

Bouwrobots winnen terrein; markt verdriedubbelt in 2030



Inhoudsopgave

Inleiding	3	Tips voor bouwers die willen robotiseren	18
1. Aanjagers van groei van robots in de bouw	4	Conclusie	19
2. Zeven categorieën van bouwrobots	7	Bijlage A: Overzicht bouwrobots	20
Robots in een bouwproject	10	Bijlage B: Literatuuroverzicht	25
3. Marktentwikkelingen en vooruitblik	11	Colofon	27
4. Knelpunten voor marktgroei robotisering	15		

Bouwrobots winnen terrein; markt verdriedubbelt in 2030

Het gebruik van robots in de bouwsector is noodzakelijk om de enorme bouwopgave het hoofd te bieden, de bouw duurzamer en veiliger te maken en de faalkosten te verlagen. De Nederlandse bouwsector steekt tot 2030 zo'n 306 miljoen euro in robots. Verwacht wordt dat het aantal bouwrobots, van drones tot 3D-betonprinters, met jaarlijks gemiddeld 14,1 procent groeit. Een snelle toename, maar Nederland loopt vanwege een valste start internationaal nog wel achter.

Dit blijkt uit analyses van marktrapporten en gesprekken met verscheidende CEO's en directeuren innovatie en industrialisatie van bouwondernemingen, robotproducenten, softwareontwikkelaars, leveranciers van drone- diensten en onderzoekers uit het hoger onderwijs. Zij zien grote kansen voor robotisering als een belangrijke oplossing voor de vele uitdagingen van de bouwsector, waaronder het duurzaam maken van nieuwe en bestaande gebouwen. Folkert Linnemans, innovator bij Bouwgroep Dijkstra Draisma: "Het energievraagstuk gaat de behoefte aan robots in de bouw aanjagen." Gaurav Genani, CEO en oprichter Skelex gaat verder: "Bouwbedrijven moeten binnen vijf tot tien jaar meegaan in de robotrevolutie, anders doen ze straks niet meer mee."

Robots zijn nodig om de arbeidsproductiviteit van de bouwsector te verhogen, de veiligheid op de bouwplaats te verbeteren en faalkosten te verlagen. De woningbouwproductie moet over zes jaar 25 procent hoger liggen dan in 2020. Miljoenen woningen en andere type gebouwen moeten voor 2030 worden verduurzaamd conform Nederlandse en Europese ambities. Dit vereist een verhoging van de arbeidsproductiviteit, zeker vanwege het grote personeelstekort in de bouwsector. Henriette Bier, universitair hoofddocent Bouw, TU Delft; "vanuit onze ervaring en zoals bij McKinsey geschat kan een bouwwerk voor 50 procent volledig door robots worden uitgevoerd, 45 procent door een samenwerking van robots en mensen, enkel de laatste 5 procent is dan nog volledig mensenwerk." Ook verhogen robots door hun kracht en nauwkeurigheid de veiligheid en gezondheid van medewerkers op de bouwplaats en verlagen ze de faalkosten, vaak meer dan vijf procent van de bouwkosten.

De verwachting is dat de robotisering van de bouwsector de komende jaren sterk groeit wanneer de sector over een aantal belangrijke drempels weet heen te stappen. Dit gaat met name om de conservatieve houding en gebrek aan transparantie van veel bouwbedrijven. Ook het gebrek aan eenduidige data en software, duidelijke wetgeving, meer en beter onderwijs en financiering spelen een rol. Op een aantal van deze aspecten ziet ABN AMRO recent beweging ontstaan en dat is de reden voor de verwachte groei in robotisering van de bouwsector.

Nederlandse leveranciers van bouwrobots en aanverwante applicaties en diensten kunnen van deze robotiseringsslag profiteren. Nederlandse bouwbedrijven hebben behoefte aan robots die aan hun specifieke behoeften voldoen. Nederlandse robotproducenten en spin-offs spelen hier beter op in dan grote producenten uit landen zoals Zwitserland en Japan. De Nederlandse producenten profiteren bovendien van de kennis over bouwrobots bij Nederlandse technische universiteiten.

Deze publicatie brengt de robotisering van de bouwsector in kaart. Dit rapport bespreekt eerst de belangrijkste aanjagers voor de verwachte groei. Daarop volgt een beschrijving van de wereldwijde en Nederlandse markt. Aansluitend volgt een overzicht van de belangrijkste knelpunten. Het rapport sluit af met een vooruitblik over welke typen bouwactiviteit het meest kansrijk zijn voor robotisering op de korte termijn. Ook geven we een aantal tips richting ondernemers in de bouw die een eerste stap willen zetten op weg naar robotisering.





1. Aanjagers van groei van robots in de bouw

In de afgelopen jaren is de noodzaak om de productie te verhogen, preciezer en foutloos te werken sterk toegenomen. Oorzaken hiervan zijn de woningnood, het personeelstekort, de verduurzamingsopgave, de hoge faalkosten en het jaarlijkse aantal dodelijke ongevallen dat maar niet daalt. Nieuwe ontwikkelingen op het gebied van robots en software kunnen sterk bijdragen aan verbetering.

Robots oplossing voor het tekort aan handen in de bouw

Het woningtekort vraagt om snellere bouw. Voor de komende tien jaar moet volgens onderzoeksbureau ABF Research het aantal jaarlijkse woningtoevoegingen stijgen van 75 duizend (productie in 2020) naar 93,5 duizend, een stijging van 25,7 procent. [ABN AMRO](#) berekende eerder dat de woningproductie met 40 procent kan stijgen door fabrieksmatige productie van modulaire woningen. Stijn Daniels, directeur Industrialisatie bij Daiwa House Modular Europe, ziet ook een flink potentieel: “Meer dan 80 procent van de werkzaamheden lenen zich voor industrialisatie en robotisering.”

De verduurzaming van miljoenen woningen en andere gebouwen is nog bewerkelijker en daarmee arbeidsintensiever dan nieuwbouw. Het gaat tot 2030 bijvoorbeeld om 1,7 miljoen woningen, oftewel 679 woningen die per werkdag moeten worden verduurzaamd, conform het in 2019 gesloten Klimaatakkoord. Vastgoedadviseur [Colliers International](#) concludeerde daarnaast dat 43 procent van de bijna 100.000 Nederlandse kantoorgebouwen nog niet voldoen aan de verplichting om in 2023 minimaal energielabel C te hebben.

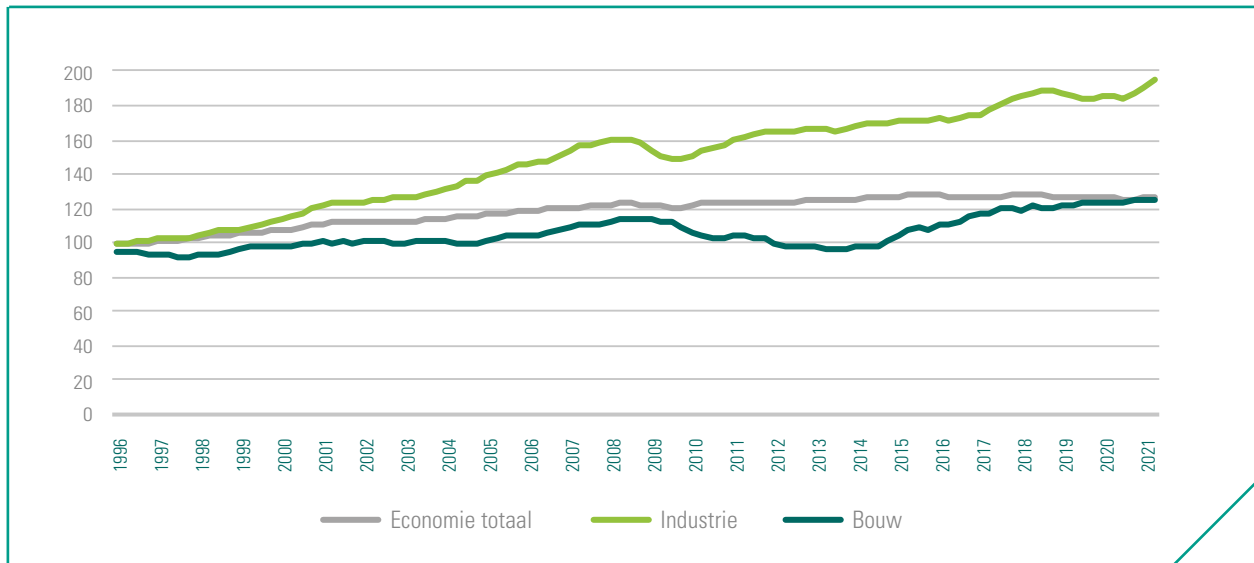
Het grote personeelstekort maakt het lastig om deze doelen te halen zonder toepassing van robots. Volgens data van [ABN AMRO](#) is 23 procent van de openstaande vacatures in de bouw en vastgoedsector onvulbaar. Veel Oost-Europese werknemers keerden recent terug naar hun geboorteland, zo berichtten [ABN AMRO](#) en het [Economisch Instituut voor de Bouw](#). Het vakblad [Cobouw](#) bericht dat het aantal studenten dat een bouwopleiding start niet voldoende is om aan de hoge vraag naar vakmensen te voldoen. Een gevolg van het personeelstekort is dat de personeelskosten in de bouw volgens het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) tussen 2014 en 2019 met bijna twintig procent stegen. Met aanhoudende personeelstekorten stijgen deze kosten waarschijnlijk verder. De arbeidsproductiviteit is in de bouwsector de afgelopen decennia achtergebleven. De toegevoegde waarde in de bouwsector bedraagt in 2020 per werknemer bijna 39.500, tegen 67.700 euro in de industrie.

