



Wetenschappelijk onderzoek gepubliceerd in Engelstalige peer-reviewed tijdschriften is vaak niet laagdrempelig genoeg om door te dringen tot de werkvloer. In deze rubriek wordt een recent verschenen wetenschappelijk artikel samengevat met relevante resultaten voor de preventieadviseur. Volgend artikel wordt besproken: "Wearable technology for personalized construction safety monitoring and trending: review of applicable devices"¹.

Karolien van Nunen

Leerstoel Vandeputte,
Universiteit Antwerpen
Redactieraad Veiligheidsnieuws

Het gebruik van wearables en mogelijke voordelen

Technologische vernieuwingen, zoals 'wearables', bieden mogelijkheden om veiligheid en welzijn op de werkvloer te verbeteren. Wearables zijn sensoren die zijn ingebouwd in bijvoorbeeld werkkleding, persoonlijke beschermingsmiddelen of horloges. Deze sensoren kunnen verschillende vormen van veiligheidsinformatie meten en registreren, zoals concentraties van gevaarlijke stoffen, lichaamshouding van werknemers of geluidsniveaus.

"Wearables kunnen werknemers waarschuwen indien actie is vereist"

Wearables meten en registreren niet enkel veiligheidsdata, maar vaak worden werknemers door de wearables ook onmiddellijk gewaarschuwd indien een actie is vereist (bijvoorbeeld het stopzetten van de werkzaamheden of het verlaten van een ruimte). Deze waarschuwing kan visueel zijn, of door middel van trillingen of geluid.

Aan het gebruik van wearables worden meerdere voordelen gekoppeld:

- ▶ Veiligheidsdata worden op een geautomatiseerde manier gemeten en geregistreerd, waardoor de kans op foute informatie daalt.
- ▶ Wearables meten real-time data. Er zit dus geen vertraging op de veiligheidsinformatie.

- ▶ Het gaat steeds om objectieve informatie, zonder subjectieve interpretatie.
- ▶ Veiligheidsdata worden frequent geregistreerd, in tegenstelling tot bijvoorbeeld ongevalldata. (Zware) ongevallen vinden met relatief lage frequentie plaats, waardoor deze datasets vaak te klein zijn om als basis te dienen voor efficiënte verbeterstrategieën.
- ▶ Op basis van veiligheidsinformatie geregistreerd door wearables kunnen proactieve beslissingen genomen worden. Men kan met andere woorden acties ondernemen nog voor een veiligheidsincident zich voordoet.

In dit artikel wordt nagegaan welke wearables toegepast kunnen worden in de bouwsector, en waarmee men best rekening kan houden om het gebruik ervan te optimaliseren.

Toepassing van wearables in de bouwsector

In het dagdagelijkse leven, de vrije tijdsbesteding en de sportwereld is het gebruik van wearables aan een sterke opmars bezig. Denk bijvoorbeeld aan horloges die via bepaalde functies het aantal stappen of de hartslag continue in de gaten houden. In het bedrijfsleven, waaronder de bouwsector, worden wearables nog maar in beperkte mate ingezet en gebruikt.

Het meten van veiligheidsprestaties in de bouwsector door middel van wearables kan onderverdeeld worden in vier groepen:

1. Fysiologische monitoring: het meten van fysiologische data van werknemers zoals hartslag, ademhaling, lichaamshouding, snelheid

- en versnelling van het lichaam.
2. Omgevingsmonitoring: het meten van omgevingsfactoren zoals temperatuur en druk, maar ook van bijvoorbeeld de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen.
3. Nabijheidsdetectie: het meten van de nabijheid van een gevaar, bijvoorbeeld een werknemer die in contact kan komen met een naderende vorkheftruck, of een werknemer die een ruimte betreedt met een te hoge concentratie asbest.
4. Locatiebepaling: het nauwkeurig bepalen van locaties van werknemers, machines en materiaal.

Tabel 1 toont voor elk van deze groepen de geassocieerde veiligheids- en gezondheidsgevaaren, en de specifieke metingen om deze gevaren in kaart te brengen. Verschillende technologieën, zoals infrarood, GPS of bluetooth, kunnen gebruikt worden om de metingen uit te voeren (zie Tabel 2).

"Wearables kunnen geïntegreerd worden in bestaande werkkuitrusting"

Optimaliseren van het gebruik van wearables

Er worden enkele aspecten aangehaald waarmee men rekening dient te houden bij het ontwerp of de keuze van wearables in de bouwsector.

- ▶ Grootte en gewicht: het is belangrijk dat een wearable de uitvoering van de werkzaamheden niet hindert. Dit kan door de sensor klein en licht van gewicht te maken, en door deze te integreren in de bestaande werkkuitrusting, zoals de helm of kleding van werknemers.

