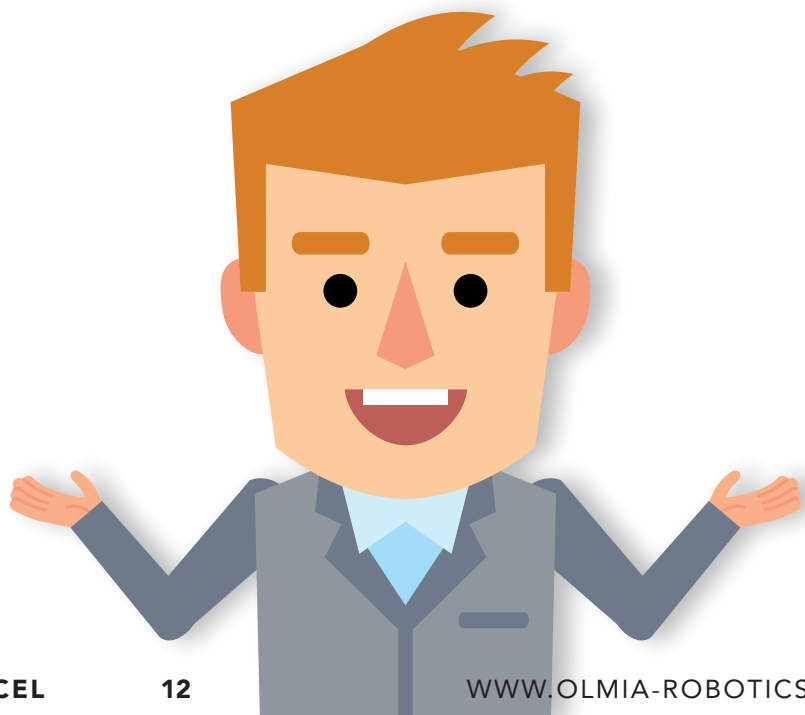
Maar, zelfs als de interne componenten en software van de robot zijn gecertificeerd, betekent dit nog niet dat deze veilig is ten opzichte van de omgeving en in jouw specifieke toepassing. Vooral in het geval van industriële toepassingen is het gebruik zo gevarieerd dat het onmogelijk is voor de fabrikant

van een deel van het systeem om een bepaald proces goed te keuren. Dit is waar de risicoanalyse om de hoek komt kijken.

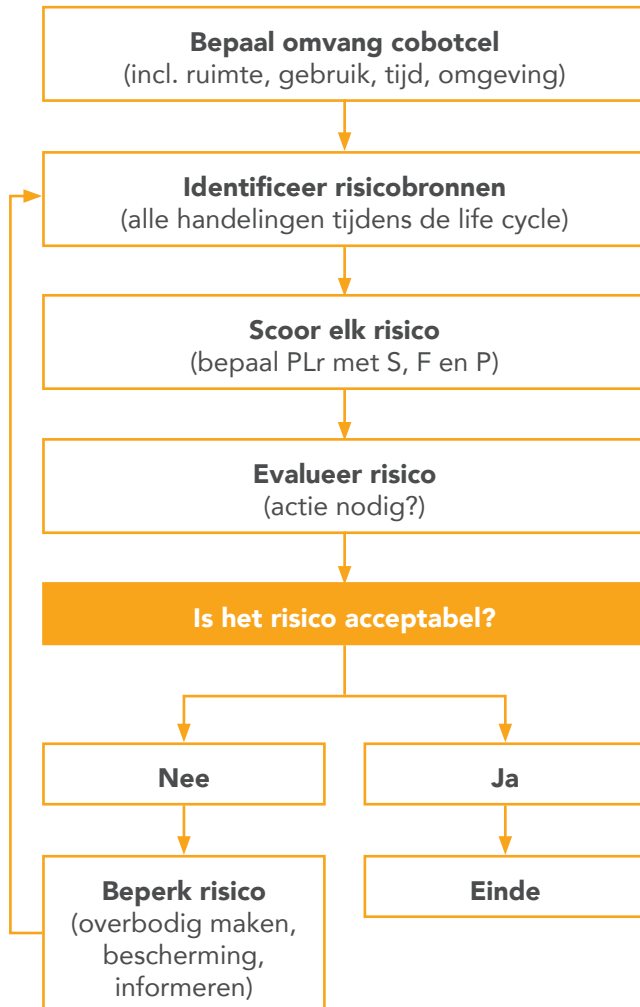
Een andere manier om hiernaar te kijken, is dat je elke industriële toepassing als geheel moet evalueren en niet elk apparaat afzonderlijk. Als je het voorbeeld neemt van een scherp onderdeel of een mes dat in de grijper zit van een gecertificeerde cobot, betekent dit niet dat de toepassing veilig is, zelfs als elk onderdeel van zichzelf veilig is.

2.2 Waarom zou je een risicoanalyse uitvoeren?

Heel simpel: het is jouw verantwoordelijkheid om te zorgen voor de veiligheid van je werknemers. De risicoanalyse is een hulpmiddel om die veiligheid te bereiken. Daarnaast moet je bij een inspectie kunnen aantonen dat je een RI&E hebt uitgevoerd (wettelijk verplicht sinds 1994) en een risicoanalyse van je cobotcel zal daar onderdeel van uit maken. Je moet dus voldoen aan de bovengenoemde normen bij het integreren en ontwerpen van jouw cobotcel, om de wetten te respecteren en de veiligheid van jouw werknemers te waarborgen. Als je de veiligheid van je cobotcel wilt verzekeren, moet je tests uitvoeren en de cel aanpassen aan alle punten die vereist zijn voor de normen die gelden. Je moet documenteren of de prestaties van je cel in overeenstemming zijn met deze norm.