Robotisering zorgt potentieel voor extra groei in de arbeidsproductiviteit. Uit een analyse van ABN AMRO blijkt dat de huidige groei van de arbeidsproductiviteit in de bouw vergelijkbaar is met die van de industrie zo’n 17 jaar geleden. Door het gemiddelde groeipad van de industrie over de afgelopen 17 jaar te volgen tot 2030 groeit de toegevoegde waarde per werknemer met 64 procent, oftewel bijna 8.000 euro. Dat is meer dan 3.000 euro hoger dan wanneer de bouw het huidige groeipad doorzet.



1. Aanjagers van groei van robots in de bouw

Figuur 1: Ontwikkeling arbeidsproductiviteit in de bouw, de industrie en de totale Nederlandse economie van 1996 - 2021
index 1995 = 100



Bron: CBS

Robots maken duurzame bouw mogelijk

De inzet van robots is ook een belangrijke oplossing voor meer duurzame bouw. Kevin Hamilton, senior manager bij softwareontwikkelaar Autodesk: "Robotisering zorgt voor meer herhaling in het productieproces, wat leidt tot minder materiaalgebruik, minder afval en uiteindelijk tot een duurzamer ontwerp." Met 3D-printers zijn bijvoorbeeld vrije vorm-ontwerpen mogelijk voor veel lichtere, maar even stevige bouwconstructies. Dit vereist minder materiaal. Dit geldt ook voor robots die in een fabriek gebouwoonderdelen vervaardigen, ook wel bekend als 'prefab'.

Verduurzaming betekent een daling van uitstoot van CO₂, stikstof en fijnstof. Door prefab-bouw is op de bouwplaats, waarbij deze stoffen vrijkomen, minder werk nodig. Ook passen de prefab-onderdelen van een nieuwe woning op gemiddeld vier tot zes vrachtwagens. Dat betekent minder transportbewegingen met bijbehorende uitstoot door bouwpersoneel, onderaannemers en toeleveranciers, die anders iedere dag met materieel en materiaal naar de bouwplaats komen.

Ook in andere levensfasen van het bouwwerk helpen robots bij verduurzaming. Drones controleren de onderhoudsstaat van gebouwen en de infrastructuur, en zien bijvoorbeeld waar warmtelekken ontstaan. Rene Kaandorp, coördinator drones bij BAM, "Met een drone is het mogelijk het onderhoudsproces van gebouwen in verregaande mate te automatiseren."

Innovaties maken de bouw veiliger en verlagen de kosten

Robots verlagen ook de zogenoemde faalkosten. Deze faalkosten zijn significant, zo bleek uit een rapport van [ABN AMRO](#) uit 2019; 39 procent van de ondervraagde bouwbedrijven had faalkosten van 5 procent of meer van de aanneemsom. Door te werken met robots vermindert het aantal momenten waarop door menselijk handelen uitvoeringsfouten worden gemaakt.

Robots dragen ook bij aan een veilige en gezonde werkomgeving. Dit is een belangrijk thema voor bouwpersoneel, zoals uit de recente welzijnsmonitor van [ABN AMRO](#) blijkt. Bouwmedewerkers doen vaak zwaar werk en op de bouwplaats is bijvoorbeeld een grote kans op struikelgevaar. Het [aantal ongevallen](#), ook dodelijke, steeg in 2020 opnieuw. Exoskeletten – een soort robotpakken – ondersteunen werknemers bij de uitvoer van zware werkzaamheden, slooprobots voeren sloopwerk uit op gevaarlijke locaties, drones identificeren struikelgevaar op de bouwplaats en rijdende robots voeren controles en ingrepen uit in kruipruimten en riolen.

1. Aanjagers van groei van robots in de bouw

Een andere aanjager betreft het Nederlandse hoger onderwijs. Veel Nederlandse Technische Universiteiten zijn al jarenlang bezig met de doorontwikkeling van robots. Rob Wolfs, assistent professor betonstructuren aan de Eindhoven University of Technology (TU/e): “Met behulp van sensoren en kunstmatige intelligentie is het nu mogelijk dat onze 3D-printer zelf beslist of bijsturing tijdens de productie nodig is.” Binnen het Delftse RoboHouse ontstaan spin-offs, zoals het bedrijf Laevo dat exoskeletten verkoopt die zijn aangepast voor de bouwsector.

Een laatste aanjager van robotisering is de bredere beschikbaarheid van software gericht op de bouwsector. Uit een onderzoek van onderzoeksbureau [USP Consultancy](#) blijkt dat vier op de vijf architecten in Nederland gebruik maken van Building Information Modeling (BIM). Dit is een belangrijke softwaretool waarin bouwwerken worden ontworpen en digitaal worden ‘gebouwd’, en is een goede basis waarop met aanvullend ontwikkelde software robots zijn aan te sturen. Kelvin Hamilton, van softwarebedrijf Autodesk: “Autodesk gelooft sterk in de waarde en voordelen van BIM, want het combineert ontwerp, het bouwproces en de hele levenscyclus. Vanuit een meer holistisch oogpunt, loopt de bouwketen voor op andere, meer volwassen industrieën zoals de auto-industrie, een van de sterkst gerobotiseerde industrieën in de wereld.”



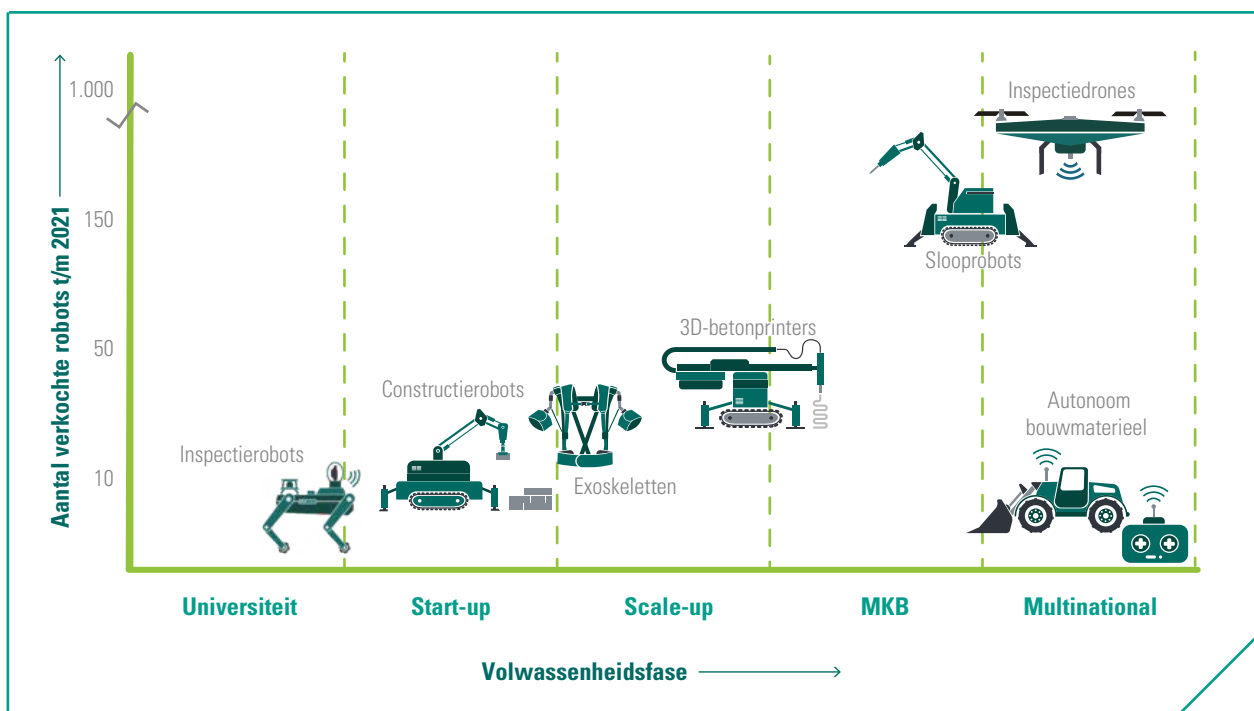


© MikeDotta / Shutterstock.com

2. Zeven categorieën van bouwrobots

Diverse typen robots zijn beschikbaar om de bouw productiever, duurzamer en veiliger te maken. ABN AMRO onderscheidt zeven categorieën robots. Dat zijn inspectierobots en -drones, slooprobots, constructierobots op de bouwplaats of in de prefab-fabriek, 3D-betonprinters, exoskeletten en autonoom bouw materieel. Elke categorie kent eigen technologische ontwikkelingen en heeft specifieke toepassingen en software.

Figuur 2: Mate van volwassenheid van robots in de bouw



Bron: ABN AMRO



2. Zeven categorieën van bouwrobots



Inspectierobots en -drones

De grootste en snelst groeiende groep zijn de robots en drones die inspecties uitvoeren op gebouwen en bouwplaatsen. Drones uitgerust met camera's en sensoren meten de aanwezigheid van gassen, fijnstof en voorraden bouwmaterialen, controleren de bouwveiligheid op de bouwplaats en inventariseren de conditie van bijvoorbeeld daken, bruggen of hele vastgoedportefeuilles. In gebouwen in aanbouw meten inspectierobots de voortgang afgezet tegen het BIM-ontwerp. Ook worden robots en drones gebruikt voor surveillance tegen diefstal.



