

Veiligheid van autonome voertuigen in open teelten

Wet- en regelgeving en aanbevelingen voor de veiligheid

PPL project nr 79/ZGLE.11.0108

[PRI project nr 3310398504](#)

Sanne Heijting, Corné Kempenaar & Ard Nieuwenhuizen

28-3-2013



© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International / Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Corné Kempenaar.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Deze uitgave is opgesteld in het kader van het PPL bedrijfsoverstijgende (BO) project nr. 79 "Autonome voertuigen in open teelten". PPL staat voor Programma Precisielandbouw, een publiek private samenwerking tussen het (voormalige) Ministerie van Landbouw (thans EZ), diverse bedrijven en kennisinstellingen. In PPL investeren landbouwbedrijfsleven en Ministerie van EZ in hulpmiddelen voor *Controlled Traffic Farming*, Bemesting, Gewasbescherming en ICT. Daarmee wordt uitvoering gegeven aan het sectorconvenant Schoon en Zuinig.

De PPL-initiatiefnemers van project 79 waren Aardbeientelers West Brabant, Homburg Holland Machinehandel B.V., Landbouwcommunicatie B.V., KWH Holland B.V., Naaijken Innovative Design, Tyker Technology en ZLTO.



Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde

Address : Postbus 616, 6700 AP Wageningen, Nederland
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : +31 317 48 04 98
Fax : +31 317 48 10 47
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl, www.precisielandbouw.eu

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
Inleiding	6
1. Europese wet- en regelgeving: Trekkerrichtlijn en Machinerichtlijn.....	6
2.1 Trekkerrichtlijn 2003/37/EG	6
2.1.1 Ontwikkeling in EU regulatie van de Trekkerrichtlijn.....	8
2.2 Machinerichtlijn 2006/42/EG.....	8
2.2.1 Veiligheidscomponenten	11
2.3 Veiligheid van autonome trekkers: Trekkerrichtlijn of Machinerichtlijn?	12
2.4 Toepassing van pesticiden: Richtlijn 2009/127/EG	13
3. Experts, verzekering & literatuur	13
3.1 Samenvatting gesprekken met experts	13
3.2 Literatuur	15
3.3 Verzekering en Aansprakelijkheid	15
4. Een eerste stap naar risico inschatting.....	16
5. Aanbevelingen voor de veiligheid	18
5.1 Aanbevelingen voor de fabrikant	18
5.2 Aanbevelingen voor de overheid.....	18
5.3 Aanbevelingen voor de teler	18
6. Veiligheidsvoorzieningen op de autonome aardbeienspuit.....	18
6.1 Huidige stand van zaken	18
6.2 Verbeteringen nodig voor het veiligheidssysteem op de autonome trekker.....	20
7. Geraadpleegde literatuur	22

Samenvatting

Het doel van deze notitie is het in kaart brengen van de EU wet- en regelgeving betreffende de veiligheid van autonome voertuigen in open teelten en aanbevelingen te doen dienaangaande aan fabrikanten en telers. Specifieke aandacht wordt besteed aan de te ontwikkelen autonoom opererende trekker met precisiespuit voor de aardbeienteelt. Autonoom opererend wil zeggen onbemand taken vervullend en navigerend door middel van GPS. De EU richtlijnen en aanverwante literatuur zijn bestudeerd en er is met 5 deskundigen gesproken. over hun kennis, ervaring en ideeën omtrent de toepassing en veiligheid van autonome voertuigen in open teelten. Aan de hand van de uitkomsten hiervan worden aanbevelingen gedaan voor een veiligheidsprotocol.

Binnen de Europese Unie is een aantal richtlijnen van belang voor de veiligheid van trekkers: 1) 2003/37/EG: de Trekkerrichtlijn en 2) 2006/42/EG: de Machinerichtlijn.

Indien de trekker een spuitmachine draagt die pesticiden toedient is tevens van toepassing : 3) de Richtlijn 2009/127/EG tot wijziging van 2006/42/EG m.b.t machines voor de toediening van pesticiden. Daarnaast is dan in Nederland van toepassing het Activiteitenbesluit milieubeheer art 3.83. Indien de trekker een precisiebemester draagt voor de toediening van meststoffen geldt in Nederland het Besluit Gebruik Meststoffen, onderdeel van de Meststoffenwet, gevolg van de volgende EU richtlijnen :4) Nitraatrichtlijn en 5) Kaderrichtlijn water.

De richtlijnen 3 t/m 5 beogen milieubelasting te voorkomen onder andere in verband met de veiligheid van grondwater als bron voor drink – en irrigatiewater.

De Trekkerrichtlijn is een richtlijn voor de communautaire typegoedkeuring van land- en bosbouwtrekkers. De technische specificaties van de trekkeronderdelen zijn uitgewerkt in de zogenaamde bijzondere richtlijnen. De Trekkerrichtlijn en de bijbehorende bijzondere richtlijnen houden geen rekening met autonoom opererende systemen . De Trekkerrichtlijn bevat derhalve geen richtlijn voor de veiligheid van een dergelijk systeem.

In de Machinerichtlijn staat dat deze richtlijn niet van toepassing is op land- en bosbouwtrekkers voor de risico's die door de Trekkerrichtlijn worden gedekt. Er is geen lijst beschikbaar waarin deze risico's helder staan opgesomd. De Machinerichtlijn hanteert een ander perspectief. Het is een zogenaamde "Nieuwe Aanpak" richtlijn. Het accent van de richtlijn ligt op de veiligheids- en gezondheidseisen waaraan machines moeten voldoen en niet op de technische specificaties van de machine. De verantwoordelijkheid voor de veiligheid van het product worden bij de fabrikant neergelegd.

De Machinerichtlijn geeft wel aanknopingspunten voor de veiligheid van autonoom opererende systemen. omdat een risicoanalyse en het daarop afstemmen van de veiligheid de pijlers van deze richtlijn zijn. Bij de Machinerichtlijn vormt het benoemen van '*beoogd gebruik*' en '*redelijkerwijs voorzienbaar verkeerd gebruik*' een eerste stap op weg naar geïntegreerde veiligheid. Voor een veilig ontwerp beveelt deze richtlijn aan om het beoordelen van de risico's en het ontwerpen parallel aan elkaar te laten verlopen met behulp van de 3-staps methode. Hierbij stelt men vast welke risico's worden

opgelost door het ontwerp aan te passen, welke door inrichting van de technische beveiliging en welke door middel van informatievoorziening.

Uit de gesprekken met de experts kwam uiteraard naar voren, dat het '*redelijkerwijs voorzienbaar verkeerd gebruik*' pas goed zichtbaar wordt als de machine in de praktijk wordt gebruikt en dat snelheid, grootte en het gewicht van het voertuig bepalend zijn voor het veiligheidsrisico bij botsing. Veiligheid bij autonoom opererende systemen vergt volgens de experts real-time toezicht en detectie van personen en obstakels in de open en ongestructureerde omgeving. Fabrikanten wordt aanbevolen om bij het ontwerp van de machine de 3 stappen methode te doorlopen, waardoor de veiligheid in het ontwerpproces is geïntegreerd. Kleine voertuigen met een lage rijnsnelheid verlagen het veiligheidsrisico. Het is raadzaam om een door de EU in het kader van de Machinerichtlijn erkende keuringsinstantie te betrekken bij het ontwerp.

