

# Richtlijn voor het meten van fysieke belasting met sensoren

PEROSH (Partnership for European Research in Occupational Safety and Health) is een Europees netwerk van onderzoeksorganisaties op het terrein van Occupational Safety and Health. Dit partnerschap werkt aan verschillende projecten op het gebied van veilig en gezond werken (zie kader). Een van die gezamenlijke projecten is het project 'PEROSH recommendations for procedures to measure occupational physical activity and workload'. Dit project gaat over het meten van fysieke belasting op het werk met technische systemen (sensoren). In dit artikel worden de resultaten van dit project beschreven.

## Marjolein Douwes en Noortje Wiezer

Fysieke overbelasting op het werk is een bekend risico voor het ontstaan van aandoeningen aan het bewegingsapparaat, ziekteverzuim en arbeidsongeschiktheid. Daarmee vormt het een belemmering voor een duurzaam gezonde inzet van mensen in werk. Ook fysieke onderbelasting (te weinig bewegen, langdurig zitten) brengt gezondheidsrisico's met zich mee, zoals overgewicht, diabetes type II en depressie. Voor effectieve preventie van fysieke over- en onderbelasting is kennis nodig over de epidemiologische grenswaarden waaronder of -boven er geen (verhoogd) risico is. Tot op heden werd de fysieke belasting in epidemiologische studies echter doorgaans gemeten met vragenlijsten en in een enkel geval met observaties. De nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de resultaten van dit type dataverzameling is beperkt, waardoor harde gezondheidskundige grenswaarden ontbreken (zie bijvoorbeeld het 'Dossier tillen tijdens werk' van de Gezondheidsraad (2012)). Met de huidige technische mogelijkheden zijn meer geavanceerde meetsystemen, zoals sensoren die meer nauwkeurige en betrouwbare resultaten opleveren, binnen handbereik gekomen. Omdat de dataopslag is verbeterd en kosten van deze systemen afnemen, is ook toepassing op grotere schaal mogelijk. Deze sensoren zijn niet alleen interessant voor epidemiologisch onderzoek, ze leveren ook betere input voor risico-inventarisaties en evaluaties op het gebied van fysieke belasting.

### PEROSH-richtlijn voor het meten van de fysieke belasting met sensoren

Verscheidene PEROSH-instituten hebben de laatste jaren al ervaring opgedaan met de ontwikkeling en toepassing van dergelijke sensoren in onderzoek. Het

Noorse NIOH heeft in een prospectieve cohortstudie de armelevatie van bouw- en zorgmedewerkers gedurende vier werkdagen gemeten met versnellingsopnemers om de relatie met schouderpijn te bepalen (Koch et al., 2017). Het Karolinska-instituut in Zweden ontwikkelde en valideerde een i-Phone-app om armelevatie in de praktijk te meten en de medewerker direct inzicht te kunnen geven in diens schouderbelasting (Yang et al., 2017). De methoden die bij onderzoek met sensoren worden ingezet verschillen echter, wat uitwisseling en vergelijking van de resultaten en het uitvoeren van meta-analyses bemoeilijkt. De PEROSH-instituten wilden nagaan of het mogelijk was om afspraken te maken over deze werkwijze. Daarom is in 2017/2018 een project uitgevoerd met als doel om te komen tot een gezamenlijk geaccepteerde methodologie of 'richtlijn' voor het meten van fysieke belasting met technische systemen (sensoren). Een van de belangrijke risicofactoren voor rug- en schouderklachten is 'armelevatie' (heffing van de bovenarm); daarom is het meten van armelevatie gekozen als focus voor het project. Aan het project namen dertien organisaties (elf PEROSH-partners, waaronder TNO, en twee universiteiten) deel. Het resultaat van dit project is beschreven in Weber et al. (2018). Het toepassingsgebied en de inhoud van dit document vatten we hieronder kort samen.

### Voor wie en welke toepassing is deze richtlijn bedoeld?

De richtlijn biedt praktische adviezen voor het meten van de blootstelling aan armelevatie met technische meetsystemen (sensoren). Deze richtlijn is bedoeld voor onderzoekers en ergonomen/bedrijfsfysiotherapeuten en biedt handvatten voor de selectie van een geschikt



Afbeelding 1. Voorbeeld van een sensor die in een speciaal shirt op de arm wordt gedragen.