Slooprobots

Slooprobots helpen met het slopen en demonteren van bestaande gebouwen en infrastructuur. De eerste slooprobots werden gebouwd voor de sloop van kerncentrales als Chernobyl. De vraag naar slooprobots voor reguliere sloopklussen neemt ook toe door de schaarste aan vakmensen. Deze semi-autonome robots voeren veel zwaar en gevaarlijk werk uit. De grote, wereldwijde vraag naar renovatie van oude panden in de binnenstad en transformatie van kantoren en industriële complexen naar woningbouw vraagt om veel sloopwerk. Slooprobots zijn een flexibele en veilige oplossing om de veelal betonnen constructies af te breken.



Constructierobots op de bouwplaats of in de prefab-fabriek

Constructierobots meten, metselen, lijmen, lassen, boren of monteren. Door kunstmatige intelligentie en sensoren functioneren constructierobots steeds beter op een drukke bouwplaats of bij gebouwen in aanbouw. In prefab-fabrieken staan ook complete lijnen met robots die grote oppervlakten bewerken zoals het aanbrengen van steenstrips op muren, het zagen van houtpanelen en het plaatsen isolatiemateriaal.



3D-betonprinters

3D-betonprinters 'printen' een gebouwonderdeel of zelfs een heel huis. De techniek is een afgeleide van het 3D-printen van kunststof of metaal, dat meer gangbaar is in de industrie. De meest gebruikte printtechniek is extrusie. Hierbij wordt als een soort tandpasta sneldrogend beton laag op laag gezet. Een belangrijk voordeel is de hoge productiviteit met als gevolg bijvoorbeeld het verkorten van de bouwtijd van 50 tot 70 procent. Andere voordelen zijn de lagere personeels- en materiaalkosten, de vormvrijheid van het ontwerp, meer veiligheid en minder afval. Het printen van hoge wanden en het inbrengen of meeprinten van bewapening is nog lastig. Het potentieel van 3D-printing ligt met name bij bouwonderdelen waarbij veel vormvrijheid is gewenst en prefabricage in een fabriek mogelijk is.



Exoskeletten

Exoskeletten ondersteunen het lichaam van een bouwvakker op mechanische wijze. Ze worden soms motorisch aangedreven en maken zo het werk lichter. Zo kan bouwpersoneel, dat vaak kampt met fysieke klachten, langer doorwerken. Volgens Genani van de startup Skelex zijn exoskeletten bij uitstek een oplossing bij werkzaamheden die verband houden met zwaar tillen of langdurig werken boven het hoofd. Dit zijn vaak afbouw-, renovatie- of onderhoudswerkzaamheden als stuken van plafonds, tegelzetten en schilderen.

ABN AMRO ziet vooral een toekomst voor de niet-aangedreven exoskeletten in de bouw. Deze zijn minder zwaar en daardoor prettiger in het gebruik dan de aangedreven exoskeletten. Naast de Nederlandse fabrikanten Skelex en Laevo zijn er veel Duitse, Amerikaanse en Japanse mkb-bedrijven actief op deze markt zoals het Duitse Ottobock met een samenwerking met Hilti. Ook enkele multinationals als Hyundai en Lockheed Martin verkopen exoskeletten. Internationale marktcijfers voor exoskeletten in de bouw ontbreken helaas.





Autonoom rijdend zwaar materieel

Caterpillar, Hitachi, Komatsu, Volvo, JCB en andere grote fabrikanten van de 'gele voertuigen' als graafmachines, hijskranen, walsen en bulldozers rusten hun voertuigen steeds vaker uit met elektronica, sensoren en camera's om in de toekomst autonoom of semi-autonoom te werken. De marktpotentie is hoog, maar de adoptiegraad nog zeer laag. De grootste [barrières](#) zijn de hoge aanschafkosten, relatieve onveiligheid, de vaak rommelige bouwomgeving en beperkende wetgeving. Het bezwaar van de hoge aanschafkosten wordt aangepakt door bestaand zwaar materieel aan te passen met slimme, merkonafhankelijke kits met sensoren, camera's en software van bedrijven als Trimble, Built Robotics en SafeAI (VS), Unicontrol (DK) en Intsite (IL). Cijfers over deze markt ontbreken helaas.



Software

Een robot functioneert niet zonder software en sensoren. De verwerking van de enorme hoeveelheid data van drones en robots tot bruikbare informatie en de inzet van kunstmatige intelligentie om de robots sneller te laten leren zijn onmisbare diensten die nauw samenhangen met de opkomst van de bouwrobots. Ook de opleidingen tot dronepiloot of robot-operator vallen onder deze categorie.



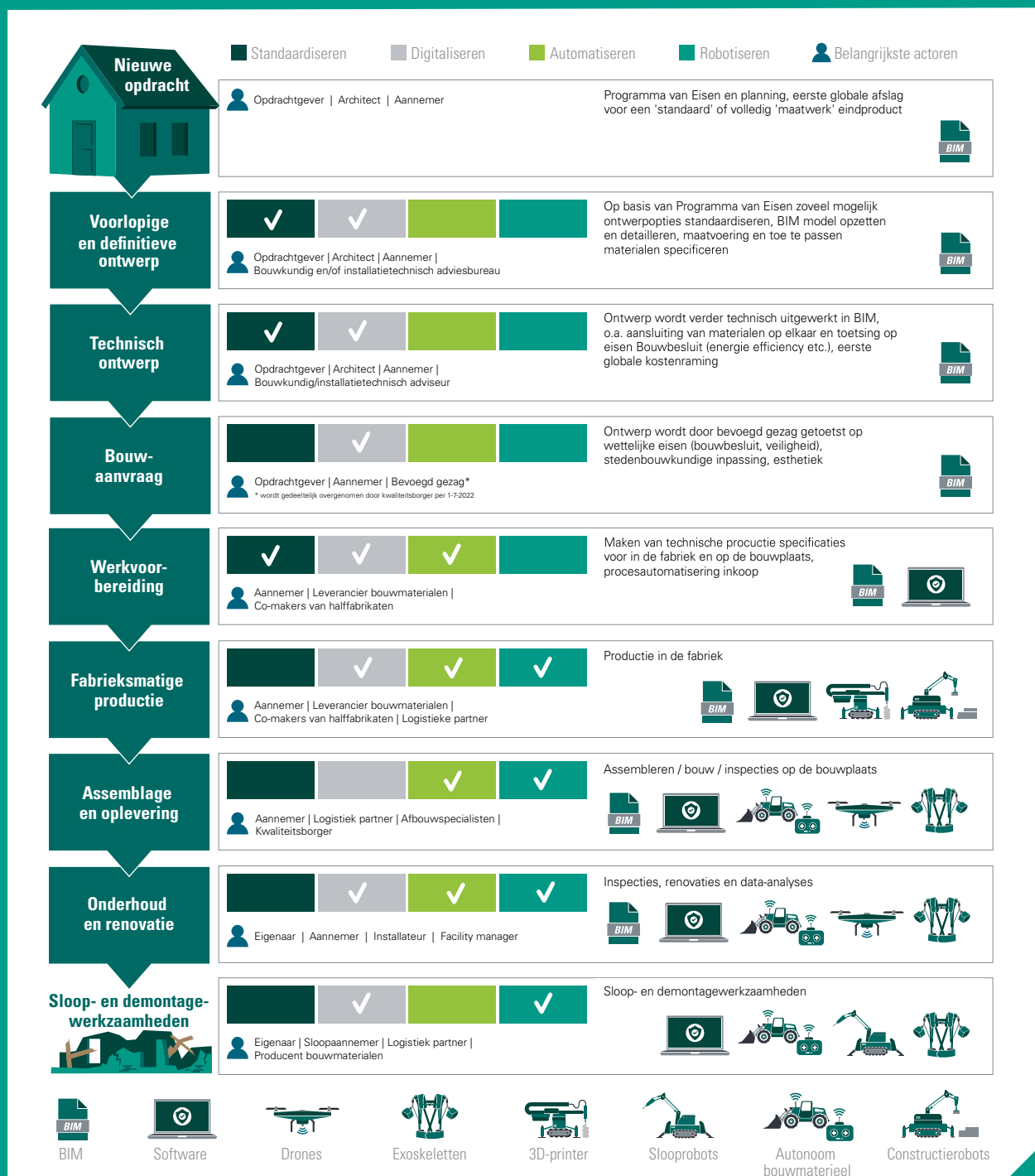
BIM Software

BIM is een standaard in de bouw die steeds vaker gebruikt wordt door ontwerpers en bouwers. Echter, BIM stuurt zelf geen robots aan, al is de [verwachting](#) dat dit komend jaar wordt ingevoegd. Momenteel is nog separate software nodig om BIM-specificaties te vertalen naar 'machine-instructies' voor bijvoorbeeld robotarmen, omdat hiervoor geen standaarden voor bestaan. Daarnaast zijn investeringen in data en het standaardiseren daarvan nodig. Vanwege de hoge kosten hiervan zijn robots minder toegankelijk voor het midden- en kleinbedrijf.

Robots in een bouwproject

Het 'robotiseren' van de bouw vraagt om een gedegen aanpak. Voordat robots worden ingezet, is het nodig ontwerpen, data en processen te standaardiseren. Dit zorgt voor vereenvoudiging en daarmee lagere kosten. Daarna is digitalisering nodig; het digitaal, bruikbaar en bewerkbaar maken van informatie voor architecten, aannemers en de robots zelf. Daarop volgt automatisering, menselijke taken vervangen door technologie, waardoor het proces minder tijd en energie kost. Dat kan bijvoorbeeld door robotisering, wanneer een robot taken uitvoert op basis van slimme software en gedigitaliseerde data. Alle handelingen moeten op elkaar zijn afgestemd, anders houden de nieuwe robots juist het proces op. Ook moet duidelijk zijn hoe het transport naar de bouwplaats en het montageproces er ter plekke uit zien.

