



Delft University of Technology

Immersieve technologieën als gamechanger voor veiligheid in de bouwsector?

Voor jou samengevat

van Nunen, K.L.L.

Publication date

2025

Document Version

Final published version

Published in

Veiligheidsnieuws

Citation (APA)

van Nunen, K. L. L. (2025). Immersieve technologieën als gamechanger voor veiligheid in de bouwsector? Voor jou samengevat. *Veiligheidsnieuws*, (226), 66-67.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable). Please check the document version above.

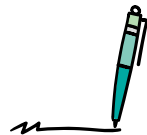
Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights. We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

IMMERSIEVE TECHNOLOGIEËN ALS GAMECHANGER VOOR VEILIGHEID IN DE BOUWSECTOR?



In deze rubriek wordt een recent verschenen wetenschappelijk artikel samengevat met relevante resultaten voor de preventieadviseur. In deze editie komen twee reviewartikels aan bod die focussen op het gebruik van immersieve technologieën om veiligheid in de bouwsector te verbeteren^{1,2}.

Karolien van Nunen

Assistant professor TU Delft

Redactieraad Veiligheidsnieuws

Immersieve technologieën in de bouwsector

De studie van Babalola et al. (2023) focust op de toepassing van immersieve technologieën (ImTs) om arbeidsveiligheid in de bouwsector te verbeteren. ImTs omvatten technologieën zoals virtual reality (VR), augmented reality (AR) en mixed reality (MR), die een gesimuleerde omgeving creëren om realistische ervaringen na te bootsen en interacties mogelijk te maken.

In het reviewartikel worden 117 relevante artikels over het thema geanalyseerd. Er wordt gekeken naar de huidige toepassing van ImTs in de bouwsector voor het verbeteren van arbeidsveiligheid, en mogelijke uitdagingen worden besproken.

Virtual Reality (VR) plaatst de gebruiker in een volledig digitale, gesimuleerde wereld. Bijvoorbeeld: een bouwprofessional zet een VR-bril op en bevindt zich in een virtuele bouwplaats, waar men kan oefenen met het werken op hoogte zonder fysiek gevaar te lopen.

Augmented Reality (AR) voegt digitale elementen toe aan de echte wereld, maar de gebruiker blijft de fysieke omgeving zien. Bijvoorbeeld: een veiligheidsinspecteur draagt een AR-bril en loopt over een bouwplaats. De bril scant de omgeving en toont real-time veiligheidswaarschuwingen, zoals 'onjuist gestapelde materialen – risico op instorten'.

Mixed Reality (MR) combineert VR en AR door digitale objecten realistisch in de echte wereld te integreren en interactie ermee mogelijk te maken. Bijvoorbeeld: een bouwbedrijf traint nieuwe kraanmachinisten. Door een MR-bril zien de kraanmachinisten een virtuele kraan in hun echte werkomgeving. Ze besturen de kraan met fysieke controllers, terwijl de MR-technologie real-time feedback geeft.

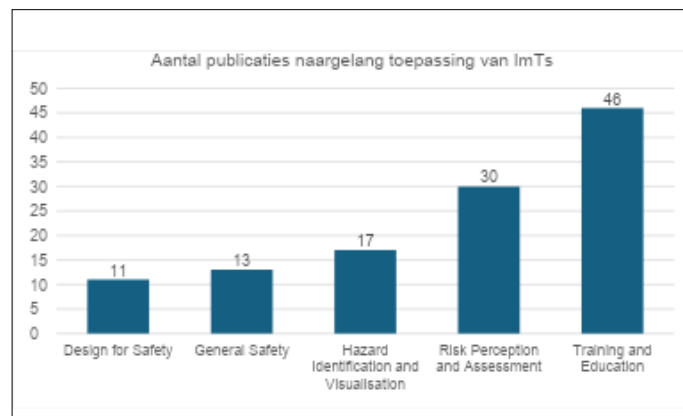
Huidige toepassing van ImTs

Onderstaande grafiek geeft een overzicht – op basis van de gereviewde artikels – waarvoor ImTs worden ingezet in de bouwsector om arbeidsveiligheid te verbeteren.

In 39% van de artikels worden ImTs toegepast voor **training en opleiding**. Bijvoorbeeld: bouwprofessionals kunnen door een gesimuleerde bouwplaats lopen, waarbij er waarschuwingen en instructies verschijnen over hoe ze veilig met machines moeten werken of welke beschermingsmaatregelen nodig zijn.

ImTs worden ook vaak ingezet om werknemers te ondersteunen bij het **inschatten en beoordelen van risico's**, bijvoorbeeld voor het monitoren van de risicobeoordeling van werknemers bij het werken op hoogte. Ook voor het **identificeren en visualiseren van gevaren** op de bouwplaats worden ImTs regelmatig ingezet, waarbij het voornamelijk gaat om het identificeren van risico's **voorafgaand** aan het starten van de werken.

ImTs worden, zij het in mindere mate, ingezet voor **design for safety**, waarbij simulaties van de bouwplaats worden gebruikt om proactief veiligheidsmaatregelen te treffen.



