

*Eindrapport metingen smalspoortrekkers 2018*

**Smalspoortrekkers: vergelijking van de blootstelling aan lichaamstrillingen en schatting van de kantelhoek van zeven merken tijdens een praktijktest**

*Narrow track tractors: comparison of the exposure to whole-body vibrations and rollover angle estimation of seven different makes in a test in practice*

Huub H.E. Oude Vrielink

Rapport 2018-1001



# Colofon

## Over ErgoLab Research B.V.

“Kennis werkt beter”

ErgoLab Research is in 2006 opgericht vanuit Wageningen Universiteit & Research (Wageningen U&R) en heeft als doelen om specialistische wetenschap, kennis en ervaring met onderzoek, advies en coaching toe te passen, verstandig en efficiënt werken te bevorderen door het leveren van “evidence-based” kwaliteit, en kennis en uitkomsten bij de klant naar binnen te dragen. ErgoLab Research heeft ruim 30 jaar ervaring in toegepast wetenschappelijk onderzoek binnen arbeid en ergonomie.

Op het gebied van blootstelling aan lichaamstrillingen kunnen de volgende bijdragen ook interessant zijn (deze kunnen worden gedownload vanaf <https://www.ergolabresearch.eu>):

- Multidisciplinaire Richtlijn. Vermindering van blootstelling aan lichaamstrillingen om rugklachten te voorkómen (2014).
- Comparison of high-power agricultural tractors: effect of whole-body vibration exposure during a standardized test in practice (2012).
- Exposure to whole-body vibration of drivers of state-of-the-art self-propelled wide area rotary mowers during mowing of public green areas in practice (2014).

---

Title	Smalspoortrekkers: vergelijking van de blootstelling aan lichaamstrillingen en schatting van de kantelhoek van zeven trekkermerken tijdens een praktijktest (met Engelstalige samenvatting)
Author(s)	Huub H.E. Oude Vrielink
Report number	2018-1001
ISBN-number	
Date of publication	Oktober 2018
Confidentiality	Dit rapport kan worden gedownload voor eigen gebruik vanaf de website van ErgoLab Research: <a href="https://www.ergolabresearch.eu">https://www.ergolabresearch.eu</a>
Project code	
Price	-
Publisher	ErgoLab Research B.V. Alexanderweg 56 NL-6721 HH Bennekom
Telephone	+31 6 140 242 14
E-mail	<a href="mailto:huub.oudevrielink@ergolabresearch.eu">huub.oudevrielink@ergolabresearch.eu</a>
Internet	<a href="http://www.ergolabresearch.eu">www.ergolabresearch.eu</a>

© 2018 ErgoLab Research B.V.

All right reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for the inaccuracies in this report.

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, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

## Samenvatting

Smalspoortrekkers worden in de agrarische sector en het groenonderhoud gebruikt daar waar de ruimte beperkt is. De compacte bouw kan de oorzaak zijn van instabiliteit, zoals versnellingen waaraan de chauffeur wordt blootgesteld en de neiging tot kantelen bij werken op een helling. In dit rapport zijn zeven verschillende merken smalspoortrekkers vergeleken op de blootstelling aan lichaamstrillingen van de chauffeur en is een schatting gemaakt van de hoek waaronder de trekkers zijwaarts zouden gaan kantelen. Tevens is gekeken naar het effect op de lichaams-trillingen van voorasvering en het monteren van een speciale lage-drukband: PneuTrac.

De testen zijn uitgevoerd met drie chauffeurs op een vast parcours, bestaande uit een hobbelig, onverhard pad en een relatief vlakke grasstrook. De verschillende trekkermerken waren Case IH, Claas, Kubota, Deutz-Fahr, John Deere, Fendt en New Holland. Iedere chauffeur reed twee keer iedere trekker over hetzelfde parcours bij twee rijsnelheden (7-8 en 13-14 km/uur). Trillingsmetingen zijn uitgevoerd in drie richtingen, op en onder de stoel, en geanalyseerd volgens ISO-richtlijnen. De kantelhoek is benaderd door de verticale lijn door het massamiddelpunt van elke trekker te bepalen, met de trekker horizontaal en onder een hellingshoek, gevolgd door een modelberekening.