Figuur 3: Fasering van een woningbouwproject: van standaardisering naar robotisering



3. Markontwikkelingen en vooruitblik

De markt voor robots in de Nederlandse bouwsector groeit in de periode 2021 tot 2030 met 227 procent van 93 miljoen euro naar 306 miljoen euro. Dit is de conclusie op basis van onderzoek, interviews met marktpartijen en analyses van onderzoeksrapporten. Dit is gelijk aan 14,1 procent groei per jaar. Nederland loopt ongeveer zeven jaar achter op de koplopers als Duitsland en Zwitserland.

Tabel 1: Schatting marktomzet fabrikanten van bouwrobots 2021-2030

Bedragen in miljoenen euro's	2021	2030	Toename	CAGR
Wereldmarkt	€ 2.948	€ 9.786	232%	14,3%
Nederlandse markt	€ 93	€ 306	227%	14,1%

Bron: schatting en prognoses ABN AMRO

Wereldwijd groeit de markt voor bouwrobots ongeveer even hard. In de periode tot 2030 groeit de wereldmarkt met meer dan 230 procent van 2,9 miljard euro naar 9,8 miljard euro. Dat is een groei van 14,3 procent per jaar. De huidige adoptiegraad van bouwrobots in de VS, Azië, maar ook Duitsland en Zweden is veel hoger dan in de Nederlandse bouwsector. Het verschil komt voort uit de kleinere schaal van Nederlandse bouwbedrijven, het conservatisme van bouwondernemers en gebrek aan durfkapitaal. De verwachting is echter dat in de toekomst Nederland meer in de pas gaat lopen met de wereldmarkt.

Nederland loopt zeven jaar achter op West-Europa

De adoptie van robots in de Nederlandse bouwsector loopt sterk achter bij andere West-Europese landen. In 1994 verschenen de eerste bouwrobots in West-Europa en de aantallen schoten vanaf 1997 sterk omhoog. In Nederland verscheen de eerste robot pas in 2004 en pas in 2011 kwam het aantal boven de tien uit. Het [ABB Robotics 2021 Construction Survey](#) concludeert op basis van een internationaal onderzoek onder 1.900 bouwbedrijven hetzelfde. Landen als Zwitserland, Zweden en Duitsland die sterk zijn in prefab bouwen, lopen flink voor op de markt. Ook de Chinese bouw robotiseert in rap tempo. De komende tien jaar verwacht echter 81 procent van geïnterviewde Nederlandse bouwbedrijven een bouwrobot aan te schaffen.

Vooroplopende fabrikanten van robots voor de bouwsector bestaan uit een mix van grote multinationals zoals het Zwitserse ABB en Husqvarna uit Zweden, gespecialiseerde machinebouwers zoals Progress Group uit Duitsland en kleinere startups in 3D-betonprint. Per land verschilt het vaak waar deze ondernemingen zich op richten. Zo zijn Japanse producenten sterk in het fabrieksmatig assembleren van bouwonderdelen, experimenteren Amerikaanse bedrijven veel met 3D-geprinte woningen en is de grootste dronefabrikant ter wereld, DJI, afkomstig uit China.

Het gebruik en de productie van bouwrobots in Nederland is nog niet heel hoog, maar er is veel kennis en experimenteerdrijf. De TU/e is een van de leidende kennisinstellingen op het gebied van 3D-betonprinten. DUS Architects uit Amsterdam werd in 2014 wereldberoemd nadat leiders Obama en Rutte naar hun maquette van een 3D-geprint grachtenhuis in het Rijksmuseum kwamen kijken. Van meer recente datum is de 3D-metaalgeprinte voetgangersbrug van het Amsterdamse MX3D die door koningin Máxima op juli 2021 werd geopend.

In tabel 2 volgt een korte marktbeschrijving van de zes belangrijkste categorieën en een inschatting van de huidige en toekomstige marktomvang wereldwijd en in Nederland.



Tabel 2: Schatting marktomzet fabrikanten van bouwrobots 2021-203. Per categorie

Bedragen in miljoenen euro's	Wereldwijd			Nederland		
	2021	2030	Jaarlijkse groei (CAGR)	2021	2030	Jaarlijkse groei (CAGR)
Inspectierobots en -drones	€ 126	€ 1.166	24,5%	€ 3	€ 19	24,5%
Slooprobots	€ 84	€ 538	23,0%	€ 8	€ 20	10,2%
Industriële robots in de prefabbouw	€ 686	€ 1.134	5,7%	€ 17	€ 50	12,7%
Constructierobots op de bouwplaats	€ 21	€ 134	22,9%	€ 0,2	€ 3,4	34,7%
3D-betonprinters	€ 30	€ 290	28,7%	€ 3	€ 10	14,3%
Software, sensoren, data-analyse, AI & diensten	€ 1.966	€ 6.524	14,3%	€ 62	€ 204	14,1%
Totaal	€ 2.948	€ 9.786	14,3%	€ 93	€ 306	14,1%

Bron: schatting en prognoses ABN AMRO

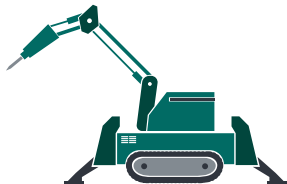
Inspectierobots en -drones



Producenten van inspectiedrones zijn vaak grote multinationals, terwijl inspectierobots veelal door startups worden gemaakt. Alle grote internationale dronefabrikanten zoals DJI, Parrot, Autel Robotics en CyberHawk produceren speciaal uitgeruste bouw-drones, zo ook de Nederlandse startups Atmos UAV en Avular. Inspectierobots van Rosen Europe, ULC Robotics en AiDrones inspecteren riolen, pijpleidingen en tunnels, terwijl inspectierobot Spot van Boston inspecties en datacontroles op de bouwplaats uitvoert. Veel andere bedrijven en startups richten zich op het verzamelen, interpreteren en bewerken van de beelden van inspectiedrones en -robots tot bruikbare informatie. Succesvolle Nederlandse aanbieders hiervan zijn DDC, Spotr.ai en Aeroscan. Zij werken voor opdrachtgevers als de NS, Rijkswaterstaat, Dura Vermeer, VolkerWessels en Shell.

De adoptie van inspectiedrones in de bouw gaat naar verwachting snel. Rene Kaandorp van BAM Infra: "Over vijf jaar is de drone een standaard gereedschap op de bouwplaats." Op basis van het gemiddeld aantal afgegeven vergunningen voor woning- en utiliteitsbouw in de afgelopen tien jaar en de gemiddelde duur van die projecten is een inschatting gemaakt hoeveel bouwprojecten tegelijkertijd lopen. Gezien het conservatieve karakter van de sector is de aanname dat bij 5 procent van de projecten in 2030 permanent een drone wordt gebruikt, wat neerkomt op 1.250 inspectiedrones. Met een gemiddelde prijs van 15.000 euro voor een professionele drone bedraagt deze markt dan circa 18,5 miljoen euro in 2030. Met een huidige omzet van 2,6 miljoen euro groeit de dronemarkt jaarlijks met 24,5 procent. Dit is in lijn met de projecties van onder andere het PwC-rapport '[Skies without limits](#)' (2018) en het rapport van [Coherent Market Insights](#) (2021).

Slooprobots



De markt voor slooprobots is al volwassen. Grote wereldspelers als Caterpillar, Husqvarna, Epiroc, Brokk en Hitachi bieden vooral slooprobots voor de mijnbouw, de bouwsector en de infrasector aan. Gespecialiseerde robotfabrikanten als Brokk, Wälischmiller en Cybernétix (Technip) verkopen gespecialiseerde slooprobots voor de demontage van kerncentrales. Grote sloopbedrijven en gespecialiseerde verhuurbedrijven als McCann in de VS en Nederlandse verhuurders als Boels, MVO Rental en Stelling (via [Slooprobot.nl](#)) hebben een vloot van slooprobots in diverse formaten.

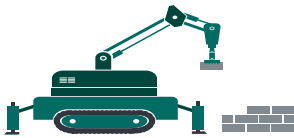
Volgens het rapport [World Robotics 2021](#) van IFR zijn in 2020 wereldwijd 1.570 sloop- en constructierobots operationeel. De verdeling tussen de sloop- en constructierobots is circa 80:20. Met een verwachte jaarlijkse groei van 23 procent gaat de wereldmarkt voor slooprobots van 84 miljoen euro in 2021 naar 538 miljoen euro in 2030. Deze groei is vooral te danken aan de wereldwijde stijgende vraag naar renovatie, het toenemende belang van veiligheid en de schaarste aan personeel. Azië is de snelst groeiende afzetmarkt.





In de Nederlandse markt is het huren van slooprobots gewoon. Daarnaast is de trend is dat oude gebouwen steeds vaker op een duurzame wijze 'geooogst' worden en dat de betonnen casco's worden hergebruikt. De Nederlandse markt groeit daarom met een lage 10 procent per jaar van 8 miljoen euro in 2021 naar 20 miljoen euro in 2030.

Constructierobots in de prefab-bouw



Het opzetten van een prefab-fabriek is duur, vanwege de hoge stichtingskosten en noodzaak voor een hoge bezettingsgraad van de machines. Schaalvoordelen zijn daarom belangrijk en de reden dat enkele grote Nederlandse bouwondernemingen grote prefab-fabrieken realiseren, met name voor woningbouw.