Indien een trekker een spuit draagt, verplicht Richtlijn 2009/127/EG ertoe, dat er ingegrepen moet kunnen worden in de bespuiting mocht dat nodig zijn. Daarnaast moet lekken te allen tijden worden voorkomen. Als een trekker met spuit onbemand opereert, zal er dus sprake moeten zijn van real time supervisie van het proces. De verplichting tot supervisie is een gunstige bijkomstigheid bij de ontwikkeling van dit soort systemen aangezien er met betrekking tot de veiligheid nog veel onduidelijkheid is. Een dergelijk semi-autonoom opererend systeem, uitgerust met onder alle omstandigheden goed werkende sensoren in combinatie met goede voorlichting aangaande het gebruik zal kans maken op maatschappelijke acceptatie.. Daarnaast zullen er normen moeten worden uitgewerkt zodat fabrikanten niet steeds opnieuw het wiel hoeven uit te vinden.

Het zal duidelijk zijn , dat de goede werking van van sensoren onder veldomstandigheden grondig dient te worden onderzocht.

De huidige stand van zaken ten aanzien van de veiligheidsvoorzieningen op de in ontwikkeling zijnde aardbeienspuit en de nodige verbeterpunten worden in een apart hoofdstuk belicht (H6).

Er kunnen geen zekerheden worden ontleend aan dit rapport, het betreft hier een advies.

Inleiding

Het algemene doel van PPL bedrijfsoverstijgende (BO) project nr 79 "Autonome voertuigen in open teelten" is om een aantal belangrijke stappen te nemen die de ontwikkeling en implementatie van autonome voertuigen in open teelten versnellen. Dit rapport is onderdeel van PPL project 79. In deze notitie is de wet- en regelgeving rondom veiligheid van autonome voertuigen in kaart gebracht. Daarnaast worden suggesties gedaan voor de verbetering van veiligheid rondom autonome voertuigen. Er is met meerdere deskundigen gesproken over hun kennis, ervaring en ideeën omtrent de toepassing en veiligheid van autonome voertuigen in open teelten. Het verzoek tot deze studie werd ingediend door initiatiefgroep aardbeientelers West Brabant tezamen met een aantal andere initiatiefnemers. In de aardbeienteelt wordt gedurende het seizoen veelvuldig met fungiciden gespoten. Deze hoge frequentie van toepassen is een belasting voor de teler. Technologisch is het bijna mogelijk om de trekker met spuitmachine onbemand en zelfstandig deze taak uit te laten voeren. Het is belangrijk om te weten aan welke wetgeving en afgeleiden daarvan zo'n systeem zou moeten voldoen, en hoe de veiligheid van het systeem kan worden gewaarborgd.

1. Europese wet- en regelgeving: Trekkerrichtlijn en Machinerichtlijn

Binnen de Europese Unie zijn twee richtlijnen van belang voor de veiligheid van trekkers:

1. 2003/37/EG: Type goedkeuring van landbouw- en bosbouwtrekkers
2. 2006/42/EG: Machinerichtlijn

Daarnaast is, indien de trekker een spuit draagt, richtlijn 2009/127/EG *tot wijziging van 2006/42/EG m.b.t machines voor de toediening van pesticiden* van toepassing.

2.1 Trekkerrichtlijn 2003/37/EG

De Trekkerrichtlijn 2003/37/EG is een richtlijn voor de typegoedkeuring van land- en bosbouwtrekkers. Deze richtlijn zorgt voor een communautaire toelating van trekkers: als een type trekker in één van de lidstaten is goedgekeurd door een nationale toelatingsinstantie mag de trekker in alle lidstaten worden verkocht. In Nederland is de Rijksdienst voor het wegverkeer, RDW de aangewezen instantie voor deze typegoedkeuring.

In de Trekkerrichtlijn wordt verwezen naar zogenaamde bijzondere richtlijnen. Dit zijn richtlijnen waarin de technische specificaties nader zijn uitgewerkt en staan in bijlage II, hoofdstuk B van de Trekkerrichtlijn. Bijvoorbeeld Richtlijn 76/432/EC (remmen) en 75/321/EC (sturen), zie ook Figuur 1. De veiligheidsaspecten van de trekker zijn verwerkt in de betreffende bijzondere richtlijnen (Figuur 1).

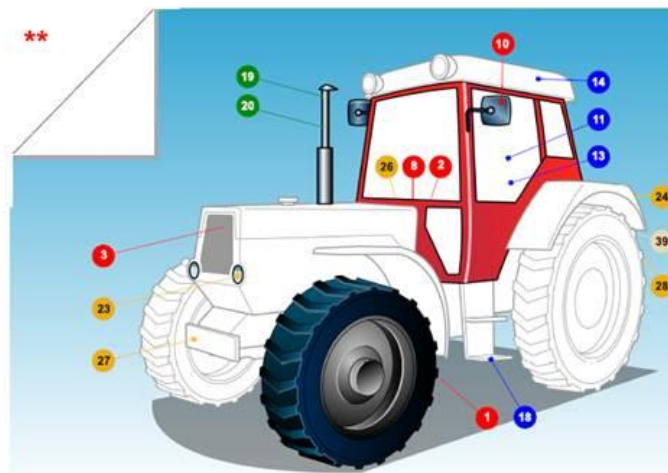
Topics with Base EC / ECE numbers

ACTIVE SAFETY

1	Braking	76/432	R13	TS
2	Steering	75/321	R79	TS
3	Audible Warning	74/151	R28	
4	Vision - Wipers	2008/2	R71	
5	Prot. Drive Comp.	89/173	-	
6	Mech. Couplings	89/173	-	
7	Trailer-brake cpl.	89/173	-	
8	Speedometer	75/443	-	TS
9	Speed Limiters	92/24	-	TS
10	Rear-View Mirrors	74/346	-	

PASSIVE SAFETY

11	Driver Seat	78/764	-	
12	Passenger Seats	76/763	-	
13	Seat Belt Att.	76/115	-	
	Seat Belt Inst.	77/541	-	TS
14	ROPS	77/536	-	
	ROPS (Static)	79/622	-	
	ROPS (Front Mnt)	87/402	-	
	ROPS (Rear Mnt)	86/298	-	
15	Operating Space	80/720	-	
16	Fuel Tank	74/151	-	
17	Spray-suppres.	91/226	-	TS
18	Lateral Protect.	89/297	-	TS



For more information about all directives and regulations:
visit www.rdw.nl and choose International visitor

Framework directive: 2003/37

** Topics for each of the different categories:
see the tables in Chapter B, Part I, IIA/B/C (C: for ROPS - OECD in part)

TS Special requirements for category T5

ENVIRONMENT

19	Emissions	2000/25	R49
			R96
20	Sound (external)	74/151	R51
	Sound (internal)	77/311	-
21	Recyclability	2005/64	-
22	EMC	75/322	R10

OTHER

23	Light Installation	78/933	R86
24	Registration plate	74/151	*
25	Max. Mass	74/151	-
26	Inst. of Controls	86/415	*
27	Coupling/Rev. dev.	79/533	*
28	Power Take-off	86/297	*
29	Dim. & Trailer mass	89/173	*
30	Speed Governor	89/173	*
31	Heating Systems	2001/56	*
32	Glazing	89/173	R43
33	Ballast Masses	74/151	-
34	Plates (statutory)	89/173	*
35	Load Platforms	74/152	*
36	Max. Speed	74/152	-

COMING

37	Tyres	...	R106
38	Stability	...	R..
39	Rear Protection	...	R..

Figuur 1: De Trekkerrichtlijn en bijbehorende bijzondere richtlijnen.

