

“De werkgever zorgt voor de veiligheid en de gezondheid van de werknemers inzake alle met de arbeid verbonden aspecten. Heeft u het functioneren van uw cobots en het daaraan verbonden risico voor uw medewerkers op hun werkplek volledig onder controle?”

Als gevolg van technologische ontwikkelingen op het gebied van leren met behulp van AI zullen organisaties op het gebied van robotisering grote stappen kunnen zetten in termen van efficiëntie. Er zullen hierdoor meer cobots op de werkvloer verschijnen. Daarbij zullen (op termijn) de primaire fysieke barrières, die mens en machine scheiden, op collaboratieve mens-robot systemen niet meer van toepassing zijn.

Gezien de snelle technologische ontwikkelingen en mogelijkheden moeten bedrijven en organisaties echter blijven anticiperen en meegroeien om eventuele incidenten tussen robots en mensen voor te zijn. Het ontwerp voor de toepassing van de cobot in de gedeelde werkomgeving zal inherent veilig moeten zijn. De cobot functioneert namelijk in een zogenaamd cobot-mens-omgeving-systeem. In dit systeem werken cobot en mens als team samen in een gedeelde werkomgeving, met elk hun eigen taken en verantwoordelijkheden, die onderlinge afstemming en communicatie vergen.

In een recent rapport heeft TNO samen met het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid een onderzoek gedaan naar risicobeheersfactoren voor arbeidsveiligheid in samenwerking met de Automated Guided Vehicles (AGV's), die een basis voor de risico's en risicobeheersmaatregelen voor veilige mens-cobot-omgeving interactie vormen.

Deze kenniskaart is een praktisch hulpmiddel voor ondernemers, werkgevers en werknemers hoe een werkplek veilig en gezond kan worden ingericht bij gebruik van cobots op de werkvloer.

In onderstaande figuur is een onderscheid opgenomen in typen AGV's en cobots waarmee verschillen in toepassing van AGV's en cobots (geïnspireerd op Michalos en anderen, 2015 en Schmidtler en anderen, 2015) wordt weergegeven. Dit biedt verduidelijking over samenwerken en de relatie met de begrippen co-existentie, coöperatieve en collaboratieve taakuitvoering van AGV's en cobots.



Tabel 1: risico's per fase van de levenscyclus

Fase	Risico	Beschrijving
Ontwerper (bron)	Gevaarlijk (autonoom) gedrag	(1) In leren zit een risico dat niet meer herleidbaar is wat de AGV geleerd heeft. (2) Calamiteiten met AGV's leiden tot verschillende risico's, afhankelijk van het type calamiteit. (3) Verkeerde werking van de software kan tot risicogedrag van de AGV leiden. Ook verkeerde (onverwachte) manoeuvres door de AGV kunnen leiden tot risico's voor omstanders.