Veel bouwrobots worden klantspecifiek ontworpen voor aannemers en bouwbedrijven. Nederlandse machinebouwers als H&M uit Sneek en BOIKON uit Groningen produceren onder meer houtskeletbouwmachines en steenstriprobots. De Duitse Progress Group en Sommer-Automatic zijn erkende fabrikanten van gerobotiseerde beton- en houtcarroussels. In Nederland staan een aantal van deze robotcarroussels en robotarmen in de prefab-fabrieken van onder andere Van Wijnen, Plegt-Vos, Voorbij Prefab, BAM, Rc Panels en IIBO (Heijmans).

Het rapport World Robotics 2021 geeft aan dat er in 2020 wereldwijd 4.527 industriële robots staan in prefabfabrieken. Met een gemiddelde investering van 100.000 euro per robotarm en -systeem en een gemiddelde jaargroei van 6 procent groeit de wereldmarkt naar 1,13 miljard euro in 2030. Uit de cijfers blijkt dat de VS, Duitsland en Scandinavië zo'n zeven jaar voorlopen op Nederland. Door het groeipatroon van deze landen van de afgelopen zeven jaar te gebruiken voor de geschatte inhaalgroei van de Nederlandse markt voor de komende periode tot 2030 komen we op een marktgrootte van 17,2 miljoen euro in 2021 en 50 miljoen euro in 2030.

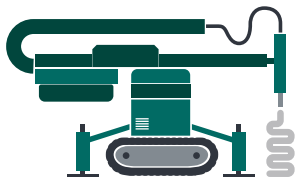
Constructierobots op de bouwplaats

Op de Nederlandse bouwplaats zijn nog weinig robots te bekennen. In landen zoals de VS, China, Zweden en Denemarken experimenteren bouwers veel met (semi-)autonome robots op de werkplaats. Mobiele robots van het Deense Odico boren, lijmen en snijden tegels op de bouwplaats. In de VS metselt de Hadrian X van [Fastbrick Robotics](#) tot wel 1.000 stenen per uur. De meeste constructierobots werken in een gedeeltelijk afgebouwd complex, zoals de JaiBot van Hilti. Deze robot boort volgens een digitale werktekening zelfstandig gaten voor installatiewerken in plafonds en muren van een gebouw in aanbouw.

3. Marktentwikkelingen en vooruitblik

De wereldwijde markt voor constructierobots bedraagt nu 21 miljoen euro. Met een geschatte jaarlijkse groei van 23 procent loopt die markt snel op naar 134 miljoen euro in 2030. De Nederlandse markt moet nog een flinke inhaalslag maken. Op dit moment wordt er in Nederland geëxperimenteerd met enkele prototypes, maar met de juiste investeerders en voortgang in kunstmatige intelligentie groeit de markt in 2030 richting de 3,4 miljoen euro.

3D-betonprinters



De markt van 3D-robots is nog verre van volwassen. Het conservatisme van bouwers en afnemers zorgt voor een lage marktacceptatie. Amerikaanse bedrijven zijn het verst gevorderd met 3D-betonprinten en profiteren daarbij van investeerders uit Silicon Valley. Amerikaanse 3D-printbedrijven als Mighty Buildings, Icon en Apis Cor ontvingen het afgelopen jaar honderden miljoenen dollars aan risicofinanciering.

In Europa zijn het vooral Cobod uit Denemarken en het Nederlandse CyBe die met een eigen lijn van 3D-betonprinters de nieuwe markt aanboren. Door de enorme vraag naar nieuwe gebouwen is Azië de grootste groeiemarkt met Chinese spelers als WinSun.

De marktpotentie voor 3D-printers is hoog. ABN AMRO schat de wereldmarkt voor 3D-betonprinters conservatief in op 30 miljoen euro in 2021. Dat is gebaseerd op de jaarverslagen van de vijf grootste printerbouwers en diverse marktrapporten. Met een jaarlijkse groei van 29 procent snelt de omzet naar 290 miljoen euro in 2030. De groei wordt gestuurd doordat grote cement- en betonproducenten komen met specifieke materialen voor 3D-printen. De geschatte omzet betreft enkel de verkoop van 3D-printers, dus exclusief de waarde van materialen en geprinte huizen.

Nederland blijft een zeer kleine markt die groeit van 3 miljoen naar circa 10 miljoen euro in 2030. De grootste barrières voor groei zijn de stringente bouwvoorschriften, de conservatieve houding in de bouw en de focus op het 3D-betonprinten van kleinere onderdelen. De investeringen voor een 3D-printer zijn bovendien hoog. Prijzen van 3D-betonprinters variëren van 150.000 euro voor een vaste robotarm voor tot 715.000 euro voor een zeven meter lange portaalkraan.

Software, sensoren, data-analyse, kunstmatige intelligentie en diensten



Software en sensoren zorgen dat robots functioneren. [Autodesk](#) en [Graphisoft](#) zijn de twee dominante aanbieders in Europa voor BIM en CAD-software. Respectievelijk een op de twee en een op de drie architecten maakt hier gebruik van. Naast de software groeit de markt voor sensoren, camera's, communicatiesystemen, data-analyse en kunstmatige intelligentie eveneens hard. Gespecialiseerde bedrijven als

Trimble (VS), Ackcio (SG), Unicontrol (DK), RoboticPlus.ai (CN), Sitemark (B) en nLink (NO) gebruiken sensoren, data-analyse en kunstmatige intelligentie om bouwrobots en drones autonoom te laten (samen)werken en te leren. Met softwareplatforms en oplossingen op basis van kunstmatige intelligentie van Aeroscan (NL), SiteMark (B) en Doxel (VS) monitoren aannemers en eigenaren de bouwvoortgang en de onderhoudsstaat van hun bezit.

De marktomzet is moeilijk in te schatten omdat veel softwarebedrijven als Autodesk en Graphisoft op diverse eindmarkten actief zijn en geen aparte omzetcijfers geven voor hun bouwapplicaties. In de praktijk blijken de kosten voor software, sensoren, opleiding en data-analyse ongeveer het dubbele van de uitgaven aan hardware. De marktomzet wereldwijd groeit naar schatting van 2,95 miljard euro in 2021 naar 9,8 miljard euro in 2030. De Nederlandse markt bedraagt ongeveer 93 miljoen euro met een verwachte omzetgroei richting 306 miljoen euro in 2030. Deze markt groeit in het kielzog van de robotmarkt ook met 14,3 procent.



4. Knelpunten voor marktgroei robotisering

Een aantal belangrijke knelpunten hinderen nog wel de groeipotentie van robots in de Nederlandse bouwsector. Een structurele verandering van de werkwijze van de sector is nodig. Mark Nicolai van Aeroscan: “Je bent binnen de bouwsector een koploper als je nieuwe technologieën zoals sensordata en software met kunstmatige intelligentie integreert en voor je laat werken. Dat vraagt een andere manier van denken.”

Knelpunt: Cultuur en verbeeldingskracht

Werken met robots in de bouwsector vergt een andere manier van denken over het bouwproces. Theo Salet, decaan Bouwkunde bij de TU/e: “De bouw moet de robot centraal stellen in het bouwproces en niet als ‘erbij’.” Dat zit bij veel bouwbedrijven echter nog niet in de genen. Het gebruik van data, software en robots is in de bouw nog altijd beperkt. Het is veelzeggend dat plannen van bouwbedrijven voor fabrieksmatige bouw nog altijd groot nieuws zijn in de bouwvakmedia. Toepassing van robots wordt nog altijd als iets bijzonders gezien.

Om verdere robotisering te organiseren is verbeeldingskracht nodig. De baksteen-metsel-robot is een voorbeeld hoe het niet moet. Bakstenen waren ooit gemaakt om in mensenhanden te passen. Dit type robot is dus innovatief in de leveringswijze, maar traditioneel op elke andere wijze. Robots zijn namelijk in staat om bouwmaterialen te leggen van wel 15 kilo of meer.

Ook in de industrie werd 3D-printen pas betaalbaar en sneller nadat producenten overgingen op een nieuwe designtaal en vormgeving. Bouwers moeten denken vanuit de mogelijkheden van robots. Studenten Bouwkunde die nu afstuderen hebben bijvoorbeeld geëxperimenteerd met het ontwerpen in 3D. In plaats van een 3D-geprinte versie van een bestaand product, ontstaan nu 3D-geprinte producten in vormen die voorheen niet mogelijk waren.

Knelpunt: Transparantie en samenwerking

Daarnaast is een systeemverandering met meer samenwerking tussen bedrijven uit de bouwketen nodig. Veel proces- en productieverbeteringen vinden geen doorgang doordat bouwbedrijven niet graag intensief samenwerken. Folkert Linnemans, innovator bij Bouwgroep Dijkstra Draisma illustreert dit: “Veel bedrijven vinden het nog een stap te ver om toeleveranciers volledig inzicht te geven in het productieproces. Dat is wel nodig voor het creëren van gezamenlijke innovaties.”

4. Knelpunten voor marktgroei robotisering

Voor een goede doorvoer van robotisering is het nodig dat bouwbedrijven meer transparant zijn. De transparantie is nodig over bijvoorbeeld productspecificaties, productiedagen en inzicht in leveringstijden. Bouwbedrijf Van Wijnen gebruikt robots in hun geïndustrialiseerde bouwproces voor woningen. “Het vraagt veel transparantie en openheid van toeleveranciers om met ons samen te werken”, aldus Philip Winckel, COO Van Wijnen Components. “Driekwart van onze partners is hiertoe bereid, want het mes snijdt aan twee kanten. Ze krijgen namelijk langjarige afzetvolumes.”