(Bron: <http://www.rdw.nl/SiteCollectionDocuments/VT/IKS/Handleidingen/2%20B%2000089a%20Type%20approval%20of%20tractors%20T1-5%20CRS.pdf>)
Geraadpleegd op 27 september 2012

De Trekkerrichtlijn bestaat uit acht overwegingen, zesentwintig artikelen en acht bijlagen.

Het toepassingsgebied van de Trekkerrichtlijn wordt gegeven in Artikel 1:

Toepassingsgebied

1. Deze richtlijn is van toepassing op de typegoedkeuring van voertuigen, ongeacht of deze in één of meer fasen zijn gebouwd. Deze richtlijn geldt voor de in artikel 2, onder d), gedefinieerde voertuigen die een door de constructie bepaalde maximumsnelheid van niet minder dan 6 km/h hebben.

Deze richtlijn is eveneens van toepassing op de EG-typegoedkeuring van voor deze voertuigen bestemde systemen, onderdelen en technische eenheden.

In Artikel 2 worden de definities gegeven van de voor de richtlijn belangrijke begrippen zoals EG-typegoedkeuring, voertuig, trekker en technische eenheid.

In artikel 3 en 4 van de Trekkerrichtlijn staan de EG aanvraag en goedkeuringsprocedure beschreven. Daarin staat aangegeven dat als de goedkeuringsinstantie van de lidstaat van mening is dat : *"... toch een ernstig gevaar voor de verkeersveiligheid, de kwaliteit van het milieu of de arbeidsveiligheid oplevert, kan hij de EG-typegoedkeuring weigeren."*

Artikel 15 (Vrijwaringsclausules) sluit hierbij aan.

De Trekkerrichtlijn houdt rekening met het feit dat je als fabrikant je tijd technologisch gezien ver vooruit bent. In overweging (3) van de richtlijn staat het volgende:

".. (3) Ook dient er rekening mee te worden gehouden dat voor bepaalde voertuigen die in kleine series zijn gebouwd, die deel uitmaken van restantvoorraden of waarvoor gebruik is gemaakt van een technische vooruitgang die niet onder een bijzondere richtlijn valt, een afwijkingsprocedure moet worden ingesteld."

Bij de type goedkeuring biedt de Trekkerrichtlijn dus ruimte voor meer geavanceerde technieken die nog niet nader zijn uitgewerkt in de bijzondere richtlijnen van de Trekkerrichtlijn, zoals de Stuurrichtlijn 75/321/EG. Overigens wordt er in de Stuurrichtlijn steeds verwezen naar de bestuurder, en wordt ervan uitgegaan dat deze in de trekker zit.

2.1.1 Ontwikkeling in EU regulatie van de Trekkerrichtlijn

De Trekkerrichtlijn is onoverzichtelijk doordat er meer dan vijftig zogenaamde bijzondere richtlijnen aan zijn verbonden (fig. 1). In technologisch opzicht zijn de Trekkerrichtlijn en de daar bijbehorende bijzondere richtlijnen verouderd. Op 23 juli 2010 is er een verordening voorgesteld voor een nieuwe Trekkerrichtlijn voor meer veiligheid en minder bureaucratie

(<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/10/1001&format=HTML&ged=1&language=NL&guiLanguage=en>)

Inmiddels is er ook commentaar op deze voorgestelde verordening gekomen op 9 december 2010 van de EESC (European Economic and Social Committee) waarin wordt aangegeven op welke punten zij de voorgestelde verordening niet goedkeuren. Ze geven onder punt 2.6 aan dat ook bij vernieuwde Trekkerrichtlijn de Machinerichtlijn in beeld blijft als het gaat om veiligheidsaspecten. Hierover lijkt het laatste dus nog niet gezegd.

2.2 Machinerichtlijn 2006/42/EG

De Machinerichtlijn is in werking getreden op 29 december 2009 en is opgenomen in het Nederlandse Warenwetbesluit Machines. Het is een zogenaamde Nieuwe Aanpak richtlijn.

Idee achter de Nieuwe Aanpak richtlijnen is dat het de handel in goederen binnen de EU stimuleert en dat deze handel niet wordt belemmerd door wetgeving die bijvoorbeeld in technologisch oogpunt achterloopt op de praktijk. De accenten zijn bij dit type richtlijn de veiligheids- en gezondheidsaspecten van het product. Deze staan uitvoerig beschreven in Bijlage I: *de Essentiële veiligheids- en gezondheidseisen betreffende het ontwerp en de bouw van machines* van de richtlijn. De technische eisen van het product zijn meer algemeen benoemd. De verantwoordelijkheid wordt bij de fabrikant gelegd.

“De richtlijn heeft het tweeledige doel de veiligheids- en gezondheidseisen die van toepassing zijn op machines, te harmoniseren op basis van een hoge mate van bescherming van veiligheid en gezondheid, en het vrije verkeer van machines op de Europese markt te waarborgen”. (Uit: Fraser, 2010).

De Machinerichtlijn wordt voorafgegaan door dertig overwegingen en omvat negentwintig artikelen en twaalf bijlagen. Belangrijke onderdelen zijn Artikel 1 (Toepassingsgebied), Artikel 2 (Definities) en Bijlage I (Essentiële veiligheids- en gezondheidseisen betreffende het ontwerp en de bouw van machines) en Bijlage V (Lijst van veiligheidscomponenten).

Er is een handleiding opgesteld speciaal voor de Machinerichtlijn (Fraser, 2010).

http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/machinery/guide-appl-2006-42-ec-2nd-201006_nl.pdf

In deze Gids voor de toepassing van Machinerichtlijn 2006/42/EG wordt de achtergrond en de bedoeling van de richtlijn toegelicht. Het is een uitgebreid, maar prettig leesbaar document.