BESLISBOOM RISICOANALYSEPROCES



2.3 Het risicoanalyseproces

Omdat de meeste apparaten die in robotcellen worden gebruikt al een bepaald prestatieniveau hebben, gaat de risicoanalyse meestal over de totale applicatie zelf. Voorgaande geldt, tenzij jij (of jouw integrator) onderdelen zelf hebben gemaakt. In het schema zie je een overzicht van het proces.

2.3.1 Bepaal het bereik

In dit deel van de risicoanalyse beschrijf je de context van het gebruik van het cobotsysteem. Waar wordt de cobot gebruikt? Welke tools worden gebruikt? Welke objecten zullen deel uitmaken van de handeling? Je moet ook gegevens vermelden zoals maximale cobotsnelheid en -versnelling, effectieve

massa (cobotlaadvermogen), deelgewicht, enz. Dit geeft je alle nodige informatie die je verder nodig hebt in je risicoanalyse.

2.3.2 Identificeer risico's

Vervolgens moet je alle handelingen identificeren die een gevaar met zich meebrengen. Deze handelingen omvatten niet alleen de werking van de cobot, maar alles vanaf het moment dat de cobot wordt afgeleverd tot het moment dat je hem buiten gebruik stelt.

Dit deel van de analyse lijkt misschien een beetje overdreven, maar het kan soms ook worden onderschat. Het is wel eens voorgekomen dat een werknemer is overleden tijdens de installatie van een industriële robot.

Dus je analyseert de verschillende bewegingen en acties van de cobot gedurende zijn hele levensduur en verdeelt eenvoudig elke handeling voor verdere analyse. Dit proces wordt taakgebaseerde risicoanalyse genoemd.

Let vooral ook op de gevaren die minder in het oog springen dan de overduidelijke risico's. Denk bijvoorbeeld aan statische elektriciteit of gevaren die kunnen ontstaan bij onderhoud of het oplossen van storingen van de cobotcel.

Kijk ook naar het type letsel: is er kans op beklemming door bewegende delen, kans op snijwonden door scherpe randen, kans dat iemand een duw krijgt van de robotarm, zijn eeffector of een buil krijgt door vallende delen?

2.3.3 Schat het risico in

Op basis van de waarnemingen die je tijdens de risico-identificatieanalyse hebt gedaan, moet je het risico van de bewegingen beoordelen. Er zijn verschillende methoden om een risico te beoordelen. De een is veel uitgebreider dan de ander, maar het principe is wel hetzelfde.

Het risico per handeling wordt geschat op basis van de beoordeling van het prestatieniveau aan de hand van de volgende 3 parameters:

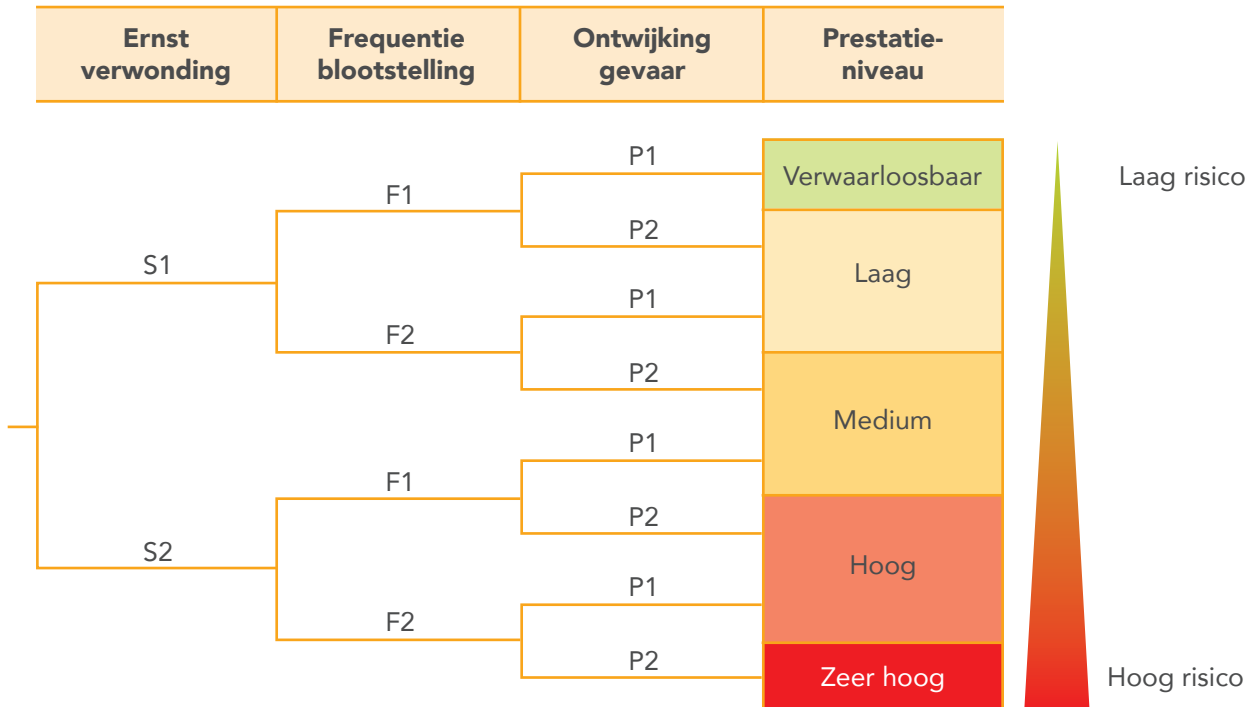
- Ernst van de verwonding (S)
- Frequentie van blootstelling aan een gevaar (F)
- De mogelijkheid om het gevaar te vermijden (P)

Om een risico in te schatten beoordeel je dus elke parameter apart en doorloop je een risico-inschattingboom om te zien wat het risiconiveau is.