Knelpunt: Data en software

Vanwege het gebrek aan standaarden in data en in werkwijze ontwikkelen bedrijven voor elke robot aparte software. Gezamenlijke afspraken zijn hier nog nauwelijks aan de orde. Voor iedere robot wordt daarom aparte software ontwikkeld om zo de specificaties uit het BIM-model uit te lezen en om te zetten in acties. Menno de Jonge, directeur Digital Construction van BAM Groep: “Iedere bouwster die in de fabriek wil prefabriceren met robots, zal in een eigen digitaal platform moeten investeren”

Het op orde hebben van de data is ook essentieel. Aukje Kuypers, CEO van Kuijpers Installaties: “Databeheer is een randvoorwaarde voor robotisering. Dit brengt mogelijk een tweedeling in de markt, tussen bedrijven die hun data wel en niet op orde krijgen.” Data gaan hierbij hand in hand met software. Stijn Daniels, directeur Digitalisation van Daiwa House Modular Europe: “Een voorwaarde voor betaalbare robotisering is standaardisatie in product, data en software.”

Knelpunt: Onderwijs en onderzoek

Het gebruik van robots verandert ook de vraag naar competenties. Dat betreft met name meer technische competenties aangaande elektronica en software. Het gebruik van software vereist meer digitale geletterdheid en meer kennis over data. Rogier Laterveer, Hogeschool Utrecht: “Laat studenten niet alleen ‘BIM-les’ volgen, maar geef ze ‘datagedreven werken’-opleidingen.” Mark Bruijnen, programmamanager RoboHouse op de TU Delft Campus: “Robotinnovaties zijn nog sterk gericht op techniek en efficiency, maar het is belangrijk om ook de interactie tussen mens en robot te verbeteren.” Het is nodig dat meer jongeren deze competenties aanleren.

Het Nederlandse hoger onderwijs is een voorloper in het onderzoek naar robottoepassingen in de bouwsector. Wel is deze kennis gefragmenteerd aanwezig. Bij de TU/e vindt al jaren onderzoek plaats naar toepassingen van [3D-betonprinten](#) en [robotmensinteractie](#). In Twente houdt [innovatiecluster](#) Space53 van hoger onderwijsinstellingen, bedrijven en spin-offs zich bezig met dronetoepassingen. Binnen de faculteit Bouwkunde van de TU Delft focust het [Robotics Building Lab](#) op robots die op basis van een ontwerp zelfstandig bouwen. De fragmentatie zorgt er mede voor dat mkb-bouwbedrijven deze instanties nog slecht vinden. Intensievere samenwerking tussen onderwijs, kennisinstellingen zoals TNO, en bouwbedrijven komt kennisontwikkeling over robots ten goede.



Knelpunt: Wetgeving

Achterblijvende regelgeving kan knellen, maar de impact verschilt sterk per type robot. Wetgeving heeft het altijd lastig om bij te blijven met de laatste technologische ontwikkelingen. Roel van der Wal van Drone Flight Company: “De recent aangepaste Europese wet- en regelgeving is van knelpunt verschoven naar een katalysator voor dronegebruik. Nu de voorwaarden duidelijk zijn om te vliegen in geheel Europa kan de bouw daar maximaal van profiteren.” Door deze verandering in wetgeving hoeven nu minder mensen aanwezig te zijn bij eenvoudige vluchten, wat dronegebruik financieel aantrekkelijker maakt.

4. Knelpunten voor marktgroei robotisering

Bij 3D-printing zijn er nog geen vaste afspraken en kaders om de kwaliteit van een geprint bouwwerk vast te stellen. Wolfs, TU/e: “Een 3D geprint bouwwerk moet ‘first time right’ zijn, kostentechnisch en vanuit veiligheidsoverwegingen is er geen ruimte om te werken met prototypes en die uitgebreid te testen op wettelijke normen.”

Duurzaamheidswetgeving geeft een enorme stimulans aan de toepassing van robots. Verplichting van een materialenpaspoort, wat een inventarisatie is van materialen in een gebouw wat hergebruik vergemakkelijkt, zorgt dat drones of andere inspectierobots meer aftrek vinden.

Een groter gebruik van robots vraagt ook om duidelijke wetgeving. Wetgeving van de Europese Unie eist al van robots dat zij: geen mensen beschadigen, ervoor zorgen dat mensen geen letsel oplopen en mogen alleen door mensen worden aangestuurd. Dat geldt ook voor autonoom rijdende voertuigen. Boorrobots als van Hilti en Odico rijden op de bouwplaats waar tevens mensen rondlopen om hun reguliere werk te doen. Wetgeving moet duidelijkheid geven over waar en wanneer deze robot het werk mag doen en zo het bouwpersoneel ontlast in hun zware werkzaamheden.

Knelpunt: Financierbaarheid

Kapitaalkrachtige ondernemingen zijn het beste in staat robots aan te schaffen, maar ook voor andere ondernemingen liggen er kansen. Een gemiddelde robot kost zo’n 75.000 euro. De variatie is echter enorm. De simpelste drone koste vijfhonderd euro, terwijl andere robots tonnen kosten. In dat laatste geval komen daar vaak ook kosten voor de ontwikkeling van complementaire software bij. Daarmee lijkt een groot deel van de robots enkel betaalbaar voor de grotere bouwondernemingen. Toch zijn er mogelijkheden om robots ook voor kleinere partijen financieerbaar te maken. Deze kleine partijen zijn soms cruciaal zijn voor de verdere doorontwikkeling van robots en aanverwante producten.



© FBR

Startups spelen een belangrijke rol bij het ontwikkelen van robots, maar hebben vaak kapitaalkrachtige partijen nodig voor opschaling. Startups kijken vaak met een frisse blik naar de inzet van robots, hebben niet te maken met gevestigde belangen en hebben andere kennis en ervaringen, wat zeer bruikbaar is voor de verdere ontwikkeling van robots. Casper van Eersel, community manager van Robohouse TU Delft: “De toekomst voor bouwrobots ligt in bottom-up-innovatie.” Voor doorontwikkeling en opschaling van bouwrobots is echter financiering nodig en daarin spelen grotere bouwbedrijven een belangrijke rol.

Naast het kopen of het huren van een robot is aanschaf middels het Product-as-a-Service-model (PaaS) mogelijk. De robotproducent blijft dan eigenaar van de robot en verzorgt bijvoorbeeld onderhoud, reparaties en data-analyse voor verbetervoorstellen. Ook neemt de producent de robot aan het einde van de levensduur terug voor een grote opknapbeurt of voor recycling van de onderdelen. De gebruiker betaalt voor het gebruik en verbeteringen van de robot zonder dat grote investeringen nodig zijn. Dat is ook een goede oplossing als er nog te weinig bewijsvoering is voor de productiviteitsverbeteringen die mogelijk zijn met robots.

Tips voor bouwers die willen robotiseren

Het is te adviseren aan bouwondernemers die willen investeren in robots om de volgende stappen te nemen:

1. Bedenk of de robot de oplossing is voor de uitdaging van de onderneming. Mogelijk helpt standaardisering en/of automatisering om hetzelfde doel te bereiken tegen lagere kosten.
2. Ga na of het bedrijf is voorbereid op inpassing van een robot. Daarvoor is het nodig de benodigde data al op orde te hebben en veel stappen in het bouw- of productieproces te automatiseren. Realiseer ook dat de kosten voor de ontwikkeling van specifieke software en aanverwante diensten en producten tot wel tweemaal toe de kosten van de robot zelf betreffen.
3. Realiseer welke afhankelijkheden er zijn met afnemers en leveranciers. Zij moeten bijvoorbeeld in staat zijn dezelfde digitaliseringsslag te maken. Ook kunnen oplossingen vooraan in de keten leiden tot problemen later in de keten. Zo kan een robotiseringsoplossing in een fabriek voor efficiëntere productie van geïntegreerde zonnedaken leiden tot montageproblemen voor dakdekkers.
4. Robotisering is niet een eenmalige investering. Het opstellen van een meerjarige begroting is nodig met daarop opgenomen investeringen in de robot, de softwarelicentie en programmeerkosten enerzijds, en jaarlijkse onderhoudskosten voor updates en softwareverbeteringen anderzijds. Mochten de investeringskosten te hoog blijken, bieden sommige robotproducenten Product-as-a-Service oplossingen aan.
5. Ga na van wie de gebruikte data, en de daaruit gedestilleerde inzichten, zijn. Mogelijk komen belanghebbenden buiten de eigen onderneming in beeld, waardoor ook investeringen van derden mogelijk worden.



Conclusie

De markt voor robots en aanverwante producten en diensten is in Nederland nog klein met 93 miljoen euro, maar staat op het punt hard te groeien. Robotisering zorgt voor sterke productiviteitsgroei in de bouwsector. Het opvoeren van de productiviteit is nodig om te voldoen aan de grote vraag naar woningen en verduurzaming van woningen en ander type gebouwen, zeker nu de sector kampt met grote personeelstekorten. Robotisering van de bouwsector zorgt ook voor verbeterde veiligheid en gezondheid van werknemers, lagere faalkosten en een duurzamere bouw.

De adoptie van drones en andere inspectierobots gaat het snelst, vanwege de lage implementatiekosten en duidelijke meerwaarde. Dit type robots voert controlewerkzaamheden uit in een kwartier waar werknemers uren of zelfs een hele dag over doen. De toepassing ervan is mogelijk bij zowel nieuwbouw als renovatie van diverse bouwprojecten zoals woningbouw, utiliteitsbouw en de bouw van infrastructuur. Ook het aantal industriële robots in de prefab-fabrieken neemt snel toe. Inzet hiervan vraagt wel om een grotere volumes vanwege de hoge investeringskosten en een minimale bezettingsgraad. Bovenal is een systeemverandering nodig in de werkwijze van de bouwketen. Dat betekent onder andere dat er veel meer een samenwerkingscultuur moet ontstaan.