In Artikel 1, Toepassingsgebied, Lid 1, wordt aangegeven op welke producten de Machinerichtlijn wel en niet van toepassing is:

Artikel 1

Toepassingsgebied

1. Deze richtlijn is van toepassing op de volgende producten:

- a) machines;*
- b) verwisselbare uitrustingsstukken;*
- c) veiligheidscomponenten;*
- d) hijs- en hefgereedschappen;*
- e) kettingen, kabels en banden;*
- f) verwijderbare mechanische overbrengingssystemen;*
- g) niet voltooide machines.*

In datzelfde artikel maar dan onder lid 2, wordt beschreven op welke producten de richtlijn NIET van toepassing is:

2. Deze richtlijn is niet van toepassing op:

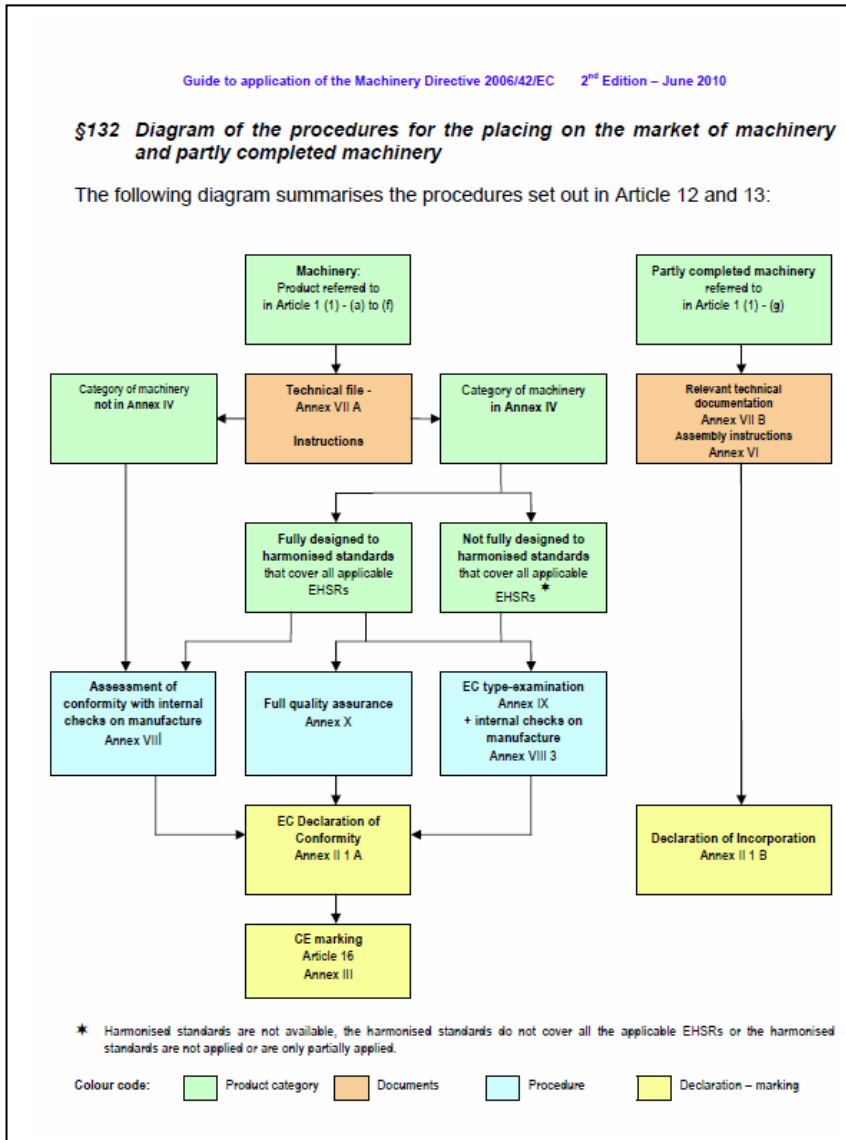
...

*e) de volgende vervoermiddelen:
— landbouw- en bosbouwtrekkers voor de risico's die vallen onder Richtlijn 2003/37/EG, met uitzondering van machines die op deze voertuigen zijn aangebracht,*

Het is gezien het verouderde oerwoud aan bijzondere richtlijnen bij de Trekkerrichtlijn absoluut niet duidelijk welke risico's hiermee worden bedoeld. Om te omzeilen dat je als fabrikant moet uitzoeken welke risico's het nu precies betreft, zou je de autonome zelfrijdende trekker als machine kunnen beschouwen.

In de Gids staat de volgende route (Figuur 2) voor het in de handel brengen van machines en niet-voltooid machines. Zelfs als de machine voor eigen gebruik is, zijn er eisen in de Machinerichtlijn ten aanzien van de veiligheid en de documentatie. Het vastleggen van alle informatie in het Technisch Dossier vormt een belangrijk onderdeel.

Om aan te geven dat een machine voldoet aan de Machinerichtlijn moet een machine voorzien zijn van een **CE marking** en een EG-verklaring van overeenstemming (conform MR Bijlage II, deel 1A)(Figuur 2).



Figuur 2: Procedure voor machines en niet voltooid machines (uit: Fraser, 2010 op p 112)

Bij de procedure van machines die onder Bijlage IV van de Machinerichtlijn vallen, is een officiële keuringsinstantie (Notified body) betrokken. De namen en adressen van deze instanties zijn te vinden op de volgende website van de EU:

<http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando/index.cfm>

Machines in Bijlage IV hebben een hoog risico of een kritieke beschermende functie. Detectoren voor de aanwezigheid van personen en logische eenheden voor veiligheidsfuncties staan ook in Bijlage IV.

In Bijlage I van de Machinerichtlijn staan de *Essentiële veiligheid- en gezondheidseisen betreffende het ontwerp en de bouw van machines*. Onderdeel hiervan is de risico beoordeling. Er zal benoemd moeten worden wat het zogenaamde 'beoogde gebruik' en het 'redelijkerwijs te verwachten verkeerd gebruik' van de machine kan zijn. Begrippen als o.a. risico, gevaar en gevarezone zijn gedefinieerd in §1.1.1 (Definities)

"1.1.1 Definities (vervolg)

e) "risico": combinatie van de waarschijnlijkheid en de ernst van een letsel of aantasting van de gezondheid die zich kan voordoen in een gevaarlijke situatie;

§168 Risico

Evenals de term "gevaar" wordt de term "risico" in de machinerichtlijn met een meer nauwkeurige betekenis gebruikt dan in het dagelijkse gebruik. Het bestaan van een risico hangt af van de gevaren die worden veroorzaakt door de machine en van het raakvlak tussen de machine en de bedieners en andere blootgestelde personen. Er kan een gevaar aanwezig zijn bij een machine, maar als het niet waarschijnlijk is dat er een persoon aan dat gevaar wordt blootgesteld, is er geen risico. Risico's kunnen gekenmerkt worden door te verwijzen naar het gevaar of de gevaarlijke situatie in kwestie (zoals bijvoorbeeld een risico in verband met aanraking met bewegende delen, een risico in verband met aanraking met hete oppervlakken, een risico in verband met blootstelling aan geluidsemissies of emissies van gevaarlijke stoffen); risico's kunnen ook gekenmerkt worden door te verwijzen naar de mogelijke gevolgen ervan (zoals bijvoorbeeld een risico geplet te worden, een risico van snijwonden, een risico van brandwonden, een risico van gehoorverlies)". (Bron: Fraser, 2010)

In Bijlage I van de Machinerichtlijn wordt ook het principe van de geïntegreerde veiligheid toegelicht. Samengevat houdt het in dat het beoordelingsproces van risico's en ontwerp van de machine parallel worden doorlopen aan de hand van de drie-staps-methode.