Ga uit van het motto:
one bruise a day
is not acceptable

BEOORDELING RISICO



2.3.4 Evalueer de parameters

S: Ernst van verwonding

- S1: Licht (verwonding)
- S2: Ernstig (blijvend letsel of overlijden)

F: Frequentie en / of blootstelling aan gevaar

- F1: zelden tot minder vaak en / of de blootstelling is kort
- F2: Frequent tot continue en / of blootstelling is lang

P: Mogelijkheid om gevaar te vermijden of schade te beperken

- P1: Mogelijk onder specifieke omstandigheden
- P2: nauwelijks mogelijk tot niet mogelijk

Dit is niet de enige beslisboom, sommige hebben meer keuzes waarbij de parameters zich uitsplitsen in 3 of nog meer intensiteiten. Dat geeft een nauwkeuriger schatting van het risico. In elk geval is het doel om vast te stellen of het risico te hoog is voor de cobotcel.

2.3.5 Evalueer het risico

Welke acties zijn vereist om het risico te verminderen? Er bestaat een overeenkomst tussen het risiconiveau waar je op uitkomt en het algehele Performance Level (PL) dat verderop uitgelegd wordt in paragraaf 3.1 en 3.2.

Je moet, als je inschat dat jouw cobotcel of applicatie een **hoog** risico heeft, ervoor zorgen dat de veiligheidsmaatregelen die deze toepassing beveiligen een prestatieniveau hebben dat gelijk aan of groter dan d is.

In dit geval d of e. Dit zorgt ervoor dat het risico wordt bewaakt of beveiligd door een apparaat dat antwoord kan geven op het aanwezige risiconiveau.

EVALUATIE RISICO

PL*	Risiconiveau
Verwaarloosbaar	a
Laag	b
Medium	c
Hoog	d
Zeer hoog	e

*PL = Performance level (Prestatieniveau)

2.3.6 Is het risico acceptabel?

Het belang van deze stap is om de vraag te stellen: is dit risico acceptabel? In de meeste gevallen wil je dat het risico in de lage tot verwaarloosbare categorie valt om ervoor te zorgen dat je werknemers veilig zijn. Als het risico zich in deze categorie bevindt, ben je klaar. Als dat niet zo is, zal je verdere stappen moeten nemen. Dan wil je deze risico's verminderen of elimineren. Naarmate de risico's afnemen, moet je de risico-identificatie opnieuw uitvoeren en voltooi je het hele proces opnieuw, om ervoor te zorgen dat het net gereduceerde risico geen nieuw risico creëert.

Houd er dus rekening mee dat je na elke wijziging die je in de toepassing hebt aangebracht, de risicoanalyse op die handeling opnieuw moet uitvoeren.

2.3.7 Risicovermindingsproces

Op grond van een risicoanalyse kan je de volgende maatregelen nemen:

- **Preventie:** voorkomen dat iets gebeurt of het verminderen/ verkleinen van de kans dat het gebeurt.
- **Detectie:** detecteren van de (potentiële) schade wanneer een bedreiging optreedt.
- **Repressie:** beperken van de schade wanneer een risico optreedt.
- **Correctie:** instellen van maatregelen die worden geactiveerd zodra iets is gebeurd om het effect hiervan (deels) terug te draaien.
- **Acceptatie:** geen (additionele) maatregelen, je accepteert de kans en het mogelijke gevolg van een risico.

Hardwarematige oplossingen	Softwarematige oplossingen
Bewegende massa beperken	Force / torque krachten beperken
Contactoppervlakte vergroten	Snelheid beperken
Botsingsenergie verminderen / absorberen	Momentum beperken (massa/inertia)
Afgeronde hoeken maken / oppervlakten flexibel maken	Virtuele veilige limieten instellen
Plaatsen van vaste of lichtschermen	Virtuele safety-box instellen

Je moet ervoor zorgen dat de eliminatie, vermindering of vermijding van risico's niet in conflict komt met andere aspecten van de cobotcel of geen groter risico creëert voor de werknemers ergens anders in de toepassing. Dit proces is erg iteratief en moet je zorgvuldig uitvoeren. Elk potentieel risico en elke maatregel die je neemt om een risico te elimineren of verwijderen heroverweeg je en dus doorloop je de beslisboom diverse keren.

De eerste stap is om de cobotcel te ontwerpen om risico's uit te sluiten of zoveel mogelijk te verminderen. Als de eerste stap niet haalbaar is, wordt de tweede stap: noodzakelijke beveiligingsmaatregelen treffen voor risico's die

je niet kan uitsluiten (denk aan mechanische afschermingen of elektrotechnische veiligheidscomponenten). Als er technisch niets meer mogelijk is, blijft over: de gebruikers van de cobotcel informeren over de restricties, waarbij eventueel een bijzondere opleiding vereist is en/of dat er ook persoonlijke beschermingsmiddelen gebruikt moeten worden.