De adoptie van andere categorieën bouwrobots zoals 3D-betonprinters, autonoom rijdend materieel en constructierobots op de bouwplaats vergen meer tijd. De ontwikkeling van de techniek en de materialen van 3D-betonprinten bevinden zich nog in een vroeg stadium. Door het zeer dynamische karakter van een bouwplaats is autonoom rijden en werken van constructie- en inspectierobots nog onveilig en wettelijk niet toegestaan.

De omzet in Nederland in bouwrobots en aanverwante diensten is tot heden 93 miljoen euro. ABN AMRO schat in dat dit over negen jaar 306 miljoen euro is. Dit komt neer op een groei van 227 procent over diezelfde periode, ofwel 14,1 procent per jaar. Dit biedt kansen voor Nederlandse producenten van robots en dienstverleners van aanverwante diensten. Dit is nog een kleine groep, maar Nederland heeft met zijn technische universiteiten en hogescholen een goede kennisbasis, met spin-offs met veel potentie.

Om te profiteren van deze kansen moeten wel enkele knelpunten worden opgelost. Nodig is dat financierbaarheid en de wetgeving worden verruimd en het onderwijs wordt verbeterd. Bouwers moeten werken aan de cultuur, standaardisering en transparantie in de sector. Het verdienmodel van alle betrokken partijen versterkt aanzienlijk als robotproducenten, kenniscentra, softwareleveranciers, toeleveranciers en bouwers intensiever gaan samenwerken.



Bijlage A: Overzicht bouwrobots

3D-printers voor de bouw



Bedrijfsnaam	Naam robot	Land
Bruil		NL
COBOD (PERI)	BOD2	DK
Concr3de		NL
Constructions-3D	Maxi Printer	FR
Contour Crafting Corp.	CrafTrans	US
CyBe Construction		NL
DUS Architects	XL 3D	NL
Figur		US
Hyperon Robotics		FI
ICON Technology	Vulcan, Olympos, Mars	US
Imprimere	BIG 3D	CH
Mighty Buildings	Mighty Mod	US
Mobbot	Mobbot	CH
Monolite UK	D-Shape	VK
MudBots		US
MX3D		NL
Odico Formwork Robotics	Robolab	DK
SiSpis (Siemens)	SiSpis	DE
SQ4D	ARCS	VS
Studio RAP		NL
Total Kustom	StroyBot, LAByrinth	US
Twente Additive Manufacturing		NL
Vertico 3D		NL
Winsun Global (Yingchuang)		CN
XtreeE		FR

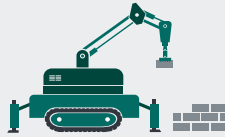
Autonoom bouwmaterieel & software



Bedrijfsnaam	Naam robot	Land
Built Robotics		US
Caterpillar	Cat MineStar	US
Cooper Gray Robotics		US
Cyngn	DriveMOD	US
Doosan	Concept-X	KR
Fort Robotics		US
Intsite		IL
RoboticPlus.ai		CN
SafeAI (Obayashi Corp.)		US
Scania	AXL	SE
Volvo Autonomous Solutions	TARA	SW



Constructierobots



Bedrijfsnaam	Naam robot	Land
ABB		CH
Advanced Construction Robotics	Tybot, Ironbot	US
AIST		JP
Alion Energy		US
Atlas Copco		SE
Auconic		DE
Brownline	Gyro Steering Tool	NL
Canvas Construction		US
Civ Robotics	CivDot 2WD, 4WD	US
Construction Robotics	SAM, Mule	US
Craft Robotics		DK
Dusty Robotics	Amber 15	US
ETH Zurich	In Situ Fabricator1	CH
Factobotics		LT
Fastbrick Robotics (FBR)	Hadrian X	AU
Fibr		DE
Fujita Corp.		JP
Hausbots	HB1	DE
Hilti	Jaibot	LI
Kajima		JP
Kewazo	Liftbot	DE
KITE Robotics		NL
KOKS Robotics		NL
Les Companions		FR
Northrop Grumman		US
Odico Formwork Robotics	DrillMate, Cut'n move	DK
Panasonic		JP
Q-bot		VK
ROB Technologies	WoodFlex 56	CH
Schindler	R.I.S.E.	CH
Sommer-Automatic (Zimmer)		DE
Stack3d		NL
Taisei		JP
Talus Robotics		PT
VertiDrive		NL



Inspectiedrones & diensten



Bedrijfsnaam	Naam robot	Land
Aeroscan		NL
Atmos UAV	Marlyn	NL
Autel Robotics	Evo II	US
Avular	Hadek	NL
Civ Robotics	CivDrone	US
Cyberhawk	iHawk	US
Drone Volt	Janus 360	FR
DroneQ Robotics		NL
Dutch Drone Company		NL
Flyability	Elios	CH
Parrot	Anafi	US
Robor Electronics		NL
Sitemark		BE
Spotr.ai		NL
Sun Flower Labs		US
TerraDrone		UK
ULC Robotics		UK
UMS Skeldar		CH

Inspectierobots



Bedrijfsnaam	Naam robot	Land
Anybotics		CH
Boston Dynamics (Hyundai)	Spot	US
Cablewalker		RU
Cobham Mission Equipment		UK
Eddyfi Technologies		CA
ExRobotics bv	ExR-2 Investigator	NL
Groupa Intra		FR
Invert Robotics		IR
OC Robotics (GE Aviation)	X50	UK
Orano	Diana, Rianna	FR
Robot Security Systems		NL
Robotics Industry		FR
ROSEN Europe		NL
Scaled Robotics		ES
TU Delft	Zebro	NL
ULC Robotics	CISBOT	UK
Vision Robotics		US
Waygate Technologies (Baker Hughes)		DE



Exoskeletten



Bedrijfsnaam	Naam robot	Land
Archelis	FX	JP
Atoun	Model Y, K en A	JP
Auxivo	CarrySuit, LiftSuit	CH
Bioservo	Iron Hand	SE
Comau	Mate-XT	IT
Crimson Dynamics	CDYS	CN
Cyber Human Systems	Besk, Aldak	ES
Cyberdyne	HAL Lumbar Support	JP
Daiya	PA-Jacket, Glove	JP
Ekso Bionics	Evo, ZeroG	US
Ergosanté	HAPD, Shiva Exo	FR
Exhauss	Stronger	FR
ExoAtlet	ExoAtlant Torso	LU
Exomed	ExoHeaver	RU
Exomys	Atlas	AT
Exorise	X-Arm, X-Rise	RU
Exy	Exy ONE	BR
German Bionic	Cray X	DE
Herowear	Apex	US
Hilti / Ottobock		FL
HMT	Light, Plum	FR
hTRIUS	BionicBack	DE
Hyundai	H-Wex, VEX	KR
Innophys	Muscle Suit	JP
Laevo (InteSpring)	Laevo V2	NL
Levitare Technologies	Airframe	US
Lockheed Martin	Fortis	US
Noonee	Chairless Chair	DE
Ottobock	Paexo Back	DE
Sarcos Robotics	Guardian XO	US
Skeletonics		JP
Skelex	Skelex 360-XFR	NL
SuitX	backX, legX	US

Slooprobots



Bedrijfsnaam	Naam robot	Land
Autonomous Solutions		US
Brokk Global (Lifco AB)	Brokk 300	SE
Caterpillar		US
Conjet AB	Robot 327	SE
Construction Robotics		US
Darda (Lifco AB)		DE
Epiroc		SE
Fuji Robotics		JP
Giant Hydraulic Tech		CN
Hitachi		JP
Husqvarna Group	DXR	SE
IMS Robotics		DE
Kobots		DK
Sherpa Miniloaders	Sherpa 100 EHD	NL
SMP Robotics		US
Stanley Infrastructure		US
TopTec Spezialmaschinen	1850E	DE
Wälischmiller Engineering		DE