## PEROSH

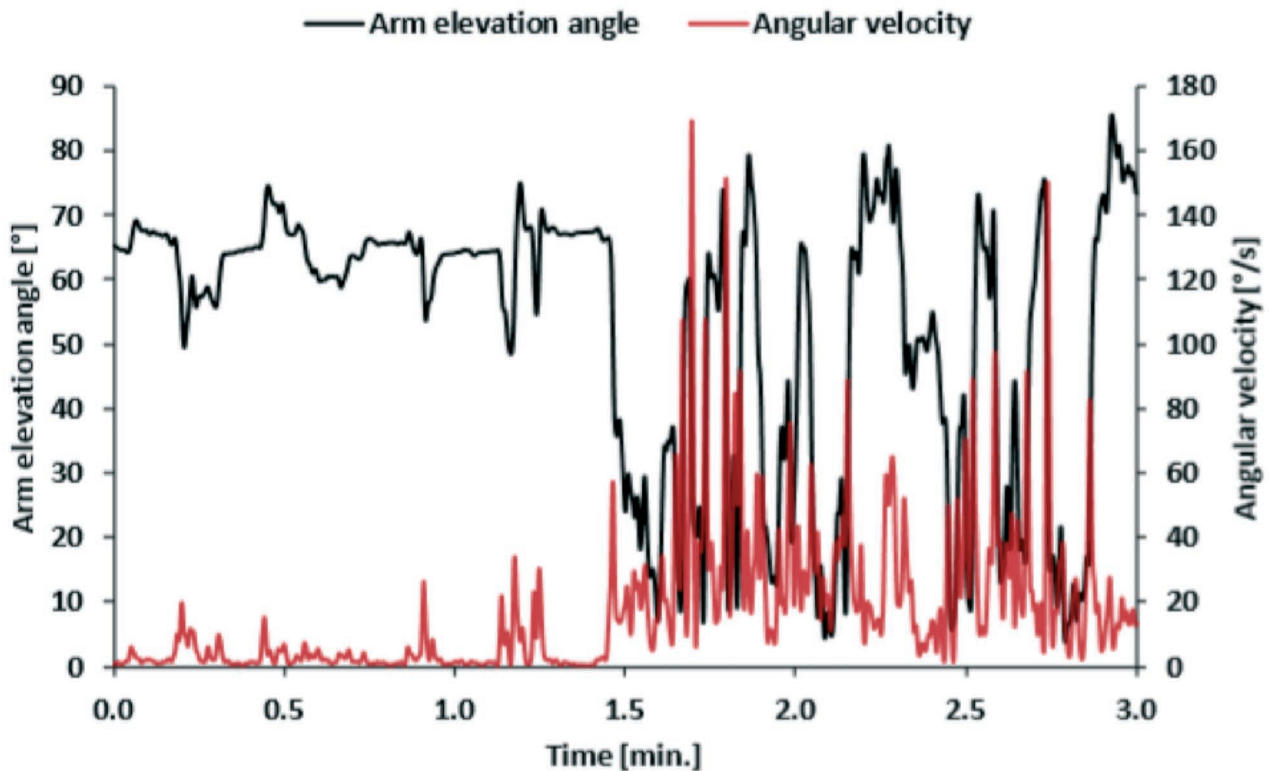
Gezond en veilig werken is een blijvend aandachtsgebied in de veranderende wereld van werk en een voorwaarde voor duurzame, gezonde en productieve inzet van mensen. Om onderzoek naar gezond en veilig werken in Europa te stimuleren is in 2003 het Partnership for European Research in Occupational Safety and Health (PEROSH) opgericht. PEROSH is een Europees netwerk dat bestaat uit 13 instituten, verdeeld over 12 Europese landen. Al deze instituten spelen een centrale rol op het gebied van 'gezond en veilig werken' in hun land. Nederland is in het netwerk vertegenwoordigd door TNO. Informatie over de partners en activiteiten van PEROSH is te vinden op de PEROSH-website: [www.perosh.eu](http://www.perosh.eu).

Het PEROSH netwerk heeft drie belangrijke taken:

1. PEROSH is een denktank op het terrein van gezond en veilig werken in Europa. Het signaleert nieuwe onderzoeksuitdagingen op Europees niveau, bijvoorbeeld de mogelijkheden (zoals in dit artikel beschreven) maar ook de uitdagingen (zoals datamanagement) van technologische ontwikkelingen. De noodzaak om nieuwe aanpakken te ontwikkelen voor het verbeteren van mentale gezondheid van werknemers is een andere onderzoeksuitdaging die door PEROSH-instituten is vastgesteld.