De trillingsblootstelling tijdens het rijden op een smalspoortrekker blijkt in zijwaartse richting het hoogst. Deze trillingsrichting bepaalt dan ook de maximale werkduur op een werkdag. Bij lage rijsnelheid bedroeg de blootstelling in de zijwaartse richting  $0.70 \text{ m/s}^2$  (mediane waarde over alle trekkers, chauffeurs en typen ondergrond; spreiding:  $0.55\text{-}0.85 \text{ m/s}^2$ ), bij hoge rijsnelheid was dit  $0.83 \text{ m/s}^2$  ( $0.47\text{-}1.06 \text{ m/s}^2$ ). Ter vergelijking: de waarden in voor-achterwaarts richting bedroegen  $0.32 \text{ m/s}^2$  ( $0.21\text{-}0.41 \text{ m/s}^2$ , lage rijsnelheid) en  $0.48 \text{ m/s}^2$  ( $0.25\text{-}0.72 \text{ m/s}^2$ , hoge rijsnelheid) en in verticale richting  $0.46 \text{ m/s}^2$  ( $0.35\text{-}0.70 \text{ m/s}^2$ , lage rijsnelheid) en  $0.77 \text{ m/s}^2$  ( $0.44\text{-}1.51 \text{ m/s}^2$ , hoge rijsnelheid). De Deutz-Fahr trekker scoorde voor alle trillingsrichtingen het meest gunstig: mediane waarden bij hoge rijsnelheid van  $0.57 \text{ m/s}^2$  voor zijwaartse trillingen en  $0.55 \text{ m/s}^2$  (verticaal). Indien de omstandigheden van de test als representatief worden uitgelegd voor de praktijk, dan betekenen de gemeten blootstellingen dat maximale rijtijden op een smalspoortrekker variëren tussen 2.0 en 5.8 uur per werkdag. Opvallend was dat voor alle trekkers de gemeten trilling óp de stoel in voor-achterwaartse en zijwaartse richtingen groter was dan gemeten aan het chassis onder de stoel. Voorasvering en het monteren van PneuTrac banden (deze laatste in vergelijking met conventionele banden op lage bandenspanning) bleken beide geen effect te hebben op de blootstelling aan lichaamstrillingen. Bij de kantelhoekbepaling bleek de Kubota smalspoortrekker het meest stabiel, vooral vanwege de relatief lage ligging van het massazwaartepunt. Gegeven de aannames bij de berekening wordt voor deze trekker een kantelhoek van  $31^\circ$  geschat.

De conclusie is dat smalspoortrekkers een hogere zijwaartse instabiliteit kennen ten opzichte van de normale landbouwtrekkers. Tevens worden grote verschillen geconstateerd tussen de trekkermerken, zowel wat blootstelling aan lichaamstrillingen als kantelhoek betreft. Een aanbeveling aan alle fabrikanten is in te zetten op betere trillingsisolatie van de stoel in zijwaartse richting, dit het het oog op het verminderen van de trillingsblootstelling.

*Kernwoorden:* lichaamstrillingen, WBV, blootstelling, agrarisch, trekkerwerk, banden, voorasvering, chauffeur, vering, rijsnelheid, rijoppervlak, ISO-2631, SEAT, schokken, kantelen, kantelhoek.

## Summary

Narrow width tractors are used in the agricultural sector and the maintenance of public green spaces, in situations when space is limited. The compact construction may result in instability. One may think of accelerations to which the driver is exposed, or of the tendency to roll over when working on a slope. In this report, seven different makes of narrow width tractors were compared for whole-body vibration (WBV) exposure of the driver. It was also investigated whether the presence of a front axle suspension or the mounting of a new type of low-pressure tires (PneuTrac) has an effect on WBV exposure. Finally, an estimate was made of the angle at which the tractors would demonstrate a rollover.

The tests were performed with three drivers on a fixed track, which consisted of a bumpy, unpaved path and a relatively flat grass strip. The different tractor brands involved were Case IH, Claas, Kubota, Deutz-Fahr, John Deere, Fendt and New Holland. Every driver drove each tractor on the track mentioned twice at two different speeds (7-8 and 13-14 km/h). Vibration measurements were made in three directions, on and below the seat, and were analyzed, all according to ISO guidelines. The rollover angle was approximated by first determining the vertical lines through the centre of mass in two situations, namely the tractor in horizontal and inclined position, and then performing a model calculation.

The vibration exposure while driving with a narrow width tractor appears to be the highest in the lateral direction. Hence, this vibration axis determines the maximum working time on a working day. At low driving speed the exposure to lateral WBV was  $0.70 \text{ m/s}^2$  (median value over all tractors, drivers and driving surface; range:  $0.55\text{-}0.85 \text{ m/s}^2$ ), at high driving speed this was  $0.83 \text{ m/s}^2$  ( $0.47\text{-}1.06 \text{ m/s}^2$ ). To compare: the values in the fore-aft direction were  $0.32 \text{ m/s}^2$  ( $0.21\text{-}0.41 \text{ m/s}^2$ , low driving speed) and  $0.48 \text{ m/s}^2$  ( $0.25\text{-}0.72 \text{ m/s}^2$ , high driving speed) and in the vertical direction  $0.46 \text{ m/s}^2$  ( $0.35\text{-}0.70 \text{ m/s}^2$ , low driving speed) and  $0.77 \text{ m/s}^2$  ( $0.44\text{-}1.51 \text{ m/s}^2$ , high driving speed). The Deutz-Fahr tractor appeared to have the lowest exposure for all vibration axes: median values at high driving speed were  $0.57 \text{ m/s}^2$  for lateral vibrations and  $0.55 \text{ m/s}^2$  (vertically). If the conditions of the test are interpreted as representative for those in practice, the exposure values measured indicate that maximum driving times on a narrow width tractor vary between 2.0 and 5.8 hours per working day. It was striking that for all tractors the measured vibration on the seat in fore-aft and lateral directions were greater than measured at the cabin floor. Front axle suspension and the fitting of PneuTrac tires (the latter were compared to conventional tires at comparably low pressure) were both found to have no effect on the WBV exposure. The Kubota narrow-track tractor was found to be the most stable at the rollover angle estimation, mainly because of the relatively low location of the centre of mass. Given that the calculation is done under various assumptions, a rollover angle of  $31^\circ$  is estimated for this tractor.