Bijlage B: Literatuuroverzicht

- ▶ 'Robots staan straks op de bouwplaats', Cobouw, november 2020
- ▶ 2018 Commercial Drone Industry Trends, DroneDeploy, mei 2018
- ▶ 2020 opnieuw meer ongevallen in de bouw; 19 doden, Cobouw, 30 juli 2021
- ▶ 2021 Robotics 50 list, builtworlds.com, 19 april 2021
- ▶ 3D Concrete Printing Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2022 -2027), Mordorintelligence.com, 2021
- ▶ 3D Concrete Printing Market 2022, Researchandmarkets.com, januari 2022
- ▶ 3D Concrete Printing Market by Offering, Technique, End-use sector and Region - Global Forecast to 2023, Marketsandmarkets.com
- ▶ 3D Concrete Printing Market Outlook - 2027, AlliedMarketResearch.com, augustus 2020
- ▶ 3D Concrete Printing Market Size And Forecast, Verifiedmarketresearch.com, november 2021
- ▶ 3D Concrete Printing Market, Marketresearchfuture.com, augustus 2017
- ▶ 3D Concrete Printing Market, Thebrainyinsights.com, oktober 2021
- ▶ 3D Concrete Printing, Eindhoven University of Technology, 2022
- ▶ 3D Printing Construction Market Size, Share & Trends Analysis Report, Grandviewresearch.com, juli 2021
- ▶ 3D-printen in beton, Stubeco, 20 januari 2020
- ▶ ABB Robotics 2021 Construction Survey, ABB, 2021
- ▶ Artificial Intelligence (AI) in Construction Market to Reach USD 4.51 Billion By 2026, Globenewswire.com, 23 juli 2019
- ▶ Bundeling overheden, kennisinstellingen, hulpverleners en bedrijven tot drones-innovatiecluster, Space53.eu, 2022
- ▶ Construction And Design Software Market Size, Share & Trends Analysis Report, Grandviewresearch.com, september 2021
- ▶ Construction Drone Market Outlook - 2027, AlliedMarketResearch, oktober 2020
- ▶ Construction Management Software Market 2021, Researchandmarket.com, augustus 2021
- ▶ Construction Robotics Companies 2022, AEC-business.com
- ▶ Construction Robots Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and forecasts (2022 - 2027), Mordorintelligence.com, 2021
- ▶ Corona en de oorlog om de arbeidsmigrant, ABN AMRO, 22 april 2020
- ▶ Daiwa House Modular Europe, daiwahousemodular.eu, 2022
- ▶ De mogelijkheden en moeilijkheden bij robotisering van werk, Cobouw, 1 maart 2021
- ▶ Demolition Robot Market Outlook - 2027, AlliedMarketResearch.com, oktober 2020
- ▶ Demolition Robots Market Research Report, COVID-19 Impact Analysis, Business Growth, Segments, Future Trends and Forecast 2028, Energy Siren, 22 november 2021
- ▶ Demolition Robots, Demolition Robots Disrupt a Labor-Intensive Industry, Automate.org, 2022
- ▶ Drones ten dienste van de bouwsector, Wetenschappelijk en technisch centrum voor het bouwbedrijf, augustus 2019
- ▶ Europe Construction & Demolition Robots Market Size, Revenue, Growth, Segments by Region, Company, Type and Sales Channels Forecast 2027, MarketWatch.com, 30 november 2021
- ▶ Exoskeleton Market with COVID-19 Impact - Global Forecast to 2026, Marketsandmarkets.com, 2021
- ▶ Exoskeleton Market Worth \$1.3 Billion (Revenue) And 26,114 Units (Volume) By 2030, Grandviewresearch.com, januari 2022
- ▶ Exoskeletons for Construction Workers Are Marching On-Site, Constructible.trimble.com, 27 februari 2019
- ▶ Exoskeletonen kunnen ons bovenmenselijke krachten geven. Is deze tech eindelijk klaar voor de markt?, Blog Richard van Hooijdonk, 1 februari 2019
- ▶ Future of construction, Oxford Economics, september 2021
- ▶ Gestructureerd samenwerken dicht de kloof tussen universiteit en bedrijf, Vakblad Asset Management, november 2019



- ▶ Global 3D Concrete Printing Market to Reach \$477.1 Billion by 2027, Researchandmarkets.com, april 2021
- ▶ Global Construction Drone Market is estimated to account for US\$ 14,123.3 Mn by end of 2028, GlobeNewswire.com, 22 juli 2021
- ▶ H.C. Wainwright Global Life Sciences Conference, Ekso Bionics, 9-10 maart, 2021
- ▶ Hadrian X, fbr.com.au/view/hadrian-x, 2022
- ▶ Hilti pursues the future of construction workflows with human - and robotic - partners, Geoweekevents.com, 24 augustus 2021
- ▶ How robots change the world, Oxford Economics, Juni 2019
- ▶ Instroom opleidingen groeit, maar grote vraag naar bouwleerlingen blijft zorgen baren, Cobouw, 19 oktober 2021
- ▶ Kansen voor de Nederlandse robotica, Holland Robotics, januari 2018
- ▶ Major shift in ranking of European architects' BIM usage, USP Marketing Consultancy, 22 september 2021
- ▶ Market overview of BIM and CAD software usage of European architects, USP marketing Consultancy, 4 oktober 2021
- ▶ Modulair bouwen levert 40 procent extra woningen op, ABN AMRO, 17 december 2019
- ▶ Nieuwe dimensie aan glazenwassen, Cobouw, november 2020
- ▶ Off-earth manufacturing and construction (of Habitats), CS.Roboticbuilding.eu, 2019
- ▶ Oplopende spanning op de bouwmarkten, Economisch Instituut voor de Bouw, 28 oktober 2021
- ▶ Robot Software Market Insights: 2030, Alliedmarketresearch.com, juni 2021
- ▶ Robotic Building Lab, Eindhoven University of Technology, 2022
- ▶ Robotics Research, Human-Technology Interaction, Eindhoven University of Technology, 2022
- ▶ Robotics, ondersteunen, assisteren en samenwerken; Brabantse Ontwikkelings Maatschappij, 2014
- ▶ Robots Invade the Construction Site, Wired.com, 20 november 2020
- ▶ Sectorale welzijnsmonitor, Hoe het welzijn van werknemers zich in de afgelopen zes jaar heeft ontwikkeld, ABN AMRO, juli 2021
- ▶ Skies without limits, Drones – taking the UK's economy to new heights, 2018
- ▶ Sluiting niet-duurzame kantoren komt steeds dichterbij, Colliers International, 14 januari 2022
- ▶ Strijd om agrarische robots barst los, ABN AMRO, augustus 2020
- ▶ Tekort installateurs vertraagt verduurzaming van de stad, ABN AMRO, 5 oktober 2021
- ▶ The impact and opportunities of automation in construction, McKinsey & Company, 1 december 2019
- ▶ The next normal in construction, McKinsey & Company, juni 2020
- ▶ The rise of autonomous construction equipment, Geospatial World, 13 september 2021
- ▶ The Skelex Story – About Us, Skelex.com, 2022
- ▶ The Ultimate Guide to Concrete 3D Printing, 3dsourced.com, 2020
- ▶ This 3D printed house can be built in less than 48 hours, Greenmatters.com, 22 mei 2019
- ▶ Top 10 exoskeletten die bovenmenselijke krachten en vaardigheden mogelijk maken, Blog Richard van Hooijdonk, 1 november 2019
- ▶ Top 50 contech startups 2021, Cemex Ventures, 2021
- ▶ Verspilde moeite, Over faalkosten in de bouwsector, ABN AMRO, 29 maart 2019
- ▶ Wat zijn de BIM trends voor 2021?, Field.nl, 2 februari 2021
- ▶ Whitepaper: Building the future – how robotic automation can transform the construction industry, ABB, 2021
- ▶ World Robotics 2020, Industrial Robots, International Federation of Robotics, 2020
- ▶ World Robotics 2020, Service Robots, International Federation of Robotics, 2020
- ▶ World Robotics 2021, Industrial Robots, International Federation of Robotics, 2021
- ▶ World Robotics 2021, Service Robots, International Federation of Robotics, 2022



Colofon

Dit is een uitgave van ABN AMRO Sector Advisory.

Auteurs

Casper Wolf, Sector analist Bouw en Vastgoed, 06 - 20 13 00 20 of casper.wolf@nl.abnamro.com

Leontien de Waal, Sector banker Bouw, 06 - 20 29 04 81 of leontien.de.waal@nl.abnamro.com

David Kemps, Sector banker Industrie, 06 - 30 33 20 43 of david.kemps@nl.abnamro.com

ABN AMRO wil bedrijven helpen versnellen naar een circulair businessmodel. De Product-as-a-Service-desk (PaaS-desk) helpt en adviseert ondernemers met financieringsvraagstukken over PaaS en/of geeft advies rondom dit businessmodel. Daarnaast brengt de desk ondernemers met interesse in as-a-service proposities in contact met relaties in hun PaaS-netwerk. Voor vragen over PaaS neem contact op met Rob van Willigen of Taco de Boer via paas@abnamro.nl

Interviews

Aukje Kuypers, Marco Jungbeker en Peter van Gemert

Casper van Eersel en Mark Bruijnen

Folkert Linnemans

Gaurav Genani en Jaap Hoogland

Henriette Bier

Mark Nicolai

Marc Sandelowsky en Manon Bijsterbosch

Menno de Jonge en Rene Kaandorp

Peter Storey en Kelvin Hamilton

Philip Winckel

Roel van der Wal

Rogier Laterveer

Stijn Daniels

Theo Salet en Rob Wolfs

Kuijpers Installatiebouw

TU Delft / RoboHouse

Bouwgroep Dijkstra Draisma

Skelex

TU Delft

Aeroscan

Novel-T / Space53

Koninklijke BAM Groep

Autodesk

Van Wijnen Components

Drone Flight Company

Hogeschool Utrecht

Daiwa House Modular Europe

Eindhoven University of Technology (TU/e)

Eindredactie

Bendert Zevenbergen

Illustraties:

Inge Jalink, JlinQ Design

Opmaak:

Kollerie Reklame-advies & Promotions

Fotoverantwoording:

Shutterstock, pagina 4: CyBe, pagina 17: Fastbrick Robotics

Distributie

abnamro.nl/bouw en abnamro.nl/industrie

Disclaimer

De in deze publicatie neergelegde opvattingen zijn gebaseerd op door ABN AMRO betrouwbaar geachte gegevens en informatie, die op zorgvuldige wijze in onze analyses en prognoses zijn verwerkt. Noch ABN AMRO, noch functionarissen van de bank kunnen aansprakelijk worden gesteld voor in deze publicatie eventueel aanwezige onjuistheden. De weergegeven opvattingen en prognoses houden niet meer in dan onze eigen visie en kunnen zonder nadere aankondiging worden gewijzigd. Naast een copyright is er sprake van een right to copy. Het gebruik van tekstdelen en/of cijfers is toegestaan mits de bron duidelijk wordt vermeld. Teksten zijn afgesloten op 24 januari 2022.