2. PEROSH-instituten werken samen aan het stimuleren van gezond en veilig werken in Europa; in gezamenlijke onderzoeksprojecten, doordat onderzoekers een korte periode bij een collega-instituut aan het werk gaan, door het organiseren van workshops waarin kennis wordt uitgewisseld en door het organiseren van (wetenschappelijke) congressen, zoals het Wellbeing@Work congres.
3. PEROSH ondersteunt de verspreiding van onderzoeksresultaten naar belangrijke stakeholders en maakt deze resultaten toegankelijk voor een breder publiek. Kennis wordt verspreid door middel van publicaties en presentaties, via sociale media en via de PEROSH-website ([www.perosh.eu](http://www.perosh.eu)) en de PEROSH-nieuwsbrief.

De PEROSH-website en nieuwsbrief, waarop geïnteresseerden zich kunnen abonneren, bevatten naast uitgebreide beschrijvingen van de gezamenlijke onderzoeksprojecten ook publicaties van de projectresultaten. Daarnaast treft men ook verschillende 'position papers' aan die in de afgelopen jaren door het PEROSH-netwerk zijn geschreven. De website bevat bovendien nieuws van de afzonderlijke instituten en algemeen Europees nieuws op het terrein van gezond en veilig werken.



Afbeelding 2. Voorbeeld van een tijdlijn van de arm-elevatie-hoek (zwarte lijn) en versnelling (rode lijn).

meetsysteem, een passende meetstrategie, data-analyse en interpretatie van de resultaten. Hoewel de focus op werk ligt, is toepassing buiten werk ook mogelijk. Het document geeft ook aan welke voor- en nadelen er zijn aan het meten met sensoren versus andere meetmethoden. Tot slot worden verschillende scenario's geschetst van verschillende soorten onderzoek waarin sensoren kunnen worden gebruikt.

### Richtlijn voor meten van armelevatie met technische systemen

#### Definities

Armelevatie is een indicator voor de biomechanische belasting van de schouder en speelt ook een rol bij de rugbelasting. In de literatuur wordt armelevatie op veel verschillende manieren gedefinieerd. Om te kunnen komen tot een gezamenlijke methodologie zijn daarom allereerst definities opgesteld voor de verschillende relevante begrippen. Dit leidde al meteen tot veel discussie over relevante parameters, zoals duur, frequentie en hoeksnelheid en over de referentiehouding (nulwaarde).

#### Voordelen technisch meetsysteem versus vragenlijsten en observatie

De voor- en nadelen van verschillende meetmethoden zijn beschreven. Duidelijk is dat technische meet-systemen meer nauwkeurige en betrouwbare gegevens

opleveren dan beide andere methoden. Maar informatie over krachtoefening met de handen ontbreekt en is wel relevant voor de biomechanische belasting van schouder (en rug). Daarom luidt het advies om parallel, bijvoorbeeld via observatie en navraag, informatie over krachtoefening te verzamelen.

#### Kiezen van het juiste meetsysteem

Verschiedende technische systemen en hun voor- en nadelen worden besproken. Accelerometers (versnellingsopnemers) en inertial measurement units (IMU's; versnellingsopnemers met gyroscoop en magnetometer) zijn het bekendst. Accelerometers hebben als nadeel dat hoeken en hoeksnelheden overschat kunnen worden bij snelle bewegingen, terwijl IMU's dan beter presteren. De duurdere IMU-systemen geven dus een beter beeld en zijn meer geschikt voor labonderzoek met een beperkt aantal metingen. De goedkopere accelerometers zijn goed bruikbaar voor veldwerk met een relatief groot aantal metingen. De PEROSH-richtlijn biedt handvatten voor de keuze van het juiste systeem aan de hand van verschillende criteria, zoals het doel, de vereiste nauwkeurigheid, de duur van de metingen en het aantal deelnemers in relatie tot het beschikbare budget van de studie. Een apart hoofdstuk is gewijd aan de dataverzameling strategie, oftewel het aantal deelnemers, meetmomenten, meetduren en meet-dagen in relatie tot de variatie in armelevatie binnen en tussen deelnemers en tussen taken en dagen.