2.4 Wat is een risicoanalyse voor collaboratieve toepassingen?

ER ZIJN VIER SOORTEN SAMENWERKINGSVORMEN MET ROBOTS:

- Safety monitored stops
- Handgeleiding
- Snelheids- en scheidingsbewaking
- Kracht- en krachtbeperking



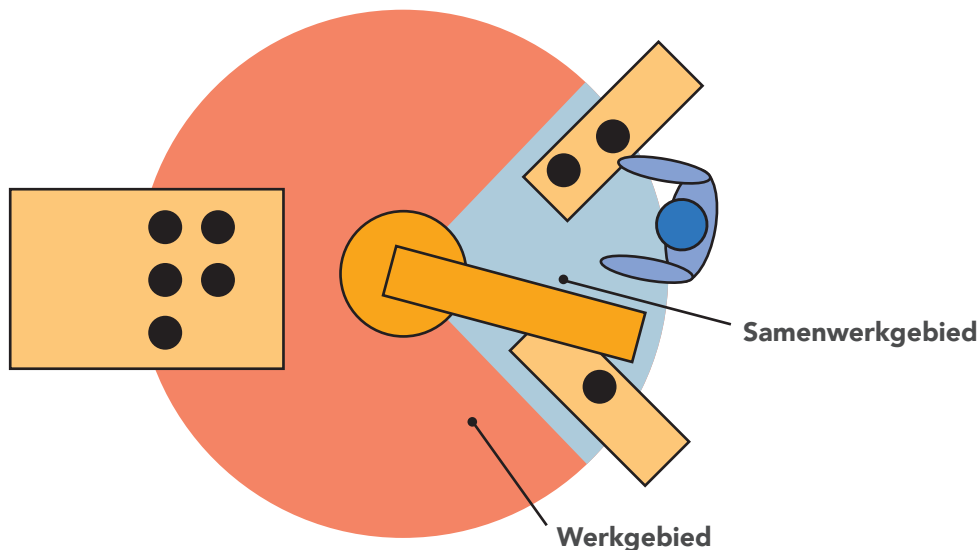
Voor de duidelijkheid: als de robot een collaboratieve robot is, betekent het niet dat de toepassing collaboratief is en vice versa. In feite kunnen voor veel toepassingen in collaboratieve toepassingen reguliere (industriële) robots worden gebruikt (alleen als ze voldoen aan Deel 1 van NEN-EN-ISO-10218-1: 2011) en andersom. Een toepassing waarbij een cobot wordt ingezet kan gevaarlijk zijn voor mensen door bijvoorbeeld een niet-collaboratief End of Arm Tool (EoAT), zoals een lasapparaat.

2.4.1 Safety Monitored Stop

Dit betekent dat de robot stopt wanneer de operator het samenwerkgebied inkomt. De robot wordt hierbij gemonitord door bijv. een laserscanner, veiligheidsschakelaar of een vision-systeem, dat de aanwezigheid van een mens detecteert. Het systeem stopt dan alle robotbewegingen om ervoor te zorgen dat de mens geen letsel kan oplopen. De robot is dan niet volledig

uitgeschakeld, alleen de robotmotoren zijn gestopt. Het veiligheidssysteem bewaakt nog steeds al hun posities. Om een ongeval te voorkomen, analyseert een processor of de robot is waar hij zou moeten zijn. Dit soort samenwerking kan worden gebruikt als de robot in de nabijheid van een werknemer moet zijn. Bijvoorbeeld, als een robot een zwaar object moet tillen en een werknemer een handeling moet uitvoeren aan dat object. Meestal wordt de robot gestopt, voordat de operator het samenwerkgebied betreedt.

VEILIGHEIDSSTOP



2.4.2 Handgeleiding

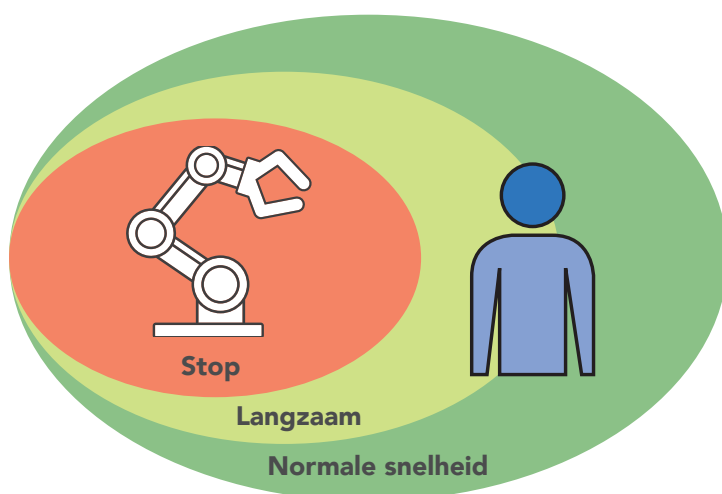
In dit geval zijn de bewegingen van de robot alleen mogelijk met behulp van de directe invoer van de operator. Dus je leert de robot letterlijk waar hij naartoe moet gaan door hem bij de hand te nemen. Alle robots die dit type samenwerking gebruiken, hebben een apparaat nodig waarmee het de kracht die op de robot wordt uitgeoefend kan detecteren. Dit zijn dan force-torque-sensoren die aan de robotarm of eideffector worden gemonteerd. Cobots hebben deze functionaliteit meestal standaard ingebouwd.

2.4.3 Snelheids- en scheidingsbewaking

Van dit type samenwerking spreken we wanneer verschillende veiligheidszones worden afgebakend in de werkruimte rondom de robot. Bepaalde zones bieden maximale snelheid voor de robot en sommige zones vereisen lagere snelheden vanwege de mogelijke nabijheid van de werknemer. Weer andere zones stoppen de robot helemaal, meestal omdat de werknemer zich dan heel dicht bij de robot bevindt. Het monitoren van de veiligheidszone gebeurt door verschillende monitoringsystemen, meestal met behulp van vision.