Safety by design en de drie-staps-methode

- Stap 1: Maatregelen om veiligheid in het ontwerp te integreren;
- Stap 2: Technische beveiligingsmaatregelen;
- Stap 3: Informatie voor gebruikers (rest risico's).

Technische details over hoe men aan de essentiële veiligheids- en gezondheidseisen kan voldoen, worden niet in de Machinerichtlijn gegeven. De CEN (Europese Organisatie voor Normalisatie) werkt in opdracht van de Raad de essentiële veiligheids- en gezondheidseisen van de Machinerichtlijn uit in normen. Deze normen geven geen wettelijke verplichting maar kunnen wel dienen als bewijsmateriaal (Vision & Robotics, 2010). Er zijn nog onvoldoende normen uitgewerkt.

2.2.1 Veiligheidscomponenten

Onvermijdelijke onderdelen van een autonoom voertuig, vormen de sensoren voor de detectie van personen. Ook de noodstopvoorziening is van belang voor de veiligheid. Gezien de definitie in artikel 1 lid 1 onder (c) zouden deze als veiligheidscomponent beschouwd kunnen worden en vallen ze dus onder de Machinerichtlijn te vallen:

In artikel 2 onder (c) wordt de definitie van een veiligheidscomponent gegeven:

..”c) "veiligheidscomponent": een component:

- die een veiligheidsfunctie vervult,
- die afzonderlijk in de handel wordt gebracht,
- waarvan de storing en/of defect de veiligheid van personen in gevaar brengt, en
- die niet nodig is voor de werking van de machine of die door gewone componenten kan worden vervangen om de machine te doen werken.

In bijlage V is een indicatieve lijst opgenomen van veiligheidscomponenten, die overeenkomstig artikel 8, lid 1, onder a) kan worden geactualiseerd;”

(Bron: 2006/42/EG)

Bijlage V van de Machinerichtlijn is een indicatieve lijst van de veiligheidscomponenten zoals bedoeld in artikel 2 onder (c). waarin aangegeven staat welke veiligheidscomponenten onder de Machinerichtlijn vallen. Hieronder een aantal van die veiligheidscomponenten uit Bijlage V die gebruikt kunnen worden om de veiligheid van autonome voertuigen te vergroten:

- *Beveiligingsinrichtingen voor de detectie van personen.*
- *Logische eenheden ter verzekering van veiligheidsfuncties.*
- *Afschermingen en beveiligingsinrichtingen ter bescherming van personen blootgesteld aan bewegende delen die zijn betrokken bij het werk met de machine.*
- *Noodstopvoorzieningen.*

2.3 Veiligheid van autonome trekkers: Trekkerrichtlijn of Machinerichtlijn?

Het toepassingsgebied zoals dit wordt aangeduid in de Machinerichtlijn onder Artikel 1, lid 2 onder (e), betekent dat dat de richtlijnen 2003/37/EG en 2006/42/EG naast elkaar gelegd moeten worden om te achterhalen welke risico's door de ene dan wel de andere richtlijn worden gedekt. Kortom, de Machinerichtlijn is niet van toepassing op land- en bosbouwtrekkers voor de risico's die door de Trekkerrichtlijn worden gedekt. Er is geen lijstje waarin deze risico's helder staan opgesomd.

Het overzichtelijk houden van de wet- en regelgeving is één van de agenda punten van de CEMA. CEMA is de Europese organisatie voor fabrikanten van agrotechniek. Ze lobbyen actief in Brussel en hebben op hun website specifieke agenda punten staan waar ze aan werken. Eén van de technische onderwerpen waar ze aan werken is:

- *"Prevent that **tractors** will be under the **machinery directive** for risks not covered by the tractor framework directive, by identifying the remaining risks and bringing them under the tractor framework directive. "*

<http://www.cema-agri.org/contentSUB.php?subID=40>

De bijzondere richtlijnen die het functioneren van de onderdelen van de trekker beschrijven in de Trekkerrichtlijn, geven geen informatie over automatische besturing van het voertuig en de daarbij behorende veiligheidseisen. Indien een voertuig een autonoom navigerende en opererende trekker is, dan vallen de risico's behorend bij het autonoom opereren onder de machine richtlijn.

Met het gebruik van robots wordt in de Machinerichtlijn wel rekening gehouden voor de industriële omgeving en is vertaald in NEN-ISO-EN normen:

EN ISO 10218-1:2011 Robots and robotic devices-Safety requirements for industrial robots-Part 1: Robots

EN ISO 10218-2:2011 Robots and robotic devices-Safety requirements for industrial robots-Part 2 Robot systems and integration.

Er zijn geen specifieke normen uitgewerkt voor autonome voertuigen in open teelten.

2.4 Toepassing van pesticiden: Richtlijn 2009/127/EG

De functionaliteit van de autonome spuitmachine brengt met zich mee dat dit voertuig ook moet voldoen aan richtlijn 2009/127/EG tot wijziging van 2006/42/EG m.b.t machines voor de toediening van pesticiden van toepassing.

Deze richtlijn is van kracht sinds 2011 en regelt dat de spuitmachine veilig moet zijn voor mens en milieu. Een aantal artikelen bieden aanknopingspunten voor de veiligheid van autonome spuitmachines.

Hieronder de volledige weergave van deze artikelen uit Richtlijn 2009/127/EG:

“2.4.2. Algemeen

- *De fabrikant van machines voor de toepassing van pesticiden of diens gemachtigde garandeert dat er een beoordeling wordt uitgevoerd van de risico's van onopzettelijke blootstelling van het milieu aan pesticiden, in overeenstemming met de risicobeoordelings- en risicobeperkingsprocedure waarnaar wordt verwezen in punt 1 van de algemene beginselen. Bij het ontwerp en de bouw van machines voor de toepassing van pesticiden moet rekening worden gehouden met de resultaten van de in de eerste alinea bedoelde risicobeoordeling, zodat de machines kunnen worden bediend, afgesteld en onderhouden zonder dat het milieu onopzettelijk wordt blootgesteld aan pesticiden. **Lekken moeten te allen tijde worden voorkomen.***

•

2.4.3. Controles en monitoring

- *Het moet mogelijk zijn de toepassing van pesticiden vanaf de bedieningsplaats op een gemakkelijke en nauwkeurige manier te controleren, te monitoren en **onmiddellijk stop te zetten.***

.....