¹ Awolusi I., Marks E., Hallowell M. (2018). Wearable technology for personalized construction safety monitoring and trending: Review of applicable devices. Automation in Construction, 85, 96-106.

| | Construction site hazards | | Metrics |
|--------------------------|--|--|---|
| | Safety hazards | Health hazards | |
| Physiological monitoring | Slips, trips, and falls from height. | Stress, heat, cold, strain injuries (carpal tunnel syndrome, back injuries), skin diseases (absorption), cuts (injection), breathing or respiratory diseases, toxic gases. | Heart rate, heart rate variability, respiratory rate, body posture, body speed, body acceleration, body rotation and orientation, angular velocity, blood oxygen, blood pressure, body temperature, activity level, calories burn, and walking steps. |
| Environmental sensing | Slips, trips, fire and explosions. | Chemicals (paints, asbestos, solvents, chlorine), molds, noise, heat, cold, radiation, vibration, toxic gases. | Ambient temperature, ambient pressure, humidity, noise level, light intensity, air quality. |
| Proximity detection | Caught-in or -between, Struck-by moving vehicle or equipment, electrocution. | Chemicals (paints, asbestos, solvents, chlorine), molds, noise, heat, cold, radiation, vibration, toxic gases. | Object detection, navigation, distance measurement, and proximity detection. |
| Location tracking | Caught-in or -between, struck-by, confined spaces, cave in, electrocution. | Hazardous chemicals (paints, asbestos, solvents, chlorine), molds, noise, heat, cold, radiation, vibration. | Worker location tracking, materials tracking, and vehicle/equipment location tracking. |

Tabel 1: Metingen van veiligheidsprestaties geassocieerd met veiligheids- en gezondheidsgevaaren in de bouwsector

- ▶ Locatie en bevestiging: de ideale lichaamslocatie en bevestiging van wearables is een punt van discussie. Algemeen wordt gesteld dat, hoe dicht de sensor zich bevindt bij de te meten veiligheidsprestatie, hoe nauwkeuriger het resultaat van de meting. Bijvoorbeeld: een sensor om de hartslag te meten, kan zich het best op de borstkas bevinden.
- ▶ De energiebron en het energieverbruik: gebruiksvriendelijke wearables zijn energie-efficiënt. Het opladen of vervangen van de batterij dient daarom tot een minimum beperkt te worden. Energiebronnen met een langere levensduur zijn echter meestal groter en zwaarder, waardoor de gebruiksvriendelijkheid afneemt.
- ▶ De onderhoudskosten van de energiebronnen – net zoals die van de sensor zelf – kan sterk variëren naargelang de technologie. Wearables met zelfvoorzienende energiebronnen, bijvoorbeeld op basis van zonnecellen, zijn volop in ontwikkeling.
- ▶ Detectiegevoeligheid: verschillende factoren kunnen ervoor zorgen dat de detectiegevoeligheid van een wearable afneemt of wordt verstoord. Het kan gaan om persoonsgebonden factoren zoals transpiratie van werknemers, of omgevingsfactoren zoals de aanwezigheid van metalen objecten en structuren. Hiermee moet men rekening houden bij de ontwikkeling en keuze van wearables.
- ▶ Meten van verschillende veiligheidsprestaties: indien mogelijk kan men ervoor kiezen om verschillende veiligheidsprestaties te meten door middel van een enkele wearable.
- ▶ Betrouwbaarheid en validiteit: wearables moeten zo betrouwbaar en valide mogelijk de veiligheidsprestaties meten. Dit wil ten eerste zeggen dat je meet wat je wil meten. Zo is het bijvoorbeeld bij de locatiebepaling belangrijk dat de gemeten locatie weinig tot niets verschilt van de eigenlijke locatie. Ten tweede is het nodig dat herhaalde metingen van eenzelfde situatie (bijvoorbeeld een locatiebepaling) steeds dezelfde meetwaarden opleveren.

“Privacy is een belangrijk aspect dat niet over het hoofd gezien mag worden”

| Technologies/sensors | Physiological monitoring | Environmental sensing | Proximity detection | Location tracking |
|----------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|
| Infrared | x | x | x | x |
| Magnetometer | x | x | x | x |
| Radar | x | x | x | x |
| RFID | x | x | x | x |
| Sonar | x | x | x | x |
| Bluetooth | x | x | x | |
| GPS | | x | x | x |
| Accelerometer | x | x | | |
| Gyroscope | x | x | | |
| Ultrasound | x | | x | |
| UWB | | | x | x |
| Wi-Fi | | x | | x |
| Capacitive sensor | | x | | |
| EKG/ECG | x | | | |
| EMG | x | | | |
| GSR | x | | | |
| Humidity sensor | | x | | |
| Light sensor | | x | | |
| Noise sensor | | x | | |
| Pressure sensor | | x | | |
| Temperature sensor | | x | | |

Tabel 2: Mogelijke technologieën voor het meten van veiligheidsprestaties op basis van wearables

- ▶ Dataopslag en -verwerking: door middel van wearables worden veiligheidsdata frequent gemeten en geregistreerd. Een voldoende grote dataopslag is daarom nodig. Ook het verwerken van de data is een aspect om de keuze van een wearable te bepalen: is een directe verwerking nodig (bijvoorbeeld een real-time waarschuwing aan de werknemer), of worden de veiligheidsdata van verschillende werknemers geanalyseerd (bijvoorbeeld om op het niveau van de volledige organisatie verbeterstrategieën te formuleren).
- ▶ Tot slot is het essentieel dat aspecten zoals privacy en beveiliging van verzamelde gegevens optimaal geborgd worden. ♦