De veiligheidszone kan elke afmeting en vorm hebben. Je kan verschillende zones instellen en verschillende versnellings- en snelheidsinstellingen aan deze zones koppelen om ervoor te zorgen dat de werknemer onder geen enkele omstandigheid letsel kan oplopen door de robot. Dit gebeurt in gevallen waarin samenwerking tussen de mens en de robot niet constant is en waarbij de robot het grootste deel van de tijd alleen en op volle snelheid zal werken. Door het op deze manier te doen, kan je wel een snelwerkende robot hebben en ook samenwerking tussen de robot en werknemers. Bijvoorbeeld bij het beladen van machines, waarbij de werknemer de bakken vult, waaruit de robot de machine belaadt.

SNELHEIDSBEWAKING



2.4.4 Energie- en krachtbeperking

Nu komen we bij de echte cobots: door in het ontwerp al rekening te houden met het samenwerken met mensen, zijn er robots ontwikkeld die 'voelen' wanneer een bepaalde kracht op hun wordt uitgeoefend. In het geval van contact geeft de robot slechts beperkte statische en dynamische krachten. Ofwel, zodra het iets raakt, komen de actuatoren en remmen in werking om minder energie (inertie) in de richting van de impact te leveren. Sommige robots stoppen gewoon en anderen zullen reageren door in de tegenovergestelde richting van de impact te bewegen. Deze robots worden gebruikt voor een breed scala aan toepassingen. De meeste collaboratieve toepassingen, waarbij eerder industriële robots werden gebruikt, uitgevoerd met veiligheidssystemen, worden nu door cobots ingevuld. Cobots hebben deze normen standaard ingebouwd in hun hardware en/of software.

EEN BEKNOPT LIJST VAN ENERGIE EN KRACHT BEPERKTE ROBOTS OF COBOTS

- Hanwha HCR
- Kuka LBR IIWA
- Techman TM5
- Universal Robots
- Bosch APAS



2.5 Enkele aanvullende termen m.b.t. cobot risicoanalyses

De ISO / TS 15066 (TS) verhoogt de veiligheidsnormen van een collaboratieve robot of cobot door de vier verschillende aspecten van mens-robot-samenwerking te benadrukken. De afstand die de robot aflegt voordat de robot stopt (gebruikt in de snelheids- en scheidingsmodus) en de toelaatbare snelheid die zich rechtstreeks vertaalt in de kracht en druk die op een mens kan worden uitgeoefend, voordat een werknemer pijn en/of letsel voelt.

2.5.1 Afstand voor een volledige stop

Deze parameter wordt gebruikt voor het bepalen wat een veilige snelheid is en wat het stopmoment moet zijn wanneer een robot in samenwerkingsmodus is. De TS biedt een volledige berekening van de afstand (en tijd) waarbinnen een robot verplicht moet stoppen. Deze parameter moet worden ingesteld en goedgekeurd om de snelheid van de robot te beperken als deze naast mensen werkt. De berekening omvat de verschillende snelheden (robot en mens) en de afstand die hun scheidt, evenals een aantal andere parameters waarmee je de stoptijd, afstand en snelheid voor de toepassing kunt berekenen.

2.5.2 Snelheidsvoorwaarden

Dit deel van de TS wordt over het algemeen gebruikt voor safety monitored stops. Dit deel bevat een lijst met de verschillende omstandigheden waaronder je de robot kunt laten werken, met welke snelheden en wanneer deze moet stoppen. Dus in bepaalde omstandigheden kun je de robot op volle snelheid laten draaien en in andere opgesomde situaties moet de robot langzamer gaan of helemaal stoppen (hoewel hij nog steeds 'aan' blijft).

2.5.3 Kracht

Aangezien mens-robot samenwerking hoogstwaarschijnlijk menselijk robot-contact zal omvatten, is het belangrijk om gegevens te hebben over wat de limieten zijn die een robot kan bereiken zonder letsel te veroorzaken. De TS maakt gebruik van een onderzoek waarin de menselijke pijnniveaus worden geanalyseerd en de verschillende gegevens van deze studie worden gebruikt om aanvaardbare krachtdrempels vast te stellen die een mens kan verduren zonder blijvend letsel. Het diagram geeft alle lichaamsdelen weer, inclusief nauwkeurige krachtdrempels die niet overschreden mogen worden tijdens een collaboratieve toepassing. Deze gegevens zijn alleen waardevol bij het gebruik van motoren met energie- en krachtbeperking. Industriële robots, zelfs als ze worden gebruikt in een collaboratieve toepassing, mogen nooit in contact komen met mensen op hun normale loopsnelheid.