The conclusion is that narrow width tractors have a higher lateral instability than conventional agricultural tractors. Great differences are observed between the tractor brands, both in terms of whole-body vibration exposure and rollover angle. A recommendation to all manufacturers is to improve the vibration isolation of the seat in the lateral direction, this in order to reduce vibration exposure.

*Keywords:* whole body vibration, WBV, exposure, agriculture, tractor work, tractor driver, tyres, front axle suspension, driving speed, road surface, ISO-2631-1, ISO-2631-5, SEAT, repetitive shocks, rollover angle.

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>3</b>
<b>Summary</b>	<b>4</b>
<b>Inhoud</b>	<b>5</b>
<b>Met dank</b>	<b>6</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>2 Methoden, technieken en procedure</b>	<b>9</b>
2.1 Chauffeurs	9
2.2 Trekkers	9
2.3 Locatie en uitvoering van de trillingsmetingen	11
2.4 Trillingen: meetinstrumentarium en procedure	12
2.5 Trillingen: dataverwerking, interpretatie en presentatie	13
2.5.1 Dataverwerking	13
2.5.2 Interpretatie van de gemeten waarden naar dagelijkse blootstelling	16
2.5.3 Presentatie van de data en statistiek	18
2.6 Kantelhoek: opstelling, metingen en dataverwerking	18
<b>3 Resultaten en bespreking</b>	<b>23</b>
3.1 Typisch patroon van de trillingsmetingen	23
3.2 Effecten van rijsnelheid, ondergrond en chauffeurs	24
3.3 Gerealiseerde rijsnelheid	25
3.4 Verschillen tussen de trekkers	26
3.4.1 Standaard configuratie	26
3.4.2 Voorasvering	29
3.4.3 PneuTrac banden	29
3.5 Interpretatie naar een werkdag	30
3.6 Kantelhoek	31
<b>4 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>35</b>
<b>Referenties</b>	<b>37</b>
<b>Bijlage A – Meetwaarden van de blootstelling aan lichaamstrillingen en schokken</b>	<b>39</b>
<b>Bijlage B – De geteste trekkers en configuratie</b>	<b>43</b>
<b>Bijlage C – Frequentiespectra</b>	<b>45</b>

## Met dank

De in dit rapport weergegeven testresultaten zouden niet tot stand zijn gekomen zonder de welwillende medewerking van diverse personen en bedrijven. We willen graag **hartelijk dank** zeggen aan:

- het vakblad *Trekker* als onderdeel van *Reed Business* voor het financieel mogelijk maken van de uitgevoerde testen;
- de drie chauffeurs Bob, Bas en Bernie voor het steeds maar weer rijden over het parcours met de vastgestelde rij snelheden, en het delen van hun trekkerexpertise;
- Kuypers Graszoden te Biezenmortel, voor het beschikbaar stellen van de hal bij de voorbereidingen van de metingen en het uitvoeren van de tests ter bepaling van de kantelhoek, en met speciale dank aan John voor zijn niet aflatende hulp, advies en informatie over het gebruik van smalspoortrekkers in de praktijk;
- Boomkwekerij Udenhout voor het beschikbaar stellen van het testparcours voor de trillingsmetingen;
- De fabrikanten en leveranciers van de smalspoortrekkers voor het beschikbaar stellen en rijklaar maken van hun machines: Case IH, Claas, Deutz-Fahr, Fendt, John Deere, Kubota, New Holland;
- De fabrikant Trelleborg voor het leveren van banden, het beschikbaar stellen van de PneuTrac banden, en het uitlenen van een weegplaat en verhogingen voor de test van de kantelhoek.

[Voor het volledige rapport / For the full version of the report, go to](#)

[https://www.ergolabresearch.eu/pdf/Eindrapport\\_metingen\\_smalspoortrekkers\\_2018\\_def.pdf](https://www.ergolabresearch.eu/pdf/Eindrapport_metingen_smalspoortrekkers_2018_def.pdf)