	Mens-Robot Interactie	(4) Lerende systemen hebben geen kennis van mens-robot-interactie effecten.
Ontwerp (collectief)	Ergonomie	(5) Onduidelijk status van AGV kan tot misinterpretaties leiden bij gebruiker. (6) Beperkt of verkeerde communicatie door AGV kan een risico zijn voor het gebruikersgemak en kan situatiewaarschuwing beperken. (7) Een niet ergonomische gebruikersinterface kan onveilig gedrag stimuleren.
	Gevaarlijke substanties Hijzen en bewegen	(8) Accu's van cobots bevatten gevaarlijke zuren waar monteurs aan blootgesteld kunnen worden. (9) Als routes van AGV's wijzigen kan dit leiden tot aanrijdgevaar.
	Psycho- sociale factoren	(10) Onverwachte introductie van AGV's op de werkvloer kan leiden tot ongewenst gedrag, waaronder vernieling.
Configuratie/introductie (collectief)	Gevaarlijk (autonoom) gedrag	(11) Bij het in bedrijf stellen van een machine kunnen gevaren optreden indien er onvoldoende eisen zijn gesteld aan de implementatie. (12) Met oog op de toekomstige lerende AGV is het voornaamste probleem dat (geavanceerde) Artificial Intelligence (AI) algoritmen niet meer te testen (zullen) zijn.
	Psychosociale factoren	(13) Indien medewerkers onvoldoende betrokken worden bij de introductie van autonome systemen op de werkvloer, kan dit leiden tot PSA-risico's en een verminderd vertrouwen in de AGV.
	Omgeving	(14) Indien in de omgeving te veel gevaren aanwezig zijn vergroot dat het risico dat informatie door de mens of AGV gemist wordt, hierdoor ontstaan risico's voor de medewerkers.
Gebruik (collectief)	Gevaarlijk (autonoom) gedrag	(15) Als er onvoldoende afspraken zijn gemaakt door wie en wanneer programmering mag worden aangepast, ontstaan er risico's in de programmering, die niet meer herleidbaar zijn. Dit heeft gevolgen voor de medewerker die met de AGV werkt. (16) Het niet verifiëren van de software updates kan ertoe leiden dat men onterecht in de veronderstelling is dat de AGV werkt volgens de nieuwe update.
	Gevaarlijk contact hijzen en bewegen Manueel gebruik	(17) Ontwerpfouten die worden ontdekt in de gebruiksfase. (18) Verminderd zicht door AGV kan risico's veroorzaken voor gevaarlijk contact. (19) Bij verkeerd opstarten van de AGV in termen van af/ aanmelden en laadvermogen/capaciteit/verhouding kan dit risico opleveren voor transport. (20) Onduidelijke werkafspraken over bijsturing van AGV (manuele interventies) kan gevaarlijk zijn voor mens-robot-interactie.
	Omgeving	(21) Indien in de omgeving te veel gevaren aanwezig zijn vergroot dat het risico dat informatie door de mens of AGV gemist wordt, waardoor risico's ontstaan voor de medewerkers. (22) Risico's in de omgeving door vallende lading (payloads) of uitstekende voorwerpen of obstakels op de route kunnen risico voor mens en AGV opleveren.
	Onderhoud	(23) Geen duidelijke afspraken of follow-up van de leverancier bij defecten aan het AGV-systeem vergroot kans op arbeidsrisico's voor medewerkers. Een tijdige en adequate response van de leverancier op momenten dat er storing aan het AGV-systeem is, voorkomt het risico op ernstige incidenten. (24) Het ontbreken van een (ver)sleutelplan in het risicobeheersplan brengt ongewenste risico met zich mee voor vrijkomen van energie.
	Psychosociale factoren BHV-ongevallen en noodprocedure Cognitieve ergonomie	(25) Werkdruk is een risico voor de gezondheid en welzijn van de medewerker (PSA). (26) In geval van incidenten en calamiteiten dienen gepaste herstelmaatregelen genomen te worden om de kans op ernstige gevolgen te voorkomen. (27) Indien de taal onduidelijk is voor de operator leidt dat tot onduidelijkheid en verschillen in interpretatie.
	Gebruik (individueel)	Competentie
	Gevaarlijk contact tijdens mens-robot interactie	(30) Risico is dat bij moeilijk te voorspellen gedrag van de AGV, de mens onzeker wordt en vanuit die onzekerheid gaat anticiperen op onverwachte situaties.