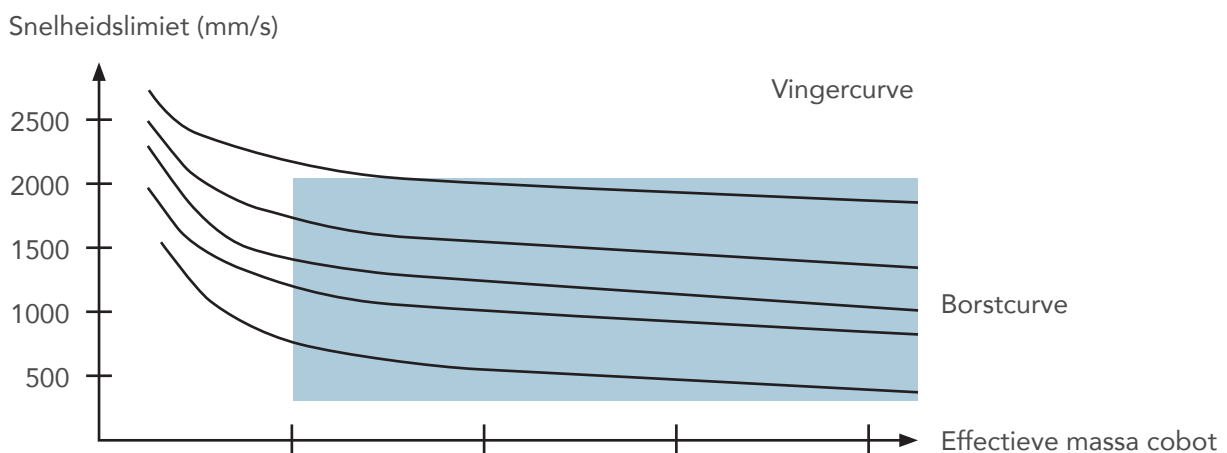
2.5.4 Druk

Met 'druk' bedoelen we de uitgeoefende kracht gedeeld door het oppervlak van het onderdeel dat de druk uitoefent. Omdat de robot bepaalde krachten op de werknemer kan uitoefenen (met name in kracht- en energiebeperkte toepassingen) kan het nodig zijn het drukgebied te vergroten om ervoor te zorgen dat de robot de acceptabele drukkiveaus niet overschrijdt. Dit betekent dat het oppervlak moet worden vergroot en misschien van zachte opvulling moet worden voorzien om te voorkomen dat er een te grote hoeveelheid druk wordt toegepast.

2.5.5 Kortstondige en semi-statische krachten

De TS somt de maximale krachten (dus druk) op die niet mogen worden overschreden bij het gebruik van robots. Er is echter een klein verschil tussen een statische en dynamische kracht. Een impact wordt berekend door de relatieve snelheid van elk object. Als je in dezelfde richting beweegt als de robot, zal de impact niet zo sterk zijn dan wanneer de robot recht naar je toe komt terwijl je stilstaat of zelfs ernaartoe beweegt. Hieronder vind je een korte definitie van elk type contact.

KORTSTONDIGE CONTACTCURVES



- **Quasi-statisch contact:**

Dit type impact omvat klem- of verbrijzelingssituaties, waarbij een deel van het lichaam wordt opgesloten tussen een bewegend deel van de robot en een vast of bewegend deel van de omgeving. In deze situatie zal de robot een kracht / druk uitoefenen op het ingesloten lichaam(sdeel) gedurende een langere tijd, totdat de robot is verwijderd. Dit type contact vereist een kleinere kracht om de pijngrens te bereiken.

- **Kortstondig contact:**

Dit type impact wordt 'dynamische impact' genoemd en omvat situaties waarbij de bewegende robot een menselijk lichaamsdeel raakt met de mogelijkheid voor de werknemer om zich terug te trekken of terug te springen, zonder klem komen te zitten. Dit type impact is van korte duur. Een kortstondig contact is afhankelijk van de traagheid van de robot, de traagheid van het lichaamsdeel en de relatieve snelheid daartussen.

BIOMECHANISCHE LIMieten

	Quasi-statisch contact		Kortstondig contact	
Lichaamsgebied	Maximaal toelaatbare druk (N/cm ²)	Maximaal toelaatbare kracht (N)	Maximaal toelaatbare drukvergroter	Maximaal toelaatbare krachtvergroter
29 Gebieden	Van 110 tot 300	Van 65 tot 220	Voor hoofd/nek geldt 0	Voor hoofd/nek geldt 0

2.6 Wie moet een risicoanalyse uitvoeren?

Die vraag kunnen we niet zo maar beantwoorden. Als eindgebruiker kan je zelf een risicoanalyse uitvoeren in je eigen fabriek. System integrators zijn echter gewend om deze evaluaties uit te voeren en zijn meestal sneller dan wanneer je het hele proces vanaf nul moet leren. Integrators hebben templates en weten precies wat ze moeten doen om een risico in de ontwerpfase te verminderen. Als je het zelf doet, kost het je meer tijd. De meest gewenste vorm is om het samen met je integrator te doen: jij hebt verstand van jouw productievloer en -mensen en de integrator van het systeem wat er komt te staan.

3 CERTIFICERING VAN DE FABRIKANT

Een risicoanalyse is verplicht voor de gehele cobotcel. In deze cel zal de cobot een belangrijke rol spelen, maar alle andere apparaten moeten ook betrokken worden bij de risicoanalyse. Dit is de reden waarom elke fabrikant een minimumcertificering voor zijn product moet afgeven, zodat de eindgebruiker de volledige risicoanalyse niet voor alle losse onderdelen hoeft te doen.

Bijvoorbeeld een tent; bij het niet juist opzetten van een tent is er verstikkingsgevaar. De fabrikant van de tent heeft bij de initiële risicoanalyse van zijn product dit potentiële gevaar onderkent. Bij levering van de tent zit er een waarschuwing bij over dit gevaar aan de gebruiker, zodat hij / zij op de hoogte is van dit potentiële gevaar. Een tent gebruik je voor kamperen, net als een gasstel. Zo'n gasstel heeft zijn eigen risicoanalyse; bijvoorbeeld dat je de vlam niet volledig mag afdekken. Gelukkig beseft de fabrikant van dat gasstel ook dat mensen het gebruiken op de camping en heeft, naast de eerder genoemde veiligheids waarschuwing, ook een waarschuwing dat het gasstel niet gebruikt mag worden in afgesloten ruimten, zoals een tent.