2.4.5.4. Verliezen tijdens stilstand

- *De machines moeten zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat verlies van pesticide bij uitgeschakelde spuitfunctie wordt voorkomen.”*

Uit het bovenstaande kan afgeleid worden dat een autonome trekker met spuitmachine onder directe supervisie moet staan, zodat real-time het pesticiden gebruik kan worden gecontroleerd, gemonitord en indien nodig, er ingegrepen kan worden.

3. Experts, verzekering & literatuur

3.1 Samenvatting gesprekken met experts

Hoogleraar Farm technology Eldert van Henten ziet als belangrijke bottleneck voor de implementatie van agrarobotica in het veld de onderbelichte veiligheid van de machines. Het accent in het onderzoek ligt nu nog veelal op de uiteindelijke taak die de robot moet uitvoeren en niet op de veiligheid. In de tuinbouw en industrie worden laserscanners gebruikt. In volveldsgewassen kan dit niet en is het lastig om onderscheid te maken

tussen het gewas en een mens. Onderzoek naar het ontwikkelen van sensoren die de veiligheid waarborgen in de open teelten is nodig. Bij het autonoom navigeren met behulp van GPS brengt de afhankelijkheid van satellieten een risico met zich mee. Het is een omslachtige en niet-robuste methode om op een perceel te navigeren. In geval van botsing, vormt de afmeting, massa en snelheid van een autonome trekker een gevaar. De afmeting zorgt ervoor dat er weinig ontsnappingsruimte is (tussen de wielen bijvoorbeeld). Massa vermenigvuldigd met snelheid bepalen de hoeveelheid energie bij de botsing. De afmeting van de veiligheidszone om het voertuig zou door de remweg bepaald moeten worden. Of door kleinere voertuigen te maken, maar dat ligt weer lastigere gezien de schaalvergroting in de landbouw. Robots die in een industriële omgeving worden gebruikt worden fysiek begrensd. In de landbouw is dit lastig. Mocht iemand het perceel betreden en een ongeval krijgen met het autonome voertuig, wie is er dan aansprakelijk? De eigenaar van het perceel, de boer? Daarnaast is er maatschappelijke acceptatie van robots nodig.

Een voorlopige oplossing is om niet een volledig autonoom systeem te hebben maar om te kiezen voor een semi-autonoom systeem.

- *Dit staat in lijn met de vereisten conform richtlijn 2009/127/EG waarin wordt vereist dat er sprake moet zijn van het monitoren en mogelijkheid om in te grijpen.*

Rik van Bruggen van SBG schat in dat niet een nieuwsgierige voorbijganger het grootste gevaar loopt op een botsing met het voertuig, maar de teler zelf. Bij trage werkzaamheden (langzaam rijdende trekker in bijvoorbeeld slateelt) is de verleiding groot om op -en af te stappen van een zelfsturende en rijdende trekker. Op de zelfrijdende trekker zit een ultrasone sensor voor de detectie van personen en objecten. Wordt er iets of iemand waargenomen, dan wordt er een geluid geproduceerd, vervolgens gaat de trekker langzamer rijden en staat daarna stil.

- *Bovenstaande situatie is een geval van "redelijkerwijs voorzienbaar verkeerd gebruik" zoals dit in de Machine Richtlijn wordt gebruikt. De definitie hiervan is: "gebruik van een machine op een manier die niet in de gebruiksaanwijzing staat maar het resultaat kan zijn van gemakkelijk voorspelbaar menselijk gedrag."*

PROBOTIQ (contactpersoon Vincent Achten) heeft een systeem ontwikkeld om bestaande grasmaaiers voor golfbanen autonoom te laten navigeren en verkoopt deze, vnl. in de Benelux en Duitsland. Het systeem kan personen m.b.v. laser en radar tot 4m afstand waarnemen. Het voertuig vertraagt, en als er binnen 1.5m vanaf de grasmaaier iemand wordt waargenomen, stopt de machine, ook het maaideel. Bij dit voertuig dient altijd iemand in de buurt aanwezig te zijn en er is remote control mogelijk. Juridisch gezien is een semi-autonoom systeem aan te bevelen. Golfers op golfbanen waar deze grasmaaiers rijden zijn vertrouwd geraakt met de machine. De keuring van het gehele systeem is uitgevoerd door een notified body. De basismachine zelf was reeds voorzien van een EG/CE verklaring. De keuring richtte zich vooral op de zaken die zijn toegevoegd en op de vraag of dit de veiligheidsvoorzieningen van de basismachine in tact liet. Daarnaast is ook het detectie/stop systeem geanalyseerd en getest.

Robot Ruud vermorzelt ridderzuring in weilanden. Frits van Evert (Plant Research International) geeft aan dat gezien de afmeting van deze robot de risico's klein zijn.

In de gebruiksaanwijzing van de autopilot die door Agrometius wordt verkocht, staat expliciet dat je als bestuurder op de trekker moet blijven.

Tijmen Bakker (Tyker Technology) benadrukt dat de detectie van personen in een veldsgewas veel moeilijker is dan in een kas of in een fabrieksmatige omgeving, door de oneffenheid van de omgeving. Er zijn verschillende mogelijkheden om dit op te lossen: verbetering van de detectoren, een toezichthouder die in geval van twijfel aangeeft of het al dan niet een mens betreft, het minimaliseren van de rijsnelheid, of door vergaande informatie voorziening (waarschuwingsborden).

3.2 Literatuur

Griepentrog et al. (2009) onderzochten op welke wijze veiligheid en betrouwbaarheid van een autonoom opererende veld robot kon worden gewaarborgd. Zij vatten samen dat er al vele autonome veld machines bestaan maar dat deze geen deugdelijk veiligheidssysteem hebben. Voor publieke acceptatie en het commercieel succesvol implementeren van autonoom navigerende en opererende veldrobots is het van belang dat veiligheidsaspecten worden opgelost (zie Griepentrog et al., 2009 p858).

Detectie van obstakels door de zelfrijdende en sturende trekker is niet alleen belangrijk voor de veiligheid van mensen, maar ook om te voorkomen dat het voertuig door botsing met de omgeving schade oploopt (Stentz et al., 2002).

Ronkainen (2010) heeft in zijn studie de veiligheid van een autonome tractor met een daaraan gekoppeld werktuig in kaart gebracht en de bij behorende wet- en regelgeving en technieken tegen het licht gehouden. Hij ziet de 3 steps methode als een iteratief proces dat continue doorlopen moet worden bij het ontwerp om te zorgen voor voldoende veiligheid.

Een artikel in de Boerderij van 28 augustus 2012 is getiteld: "De onstuitbare opmars van de robot". Jan Willem Hofstee van de WUR geeft hierin aan dat de publieke opinie de opkomst van robots in de landbouw kan tegengaan. Men wil de landbouw graag zo houden als die was, vanuit nostalgisch oogpunt. Daarnaast speelt de veiligheid een rol bij de maatschappelijke acceptatie. Om alle percelen af te zetten met draden en waarschuwborden om ongelukken te voorkomen is duur en het landschap wordt aangetast.