◆ 1 Babalola, A., Manu, P., Cheung, C., Yunusa-Kaltungo, A., Bartolo, P. (2023). A systematic review of the application of immersive technologies for safety and health management in the construction sector. *Journal of Safety Research* 85, 66-85. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.01.007>

◆ 2 Man, S.S., Wen, H., So, B.C.L. (2024). Are virtual reality applications effective for construction safety training and education? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Safety Research* 88, 230-243. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.11.011>

Uitdagingen bij de toepassing van ImTs

De review identificeerde verschillende uitdagingen met betrekking tot het gebruik van ImTs voor het beheersen van arbeidsveiligheid in de bouwsector:

- **Gezondheidsklachten:** gebruikers ervaren soms misselijkheid, duizeligheid, hoofdpijn, oogstress... bij de toepassing van ImTs.
- **Beperkte interactie in de virtuele omgeving:** handelingen zoals men die in het echte leven zou uitvoeren zijn niet altijd mogelijk, wat de leerervaring en veiligheidswinst kan beïnvloeden. Ook is communicatie niet altijd mogelijk, omdat deze technologieën vaak gericht zijn op individueel gebruik.
- **Kosten en implementatieduur:** het ontwikkelen van virtuele omgevingen is duur en tijdrovend, wat de grootschalige toepassing van deze technologieën beperkt.
- **Complexiteit van de bouwomgeving:** bovendien is elke bouwplaats zeer uniek en complex, wat het extra uitdagend maakt om de werkelijke ervaring nauwkeurig te vertalen naar een virtuele omgeving. Daarnaast zijn er vaak onvoorspelbare en onzekere risico's, waardoor niet alle potentiële risico's vooraf kunnen worden gesimuleerd.

Virtual reality veiligheidstraining in de bouwsector

Het reviewartikel van Man et. al. (2024) is een meta-analyse van studies die de effectiviteit van traditionele veiligheidstrainingen vergelijkt met die van virtual reality veiligheidstrainingen. In totaal werden twaalf studies opgenomen in de meta-analyse.

Traditionele veiligheidstrainingen en -opleidingen, zoals presentaties, toolboxmeetings en video's, zijn vaak kostenefficiënt en eenvoudig toegankelijk. Deze methoden bieden de informatie echter op een passieve manier aan, waardoor de betrokkenheid van de deelnemers vaak beperkt blijft. On-site trainingen zijn dan weer duurder en kunnen werknemers blootstellen aan veiligheidsrisico's.

Virtual reality kan hier een oplossing bieden:

- VR-veiligheidstraining biedt directe feedback en voortdurende interactie, waardoor gebruikers in real-time kunnen leren en hun fouten onmiddellijk kunnen corrigeren.
- VR stelt gebruikers bloot aan potentieel gevaarlijke situaties zonder enig risico in de echte wereld, waardoor ze veilig kunnen leren van fouten zonder daadwerkelijke gevolgen.
- Praktische beperkingen – zoals taalbarrières, weersomstandigheden, geografische locatie, beschikbaarheid van materiaal – kunnen worden opgeheven.
- VR-scenario's kunnen worden afgestemd op specifieke beroepen, situaties en risico's, waardoor training optimaal aansluit op de praktijk en de specifieke behoeften van de bouwprofessionals.

Wat levert betere resultaten op?

De meta-analyse toont aan dat VR-veiligheidstrainingen op sommige aspecten betere resultaten opleveren dan traditionele trainingsmethoden:

- VR-training heeft **meer effect** op het **aanleren van veilig gedrag** dan traditionele trainingsmethoden.
- Deelnemers van VR-training leerden **meer praktische vaardigheden** dan via traditionele training wat betreft risico-identificatie, risicomanagement, en risicopreventie.
- De **leerervaring** die deelnemers van VR-training opdeden was beter dan bij traditionele training. Dit houdt onder meer in dat men actiever en meer aanwezig betrokken wordt tijdens de training.

Een belangrijke beperking van deze studie is dat deze niet longitudinaal is; er is enkel gekeken naar de directe effecten na de training. De langetermijneffecten van VR-training zijn dus niet onderzocht.

Op het gebied van **kennis** en **psychologie** toonde VR-training **geen betere resultaten** dan traditionele trainingsmethoden. De psychologiemeting richt zich onder meer op het bewust zijn van mogelijkheden en motivatie.

Beïnvloedende factoren

In de meta-analyse werd ook nagegaan of bepaalde factoren de effectiviteit van VR-training beïnvloeden. Er werd geen effect vastgesteld naargelang geslacht, functie, opleidingsniveau en leeftijd van de respondenten, en het type VR-training. Dit suggereert dat VR-trainingen breed inzetbaar zijn voor veiligheidstrainingen in de bouwsector, en geschikt zijn voor alle bouwprofessionals, ongeacht hun geslacht, functie, opleiding en leeftijd.

De trainingscontext had wel een significant effect. De studie toont aan dat VR-trainingen die zich richten op algemene veiligheidsaspecten een groter effect hebben dan meer specifieke trainingen zoals kraanveiligheid en elektrische veiligheid.

Ook de gemiddelde werkervaring van de deelnemers bepaalt het effect van de VR-training. De bevindingen suggereren dat VR-training effectiever is voor onervaren werknemers dan voor ervaren werknemers. Een mogelijke verklaring is dat ervaren werknemers al bekend zijn met eerdere veiligheidstrainingen waardoor hun leerproces beïnvloed wordt.

Conclusie

Of immersieve technologieën dé gamechanger zijn voor veiligheid in de bouwsector blijft afhankelijk van verdere ontwikkeling, maar hun potentieel om veiligheid op een hoger niveau te brengen is alvast onmiskenbaar. ♦