CE-normen zijn het minimum dat fabrikanten in Europa moeten afgeven op hun producten. De CE certificering geven fabrikanten zelf af. Als je echter wilt dat jouw product een specifieke norm respecteert, wil je misschien een derde partij inschakelen voor het keuren van je product. Dit kan voordelen opleveren:

De APAS cobot van Bosch is een geweldig voorbeeld van accreditatie door derden. Voordat de robot op de markt kwam, werd deze door de Duitse werkgeversvereniging voor aansprakelijkheidsverzekeringen als 'inherent veilig' gecertificeerd voor gebruik in toepassingen met mens-robot samenwerking. Aangezien deze organisatie waarschijnlijk de strengste normen op het gebied van veiligheid toepast, zorgde Bosch er hiermee voor dat het een betrouwbare veiligheidscertificering op topniveau voor zijn cobot had. Dit kon daarna in verschillende landen worden gebruikt, hoewel het nog steeds moest worden goedgekeurd volgens lokale normen. Met andere woorden, Bosch zorgde ervoor dat zijn cobot werd gecertificeerd door de zwaarste certificering op de markt om er zeker van te zijn dat hij overal als veilig zou worden goedgekeurd.

3.1 Prestatie-eisen

Wat is dan aanvaardbaar veilig in een cobotcel? Dat wordt uitgelegd in sectie 5.4.2 van NEN-EN-ISO 10218-1: 2011, waarin staat:

Veiligheidsgerelateerde delen van besturingssystemen moeten zodanig zijn ontworpen dat ze voldoen aan PL 'd' met structuurcategorie 3 beschreven in NEN-EN-ISO 13849-1: 2006 (Veiligheid van machines)...

Wat betekent dit? Om aan de normen te voldoen, moeten alle apparaten of machines een bepaald niveau van veiligheid respecteren. Dit niveau, het prestatieniveau (PL), is ingesteld met betrekking tot de faalkans voor de apparatuur die wordt getest. Onderstaande tabel beschrijft de verschillende prestatieniveaus die zijn uiteengezet in NEN-EN-ISO 13849-1.

PRESTATIENIVEAUS

PL*	Kans op gevaarlijke storingen per uur 1/u
a	$\geq 10^{-5}$ en $< 10^{-4}$ < 0.0001% tot 0.01% >
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ en $< 10^{-5}$ < 0.0003% tot 0.001% >
c	$\geq 10^{-6}$ en $< 3 \times 10^{-6}$ < 0.0001% tot 0.0003% >
d	$\geq 10^{-7}$ en $< 10^{-6}$ < 0.00001% tot 0.0001% >
e	$\geq 10^{-8}$ en $< 10^{-7}$ < 0.000001% tot 0.00001% >

De PL niveaus kan je omschrijven als volgt:

- Een enkele fout in een van deze onderdelen leidt niet tot het verlies van de veiligheidsfunctie.
- Indien redelijkerwijs uitvoerbaar, zal de enkele fout worden gedetecteerd op of vóór een volgend beroep op de veiligheidsfunctie.
- Wanneer de enkele fout optreedt, wordt de veiligheidsfunctie altijd uitgevoerd en moet een veilige toestand worden gehandhaafd totdat de gedetecteerde fout is gecorrigeerd.
- Alle redelijkerwijs voorzienbare fouten worden gedetecteerd.
- De hoogst mogelijke risicobeperking.



3.2 Structurele categorieën

De structurele categorie hangt af van de hoeveelheid redundantie die het apparaat gebruikt. Bijvoorbeeld, als je hardware met één kanaal hebt (bijvoorbeeld een encoder), heb je een lager niveau van redundantie dan een systeem dat dubbele encoders gebruikt die elkaar dubbel controleren om te zorgen dat de positie van de robot precies daar is waar hij zou moeten zijn. De volgende schema's tonen de verschillende categorieniveaus.

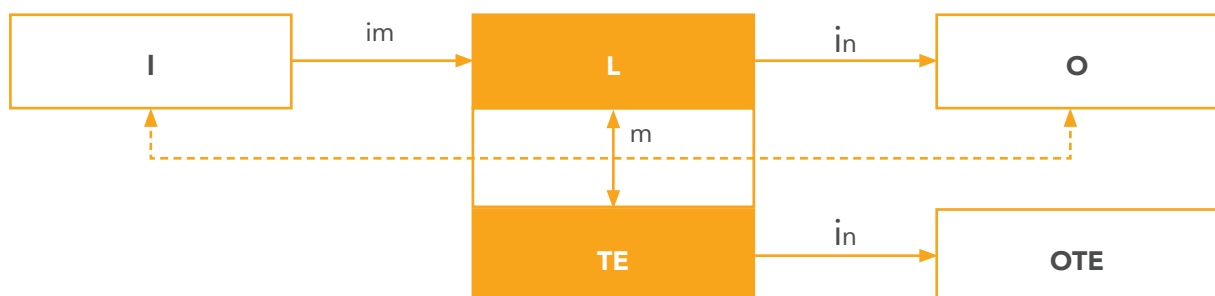
Categorie 1 bevat eenvoudige veiligheidshardware met één kanaal. Een switch (invoer of I) die is uitgeschakeld, wordt bijvoorbeeld behandeld door het logische apparaat (L) en resulteert in een stop (uitvoer of O).