3.3 Verzekering en Aansprakelijkheid

In geval van ongeluk, ligt het aan de situatie wie er aansprakelijk kan worden gesteld. Bij een technisch gebrek is de fabrikant aansprakelijk. De eigenaar is verantwoordelijk als deze de machine niet conform de gebruiksaanwijzing gebruikt. Hieruit volgt dat het verstandig is dat de eigenaar goed naar de verzekering kijkt. Het advies is dan ook om naast de min of meer verplichte WA verzekering ook een volledige casco verzekering af te sluiten op de trekker waarop het autonome-navigatiesysteem is gebouwd. De WA verzekering dekt schade aan derden, de casco verzekering dekt schade aan de trekker en machine.

Voor de autonome precisiespuit is gekozen voor een Casco verzekering van Centraal beheer, met een jaarpremie van 0,55% van de nieuw waarde. Risico's voor derden

werden afgedekt via de WA-verzekering. Bij toetsing in de praktijk was tevens een aanvullende verzekering op milieuschade in gebruik. Denk hierbij aan het risico dat de spuit in de sloot rijdt en er middel in het water terecht komt.

4. Een eerste stap naar risico inschatting

Aan de hand van de gesprekken met deskundigen, literatuur die er over dit onderwerp bekend is en de gewenste functionaliteit van de autonome spuitmachine, is een overzicht gemaakt van de mogelijk gevaren van deze machine. Deze staan in tabel 1. Of een gevaar een risico met zich meebrengt hangt af van de waarschijnlijkheid dat de gebeurtenis plaats vindt. Zie hiervoor ook de definities van de begrippen risico en gevaar in Bijlage 1 van de Machinerichtlijn en de toelichting van Fraser (2010)

Door het principe van geïntegreerde veiligheid toe te passen waarbij ontwerp en risico analyse parallel verlopen, kan een veilig en functioneel voertuig worden ontworpen.

Tabel 1

Gebeurtenis	Gevaar		Risico*	Stap 1: Ontwerp	Stap 2: Beveiligingsinrichting	Stap 3: Informatievoorziening
Niet signaleren van mens	Botsing of beknelling/ draaiende delen	Zwaargewond/overlijden			Geluidssignaal > Noodstop	
Niet signaleren van dier	Botsing of beknelling/ draaiende delen	Zwaargewond/overlijden			Geluidssignaal > Noodstop	
Niet signaleren van bovengrondse obstakels in veld bv bomen, palen, masten, transformatiehuizen etc	Botsing					
Niet signaleren van ondergrondse obstakels (kabel/leidingen) mn bij grondbewerking	botsing, kabel/leidingschade, vervolgschade					
Derde betreedt perceel	Botsing of beknelling/ draaiende delen	Zwaargewond/overlijden		Kleine machine	Geluidssignaal > Noodstop	Bord met verboden te betreden/waarschuwing
	Belandt in spuitniveau	Vergiftiging				
	Klap met spuitboom					
In- of uitstappen op de rijdende trekker	Overrijden van mens	Zwaargewond/overlijden			Detectie personen in gevaarzone	Gebruiksaanwijzing
Verbinding met satelliet valt weg	Trekker rijdt dwars door gewas	Schade aan gewas		Lokaal navigatie systeem		
	Trekker rijdt van perceel	Schade aan trekker				
		Schade aan personen				
Lekkage in het systeem	Te veel fungicide op gewas	Onverkoopbaar product				
Spuitdop verstopt	Te weinig fungicide op gewas	Oogst weg				
Drukregelingsapparaat stuk	Fungicide op verkeerde plek					
Verbinding met toezichthouder valt weg						
Stroomstoring	brandgevaar?					
Brandstof op						
Machine schakelt zomaar aan						
Machine kantelt door werk op talud/slootkant	Beknelling, milieuverontreiniging, schade					
Machine slipt door natte plek	Verlies stabiliteit					

5. Aanbevelingen voor de veiligheid

5.1 Aanbevelingen voor de fabrikant

- Pas de Essentiele veiligheidsbeginselen toe en volg het principe van Safety by design en de drie-staps-methode toe om te bepalen welke risico's door (1) ontwerp, beveiliging of informatievoorziening worden geminimaliseerd.
- De veiligheid van de sensoren onder veldomstandigheden moeten uitvoerig en onder variabele omstandigheden getest worden.
- De beste en veiligste manier van toezicht houden op afstand op de spuitmachine onderzoeken.
- Kleinere voertuigen zijn aanbeveling.
- Open dagen houden om een breder publiek bekend te maken met deze nieuwe systemen.
- Discussie met beoogde gebruiker en omstanders bij de risico beoordeling houden.
- Contact opnemen met een officiële door de EU aangewezen keuringsinstantie (Notified body) om de risico analyse mee door te nemen

5.2 Aanbevelingen voor de overheid

- Normen voor de autonome voertuigen in open teelten nader uitwerken zodat fabrikanten dit niet los van elkaar steeds opnieuw hoeven uit te zoeken.
- Voorlichting geven over deze ontwikkelingen.
- Onderzoek naar ontwerp van veilige systemen steunen.
-

5.3 Aanbevelingen voor de teler

- Houd je aan de gebruiksaanwijzing.
- Goede verzekering afsluiten. Naast een WA-verzekering met milieuschade clausule is een volledige casco verzekering aan te raden.

6. Veiligheidsvoorzieningen op de autonome aardbeienspuit

6.1 Huidige stand van zaken

Na opstarten van het autonome concept en het aanvangen van een bespuiting verlaat de bestuurder de trekker. Het activeren en stoppen van autonoom rijden wordt uitgevoerd

via de remote control. De status van de werking van het autonome concept wordt aangeduid met signaleringslampen met een geluidssignaal. Afhankelijk van de kleur lamp wordt aangeduid of het veilig is de trekker te benaderen. De lampen zijn aan beide zijden van de trekker net achter de cabine gemonteerd en steken boven de cabine uit voor een goede zichtbaarheid vanuit alle hoeken rondom de combinatie trekker/spuitmachine (Figuur 3). Wanneer een emergency button op de trekker of de emergency button op de remote control wordt geactiveerd, dan wordt de motor van de trekker uitgeschakeld. De trekker staat dan stil en er is geen hydraulisch vermogen meer beschikbaar. Het elektrisch circuit wordt niet uitgeschakeld wanneer de emergency button wordt bediend. Om mogelijke beïnvloeding te voorkomen is het uitschakelen van de motor bij een emergency onafhankelijk van de implementatie van de besturing en in hardware uitgevoerd.