## Interpretatie van de data

Als de meting bedoeld is voor risicoanalyse, dan zijn normen of grenswaarden nodig voor de interpretatie van de resultaten. De huidige beschikbare ISO- en (N) EN-normen met betrekking tot armelevatie zijn echter gebaseerd op resultaten uit observatieonderzoek. Dit geldt ook voor diverse beoordelingsinstrumenten die met dit doel zijn ontwikkeld. De grenswaarden die in deze normen en instrumenten worden gehanteerd variëren sterk en zijn niet gevalideerd. Voor technische metingen lijken de zogenoemde 'Lund action levels' – gebaseerd op grootschalig epidemiologisch onderzoek met accelerometers – beter geschikt. Deze richtlijnen worden in de PEROSH-richtlijn gepresenteerd en toegelicht.

## Voorbeelden van toepassingen

Tot slot worden voorbeelden of scenario's geschetst van mogelijke toepassingen van sensoren bij het meten van armelevatie in verschillende typen onderzoek, te weten:

- het uitvoeren van een risicoanalyse om te bepalen of de fysieke belasting te hoog is (risico analyse op groepsniveau);
- onderzoek naar de (kosten)effectiviteit van interventies om de schouderbelasting te verminderen (interventies op groepsniveau);
- onderzoek om te bepalen of armelevatie een risico met zich meebrengt voor een individuele medewerker (risico analyse op individueel niveau);
- de individuele schouderbelasting meten om daarover feedback te kunnen geven aan de werknemer om daarmee de bewustwording te verhogen en de medewerker te motiveren tot een gezonde werkstijl (interventies op individueel niveau).

Voor alle vier de typen onderzoek zijn een of meer scenario's beschreven, waarbij onder meer de selectie van het juiste meetsysteem en meetstrategie worden besproken.

## Tot slot

De aanbevelingen zijn tot stand gekomen door consensus tussen verschillende Europese onderzoeksgroepen met expertise in de toepassing van technische meetsystemen. Ze zijn mede bedoeld als oproep en stimulans voor een meer frequente en meer geharmoniseerde toepassing van dit type meet-systemen bij onderzoek naar de relatie tussen schouderbelasting en schouderklachten op het werk, zodat daar op termijn betere preventieve richtlijnen uit kunnen worden afgeleid.

In 2017 is een vergelijkbaar project uitgevoerd voor het ontwikkelen van een richtlijn voor het meten van sedentair gedrag (langdurig zitten zonder onderbreking) op het werk met technische systemen. De

resultaten van dat project zijn beschreven in Holterman et al. (2017). Dit artikel won in 2017 de 'Best Paper Award' dat *Applied Ergonomics* jaarlijks uitreikt.

Informatie over beide projecten alsmede de documenten zijn te vinden op: <https://perosh.eu/research-projects/perosh-projects/perosh-recommendations-for-procedures-to-measure-occupational-physical-activity-and-workload/>.

## Referenties

Holterman, A., Schellewald, V., Mathiassen, S.E., Gupta, N., Pinder, A., et al. A practical guideline for assessments of sedentary behavior at work: A PEROSH initiative, *Applied Ergonomics* 63 (2017), 41052. <https://www.sciencedirect.com>

Koch, M., L.K. Lunde, K.B. Veiersted, and S. Knardahl, Association of objectively measured arm inclination with shoulder pain: A 6-month follow-up prospective study of construction and health care workers. *PLoS One*, 2017. 12(11): p. e0188372.

Gezondheidsraad. Tillen tijdens werk. Den Haag: Gezondheidsraad, 2012; publicatienr. 2012/36. ISBN: 978-90-5549-935-9. <https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2012/12/20/tillen-tijdens-werk>.

Weber, B., Douwes, M., Forsman, M., Könemann, R., Heinrich, K. et al. Assessing Arm Elevation at Work with Technical Assessment Systems. © Partnership for European Research in Occupational Safety and Health (PEROSH), 2018; DOI: 10.23775/20181201.

Yang, L., W.J.A. Grooten, and M. Forsman, An iPhone application for upper arm posture and movement measurements. *Applied Ergonomics*, 2017. 65: p. 492-500.

---

## Over de auteur



Drs. M. Douwes  
Senior scientist  
Work Health Technology  
TNO, Leiden  
[marjolein.douwes@tno.nl](mailto:marjolein.douwes@tno.nl)



Dr. N.M. Wiezer  
Senior scientist  
Work Health Technology  
TNO, Leiden