CATEGORIE 1



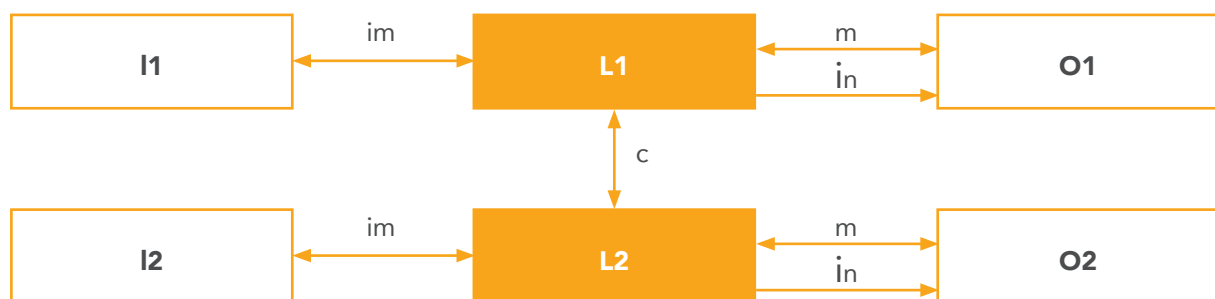
Een categorie 2-apparaat bevat een tweede apparaat TE (Testapparatuur) dat altijd de geldigheid van de invoer en uitvoer (OTE Test Equipment Output) voor het hoofdsysteem verifieert en reageert wanneer een fout optreedt. Je kan een apparaat met een noodstop beschouwen als een categorie 2 beveiligingsapparaat.

CATEGORIE 2



Een categorie 3 of 4 apparaat bevat twee parallelle apparaten die onafhankelijk van elkaar werken, maar zullen elkaar altijd dubbel controleren om ervoor te zorgen dat ze hetzelfde signaal hebben. Op deze manier kan een enkele fout optreden en kan het tweede kanaal nog steeds zien dat er een fout is. Dit zorgt ervoor dat het systeem nog steeds een defect kan lezen als een kanaal niet werkt.

CATEGORIE 3-4



Hiermee is PL = d categorie 3 duidelijk geworden. De meeste veiligheidsvoorzieningen (veiligheidsrelais, sleutelschakelaars, e-stops, enz.) worden via dit systeem beoordeeld. Zoals eerder vermeld, moeten alle apparaten die betrokken zijn in een collaboratieve robotcel ten minste PL = d categorie 3 scoren om te voldoen aan de NEN-EN-ISO-normen.

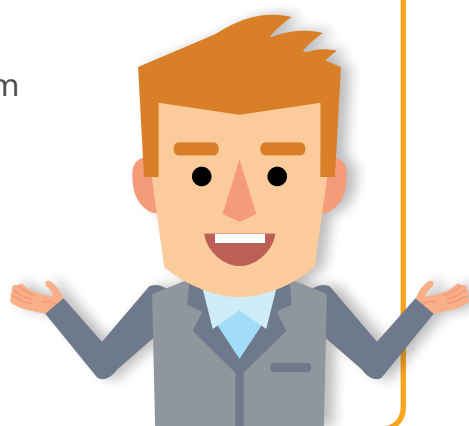
Conclusie

Het risicoanalyseproces is bedoeld om werknemers te beschermen die industriële machines gebruiken. In het geval van robotica wordt het geïmplementeerd om ervoor te zorgen dat gebruikers van cobotcellen veilig zijn tijdens het uitvoeren van een handeling met de cobot en zijn toebehoren. Risicoanalyses worden ook geïmplementeerd om cobotintegratie te standaardiseren en ervoor te zorgen dat de cobotcel een bepaald niveau van veiligheid bereikt. Maar het risicoanalyseproces moet ook worden uitgevoerd in overeenstemming met de toepasselijke wetten en wetgeving waar de cel is geïntegreerd.

Zelfs als de fabrikanten van cobots en robotica veiligheidseisen hebben vastgesteld (PL = d categorie 3) voor hun apparaten, is er nog steeds een groot deel van het risicoanalyseproces dat moet worden gedaan door rekening te houden met de toepassing en de omgeving zelf. Collaboratieve toepassingen moet je serieus te nemen, omdat er direct of nauw contact plaatsvindt tussen cobots en jouw mensen.

TOT SLOT

We bieden je deze informatie als leidraad en om een discussie op gang te brengen binnen jouw organisatie. Voor meer relevante informatie die specifiek is voor jouw specifieke situatie, **neem contact op met ons: T +31(0)344 - 60 66 43.** Wij kunnen je hierin verder helpen.



Bronnen:

<https://www.nen.nl/>

<https://www.iso.org/home.html>

<http://www.rie.nl/>

<https://www.inspectieszw.nl/>

<https://www.arbo-online.nl/>

<http://wetten.overheid.nl/BWBR0008498/2014-07-01>

<https://blog.robotiq.com/>

<https://nl.wikipedia.org/wiki/Risicoanalyse>

<https://voorkomongevallen.zelfinspectie.nl/>

<https://www.olmia-robotics.nl/>

Olmia Robotics ziet mensen graag doen waar ze goed in zijn: creatief, sociaal, improviseren, i.p.v. dom, vies, saai en gevaarlijk werk. Dus zorgen we ervoor dat ze dit kunnen overlaten aan cobots.

Als system integrator kijken we samen met jou naar hoe en waar we (delen van) jouw productie kunnen automatiseren en stellen we een cobotsysteem samen dat we testen en bij jou op de vloer implementeren, optimaliseren en onderhouden. Onderdeel van onze dienstverlening is het uitvoeren van een risicobeoordeling van de cobotcel die we implementeren.

HEB JE VRAGEN?

Neem contact met ons op als je vragen hebt over het automatiseren van jouw productielijn of over cobots.

DOWNLOAD OOK DE WHITEPAPERS:

'Productieprocessen optimaliseren met cobots';
'Welke cobot kies je?'



Volg ons op:   

OLMIA ROBOTICS

Stephensonstraat 7 | 4004 JA Tiel | The Netherlands
T +31(0)344 - 60 66 43 | info@olmia-robotics.nl



WWW.OLMIA-ROBOTICS.NL