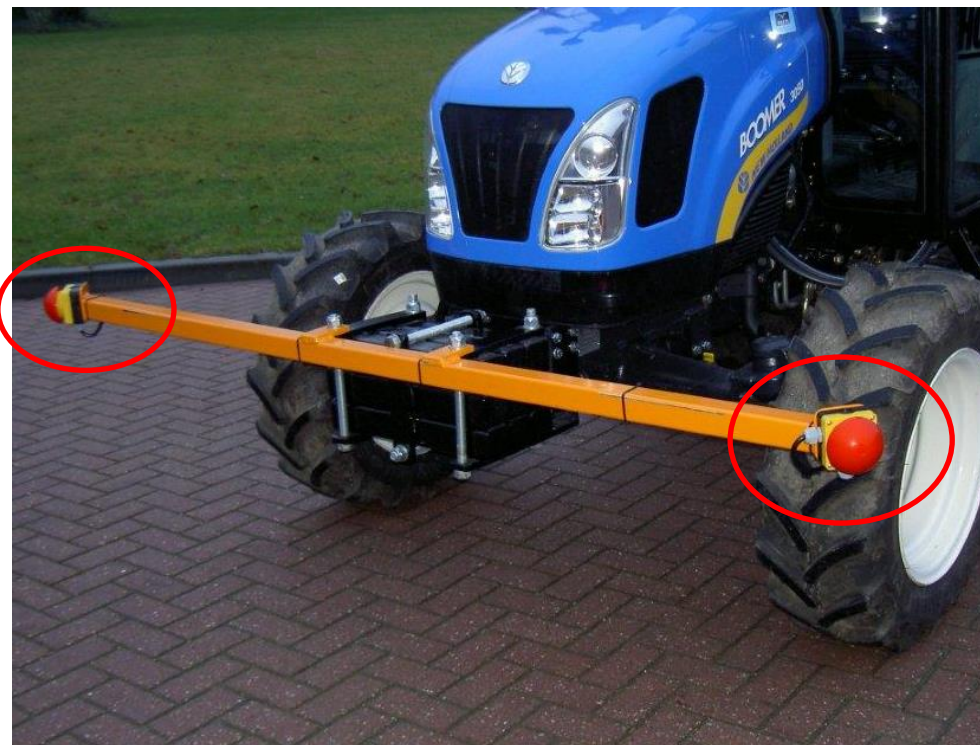
Een emergency situatie kan worden veroorzaakt door de gebruiker door op een noodknop te drukken, maar ook door de software zelf wanneer een onveilige situatie wordt herkend. Bijvoorbeeld wanneer de trekker in een verkeerde zone komt of wanneer het GPS signaal weg zou vallen.



Figuur 3. Status lampen voor zichtbaar maken van de werking van de combinatie trekker/spuitmachine.

In geval van nood kan er ingegrepen worden door het bedienen van de emergency button op de remote control of met de emergency buttons aan de voorzijde van de trekker. De afstandsbediening heeft een bereik van 1000 meter. De nood knoppen zijn gesitueerd aan de voorzijde van de trekker voor de frontgewichten. Om te voorkomen dat er dicht bij de wielen actie ondernomen moet worden om de trekker te stoppen, steken de knoppen in breedte gezien ruim buiten de wielen van de trekker uit (Figuur 4). Aan de achterzijde van de trekker en spuit zijn geen noodvoorzieningen aangebracht.

Wanneer een nood knop wordt bediend, wordt de motor van de trekker uitgeschakeld. Hiermee stopt het rijden van de trekker en de mechanische en hydraulische aandrijving van de spuitmachine. Het uitschakelen van de motor bij een noodsituatie werkt onafhankelijk van de autonome besturing en is in hardware uitgevoerd.



Figuur 4. Nood knoppen aan de voorzijde van de trekker.

6.2 Verbeteringen nodig voor het veiligheidssysteem op de autonome trekker.

Op dit moment worden personen niet gedetecteerd voor en achter de trekker. Dit is wel nodig. De zone voor de trekker kan gescand worden met behulp van radar en laserscanners om statische en dynamische objecten die afwijken van een regulier aardbeienperceel te herkennen. Tevens is een beeldvormende sensor nodig, die informatie naar de toezichthouder kan versturen zodat op basis daarvan besloten kan worden om door te rijden nadat gestopt is voor het object. Aan de achterzijde van de machine zijn ook sensoren nodig om vast te stellen of de trekker achteruit kan rijden bij het draaien op de kopakker.

Voor het spuitgedeelte zijn sensoren nodig die de uitgaande flow van de spuit controleren. Als tevens ook het vloeistofniveau in de tank gemonitord wordt, kan worden bepaald of geen lekkage optreedt of ongewenste plekken bespoten worden. Door supervisie kan dan semi autonoom het spuitproces bewaakt worden, en desnoods gestaakt.

7. Geraadpleegde literatuur

EUROPEAN COMMISSION (2003) RICHTLIJN 2003/37/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 26 mei 2003 betreffende de typegoedkeuring van landbouw- of bosbouwtrekkers en aanhangwagens, verwisselbare getrokken machines, systemen, onderdelen en technische eenheden daarvan en tot intrekking van Richtlijn 74/150/EEG van de Raad

EUROPEAN COMMISSION (2006) RICHTLIJN 2006/42/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 17 mei 2006 betreffende machines en tot wijziging van Richtlijn 95/16/EG (herschikking)

EUROPEAN COMMISSION (2009) RICHTLIJN 2009/127/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 21 oktober 2009 tot wijziging van Richtlijn 2006/42/EG met betrekking tot machines voor de toepassing van pesticiden

EUROPEAN COMMISSION (2008) RICHTLIJN 91/676/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 18 nov 2008 betreffende de Nitraatrichtlijn

EUROPEAN COMMISSION (2000) RICHTLIJN 2000/60/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 23 oktober 2000 betreffende de Kaderrichtlijn Water

FRASER, I. (2010) Gids voor de toepassing van Machinerichtlijn 2006/42/EG - 2de uitgave - juni 2010. 443 p.

GRIEPENTROG, H.W, ANDERSEN, N A, ANDERSEN J C, BLANKE M, HEINEMANN O, NIELSEN J, PEDERSEN S M, MADSEN T E & WULFSOHN D (2009) Safe and Reliable - Further Development of a Field Robot. In: *Proceedings 7th European Conference on Precision Agriculture (ECPA)* (ed van Henten, E. J., Goense, D., and Lokhorst, C.) , 6.7.2009 Wageningen, The Netherlands, Wageningen Academic Publishers, p.857-866 Pdf available on: <http://www.staff.kvl.dk/~hwg/pdf/papers/Griepentrog2009-7ECPA.pdf>

RONKAINEN A (2010) Safety of autonomous agricultural tractor-implement combinations with ISOBUS capabilities. MTT Raportti 6. Report of Master Thesis. Espoo, Finland. 89 pages. Pdf available on: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti6.pdf>

STENTZ A, DIMA C, WELLINGTON C, HERMAN H & STAGER D (2002) A system for semi-autonomous tractor operations. *Autonomous Robots* 13, 87-104.

VISION & ROBOTICS 2010 Dossier robotveiligheid. 222p
http://www.visionandrobotics.nl/uploads/Vision&Robotics_6_2010_safety.pdf