Tabel 2: beheersmaatregelen voor de arbeidsrisico's

	Beschrijving
Ontwerp (bron)	<p>(1) Inperken van de leercapaciteiten. (2) In softwareprogramming rekening houden met calamiteiten. (2) Calamiteiten met AGV's afstemmen met RI&E en het calamiteitenprotocol. (3) Zet een veiligheidsbeheerssysteem om het besturingssysteem heen, zodat de 'core veiligheidseisen' geborgd zijn.</p> <p>(4) Bij lerende systemen bij programmering rekening houden met de invloed van de mens, op veiligheid van mens- robot-interactie. (4) In simulatieprogramma's waarbij de mens in de simulatieomgeving wordt gebracht veiligheidsfactoren als training, kennis van team en organisatie meenemen.</p>
Ontwerp (collectief)	<p>(5) Betekenis van storingsklasse (redundancy en advisering over 'debuggen' aanbieden. (5, 6) Een interface ontwikkelen die alle (risicovolle) statussen ondervangt en op een eenduidige (niet multi-interpretabele) wijze communiceert. (6) Ontwikkelen gestandaardiseerd (en gevalideerd) communicatieprotocol voor AGV-interactie met gebruikers voor optimale gebruikerservaring. (7) Mens en omgeving in de interface van het logistieke systeem van de AGV zichtbaar maken. (7) Innovatieve ergonomische toepassingen van cobots integreren bij interface AGV's en visa versa. (SMART pad interfaces zouden met elkaar kunnen worden vergeleken). (8) Accu plaatsen in een gescheiden ruimte van de rest van het systeem (scheiden van functies). (9) Geprogrammeerde routes beveiligen door een veiligheidspaswoord, zodat deze niet zomaar gewijzigd kan worden door ongeautoriseerde gebruikers. (10) Voorkomen van vernieling door camera op de AGV te plaatsen.</p>
Configuratie/Introductie (collectief)	<p>(11) Handhaven van 3 stoplichtmodel: Voldoet het product aan de gestelde aankoopnormen? Is de keuring bij inbedrijfstelling zichtbaar? Is er een spanningscontrole uitgevoerd en is er aantoonbaar training uitgevoerd? (12) Leerprocedure implementeren in de test- en ontwikkelingsfase van de AGV, zodat op een relatief beheerste manier in kaart kan worden gebracht hoe en welk gedrag de robot leert, hoe hij zich aanpast over tijd en wat hiervan de consequenties zijn in relatie tot de samenwerking met de werknemer. (13) Werknemers vanaf het begin meenemen in de besluitvorming en implementatie om draagvlak en eigenaarschap te creëren. (13) Aspecten van wantrouwen (PSA) op incidenten meenemen in incidentanalyses. (14) Het scheiden van logistieke stromen door bijvoorbeeld scheiden van logistieke gebieden (manueel werk vs. geautomatiseerde processen) of tijdzones (bijv. tussen 9-13u geen manuele handelingen en tussen 17-22u raakvlakken).</p>
Gebruik (collectief) Gebruik (individueel)	<p>(15) Een 'Management of Change procedure' moet voorwaarden stellen aan het proces om softwarewijzigingen door te voeren, waardoor veranderingen herleidbaar zijn en opvolging te geven aan de gevolgen daarvan. (16) Effect van software updates bij meerdere types of versies van AGV's testen, om gewenste universele output vast te stellen. (17) Ketenmanagement; 'lessons learned' en 'best practices' teruggeven aan de ontwerper en visa versa, intern en delen met sectoren, om universele veilige systemen door te ontwikkelen. (18) Toepassen van (redundant) sensoren in het technisch ontwerp. (bijv., 3d of 4d camera en sensoren, een noodstop, of verbrekerrem). (19) Duidelijke werkafspraken voor juist af en aanmelden van AGV's in een bepaald gebied. (19) Afstellen van materieel op detectiezone van de AGV (bijvoorbeeld met de vorken van vorkheftruck). (20) Protocolering met verantwoordelijkheden voor manueel gebruik: Wie in bepaalde situaties mag 'overrulen' (bij incidenten en calamiteiten gelden andere afspraken). (21, 22) Een omgeving moet voldoende ruimte beiden om uit te kijken (zowel voor de AGV als voor de mens). (21, 22) Procedure voor orde en netheid, met daarin de situationele factoren waarop gelet kan worden. (23) Een snelle respons van de engineering afdeling (en van de leverancier) om het incident met/ storing van de AGV op te lossen. (23) In geval van een cyber attack moet men zo snel mogelijk de rest van het systeem veilig (buiten werking) stellen. (23) Goed voorraadbeheer van vergankelijke onderdelen (door de leverancier) versneld een effectieve follow-up. (24) Uitschakelen van de cobot gebeurt met sloten (sleutel of codes), zodat er geen spanning meer is (bijv. wachtwoordbeleid). (25) Door de AGV raakt de medewerker een rustfactor kwijt. Het risico op tempo-dwang zou gemonitord kunnen worden door de AGV/cobot. De AGV kan hier vervolgens feedback over geven aan de operator. (26) Een 'push back' knop of 'pull bar', die de AGV 'terug duwt'. (26) Lokalisatie gps helpt EHBO en BHV-personeel mensen snel ter plaatse te zijn, wanneer dit gekoppeld is aan het calamiteiten meldingssysteem. (27) AGV op taal (her)programmeren, afhankelijk van de gebruiker, zodat het voicepicking systeem door de gebruiker wordt begrepen, waardoor interpretatie en sturing door de operator makkelijker wordt.</p>
Gebruik (individueel)	<p>(28) Persooncertificeren' competenties: mbo werk en denkniveau; Ervaring met MS Outlook; storingscodes kunnen begrijpen en oplossen; 2d/3d navigatieprogramma kunnen bedienen; interesses in de techniek (Intelligentie AGV; rem, besturing, motor); risico's grote AGV's en mobiele platformen. De nachtploegen dienen dezelfde opleiding te volgen als de dagploeg medewerkers. (29) Het aanstellen van een fleet operator (bij AGV's) die verantwoordelijk is voor algehele beheer en incidentmanagement van de (AGV) vloot (30) Programmeer vanuit de perceptie van de mens in het interactieve ontwerp met als doel de AGV zo voorspelbaar mogelijk te houden. (30) In simulatieprogramma's zullen veiligheidsfactoren moeten worden meegenomen, als training, kennis van team en organisatie, 'deep learning' en Virtual Reality (VR). Hierbij wordt de mens in de simulatieomgeving gebracht. (30) Medewerkers veiligheidsbewust maken over risico's van mens-robot interactie door het tonen van instructiefilmpjes.</p>